

В.А. Павлов

Устройства отображения ПК

Учебное пособие для вузов

Рекомендовано
учебно-методическим объединением вузов
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по специальности 220100 -
"Вычислительные машины, комплексы, системы и сети"

**Саров
СарФТИ
2003**

УДК 681.3
П12

Рецензенты:

к-т техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" МГТУ им. Н.Э.
Баумана И.В. Баскаков;
кафедра "Вычислительная техника" Нижегородского государственного
технического университета

Павлов Виктор Александрович

П12 Устройства отображения ПК. Учебное пособие для вузов. Саров,
СарФТИ, 2003. 305с.: ил.

В учебном пособии рассмотрены принципы работы устройств отображения информации персональных компьютеров начиная с видеомониторов на электронно-лучевых трубках и плоских экранах и кончая устройствами отображения трехмерной графики; рассмотрены также различные трехмерные манипуляторы и сенсорные экраны. Содержание учебного пособия является информационной поддержкой части курса "Периферийные устройства ЭВМ", читаемого автором в Саровском физико-техническом институте (СарФТИ). Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети" (220100), а также родственным ей специальностям.

©В.А. Павлов, 2003

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	--	--	--	--	--	--	--	9
1. Видеомониторы на основе ЭЛТ	--	--	--	--	--	--	--	11
1.1.. Формирование изображения на экране монитора	--	--	--	--	--	--	--	12
1.1.1. Конструкция ЭЛТ	--	--	--	--	--	--	--	12
1.1.2. ЭЛТ с теневой маской	--	--	--	--	--	--	--	14
1.1.3. ЭЛТ со щелевой маской	--	--	--	--	--	--	--	15
1.1.4. ЭЛТ с апертурой решеткой	--	--	--	--	--	--	--	16
1.1.5. Формирование раstra	--	--	--	--	--	--	--	17
1.1.6. Разрешение изображения	--	--	--	--	--	--	--	19
1.1.7. Количество отображаемых цветов	--	--	--	--	--	--	--	21
1.2. Типы видеомониторов для ПК	--	--	--	--	--	--	--	22
1.3. Основные принципы построения современных ВМ	--	--	--	--	--	--	--	24
1.4. Технические характеристики ВМ	--	--	--	--	--	--	--	26
1.4.1. Основные характеристики	---	---	---	---	---	---	---	26
1.4.2. Технические характеристики ВМ типа НМ-4119	--	--	--	--	--	--	--	26
1.5. Ремонт мониторов	--	--	--	--	--	--	--	29
1.5.1. Предосторожности при проведении ремонтных работ	--	--	--	--	--	--	--	29
1.5.2. Причины возникновения неисправностей в ВМ	--	--	--	--	--	--	--	29
1.5.2.1. Некачественное изготовление	--	--	--	--	--	--	--	30
1.5.2.2. Нарушение правил эксплуатации ВМ	--	--	--	--	--	--	--	30
1.5.2.3. Естественное старение электронных компонентов	--	--	--	--	--	--	--	30
1.5.2.4. Ремонт неквалифицированным персоналом	--	--	--	--	--	--	--	30
1.5.3. Общие принципы ремонта ВМ	--	--	--	--	--	--	--	30
1.5.4. Рекомендации по работе	--	--	--	--	--	--	--	33
1.5.4.1. Рекомендуемый порядок снятия задней крышки	--	--	--	--	--	--	--	33
1.5.4.2. Чистка ВМ	--	--	--	--	--	--	--	33
1.5.4.3. Приемы пайки	--	--	--	--	--	--	--	34
1.5.5. Поиск "мерцающих" неисправностей	--	--	--	--	--	--	--	34
1.5.6. Необходимый инструмент и оборудование	--	--	--	--	--	--	--	34
1.5.6.1. Инструмент	--	--	--	--	--	--	--	34
1.5.6.2. Оборудование	--	--	--	--	--	--	--	35
Контрольные вопросы	--	--	--	--	--	--	--	35
1.6. Характеристики и описание отдельных узлов	--	--	--	--	--	--	--	37
1.6.1. Источник питания	--	--	--	--	--	--	--	37
1.6.1.1. Пример полной схемы ИП ВМ "Acer 7134" с применением ИС UC3842	--	--	--	--	--	--	--	42
1.6.1.2. Методика ремонта ИП	--	--	--	--	--	--	--	44
1.6.2. Узел управления ВМ	--	--	--	--	--	--	--	46
1.6.2.1. Схема узла управления ВМ типа ACERVIEW 7134T	--	--	--	--	--	--	--	49
1.6.2.2. Схема УУ монохромного ВМ NTT VM-340	--	--	--	--	--	--	--	52
1.6.2.3. Устройства управления ВМ на базе микропроцессоров.	--	--	--	--	--	--	--	52
1.6.2.4. Рекомендации по ремонту УУ	--	--	--	--	--	--	--	54
1.6.3. Входные устройства ВМ	--	--	--	--	--	--	--	56
1.6.3.1. Узел обработки видеосигнала для ВМ типа CGA	--	--	--	--	--	--	--	57
1.6.3.2. Узел обработки видеосигнала для ВМ типа EGA	--	--	--	--	--	--	--	58
1.6.3.3. Узел обработки видеосигнала для ВМ типа VGA. и SVGA	--	--	--	--	--	--	--	58
1.6.3.4. Узлы обработки видеосигнала монохромных ВМ	--	--	--	--	--	--	--	61
1.6.3.5. Схемы подключения ЭЛТ	--	--	--	--	--	--	--	63
1.6.3.6. Проверка и ремонт узла обработки видеосигналов	--	--	--	--	--	--	--	64
1.6.4. Узел кадровой развертки	--	--	--	--	--	--	--	64
1.6.4.1. Узел кадровой развертки ВМ типа EGA	--	--	--	--	--	--	--	65
1.6.4.2. Узлы кадровой развертки современных ВМ	--	--	--	--	--	--	--	66
1.6.4.3. Узлы кадровой развертки монохромных ВМ	--	--	--	--	--	--	--	67
1.6.4.4. Ремонт узла КР	--	--	--	--	--	--	--	68
1.6.5. Узел строчной развертки ВМ	--	--	--	--	--	--	--	68
1.6.5.1.Принципы работы СР ВМ	--	--	--	--	--	--	--	68
1.6.5.2. Способы построения узла СР для ВМ	--	--	--	--	--	--	--	73
1.6.5.3.Примеры реализации СР ВМ	--	--	--	--	--	--	--	74
1.6.5.4. Диагностика и ремонт узла СР	--	--	--	--	--	--	--	79
Контрольные вопросы	--	--	--	--	--	--	--	81

2. Устройства отображения информации мультимедийного РС	--	83
2.1. Мультимедийные мониторы на основе ЭЛТ	-- -- --	83
2.1.1. Влияние особенностей органа зрения на основные характеристики монитора	--	84
2.1.1.1. Размеры поля зрения и размеры экрана монитора	-- -- --	84
2.1.1.2. Острота зрения и разрешение монитора	-- -- --	87
2.1.1.2.1. Параметр dot pitch	-- -- --	88
2.1.1.2.1.1. ЭЛТ с теневой маской	-- -- --	88
2.1.1.2.1.2. ЭЛТ с улучшенной теневой маской	-- -- --	88
2.1.1.2.1.3. ЭЛТ со щелевой маской и апертурой решеткой	-- -- --	89
2.1.1.2.2. Максимальное разрешение монитора	-- -- --	89
2.1.1.2.2.1. 14-дюймовые мониторы	-- -- --	90
2.1.1.2.2.2. 15-дюймовые мониторы	-- -- --	90
2.1.1.2.2.3. 17-дюймовые мониторы	-- -- --	90
2.1.1.2.2.4. 20- и 21-дюймовые мониторы	-- -- --	91
2.1.1.3. Инерционность зрения и параметры развертки монитора	-- -- --	91
2.1.1.4. Цветовосприятие и характеристики цветопередачи видеосистемы	-- -- --	93
2.1.2. Характеристики акустического оборудования монитора	-- -- --	96
2.1.2.1. Акустическая мощность	-- -- --	96
2.1.2.2. Диапазон воспроизводимых частот	-- -- --	96
2.1.2.3. Количество динамиков	-- -- --	97
2.1.2.4. Коэффициент нелинейных искажений	-- -- --	97
Контрольные вопросы	-- -- --	98
2.2. Плоско панельные мониторы	-- -- --	100
2.2.1. Жидкокристаллические мониторы	-- -- --	101
2.2.1.1. Принцип действия ЖК-ячейки	-- -- --	102
2.2.1.2. Физические и математические аспекты адресации ЖКИ	-- -- --	106
2.2.1.2.1. Топология матричных ЖК-дисплеев	-- -- --	106
2.2.1.2.2. Математические аспекты адресации ЖКИ	-- -- --	108
2.2.1.2.3. Смена полярности сигналов управления	-- -- --	109
2.2.1.2.4. Пассивная и активная адресации	-- -- --	110
2.2.1.2.5. Ток потребления	-- -- --	111
2.2.1.2.6. Реализация цветных фильтров для ЖК-дисплеев	-- -- --	112
2.2.1.2.7. Формирование полутонового изображения на экране ЖК-дисплея	-- -- --	113
2.2.1.2.8. Угол обзора	-- -- --	113
2.2.1.2.9. Угловой контраст и световая схема дисплея	-- -- --	114
2.2.1.2.10. Черная решетка (Black Matrix)	-- -- --	115
2.2.1.2.11. Кросс-эффект при адресации матричных ЖК-дисплеев	-- -- --	116
2.2.1.2.12. Быстродействие	-- -- --	117
2.2.1.2.13. Работа при низких температурах	-- -- --	117
2.2.1.3. Основные технологии ЖК-экранов	-- -- --	117
Контрольные вопросы	-- -- --	122
2.2.1.4. Технические, схемотехнические и конструктивные аспекты ЖКИ (ЖКД)	-- -- --	124
2.2.1.4.1. Реализация низкомultipлексных режимов адресации	-- -- --	124
2.2.1.4.1.1. Прямая адресация ЖКИ	-- -- --	124
2.2.1.4.1.2. Адресация ЖКИ с multipлексом 1:2	-- -- --	125
2.2.1.4.1.3. Диаграммы управления ЖКИ с multipлексом 1:3	-- -- --	127
2.2.1.4.1.4. Диаграммы адресации ЖКИ с multipлексом 1:4	-- -- --	127
2.2.1.4.2. Пассивная адресация матричных графических ЖКЭ	-- -- --	127
2.2.1.4.2.1. Формирование уровней опорных напряжений для драйверов ЖК-дисплеев	-- -- --	128
2.2.1.4.2.2. Адресация с одновременной выборкой нескольких строк	-- -- --	130
2.2.1.4.3. Конструкция модуля ЖКИ	-- -- --	131
2.2.1.4.3.1. Технология монтажа драйверов ЖКИ	-- -- --	133
2.2.1.4.3.2. Драйверы для графических ЖК-дисплеев	-- -- --	134
2.2.1.4.3.2.1. Архитектура графического дисплея	-- -- --	135
2.2.1.4.3.3. Драйверы для ЖК-дисплеев с активной адресацией на основе матрицы TFT	-- -- --	138
2.2.1.4.3.3.1. Архитектура System LCD фирмы Sharp	-- -- --	138
2.2.1.4.3.4. Большеформатные ЖК-дисплеи	-- -- --	139
2.2.1.4.3.5. Конструкция и схемотехника источников подсветки ЖК-дисплеев	-- -- --	140
2.2.1.4.3.5.1. Светодиодная подсветка	-- -- --	140
2.2.1.4.3.5.2. Электролюминесцентная подсветка	-- -- --	141
2.2.1.4.3.5.3. Конструкция подсветки с люминесцентной лампой	-- -- --	141
2.2.1.4.3.5.3.1. Повышение эффективности использования светового потока	-- -- --	142

2.2.1.4.3.5.3.1.1. Анизотропная поляризация исходного светового потока	--	--	143
2.2.1.4.3.5.3.1.2. Голографический диффузный рассеиватель	--	--	144
2.2.1.4.3.5.4. Люминесцентные лампы с холодным катодом	--	--	144
2.2.1.4.3.5.5. Схемотехника преобразователей напряжения для люминесцентных ламп с холодным катодом	--	--	146
2.2.1.4.3.5.6. Конструкция модуля задней подсветки для цветных ЖК-мониторов	--	--	147
2.2.1.4.3.5.7. Типовая конструкция модуля задней подсветки ЖК-мониторов	--	--	148
2.2.1.4.3.5.8. Плоская люминесцентная лампа для задней подсветки ЖК-мониторов	--	--	149
Контрольные вопросы	--	--	150
2.2.1.4.3.6. Современные цифровые дисплейные интерфейсы для плоских экранов	--	--	152
2.2.1.4.3.6.1. Цифровые дисплейные интерфейсы	--	--	154
2.2.1.4.3.6.1.1. LVDS — цифровой дисплейный интерфейс National Semiconductor	--	--	154
2.2.1.4.3.6.1.2. PanelBus™ — цифровой дисплейный интерфейс Texas Instruments	--	--	154
2.2.1.4.3.6.1.3. LDI — цифровой дисплейный интерфейс National Semiconductor	--	--	155
2.2.1.4.3.6.1.4. PanelLink™ — цифровой дисплейный интерфейс Silicon Image, Inc.	--	--	155
2.2.1.4.3.6.1.5. Видеоинтерфейс GVIF™ фирмы Sony	--	--	155
2.2.1.4.3.6.1.6. Оптоволоконный цифровой дисплейный интерфейс PhotonLink™	--	--	156
2.2.1.4.3.6.2. Интерфейсы внутренней дисплейной шины	--	--	157
2.2.1.4.3.6.2.1. Mini LVDS — внутренний дисплейный интерфейс Texas Instruments	--	--	157
2.2.1.4.3.6.2.2. CMADST™ — интерфейс внутренней шины ЖК-дисплея NEC Corporation	--	--	157
2.2.1.4.3.6.2.3. RSDS и WisperBus™ — внутренние дисплейные интерфейсы National Semiconductor	--	--	158
2.2.1.4.3.6.2.3.1. RSDS — внутренняя дисплейная шина фирмы National Semiconductor	--	--	159
2.2.1.4.3.6.2.3.2. WisperBus™ — малощумящая скоростная шина внутреннего дисплейного интерфейса	--	--	159
2.2.1.4.3.6.3. Стандарты дисплейных интерфейсов	--	--	161
2.2.1.4.3.6.3.1. Стандарт VGA аналогового дисплейного интерфейса	--	--	161
2.2.1.4.3.6.3.2. Стандарт VESA EVC (Enhanced Video Connector) для поддержки цифровых и аналоговых видеоинтерфейсов	--	--	161
2.2.1.4.3.6.3.3. Стандарт VESA Plug & Display для поддержки цифровых и аналоговых видеоинтерфейсов	--	--	162
2.2.1.4.3.6.3.4. Стандарт DFP (Digital Flat Panel)	--	--	163
2.2.1.4.3.6.3.5. Стандарт VESA FPD1-1 и 1B	--	--	164
2.2.1.4.3.6.3.6. FPD1-1B	--	--	164
2.2.1.4.3.6.3.7. Стандарт VESA FPD1-2	--	--	165
2.2.1.4.3.6.3.8. Стандарт SPWG 1.0	--	--	166
2.2.1.4.3.6.3.9. Стандарт SPWG 2.0	--	--	167
2.2.1.4.3.6.3.10. Стандарт DVI	--	--	167
2.2.1.5. Характеристики жидкокристаллических мониторов	--	--	168
2.2.1.5.1. Размер экрана	--	--	168
2.2.1.5.2. Поле обзора	--	--	169
2.2.1.5.3. Разрешение и частоты разверток	--	--	169
2.2.1.5.4. Яркость и контрастность	--	--	170
2.2.1.5.5. Инерционность	--	--	170
2.2.1.5.6. Палитра	--	--	170
2.2.1.5.7. Проблемные пиксели	--	--	170
2.2.1.5.8. Массо-габаритные характеристики и энергопотребление	--	--	170
2.2.1.5.9. Мультимедийное оборудование	--	--	171
Контрольные вопросы	--	--	171
2.2.2. Альтернативные технологии изготовления плоскопанельных мониторов	--	--	173
2.2.2.1. Плазменные дисплеи	--	--	173
2.2.2.1.1. Технологические решения	--	--	176
2.2.2.2. Электролюминесцентные мониторы	--	--	178
2.2.2.2.1. Тонкопленочные электролюминесцентные дисплеи	--	--	179
2.2.2.2.2. Технология и схемотехника OLED-дисплеев	--	--	180
2.2.2.2.2.1. Конструкция OLED-дисплея	--	--	180
2.2.2.2.2.2. Адресация OLED-дисплеев	--	--	181
2.2.2.2.2.2.1. OLED с пассивно-матричной адресацией	--	--	181
2.2.2.2.2.2.2. Активно-матричная адресация в OLED-дисплеях	--	--	181
2.2.2.2.3. Архитектура драйверов для пассивной адресации OLED-дисплеев	--	--	182
2.2.2.2.3.1. Технология соединения драйверов с контактами OLED-дисплея	--	--	184
2.2.2.2.4. Перспективы развития технологии и рынка OLED	--	--	184
2.2.2.2.4.1. Планы компании RiTEK Display	--	--	184

2.2.2.2.4.2. Планы Solomon Systech Limited	--	--	--	--	--	--	184
2.2.2.2.4.3. Разработке OLED-дисплеев в России	--	--	--	--	--	--	184
2.2.2.2.3. Дисплеи на светодиодах	--	--	--	--	--	--	185
2.2.2.2.3.1. Светодиодная элементная база - некоторые особенности и проблемы применения в дисплейных технологиях	--	--	--	--	--	--	185
2.2.2.2.3.1.1. Обеспечение широких углов обзора	--	--	--	--	--	--	185
2.2.2.2.3.1.2. Обеспечение охлаждения светодиодных индикаторов	--	--	--	--	--	--	186
2.2.2.2.3.1.3. Проблемы использования светодиодов для поверхностного монтажа	--	--	--	--	--	--	188
2.2.2.2.3.1.4. Защита светодиодов от воздействия статического электричества	--	--	--	--	--	--	189
2.2.2.2.3.1.5. Использование светодиодных ламп	--	--	--	--	--	--	190
2.2.2.2.3.1.6. Российские фирмы, производящие светодиодную элементную базу и непосредственно дисплейные устройства	--	--	--	--	--	--	192
2.2.2.3. Мониторы на основе катодолуминесцентных плоских экранов	--	--	--	--	--	--	192
2.2.2.3.1. ВЛД	--	--	--	--	--	--	192
2.2.2.3.2. Плоские экраны на автоэлектронной (полевой) эмиссии (ПЭД)	--	--	--	--	--	--	193
2.2.2.3.1.1. ПЭД на основе игольчатых структур	--	--	--	--	--	--	194
2.2.2.3.1.2. ПЭД с планарно-торцевыми эмиттерами на основе тонких пленок алмазоподобного углерода	--	--	--	--	--	--	194
2.2.2.4. Другие типы плоско панельных дисплеев	--	--	--	--	--	--	195
Контрольные вопросы	--	--	--	--	--	--	195
2.2.3. Сенсорные экраны: конструкция, технология, схемотехника	--	--	--	--	--	--	197
2.2.3.1. Типы сенсорных панелей	--	--	--	--	--	--	197
2.2.3.2. Конструкция и технология резистивных сенсорных экранов	--	--	--	--	--	--	198
2.2.3.3. Дискретные и аналоговые типы сенсорных панелей	--	--	--	--	--	--	198
2.2.3.4. Типы топологических схем аналоговых сенсорных панелей	--	--	--	--	--	--	199
2.2.3.4.1. 4-х проводная схема	--	--	--	--	--	--	199
2.2.3.4.1. 5-ти проводная схема	--	--	--	--	--	--	200
2.2.3.5. Микросхемы контроллеров сенсорных резистивных панелей.	--	--	--	--	--	--	201
2.2.3.5.1. Микросхемы фирмы Burr-Brown	--	--	--	--	--	--	201
2.2.3.5.1.1. Структура микросхемы ADS7843	--	--	--	--	--	--	202
2.2.3.5.1.2. Структура микросхемы ADS7845	--	--	--	--	--	--	203
2.2.3.5.1.3. Структура микросхемы ADS7846	--	--	--	--	--	--	204
2.2.3.5.2. Микросхемы фирмы Analog Devices	--	--	--	--	--	--	205
2.2.3.6. Контроллеры резистивной сенсорной панели	--	--	--	--	--	--	205
2.2.3.6.1. Структура контроллера резистивной сенсорной панели	--	--	--	--	--	--	205
2.2.3.6.2. Схемы реализации контроллеров сенсорного экрана	--	--	--	--	--	--	206
2.2.3.6.3. Формат данных контроллера сенсорной панели	--	--	--	--	--	--	207
2.2.3.6.4. Защита входных цепей контроллера сенсорной панели	--	--	--	--	--	--	208
2.2.3.7. Устойчивость поверхности сенсорной панели к воздействию химически активных веществ	--	--	--	--	--	--	208
2.2.3.8. Новые типы сенсорных панелей для портативных приборов	--	--	--	--	--	--	209
2.2.3.8.1. Выбор сенсорной панели	--	--	--	--	--	--	209
2.2.3.8.2. Емкостные сенсорные технологии TouchPad™ и Clear Pad™	--	--	--	--	--	--	210
2.2.3.8.3. Сенсорная технология Spiral®	--	--	--	--	--	--	210
2.2.3.8.4. Улучшение интерфейса пользователя	--	--	--	--	--	--	211
2.2.3.8.5. Грубая и точная чувствительность	--	--	--	--	--	--	212
2.2.3.8.6. Другие новации фирмы Synaptics в области сенсорных технологий	--	--	--	--	--	--	212
2.2.3.8.7. Гибрид TouchPad и считывателя отпечатков пальца	--	--	--	--	--	--	213
2.2.3.8.8. Интерфейс cPad фирмы Synaptics	--	--	--	--	--	--	213
2.2.3.8.9. Альянс Synaptics и Zytronics	--	--	--	--	--	--	213
Контрольные вопросы	--	--	--	--	--	--	213
2.3. Стандарты по эргономике и энергосбережению	--	--	--	--	--	--	215
2.3.1. Стандарты по эргономике	--	--	--	--	--	--	215
2.3.1.1. Факторы, негативно влияющие на здоровье оператора	--	--	--	--	--	--	215
2.3.1.2. Спецификации TCO 92, TCO 95 и TCO 99	--	--	--	--	--	--	215
2.3.1.3. Конструктивные особенности эргономичных мониторов	--	--	--	--	--	--	217
2.3.2. Стандарты по энергосбережению	--	--	--	--	--	--	213
2.3.2.1. Спецификация Energy Star	--	--	--	--	--	--	218
2.3.2.2. Стандарт DPMS	--	--	--	--	--	--	218
2.4. Обмен информацией между монитором и PC	--	--	--	--	--	--	219
2.4.1. Идентификация типа монитора видеоадаптерами VGA и SVGA	--	--	--	--	--	--	220
2.4.2. Технология Plug&Play	--	--	--	--	--	--	220

3.4.4.5. Кибер-шлем V8 фирмы Virtual Research Systems	--	--	--	--	263
Контрольные вопросы	--	--	--	--	264
3.5. 3D-очки	--	--	--	--	265
3.5.1. Основные конструктивные особенности	--	--	--	--	265
3.5.2. Специфические дефекты изображения	--	--	--	--	265
3.5.3. Подключение 3D-очков к PC. Контроллеры для 3D-очков	--	--	--	--	266
3.5.3.1. Контроллеры, подключаемые к видеоадаптеру	--	--	--	--	266
3.5.3.2. Контроллеры, подключаемые к последовательному или параллельному порту PC	--	--	--	--	267
3.5.3.3. Контроллеры, подключаемые к шине ввода/вывода	--	--	--	--	268
3.5.3.4. Plain-контроллеры	--	--	--	--	268
3.5.3.5. Способы подключения 3D-очков к контроллеру	--	--	--	--	268
3.5.3.6. Видеоадаптеры со встроенным контроллером 3D-очков	--	--	--	--	270
3.5.4. Программное обеспечение для 3D-очков	--	--	--	--	271
3.5.5. Популярные модели 3D-очков	--	--	--	--	271
3.5.5.1. 3D MAX фирмы Kasan Electronics Co.	--	--	--	--	271
3.5.5.2. H3D Eyewear /WickedSD Wickedvision, Eyescream	--	--	--	--	272
3.5.5.3. Elsa 3D Revelator	--	--	--	--	273
3.5.5.4. NuVision 60GX	--	--	--	--	274
Контрольные вопросы	--	--	--	--	276
3.6. 3D-мониторы	--	--	--	--	277
3.6.1. Плоскопанельные 3D-мониторы на основе ЖК-экранов	--	--	--	--	277
3.6.2. ЭЛТ-мониторы с поляризационным 3D-фильтром	--	--	--	--	278
3.7. 3D-проекторы	--	--	--	--	279
3.7.1. Конструктивные особенности 3D-проекторов	--	--	--	--	279
3.7.2. Способы формирования 3D-проекций	--	--	--	--	281
3.7.2.1. Активная схема	--	--	--	--	281
3.7.2.2. Пассивная схема 1	--	--	--	--	281
3.7.2.3. Пассивная схема 2	--	--	--	--	282
3.7.2.4. Пассивная схема 3	--	--	--	--	282
Контрольные вопросы	--	--	--	--	283
Приложение 1 Список WWW-адресов производителей мониторов	--	--	--	--	284
Приложение 2 Список терминов и сокращений	--	--	--	--	285
Алфавитный указатель	--	--	--	--	296
Список литературы	--	--	--	--	305

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время одним из наиболее модных и интригующих понятий, связанных с персональным компьютером (PC), стал термин "*мультимедиа*". В соответствии с одной из возможных трактовок, термин «мультимедиа» (*multimedia*) означает совокупность множества сфер (сред) информационного взаимодействия человека с компьютером. При этом под средой информационного взаимодействия понимается материальная среда, воздействующая на органы чувств человека.

До недавнего времени диалог между человеком и компьютером осуществлялся исключительно визуально, при помощи символов на экране видеотерминала или на листе бумаги. Как только в состав PC были включены аппаратные средства цифровой обработки звука и компьютер «заговорил», появилась возможность воздействия на орган слуха человека. Собственно, с этого момента и возникло понятие мультимедиа, хотя в то время под «множеством сфер» подразумевались всего две: визуальная и акустическая.

В настоящее время наметились новые тенденции развития аппаратных средств мультимедиа:

- непрерывно увеличивается количество сфер информационного воздействия на человека: наряду с традиционными средствами — визуальными (средства отображения информации) и акустическими (средства цифровой обработки звука), — появились устройства, создающие тактильные ощущения, т. е. использующие способность человека осязать объекты;
- смещаются акценты в разработке новых аппаратных средств мультимедиа: помимо быстроедействия, все большее внимание уделяется качеству создаваемых компьютером виртуальных образов (зрительных, слуховых, тактильных), иными словами, разработчики мультимедийных средств за счет использования различных эффектов (объемный звук, стереоскопическое изображение и т. п.) стремятся к тому, чтобы виртуальные образы были как можно больше похожи на реальные объекты окружающего мира.

В результате возникли качественно новые системы — *системы виртуальной реальности*, предназначенные для решения основной задачи мультимедиа: создание у человека иллюзии реальности искусственного, виртуального мира. Очевидно, что достичь этой цели можно лишь в том случае, если формировать виртуальные образы с учетом особенностей органов чувств человека, т. е. визуальные, звуковые и тактильные эффекты должны восприниматься человеком как реальные явления.

Наиболее полные сведения об окружающем мире человек получает визуально. Именно поэтому качество и реализм формируемого видеосистемой PC изображения играет решающую роль в создании *виртуальной реальности*.

Таким образом, видеосистема является важнейшим элементом современного мультимедийного PC. Ее конфигурация и настройка определяют не только быстроедействие системы, но и степень проникновения в виртуальный мир.

Состав аппаратных средств видеосистемы современного мультимедийного PC отличается невероятным разнообразием. Если раньше под видеосистемой понимались традиционный видеомонитор и сравнительно простой видеоадаптер, то сегодня в ее состав входят ускорители двумерной и трехмерной графики, устройства цифровой обработки и воспроизведения видеоданных, разнообразные по конструкции и возможностям устройства формирования трехмерных изображений, мультимедийные проекторы, устройства приема телевизионных сигналов (TV-тюнеры) и т. п.

Настоящее пособие посвящено рассмотрению одной составляющей видеосистемы мультимедийного компьютера - устройствам отображения.

Современные устройства отображения визуальной информации можно условно разделить на две примерно равнозначные группы: устройства отображения, выполненные на базе плоско панельных индикаторов и устройства на электронно-лучевых трубках. Плоско панельные индикаторы (дисплеи) (ППД) характеризуются, в первую очередь, тем, что поперечный размер устройства отображения визуальной информации намного меньше геометрических размеров синтезируемого дисплеем изображения. Из известных типов дисплеев к неплюским можно отнести только устройства на основе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ). Но по количеству производимых в мире изделий и по многим эргономическим параметрам ЭЛТ пока превосходят остальные устройства отображения информации. Основными их недостатками являются необходимость использования высоких, до десятков киловольт, напряжений и большой поперечный размер, составляющий, в лучшем случае, около половины размера экрана по диагонали. Из-за этого для многих применений, особенно специальных — авиакосмических, военных, активно развиваются разработки различных видов плоских дисплеев.

Исходя из физического принципа формирования изображения все типы дисплеев (индикаторов) можно разделить на две большие группы: те, что излучают свет, и те, что модулируют его интенсивность - активные и пассивные дисплеи (рис. 1). Для каждого типа существует множество технологий его реализации, но при этом на рынке реально присутствует весьма небольшое их количество. На рис. 1 разновидности реально используемых дисплеев показаны в виде закрашенных прямоугольников с соответствующими обозначениями.

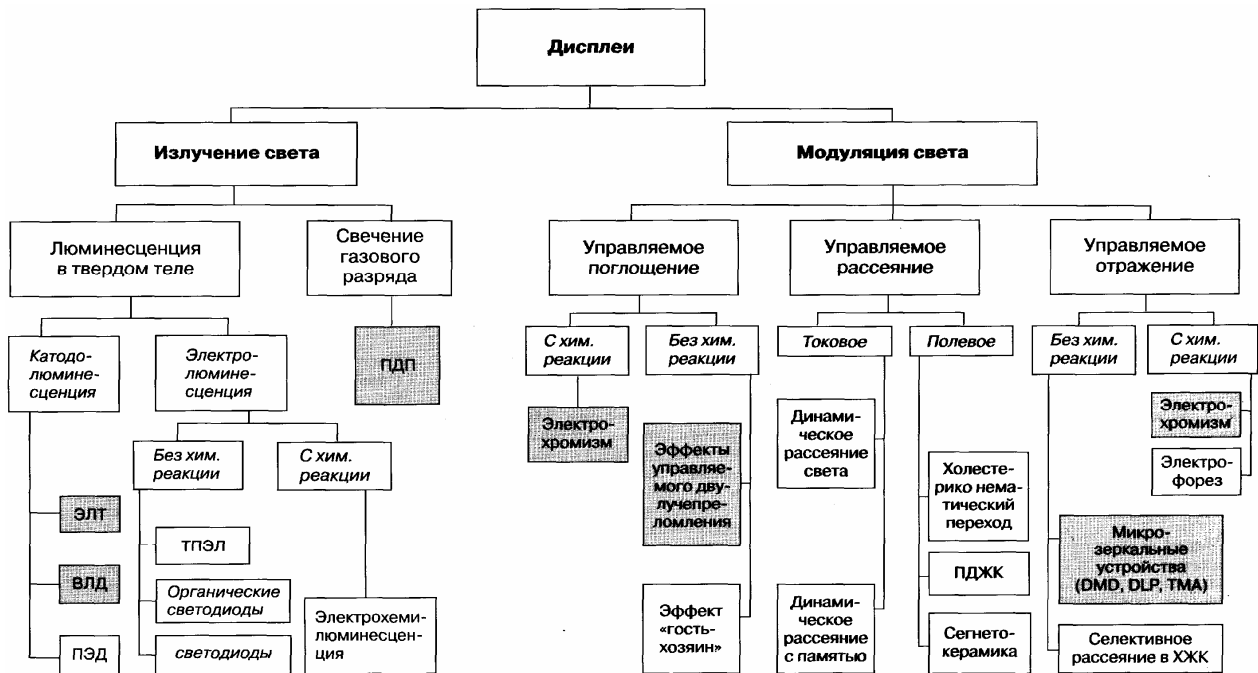


Рис 1. Классификация электронных устройств отображения информации по физическим эффектам.

Не смотря на наличие на рынке множества устройств отображения, до сих пор видеомонитор на базе ЭЛТ или плоских панелей является важнейшим элементом видеосистемы PC. Пожалуй, ни один другой компонент PC не требует столь тщательного отбора: от его качества зависит не только комфортность работы, но и сохранность зрения и здоровья пользователя. Поэтому видеомониторам посвящены две главы. В *первой главе* рассмотрены принципы работы видеомониторов на базе электронно-лучевой трубки, схемотехника их основных блоков, даются рекомендации по их эксплуатации и ремонту. Во *второй главе* дана оценка характеристик монитора с точки зрения физиологических особенностей органа зрения человека, т. е. какие характеристики должен иметь монитор, чтобы его можно было назвать мультимедийным. Особое внимание уделено описанию принципов действия, устройству и характеристикам плоскопанельных мониторов, сенсорных экранов и мультимедийных проекторов.

Видеомонитор, как на основе ЭЛТ, так и плоскопанельный, не является идеальным устройством отображения: картинка на его экране является двумерной, плоской. Однако человек наделен способностью к объемному, стереоскопическому зрению. Использование этой способности особенно важно в мультимедийных приложениях (трехмерных играх, симуляторах и т. п.), поскольку позволяет создать иллюзию реальности виртуальных образов. Устройствам, позволяющим формировать стереоскопические изображения, посвящена *третья глава* пособия. В этой главе описаны шлемы виртуальной реальности (VR-шлемы), 3D-очки, трехмерные проекторы и мониторы. Большинство этих устройств входят в состав системы виртуальной реальности. Подробно рассмотрены так называемые *контроллеры виртуальной реальности* - специальные 3D-манипуляторы, позволяющие превратить пользователя из пассивного наблюдателя в активного участника событий, происходящих в виртуальной реальности.

Дополнительную информацию по видеосистемам можно найти в периодических изданиях, посвященных аппаратным средствам современного мультимедийного PC, а именно «PC Magazine», «Компьютер ПРЕСС», «625», «Мир ПК», «Мультимедиа», «Byte», «Publish», «Hard'n'Soft», а также на сайтах сети Интернет, особенно iXBT Hardware (<http://ixbt.com>), содержащих наиболее полные сведения о новинках аппаратного обеспечения PC.

1. ВИДЕОМОНИТОРЫ НА ОСНОВЕ ЭЛТ.

Предмет данного раздела — видеомониторы (ВМ) на электронно-лучевых трубках для персональных компьютеров. В ЭЛТ (CRT - cathode ray tubes) используется эффект катодolumинесценции, т.е. свечение люминесцентного покрытия экрана трубки под действием электронного пучка, генерируемого в электронной пушке и опрашивающего весь экран по определенному закону. Для более полного представления круга вопросов, связанных с этой темой, следует вспомнить историю развития этой области техники.

История создания видеомониторов берет свое начало в 30 — 40-х годах с развитием радиолокации. Это была, пожалуй, первая насущная задача - осуществить визуальное представление в пространстве распространения луча и предмета, от которого луч отразился, с получением координат предмета.

Следует отметить, что первые видеомониторы использовали другие принципы, совсем непохожие на сегодняшние устройства. Радиолокационные мониторы отображали координатную сетку в полярных координатах, что было удобно для быстрого соотнесения направления луча и определения дальности до предмета.

В дальнейшем, в 40-х годах, с созданием первых телевизоров, использующих растровый способ развертки и трубки с электромагнитным отклонением луча, предпринимались попытки представления информации различными способами, например, в векторном виде.

Многие принципы отображения информации на экране применяются и сегодня, например, векторный в осциллографах (ЭЛТ с электростатическим отклонением луча) для индикации напряжения, частоты и др.

В дальнейшем с появлением и бурным развитием ЭВМ, а также быстрым совершенствованием телевизионной техники мониторостроение пошло интенсивно по пути использования ЭЛТ с электромагнитным отклонением луча.

Первыми устройствами отображения информации, применяемыми с ЭВМ, явились так называемые "терминалы" — только символьные или дополненные графическими возможностями. Они состояли из растрового монитора, совмещенного с устройством управления, которое обеспечивало прием-передачу информации, ее хранение и преобразование в видеосигнал для монитора. В результате это было сложное автономное устройство, от этого принципа в дальнейшем отказались.

Принцип растрового представления информации, выводимой из компьютера, основан на наличии в блоке сопряжения компьютера с видеомонитором памяти, в которой каждой ячейке соответствует точка на экране ЭЛТ. При последовательном сканировании ячеек памяти их содержимое преобразуется в видеосигнал, управляющий интенсивностью электронного луча, сканирующего экран монитора строка за строкой. Из строк составляется полный кадр видеоизображения.

За период недалекого прошлого, когда началась эра создания массовых персональных компьютеров, видеомониторы прошли определенный путь своего развития.

Так как телевидение во всем мире является массовым, первое стремление было приспособить обычный (соответственно дешевый) телевизионный приемник или его низкочастотную часть для отображения информации от компьютера. Это привело, в первую очередь, к установке в компьютер модулятора (устройства, вырабатывающего полный телевизионный сигнал) для прямого подключения к серийному телевизору через антенный вход или по низкочастотному тракту. Однако качество отображения обычного телевизора оказалось достаточным лишь для простых компьютеров, например, видеоигровых или домашних, поэтому дальнейшее совершенствование видеомониторов пошло несколько впереди вещательного телевидения. Необходимо было повысить разрешающую способность экрана, его стабильность и четкость. Это повлекло за собой повышение строчной и кадровой частоты, использование цветных ЭЛТ с более мелкой сеткой маски. Требование по совместимости новых видеомониторов с более ранними компьютерами и вышеуказанные требования обусловили их повышенную сложность относительно телевизоров. Поэтому при эксплуатации и ремонте современных видеомониторов необходима дополнительная специфическая информация.

Сегодня в компьютерном мире рынок растровых видеомониторов, выполненных на базе ЭЛТ составляет более 70%. Сейчас делаются ЭЛТ с размером экрана от 2 см до 1 м. Изображение на экране ЭЛТ считается эталонным с точки зрения передачи цветов. До сих пор на основе эффекта катодolumинесценции изображение, формируемое ЭЛТ, является наиболее экономичным. Так, для телевизоров «цена» 1 см² изображения составляет 10 центов, в то время как для ЖКД этот показатель равен 30 - 70 центам для разных модификаций. Но экономические характеристики трубок не менялись в течение нескольких десятилетий, а цены на ЖКД упали на порядок за последние 10 лет. Поэтому ожидается, что уже к 2003 г. ЖКД будут экономически выгоднее ЭЛТ. Кроме того, у трубок есть, по-видимому, непреодолимый недостаток - большой продольный размер. Конкуренцию ЭЛТ в последнее десятилетие составляют плоскпанельные дисплеи, прежде всего жидкокристаллические. Поэтому сейчас разработано много ЭЛТ с плоской поверхностью экрана. Для увеличения яркости делаются попытки создать ЭЛТ с множеством электронных пушек. Рекордные световые потоки получены в лазерных ЭЛТ (квантоскопах), разрабатываемых в НИИ «Платан», а также АР «Технологические исследования» и ФИАН.

Наряду с ними выпускаются и совершенствуются так называемые точечные табло с применением светодиодных, флуоресцентных, плазменных и жидкокристаллических панелей.

В данном разделе рассматриваются вопросы, связанные с принципами построения, работы,

эксплуатации и ремонта видеомониторов на базе ЭЛТ.

1.1. Формирование изображения на экране монитора

Традиционным и самым распространенным устройством отображения информации является монитор на основе электронно-лучевой трубки. Поэтому описание принципа работы видеомонитора начнем с рассмотрения принципа работы ЭЛТ.

1.1.1. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛТ

ЭЛТ — это электронно-вакуумный прибор, предназначенный для преобразования электрического сигнала, формируемого видеоадаптером, в изображение. Это изображение создается за счет возвратно-поступательного движения электронного луча, создаваемого специальным устройством — *электронной пушкой*, или *электронным прожектором*. Экран ЭЛТ изнутри покрыт специальным веществом — *люминофором*, — которое обладает способностью светиться при попадании на него электронов. Чем интенсивнее поток электронов, тем ярче светится люминофор. В свою очередь, интенсивность электронного луча пропорциональна напряжению, поступающему от видеоадаптера на специальный управляющий электрод электронной пушки — *модулятор*.

Электронная пушка (рис. 1.1) предназначена для формирования узкого электронного пучка. Принцип ее работы основан на явлении термоэлектронной эмиссии.

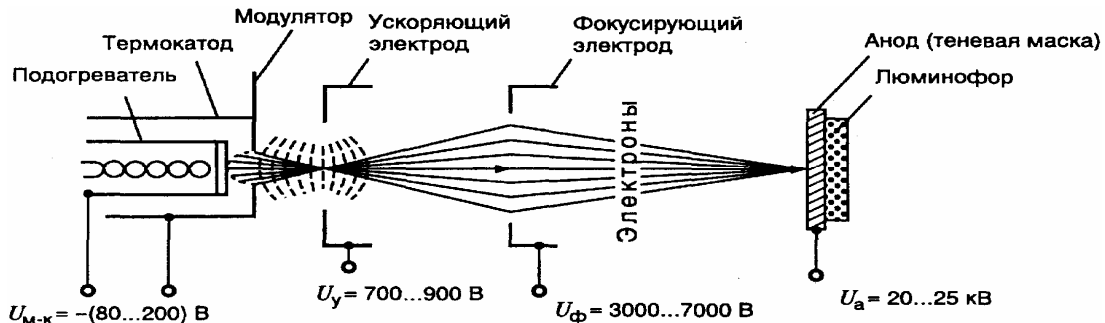


Рис. 1.1. Конструкция электронной пушки ЭЛТ

Подогреватель разогревает *термокатод*, с поверхности которого вылетают электроны, называемые *термоэлектронами*. Для формирования электронного пучка предназначен *ускоряющий электрод*, потенциал которого превышает потенциал катода на 700—900 В. Высокое напряжение между этими электродами (ускоряющее напряжение) создает ускоряющее электрическое поле, под действием которого термоэлектроны быстро разгоняются и вылетают из электронной пушки, образуя электронный пучок. В плоскости ускоряющего электрода электронный пучок имеет минимальное сечение. Затем он начинает расходиться. Для фокусировки пучка в плоскости экрана ЭЛТ, покрытого люминофором, предназначен *фокусирующий электрод*, называемый также *первым анодом*. На фокусирующий электрод подается высокое напряжение — около 5000 В. Такой способ фокусировки электронного пучка называется *электростатическим*. Система фокусировки формирует электронный пучок, диаметр которого в плоскости экрана ЭЛТ составляет 0,3—0,5 мм.

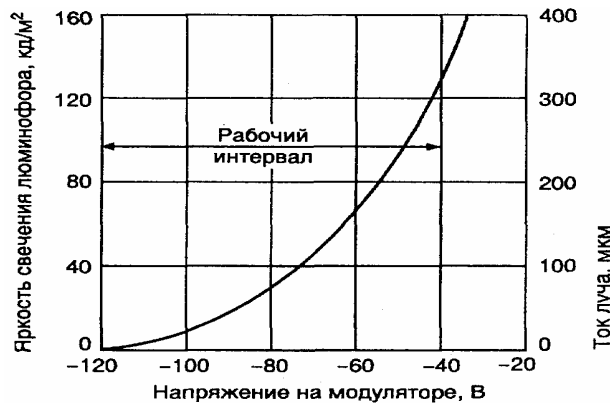


Рис.1.3. Модуляционная характеристика ЭЛТ.

Для управления интенсивностью электронного пучка (т. е. величиной тока электронного луча) между катодом и ускоряющим электродом размещен *модулятор*, потенциал которого ниже потенциала катода на 80 - 200 В. Отрицательное напряжение на модуляторе создает на пути термоэлектронов потенциальный барьер,

препятствующий их свободному пролету к аноду. Поэтому напряжение на модуляторе называют *запирающим*. Путем изменения запирающего напряжения можно регулировать количество электронов, преодолевающих потенциальный барьер. Другими словами, напряжение, подаваемое на модулятор, управляет силой тока электронного луча и, соответственно, яркостью свечения люминофора. Зависимость между напряжением модулятор—катод и силой тока электронного луча (яркостью свечения люминофора) называется *модуляционной характеристикой* ЭЛТ (рис. 1.2).

Поскольку эта зависимость нелинейная, на изображении появляются искажения яркости, особенно заметные в области темных тонов. Для устранения этих искажений приходится корректировать видеосигнал. Эта процедура называется *гамма-коррекцией*.

Описанный принцип действия электронной пушки поясняет смысл английского названия ЭЛТ - CRT (*Cathode Ray Tube* — лампа с катодными лучами). Применяемые в телевизорах ЭЛТ называются *кинескопами* (от греч. *Kinesis* — движение, *Skopeo* — смотрю, наблюдаю).

ЭЛТ цветного и монохромного монитора отличаются друг от друга конструкцией. В монохромных мониторах используется ЭЛТ с одной-единственной электронной пушкой и сплошным люминофорным покрытием экрана. ЭЛТ цветного монитора создавалась с учетом психофизических свойств человеческого зрения. Как известно, на глазном дне, куда фокусируется изображение, имеется множество специальных микроскопических рецепторов - *палочек* и *колбочек*. Палочки реагируют на интенсивность света, а колбочки - на его цвет. Колбочки объединены в триады, причем каждая из них реагирует только на один из трех основных цветов: красный (*Red*), зеленый (*Green*) или синий (*Blue*). Размер триады колбочек определяет минимальный видимый размер точки, цвет которой человек еще может различить, т. е. цветовую разрешающую способность глаза. В зависимости от степени раздражения каждой из колбочек триады создается ощущение цвета точки.



Рис. 1.3. Расположение зерен люминофора на экране ЭЛТ цветного монитора

В ЭЛТ цветных мониторов имеются три электронные пушки, а экран покрыт триадами зерен люминофора (рис. 1.3), каждое из которых при бомбардировке электронами светится своим цветом. В качестве цветов выбраны *основные* цвета видимого спектра. Луч каждой из электронных пушек попадает только на свои зерна триады.

Поскольку размер зерна люминофора весьма мал и соответствует разрешающей способности глаза, близкорасположенные зерна триады воспринимаются как одна точка, цвет которой определяется законом *пространственного смешения основных цветов*. Изменяя яркость свечения каждого из трех зерен люминофора, можно получить любой цвет. Механизм пространственного смешения цветов показан на рис. 1.4.

Конструкция и электрическая схема ЭЛТ изображены на рис. 1.5. На модуляторы ЭЛТ подаются три сигнала цветности: R, G и B. Каждый из трех ускоряющих электродов может иметь индивидуальную настройку ускоряющего напряжения. Фокусирующий электрод часто является общим для всех трех пушек. В этом случае его называют *главной фокусирующей линзой* или просто *главной линзой*. Цветоделительная маска, люминофорное покрытие и внутреннее графитовое покрытие колбы ЭЛТ соединены между собой и образуют *второй анод*, или просто *анод*.

Перемещение электронных лучей осуществляется отклоняющей системой. Эта система является магнитной, т. е. представляет собой систему катушек, размещенных на горловине колбы ЭЛТ. Управляя силой тока, протекающего через катушки отклоняющей системы, можно изменять индукцию создаваемого ими магнитного поля и тем самым - силу, действующую в поперечном направлении на пучок электронов. Управляющие сигналы для отклоняющей системы формируются генераторами строчной и кадровой разверток.

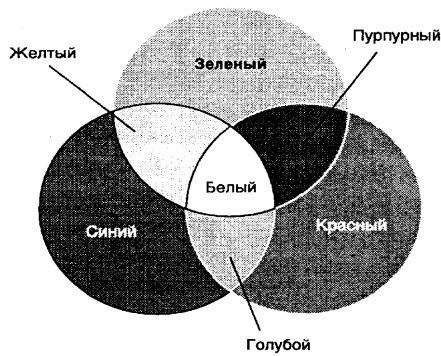


Рис. 1.4. Пространственное смешение цветов

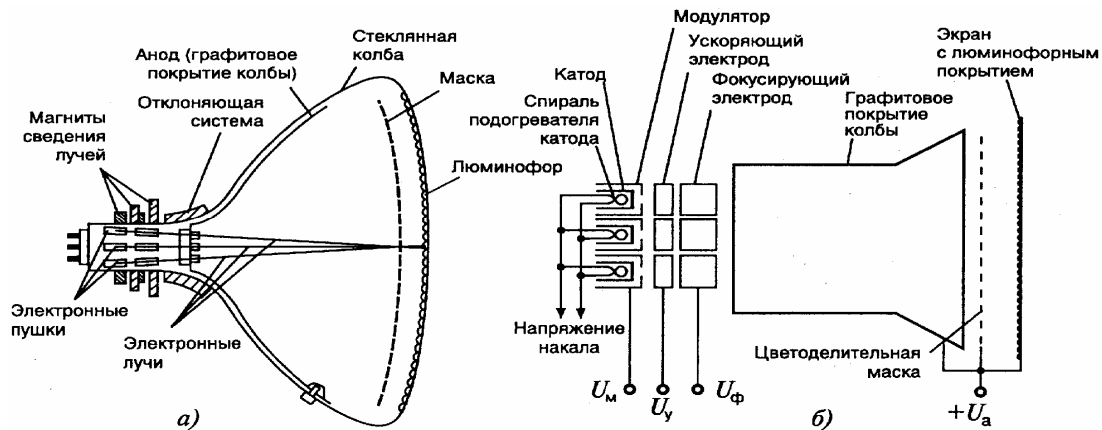


Рис. 1.5. Конструкция (а) и электрическая схема (б) ЭЛТ цветного монитора

Важным элементом ЭЛТ является *Цветоделительная маска*. Как следует из ее названия, маска обеспечивает попадание каждого из трех электронных лучей на зерна люминофора своего цвета. Цветоделительная маска должна с высокой точностью сохранять свою форму при нагреве, возникающем при ее бомбардировке электронами. Поэтому маску изготавливают из специального сплава — инвара — с очень низким коэффициентом температурного расширения. В зависимости от конструкции цветоделительной маски различают два типа ЭЛТ: ЭЛТ с *теневого маской* и ЭЛТ со *целевой маской*.

1.1.2. ЭЛТ С ТЕНЕВОЙ МАСКОЙ

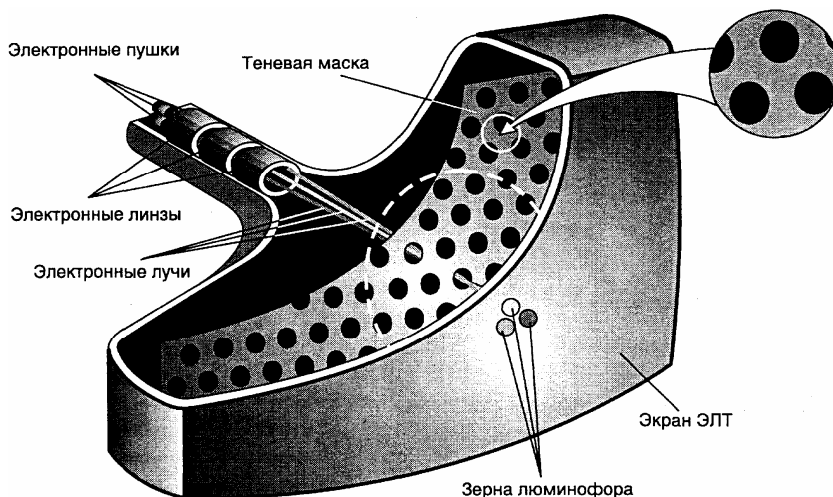


Рис. 1.6. ЭЛТ с теневой маской

Теневая маска представляет собой тонкую пластину с круглыми отверстиями (рис. 1.6). Каждой триаде зерен люминофора соответствует свое отверстие в маске. Подобно триаде люминофора, в горловине стеклянной колбы ЭЛТ располагаются три электронные пушки, оси которых проходят через вершины воображаемого равностороннего треугольника (рис. 1.7), а оптическая ось кинескопа — через его центр. Поскольку равносторонний треугольник похож на греческую букву «дельта» (Δ), ЭЛТ с теневой маской иногда называют *дельта-кинескопами*, подчеркивая способ пространственного размещения электронных

пушек. Все три пушки дельта-кинескопа отклонены от его оптической оси на некоторый угол (около 1°).

При таком расположении электронных пушек на экране ЭЛТ формируются три смещенных относительно друг друга трапецевидальных растра основных цветов (рис. 1.8). В результате происходит разделение лучей — они попадают на зерна разных триад — и возникает необходимость в сведении лучей как по горизонтали, так и по вертикали.

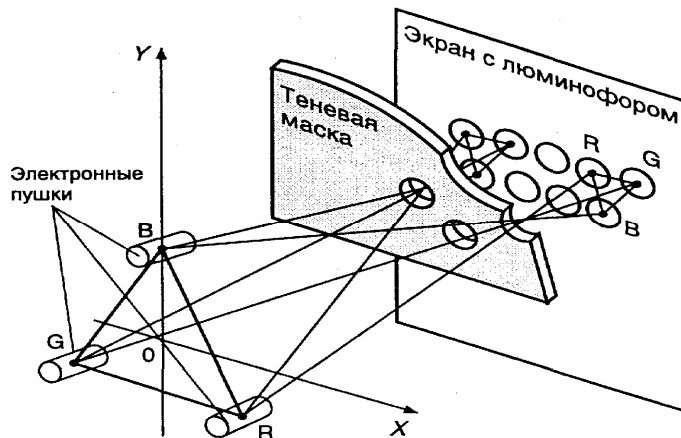


Рис. 1.7. Дельтообразное расположение электронных пушек в ЭЛТ с теневой маской

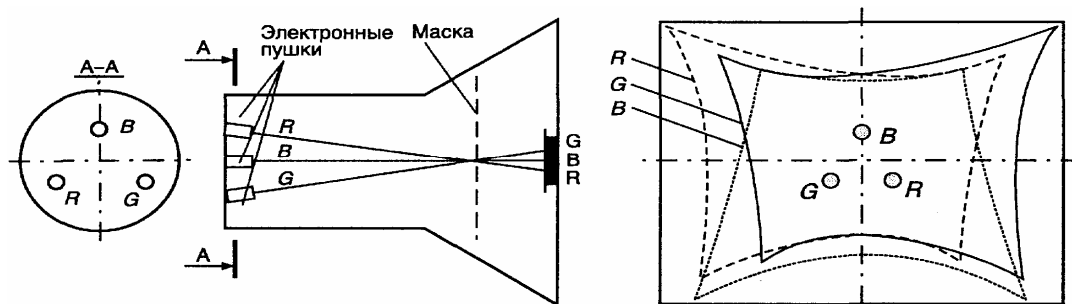


Рис. 1.8. Искажения формы растров основных цветов в дельта-кинескопе

Для коррекции этих искажений дельта-кинескопы оснащаются весьма сложными системами сведения лучей и коррекции растра.

1.1.3. ЭЛТ СО ЩЕЛЕВОЙ МАСКОЙ

Щелевая цветоделительная маска образована множеством тонких вертикальных щелей (рис. 1.9).

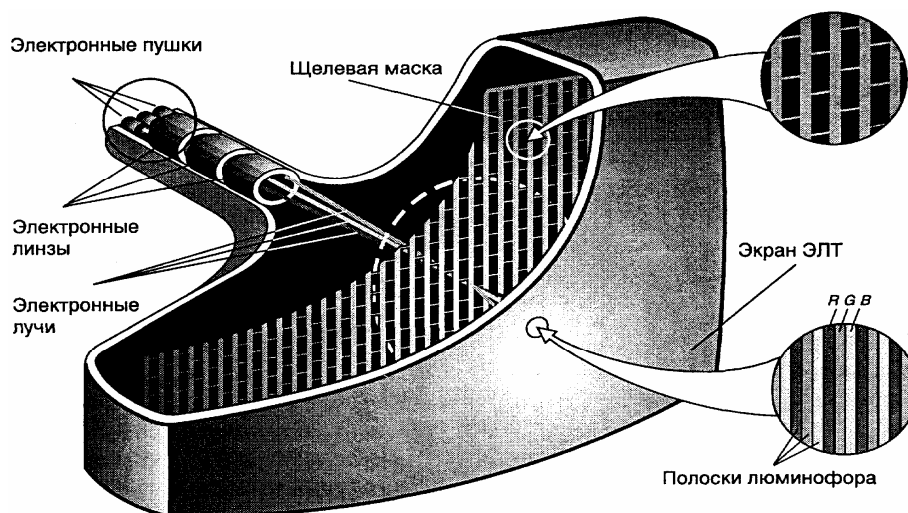


Рис. 1.9. ЭЛТ со щелевой маской

Поэтому люминофор нанесен на обратную сторону экрана в виде чередующихся вертикальных полос. Между щелями имеются тонкие горизонтальные перемычки, обеспечивающие механическую прочность маски. В таких ЭЛТ используется *планарное*, или линейное, расположение электронных пушек (т. е. пушки располагаются в одной, горизонтальной плоскости). ЭЛТ со щелевой маской называют также *ЭЛТ с*

компланарной оптикой.

В горловине ЭЛТ, на ее оптической оси, размещается пушка зеленого цвета. Поэтому формируемый ею растр оказывается симметричным и с минимальными геометрическими искажениями. Выбор зеленого луча в качестве осевого обусловлен тем, что спектральная чувствительность человеческого глаза максимальна именно к зеленому цвету и искажения зеленого растра наиболее заметны.

Две другие пушки (синяя и красная) располагаются симметрично оптической оси ЭЛТ в горизонтальной плоскости и образуют с ней угол около $1,5^\circ$. Формируемые ими растры смещены симметрично относительно зеленого растра только по горизонтали (рис. 1.10), что значительно упрощает процедуру сведения лучей по сравнению с процедурой сведения в дельта-кинескопах. Здесь необходимость в сведении лучей по вертикали отсутствует, поскольку:

- все лучи отклоняются примерно одинаково (за счет планарного расположения пушек);
- даже при небольшом разделении лучей по вертикали цвет засвеченного участка люминофора не изменяется (за счет его вытянутой по вертикали формы).

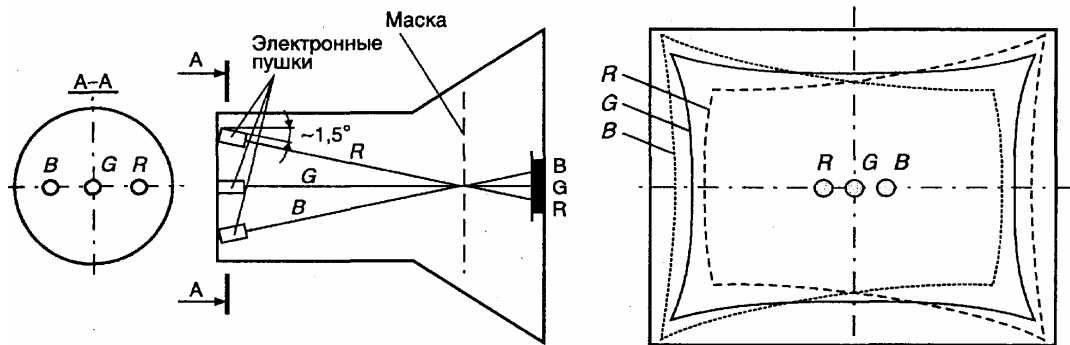


Рис. 1.10. Искажения формы растров основных цветов в кинескопе с планарным расположением электронных пушек

Последнее обстоятельство позволяет использовать практически плоские по вертикали щелевую маску и экран и существенно уменьшить геометрические искажения растра. Кроме того, щелевая маска обладает большей прозрачностью для электронов, чем теневая. Благодаря этому яркость свечения экрана ЭЛТ со щелевой маской при прочих равных условиях оказывается выше.

1.1.4. ЭЛТ С АПЕРТУРОЙ РЕШЕТКОЙ

ЭЛТ со щелевой маской была усовершенствована фирмой Sony, в результате чего появилась ЭЛТ типа *Trinitron*.

Название *Trinitron* в первую очередь характеризует конструкцию электронных пушек. Если оба рассмотренных выше типа ЭЛТ имели три отдельные электронные пушки, то в ЭЛТ типа *Trinitron* используется единый электронный прожектор с тремя планарно-расположенными катодами (рис. 1.11).

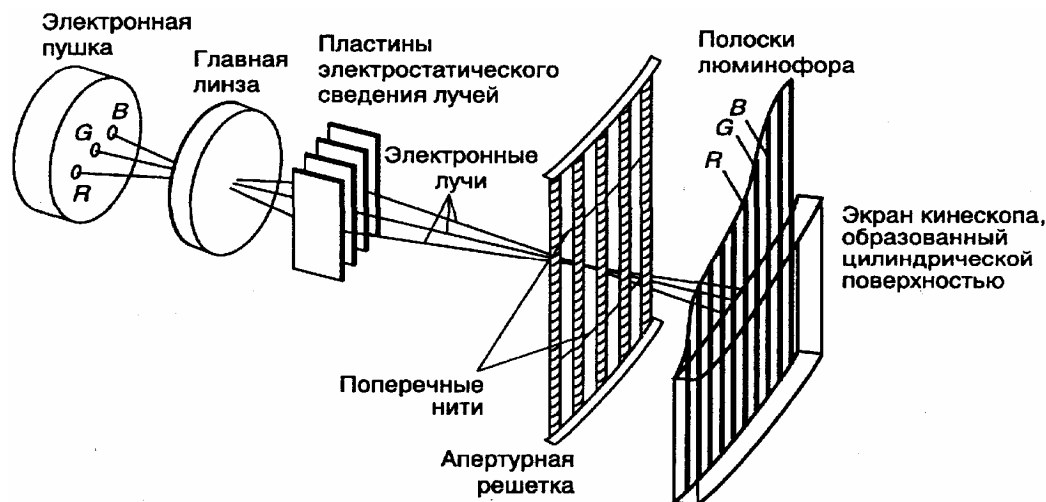


Рис. 1.11. Конструкция ЭЛТ типа *Trinitron*

За счет использования прожектора такой конструкции удалось повысить точность фокусировки лучей и обеспечить высокую идентичность модуляционных характеристик ЭЛТ.

Другой отличительной особенностью ЭЛТ *Trinitron* является использование не электромагнитной, а

электростатической системы сведения лучей по горизонтали: в ЭЛТ установлены пластины, на которые подаются импульсы тока параболической формы.

И, наконец, ЭЛТ Trinitron отличаются конструкцией цветоделительной маски, в качестве которой используется так называемая *апертурная решетка*. Апертурная решетка представляет собой совокупность тонких, вертикально натянутых металлических струн, поэтому кривизна экрана ЭЛТ по вертикали равна нулю (*кривизной поверхности* называется величина, обратная ее радиусу). Если у дельта-кинескопов и ЭЛТ со щелевой маской экран ЭЛТ представляет собой участок сферы, то у ЭЛТ типа Trinitron он образован цилиндрической поверхностью. Это обеспечивает практически полное отсутствие геометрических искажений раstra по вертикали.

Прозрачность апертурной решетки для электронных лучей примерно на 20% выше, чем у щелевой маски, поэтому яркость свечения монитора с ЭЛТ типа Trinitron выше, чем у традиционных.

Для устранения поперечных колебаний нитей апертурной решетки на уровне одной трети экрана сверху и снизу устанавливаются две поперечные горизонтальные нити. При близком рассмотрении экрана монитора с такой ЭЛТ эти нити довольно заметны (особенно нижняя).

Обычно экран ЭЛТ типа Trinitron покрывается снаружи специальным темным антибликовым покрытием, благодаря которому практически полностью устраняются блики на экране и повышается контрастность изображения. Кроме фирмы Sony, подобные ЭЛТ выпускают фирмы Mitsubishi (ЭЛТ типа DiamondTron) и ViewSonic (ЭЛТ типа SonicTron).

Достоинства и недостатки упомянутых технологий изготовления ЭЛТ более подробно будут рассмотрены в гл. 2, где речь пойдет о характеристиках устройств отображения.

1.1.5. ФОРМИРОВАНИЕ РАСТРА

Изображение (растр) на экране ЭЛТ формируется построчно, причем электронный луч движется по зигзагообразной траектории (рис. 1.12)— слева направо и сверху вниз. Электронный луч периодически сканирует весь экран, образуя на нем близко расположенные строки развертки. Полный цикл движения луча, в течение которого на экране ЭЛТ оказываются прорисованными все строки изображения, образует один кадр изображения.

Прямой ход луча по горизонтали, в течение которого передается изображение и ток луча изменяется под действием поступающего на модуляторы ЭЛТ видеосигнала, осуществляется сигналом строчной (горизонтальной) развертки, а по вертикали — кадровой (вертикальной) развертки. Запуск генераторов строчной и кадровой разверток осуществляется специальными *синхронизирующими импульсами* — *строчными* и *кадровыми*. Совокупность строчных и кадровых синхроимпульсов называется *синхросигналом* или *синхросмесью*.

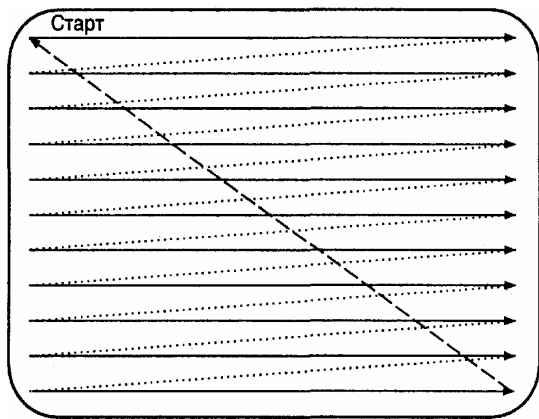


Рис. 1.12. Формирование раstra на экране ЭЛТ

Перевод луча из крайней правой точки строки в крайнюю левую точку следующей строки (обратный ход луча по горизонтали) и из крайней правой позиции последней строки экрана в крайнюю левую позицию первой строки (обратный ход луча по вертикали) осуществляется специальными сигналами обратного хода. В течение обратного хода ток луча минимален. На рис. 1.12 прямой ход луча показан сплошной линией, а обратный — пунктирной.

Для предотвращения засветки люминофора лучом во время его обратного хода на модуляторы ЭЛТ подаются специальные *импульсы гашения*, или *импульсы обратного хода*, запирающие электронные пушки. Для гашения луча на время обратного хода по горизонтали используются *строчные гасящие импульсы*, а по вертикали — *кадровые гасящие импульсы*.

Стандартный телевизионный видеосигнал содержит в себе одновременно сигналы изображения (сигнал яркости и два цветоразностных сигнала), синхросигналы и гасящие импульсы. На монитор же подаются отдельные сигналы — сигналы *R, G, B* с импульсами гашения и синхросигнал. Приведенный на рис. 1.13 сигнал хотя и является телевизионным видеосигналом строки изображения последовательности разных по

яркости вертикальных полос (градиационного клина), недостаточно наглядно иллюстрирует зависимость яркости изображения на экране монитора от уровня видеосигнала.

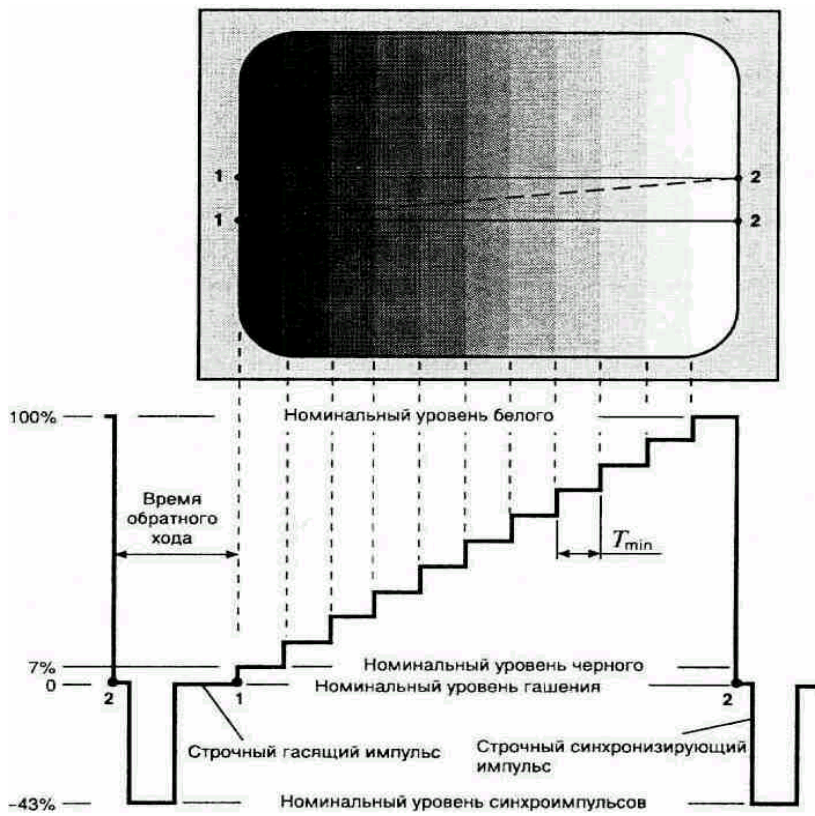


Рис. 1.13. Видеосигнал одной строки изображения градиационного клина

Таким образом, одними из основных характеристик монитора являются частоты кадровой и строчной разверток, иными словами, *частота кадров* и *частота строк*.

Описанный выше способ формирования изображения применяется и в телевизорах. Здесь частота обновления (*Refresh Rate* — скорость обновления) изображения (частота кадров) составляет 25 Гц. Может показаться, что это очень низкая частота. Однако в телевидении для сокращения полосы частот спектра телевизионного сигнала применяется *чересстрочная развертка* (*Interlaced Mode*), т. е. полный растр формируется в два приема (рис. 1.14, а). Сначала за время, равное $1/50$ с, воспроизводятся только четные строки: 2, 4 и т. д. Эта часть растра называется *полем четных строк* или *четным полукадром*. Затем развертывающий электронный луч переводится от нижнего края экрана вверх и попадает в начало 1-й (нечетной) строки. Далее луч прорисовывает все нечетные строки: 1, 3 и т. д. Так формируется *поле нечетных строк*, или *нечетный полукадр*. Если наложить оба полукадра друг на друга, то получится полный кадр изображения.

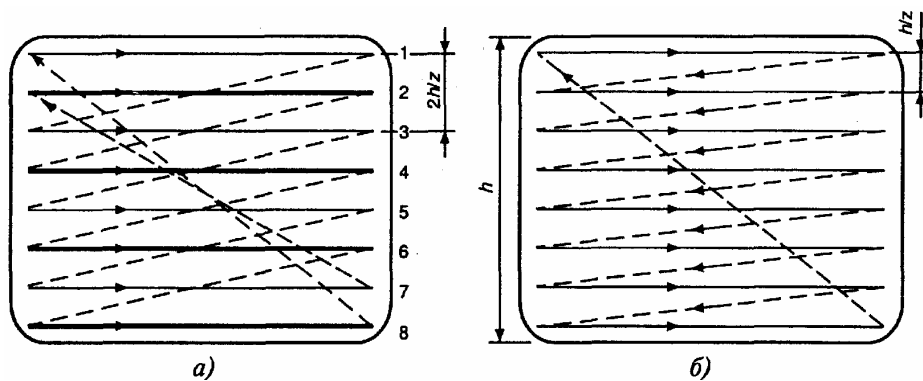


Рис. 1.14. Формирование растра при чересстрочной (а) и построчной (б) развертке

Применение данного способа формирования изображения как в мониторах, так и в телевизорах оказалось возможным благодаря двум особенностям, точнее, недостаткам зрения человека:

- инерционности восприятия световых раздражений;
- ограниченной разрешающей способности по перемещениям.

Первая особенность заключается в том, что возникновение и прекращение фотохимических реакций на сетчатке глаза (после начала и окончания воздействия импульса света) происходит не мгновенно, а с задержкой, характеризующей эту инерционность. Время нарастания зрительного ощущения составляет около 0,1 с, а время сохранения светового возбуждения после окончания действия светового раздражителя — 0,4—1,0 с. Благодаря такому свойству зрения, оказалось возможным производить поэлементную развертку изображения от одной строки к другой и от одного полукадра к другому (при чересстрочном способе формирования изображения), т. е. изображение представляется в виде быстро сменяющейся последовательности строк и кадров.

С учетом второй особенности зрения формируются изображения движущихся предметов на экране монитора или телевизора. Для того чтобы движения казались плавными, каждое изменение положения предметов должно быть передано небольшими «порциями», т. е. различия в картинках должны быть достаточно малыми (как в мультипликации). Движение передается путем покадрового воспроизведения отдельных, мало отличающихся друг от друга фаз движения.

Человеческий глаз воспринимает последовательность дискретных картинок как непрерывное динамическое изображение, если частота смены этих картинок не ниже 20—25 Гц. Исходя из этого выбиралась частота полей в телевидении. Для мониторов частота кадров имеет более важное значение, поскольку во многом определяет устойчивость изображения по вертикали (отсутствие мерцаний) и, как следствие, степень утомляемости глаз. Поэтому частоту кадров монитора РС стараются по возможности устанавливать как можно выше.

Современные мониторы поддерживают частоту кадров в диапазоне 60—120 Гц. Однако повышение частоты кадров требует увеличения частоты строчной развертки, так как уменьшается время, отводимое на формирование каждой точки растра. Частота строк примерно определяется произведением частоты вертикальной развертки на количество строк, содержащихся в одном кадре (разрешающая способность по вертикали).

1.1.6. РАЗРЕШЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Качество изображения на экране ЭЛТ характеризуется в основном двумя параметрами: разрешением и цветностью.

Изображение на экране ЭЛТ является мозаичным, т. е. состоит из отдельных элементов. Минимальный элемент изображения называют *пикселом* (*Pixel—Picture Element*). Количество пикселов в строке называют *разрешением по горизонтали*, а количество пикселов по вертикали — *разрешением по вертикали*. Фактически разрешение по вертикали определяется количеством строк в растре. Под разрешением кадра (изображения) понимают общее количество содержащихся в нем пикселов и обозначают как произведение разрешений по горизонтали и вертикали, например 640×480 (640 пикселов в строке и 480 строк).

Очевидно, что пиксел не может быть меньше зерна люминофора (здесь и далее при упоминании термина «зерно люминофора» будем подразумевать триаду зерен). Поэтому *максимальное (физическое) разрешение*, которое может быть обеспечено монитором с конкретной ЭЛТ, определяется количеством зерен люминофора на экране этой ЭЛТ.

На практике размеры пиксела зависят от установленного разрешения, которое, в свою очередь, определяется параметрами видеосигнала, поступающего на ЭЛТ. Размер по вертикали определяется количеством строк растра, а по горизонтали — *максимальной частотой спектра* видеосигнала (как известно, любой сложный сигнал может быть представлен как сумма простейших синусоидальных колебаний разной частоты и амплитуды — это и есть спектр данного сигнала). Именно высокочастотные спектральные составляющие видеосигнала определяют размер мелких деталей на экране монитора.

Оценим взаимосвязь между разрешением монитора, параметрами развертки и характеристиками видеосигнала. Для этого воспользуемся изображением в виде шахматного поля (рис. 1.15). Предположим, что разрешение этого изображения составляет $N \times M$, где N — количество пикселов (клеток) в строке (горизонтальное разрешение), а M — количество строк (вертикальное разрешение). Частоту строк обозначим $f_{\text{стр}}$, а частоту кадров — $f_{\text{кадр}}$.



Рис. 1.15. Изображение в виде шахматного поля

Размер пиксела по горизонтали определяет минимальный период видеосигнала $T_{\min}$. Величина, обратная $T_{\min}$, т. е. количество периодов видеосигнала в единицу времени, является максимальной частотой спектра видеосигнала $f_{\max}$. Один кадр изображения содержит $N \times M$ пикселей. Если частота кадров $f_{\text{кадр}}$, то участок видеосигнала длительностью 1 с должен содержать $f_{\text{кадр}} \times N \times M$ периодов, т. е. максимальная частота спектра видеосигнала при разрешении $N \times M$ и частоте кадров $f_{\text{кадр}}$

$$f_{\max} = f_{\text{кадр}} \times N \times M \text{ Гц.}$$

Например, при разрешении 640×480 и частоте кадров 60 Гц максимальная частота спектра видеосигнала составит около 20 МГц, а при разрешении 1024×768 и частоте кадров 75 Гц — уже 59 МГц.

Анализируя полученное соотношение, можно сделать три вывода:

1. Повышение разрешения изображения при неизменной частоте кадров сопровождается расширением спектра видеосигнала, т. е. увеличением его максимальной частоты спектра $f_{\max}$.

2. Максимальная частота спектра видеосигнала определяет максимально возможное при заданной частоте кадров разрешение. На практике эта частота не может быть больше, чем *ширина полосы пропускания видеотракта монитора*. Напомним, что полосой пропускания устройства называют диапазон частот входного сигнала, в пределах которого коэффициент передачи данного устройства по напряжению составляет не менее 0,707 от максимального (рис. 1.16). Зависимость коэффициента передачи устройства от частоты сигнала называют *амплитудно-частотной характеристикой* (АЧХ).

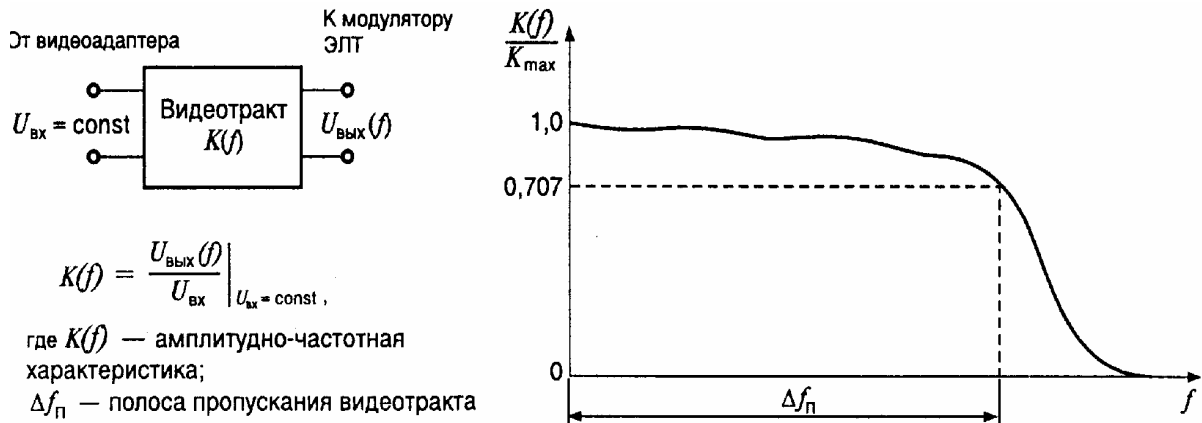


Рис. 1.16. Типичная АЧХ видеотракта монитора

Если максимальная частота (т. е. ширина) спектра видеосигнала превысит ширину полосы пропускания видеотракта монитора, то видеосигнал не сможет пройти через этот тракт без искажений. Повысить разрешение изображения при сохранении значения $f_{\max}$ *неизменным* можно только при снижении частоты кадров, что сделает мерцание изображения более заметным. Например, ширина полосы пропускания видеотракта стандартного монитора видеосистемы VGA составляет около 25 МГц, что позволяет ему поддерживать разрешение 640×480 при частоте кадров 60 Гц или 720×400 при частоте кадров 70 Гц. Для работы с разрешением 800×600 необходимо снизить частоту кадров до 56 Гц, что приведет к появлению заметного мерцания экрана. Сохранение прежней частоты кадров при таком разрешении невозможно, поскольку максимальная частота спектра видеосигнала окажется за пределами полосы пропускания видеотракта монитора.

3. Для повышения разрешения изображения по вертикали при заданной частоте кадров необходимо не только расширить полосу пропускания видеотракта, но и увеличить частоту строк $f_{\text{стр}} = f_{\text{кадр}} \times M$. Даже в том случае, когда $f_{\max}$ попадает в полосу пропускания видеотракта монитора, изображение на его экране может быть неустойчивым или пропасть вовсе, если генератор строчной развертки монитора не в состоянии обеспечить требуемую частоту строк $f_{\text{стр}}$ (с учетом импульсов гашения требуемое значение частоты строк оказывается еще выше примерно на 10%). В частности, первым монитором, поддерживающим разрешение 1024×768 , был монитор 8514 фирмы IBM. Он имел достаточно широкую полосу пропускания видеотракта (45—47 МГц), чтобы обеспечить при данном разрешении и построчной развертке частоту кадров около 56 Гц. Однако предельная частота генератора строчной развертки у этого монитора не превышала 36 кГц, тогда как для обеспечения указанной частоты кадров требовалось как минимум 48 кГц. В результате обеспечить разрешение 1024×768 этот монитор мог только при чересстрочной развертке с частотой кадров 43,8 Гц (частотой полей около 88 Гц) и частотой строк 35 кГц.

Таким образом, максимальное разрешение монитора определяется не только размером зерна люминофора, но и шириной полосы пропускания видеотракта и максимальной частотой строчной развертки. Значения всех этих характеристик монитора должны быть согласованы друг с другом, т. е. повышение разрешения возможно только при одновременном их улучшении.

1.1.7. КОЛИЧЕСТВО ОТОБРАЖАЕМЫХ ЦВЕТОВ

Качество цветного изображения на экране монитора определяется количеством цветов, которые он в состоянии воспроизвести.

Отметим одну терминологическую тонкость. Если количество цветов невелико (до 16), то будем говорить о *цветах*. При этом будем иметь в виду не только три основных цвета (красный, зеленый и синий), но и получаемые путем их смешения *неосновные цвета*. Если же количество цветов составляет сотни, тысячи и даже миллионы, то правильнее говорить об *оттенках цветов*. Иногда вместо термина «количество цветов» (оттенков) употребляют термины *палитра* или *размер палитры*.

Далее, если конкретное количество *оттенков цветов* не оговаривается, для краткости будем использовать термин «количество цветов».

Количество цветов, формируемых монитором, определяется типом видеосигнала — цифровой он или аналоговый.

Цифровой видеосигнал может принимать только два значения: высокое (уровень логической единицы) и низкое (уровень логического нуля) (рис. 1.17, а).

Если на модулятор электронной пушки поступает видеосигнал высокого уровня, то формируется луч номинальной интенсивности, а если низкого — пушка заперта. Несложно подсчитать, что возможное число различных состояний трех пушек составляет $2^3 = 8$, т. е. монитор может сформировать только 8 цветов. Другими словами, смешение основных цветов производится с использованием только целых весовых коэффициентов — либо 0, либо 1.

Мониторы, управление которыми осуществляется цифровым видеосигналом, называют *цифровыми* или *TTL-мониторами*. Последнее название объясняется тем, что аналогичные уровни логического нуля и логической единицы используются в цифровых схемах на основе транзисторно-транзисторной логики (TTL — *Transistor-Transistor Logic*).

Главный недостаток цифровых мониторов — скудная палитра. Для увеличения количества отображаемых цветов, помимо трех основных сигналов (R, G и B), используются дополнительные линии. Так, в мониторе видеосистемы CGA используется дополнительный модулятор яркости (*I* — *Intensity*), общий для всех трех пушек. В общем случае, чтобы получить палитру размером N цветов, необходимо $\log_2 N$ проводов для передачи двоичного кода цвета. Кроме того, необходимо изменить конструкцию модулятора каждой электронной пушки таким образом, чтобы ею можно было управлять не только основным, но и дополнительным сигналом.

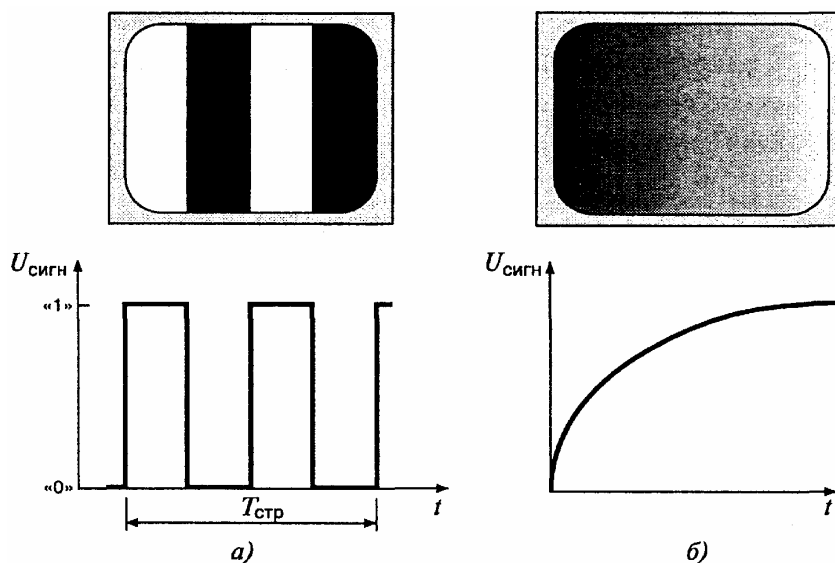


Рис. 1.17. Цифровой (а) и аналоговый (б) видеосигналы

Очевидно, что значительно увеличить палитру таким способом невозможно. Ведь соединительный кабель между монитором и видеоадаптером может вместить лишь ограниченное количество проводов. Максимальное количество (6 проводов) использовалось в мониторах, разработанных фирмой IBM для видеосистемы EGA (см. разд. 1.3). Каждая электронная пушка этого монитора имела два модулятора: основной (R, G, B) и дополнительный (r, g, b). Размер палитры монитора составлял $2^6 = 64$ оттенка цвета. В настоящее время цифровые мониторы практически не используются.

Сделать палитру монитора неограниченной можно, если подавать на ЭЛТ *аналоговые* (непрерывные) видеосигналы (рис. 1.17, б).

Мониторы, управление которыми осуществляется непрерывным видеосигналом, называются *аналоговыми*. В настоящее время именно они используются в составе РС.

Принцип действия аналогового монитора такой же, как и цветного телевизора. При изменении

аналоговых видеосигналов на модуляторах ЭЛТ интенсивность электронных лучей будет изменяться плавно. Также плавно, а не дискретно (как в цифровых мониторах), будет изменяться яркость свечения соответствующих зерен люминофора. Это позволит выполнять смешение трех основных цветов в любой пропорции. Поскольку множество значений непрерывной величины бесконечно, бесконечным будет и число возможных сочетаний яркости трех основных цветов. Поэтому цветовая палитра аналоговых мониторов не ограничена, т. е. с помощью таких мониторов можно получить практически любой оттенок цвета.

На практике палитра видеосистемы РС достаточно велика, но все же ограничена (до 16,7 млн оттенков). Это обусловлено не свойствами монитора, а особенностями работы видеоадаптера, формирующего видеосигнал. Достаточно подробную информацию об устройствах формирования видеосигналов можно найти в [1, 2].

1.2. Типы видеомониторов для ПК

Подавляющее большинство вычислительных систем, находящихся сегодня в пользовании, относится к семейству персональных компьютеров типа IBM PC, поэтому основным предметом данного раздела являются вопросы устройства и ремонта видеомониторов именно для этого семейства. Для других типов компьютеров, таких как "Macintosh" или более мощных класса "Workstation" применяются ВМ с высокой разрешающей способностью и большим размером экрана (19" - 20"). Их схемотехника и устройство имеют свои особенности, но принципиально они выполнены не сложнее, чем ВМ для компьютеров типа IBM PC.

Существуют также отдельные ВМ для применения совместно с игровыми приставками и компьютерами, однако их устройство и характеристики принципиально не отличаются от упомянутых выше, а схемотехника часто использует аналогичный набор микросхем.

ВМ отечественного производства, к сожалению, не получили такого широкого распространения в настоящее время, как импортные. Ранее разработанные для применения с вычислительными системами серии ЭЛЕКТРОНИКА-60 монохромный ВМ типа "МС 6105" и с компьютерами АГАТ и КОРВЕТ цветной ВМ типа "ЭЛЕКТРОНИКА 32 ВТЦ-202" имеют характеристики и схемотехнику, близкие к обычным телевизорам.

Основная отличительная особенность ВМ для систем IBM PC — это разнообразие их типов, которое является следствием исторического развития этой серии компьютеров. Каждый такой компьютер имеет отдельный видеоадаптер, который содержит память (видеобuffer), схемы, преобразующие ее содержимое в видеосигнал, а также схемы вырабатывающие, необходимые для работы ВМ синхросигналы.

В первых компьютерах этой серии (PC XT) уже была заложена возможность использования различных типов ВМ (CGA — цветной и MDA — монохромный, повышенного разрешения), для чего достаточно было поменять видеоадаптер.

Был распространен также видеоадаптер HGC производства фирмы "GERCULES", который по своим параметрам соответствовал системе MDA. Позднее были созданы видеоадаптеры и соответствующие им ВМ, работающие в режиме EGA (Extended Graphic Adapter), которые обеспечивали более высокое качество изображения. Вышеупомянутые режимы работы видеосистем имели один общий недостаток — они использовали "цифровые" видеосигналы, то есть на выходах видеоадаптеров сигналы были в виде TTL-уровней, что не позволяло получить на экране ВМ достаточное количество цветовых оттенков.

Впоследствии для дальнейшего повышения разрешения на экране и лучшей цветопередачи был принят новый, более универсальный стандарт для видеосистем компьютеров (VGA и SVGA), в котором видеоадаптер вырабатывал аналоговые видеосигналы для ВМ, что давало возможность повысить качество цветопередачи или получить монохромное изображение, превосходящее по качеству телевизионное. Данный стандарт сохранил передачу импульсов синхронизации в ВМ сигналами с уровнями TTL и возможность кодирования некоторых режимов их полярностью.

Дополнительные требования к совместимости вновь создаваемых видеосистем по отношению к предыдущим (включая требования программной совместимости), а также обилие возможных режимов их работы наложили специфический отпечаток на конструкцию ВМ в виде сильного усложнения их схемотехники.

Для примера в таблице 1 приводятся параметры возможных режимов работы видеоадаптера "PEGA 11s" производства фирмы PRISMA. Режимы в первых пяти позициях в таблице 1.1 допускают работу обычных CGA/EGA ВМ, а остальные требуют использования специальных ВМ типа "Multisync". Символы "+" и "-" в столбцах значений строчной и кадровой частот обозначают полярность синхроимпульсов, чем передается в ВМ информация о включенном режиме. Так как синхроимпульсы, также как и видеосигналы передаются в ВМ этого типа TTL-уровнями ("—" — низкий, "+" — высокий), обозначение полярности в таблице относится только к уровню активной части синхроимпульса. Конечно, ВМ для работы с таким видеоадаптером не обязательно должен работать во всех приведенных в таблице 1 режимах, скорее, видеоадаптер был создан для возможности работы с любым, имеющимся в наличии ВМ.

В таблице 2 приводятся параметры режимов видеосистем типа VGA и SVGA, из которой становятся понятными требования к таким ВМ. Содержание таблицы 1.2 не исчерпывает всех возможных режимов работы видеосистем этого стандарта, приведенные данные относятся только к отдельно выбранному видеоадаптеру.

Таблица 1.1. Режимы работы видеоадаптера "PEGA 11s"

Режим		Разрешение H×V (точек)	Строчная частота (кГц)	Кадровая частота (Гц)	Частота точек (МГц)
CGA	TXT/GR	320×200	+15.75	+60	7.2
CGA	TXT/GR	640×200	+15.75	+60	14.3
MDA/HGC	TXT/GR	720×384	-18.43	-60	16.2
EGA	TXT/GR	320×350	-21.85	-60	8.1
EGA	TXT/GR	640×350	-21.85	-60	16.2
E1/E11	TXT/GR	640×400	+25.4	-60	22
E2/E13	TXT/GR	640×480	+30.0	-60	24
E4/E10	TXT/GR	1056×350	+21.8	-60	27
E12	GR	752×410	+25.6	-60	27
E14	GR	912×480	+30.0	-60	33
E15	GR	752×560	+34.0	-60	33
E16	GR	800×600	+35.0	-52	33
E17	GR	800×600	+37.0	-60	39

Здесь следует отметить, что если для ВМ типа VGA используются только режимы 31.5 КГц строчной частоты и 60/70 Гц кадровой, то для SVGA диапазон рабочих частот строчной развертки может изменяться от 30 КГц до 48 КГц и выше, а кадровой — от 50 Гц до 90 Гц и выше, причем режимы SVGA (mode 05Bh, 05Fh, 06Ah, 0102h, 0104h) являются режимами NI (Non Interlaced), в которых не используется чересстрочная развертка, когда изображение на экране формируется из двух полукадров.

NI режимы обеспечивают высококачественное немерцающее изображение на экране ВМ благодаря повышенной частоте смены кадров, в то время как формирование изображения из двух полукадров в режиме Interlaced реально снижает частоту смены кадров вдвое при той же кадровой частоте.

Если ВМ, предназначенные для применения в других семействах компьютеров, могут всегда работать в одном режиме, например, 1280 × 1024 точки, то ВМ типа SVGA компьютера IBM PC должен обязательно работать и в текстовом режиме с разрешением 640 × 480 (строчная частота — 31.5 кГц), так как из требований совместимости программного обеспечения при старте компьютера включается именно этот режим.

Из вышесказанного можно понять, насколько сложным должно быть устройство ВМ, чтобы обеспечить его работу при таких разбросах строчных и кадровых частот.

Таблица 1.2. Режимы работы видеосистем типа VGA и SVGA

Video mode (HEX)	Text/Gr	Col	Txt size (H×V)	Gr size (H×V)	Symb matr	Color num	SVGA	Hor Freq (kHz)	Vert Freq (Hz)
0	TXT	COL	40×25	320×200	8×8	16	-	-31.5	+70
1	TXT	COL	40×25	320×200	8×8	16	-	-31.5	+70
2	TXT	COL	80×25	640×200	8×8	16	-	-31.5	+70
3	TXT	COL	80×25	640×200	8×8	16	-	-31.5	+70
4	GR	COL	40×25	640×400	8×8	4	-	-31.5	+70
5	GR	COL	40×25	640×400	8×8	4	-	-31.5	+70
6	GR	COL	80×25	640×200	8×8	2	-	-31.5	+70
7	TXT	MON	80×25	720×400	9×16	3	-	-31.5	+70
D	GR	COL	40×25	320×200	8×8	16	-	-31.5	+70
E	GR	COL	80×25	640×200	8×8	16	-	-31.5	+70
F	GR	MON	80×25	640×350	8×14	3	-	+31.5	-70
10	GR	COL	80×25	640×350	8×14	16	-	+31.4	-70
11	GR	COL	80×30	640×480	8×16	2	-	-31.4	-60
12	GR	COL	80×30	640×480	8×16	16	-	-31.4	-60
13	GR	COL	40×25	640×400	8×8	256	-	-31.4	+70
50	TXT	COL	80×30	640×480	8×16	16	-	-31.5	-60
51	TXT	COL	80×43	640×473	8×11	16	-	-31.5	-60
52	TXT	COL	80×60	640×480	8×8	16	S	-31.5	-60
53	TXT	COL	132×25	1056×350	8×14	16	S	+31.2	-70
54	TXT	COL	132×30	1056×480	8×16	16	-	-31.2	-60
55	TXT	COL	132×43	1056×473	8×11	16	S	-31.2	-60
56	TXT	COL	132×60	1056×480	8×8	16	S	-31.2	-60
57	TXT	COL	132×25	1188×350	9×14	16	-	+31.2	-70
58	TXT	COL	132×30	1188×480	9×16	16	-	-31.2	-60

59	TXT	COL	132×43	1188×473	9×11	16	-	-31.2	-60
5A	TXT	COL	132×60	1188×480	9×8	16	-	-31.2	-60
5B	GR	COL	100×75	800×600	8×8	16	S	+48.0	+72
5C	GR	COL	80×25	640×400	8×16	256	S	-31.5	+70
5D	GR	COL	80×30	640×480	8×16	256	S	-31.5	-60
5E	GR	COL	100×37	800×572	8×16	256	S	-35.2	-56
5F	GR	COL	128×48	1024×768	8×16	16	S	+48.7	+60
60	GR	COL	128×48	1024×768	8×16	16	S	+35.5	+86
61	GR	COL	96×64	768×1024	8×16	16	S	+37.9	+60
62	GR	COL	128×30	1024×768	8×16	256	S	+48.0	+60
6A	GR	COL	100×75	800×600	8×8	16	S	+35.1	+56
6C	GR	COL		1280×1024		16	S	+48.0	+87
70	GR	COL	128×30	1024×480	8×16	256	S	-31.5	-60
74	GR	COL	128×30	1024×768	8×16	256	S	+35.5	+87
7E	GR	COL	80×25	1280×400	8×8	256	S	-31.5	+70
100	GR	COL	80×25	640×400	8×16	256	S	-31.5	+70
101	GR	COL	80×30	640×480	8×16	256	S	-31.5	-60
102	GR	COL	100×75	800×600	8×8	16	S	+48.1	+72
103	GR	COL	100×37	800×600	8×16	256	S	+30.2	-87
104	GR	COL	128×48	1024×768	8×16	16	S	+48.4	+60
107	GR	COL	160×64	1280×1024	8×16	256	S	+64.0	+64
108	TXT	COL	80×60	640×480	8×8	16	S	-31.5	-72
109	TXT	COL	132×25	1056×350	8×14	16	S	+31.5	-60
10A	TXT	COL	132×43	1056×473	8×8	16	S	-31.5	-60
10B	TXT	COL	132×50	1056×400	8×8	16	S	-31.5	+70
10C	TXT	COL	132×60	1056×480	8×8	16	S	-31.5	-60
10D	GR	COL	80×25	1280×400	8×8	256	S	-31.5	+70
120	GR	COL		1600×1200		16	S	+64.0	+48

1.3. Основные принципы построения современных ВМ

Современные растровые ВМ для компьютеров используют принципы построения сходные с применяемыми в телевизионной технике. Вместе с тем они отличаются от последних отсутствием радиотракта и схем для обработки видеосигналов (блока цветности), а также специфическим набором органов управления, необходимых только для коррекции кондиции изображения на экране, так как основные режимы работы устанавливаются программно через компьютер. Ниже на рис. 1.18 приводится обобщенная блок-схема ВМ, на которой показаны все необходимые для обеспечения его работы функциональные узлы и элементы управления. На рис. 1.18 показаны основные соединения между узлами, некоторые, требующие пояснения, подписаны дополнительно. Элемент, узел или соединение, отмеченное пунктиром, может отсутствовать в монохромных или других моделях ВМ.

Главным элементом ВМ является *ЭЛТ с отклоняющей системой (кадровыми отклоняющими катушками — КК и строчными — СК)*. Все остальные элементы, показанные на блок-схеме, служат для обеспечения режима работы ЭЛТ и согласования сигналов от компьютера.

Так как в цветных ВМ должно быть предусмотрено периодическое размагничивание маски ЭЛТ для поддержания "чистоты цвета", они оборудуются *петлей размагничивания*, которая работает автоматически каждый раз при включении ВМ. В высококачественных ВМ предусматривается дополнительная возможность включить размагничивание в любой момент работы, для чего на переднюю панель устанавливается кнопка "DEGAUSS".

Как и в обычном телевизоре для получения раstra на экране ВМ необходимы *узлы строчной и кадровой разверток*. Задающие генераторы для этих узлов, как правило, сильно связаны с блоком управления, поэтому на блок-схеме они показаны вместе.

Информация от компьютера поступает на входной разъем ВМ и далее на *узел обработки видеосигналов* для преобразования в сигналы с уровнями напряжений управления модуляторами ЭЛТ. Для ВМ типа CGA, MDA, MCGA, HGC и EGA в функции этого узла входит дополнительно преобразование входных видеосигналов с уровнями TTL в сигналы RGB (матрицирование) для декодирования цветовой и яркостной информации поступающей от компьютера. В состав узла обработки видеосигналов входит также плата ЭЛТ, которая служит для подключения непосредственно к цоколю ЭЛТ. Оконечные видеусилители, как правило, располагаются на этой плате, а другие схемы узла обработки видеосигналов могут находиться на ней или на основной плате ВМ.

Блок питания ВМ вырабатывает все необходимые напряжения для питания узлов показанных на блок-схеме, кроме ускоряющего напряжения HV для ЭЛТ, которое для обеспечения большей стабильности традиционно вырабатывается в высоковольтном блоке узла строчной развертки. В блоке питания цветного



Узел управления служит для контроля входных сигналов от компьютера (синхроимпульсов) и установки режимов работы узлов разверток, обработки видеосигналов, блока питания для поддержания и коррекции установленного режима изображения. Так как информация о видеорежимах от компьютера поступает в ВМ в

виде комбинации полярностей синхроимпульсов (для простых режимов) и их частот (режимы SVGA), узел управления выполняет довольно сложную задачу по определению параметров разверток и управлению другими узлами. В функции узла управления входит также обеспечение защиты ЭЛТ от аварийных ситуаций и обеспечение дежурного режима для экономии мощности (режим GREEN) когда ВМ не используется оператором. В современных моделях ВМ в узле управления все чаще применяют микропроцессоры с набором специализированных микросхем, которые обеспечивают сохранение всех установок и простое управление для пользователя.

Каждый из указанных на блок-схеме узлов ВМ снабжается необходимым набором управляющих элементов для настройки режимов работы. Большинство таких элементов используются для установки в процессе заводской регулировки, обычно они недоступны пользователю, а на переднюю панель ВМ выносятся только необходимые, например, регулировка яркости, контрастности, коррекции размеров изображения.

1.4. Технические характеристики ВМ

Как и всякий прибор, ВМ конструируется по вполне определенному техническому заданию, которое должно соответствовать области его применения, из чего образуются его технические характеристики.

1.4.1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основными характеристиками ВМ являются:

- Перечень режимов, в которых он может работать.
- Размер экрана ЭЛТ
- Тип, уровни видеосигналов и синхросигналов.

В ходе проектирования, конструкторской проработки и в стадии производства ВМ определяются и другие (вторичные) технические характеристики, которые определяются потребительскими требованиями и уровнем развития техники на момент выпуска.

К таким характеристикам относятся:

- Конструкция ЭЛТ, электронной пушки, система отклонения луча.
- Максимальная яркость, контрастность изображения.
- Размер светящегося пятна от электронного луча.
- Точность геометрического отображения.
- Полоса пропускания оконечных видеоусилителей.
- Стабильность поддержания размеров изображения.
- Время достижения установившегося режима (время прогрева).
- Время непрерывной работы.
- Напряжение питающей сети и потребляемый ток.
- Габаритные размеры и вес.
- Пределы окружающей температуры при работе и хранении.
- Выдерживаемые вибрационные и ударные нагрузки.
- Среднее время наработки на отказ.
- Величины излучаемых электрических и магнитных полей.
- Величина рентгеновского излучения.

Кроме всех перечисленных выше характеристик конструкция ВМ должна обеспечивать дизайн, безопасность и уровень радиопомех в рамках соответствующих международных норм.

Как видно из вышеизложенного, полный перечень технических характеристик ВМ весьма внушителен, однако полностью он доводится до потребителя очень редко. Естественно такая информация обязательно существует у изготовителя ВМ, обычно в виде документации типа "TECHNICAL REFERENCE", но она в лучшем случае передается сервисным центрам или закупается дополнительно, а потребителю сообщаются только основные характеристики в виде описания для пользователя "OPERATION MANUAL". В таком случае потребителю приходится зачастую при выборе ВМ оценивать качество его работы "на глаз" или полагаться на отзывы о работе конкретной модели от других пользователей, так как отсутствуют под рукой необходимые характеристики. Ниже приводится для примера относительно полный набор технических характеристик из описания "TECHNICAL REFERENCE" для ВМ типа НМ-4119 производства фирмы "HITACHI".

1.4.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВМ ТИПА НМ-4119.

□ Характеристики применяемой ЭЛТ:

- ЭЛТ с самосвечением и размером диагонали 20" (51 см).
- Угол отклонения луча 90°.

- Тип электронной пушки ON-LINE.
- Фокусировка луча — электростатическая.
- Отклонение луча — электромагнитное.
- Размер пятна от луча 0.31 мм.
- Цветовые свойства люминофоров (цветовые координаты и время послесвечения):

R (RED)	X=0.610	Y=0.342	1.2 мс.
G (GREEN)	X=0.298	Y=0.588	300 мкс.
B (BLUE)	X=0.151	Y=0.064	250 мкс.
- Защита экрана — стягивающий бандаж с отверстиями для крепления к корпусу ВМ.
- Рабочее положение — большей стороной горизонтально.

□ Характеристики входных сигналов:

- Видеосигналы R,G,B положительной полярности с пиковым уровнем 0.7 В.
- Входное сопротивление более 4 КОм (возможно подключение согласующих резисторов 75 Ом).
- Режимы сигналов синхронизации:

Отдельные входы для строчных (HS) и кадровых (VS) синхроимпульсов отрицательной полярности с уровнями TTL.

Композитный синхросигнал с уровнем TTL.

Композитный синхросигнал, подмешанный к видеосигналу в канал G.

□ Электрические характеристики:

- Разрешение 1280 (по горизонтали) на 1024 (по вертикали) точки.
- Частота разверток:
 - Строчной — 64 КГц.
 - Кадровой — 55 — 65 Гц.
- Время обратного хода:
 - По горизонтали — 3.5 мкс (макс.).
 - По вертикали — 550 мкс (макс.).
- Параметры видеоусилителей:
 - Полоса пропускания (по уровню -3 дБ) 15 Гц — 100 МГц.
 - Время подъема и спада прямоугольного импульса менее 5 нс.
 - Максимальная перегрузка 10%.

□ Геометрические характеристики изображения:

- Размеры изображения на экране:
 - По горизонтали — 340 мм -2%.
 - По вертикали — 270 мм -2%.
- Пределы регулировки центровки:
 - По горизонтали — 6 мм.
 - По вертикали — 8 мм.
- Максимальное разведение лучей:
 - В центральной зоне (круг диаметром 270 мм) — 0.3 мм.
 - Вне центральной зоны — 0.5 мм.
- Искажения раstra:
 - Не должно быть отклонений точки от истинной позиции более чем на 1.5%.
 - Линейность по горизонтали и вертикали лучше 5%.
- Изменения размеров раstra при изменении яркости от 0 до 100% не должны быть более 1%.

□ Цветовые характеристики:

- Сохранение уровня черного лучше 1% при изменениях яркости в пределах 10 — 90% от максимальной.

□ Другие характеристики:

- Время разогрева катода ЭЛТ — менее 20 с.
- Время прогрева ВМ до стабильных характеристик изображения — 20 мин.
- Защиты люминофора ЭЛТ:
 - По выключению питания.
 - Пропаданию сигналов синхронизации.
 - Повреждению в узлах отклонения луча.
- Размагничивание продолжительностью 15 сек:
 - Автоматическое при включении.
 - Ручное от кнопки.

- Питающее напряжение переменного тока частотой 47 — 63 Гц: 87 — 132 В или 175 — 264 В (переключаемое).
- Потребляемая мощность:
 - Нормальная — 200 Вт.
 - Максимальная — 250 Вт (при полной яркости изображения белого цвета на экране),
- Пиковое потребление тока из сети:
 - При включении — 35 А.
 - При ручном размагничивании — 20 А.
- Габаритные размеры 484×481×532 мм.
- Масса 35 кг.
- Рабочая температура окружающего воздуха 0 — 40°C.
- Температура при хранении -40 — +70°C.
- Влажность 10 — 90% при отсутствии конденсации.
- Максимальные ударные нагрузки — 10g, вибрации — 0.5g.
- MTBF (среднее время наработки на отказ) — 35000 час.
- Рентгеновское излучение менее 0.5 мР/ч.

В конце прошлого века появились модели ВМ, в названиях которых были включены индексы LR и GR. Индекс LR обозначает пониженное излучение переменного магнитного и электрического поля (Low Radiation), например, монохромный монитор типа VDU LRV фирмы "ABECO" имел следующие характеристики по излучающим полям:

- Магнитное поле на удалении 30 см — менее 20 мТл/с.
- Электростатическое поле на удалении 30 см — менее +2кВ/м.

Аналогичные излучения для обычного цветного телевизора более чем в 10 раз превышал указанные величины. Для цветных ВМ электромагнитные и электростатические поля выше, чем у монохромных, из-за более высокого ускоряющего напряжения и большей мощности в отклоняющей системе ЭЛТ, но для моделей LR уменьшение излучений достигалось и по сей день достигается за счет специальных добавок в стекло экрана и покрытий, препятствующих накоплению зарядов, а также специальной конструкции катушек отклоняющей системы ЭЛТ.

Индекс GR относится к теме движения "зеленых" (GreenPeace) и означает возможность переключения ВМ в режим экономии питающей энергии в случае его временного неиспользования, например, если он включен, а компьютер выключен или длительное время не используется.

Необходимо помнить, что для поддержания характеристик ВМ на должном уровне необходимо соблюдение соответствующих требований по установке и эксплуатации, которые иногда приводятся в руководстве пользователя. Некоторые требования и рекомендации важны для увеличения срока службы ВМ, поэтому они приводятся ниже:

□ Для продолжительной работы ВМ температура внутри его корпуса не должна быть выше 50°C, поэтому, если ВМ устанавливается в тесном пространстве, должно быть предусмотрено пространство для доступа воздуха к нему или надо применять вентилятор.

□ Нельзя устанавливать ВМ вблизи трансформаторов, вентиляторов и других излучающих магнитное поле устройств. Переменные магнитные поля приводят к "плаванию" изображения, а постоянные — к искажениям раstra и цветопередачи. Если все-таки необходимо расположить ВМ рядом с трансформатором, то необходимо последний экранировать или оборудовать короткозамкнутым витком. Магнитные поля величиной более 0.01 Гс уже заметны на экране.

□ Для уменьшения вибрации на месте установки ВМ необходимо пользоваться антивибрационной подставкой.

□ Хотя ВМ сохраняет работоспособность при влажности в диапазоне 10 — 90%, лучше эксплуатировать его при значениях 30 — 70%, так как повышенная влажность приводит к уменьшению срока службы из-за окисления контактов разъемов и потенциометров.

□ Хотя ЭЛТ в ВМ дает возможность получения высококонтрастного изображения, однако, следует избегать попадания прямого света на экран, чтобы избежать появления отсветов и бликов с экрана. При интенсивном освещении или появлении бликов глаз человека адаптируется к общей освещенности и относительная яркость экрана для глаза уменьшается, что приводит к желанию увеличить контрастность на ВМ, а работа ЭЛТ в предельных режимах может служить причиной уменьшения ее срока службы.

□ Присутствие электростатических полей в ВМ вызывает притягивание пыли, поэтому должно быть предусмотрено, по возможности, ее отсутствие в месте установки.

□ Напряжение питающей сети должно быть в пределах, указанных в спецификации, но лучше не выходить за пределы 10% от указанного, тогда срок службы ВМ будет больше.

□ Присутствие грязи на экране ухудшает антибликовые свойства его поверхности, нарушает контрастность изображения и ухудшает его фокусировку, поэтому нельзя трогать поверхность экрана пальцами.

□ ЭЛТ является источником слабого рентгеновского излучения. Величина этого излучения зависит от ускоряющего напряжения на ЭЛТ, которое определяется схемой, поэтому при ремонте следует заменять детали только на указанные в схеме, чтобы излучение не превысило нормального значения. По этой причине после ремонта рекомендуется контрольное измерение ускоряющего напряжения.

□ Подключение ВМ должно производиться специальными кабелями для предотвращения излучения радиопомех. Обычно, это несколько коаксиальных кабелей с нормированным волновым сопротивлением, заключенных в общую экранирующую оплетку (двойной экран), соединенную с корпусом.

1.5. Ремонт мониторов

1.5.1. ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Ремонт видеомониторов (в дальнейшем ВМ) представляет собой достаточно сложный процесс, имеющий свои специфические особенности, но при его проведении, как и при любой другой работе, следует обязательно придерживаться правил техники безопасности. Общие положения техники безопасности по работе с электроустановками подробно описаны во многих изданиях, поэтому мы остановимся только на моментах, относящихся к нашему предмету — ВМ.

ВМ — это изделие, в конструкции которого присутствует деликатная деталь большого размера из стекла — ЭЛТ. Это обстоятельство требует от работающего повышенной осторожности на всех этапах ремонта и транспортировки ВМ. Следует избегать резких ударов как в области горловины ЭЛТ, так и по ее экрану. Самое чувствительное место ЭЛТ — это горловина, где устанавливается обычно панель с видеоусилителями. Неосторожное снятие этой панели или боковой удар по ней может привести к потере вакуума в ЭЛТ. Это не опасно для работающего, но приводит к необходимости замены ЭЛТ. Повреждение экрана при ударе может привести к образованию множества мелких осколков стекла, которые представляют опасность для работающего. Кроме того, следует оберегать поверхность экрана от царапин, которые возникают от ее контакта с твердыми предметами или, например, песчинкой при неправильной транспортировке и проведении работ. Такие царапины будут сильно мешать пользователю ВМ, а их устранение практически невозможно, так как не удастся восстановить антибликовое покрытие поверхности экрана.

Особое внимание следует обратить на наличие в ВМ высоких напряжений, которые представляют опасность для работающего, естественно, надо избегать с ними контакта. С этими напряжениями Вы можете столкнуться в блоке питания ВМ, где их величина составляет 220 В переменного напряжения, 350 В постоянного и до 600 В импульсного, а также в блоке строчной развертки и на ЭЛТ — 6 кВ и 25 кВ. Вследствие относительно большой емкости ускоряющего электрода ЭЛТ и весьма высокого напряжения на нем энергия заряда оказывается значительной и долго сохраняется. При воздействии высокого напряжения, как правило, через металлический инструмент на руки работающего, происходят самопроизвольные сокращения мышц, что приводит к резким движениям рук. Следствием этого могут быть замыкания на плате ВМ или механические повреждения, а для работающего последствия могут быть более серьезные, вплоть до электрического шока. Следует отметить, что столкнуться с высокими напряжениями работающий может и при отключенном питании ВМ. Это объясняется удерживанием напряжения на электролитических конденсаторах большой емкости и сохранением заряда на ЭЛТ. Обычно конденсаторы в блоке питания разряжаются в течение нескольких секунд, конденсаторы в цепи питания строчной развертки требуют принудительного разряда, что осуществляется путем подключения к ним резистора 500-1000 Ом. Заряд высокого напряжения на ЭЛТ может сохраняться часами, поэтому перед снятием высоковольтного провода или печатной платы с ЭЛТ необходимо ее разрядить. Это выполняется с помощью тонкой длинной отвертки с хорошо изолированной ручкой и проводом с двумя "крокодилами" на концах. Один "крокодил" подключается к металлической проволоке, натянутой на обратной стороне ЭЛТ и соединенной с 0В, другой — к отвертке. Острые отвертки подводится к защитному колпачку высоковольтного провода, подводится под него и вдвигается до образования контакта с выводом. При этом слышен щелчок разряда. Контакт надо удерживать несколько секунд до полного разряда, а через минуту необходимо эту операцию повторить для уверенности в полном разряде.

Вышесказанное предусматривает выполнение еще одного положения правил техники безопасности — рабочее место должно быть организовано должным образом, а именно: стол должен быть просторным для возможно удобного расположения ВМ, измерительных приборов и инструмента. Должны быть предусмотрены подставки для фиксации ВМ в различных положениях, обеспечивающих удобный доступ для контроля и замены деталей.

Такие меры помогут избежать возможных механических повреждений ЭЛТ и плат ВМ в ходе ремонтных работ.

1.5.2. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ВМ

Неисправности в ВМ возникают, как и в других изделиях электронной техники по следующим причинам:

1.5.2.1. Некачественное изготовление

Повышенный спрос на импортную компьютерную технику в нашей стране, наблюдающийся в последние 7 — 10 лет, с одной стороны, и недостаток отечественной продукции в этой области — с другой обусловили приток к пользователю огромного числа компьютеров и комплектующих изделий многочисленных производителей из других стран. Многие из этих производителей "выросли" исключительно на поставках в нашу страну. Заботясь, в первую очередь, об экономических аспектах, они не всегда должное внимание уделяют соблюдению технологии производства и, соответственно, качеству продукции. Используя передовую схемотехнику и современную элементную базу, зачастую заимствованную от именитых фирм, эти производители выпускают ВМ, и по внешнему виду, и по качеству работы мало отличающиеся от продукции известных фирм, но надежность этих ВМ часто доставляет неприятности пользователю.

Следствием некачественного изготовления являются, как правило, нарушения технологии пайки, сборки, недоработки на стадии проектирования, применение некачественных элементов или некорректная замена элементов на аналоги (в процессе комплектации). Неисправности по этим причинам проявляются обычно в первые месяцы эксплуатации. Доля таких ВМ из всех поступивших в ремонт достаточно велика и достигает 30%.

1.5.2.2. Нарушение правил эксплуатации ВМ

ВМ поступает к пользователю в большинстве случаев в комплекте с компьютером. При установке комплекса на рабочем столе и при первом включении его, как правило, пользователь обращает основное внимание на его удобное расположение и торопится ознакомиться с его возможностями и программным обеспечением, часто забывая хотя бы заглянуть в технические описания, где всегда имеются рекомендации по использованию ВМ.

Следствием такой спешки может быть неправильная установка ВМ, т.е. близкое расположение от нагревательных приборов, забыли установить подставку, имеющуюся в комплекте ВМ. Это все может нарушить нормальный тепловой режим ВМ, что приведет к снижению его надежности и впоследствии к возникновению неисправностей. Необходимо также соблюдать правила подключения ВМ к цепям питания. Все подсоединения сигнальных кабелей и разъема питания должны производиться при отключенном питании и положениях выключателей на ВМ и компьютере "ВЫКЛ". Желательно иметь соединительные кабели с проводом "земля", которые через розетки электросети соединяют земли ВМ и компьютера. Отклонения от этих правил также может быть причиной неисправности ВМ.

Часто причиной неисправности ВМ бывает подключение к некачественной сети электропитания т.е. использование розеток с плохим контактом, так как многие ВМ не выдерживают последовательного пропадания и появления вновь напряжения питания в сети с интервалом 0.5 — 1 сек. К этой категории можно также отнести неисправности из-за механических повреждений по вине пользователя.

1.5.2.3. Естественное старение электронных компонентов

Эта причина является общей для всех изделий электронной техники, работающих в условиях, соответствующих проектным (указанных в технической спецификации). Старению подвергаются печатные платы и припой, особенно в местах повышенной температуры. Каждый используемый элемент имеет свою определенную надежность (или среднее время наработки на отказ). Для ВМ в целом также имеется такой параметр, однако, он не всегда приводится в спецификации. Как правило, время наработки на отказ для ВМ составляет более 10000 часов, что соответствует 3-5 годам работы.

1.5.2.4. Ремонт неквалифицированным персоналом

Имеется еще одна причина возникновения неисправностей в ВМ — это неграмотно выполненный ремонт, когда в процессе ремонта неквалифицированным персоналом производится замена элементов путем подбора аналогов или вносятся изменения в принципиальную схему. Некорректно выполненная работа может привести в дальнейшем к дополнительным неисправностям в ВМ, что сильно затруднит его окончательный ремонт.

1.5.3. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РЕМОНТА ВМ

Главной целью ремонта любого аппарата является возврат его пользователю в рабочем состоянии по возможности без ухудшения его характеристик, желательно с гарантией его достаточно продолжительной дальнейшей работоспособности. Достичь этой цели можно, только ответив на следующие вопросы:

- Была ли однозначно установлена причина возникновения неисправности?
- Эта причина устранена квалифицированной заменой элементов (желательно на соответствующие схемы)?
- Проведен ли анализ по принципиальной схеме на предмет: могла ли эта неисправность повлечь за собой другие?

Важность этих вопросов заключается в том, что без ответа на них Вы не можете гарантировать дальнейшую работу ВМ. Например, не определив первопричину отказа ВМ, Вы можете, заменив множество деталей и проведя трудоемкие работы, при первом же включении ВМ получить результат, аналогичный исходному состоянию ВМ до ремонта. Чтобы Ваша работа имела положительный результат, следует придерживаться следующего порядка работы:

1. До начала работ необходимо, в первую очередь, убедиться, что именно ВМ имеет дефект, а не видеоплата в компьютере. Это легко сделать, подключив ВМ к заведомо работающему компьютеру. Полезно выяснить историю ВМ, т.е. были ли до данного отказа нарушения в нормальной работе ВМ и их характер, имеется ли техническая документация, включая принципиальные схемы. Это в дальнейшем облегчит работу, анализ неисправностей и поможет в установлении причины отказа.

2. Вскрытие ВМ и оценка его состояния помогают выяснить примерный срок службы ВМ, правильность условий эксплуатации. В случае сильной внутренней загрязненности необходимо провести чистку от пыли всех плат и частей конструкции, так как пыль создает теплоизолирующую прослойку и нарушает нормальный тепловой режим работы деталей. Кроме того, в загрязненных местах, где присутствует высокое напряжение, создаются условия для электрического пробоя. Следует отметить, что при внимательном осмотре внешнего вида деталей на плате часто сразу определяются дефектные элементы. При осмотре особое внимание надо обратить на силовые и высоковольтные элементы, к которым относятся: ТДКС - трансформатор диодно-каскадный строчный (строчный трансформатор-дрессель), трансформатор блока питания, диоды, мощные транзисторы, электролитические конденсаторы и конденсаторы в узле строчной развертки. Осмотр обратной стороны печатной платы позволяет оценить качество пайки, при этом также возможно быстрое обнаружение дефекта. В первую очередь, следует обратить внимание на пайку в точках подключения массивных деталей, таких как трансформаторы, транзисторы на радиаторах, диоды. В этих точках на прочность пайки сильно влияют тепловые и механические напряжения. Характерным признаком дефекта пайки является появление трещин или серого ободка вокруг вывода, хорошо заметного на фоне блестящего припоя. Такие точки подлежат обязательной пропайке, в процессе которой может выявиться дефект от плохого залуживания выводов детали, что проявляется в отекании припоя с вывода. При осмотре обратной стороны платы также хорошо заметны зоны расположения деталей, работающих при повышенной температуре. Эти зоны отличаются заметным потемнением материала платы.

3. Привести ВМ в такое состояние, чтобы его можно было включить, а при необходимости и отремонтировать внутренний блок питания. При этом следует проверить, нет ли короткого замыкания на выходах источника и исключить помехи в его работе. Если помеха работе источнику питания находилась в узле строчной развертки, то необходимо отключить его питание. Для этого полезно восстановить принципиальную схему питания выходного каскада строчной развертки, найти обычно имеющуюся на плате перемычку (как правило, в цепи подачи питания к ТДКС) и разъединить ее. Далее следует провести ремонт узла строчной развертки в порядке, описанном в соответствующем разделе. На этом этапе полезно сделать контрольный замер выходных напряжений блока питания, в первую очередь, напряжения накала ЭЛТ, чтобы не повредить ее. Подробное описание ремонта блока питания будет представлено ниже.

4. Определение неисправного узла.

Когда ВМ включается, но имеются нарушения в его работе, появляется возможность провести первичную диагностику. Целью данного этапа является определение узлов ВМ, в которых возможны неисправности, при условии, что блок питания проверен и узел строчной развертки в целом работает. Тогда остаются непроверенными следующие узлы:

- Кадровая развертка.
- Узлы обработки видеосигналов.
- Схемы управления режимами.
- Схемы защиты.

На этом этапе надо попытаться получить растр на экране ВМ. Возможно, в момент включения не будет свечения экрана из-за отсутствия сигнала от компьютера или изменений в настройках. Проще всего тогда можно увеличить напряжение G2 от ТДКС, вращая нижнюю ручку на нем до появления свечения. Если не удастся получить свечение экрана, тогда проверяются напряжения на выводах ЭЛТ и наличие высокого напряжения. Далее по внешним признакам, а при необходимости по результатам контрольных измерений делают вывод о неисправном узле.

5. Диагностика неисправных узлов.

На данном этапе возникает необходимость в принципиальных схемах и информации по отдельным компонентам. Их наличие дает возможность быстро проследить прохождение сигналов и представить их ориентировочные уровни на выводах микросхем и транзисторов. При отсутствии схем следует ознакомиться

с описанием соответствующего узла в данной книге и выбрать наиболее близкий к Вашему ВМ вариант, т.е. схему узла с аналогичными деталями (микросхемами). Если в принципиальной схеме и Вашем ВМ имеются расхождения, следует нарисовать необходимый фрагмент схемы узла с печатной платы. Далее, пользуясь всей имеющейся информацией, осциллографом контролируют сигналы (обычно на выводах микросхем и транзисторов) и делают заключение о возможных неисправных элементах. Одновременно с описанными действиями полезно еще раз внимательно осмотреть печатный монтаж в районе подозрительного узла для выявления возможных дефектов, пропущенных при осмотре ранее.

6. Замена дефектных деталей.

Производить замену деталей желательно на соответствующие схеме, однако, не всегда это представляется возможным. В этом случае необходимо, пользуясь справочной литературой, корректно подобрать аналоги. Чаще всего сложности возникают с подбором транзисторов, особенно средней и большой мощности. В большинстве случаев в подборе достаточно руководствоваться их предельными параметрами. Более осторожно надо относиться к подбору полевых транзисторов и транзисторов для выходных каскадов строчной развертки, так как для них важны также временные параметры, которые не всегда указываются даже в справочной литературе. Подробней информацию о замене деталей Вы найдете в описании конкретных узлов. Далее производится замена детали, после чего контролируется качество пайки и отсутствие короткого замыкания между точками пайки. В случае замены микросхем может потребоваться удаление остатков флюса, которые мешают осмотру места пайки. После замены дефектных деталей следует повторить пункт 5, чтобы убедиться в работоспособности узла, который подвергался ремонту, а также в отсутствии других неисправностей.

7. Анализ возможных причин неисправностей производится после завершения основных ремонтных работ на основании всей информации, полученной во время работы. Цель анализа — выявить основную причину отказа и сделать вывод о возможных отказах ВМ при дальнейшем его использовании. Например, если поломка произошла из-за нарушений условий эксплуатации, следует предупредить пользователя об их соблюдении. Если отказ в результате естественного старения, можно заменить другие детали из серии отказавших. Такими деталями могут оказаться диоды, стабилитроны, маломощные транзисторы, электролитические конденсаторы.

8. Окончательная диагностика, настройка и тестирование производится в комплексе с компьютером. С момента включения ВМ контролируют нагрев радиатора транзистора выходного каскада строчной развертки — он не должен быть чрезмерным в течение первых 15 мин. Таким же образом следят за ключевым транзистором блока питания и другими греющимися деталями. Установившийся режим наступает лишь через час после включения. В это время контролируют выходные напряжения блока питания, величину импульсного напряжения на коллекторе транзистора выходного каскада строчной развертки осциллографом (в современных мониторах оно может превышать 1500 В), высокое напряжение на ЭЛТ — высоковольтным щупом (24 — 25 кВ). Следует отметить, что каждое отклонение от нормальных значений измеренных величин должно быть проанализировано на предмет возможной неисправности. По истечении 1 часа работы ВМ можно приступать к настройкам. На компьютере выбирают сервисную программу, которая, как правило, поставляется с видеоадаптером. Эта программа позволяет переключать режимы работы ВМ. Выбирают базовый режим (для ВМ типа SVGA это текстовый режим с разрешением 640 × 480 точек) и проверяют яркость свечения экрана и качество фокусировки. Далее выбирают графический режим и выводят на экран цветовую таблицу. Устанавливают регулятор яркости на передней панели ВМ в среднее положение и еще раз контролируют свечение экрана — все цвета таблицы должны быть нормально различимы, если нет, то подстраивают ускоряющее напряжение G2 на ТДКС до получения нужного результата. Одновременно следят за качеством фокусировки и при необходимости корректируют его другой ручкой настройки на ТДКС. Качество фокусировки оценивается по заметности отдельных линий строк. Для ВМ с ЭЛТ, обеспечивающей пятно луча 0.34 — 0.39 мм, фокусировку лучше настраивать по тексту в центре экрана (белые буквы на черном фоне). Далее проверяют работу регулятора яркости на передней панели, при этом не должно быть заметно линий обратного хода строк, а при установке на максимум не должна быть заметна расфокусировка. По завершении настройки фокусировки и яркости производят регулировку оконечных видеоусилителей, контролируя правильность цветопередачи по цветовой таблице. Регулировка должна обеспечить баланс белого цвета во всех градациях яркости, что достигается установкой подстроечных резисторов на плате оконечных видеоусилителей. За настройку каждого луча отвечают два резистора (они обычно подписаны BIAS и GAIN). При минимальной яркости следует настраивать резистор BIAS, при максимальной — GAIN.

Следующим шагом является проверка корректного переключения режимов ВМ, для чего с компьютера выбирают последовательно режимы и в каждом контролируют размеры раstra, его положение на экране, геометрию и синхронизацию частоты строк. Детектирование режимов производится в узле управления ВМ, где вырабатываются сигналы, управляющие узлами кадровой и строчной развертки. Для относительно простых ВМ, имеющих два режима VGA, настройка производится двумя группами подстроечных резисторов:

- HOLD-1, HOLD-2 — подстройка строчной синхронизации.
- PHASE-1, PHASE-2 — подстройка горизонтального положения.
- VSIZE-1, VSIZE-2 — установка размера раstra по вертикали.

Для более сложных ВМ детектирование режимов производится с помощью дискриминатора строчной частоты, имеющего один или два подстроечных резистора. Если они не подписаны на плате и нет принципиальных схем, то определить их и правильно настроить можно только методом проб. Базовый размер по горизонтали во многих ВМ устанавливается с помощью изменения питающего напряжения выходной каскад строчной развертки, а в другом режиме корректируется настройкой одной из катушек размера строк. В этом случае следует проявлять особую осторожность и следить, чтобы другие напряжения от блока питания не превысили своих нормальных значений. Последней настройкой ВМ является коррекция искажений раstra типа "подушка", для чего используется подстроечный резистор с обозначением "PIN". Эту регулировку производят для установки вертикали раstra по его боковым краям, она является весьма субъективной и зависит от кривизны поверхности экрана и угла обзора. Не следует при этом добиваться точной настройки во всех режимах работы ВМ, так как часто это не предусмотрено конструкцией. Надо отметить, что в случае невозможности какой-либо регулировки, возможна неисправность узла управления или исполнительных элементов в других узлах. В таком случае необходимо произвести их ремонт и повторить настройку ВМ.

9. В качестве окончательной проверки ВМ после ремонта рекомендуется провести так называемый "тепловой прогон", для чего полностью подготовленный к работе с закрепленной задней крышкой и установленный на подставку ВМ включается вместе с компьютером на достаточно продолжительное время (не менее 2-х часов). В течение этого времени температура всех компонентов достигает установившегося значения, т.е. моделируются реальные условия работы ВМ.

1.5.4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ

1.5.4.1. Рекомендуемый порядок снятия задней крышки

Перед вскрытием ВМ следует провести внешний осмотр корпуса, имеются ли на нем трещины, есть следы ударов и т.д. Далее следует осмотреть места крепления задней крышки и определить способ ее крепления. Обычно задняя крышка монитора имеет крепления для подставки, которая снимается вместе с крышкой, но встречается и крепление подставки на основную конструкцию, несущую плату электроники и ЭЛТ. Второй вариант менее удобен для дальнейшего ремонта, так как подставка закрывает доступ к элементам платы. Крепление задней крышки, как правило, производится с помощью 4-х винтов-саморезов, но встречаются случаи с применением дополнительных винтов и защелок, сформированных при литье крышки. Для снятия крышки монитор поворачивается со всеми предосторожностями экраном вниз и ставится в таком положении с использованием подставки для исключения касания экрана о стол. Далее откручиваются основные винты и крышка снимается. Если крышка не освобождается, необходимо, покачивая ее, определить места, где имеются препятствия (дополнительные винты или защелки) и последовательно освободить все крепления.

1.5.4.2. Чистка ВМ.

Полную чистку ВМ можно провести только при снятии основной платы, блока питания и т.д., поэтому она производится только в случае очень сильной загрязненности ВМ. Частичная чистка включает в себя удаление пыли с электронных плат, очистку радиаторов, высоковольтных проводов и отмывание пластиковых поверхностей. Удаление пыли производится с помощью мягкой кисти подходящего размера с длинным ворсом. Отделившаяся от деталей и платы пыль собирается пылесосом, наконечник шланга которого подводится близко к кисти. Очистка радиаторов после удаления пыли проводится с помощью куска сухой мягкой ткани, пинцета и тонкой отвертки. Высоковольтные провода и защитный резиновый колпак контакта подключения к ЭЛТ протираются влажной тканью. Пластиковые детали в процессе длительной эксплуатации ВМ обычно сильно накапливают грязь не только с наружной стороны корпуса, но и внутренней. Эта грязь представляет смесь очень мелких частичек пыли и других компонентов, присутствующих в окружающем ВМ пространстве. Под действием электростатических полей, присутствующих вокруг ЭЛТ, эти частицы "вьедаются" в поверхность пластика и создают трудноудаляемую пленку. Обычно для изготовления корпуса ВМ используется светлый пластик, поэтому грязь сильно портит внешний вид ВМ. При очистке пластиковых поверхностей нельзя применять органические растворители, например, ацетон, этиловый спирт и др., так как они могут растворять поверхностный слой пластика и нарушать его полировку, что в дальнейшем приведет к потере внешнего вида ВМ. Для очистки пластиковых деталей лучше всего применять мыло или стиральный порошок. Детали, которые легко отделяются от конструкции ВМ, просто моются губкой или тряпкой мыльным раствором, промываются чистой водой и вытираются сухой тряпкой. Для отмывания деталей вокруг экрана ЭЛТ следует применять намыленную и хорошо отжатую тряпку, чтобы избежать протекания остатков воды внутрь корпуса. После этого влажной

тряпкой удаляют остатки мыла и поверхность протирают насухо.

1.5.4.3. Приемы пайки

Пайка это важный процесс в ходе ремонтных работ, ее качество во многом определяет и результат ремонта, поэтому следует уделить особое внимание применяемому инструменту и материалам. Качество пайки обеспечивается достаточно высокой температурой, создаваемой жалом паяльника в точке пайки, типом применяемого припоя и флюса. Для пайки в электронных устройствах применяется, как правило, свинцово-оловянные припои с температурой плавления 230 — 280°C, поэтому температура жала паяльника должна быть более 300°C. Однако, температура нагрева контактной площадки в месте пайки не должна быть чрезмерной, чтобы исключить перегрев электронных деталей и не допустить отслаивания фольги от материала платы. По опыту работы рекомендуется применять паяльники с постоянной (термостатированной) температурой жала 360 — 380°C. Мощность паяльника не играет существенной роли кроме случаев пайки массивных элементов, когда начинает сказываться теплоемкость жала, обычно она составляет 40 — 60 Вт. В качестве дополнительных требований к паяльнику следует отметить гарантированную изоляцию жала от питающей сети и наличие контакта, для подключения корпуса паяльника к заземлению. Это обеспечивает безопасность применения паяльника при пайке элементов, чувствительных к статическому электричеству. Всем этим требованиям удовлетворяют паяльники производства фирм "ERSA" и "WELLER". В качестве припоя рекомендуется применять проволоку диаметром 1 мм с каналом, заполненным канифольным флюсом, предпочтительно иностранного производства, так как импортные припои имеют более сложный состав, обеспечивающий наилучшее качество пайки. Применение активных флюсов допустимо только в исключительных случаях с обязательным удалением его остатков с места пайки.

1.5.5. ПОИСК "МЕРЦАЮЩИХ" НЕИСПРАВНОСТЕЙ

К "мерцающим" неисправностям можно отнести такие, которые проявляются относительно редко, т.е. ВМ работает во всех режимах нормально, но 2 — 3 раза в день наблюдается либо самопроизвольное его выключение, либо пропадание раstra или нарушение синхронизации. Сложность диагностики в этих случаях заключается в том, что невозможно искать неисправность обычным путем, т.е. контрольными измерениями в схеме из-за того, что не фиксируется это состояние. В большинстве случаев причинами возникновения таких неисправностей являются дефекты пайки, особенно в местах запайки проводов, контакты в разъемах, нарушения проводников печатной платы (микротрещины). Поиск таких дефектов производится путем воздействия на подозрительные элементы механическим способом, например, шевелением проводов и разъемов, деформацией печатной платы или тепловым способом. Такие приемы проводятся при включенном ВМ и непрерывном контроле реакции на действие по картинке на экране, поэтому надо быть очень внимательным и осторожным. Тепловой способ эффективен при обнаружении и локализации мест имеющих дефекты печатной платы, а также может определить неисправные микросхемы и транзисторы. Для этих целей применяется аэрозольные баллончики с охлаждающим средством (COMPONENT COOLER, COLD SPRAY). Наконечник баллончика снабжается тонкой трубкой, позволяющей направить струю охлаждающего газа непосредственно на деталь или участок печатной платы. Быстрое охлаждение приводит к тепловым деформациям и немедленному проявлению дефекта. Таким образом, можно определить участок печатной платы, содержащий микротрещину, размером 2×2 см.

1.5.6. НЕОБХОДИМЫЙ ИНСТРУМЕНТ И ОБОРУДОВАНИЕ

1.5.6.1. Инструмент

Процесс ремонта ВМ предполагает использование минимального набора инструмента для разборки, замены электронных компонентов, устранения дефектов печатной платы. В такой набор входят различные отвертки, гаечные ключи, бокорезы, плоскогубцы, принадлежности для пайки. Современные ВМ имеют конструкцию, содержащую минимальное количество крепежных деталей. Как правило, для разборки и сборки ВМ достаточно одной отвертки с крестовым наконечником, но для других операций, например, настройки, замены транзисторов и т.д. могут понадобиться и другие инструменты. В рекомендуемый набор отверток должны входить две (крестовая и прямая) длиной 350 - 400 мм и диаметром 5 мм, две - длиной 150 мм и диаметром 3 мм, а также маленькие (диаметром 2 - 2.5 мм) для настройки миниатюрных подстроечных резисторов. Для исключения случайных замыканий на плате отвертки для настройки желательно изолировать трубкой, оставив незакрытым только самый конец. Все отвертки, особенно силовые, должны иметь хорошую заточку, чтобы не портить шлицы на винтах. Полезно иметь набор торцевых ключей с удлинителями, это может особенно помочь при ремонте ВМ старых конструкций или отечественных. Для обрезки и формовки выводов деталей необходимо использовать бокорезы и малые плоскогубцы (длинногубцы) с прямыми и изогнутыми концами. Принадлежности для пайки в основном были охарактеризованы выше, но следует в комплект инструмента включить также вакуумный отсос для удаления остатков припоя при выпаивании транзисторов и микросхем из платы. В необходимый для ремонта ВМ комплект рекомендуется включить еще защитные очки, которые необходимо использовать при первых включениях ВМ после ремонта, когда нет уверенности в нормальных режимах работы отдельных деталей.

Например, при пробое ключевого транзистора блока питания может треснуть его пластиковый корпус и осколки попасть в глаза. Следует предусмотреть также средства для детального просмотра печатной платы и деталей, такие как лупы различного увеличения и, возможно, небольшой микроскоп с увеличением 20 — 40 раз.

1.5.6.2. Оборудование

В качестве основных контрольно-измерительных приборов при проведении ремонтных работ необходимо использовать тестер и осциллограф. Тестер (мультиметр) должен обеспечивать измерения постоянного напряжения в пределах до 1000 В, переменного напряжения до 750 В, постоянного тока до 1 А, а также измерение сопротивлений от 1 Ом до 1000 кОм. Точность измерений не должна быть хуже 2 — 3%, а входное сопротивление прибора — не менее 1 МОм. Таким требованиям удовлетворяют цифровые мультиметры как отечественного производства, например "Электроника ММЦ-01", так и многие импортные. В комплекте мультиметра необходимо иметь высоковольтный щуп для измерения напряжений до 30 кВ, так как контроль ускоряющего напряжения ЭЛТ в процессе ремонта обязателен во избежание повышенного рентгеновского излучения от ЭЛТ при напряжении более 25 кВ. Высоковольтный щуп не следует пытаться сделать самому, так как он должен быть выполнен из специальных резисторов с распределенным по длине сопротивлением, обеспечивать высокую точность и безопасность измерений. Осциллограф в процессе ремонта ВМ используется для наблюдения и контроля сигналов в узлах строчной, кадровой развертки, а также в блоке питания. Требования к осциллографу невысокие: полоса частот — до 10 МГц, времени развертки — от 100 нс/дел до 0.1 с/дел, чувствительность для измерения напряжений от 10 мВ до 100 В. Хорошо зарекомендовал себя в работе цифровой запоминающий осциллограф типа С8-19, который имеет компактное исполнение из-за применения жидкокристаллического экрана. Кроме того, наличие памяти позволяет анализировать форму сигналов на экране после выключения ВМ. В комплекте с осциллографом необходимо иметь кабели с удобными наконечниками для подключения к схеме и делитель напряжения 1:10. Осциллограф С8-19 имеет входной переключатель чувствительности до 50 В/дел, что с внешним делителем 1:10 позволяет контролировать сигналы размахом до 2 кВ и проверять импульсное напряжение на коллекторе строчного транзистора.

В данном разделе использована информация из [1, 7].

Контрольные вопросы

1. Когда появились первые видеомониторы и где они применялись?
2. Что такое ЭЛТ?
3. Какие компоненты входят в состав электронно-лучевой трубки?
4. Что такое электронная пушка и что входит в ее состав?
5. Опишите принцип работы ЭЛТ.
6. Для чего нужна гамма-коррекция в ЭЛТ?
7. Почему телевизионные ЭЛТ называют кинескопами?
8. Какие особенности человеческого зрения учитывались при создании цветных ЭЛТ?
9. В чем заключается закон пространственного смешения цветов?
10. Каковы особенности конструкции цветной ЭЛТ?
11. Охарактеризуйте ЭЛТ с теневой маской.
12. Охарактеризуйте ЭЛТ со щелевой маской.
13. Охарактеризуйте ЭЛТ с апертурной решеткой.
14. Опишите процесс формирования раstra изображения.
15. Как и где используется чересстрочная развертка?
16. Какие особенности зрения учитываются при формировании растровых изображений движущихся предметов?
17. Что понимают под пикселом (пикселем)?
18. Чем определяется максимальное разрешение изображения на экране цветной ЭЛТ?
19. Какова связь между реальным разрешением монитора, параметрами развертки и характеристиками видеосигнала?
20. Когда применяется понятие "количество цветов", а когда - "количество оттенков цветов"?
21. Какие мониторы называются цифровыми или TTL-мониторами, и каковы их особенности?
22. Какие мониторы называются аналоговыми, и каковы их особенности?
23. Охарактеризуйте типы видеомониторов для ПК
24. Сформулируйте основные принципы построения современных ВМ
25. Перечислите основные технические характеристики ВМ.
26. Охарактеризуйте основные требования по установке и эксплуатации ВМ.
27. Какие предосторожности необходимо соблюдать при проведении ремонтных работ ВМ?
28. Охарактеризуйте основные причины возникновения неисправностей в ВМ.
29. Какому порядку работ рекомендуется придерживаться при ремонте ВМ?
30. Опишите рекомендуемый порядок снятия задней крышки ВМ

31. В чем особенности чистки ВМ?
32. Охарактеризуйте приемы пайки.
33. В чем особенности поиска "мерцающих" неисправностей ВМ?
34. Охарактеризуйте инструмент и оборудование, используемый при проведении ремонтных работ ВМ.

1.6. Характеристики и описание отдельных узлов

1.6.1. ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

Источник питания (в дальнейшем сокращенно — ИП) является важным узлом ВМ, в котором из переменного напряжения питающей сети образуются все необходимые для его работы постоянные напряжения. В подавляющем большинстве моделей ВМ используются импульсные схемы ИП из-за их высоких энергетических показателей и стабильности. Требования к ИП ВМ предъявляются, как правило, такие же, как и для применения в других устройствах, а именно: высокий КПД, малый вес, высокая стабильность выходных напряжений и их малая пульсация, отсутствие излучения радиопомех, а также высокая надежность. Следствием этих требований является применение специально разработанных для использования в импульсных ИП элементов (ферритов, транзисторов, микросхем, диодов и конденсаторов) и технологий (компоновка элементов на плате, экранировка, подавление радиопомех). В ИП для ВМ используются схемы импульсных трансформаторных конвертеров с "прямым" включением диодов на выходе. Такая схема ИП приведена на рис. 1.19 слева, а справа показана форма токов и напряжений на ее элементах.

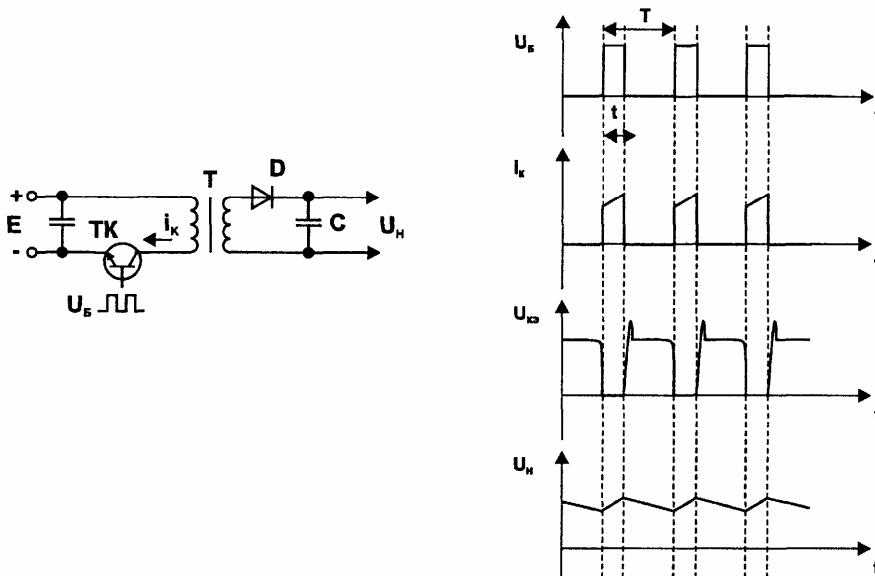


Рис. 1.19. Схема ИП с прямым включением диодов на выходе

Принцип работы этого ИП следующий: когда транзистор TK находится в режиме насыщения (полностью открыт), энергия от выпрямителя напряжения сети поступает через трансформатор T и диод D в нагрузку, одновременно заряжается конденсатор C , а когда транзистор закрыт, конденсатор отдает в нагрузку накопленную энергию. Напряжение на выходе такого источника не зависит от тока нагрузки и частоты переключения транзистора, но определяется коэффициентом трансформации обмоток и коэффициентом заполнения импульсов VT . Т.е. регулировка выходного напряжения или его стабилизация может осуществляться за счет широтно-импульсной модуляции (ШИМ) путем управления длительностью открытого состояния ключевого транзистора. Рабочая частота ИП составляет 15 - 80 КГц, она может быть также синхронизована с частотой строчной развертки ВМ для исключения образования продуктов "биения частот", которые приводят к искажениям раstra и появлению на экране ряби или других нежелательных эффектов.

В ВМ ранних выпусков (80-е годы) типа CGA и EGA использовались схемы ИП преимущественно с применением биполярных транзисторов, а в более поздних (типа VGA и SVGA) чаще стали применяться схемы с полевыми транзисторами в качестве ключевого элемента. Полевые транзисторы, разработанные для применения в блоках питания, обеспечивают лучшие временные параметры, допускают работу ИП на самых высоких частотах и выдерживают более высокую рабочую температуру. Это приводит к уменьшению размеров ИП, что позволяет разместить его на единой с основной схемой плате и упростить общую конструкцию ВМ. Следует отметить, что высокая рабочая частота ИП предполагает также использование специальных выпрямительных диодов (диодов Шоттки), имеющих малое падение напряжения в прямом направлении, и электролитических конденсаторов с малыми потерями на этих частотах, допускающих работу при повышенных температурах. Трансформаторы в ИП выполняются на сердечнике из феррита с зазором для уменьшения его намагнитченности, а обмотки намотаны таким образом, чтобы обеспечить максимальную связь между ними.

При всем разнообразии существующих моделей ВМ, схемотехника их ИП сводится к единой блок-схеме с небольшими вариациями и дополнениями. Основные отличия состоят в используемой базовой схеме управления ключом, от которой зависят типы применяемых ключевых элементов (биполярные транзисторы или

полевые) и способ регулирования выходных напряжений.

Ниже на рис. 1.20 приводится типичная блок-схема ИП.

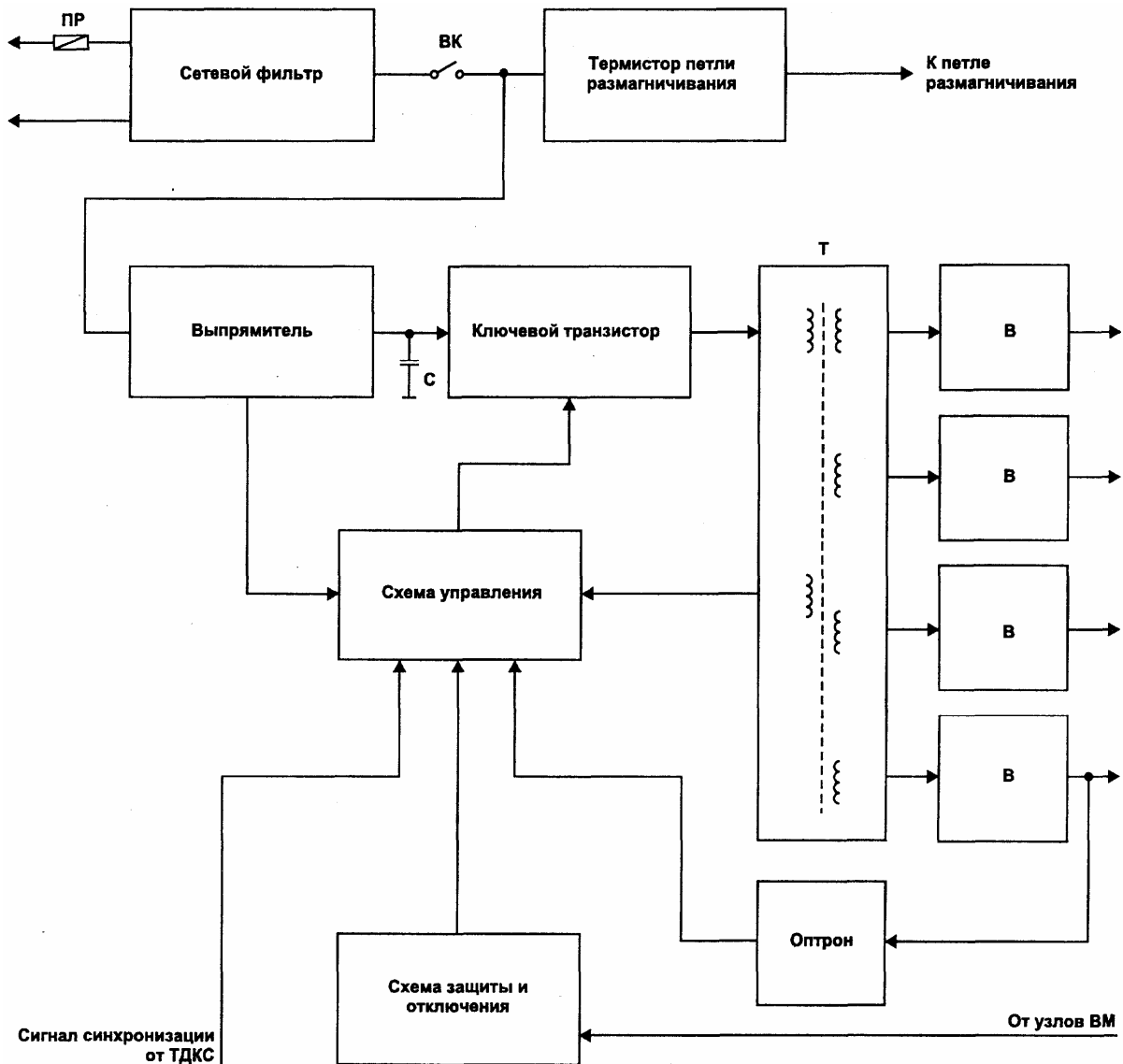


Рис. 1.20. Типичная блок-схема ИП

Переменное напряжение питающей сети поступает через предохранитель ПР и сетевой фильтр на выключатель ВК, установленный обычно на передней панели ВМ. С выключателя сетевое напряжение подводится через термистор к петле размагничивания ЭЛТ и выпрямителю, на выходе которого подключен электролитический конденсатор С. На этом конденсаторе получается (при напряжении питающей сети 220 В) постоянное напряжение величиной до 340 В. Для уменьшения стартового тока заряда этого конденсатора в цепь на входе выпрямительного моста иногда включают *термистор*, который в момент включения имеет сопротивление десятки Ом, а после его нагрева сопротивление падает до нескольких Ом. Это предохраняет диодный мост от чрезмерных перегрузок в момент включения ВМ. Постоянное напряжение от выпрямителя поступает на последовательно соединенные первичную обмотку силового трансформатора и ключевой транзистор для создания импульсов тока в этой цепи. Схема управления ключом обеспечивает задание частоты следования импульсов и их длительности (ШИМ) для регулирования выходных напряжений ИП. Сигнал о величине выходного напряжения ИП может поступать на схему управления от вторичной обмотки или от одного из выходных выпрямителей В через элемент гальванической развязки, в качестве которого может использоваться *оптрон* или *импульсный трансформатор*. На схему управления ключом могут поступать также сигналы для синхронизации рабочей частоты ИП с частотой строчной развертки, схем защиты по аварийным перегрузкам и схем отключения ИП при отсутствии на входе импульсов синхронизации от компьютера. Выходные выпрямители, подключенные к вторичным обмоткам силового трансформатора, обеспечивают получение необходимых постоянных питающих напряжений для всех узлов ВМ.

Как правило ИП в ВМ вырабатывает следующие напряжения:

- 6.3 В — для накала ЭЛТ,
- 12 - 15 В — для питания схем управления,
- 24 - 60 В — для питания кадровой развертки,
- 70 - 170 В — для блока строчной развертки.

Все эти напряжения определяются соотношением витков в обмотках трансформатора, поэтому они жестко связаны между собой. При настройке ИП устанавливается величина одного из них, а другие могут незначительно отличаться от номиналов, указанных в схеме.

Рассмотрим более подробно наиболее типичные схемы ИП. На рис. 1.21 приведена схема входной части ИП.

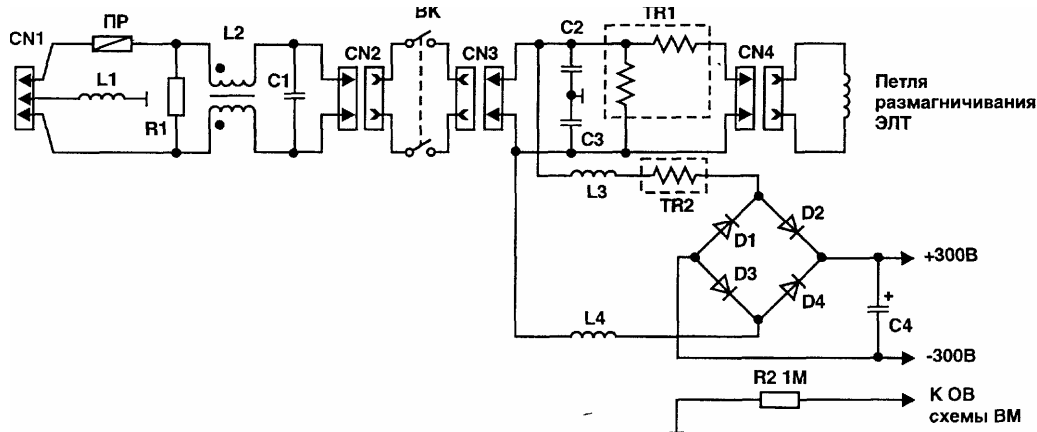


Рис. 1.21. Входная часть ИП

Сетевое напряжение с помощью кабеля подается на трехконтактный разъем CN1, в котором, кроме двух контактов для силовых линий однофазной сети, имеется контакт защитного заземления (зануления). Этот контакт обеспечивает электрическое соединение металлических деталей конструкции ВМ с линией заземления, общей для всех компонентов системы компьютера. На эту линию замыкается ток при электрическом пробое какой-либо детали на корпус при аварийной ситуации, и "стекают" образующиеся при работе ВМ электростатические заряды, не допуская образования высокого напряжения между схемами компонентов системы компьютера.

Для защиты от чрезмерного тока потребления от сети во входной цепи ИП включают *плавкий предохранитель* ПР на ток (2 - 3) А.

Сетевой фильтр предотвращает попадание высокочастотных импульсных токов, образующихся при работе ИП и имеющих широкий спектр частот, в питающую сеть. Фильтр образован индуктивностью L2 из двух хорошо изолированных обмоток на ферритовом сердечнике, конденсаторами C1, C2, C3 и дросселями L3, L4. Резистор R1 служит для разряда этих конденсаторов в обесточенном состоянии.

Сетевой выключатель ВК устанавливается обычно на передней панели ВМ, поэтому для удобства сборки он имеет длинные провода и подключается к схеме на плате ИП через разъемы CN2 и CN3.

Выпрямитель образован диодами D1 - D4, включенными по мостовой схеме, и электролитическим конденсатором C4 емкостью 220 мкФ с рабочим напряжением 400 В.

Термистор TR2 уменьшает бросок тока через диоды выпрямительного моста при заряде конденсатора C4 в момент включения ИП, иногда вместо него применяют проволочный резистор 2 - 5 Ом.

Схема наиболее простого ИП для ВМ типа EGA производства фирмы TANDON приведена на рис 1.22.

Схема работает следующим образом. Напряжение +300 В от сетевого выпрямителя поступает через первичную обмотку W1 трансформатора T901 на коллектор ключевого транзистора Q901. С эмиттера Q901 через резистор R911 цепь замыкается на отрицательный вывод сетевого выпрямителя. От вспомогательной обмотки W2 сигнал положительной обратной связи поступает через элементы D905, C910, R907, R908 в базу транзистора Q901. Это есть не что иное, как автогенераторная схема типа блокинг-генератор, работающая на частоте, определяемой параметрами трансформатора, емкостью C910 и резисторами R905 и R906 начального смещения рабочей точки транзистора. Цепочка C911, D907, R909 служит для подавления выбросов напряжения в момент выключения транзистора и облегчает режим его работы.

Схема управления ИП включает в себя транзистор Q902, оптопару U902 и выпрямитель на D906 и C913. Регулирование и стабилизация выходных напряжений осуществляется уменьшением длительности открытого состояния транзистора Q901, путем замыкания его перехода Б - Э с помощью транзистора Q902. Момент выключения Q901 определяется достижением необходимого значения напряжения 55 В, которое через делитель R914, VR901 и R915 поступает на микросхему регулятора напряжения U901. При превышении заданного с помощью потенциометра VR901 напряжения ИС U901 открывается и начинает протекать ток через светодиод оптопары. Засветка фототранзистора оптопары U902 приводит к его

открыванию и появлению тока в базе Q902, он открывается и выключает Q901. Транзистор Q902 используется также для ограничения среднего тока, протекающего через ключевой транзистор. Резистор R911 в цепи эмиттера ключевого транзистора Q901 является датчиком тока. Напряжение с него через цепочку R912, C912 поступает на базу Q902. При увеличении напряжения до величины, достаточной для его открывания, он выключает ключ Q902.

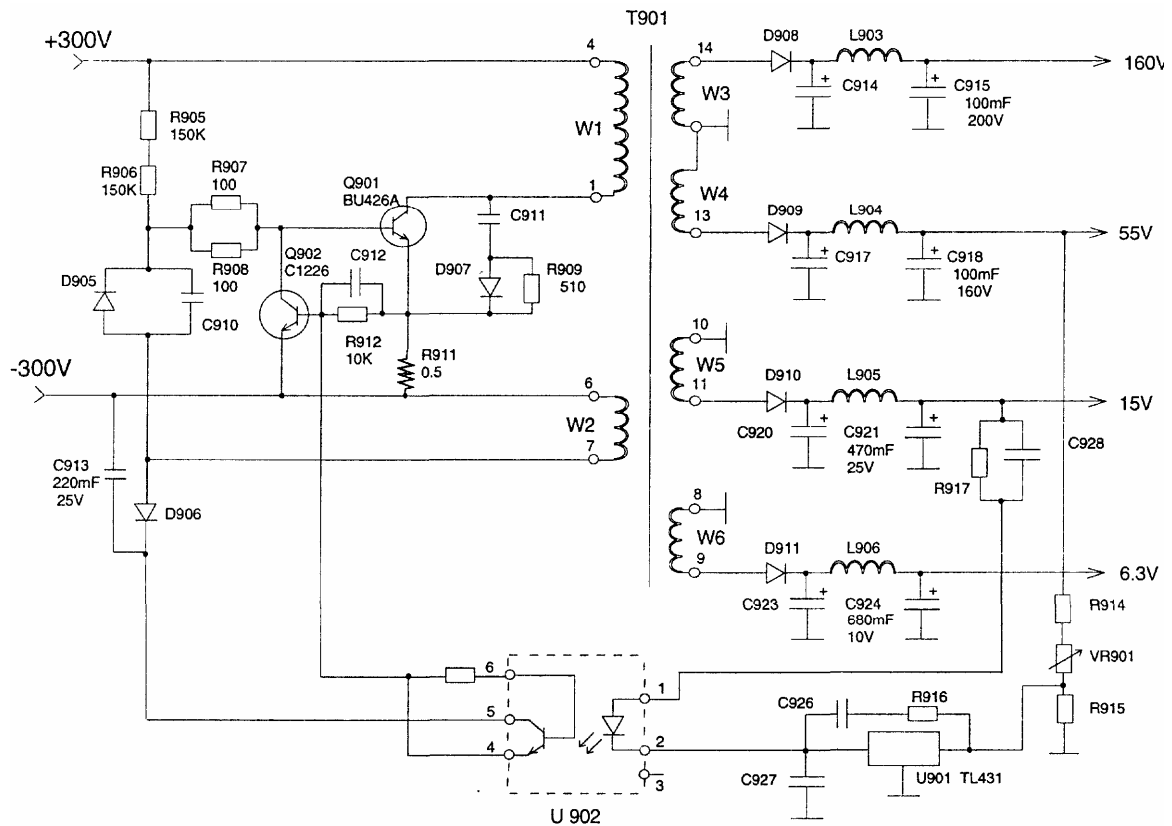


Рис. 1.22. Схема ИП для EGA монитора

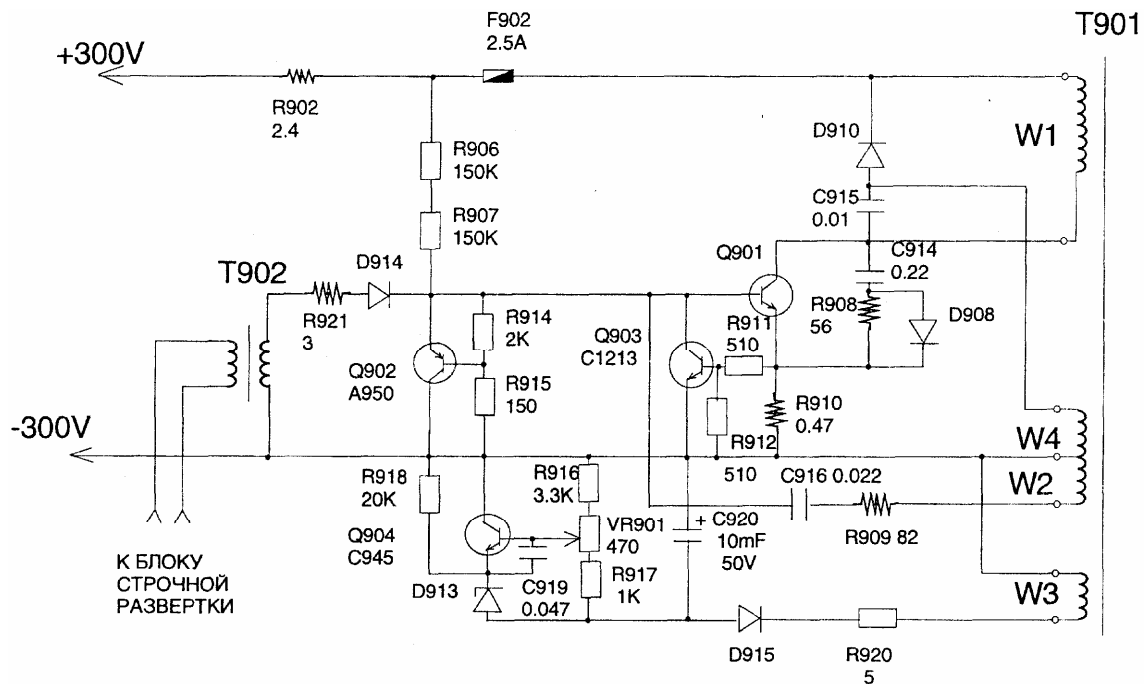


Рис. 1.23. Схема ИП с ключевым биполярным транзистором

Следует отметить, что, несмотря на простоту описанной схемы, ремонт такого ИП иногда бывает затруднен отсутствием оригинального ключевого транзистора. Попытки применить вместо него транзистор для блоков строчной развертки не всегда приводят к желаемому результату из-за, как правило, низкого коэффициента передачи тока у последних, при этом либо происходит ненадежный запуск ИП или он вообще не запускается.

Схема ИП на рис. 1.23 по принципу работы не отличается от предыдущей, но имеет свои особенности. Ключевой транзистор Q901 совместно с трансформатором Т901 (обмотки W1 и W2) образует блокинг-генератор. Транзистор Q903 обеспечивает только защиту ключевого транзистора. Стабилизация выходных напряжений осуществляется по напряжению от обмотки W3, которое после выпрямления диодом D915 и сглаживанием на емкости C920 поступает на делитель из R917, R916 и VR901. Напряжение с делителя сравнивается на транзисторе Q904 с напряжением на стабилитроне D913, и при превышении заданного значения транзистор Q904 открывается и, в свою очередь, открывает Q902. Последний шунтирует переход Б - Э ключевого транзистора, и импульс тока через первичную обмотку трансформатора заканчивается. Импульс синхронизации от блока строчной развертки поступает через изолирующий трансформатор Т902 и цепочку R921, D914 прямо в базу ключевого транзистора и форсирует его открытие. Обмотка W4 совместно с диодом D910 служит для создания тока, уменьшающего намагниченность ферритового сердечника, что облегчает режим работы трансформатора и ключевого транзистора.

Описанные выше схемы иллюстрируют простейшие ИП для ВМ выпуска 80-х годов, однако, они достаточно часто встречаются и сегодня. Наряду с ними в последнее время все чаще применяются схемы с использованием специализированных микросхем, таких как TDA4600, AN5900, UC3842 и большой серии микросхем STK, часто включающих в себя и ключевой транзистор. Наибольшее распространение, из указанных, имеет микросхема UC3842, вероятно, из-за ее простоты и удобства применения. Она предназначена для управления полевым транзистором в качестве силового ключа, имеет внутренний источник опорного напряжения, встроенный генератор ШИМ и обеспечивает защиту по току ключевого транзистора. Назначение выводов микросхемы UC3842 представлено в табл. 1.3, а ее свойства будут рассмотрены ниже в ходе описания работы базовой схемы включения, показанной на рис. 1.24.

Таблица 1.3. Назначение выводов микросхемы UC3842

Вывод	Оригинальное обозначение	Назначение вывода
1	COMP	Компенсация частотной характеристики
2	FB	Обратная связь (управление ШИМ)
3	CURR SEN	Сигнал от резистора ограничения тока
4	RC	Подключение RC-цепи для установки частоты
5	GND	Общий вывод
6	OUT	Выход на управление ключевым транзистором
7	Vcc	Вход питания микросхемы
8	VREF	Выход внутреннего источника опорного напр.

Отличие схемы на рис. 1.24 от ИП с транзисторными схемами управления заключается в применении полевого транзистора в качестве ключа. ИС U1 обеспечивает работу только n-канального МОП транзистора с изолированным затвором, так как управляющий сигнал на ее выводе 6 (OUT) имеет амплитуду, близкую к ее напряжению питания (Vcc) на выводе 7. При появлении на входе схемы напряжения в 300 В, на 7-й вывод ИС U1 через резисторы R10, R11 и R12 поступает напряжение, ограниченное стабилитроном ZD1 (около 30 В), и происходит включение внутренних схем в ИС.

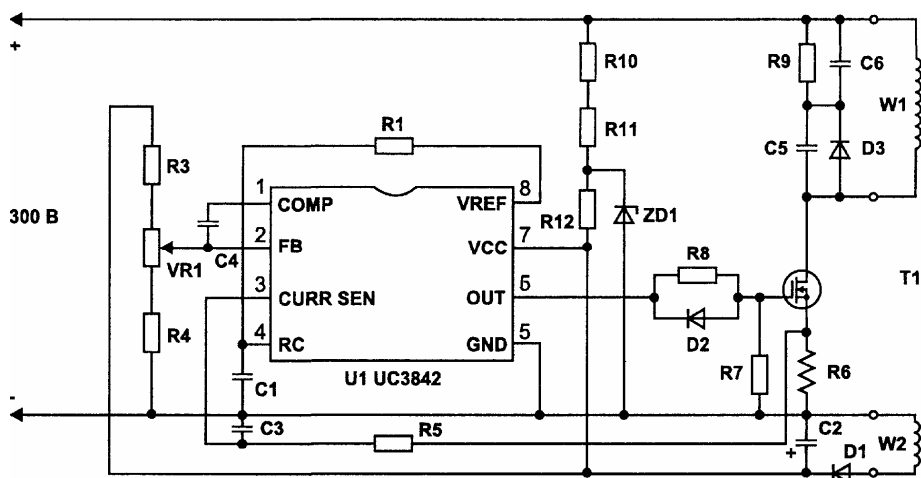


Рис. 1.24. ИП с полевыми транзисторами

Внутренний генератор начинает вырабатывать импульсы с частотой, определяемой цепочкой R1, C1, подключенной к выводу 4 (RC). С вывода 6 микросхемы (OUT) импульсы через ограничительный резистор R8 поступают на затвор ключевого транзистора Q1, обеспечивая импульсный ток в первичной обмотке W1

силового трансформатора T1. Это, в свою очередь, приводит к появлению напряжения в обмотке W2 трансформатора, которое после выпрямления диодом D1 и сглаживания на емкости C2 поступает на вывод 7 ИС, обеспечивая ее работу в рабочем режиме. Следует отметить одно важное свойство данной ИС: она может включиться (стартовать) только при напряжении на выводе Vcc не менее 17В, но может продолжать работать при напряжении более 12В, при этом в рабочем состоянии ее потребление тока возрастает в несколько раз.

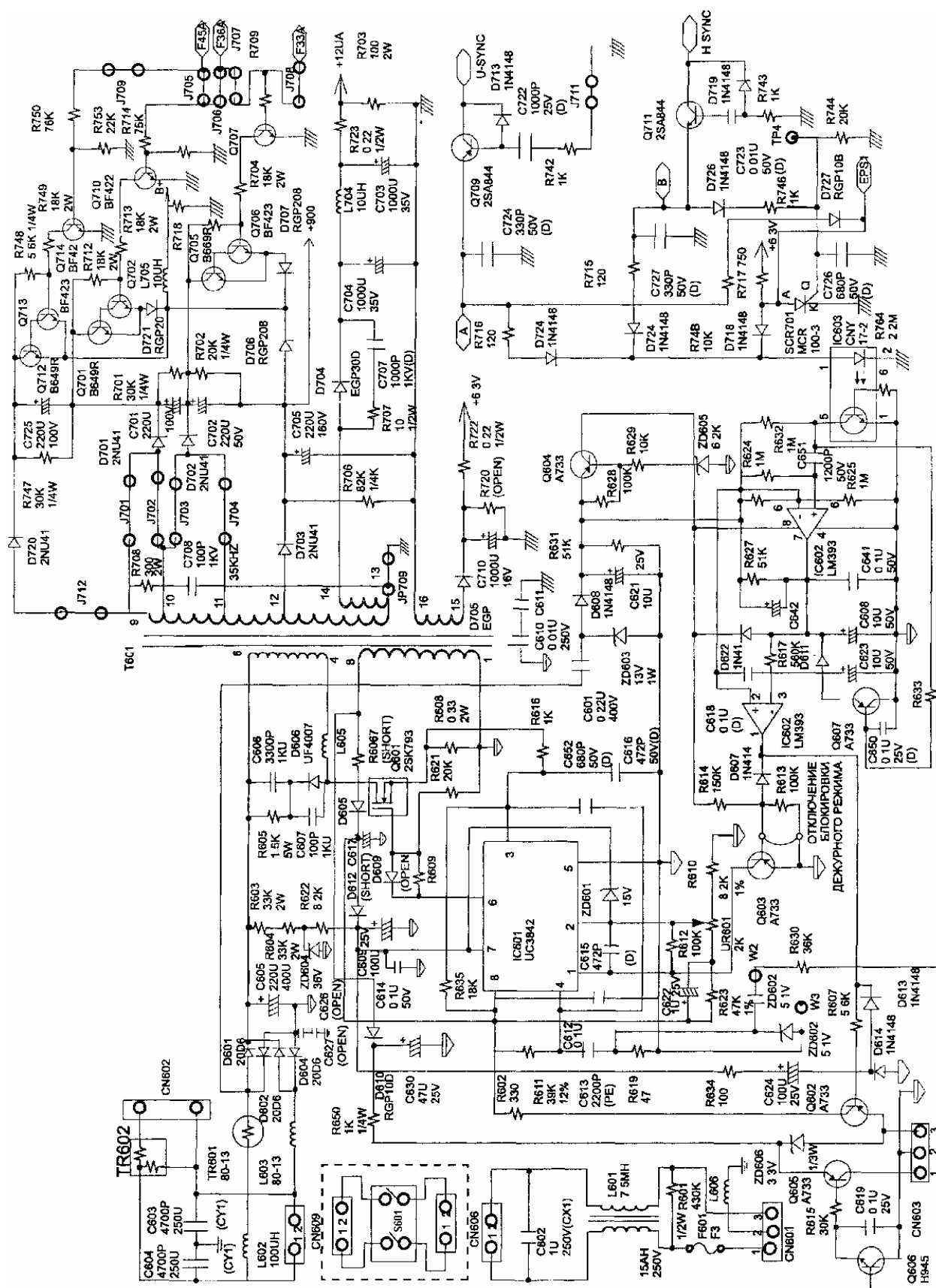
Это обстоятельство позволяет дополнительно защитить ИП от коротких замыканий во вторичных цепях трансформатора T1, например, при выходе из строя одного из выпрямительных диодов, пробоя электролитических конденсаторов или при неисправности в одном из блоков ВМ. Происходит это таким образом. Для включения ИС, вследствие ее малого потребления тока, достаточно напряжения, получаемого от выпрямителя 300 В через резисторы R10, R11, R12. В рабочем режиме ток потребления ИС возрастает, но напряжение питания (обычно 13 - 15В) поступает уже от выпрямителя напряжения с обмотки W2, который обеспечивает необходимый ток. В случае коротких замыканий на выходе ИП напряжения от обмотки W2 не хватает для работы ИС (менее 12 В) и она выключается до момента, когда электролитический конденсатор C2 зарядится через резисторы R10, R11, R12 до напряжения ее включения (более 17 В). Далее ИС опять включается и немедленно выключается. Интервал включения зависит от емкости конденсатора C2 и величины резисторов R10 - R12, и обычно он составляет величину от долей секунды до нескольких секунд, при этом слышны слабые щелчки от трансформатора ИП. Такой режим ИП в случае различных неисправностей обеспечивает совместно с быстродействующей защитой по току силового ключа через сигнал CURR SEN от резистора R6 практически 100%-ую его защиту. Регулировка и стабилизация выходных напряжений ИП производятся по напряжению от выпрямителя с обмотки W2, которое поступает на делитель R3, VR1, R4 и с него - на вывод 2 (FB) ИС U1. Напряжение на этом выводе сравнивается внутри микросхемы с опорным напряжением, в результате происходит управление (ШИМ) длительностью состояния открытого ключа.

1.6.1.1. Пример полной схемы ИП ВМ "Acer 7134" с применением ИС UC3842.

Пример полной схемы ИП ВМ "Acer 7134" с применением ИС UC3842 приведен на рис. 1.25. Напряжение питания сети поступает от разъема CN601 на входной фильтр L601, C602 и через выключатель S601, дроссели L602, L603, термистор TR601 на выпрямительный мост из диодов D601 — D604. На выходе выпрямителя включен сглаживающий электролитический конденсатор C605. Цепочка из резисторов R603, R604, R622 и стабилитрона ZD604 обеспечивает пусковое напряжение для IC601 (UC3842). Ключевой транзистор Q601 управляется от вывода 6 IC601 через ограничительный резистор R609. Переход сток-исток транзистора Q601 замыкает цепь первичной обмотки W1 силового трансформатора T601 на источник постоянного напряжения от выпрямителя. Дроссель L605, выполненный в виде отрезка проводника с надетыми на него ферритовыми кольцами, увеличивает время нарастания тока через ключевой транзистор, что исключает прохождение через него очень коротких, но больших по величине импульсов тока в момент его включения, а также снижает уровень излучаемых радиопомех. Цепочка, состоящая из D606, R605, C606, C607, уменьшает выбросы напряжения на обмотке W1 в момент закрывания транзистора и облегчает режим работы ключевого транзистора Q601. В цепи истока транзистора Q601 включен резистор R608, с которого напряжение через резистор R616 поступает на вывод 3 (CURR SEN) IC601 для обеспечения работы схемы ограничения тока через Q601. Для питания микросхемы IC601 в рабочем режиме используется напряжение от выпрямителя D605, C609, подключенного к обмотке W2. Это напряжение используется также для установки и стабилизации выходных напряжений, для чего оно через делитель из резисторов R623, UR601, R610 поступает на вывод 2 (FB) IC601. Стабилитрон ZD601 служит для ограничения выходных напряжений ИП. При превышении напряжения от обмотки W2 более 15В стабилитрон открывается и увеличивает напряжение на выводе 2 (FB) IC601, что приводит к уменьшению длительности открытого состояния ключевого транзистора и, соответственно, снижению выходных напряжений ИП. Описываемый ИП обеспечивает режим экономии питания для обеспечения функции "GREEN", для чего в его схему дополнительно включен выпрямитель (C601, ZD603, D608, C621) со стабилизатором (Q604, ZD605, R628, R629), который вырабатывает напряжение питания для схемы включения ИС IC601. Управление работой этой микросхемы (ее выключение) производится замыканием ее вывода 1 (COMP) на 0В с помощью транзистора Q603. Сигналом для включения рабочего режима является появление тока через светодиод оптопары IC603. Этот ток появляется при появлении синхрои импульсов V-SYNC и H-SYNC от видеоадаптера компьютера. При засветке фототранзистора оптопары напряжение на нем падает, и схема на ИС IC602 и транзисторе Q607 вырабатывает напряжение, запирающее транзистор Q603, и ИП включается в рабочий режим. Для индикации состояния ИП (включен, режим GREEN) служат светодиоды, установленные на передней панели ВМ и подключенные через разъем CN603 к схеме на транзисторах Q602, Q605, Q606.

В данном ИП выходные выпрямители вырабатывают следующие напряжения:

- 6.3 В — для накала ЭЛТ,
- 12В — для питания схем управления и кадровой развертки,
- 90 В — для оконечных видеоусилителей,



Величина напряжения В+ изменяется соответственно частоте строчных синхроимпульсов:

- 90 В для строчной частоты 31 кГц, (85 В),
- 103 В для строчной частоты 35 кГц, (100 В),

- 113 В для строчной частоты 37 кГц, (110 В),
- 147 В для строчной частоты 48 кГц, (140 В).

Включение необходимого напряжения В+ производится транзисторными ключами Q705, Q706, Q707 (35 кГц), Q701, Q702, Q710 (37 кГц) и Q712, Q713, Q714 (48 кГц) и сигналами F33A, F36A, F46A от схемы управления. Подключение выходных напряжений от транзисторных ключей к точке В+ производится через диоды D721, D706, D707 для предотвращения замыкания разных по величине напряжений от выходных выпрямителей. При отсутствии сигналов управления напряжение В+ устанавливается равным 90 В (все ключи закрыты). На печатной плате имеется набор перемычек J701 — J712, которые устанавливаются в соответствии с версией ВМ, на рис. 1.25 они показаны для наиболее сложной модели.

1.6.1.2. Методика ремонта ИП

Ремонт ИП производится после некоторых предварительных проверок в отдельных цепях ВМ, необходимых для оценки возможных повреждений и исключения помех его нормальной работе.

До начала работ не помешает также проверка шнура питания и наличия питающего напряжения в электросети. В обесточенном состоянии производят осмотр деталей на печатной плате ВМ в районе узла ИП и определяют его базовую схему по типу примененных микросхем и транзисторов. Далее проверяют плавкий предохранитель на входе ИП. В случае его перегорания обязательной проверке подлежат диоды выпрямительного моста, термистор в его входной цепи, конденсаторы входного фильтра, ключевой транзистор. При установке нового предохранителя надо помнить, что ток его срабатывания обычно для ВМ с размером ЭЛТ 14" составляет (2 - 3) А. Применение предохранителя с большим током срабатывания может привести к повреждению других элементов в ИП, поэтому не следует добиваться экономии при ремонте за счет предохранителей. Полезно проверить отсутствие коротких замыканий на выходах выпрямителей во вторичных обмотках силового трансформатора, для чего омметром контролируют сопротивление на электролитических конденсаторах выходных выпрямителей. Необходимо также проверить отсутствие замыкания в цепи питания выходного каскада строчной развертки непосредственно в точке подключения ТДКС, так как его питание может производиться от дополнительного стабилизатора напряжения, и эффект короткого замыкания по выходу В+ от ИП может проявиться только при появлении напряжения. В случае выявления такой неисправности в узле строчной развертки, следует разорвать цепь питания В+ в точке выхода его из ИП и продолжить ремонт этого узла после окончания ремонта и проверки ИП.

Далее по результатам вышеописанных проверок и анализа принципиальной схемы делается вывод о необходимости замены дефектных элементов. При этом надо учитывать следующие моменты: если был поврежден ключевой транзистор, то необходимо проверить все элементы, которые подключены непосредственно к его выводам (включая и измерение величин резисторов, так как их значения могут измениться без заметных внешних признаков), и, в первую очередь, маломощные транзисторы и стабилитроны. В случае ИП с полевым транзистором и микросхемой UC3842 при пробое транзистора обычно повреждается и микросхема — ее проверка без включения невозможна, поэтому лучше установить новую. Кроме того, следует проверить цепочку из резистора R609 (20 - 50 Ом) и диода D609 (рис. 1.25) или R8 (20 - 50 Ом) и диода D2 (рис. 1.24).

На следующем этапе производится подбор, контроль и замена соответствующих деталей. Если Вы не нашли нужные детали соответствующие принципиальной схеме, то необходимо корректно провести подбор аналогов по информации в приложении 1 или в соответствующей справочной литературе.

Обычно трудности возникают в подборе ключевых транзисторов, так как ассортимент таких отечественных транзисторов невелик, а на импортные не всегда имеется информация с их параметрами.

При подборе ключевого транзистора для ИП важнейшими параметрами являются:

- максимальное напряжение коллектор-эмиттер (для полевых транзисторов — сток-исток),
- максимальный импульсный ток коллектора (стока),
- остаточное напряжение на коллекторе (сопротивление перехода),
- время включения и выключения.

Первые два параметра непосредственно обеспечивают надежность ИП, а последние - косвенно, так как они определяют потери в транзисторе при переключении и, соответственно, его рабочую температуру, которая влияет на пробивное напряжение транзистора. Немаловажное значение имеет также коэффициент передачи по току транзистора, в особенности для схем показанных на рис. 1.22 и 1.23. При выборе транзистора следует обратить внимание на конструкцию корпуса, чтобы не возникло проблем с установкой его на радиатор. Подбор других деталей обычно не вызывает трудностей, однако, надо помнить, что рабочая частота ИП обычно составляет десятки килогерц и необходимо использовать соответствующие типы диодов и электролитических конденсаторов.

После комплектации необходимыми деталями производится замена всех неисправных элементов ИП на печатной плате. Особое внимание следует уделить установке ключевого транзистора на радиатор в случае, когда корпус транзистора, обычно соединенный с выводом коллектора, должен быть изолирован от радиатора. При малейшем подозрении, что прокладка из слюды или специальной резины повреждена, она

должна быть заменена на новую, а после установки и запайки транзистора обязательно надо убедиться в отсутствии контакта между корпусом транзистора и радиатором. При использовании слюдяной прокладки на ее поверхности должна быть нанесена тонким слоем теплопроводящая паста. Прокладка из теплопроводящей резины применяется без пасты.

После замены всех неисправных элементов и исправления дефектов на печатной плате, возникших в момент поломки или в ходе ремонтных работ, можно приступить к проверке работы ИП.

Импульсные ИП не могут работать без нагрузки, поэтому перед первым включением следует убедиться, что подключены разъемы к ИП, если он выполнен в виде отдельного блока. Если была необходимость в отключении какой-либо нагрузки от выходов ИП, то надо иметь в виду, что накал ЭЛТ и схемы управления не всегда создают достаточную нагрузку для ИП и необходимо его дополнительно подгружать подключением резисторов. Для ВМ типа GREEN перед включением необходимо исключить возможность блокировки работы ИП от схем управления, например, в ИП ВМ ACER (схема на рис. 1.25) надо временно выпаять транзистор Q603 или соединить перемычкой его базу и эмиттер.

Первое включение ВМ после ремонта ИП всегда является напряженным моментом, поэтому необходимо соблюдать меры предосторожности и обеспечить минимальный контроль работоспособности ИП. Для этого к одному из выходов ИП, например, В+, подключают вольтметр, а на коллектор ключевого транзистора щупом с делителем на входе — осциллограф. Земляной конец щупа подключают к минусу электролитического конденсатора входного выпрямителя (например, С605 на рис. 1.25). Осциллограф должен иметь гальваническую развязку от питающей сети во избежание возникновения короткого замыкания. Далее необходимо убедиться, что выключатель питания ВМ находится в выключенном состоянии и подать питающее напряжение на ВМ, подключив его сетевой шнур. Убедившись в правильности подключения измерительных приборов к ИП, включают выключатель питания ВМ. Первое включение производится на время, необходимое для получения отсчетов на измерительных приборах, которые подтверждают или не подтверждают принципиальную работоспособность ИП, но не более чем на 10 секунд.

Если ИП не вырабатывает напряжений и на осциллографе нет сигнала об импульсном напряжении на силовом трансформаторе, тогда снова проверяют предохранитель и, в случае, если он сгорел, проверяют ключевой транзистор. Если он поврежден, тогда возвращаются к начальным действиям с целью более тщательной проверки всех элементов.

Если ключевой транзистор и предохранитель целы, тогда повторно включают ВМ и тестером последовательно проверяют прохождение переменного напряжения через входной фильтр до выпрямительного моста, постоянное напряжение на электролитическом конденсаторе выпрямителя (300 — 350 В) и далее — на первичной обмотке силового трансформатора. Возможными неисправностями могут быть обрывы и трещины на проводниках печатной платы, плохая пайка выводов деталей и т.д.

В случае нормального поступления напряжения на коллектор ключевого транзистора через обмотку силового трансформатора проверяют наличие сигнала управления для транзистора от схемы управления.

Для схемы, представленной на рис. 1.22, проверяют детали D905, C910, R907, R908, образующие цепь обратной связи блокинг-генератора, резисторы R905, R906, обеспечивающие начальное смещение транзистора Q901, и транзистор Q902. Если все перечисленные детали целы, то отсутствие генерации в схеме возможно по причине малого коэффициента передачи по току ключевого транзистора, неисправности силового трансформатора (замыкание между витками в обмотках) или перегрузки по одному из выходных выпрямителей.

Для схемы, представленной на рис. 1.25, проверяют осциллографом наличие импульсного напряжения на затворе ключевого транзистора Q601, его отсутствие свидетельствует о необходимости детальной проверки работы микросхемы UC3842. Для этого необходимо соединить выводы 1 и 5 микросхемы, включить питание и контролировать осциллографом напряжение на выводе 7. Напряжение должно плавно колебаться от 12 до 17 В. Если этого не происходит, проверяют цепь из резисторов R603, R604, R622 и стабилитрон ZD604, а также диод D605, и, если они целы, то, следовательно, неисправна сама микросхема. Если напряжение питания на выводе 7 микросхемы находится в указанных пределах, то измеряют осциллографом импульсное напряжение на выводе 8, — амплитуда импульса должна быть 5.0 В. Далее снимают установленную ранее перемычку и контролируют осциллографом сигнал на выводе 1 микросхемы — напряжение должно быть около 2.5 В и, если на выводе 6 при этом нет импульсов, это свидетельствует о неисправности микросхемы. Если на затворе ключевого транзистора присутствуют короткие импульсы с большим периодом повторения, это говорит о коротком замыкании на выходе выпрямителей или в обмотках силового трансформатора. После запуска ИП и восстановления полностью его схемы проверяют выходные напряжения и возможность их изменения с помощью подстроечного резистора, всегда присутствующего в схеме ИП. Если подстройка напряжения невозможна или выходные напряжения превышают нормальные значения, это означает наличие дополнительной неисправности в узле управления ключевым транзистором. Для схемы ИП на рис. 1.22 это может быть повреждение микросхем U902, U901, плохой контакт в подстроечном резисторе VR901 или отсутствие напряжения от обмотки W2 силового трансформатора. Для схемы ИП на рис. 1.23 неисправности надо искать в транзисторах Q902, Q904, стабилитроне D913 и диоде D915.

На этапе окончательной проверки ИП измеряют все его выходные напряжения, при необходимости

устанавливают их подстроенным резистором и проверяют осциллографом пульсации напряжения на электролитических конденсаторах выходных выпрямителей. В случае большой величины пульсации необходимо поменять соответствующий электролитический конденсатор. В заключение ремонтных работ надо проконтролировать температуру ключевого транзистора в течение одного часа, чтобы убедиться в отсутствии его перегрева, а также повторно проконтролировать выходные напряжения, чтобы убедиться в стабильности работы ИП.

Вывод о полной работоспособности ИП может быть сделан только после полной проверки всех режимов работы ВМ в целом, и, возможно, придется еще не раз заглядывать в узел ИП, так как с ним связаны многие характеристики ВМ.

1.6.2. УЗЕЛ УПРАВЛЕНИЯ ВМ

Узел управления ВМ (в дальнейшем УУ) выполняет следующие задачи:

- Анализ синхроимпульсов от компьютера и определение необходимого режима работы,
- Установку рабочих частот задающих генераторов кадровой и строчной разверток и привязку их к синхроимпульсам,
- Получение сигналов для коррекции параметров раstra в соответствии с установленным режимом,
- Обработку сигналов от других узлов для защиты ЭЛТ и ИП при аварийных ситуациях,
- Обеспечение оператору доступа к набору подстроек на передней панели ВМ.

Несмотря на то, что на блок-схеме ВМ (рис. 1.18) УУ показан отдельным блоком, некоторые его функции реально могут исполняться в других узлах, так как очень часто бывает трудно разграничить их в смысле схемотехники. В изложении будем придерживаться базовой блок-схемы, а некоторые случаи будем оговаривать отдельно.

Схемотехника УУ зависит от типа ВМ. В первых моделях (CGA, MDA), работающих на фиксированных частотах разверток, функции УУ были распределены в отдельных блоках, как и в обычном телевизоре. В ВМ типа EGA появилась схема анализа полярности синхроимпульсов. В современных ВМ функции УУ могут быть практически полностью сконцентрированы в микропроцессорном контроллере.

Основными информационными сигналами для УУ являются синхроимпульсы с уровнями TTL, поступающие от компьютера через входные цепи. Как следует из таблицы 1, для ВМ типа CGA, MDA, HGC и EGA информация о режиме работы поступает из видеокарты компьютера в виде полярности синхроимпульсов, каждой их комбинации соответствует определенная частота строчной развертки. Для ВМ типа VGA и SVGA набор режимов работы видеосистем много шире, и информации из полярности синхроимпульсов уже недостаточно для детектирования установленного режима. Дополнительная информация получается непосредственно из анализа самих частот синхроимпульсов, для чего применяются специальные схемы зачастую с использованием микроконтроллеров, или по дополнительным линиям управления интерфейса с видеоадаптером.

В качестве примера построения УУ для ВМ типа CGA/EGA на рис. 1.26 показан фрагмент схемы ВМ (TVM MD-7), в которой вырабатывается сигнал переключения режимов CGA/EGA, а на рис. 1.27 приведена схема его задающего генератора строчной развертки.

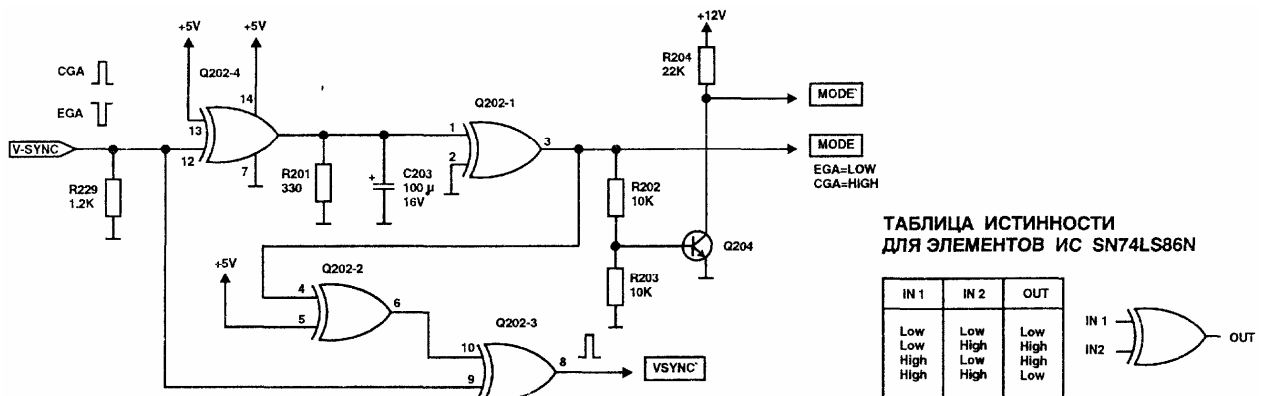


Рис. 1.26. Схема детектирования режимов CGA/EGA

Принцип работы первой схемы основан на логических свойствах элементов ИС Q202 типа SN74LS86N (исключающее ИЛИ), которые отражены в таблице истинности на рис. 1.26 справа. Входной сигнал V-SYNC, изменяющий свою полярность в зависимости от режима работы видеоадаптера, поступает на вход 12 ИС Q202-4. Этот элемент оказывается инвертирующим, так как на другом выводе (выв. 13) этого элемента присутствует высокий уровень. Конденсатор C203 большой емкости удерживает выходное напряжение, которое присутствует на выходе элемента (выв. 11) большую часть времени от периода следования

синхроимпульсов. Полученный сигнал имеет переменную составляющую из-за неполного сглаживания на конденсаторе, но после подачи его на вход следующего элемента Q202-1, имеющего порог логического уровня 2.4 В, и прохождения через него на выводе 3 выделяется сигнал MODE. Этот сигнал используется для нормализации кадрового синхроимпульса, т.е. для получения синхроимпульса одной полярности независимо от его полярности на входе ВМ, — такой импульс (VSYNC') необходим для работы кадровой развертки. Инвертирование или прямая передача сигнала VSYNC производится на элементе Q202-3 под управлением инвертированного на Q202-2 сигнала MODE. Сигнал MODE имеет TTL-уровни и используется в узле обработки видеосигналов для переключения режимов (CGA/EGA), для чего он подается на один из адресных выводов ИС ПЗУ декодера цветов. Сигнал MODE' получается на коллекторе транзистора Q204, он используется для управления аналоговыми коммутаторами в других фрагментах узла управления.

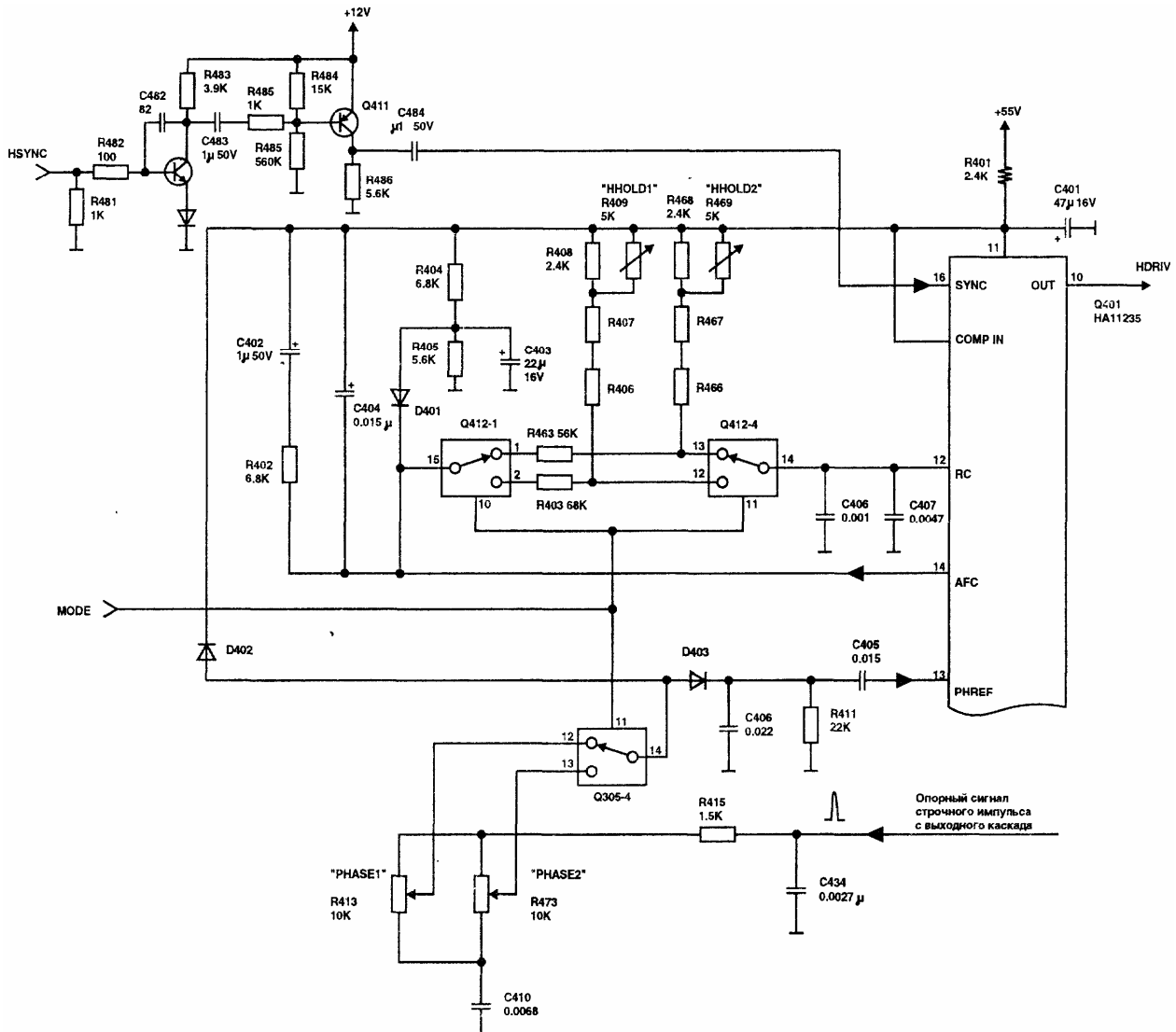


Рис. 1.27. Задающий генератор строчной развертки ВМ типа EGA

Другим важным фрагментом УУ являются схемы, в которых вырабатываются необходимые частоты разверток. Наиболее часто в качестве задающих генераторов в ВМ используются следующие ИС: MC1391, TDA1180, TDA9108, содержащие только схемы задающих генераторов строчной частоты, и HA11235, LA7850, TDA4852, TDA2593, TDA9102, включающие в себя и генераторы для кадровой развертки. Обычно частоты задаются резисторами и конденсаторами, в некоторых ИС имеется также возможность управления постоянным напряжением, подаваемым на отдельный вывод ИС.

В схеме (рис. 1.27) задающего генератора строчной развертки ВМ (TVM MD-7) в качестве основной микросхемы используется широко распространенная ИС типа HA11235 (НПАЧН). Внутренний генератор ИС использует в качестве времязадающих элементов RC-цепочку, в которую входят конденсаторы C406, C407 и переключаемые с помощью аналогового переключателя Q412-4 две цепочки резисторов R406 - R409 и R466 - R469, включающих в себя подстроечные резисторы для установок соответствующих частот. Другой переключатель Q412-1 подает выходное напряжение от фазового детектора в ИС (выв. 14 AFC) через резистор R403 или R463 на резисторы цепочки RC для обеспечения необходимой полосы "захвата" частоты. В фазовом детекторе ИС производится также сравнение фазы сигнала от оконечного каскада строчной

развертки и входного (HSYNC) синхросигнала для коррекции положения левого края раstra на экране ЭЛТ в каждом режиме в отдельности. Для этого опорный сигнал от оконечного каскада строчной развертки поступает через фазосдвигающие цепочки, состоящие из конденсатора C410 и переключаемых аналоговым коммутатором Q305-4 подстроечных резисторов R413 и R473, на выв.13 (PHREF). Так как источником синхросигнала HSYNC является входной кабель, то на входе ИС (выв. 16) применяется разделительный усилитель на транзисторах Q410, Q411.

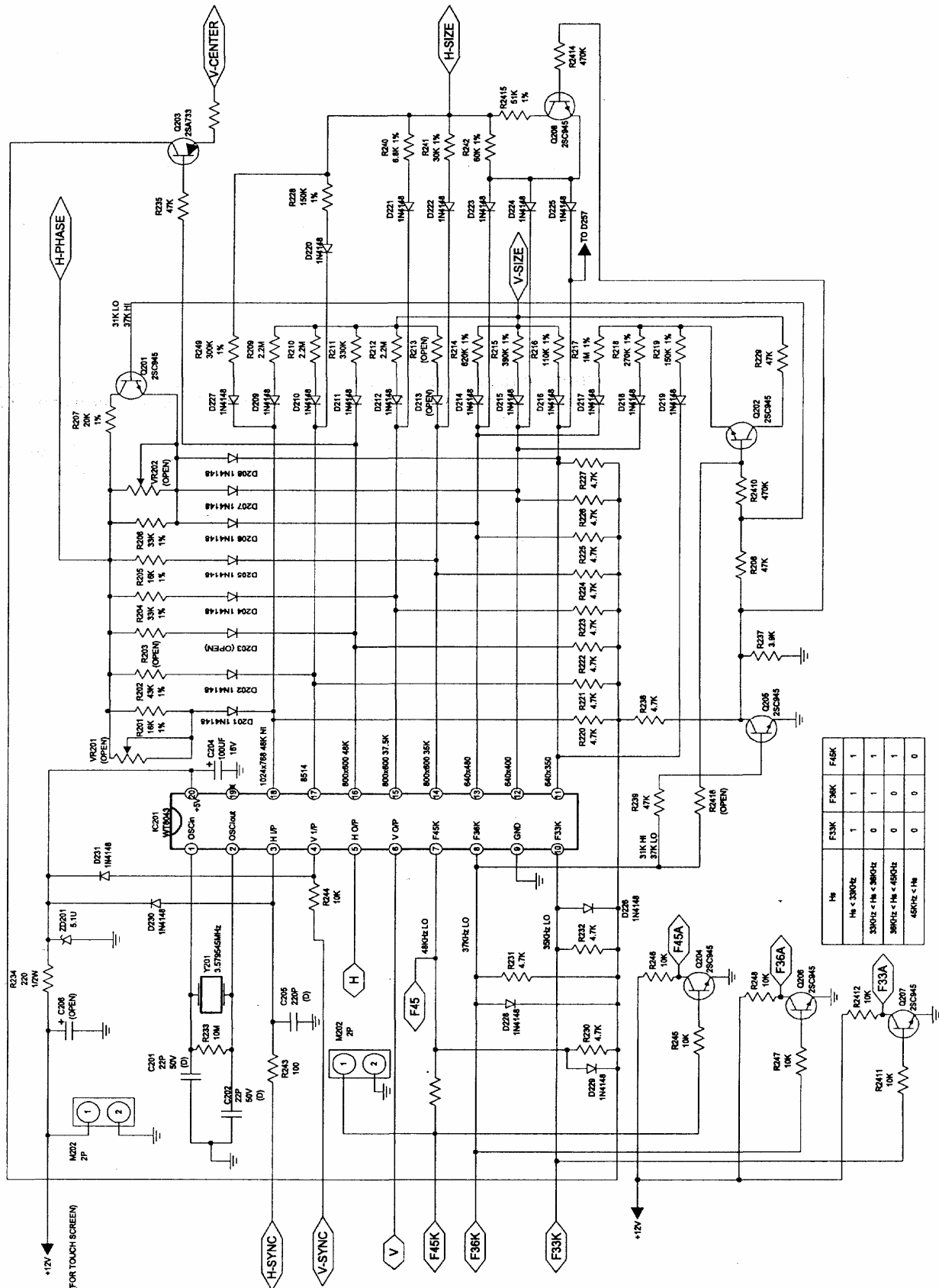


Рис. 1.28. Схема узла управления ВМ типа Acer 7134

В качестве аналоговых коммутаторов в рассмотренной схеме, как и в схемах, приводимых в других главах, используются микросхемы типа HEF4053, выполненные по КМОП-технологии и включающие в себя 4 переключателя из двух входов на один с отдельным для каждого переключателя управляющим входом. Такие ИС представляют собой аналоговые ключи выполненные на полевых транзисторах и соединенные в схему переключателя.

Главные свойства этих переключателей - сопротивление, вносимое в переключаемую цепь (оно составляет десятки Ом) и диапазон переключаемых напряжений в пределах от 0В до напряжения питания ИС, поэтому они хорошо подходят для переключения резисторов в схемах и передачи слаботочных сигналов.

1.6.2.1. Схема узла управления ВМ типа ACERVIEW 7134T

Схема узла управления ВМ типа ACERVIEW 7134T приведена на рис. 1.28, она выполнена с применением микроконтроллера типа WT8043(234). Как и любой другой микроконтроллер, ИС этой серии выпускаются в модификациях для применения в конкретных моделях ВМ и являются заказными, поэтому необходимо обращать внимание на полную маркировку - на ней указан номер модификации. Микросхемы разных модификаций могут отличаться различным расположением, назначением и количеством выводов. Эта ИС включает в себя кварцевый генератор с использованием внешнего резонатора для получения опорной частоты и набора делителей частот, участвующих в измерении периодов следования строчных и кадровых синхроимпульсов, а также схем для анализа их полярности. По результатам анализа на выходы ИС выдаются сигналы, несущие информацию о режиме работы видеосистемы, и нормализованные синхроимпульсы. Все выходные сигналы имеют уровни TTL и, за исключением выходных синхроимпульсов, формируются транзисторами с открытым коллектором. Назначение выводов ИС подробно показано на схеме рис. 1.28. Каждому режиму видеосистемы соответствует только один (выв.11 — 18) активный вывод ИС (активный уровень — низкий) — это дает возможность коммутировать делители напряжения из набора резисторов для получения аналоговых сигналов управления H-PHASE, V-ZENTER и H-SIZE. Для более точной корректировки указанных сигналов используются транзисторы Q201 - Q203, Q205, Q208 с необходимыми резисторами. Все резисторы, используемые в делителях, подобраны с большой точностью в процессе разработки ВМ (1%), так чтобы размеры и положение раstra на экране ЭЛТ оставались неизменными при переходе из одного режима работы видеосистемы в произвольный другой.

Информация от выводов 7, 8, 10 используется для установки необходимого напряжения питания выходного каскада строчной развертки В+, для чего с помощью транзисторов Q204, Q206, Q207 включается соответствующий транзистор-ключ в блоке питания.

Полученные в УУ сигналы используются в задающих генераторах строчной и кадровой развертки, показанных на рис. 12. В качестве базовой микросхемы задающих генераторов используется ИС TDA4852.

Основная частота строчных импульсов (31.5 кГц) определяется конденсатором C267, установленным на выводе 19 ИС, и сложным резистором, подключенным к выв. 18, состоящим из постоянного R263 и подстроечного VR253 (установка 31.5 кГц). При переходе в режим с более высокими частотами к этому резистору с помощью управляющих сигналов (F33K, F36K, F45K) подключается параллельно один из дополнительных (R260, R264, R266) точных резисторов, чем и устанавливается необходимое значение частоты. Электролитический конденсатор C262, установленный в цепи сигнала управления F45K, выполняет важную функцию плавного восстановления строчной частоты при переходе от высокой частоты к низкой (для исключения превышения импульсного напряжения на коллекторе транзистора в выходном каскаде строчной развертки).

Регулировка горизонтального положения раstra на экране производится с помощью фазового детектора в ИС, на который поступают нормализованный синхроимпульс H-SYNC, опорный сигнал AFC из узла строчной развертки и управляющее напряжение от делителя из резисторов R297, VR255 (регулировка на передней панели ВМ) и установочного VR256 (H-PHASE). Для корректировки положения раstra в различных режимах к напряжению от делителя подмешивается управляющее напряжение H-PHASE. Выходной сигнал H-DRV с необходимыми параметрами от вывода 3 ИС поступает в узел строчной развертки.

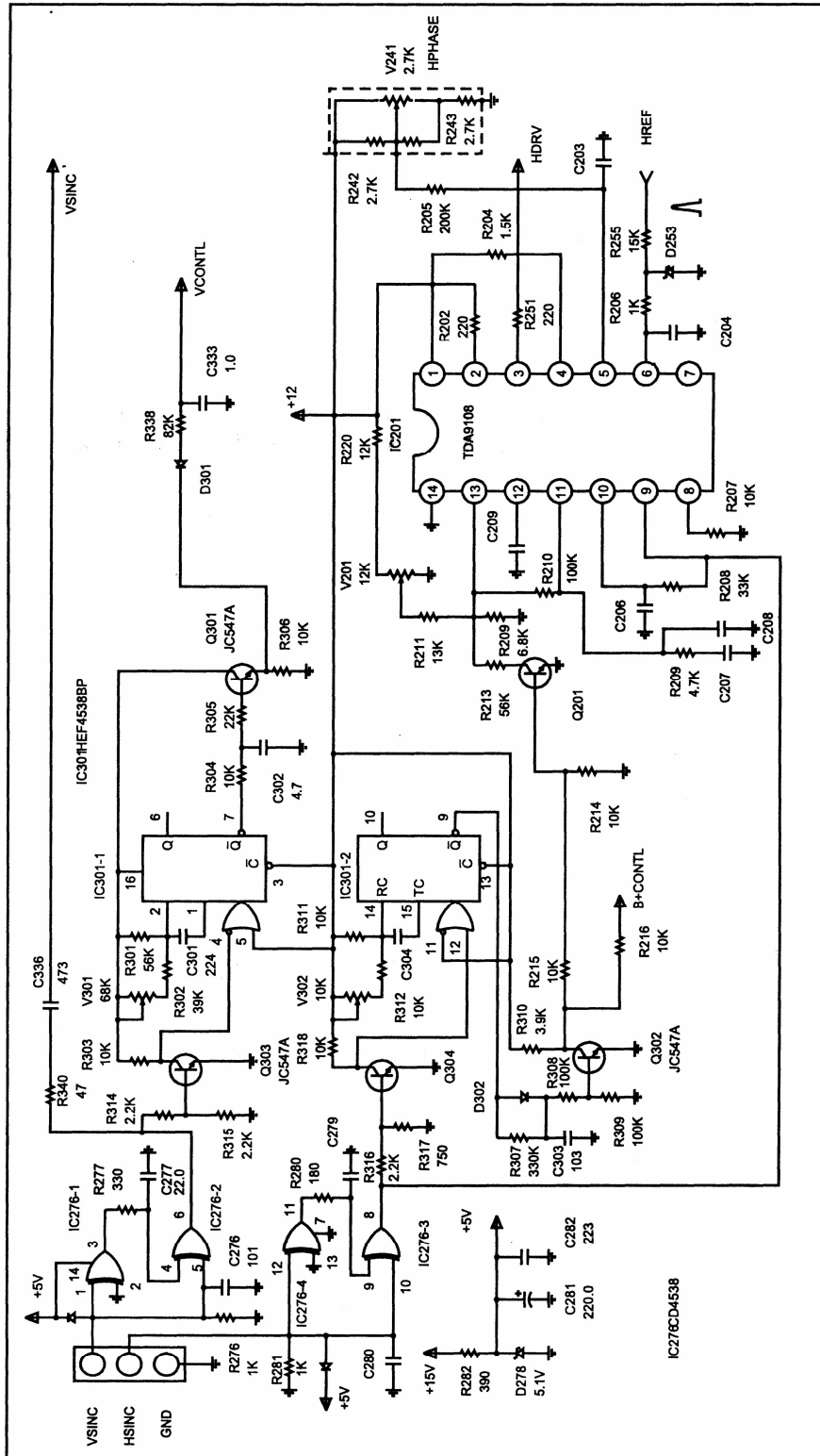
Схема, выполненная на транзисторах Q251 и Q252, срабатывает при превышении амплитуды строчных импульсов определенного значения и блокирует выдачу сигнала H-DRV (выключает строчную развертку) подачей напряжения 12В через ограничительный резистор R293 и диод D266 на вывод 2 ИС. Так как величина высокого напряжения, получаемого от ТДКС, пропорциональна амплитуде импульсов обратного хода, схема обеспечивает защиту от превышения его нормального значения. При срабатывании эта схема сохраняет свое состояние до полного выключения ВМ.

В задающем генераторе кадровой частоты, выполненном на той же ИС (IC251, схема на рис. 1.29), собственная частота пилообразного напряжения определяется емкостью конденсатора C254 и резистором R258, она, как правило, ниже 40 Гц. При поступлении синхроимпульса генератор прекращает текущий период развертки и начинает следующий, отсекая часть линейно возрастающего (пилообразного) напряжения. Выработанное в задающем генераторе напряжение поступает на выходной усилитель в ИС

IC250 типа TDA4866 и после усиления в нем подается на кадровые отклоняющие катушки. Так как для

разных частот кадровых синхроимпульсов при изменении режима работы видеосистемы разность начального и конечного напряжения пицы оказывается различной, то и вертикальный размер раstra на экране будет изменяться в зависимости от видеорежима.

Для поддержания постоянного размера раstra в промежуточном усилителе ИС IC251 производится необходимая коррекция усиления с помощью управляющего напряжения, подаваемого на вывод 13. Это напряжение формируется делителем из установочного резистора VR252 ("V-SIZE") и переменного VR251 ("V-SIZE" на передней панели BM), к нему подмешивается сигнал V-SIZE от схемы детектирования режима.



1.6.2.2. Схема УУ монохромного ВМ NTT VM-340

На рис. 1.30 приведена схема УУ монохромного ВМ (NTT VM340). Так как этот ВМ предназначен для применения только в простых видеорежимах VGA, детектирование режимов и нормализация синхроимпульсов осуществляются с помощью традиционной схемы, выполненной на ИС IC276 типа 74LS86. В задающем генераторе строчной развертки применена ИС типа TDA9108. Основная частота (31,5 КГц) определяется емкостью конденсатора C209, резистором из R220 и установочным сопротивлением V201. Для получения другой строчной частоты с помощью транзистора Q201 подключается дополнительный резистор R213. Для открывания транзистора используется сигнал от схемы детектирования частоты входных импульсов, которая работает следующим образом. Нормализованный строчный импульс поступает на транзистор Q304, который выполняет роль согласователя уровней (с выхода IC276-3 сигнал имеет уровень 5В, а IC301 -2 использует 12 В), и с него - на вход I301-2, которая представляет собой перезапускаемый ждущий моностабильный мультивибратор. Положительный фронт импульса на входе запускает активный период, длительность которого определяется RC-цепочкой из C304 и R311, R312, V302. По истечении активного периода мультивибратор возвращается в исходное состояние и ждет прихода следующего импульса. Если период поступления синхроимпульса больше установленного RC-цепочкой периода, то на выходе Q будут наблюдаться импульсы нулевого уровня (исходного состояния), если меньше, то следующий приходящий синхроимпульс будет перезапущать мультивибратор до окончания его активного периода, и его выход Q будет иметь постоянно высокий уровень. Таким образом, на инверсном выходе Q в одном случае будут присутствовать импульсы, в другом - постоянно низкий уровень. Получающиеся на выводе 9 ИС импульсы через диод D302 поступают на накопительный конденсатор C303, напряжение с которого открывает транзистор Q302, а в случае отсутствия импульсов этот транзистор будет закрыт. Мультивибратор настраивается в этой схеме с помощью V302 таким образом, чтобы в видеорежиме с нижней строчной частотой на его выходе (выв.9 IC301-2) были импульсы длительностью 2 - 3 мкс, а в других режимах с более высокой частотой они отсутствовали, тогда сигнал, полученный с коллектора транзистора Q302, можно использовать для управления частотой задающего генератора с помощью ключа на транзисторе Q201. Этот сигнал (B+CONTL) используется также для управления напряжением В+ в узле строчной развертки, поэтому эту настройку надо проводить с осторожностью.

1.6.2.3. Устройства управления ВМ на базе микропроцессоров.

Узел управления ВМ выполняет функции, которые могут быть удобно реализованы микропроцессорными средствами. Принципы управления микропроцессорами (МП) в ВМ аналогичны применяемым в телевизионных приемниках, однако набор функций, выполняемый в них, существенно отличается - кроме обычных, таких как управление яркостью и контрастностью изображения, необходимо определять по сигналам от компьютера режим работы и поддерживать геометрические характеристики раstra во всем диапазоне рабочих частот. По этой причине набор применяемых типов микропроцессоров для ВМ совсем другой.

Так же как и в описанных выше схемах, в УУ с применением МП вырабатываются аналоговые и цифровые управляющие сигналы для других узлов. Их значения и последовательность зависят от входных сигналов, действий оператора и описываются программой в ПЗУ МП, а для запоминания и хранения данных для каждого режима обычно используется внешняя ИС памяти, содержимое которой сохраняется при выключении питания. Часто совместно с МП применяются специализированные ИС, которые дополняют его функции и расширяют набор управляющих сигналов, например, для получения аналоговых напряжений или подмешивания текстовой видеoinформации в видеосигнал с целью образования на экране ВМ изображения "меню". Такие ИС имеют ограниченное количество выводов для связи с МП, поэтому они используют при обмене информацией последовательный код (обычно через шину типа I²C). К сожалению, информация о деталях свойствах МП и периферийных ИС, как и сами микросхемы, не всегда доступна, поэтому ремонт ВМ, содержащих такие микросхемы, бывает весьма затруднен.

Для пояснения принципа применения МП на рис. 1.31 приведен фрагмент схемы УУ для ВМ типа "HIGHSCREEN MS-1575P".

В этом ВМ используется МП типа Z0860204 в стандартном DIP-корпусе, имеющим 40 выводов. В качестве внешней памяти МП использует ИС типа 93C66, подключенную через шину I²C, образованную тремя линиями от МП. Для получения аналоговых напряжений управления узлами в ВМ применена ИС типа MTV003, подключенная также через шину I²C, образованную линиями от других выводов МП. Перечень вырабатываемых этой ИС аналоговых напряжений приводится в таблице 1.4.

Аналоговые напряжения получаются в результате интегрирования импульсов от выводов ИС на цепочках RC, установка их значений производится изменением коэффициента заполнения импульсов (аналогично принципу ШИМ). Эта ИС выполняет также функции нормализации синхроимпульсов от компьютера и определение рабочего режима с передачей необходимой информации в МП по той же шине. Тактовая частота, вырабатываемая генератором данной ИС с внешним резонатором XC1, необходима не только для ее работы, но используется также и в МП, для чего она поступает на его вывод 3.

Управление изображением производится тремя кнопками на передней панели ВМ — одна предназначена для выбора регулируемого параметра, а две другие служат для уменьшения или увеличения

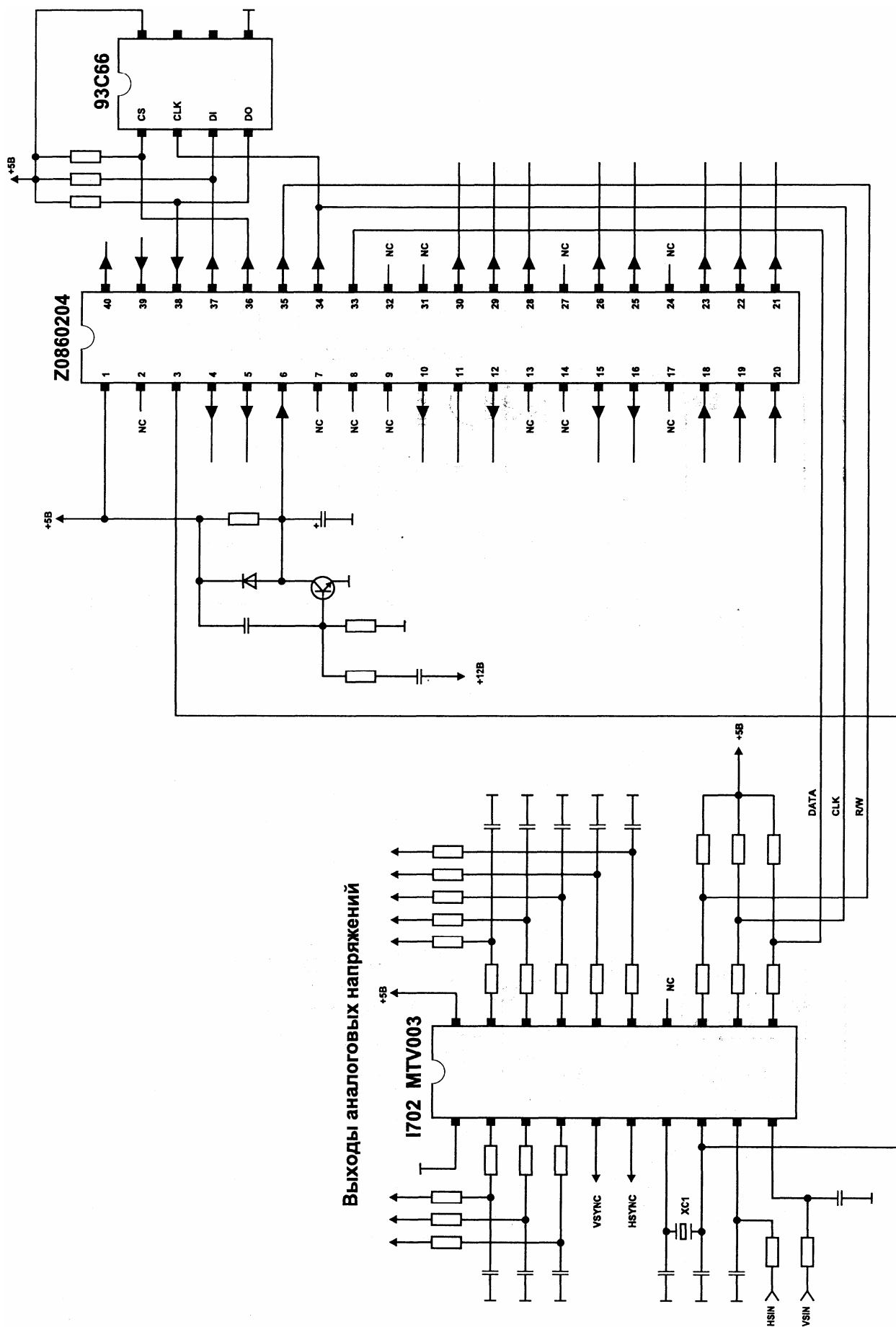


Рис. 1.31. Фрагмент схемы УУ для BM Highscreen MS MS-1575P

его значения. Кнопки обеспечивают замыкание выводов 18 - 20 МП на землю, то есть низкий логический уровень сигнала на входе. Индикация выбранного для регулировки параметра осуществляется с помощью светодиодов, установленных на передней панели — они получают питание от выводов 4, 10, 29, 40 МП. Установка яркости и контрастности изображения в данной модели ВМ производится обычным путем с помощью потенциометров на передней панели, поэтому МП эти функции не обрабатывает.

Таблица 1.4. Аналоговые напряжения, вырабатываемые ИС MTV003

Выв. ИС	Назначение управляющего напряжения
2	Управление размером раstra по горизонтали
3	Установка частоты строк
4	Установка частоты кадров
15	Коррекция искажений типа "трапеция"
16	Коррекция искажений типа "подушка"
17	Смещение раstra по вертикали
18	Размер по вертикали
19	Смещение по горизонтали

Выходные цифровые сигналы от МП имеют логические уровни 0 В и 4.5 - 5.0 В, они обеспечивают нагрузочный ток до 10 мА, поэтому в случае необходимости управления большими токами и напряжениями используют усилители и ключи на транзисторах. В описываемой схеме для управления режимом работы отдельных узлов ВМ используются цифровые сигналы следующего назначения:

- Сигнал от выв. 26 МП обеспечивает подключение напряжения +25 В от ИП к цепям питания кадровой развертки и микросхем задающих генераторов (переход от дежурного режима к рабочему),
- Сигнал от выв. 25 управляет напряжением G1 на ЭЛТ для гашения экрана на время, необходимое для опознавания устанавливаемого режима и завершения переходных процессов при переключениях в узлах,
- Сигнал от выв. 28 устанавливает минимальное напряжение питания В+ выходного каскада строчной развертки для защиты ключевого транзистора в момент переключения режима,
- Сигнал от выв. 23 производит грубую установку размера строк подачи напряжения на схему управления диодным модулятором в выходном каскаде строчной развертки (плавное изменение размера строк осуществляется суммированием этого напряжения с напряжением от ИС MTV003),
- Сигналы от выв. 21, 22 обеспечивают с помощью реле и полевого транзистора подключение необходимых индуктивностей и конденсаторов в цепи отклоняющей системы ЭЛТ с целью сохранения линейности строчной развертки во всех режимах.

На выв. 1 подается напряжение питания МП (+5 В), при его появлении схема из конденсатора, резистора и транзистора в цепи вывода 6 формирует сигнал RESET (низкого уровня). Этот сигнал получается также от включения питания +12 В при переходе из дежурного режима в рабочий. При получении сигнала RESET МП выполняет программу начальной установки и получает информацию от ИС MTV003 о необходимости включения заданного от компьютера режима, затем восстанавливает из ИС памяти соответствующий режиму работы набор параметров и устанавливает их значения на выводах управления. Основные рабочие параметры, такие как частота строк и кадров, выбираются из внутреннего ПЗУ, оператор может корректировать с передней панели только размеры раstra и исправлять искажения. Полученные один раз при настройке ВМ в каждом режиме данные сохраняются во внешней памяти и будут восстановлены соответственно заданному компьютером рабочему режиму.

Сигналы от группы выводов МП (5, 12, 15, 16, 30) поступают совместно с напряжением +5 В на разъем Р701 для подключения устройств, расширяющих возможности ВМ, и в данной модели не используются.

1.6.2.4. Рекомендации по ремонту УУ

На первом этапе проверки работы УУ контролируют поступление питающих напряжений на микросхемы данного узла и при их наличии и кондиции убеждаются в наличии раstra на экране ЭЛТ. Если свечение отсутствует, проверяют состояние защитных сигналов, которые могут блокировать работу задающего генератора строчной развертки, выключать луч запирающим напряжением G1 или переводить ВМ в дежурный режим. По результатам этих проверок производят необходимые исправления в УУ или других узлах. В некоторых исключительных случаях можно принудительно разблокировать отдельные защитные сигналы на время ремонта. К ним относятся сигнал блокировки ИП при переходе в дежурный режим и сигнал выключения луча. Обычно отключение блокировки производится замыканием перехода Б - Э исполнительного транзистора, например, Q603 в схеме ИП на рис. 1.25 или разрывом (выпаиванием перемычки на плате) в цепи сигнала. С особой осторожностью производят отключение блокировки задающего генератора строчной развертки, так как при неправильной работе УУ это может привести к дополнительным повреждениям в выходном каскаде строчной развертки вплоть до выхода из строя ТДКС.

Для диагностики работоспособности задающих генераторов разверток в УУ достаточно проконтролировать пилообразное напряжение на задающих частоту конденсаторах осциллографом, при этом попутно можно оценить их частоты. Как правило, микросхемы задающих генераторов после исключения блокировок работают достаточно независимо от остальных схем, поэтому их проверка не вызывает трудностей.

При наличии раstra на экране ЭЛТ оценивают работу ВМ по исполнению тестовых программ на компьютере, задавая поочередно все возможные для данного ВМ рабочие режимы. Главное внимание при этом уделяют геометрическим характеристикам раstra и работе регулировочных органов на передней панели ВМ. При малейших отклонениях от нормы проверяют состояние управляющих сигналов и при необходимости прослеживают их прохождение с помощью осциллографа (для точных измерений постоянных напряжений используют цифровой мультиметр). Если управляющие сигналы изменяют свое состояние нужным образом, а реакция на растр отсутствует, аналогичным образом проверяют соответствующие исполнительные элементы и производят необходимые исправления.

Очень часто признаки, проявившиеся при проверках по тестовым программам, прямо указывают на неисправность УУ. К характерным признакам таких дефектов УУ относятся:

- Отсутствие синхронизации изображения во всех режимах. Это возможно при повреждениях схем нормализации синхроимпульсов, особенно когда входы используемых ИС подключены непосредственно к входному разьему,
- Размеры раstra настраиваются регуляторами на передней панели, но изменяются при переходе в режим с другими частотами разверток. Это говорит о неправильной установке подстроечных резисторов или неисправности схемы определения режима,
- Наличие искажений типа "подушка", которые не исправляются с помощью подстроенного резистора или настройки на передней панели. Несмотря на видимую простоту этого дефекта поиск дефектного элемента может отнять много времени, в особенности, при отсутствии принципиальной схемы,
- Несоответствие набора цветов на экране режиму и входной информации. Это характерно для ВМ типа EGA (дефекты ПЗУ или в цепи управляющих сигналов).

Диагностика УУ с применением МП проводится приемами, принятыми в микропроцессорной технике, а именно, измерением логических уровней сигналов с помощью осциллографа и наблюдением ожидаемой реакции на изменение управляющих сигналов. На первом этапе проверяют питающее напряжение (в большинстве случаев +5 В) и наличие тактовой частоты, а также ее соответствие частоте кварцевого резонатора. Контроль тактовой частоты проводят осциллографом на одном из выводов резонатора, при этом генерация может срываться, тогда пытаются наблюдать сигнал на другом выводе или включают в цепь щупа конденсатор емкостью 20 - 100 пф. Частота определяется измерением периода сигнала на экране осциллографа и последующим ее вычислением ($F=1/T$), большой точности при этом не требуется, но необходимо убедиться, что она близка к частоте резонатора. Несоответствие частоты или отсутствие генерации говорит о возможном дефекте резонатора (это проверяется его заменой) или самого МП. Затем, чтобы убедиться в отсутствии причин, мешающих работе МП, проверяют состояние сигнала RESET. Обычно активный уровень этого сигнала — низкий, для его формирования используют простую схему из RC-цепочки, иногда транзистор, как показано на рис. 1.31. Наличие высокого уровня на выводе говорит о рабочем состоянии МП.

Далее, если имеется принципиальная схема ВМ, контролируют наиболее важные для его работы сигналы на выводах МП: входные (от кнопок управления, синхросигналы, сигналы защиты) и управляющие (идущие к исполнительным элементам в других узлах). Так как большинство применяемых МП выполнено по КМОП-технологии и имеет напряжение питания +5 В, напряжение высокого уровня близко к нему и составляет 4.5 - 5В. Промежуточные уровни наблюдаемых сигналов на каком либо выводе свидетельствуют о дефекте МП или в цепях, подключенных к нему. Такой прием, в случае отсутствия схемы ВМ, может оказаться единственным средством диагностики работоспособности МП и часто помогает найти неисправность в его окружении.

После вышеописанных проверок и устранения найденных при этом неисправностей можно проконтролировать работу МП при исполнении записанной в его ПЗУ программы начальной инициализации. Для этого кратковременно замыкают вывод RESET МП на землю и наблюдают сигналы на других его выводах осциллографом. Наиболее подходящими для контроля являются выводы, которые используются для подключения ИС памяти, так как при начальной установке из нее обязательно выбираются данные для включения режима работы ВМ. На этих выводах должны наблюдаться серии импульсов, говорящих о процессе обмена информацией между МП и другими ИС и, соответственно, о его функциональной работоспособности. Аналогичным образом можно проверить реакцию на другие сигналы, например, нажимая кнопки управления на передней панели ВМ.

Следует отметить, что некоторые типы МП содержат внутри себя схемы нормализации синхроимпульсов и определения их периодов (определения режима работы ВМ), которые используют таймеры и механизм прерываний, поэтому такой МП может не реагировать на сигнал RESET до поступления на него синхроимпульсов от компьютера.

В случае дальнейших затруднений, т.е., если после проведенных проверок не удалось отыскать причину дефекта, а ВМ не может полноценно работать, можно рекомендовать замену МП. При отсутствии

необходимых для замены микросхем ремонт ВМ завершается, но иногда, при частичных повреждениях МП, удается настроить ВМ таким образом, чтобы он нормально работал в одном из режимов.

Окончательное заключение о правильной работе УУ с применением МП можно сделать только после полного комплекса проверок по тестовым программам во всех рабочих режимах ВМ.

1.6.3. ВХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА ВМ

Входные устройства обеспечивают соединение ВМ с компьютером и прохождение видеосигналов к оконечным видеоусилителям.

Основными требованиями, которым должны удовлетворять входные цепи и узлы обработки видеосигналов, являются: передача видеосигналов и сигналов синхронизации от компьютера к узлам ВМ без искажений, а также их стабильность во времени, чтобы изображение на экране имело максимальную четкость, стабильность раstra и сохраняло свои яркостные параметры. Эти требования должны быть согласованы с классом ВМ, режимами его работы и предельными параметрами ЭЛТ.

Например, если для ВМ типа CGA, MDA, EGA достаточна полоса пропускания входных устройств 10 - 15 МГц, то для ВМ типа SVGA с размером экрана 14" необходимая полоса должна быть более 50 МГц, а для ВМ с большим размером экрана (20") и работающих с разрешением 1280×1024 точки они должны обеспечивать прохождение сигналов до модуляторов ЭЛТ с полосой частот не менее 140 МГц.

Первой важной деталью входных цепей является соединительный кабель. В простых моделях ВМ кабель имеет с одной стороны разъем для подключения к компьютеру, а на другой стороне он жестко закреплен на конструкции ВМ и подключен непосредственно к схеме видеоусилителей. Длина кабеля обычно составляет 1 - 2м, что позволяет выполнить его из набора витых пар. В некоторых моделях ВМ устанавливается входной разъем, а кабель подключения применяется как отдельное изделие — это позволяет использовать кабели различной длины.

В процессе создания видеосистем для персональных компьютеров были выработаны стандарты на подключение ВМ, ниже приведены основные виды разъемов подключения и назначение их выводов.

Для ВМ типа MDA, CGA и HGC используют 9 контактный разъем типа DB-9. Все сигналы передаются уровнями TTL, то есть минимальное напряжение на входе составляет 0 - 0,5В, а максимальное — 2.5 - 5В. Высокий уровень на входе видеосигнала соответствует засветке точки на экране ВМ. Назначение выводов входного разъема поясняется в таблице 1.5.

Таблица 1.5. Назначение выводов входного разъема ВМ типа MDA, CGA

N	Назначение вывода	Уровни сигнала
1	Общий вывод	0В
2	Общий вывод	0В
3	Видео R (красный)	TTL
4	Видео G (зеленый)	TTL
5	Видео B (синий)	TTL
6	INT (интенсивность)	TTL
7	Видео монохромный	TTL
8	HSYNC (синхросигнал строчн. разв.)	TTL
9	VSYSN (синхросигнал кадр. разв.)	TTL

Для подключения ВМ тип EGA был использован такой же разъем, но назначение его выводов (см. таблицу 1.6.) несколько изменено в связи с применением другого способа кодирования цветов. Каждый из первичных цветов передается от компьютера двумя сигналами с TTL-уровнями, например, R1 и R2, что позволило увеличить количество одновременно отображаемых на экране оттенков.

Таблица 1.6. Назначение выводов входного разъема ВМ типа EGA

N	Назначение вывода	Уровни сигнала
1	Общий вывод	0В
2	Видео R2	TTL
3	Видео R1	TTL
4	Видео G1	TTL
5	Видео B1	TTL
6	Видео G2 / Интенсивность для моно	TTL
7	Видео B2 / Видео монохромный	TTL
8	HSYNC (синхросигнал строчн. разв.)	TTL
9	VSYSN (синхросигнал кадр. разв.)	TTL

С переходом к более совершенным стандартам MCGA, VGA и SVGA, в которых передача цветовой и яркостной информации от компьютера в ВМ производится аналоговыми сигналами с амплитудой 0 - 1 В,

требования к соединительному кабелю повышаются как по частотным свойствам, так и по отсутствию взаимного влияния между отдельными сигналами. Для ВМ типа SVGA могут применяться коаксиальные кабели с волновым сопротивлением 75 Ом, которые заключены в общий экран, соединенный с корпусом, для уменьшения излучения радиопомех. Экраны коаксиальных кабелей каждого сигнала выводятся на отдельные контакты разъема подключения, это дает возможность согласования для каждой линии в отдельности.

Таблица 1.7. Назначение выводов входного разъема ВМ типа VGA.

N	Назначение вывода	Уровни сигнала
1	Видео R	аналоговый
2	Видео G	аналоговый
3	Видео B	аналоговый
4	ID2	TTL
5	0B	0B
6	Экран R	0B
7	Экран G	0B
8	Экран B	0B
9	Ключ (контакт отсутствует)	
10	Экран SYNC	0B
11	ID0	TTL
12	ID1	TTL
13	HSYNC (синхросигнал строчн. разв.)	TTL
14	VSYSN (синхросигнал кадр. разв.)	TTL
15	Не используется	

В соответствии со стандартами на ВМ типа MCGA, VGA и SVGA для подключения применяется 15 контактный разъем, который не позволяет подключить их к видеоадаптеру ВМ старых моделей (CGA, EGA). Назначение выводов разъема ВМ типа VGA приводится в таблице 1.7. Сигналы ID0 — ID2 используются для опознавания типа ВМ в компьютерах серии IBM для корректной установки допустимых режимов работы видеосистемы.

Существуют и другие способы соединения компьютера и ВМ, например, подключение возможно отдельными коаксиальными кабелями с разъемами типа BNC как для видеосигналов, так и синхросигналов.

От входного кабеля или разъема сигналы синхронизации из компьютера поступают в узел управления, а видеосигналы — в узел обработки видеосигналов.

Основные отличия различных типов ВМ сосредоточены в узле обработки видеосигналов, поэтому ниже рассматриваются примеры построения схем для каждого типа.

1.6.3.1. Узел обработки видеосигнала для ВМ типа CGA

На рис. 1.32 приведена принципиальная схема узла обработки видеосигнала для ВМ типа CGA производства фирмы UNICO.

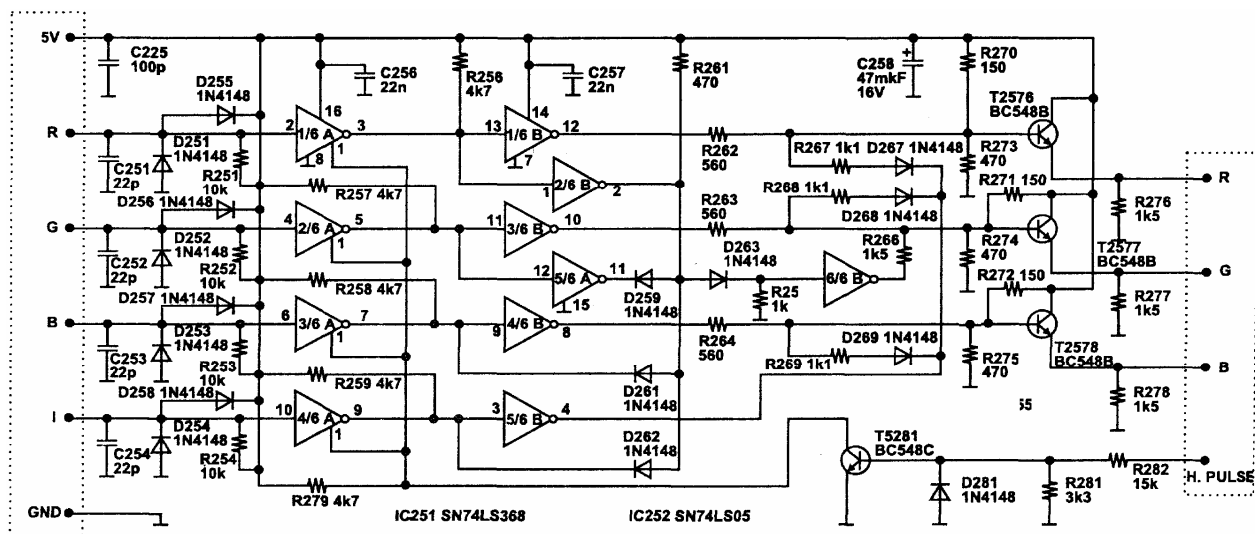


Рис. 1.32. Схема узла обработки видеосигналов ВМ типа CGA

Видеосигналы R, G, B и INT поступают на входы микросхемы А типа SN74LS368. Диоды D252-D258 защищают входы микросхемы от перегрузок, а резисторы R251 — R254 устанавливают высокие TTL-уровни

на входах при отключении компьютера. Инвертированные видеосигналы с выходов МС А поступают на входы МС В типа 74LS05 и при прохождении через нее еще раз инвертируются. Так как выходы МС В имеют транзисторы с "открытым коллектором", элементы 1, 3, 4 коммутируют на землю резисторы R262 — R264 в базовых цепях эмиттеров транзисторов T2576 — T2578. Делители из пар резисторов R270/R273, R271/R274 и R272/R275 задают максимальный уровень напряжения на базах транзисторов, подключение резисторов R262 - R264 уменьшает напряжение от делителей, и тем самым обеспечивается определенное напряжение на выходах повторителей. Элемент 5/6 в МС В через диоды D267 - D269 дополнительно подключает резисторы R267 - R269 к делителям в базах транзисторов. Таким образом, на выходах повторителей образуется три уровня напряжения, соответствующие максимальной засветке (сигнал INT на входе имеет высокий уровень), средней засветке (сигнал INT имеет низкий уровень) и отсутствию свечения. Элементы 2/6, 4/6, 6/6 МС В и элемент 5/6 МС А обеспечивают коррекцию зеленого луча для лучшей цветопередачи палитры. Транзистор T5281 служит для выключения луча во время обратного хода строчной развертки путем отключения выходов МС А. Так получают видеосигналы с уровнями, согласованными для возможности обработки в обычном канале телевизора, например, эти сигналы могут быть поданы на выводы микросхемы типа TDA3505, с помощью которой они подключаются к оконечным видеоусилителям.

1.6.3.2. Узел обработки видеосигнала для ВМ типа EGA.

Как было сказано выше ВМ типа EGA используют отличную от CGA кодировку цветов, по этой причине узел обработки видеосигналов для этих ВМ устроен несколько сложнее. Дополнительным требованием к этим ВМ является также возможность работы с видеоадаптером типа CGA, то есть такой ВМ должен поддерживать оба режима. Для обеспечения такой возможности в узел обработки (см. рис. 1.33) вводится в качестве декодера цветовых сигналов микросхема быстродействующего ПЗУ типа 82S147N. Подавая на адресные входы A0 - A5 входные сигналы от компьютера, можно получить на ее выходах D0 - D8 заранее запрограммированные данные для образования необходимой комбинации цветов.

Другие адресные входы могут быть использованы для переключения режимов работы узла обработки видеосигналов, например, для обеспечения режима CGA или монохромного режима, когда любая информация от компьютера представляется на экране только в зеленом или оранжевом цвете. Сигналы для каждого луча образуются от пары выходов ПЗУ, они подаются на входы ключей в микросхемах IC302, IC303. Эти ключи коммутируют резисторы в делителях напряжения на входах видеоусилителей (транзисторы TS361 - TS363) таким образом, что в результате получаются четыре уровня напряжения, соответствующие необходимым градациям яркости.

1.6.3.3. Узел обработки видеосигнала для ВМ типа VGA. и SVGA.

Узлы обработки видеосигналов ВМ типа VGA и SVGA мало отличаются друг от друга, так как они обрабатывают видеосигналы одного вида. Как правило, они выполнены на специализированных микросхемах, которые согласовывают входные видеосигналы со схемами оконечных видеоусилителей на транзисторах. Эти микросхемы выполняют также функции регулировки контрастности, гашения обратного хода, а также они имеют входы для подключения регулировочных резисторов установки режимов оконечных видеоусилителей. Самыми распространенными микросхемами этого типа являются LM1203 и M51387, в более сложных моделях ВМ с микропроцессорным управлением применяются LM1205, LM1207 и др.

На рис. 17 показана схема узла обработки видеосигналов ВМ ACERVIEV 7134T, выполненная на микросхеме LM1203. Схема работает следующим образом: видеосигналы из соединительного кабеля поступают на разъем P101 узла обработки видеосигналов, расположенного на одной плате с оконечными видеоусилителями. Сама плата конструктивно выполнена вместе с панелькой для ЭЛТ и устанавливается непосредственно на ее цоколь для достижения наилучших параметров при обработке видеосигналов и подачи их на катоды ЭЛТ. Экраны сигнальных линий (R, G, B) входного кабеля подключаются к земле именно этой платы, так как потребителями видеосигналов являются входы микросхемы LM1203, установленной на ней. Сами линии видеосигналов (R, G, B) нагружаются на резисторы 75 Ом для согласования с волновым сопротивлением коаксиальных кабелей и подаются через развязывающие конденсаторы C107, C110, C112 на входы дифференциальных усилителей в IC101. Резисторы R107 — R109 подключены к источнику опорного напряжения в IC101, они обеспечивают начальное смещение на входах усилителей. Усилитель каждого канала имеет входы для управления начальным смещением (BIAS) и коэффициентом усиления (DRIV).

Рассмотрим работу узла на примере канала R. Входной сигнал поступает на вывод 9 IC101 в ее входной усилитель. Коэффициент усиления внутреннего усилителя определяется величиной резистора, подключенного к выводу 18 ИС. Для обеспечения возможности регулировки этот резистор составлен из R139 и подстроечного VR104. Изменение начального смещения на выходе усилителя (выв. 16 ИС), необходимое для установки уровня черного на экране, производится изменением потенциала на выводе 15 ИС с помощью подстроечного резистора VR105. Выходной ток из усилителя в IC101 поступает через резистор R125 в базу транзистора Q106. Этот ток замыкается через переход база-эмиттер и резистор R142 обратной связи на землю. Цепочка из R143 и C124 служит для уменьшения коэффициента обратной связи для транзистора Q106 на высоких частотах, т.е. производит коррекцию усиления в области высоких частот.

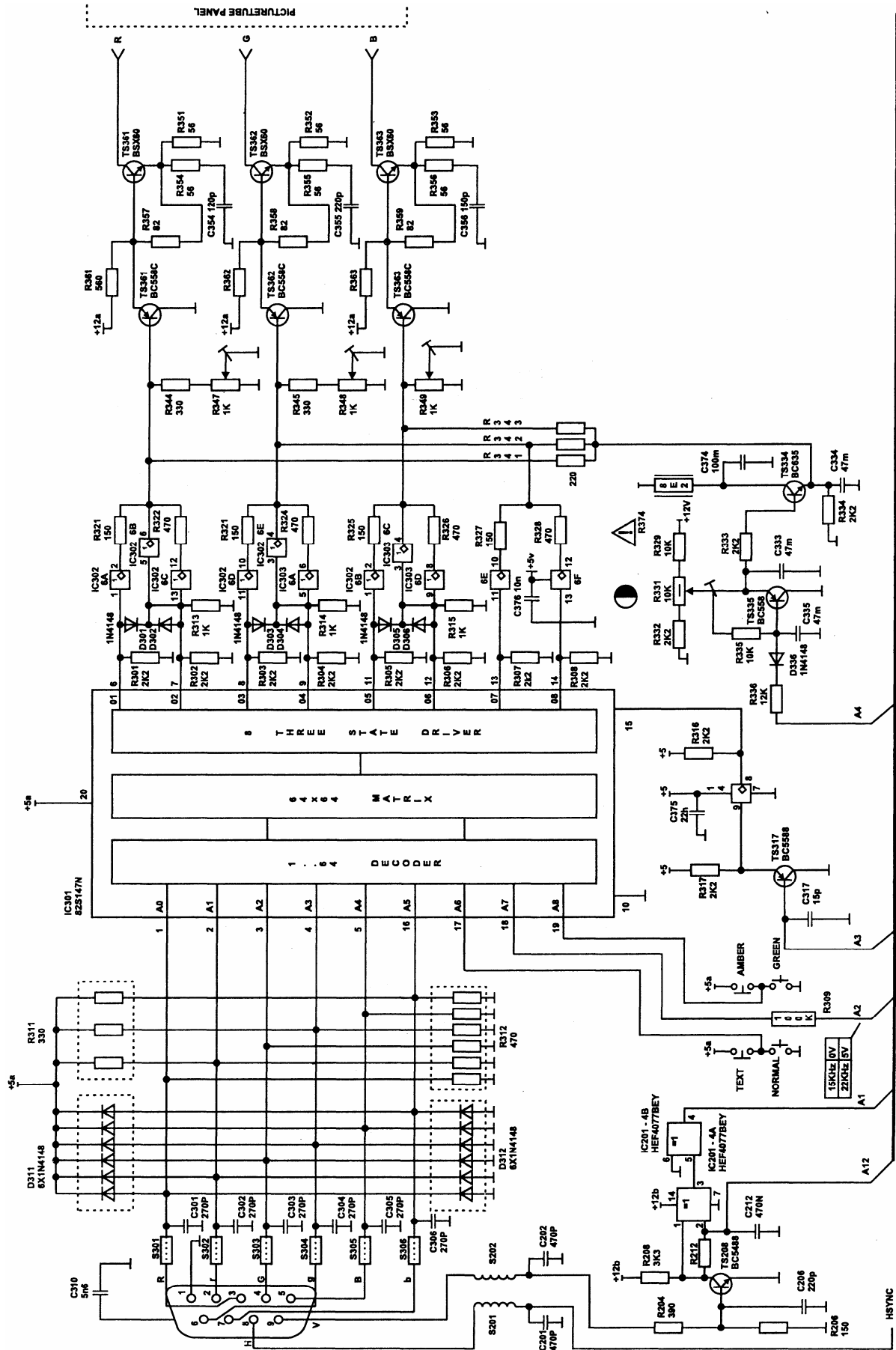


Рис. 1.33. Схема узла обработки видеосигналов ВМ типа EGA

Усиленный ток подается в эмиттер выходного транзистора Q107. База выходного транзистора имеет

фиксированный потенциал (через резистор R144 подключена к источнику напряжения питания +12 В), поэтому ток из коллектора первого транзистора замыкается через переход Б - Э выходного транзистора, а выходное напряжение получается на его коллекторе, В качестве коллекторной нагрузки выходного транзистора используется цепочка из резистора R145 и дросселя L105 для обеспечения дополнительной коррекции частотной характеристики на высоких частотах.

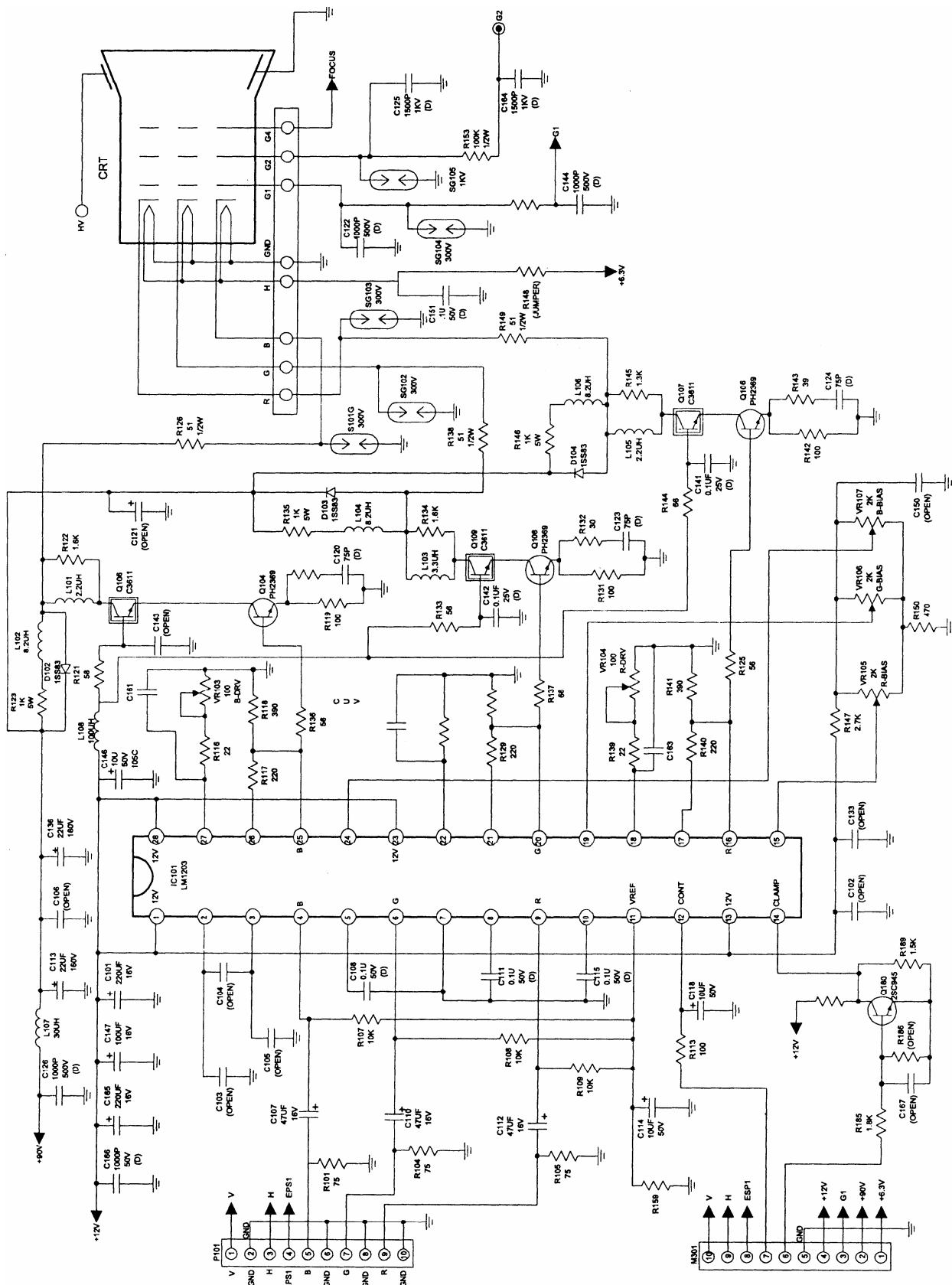


Рис. 1.34. Схема узла обработки видеосигналов ВМ типа Acer 7134

Дополнительная цепочка из дросселя L103 и резистора R146 в коллекторной цепи выходного транзистора, ограничительный резистор R149, диод D104 и разрядник SG103 в выходных цепях выполняют защитные функции в случае появления импульсов от высоковольтных разрядов в ЭЛТ. Токковое управление обоими транзисторами обеспечивает наиболее полное использование частотных свойств транзисторов и получение достаточной полосы пропускания видеоусилителей до катодов ЭЛТ. ИС типа LM1203 имеет также вывод для управления коэффициентом усиления всех видеоусилителей одновременно (регулировка контрастности изображения — выв.12 ИС) и вывод для подачи сигнала гашения лучей во время обратного хода строчной развертки (выв.14 ИС). Эти сигналы поступают из других узлов ВМ через разъем М301. В цепи сигнала гашения используется транзистор Q180, который коммутирует выв.14 ИС на землю в момент обратного хода луча.

В качестве источника питания выходного видеоусилителя используется напряжение +90 В, поступающее от основного ИП через фильтрующую цепочку C126, L107, C113, C136.

1.6.3.4. Узлы обработки видеосигнала монохромных ВМ.

В монохромных ВМ узел обработки видеосигнала выполнен проще, так как необходимо управлять только одним лучом в ЭЛТ. Кроме того, уровни модулирующего напряжения на ее катоде меньше, чем для цветных ЭЛТ. Для простых ВМ, работающих в режимах MDA и HGC, схема обычно состоит из усилителя на транзисторах. В более современных ВМ все чаще применяются микросхемы.

На рис. 1.35 показана схема видеоусилителя монохромного ВМ "ЭЛЕКТРОНИКА МС6105". Видеоусилитель построен по традиционной схеме с использованием высокочастотных транзисторов - входного VT6 (типа КТ646Б) и выходного VT5 (типа КТ646А) с токовым управлением в эмиттере.

Нагрузкой выходного транзистора является резистор R43. Транзистор VT7 совместно с диодом VD13 и резистор R49 выполняют защитные функции ограничения токов и напряжений. Особенностью схемы является возможность ее работы с композитным видеосигналом, который включает в себя не только яркостный сигнал, но и смешанные синхросигналы (см рис. 1.35 справа). Для этого в эмиттер входного транзистора VT6 через резистор R41 вводится отрицательное напряжение смещения такой величины, чтобы транзистор начинал открываться, только начиная с "уровня темного" для яркостного сигнала. Недостатком схемы на рис. 1.35 является отсутствие в видеоусилителе входа сигнала гашения луча при обратном ходе развертки, поэтому на экране при большой яркости могут наблюдаться линии обратного хода.

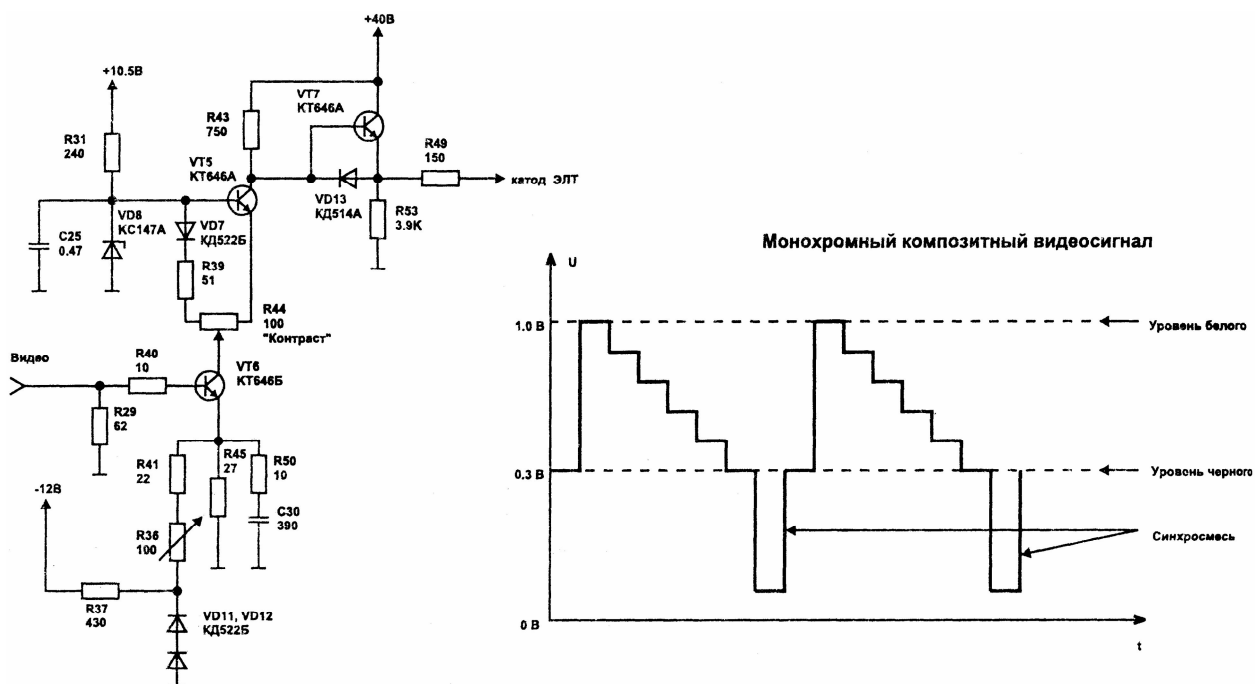
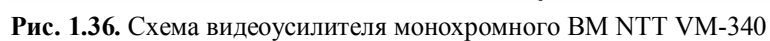


Рис. 1.35. Схема видеоусилителя монохромного ВМ Электроника МС 6105

Схема узла видеоусилителя монохромного ВМ более современного типа (VGA) NTT VM-340 (см рис. 1.36) выполнена с применением ИС TDA9201. Эта ИС содержит входной усилитель с регулировкой коэффициента усиления, источник опорного напряжения и усилитель для возбуждения внешнего оконечного видеоусилителя на транзисторах, а также схемы для обеспечения гашения обратного хода луча. Входной сигнал от кабеля поступает на согласующий резистор R52 и через разделительный электролитический конденсатор C51, зашунтированный высокочастотным конденсатором C52, далее на входной усилитель в ИС (выв. 1). Коэффициент усиления входного усилителя может регулироваться изменением тока, протекающего в цепи вывода 19, что позволяет производить установку контрастности изображения на экране. Для этого



Поступающее напряжение ограничивается диодом D52 до величины 0.6В. Увеличение напряжения от потенциометра приводит к повышению коэффициента усиления и, соответственно, увеличению контрастности изображения. При пропадании напряжения на коллекторе транзистора в аварийной ситуации, например, при замыкании на землю, автоматически уменьшается ток через транзистор, чем обеспечивается его защита.

Сигнал от усилителя тока в ИС с вывода 8 поступает в эмиттер выходного транзистора Q51, а база транзистора через ограничительный резистор R59 подключена к источнику питания ИС с напряжением 5.5В. Нагрузкой транзистора является цепочка R73, R81, L51, а выходное напряжение через ограничительный резистор R74 поступает на катод ЭЛТ. Начальный ток транзистора для обеспечения линейной характеристики выходного каскада задается напряжением от подстроечного резистора V52, подключенного к источнику опорного напряжения в ИС (выв. 20). На вывод 12 ИС подается сигнал BLK, который содержит смесь строчных и кадровых гасящих импульсов.

1.6.3.5. Схемы подключения ЭЛТ

В конструкциях ВМ для компьютеров применяются многие типы цветных и монохромных ЭЛТ, которые могут быть как широко распространенные (обычные телевизионные), так и специальные. Для старых типов ВМ (CGA, EGA и MDA) характерно применение цветных ЭЛТ с триадной или даже щелевой маской, современные ВМ используют в основном триадную маску с отверстиями меньшего размера для получения минимальных размеров пятна на экране (0.22 — 0.39 мм). Конструкция отклоняющей системы выполнена вместе с системой сведения лучей и предусматривает заводскую настройку всех основных геометрических параметров раstra и сведения лучей. В таблице 1.8 приведено назначение выводов ЭЛТ с размером экрана 14" и ориентировочные значения напряжений на них для ВМ типа EGA (TVM MD7), а в таблице 1.9 — аналогичные данные для монохромной ЭЛТ ВМ NTT VM340. Указанные значения могут колебаться в зависимости от марки ЭЛТ, но, как правило, эти отличия попадают в область возможной настройки схем оконечных видеоусилителей подстроечными резисторами и настроек на ТДКС.

Ускоряющее напряжение подается на отдельный контакт анода на баллоне ЭЛТ специальным высоковольтным проводом. Его чрезмерная величина приводит к увеличению рентгеновского излучения при ударе электронов о маску, а заниженная величина ухудшает условия фокусировки луча, поэтому оно должно быть достаточно точно установлено. Для цветных ЭЛТ с размером экрана 14" напряжение не должно превышать 25 кВ (обычно устанавливается около 24.5 кВ), для монохромных — 14 - 16 кВ. В цветных ЭЛТ большого размера (19 — 20") оно может достигать 27 кВ, его точное значение берется из сервисных инструкций.

Следует отметить, что в ЭЛТ необходимо использовать так называемую динамическую фокусировку, так как время пролета электронов от пушки до краев экрана и его середины различно и необходимо корректировать условия фокусировки для сохранения минимального размера пятна на прямом ходе строчной развертки. Схема управления динамической фокусировкой обычно относится к узлу строчной развертки.

Таблица 1.8. Назначение выводов цветной ЭЛТ 14" Hitachi M34JDU30X66

N	Назначение вывода	Напряжение
1	Фокусирующее напряжение	4—6кВ
2	Отсутствует	
3,4	Не подключены	
5	Ускоряющее напряжение G1	-10—+10В
6	Катод G (зеленой пушки)	90В
7	Ускоряющее напряжение G2	390В
8	Катод R (красной пушки)	90В
9	Накал 1	
10	Накал 2	6.3В
11	Катод В (синей пушки)	90В
12	Не используется	

Таблица 1.9. Назначение выводов монохромной ЭЛТ 14"

N	Назначение вывода	Напряжение
1	Ускоряющее напряжение G1	+5В — -40 В
2	Катод	+25 — +80 В
3	Накал 1	
4	Накал 2	
5	не используется	
6	Ускоряющее напряжение G2	+620 В
7	Фокусирующее напряжение G4	+420

1.6.3.6. Проверка и ремонт узла обработки видеосигналов

Поиск и устранение неисправностей в узле обработки видеосигналов производится после восстановления блока питания и узлов разверток, чтобы была возможность засветить экран, т.е. чтобы все напряжения на ЭЛТ были близкими к рабочим. Первое включение для проверок может производиться без подключения сигнала от компьютера. Поворачивают ручки установки яркости и контрастности на передней панели в максимальное положение и включают питание ВМ. В случае отсутствия светящегося раstra на экране проверяют наличие всех необходимых напряжений на ЭЛТ, включая высокое напряжение на аноде, и свечение красного цвета от нити накала в области цоколя. Если оно отсутствует, снимают панельку с ЭЛТ и измеряют омметром сопротивление нити накала непосредственно на выводах - оно должно быть менее 3 Ом. Разрыв в этой цепи или большое сопротивление говорит о дефекте и необходимости замены ЭЛТ. Если накал есть и все напряжения в норме, следует попробовать изменением положения настройки G1 (обычно нижняя ручка, SCREEN) на ТДКС добиться умеренного свечения раstra и далее проверить действие настройки фокуса (верхняя ручка FOCUS), оценивая результат по резкости краев раstra или наблюдая отдельные строки. В ходе этих проверок выясняются возможные неисправности ЭЛТ, ими могут оказаться: внутренние обрывы выводов от электродов и короткие замыкания между ними.

На следующем этапе ВМ подключают к компьютеру и проверяют по текстовому изображению или графическим тестам работу узла обработки видеосигналов. При этом могут выявиться дополнительные неисправности как ЭЛТ, так и в других узлах, однако, дефекты чаще всего проявляются в электронных схемах, чем в самой ЭЛТ. Типичными признаками неисправностей узла обработки видеосигналов являются:

- Полное отсутствие изображения на растре — следует проверить соединительный кабель, контакты в разъемах, питание ИС, схемы гашения обратного хода.
- Повышенная яркость раstra, низкая неуправляемая контрастность изображения говорят о повреждениях транзисторов оконечных видеоусилителей, неисправностях системы ABL или схем защиты по превышению высокого напряжения.
- Не действуют регулировки яркости и контрастности — это может быть обусловлено дефектом переменных резисторов или узла строчной развертки.

Перечисленные выше неисправности можно назвать глобальными, т.е., пока они не устранены, невозможно оценить работу узла в целом. После преодоления глобальных неисправностей можно в полном объеме воспользоваться всеми регулировками для получения изображения, достаточного для оценки его качества. Контроль качества изображения производится по картинкам, получаемым при запуске тестовых программ. В случае испытания видеоузлов программа в компьютере должна обеспечивать тестовые изображения для следующих проверок и регулировок:

- Фокусировки и оценки размеров пятна от луча, четкости.
- Установки яркости и контрастности.
- Оценки и настройки баланса белого цвета и цветопередачи.
- Проверки чистоты цвета по полю экрана.
- Оценки переходной характеристики видеоусилителей в области низких частот.
- Оценки работы системы сведения лучей.

При проверках по тестовым изображениям могут быть выявлены следующие неисправности:

- Невозможность получения достаточной яркости отдельного луча - это может быть вызвано старением катода ЭЛТ, дефектом ИС или транзисторов, для ВМ типа EGA возможны неисправности в узле обработки видеосигналов (ПЗУ и др.).
- Плохая чистота цвета - проявляется как разводы или неравномерное свечение по полю экрана, это является следствием магнитных помех, источником которых может быть петля размагничивания (если она не работает или работает, но не выключается), возможны и дефекты ЭЛТ (ее отклоняющих катушек).
- Искажения границ переходов от яркого края изображения к черному, которые проявляются в виде "тянучек" или повторов, как правило, это наблюдается из-за неисправных электролитических конденсаторов, согласующих резисторов, кабеля.
- Нестабильность фокусировки, яркости, цветности - она обычно наблюдается по причине нестабильных напряжений, получаемых от источников в других узлах, или дефектов пайки и плохого контакта в подстроенных резисторах.
- Неисправности в узлах строчной развертки и управления, которые приводят к изменениям питающих напряжений или включению схем защиты (ABL, превышение высокого напряжения).

После получения стабильного изображения в одном из основных рабочих режимов ВМ, повторяют проверку характеристик по тестам как этого режима, так и всех возможных других для данного ВМ.

1.6.4. УЗЕЛ КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ

Узел кадровой развертки (КР) ВМ служит для питания кадровых катушек отклоняющей системы ЭЛТ

пилообразным током. Несмотря на повышенные по сравнению с обычными телевизорами требования к стабильности и линейности, схемы узла КР выполняются на традиционных телевизионных микросхемах. В ранних моделях ВМ встречаются схемы с использованием транзисторов в выходном каскаде, но в современных моделях применяются исключительно специализированные ИС.

Узел КР не является энергетически напряженным устройством - в нем нет высоких напряжений и мощных импульсных токов, по этой причине неисправности в нем возникают редко и обычно из-за старения элементов или неосторожности при ремонте.

1.6.4.1. Узел кадровой развертки ВМ типа EGA

На рис. 1.37 приведена схема узла КР ВМ типа EGA (TVM MD-7). Задающий генератор выполнен с использованием части ИС HA11235. Питательное напряжение на ИС поступает от источника с напряжением +12В через резистор R312 и стабилизируется с помощью стабилитрона D317. Основная частота кадров задается емкостью конденсатора C306, она может корректироваться в небольших пределах напряжением, подаваемым на вывод 9 ИС от делителя на резисторах R310, R307 и подстроечного резистора R309 (V-HOLD).

Пилообразное напряжение от вывода 3 ИС поступает на схему выходного усилителя, выполненного на транзисторах Q301 — Q303. Схема представляет собой усилитель постоянного тока с двухтактным выходом на комплементарных транзисторах. Цепочка из R317 и D301 — D303 служит для получения напряжения смещения в базовых цепях транзисторов и, соответственно, их начального тока. Для поддержания на выходе усилителя постоянного напряжения величиной примерно половины питающего напряжения используется цепь обратной связи по напряжению, состоящая из резисторов R313, R314 и конденсаторов C312, C326.

Выходной ток с транзисторов Q302, Q303 поступает в катушки отклоняющей системы ЭЛТ и замыкается на землю через конденсатор C315 и резисторы R321 и R322, на которых выделяются два напряжения, пропорциональных току в отклоняющих катушках. Одно из них используется в цепи постоянной обратной связи, оно подается через резистор R305 на вывод 5 ИС, а другое поступает на делители из резистора R303 и подстроенных резисторов R306 и R366, которые задают коэффициенты усиления для режимов CGA и EGA. Переключение напряжений от делителей производится с помощью аналогового коммутатора Q412, выход которого подключен к выводу 4 ИС.

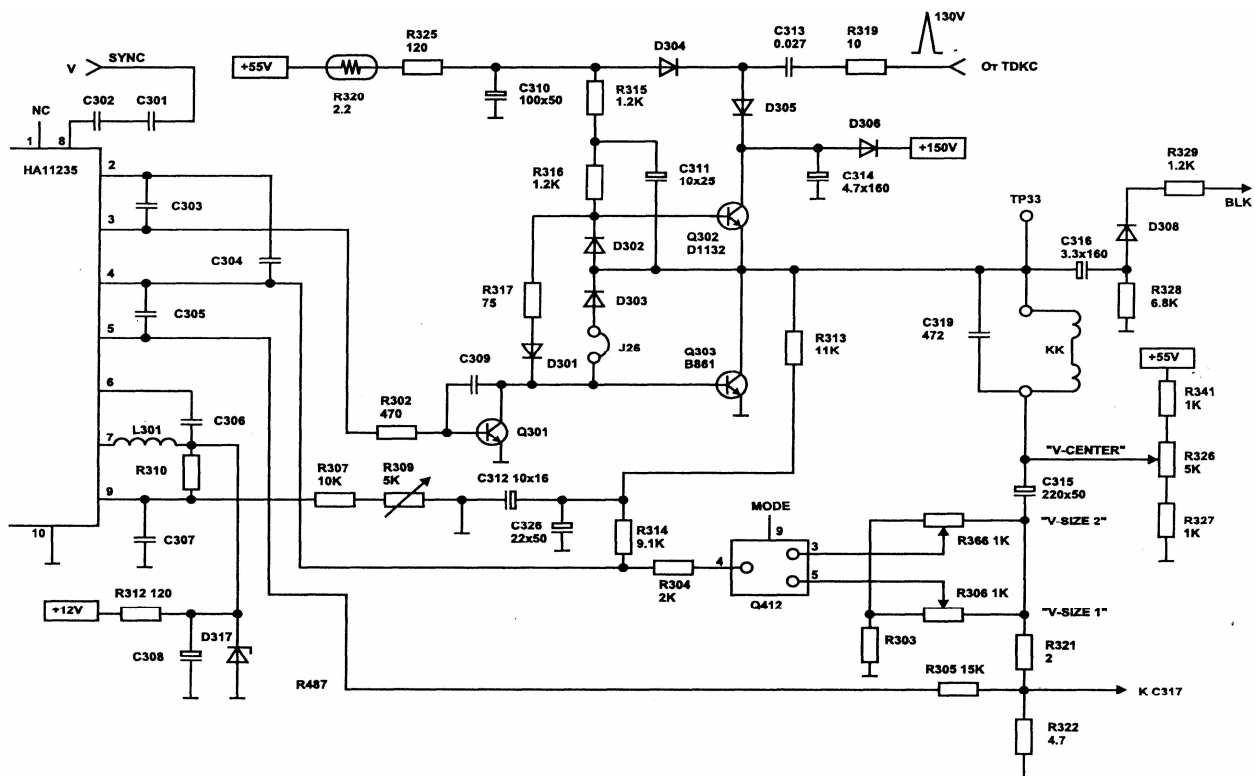


Рис. 1.37. Схема узла КР ВМ типа EGA

Питание выходных транзисторов Q302, Q303 осуществляется от источника с напряжением +55 В через резисторы R320, R325 и диод D304. Когда потребляемый выходными транзисторами ток увеличивается и напряжение на коллекторе транзистора Q302 падает, начинает работать выпрямитель (диод D305 и конденсатор C314) импульсного напряжения от трансформатора высоковольтного блока в узле строчной развертки обеспечивая питающий ток необходимой величины. Диод D306 защищает транзисторы от возможного превышения полученного напряжения более +150 В. К концу прямого хода развертки на

конденсаторе С314 накапливается напряжение около 100 В, что облегчает получение высокой линейности в начале развертки. Для улучшения линейности в верхней части раstra с помощью конденсатора С311 производится подъем напряжения питания предоконечного усилителя на транзисторе Q301 (вольтодобавка).

После окончания прямого хода развертки происходит запираание транзистора Q301, в результате чего на его коллекторе и, соответственно, на выходе усилителя получается импульс обратного хода, который через конденсатор С316 поступает в схему гашения луча (сигнал BLK).

Вертикальное смещение раstra на экране производится подачей регулируемого подстроечным резистором R326 напряжения на кадровые катушки.

1.6.4.2. Узлы кадровой развертки современных ВМ

В узле КР современных ВМ используют микросхемы не только в качестве задающих генераторов пилообразного напряжения, но и как выходные усилители, а во многих применяются ИС совмещающие обе функции в одном корпусе.

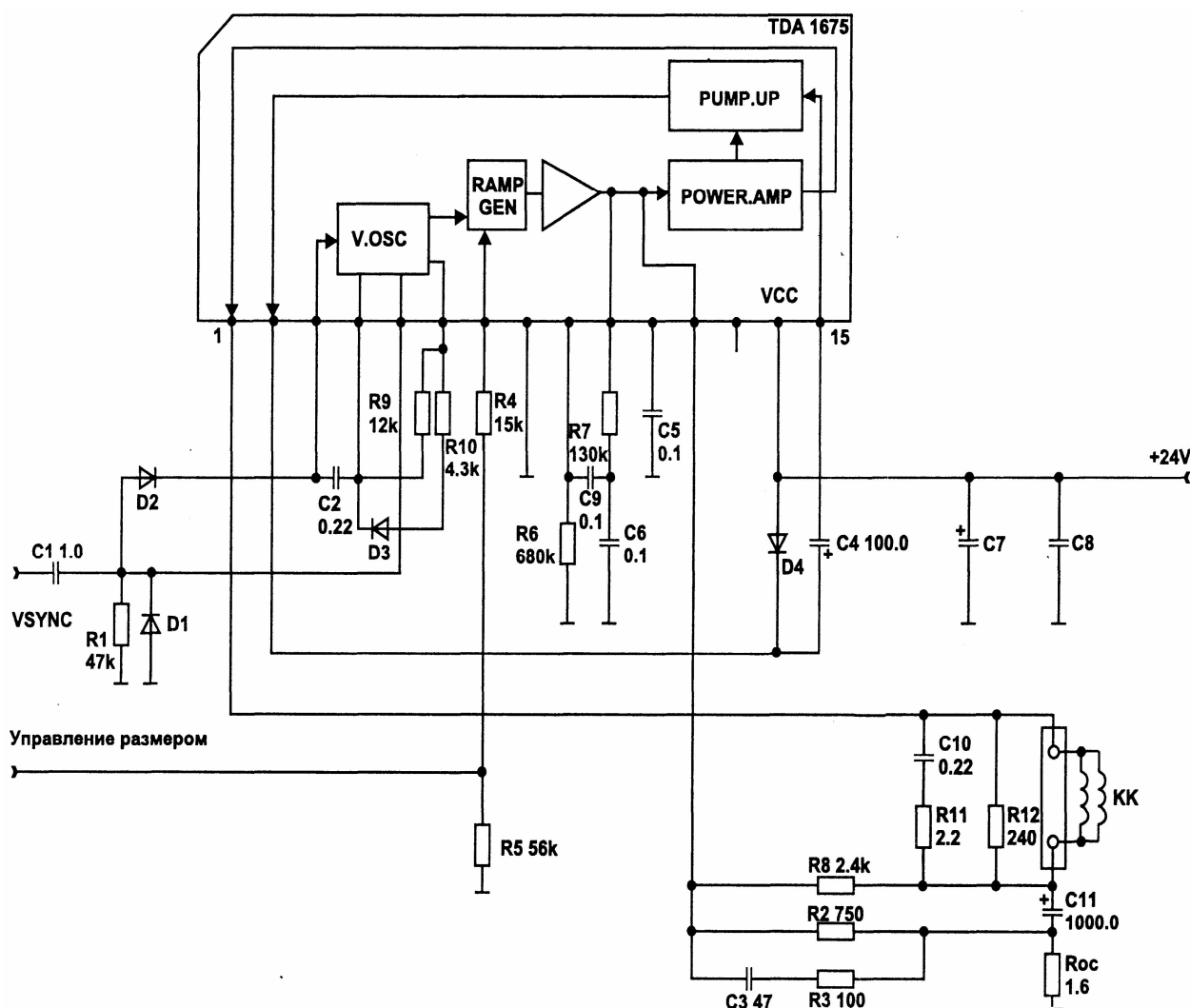


Рис. 1.38. Схема КР на ИС TDA1675

Пример применения отдельной ИС выходного усилителя КР показан на рис. 1.29 (ACERVIEW 7134T). Задающий генератор кадровой частоты выполнен на ИС IC251 типа TDA4852. Частота пилообразного напряжения определяется емкостью конденсатора С254, момент завершения текущего и начало нового периода развертки - синхроимпульсом V, а амплитуда выходного сигнала на выводах 5, 6 ИС регулируется напряжением на ее выводе 13. Полученное в ИС IC251 пилообразное напряжение с учетом коррекции размера по вертикали поступает на выводы 1, 2 ИС IC250 выходного усилителя. Коэффициент усиления выходного усилителя устанавливается с помощью цепи отрицательной обратной связи по току в кадровых отклоняющих катушках, для чего напряжение с резистора R277, включенного последовательно с катушками и являющегося датчиком тока, через резистор R280 поступает на вывод 9 ИС. Цепочка из R278 и C252 служит для предотвращения высокочастотного самовозбуждения в выходном усилителе. Импульс обратного хода от вывода 8 ИС усиливается транзистором Q250 и поступает через разделительный конденсатор C250 на ЭЛТ для гашения луча. Центровка раstra по вертикали осуществляется подачей напряжения смещения на один из входов дифференциального усилителя (вывод 2 ИС IC250). Это напряжение получается от делителя

из резисторов R257 и VR254 (EXT V-CENTER), к нему подмешивается также напряжение коррекции смещения раstra от узла управления (сигнал V-CENTER) в зависимости от включенного режима.

В качестве примера использования в узле КР микросхем, включающих в себя задающий генератор и выходной усилитель, на рис. 1.38 приведена типовая схема включения ИС типа TDA1675, которая очень часто

применяется в современных цветных ВМ. Эта схема принципиально мало отличается от вышеописанной — она содержит задающий генератор, частота которого определяется емкостью конденсатора C2, регулируемый напряжением усилитель пилы и оконечный усилитель. Выходной ток поступает на кадровые отклоняющие катушки и замыкается через конденсатор C11 и резистор R_{ос}, являющийся датчиком тока, на землю. Напряжение отрицательной обратной связи с резистора R_{ос} поступает через цепочку R2, R3, C3, которая определяет коэффициент усиления выходного каскада, на его вход. ИС содержит дополнительно усилитель импульса обратного хода, который заряжает конденсатор C4 и подключает его к цепям питания выходного каскада, обеспечивая почти двукратное повышение напряжения в начале прямого хода развертки и, соответственно, высокую линейность.

1.6.4.3. Узлы кадровой развертки монохромных ВМ

В монохромных ВМ с размером экрана до 14" мощность, потребляемая кадровыми катушками существенно меньше, чем в цветных, поэтому в них часто применяется ИС кадровой развертки типа TDA1175. Эта ИС также совмещает задающий генератор и выходной усилитель, для ее работы достаточно напряжения питания 12 - 15В. Схема узла КР ВМ типа NTT VM-340 показана на рис. 1.39. Принцип работы этой схемы мало отличается от предыдущей, за исключением того, что из-за низкого питающего напряжения в схему дополнительно введены элементы коррекции линейности пилообразного напряжения — C339, C340, R345.

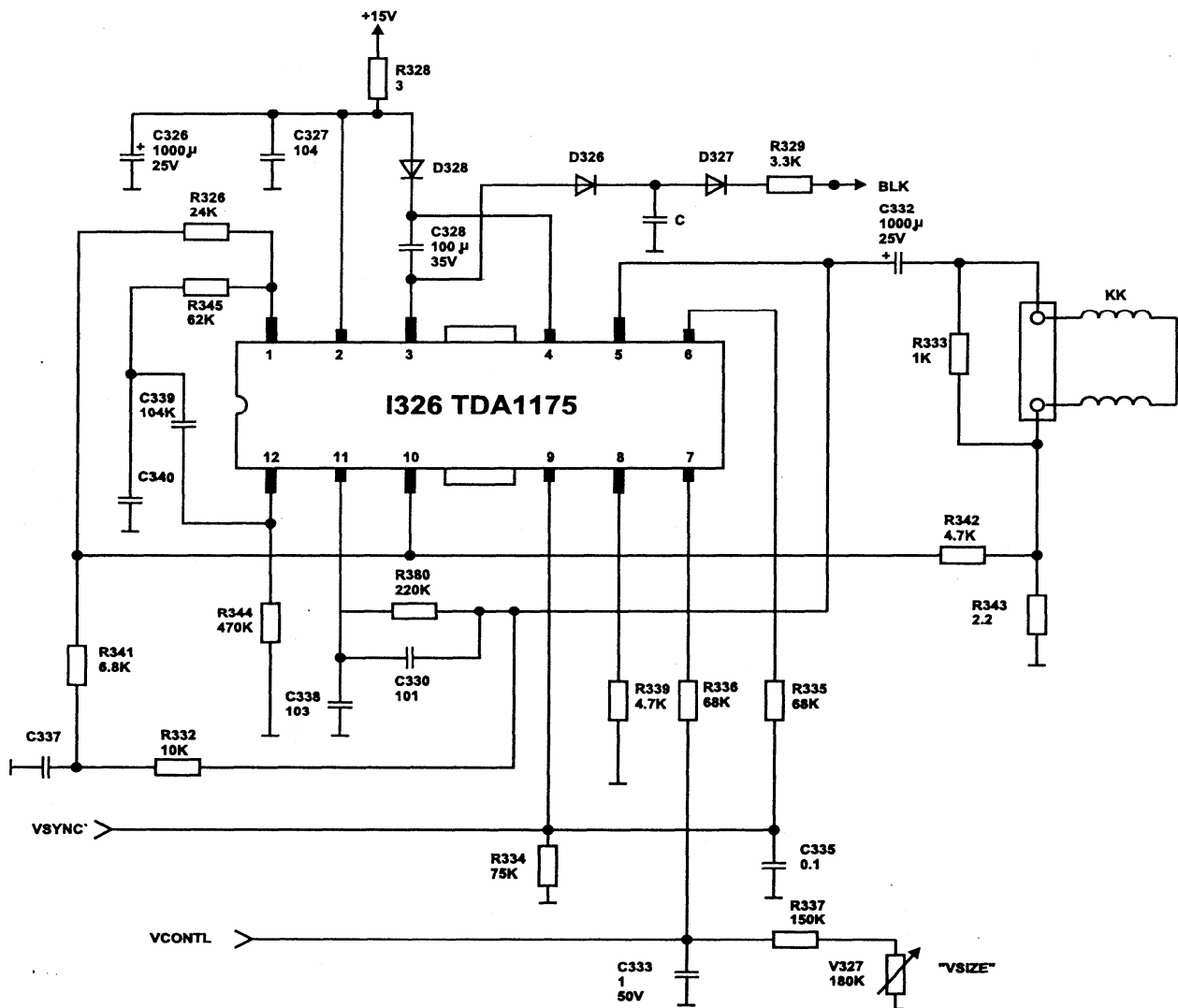


Рис. 1.39. Схема КР на ИС TDA1175

1.6.4.4. Ремонт узла КР

Дефекты в узле КР, как правило, диагностируются по изображению на растре и имеют следующие признаки:

- Наблюдается яркая тонкая горизонтальная полоса на экране, что говорит об отсутствии развертки.
- Растр полностью заполняет экран, но отсутствует синхронизация.
- На устойчивом растре при работе тестовых программ наблюдаются искажения линейности по вертикали.
- Не работают регуляторы размером и положения по вертикали или не соответствуют включенному режиму.

Нахождение неисправностей в узле КР начинают с проверки питающих напряжений и, если они в норме, контролируют температуру корпуса микросхем и выходных транзисторов. Рабочая температура ИС, включающих в себя выходной усилитель (TDA1175, TDA1675, TDA4866), может быть довольно высокой, но не должна превышать 70°C.

В случае полного отсутствия развертки на растре, проверяют работу задающего генератора, контролируя осциллографом сигнал на времязадающем конденсаторе и на входе выходного усилителя. Если эти сигналы присутствуют, то проверяют прохождение сигнала пилы через выходной усилитель до разъема подключения отклоняющей системы. Возможны обрывы в разделительном конденсаторе или резисторе обратной связи по току, а также неисправность выходного усилителя в ИС или транзисторах (Q301 - Q303 в схеме рис. 1.37).

При отсутствии синхронизации проверяют прохождение синхроимпульса до входа в ИС задающего генератора, возможно, имеется неисправность в узле управления.

Искажения линейности по вертикали оценивают по изображению при запуске тестовых программ, для чего используют изображение сетки. Большая часть таких искажений появляется из-за дефектов электролитических конденсаторов в цепях вольтодобавки или в задающем генераторе - конденсаторы теряют свою номинальную емкость или появляется ток утечки.

Остальные неисправности, связанные с отсутствием действия регулировок на передней панели при попытке изменения размера раstra по вертикали или его смещения могут быть вызваны дефектами собственно потенциометров или неисправностями в узле управления. В этом случае проверяют соответствующую цепь с помощью омметра, контролируют напряжения вольтметром или осциллографом и определяют неисправный элемент.

После исправления всех проявившихся в узле КР неисправностей устанавливают все необходимые параметры раstra с помощью подстроенных элементов, но не следует забывать, что размеры раstra зависят также от величины высокого напряжения на ЭЛТ, поэтому окончательную настройку следует делать только после полного ремонта ВМ.

1.6.5. УЗЕЛ СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ ВМ

Узел строчной развертки (СР) в ВМ служит, в первую очередь, для получения пилообразного тока в строчных отклоняющих катушках ЭЛТ, необходимого для отклонения электронного луча по горизонтали. Второй, важной функцией узла является обеспечение питания ЭЛТ напряжениями, которые трудно получить в первичном источнике питания ВМ, например высокое ускоряющее (до 27 кВ) или другими, желательно стабилизированными вместе с ускоряющим.

1.6.5.1. Принципы работы СР ВМ

Перед описанием принципа работы узла СР напомним, как работает ЭЛТ (см. раздел 1.1.1), рассмотрим принцип электромагнитного отклонения луча и устройство ТДКС.

Основной деталью растрового ВМ является ЭЛТ, остальные детали устройства служат для обеспечения ее работы. Принцип работы ЭЛТ заключается в получении пучка электронов в вакууме и управлении им для получения светящегося раstra на экране, покрытом люминофором.

При нагреве катода электронной пушки над его поверхностью создается электронное облако, которое является источником для образования электронного луча. Электроны имеют отрицательный заряд, они могут быть "вытянуты" из этого облака путем подачи положительного (относительно катода) потенциала на первый ускоряющий электрод, называемый модулятором (напряжение G1). Прошедшие через первый ускоряющий электрод электроны дополнительно ускоряются с помощью напряжения G2 и попадают в зону действия фокусирующего электрода, который конфигурацией своего электрического поля и потенциала сжимает пучок электронов в тонкий луч. Далее электроны луча разгоняются для получения большой энергии высоким напряжением на аноде ЭЛТ (порядка 15 - 27 кВ) и попадают на покрытый люминофором экран. При ударе электронов в частицы люминофора возникает светящаяся точка, яркость которой зависит от плотности потока электронов в луче и их энергии.

Энергия электронов в луче определяется ускоряющим потенциалом анода, а плотность потока - в основном разностью потенциалов между катодом и первым ускоряющим электродом, а также ускоряющим

напряжением G2.

Управление плотностью потока электронов и, соответственно, яркостью светящейся точки на экране производится: грубо - установкой величины напряжения G2, плавно - регулировкой, доступной оператору, путем изменения постоянного напряжения G1. Модуляция яркости для получения изображения на растре осуществляется с помощью переменного или импульсного напряжения на катоде, который по этой причине иногда называют модулятором.

Отклонение луча в пределах всего экрана производится воздействием на электроны луча магнитного поля катушек отклоняющей системы (ОС) ЭЛТ. Катушки ОС разбиты на две группы - отклоняющие луч по горизонтали для образования строки раstra (строчные) и смещения строки по вертикали (кадровые). Питание кадровых катушек по причине относительно малой скорости изменения тока в них производится пилообразным напряжением от узла кадровой развертки, а для получения пилообразного тока в строчных катушках используется другой способ, который будет описан ниже.

Конфигурация отклоняющих катушек позволяет получить форму раstra близкую к прямоугольной, однако имеются факторы, которые мешают добиться этого. Первый фактор обусловлен разностью расстояний, которое проходят электроны от пушки до поверхности экрана, оно не является постоянным для разных точек на экране - на краях оно несколько больше, в результате чего форма раstra имеет вид "подушки". В ЭЛТ с плоским экраном эта разница еще больше, что сказывается не только на геометрических отклонениях раstra от прямоугольного, но и в непостоянстве условий фокусировки луча. Вторым фактором является ограниченная зона действия магнитного поля отклоняющих катушек. Увеличение ее приводит к повышению индуктивности катушек, росту магнитной энергии заключенной в них, потерь в обмотках и, соответственно, мощности, отбираемой от ИП. По этой причине конструкция отклоняющей системы оптимизируется для каждого конкретного типа ЭЛТ.

Магнитное поле ОС заключает в себе большую энергию, которая зависит от размеров катушек, их индуктивности и скорости изменения магнитного потока. Большая часть магнитной энергии концентрируется в строчных катушках, так как частота в них намного выше, чем в кадровых. Магнитная энергия катушек должна расходоваться только на отклонение электронного луча, однако реально существуют также потери на излучение во внешнее пространство, вызывающие радиопомехи, потери в ферритовом сердечнике, концентрирующем поле катушек и проводах обмоток. Это означает, что в целом магнитная энергия в ОС является реактивной, то есть, она возбуждается током от выходного каскада строчной развертки и большая ее часть (за исключением потерь) должна возвращаться в определенный период времени цикла развертки в источник питания.

Для создания электронного луча в ЭЛТ также требуется некоторая энергия, которая получается обычно в узле СР в виде высокого ускоряющего напряжения от ТДКС. Источник этого напряжения должен быть стабилизирован, так как от величины напряжения зависит размер раstra, и иметь достаточно низкое выходное сопротивление для исключения зависимости выработанного напряжения от тока луча. Ток электронного луча обусловлен попаданием электронов на анод, он достигает при полной яркости изображения сотен микроампер (для каждого луча в цветной ЭЛТ с размером 14"), соответственно, мощность в этом случае составит около 10 - 15 Вт.

В целом из-за больших мощностей, потребляемых на создание лучей и магнитного поля в отклоняющих катушках, а также сопутствующих большим токам потерь во многих элементах, общая мощность отбираемая от ИП узлом СР может превышать половину всей мощности ВМ.

Принцип получения пилообразного тока в строчных отклоняющих катушках сохранился неизменным за много лет совершенствования телевизионной техники - он состоит в образовании линейно нарастающего тока через индуктивность катушек при подаче на них прямоугольного импульса напряжения.

Идеализированная схема, применяемая для реализации этого принципа, приведена на рис. 1.40, где L — индуктивность строчных катушек ОС, C — собственная емкость катушек, R — их активное сопротивление, а форма напряжений и токов в схеме показана на рис. 1.40 справа.

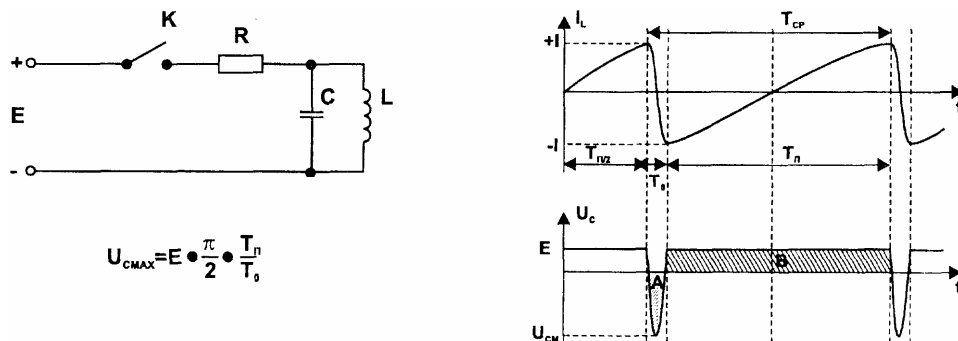


Рис. 1.40. Идеализированная схема для получения пилообразного тока

При замыкании ключа К в начальный момент времени ($t=0$) к катушкам прикладывается напряжение источника питания E и начинается линейное нарастание тока в них. По истечении времени, равного

примерно половине периода прямого хода развертки ($T_p/2$) ток в катушках достигает значения $+I$ и ключ размыкают. При этом за счет запасенной в магнитном поле энергии в контуре LC возникают ударные синусоидальные колебания с периодом, определяемым резонансной частотой этого контура. По истечении четверти времени периода этих колебаний ($T_0/2$) энергия магнитного поля катушек переходит в энергию электрического поля в конденсаторе C. После этого конденсатор C начинает разряжаться через индуктивность L, создавая в ней ток обратного направления. Еще через четверть периода вся энергия электрического поля конденсатора C ($E_c = U_{cm}^2 \times C/2$) перейдет в энергию магнитного поля индуктивности L ($E_L = (-I)^2 \times L/2$) и если в этот момент снова замкнуть ключ K, то источник питания шунтирует контур и срывает возникшие в нем колебания (ток в катушках равен $-I$). Затем ток будет линейно нарастать и до момента времени, когда он достигнет нуля, происходит возврат энергии, запасенной в катушках, в источник питания. Далее под действием источника питания ток в катушке начинает возрастать в сторону $+I$ и т.д.

В идеальном случае при отсутствии потерь в контуре LC площади заштрихованных фигур (A, B) на графике U_c должны быть равны, можно рассчитать максимальное значение U_{cm} — оно пропорционально напряжению E и отношению T_p/T_0 , то есть зависит только от напряжения питания, времени обратного хода развертки T_0 и ее периода $T_p + T_0$ или частоты $F_{cp} = 1/(T_p + T_0)$. Очевидно, что амплитудное значение U_{cm} может в несколько десятков раз превышать величину напряжения питания E, так как время обратного хода развертки всегда много меньше прямого.

Так как ток, протекающий между источником питания и катушками, изменяет свое направление, ключ должен обладать свойством симметричности, т.е. проводить ток также в обоих направлениях. В качестве симметричного ключа, как в современных телевизорах, так и ВМ, используют схемы с параллельным включением транзистора и диода.

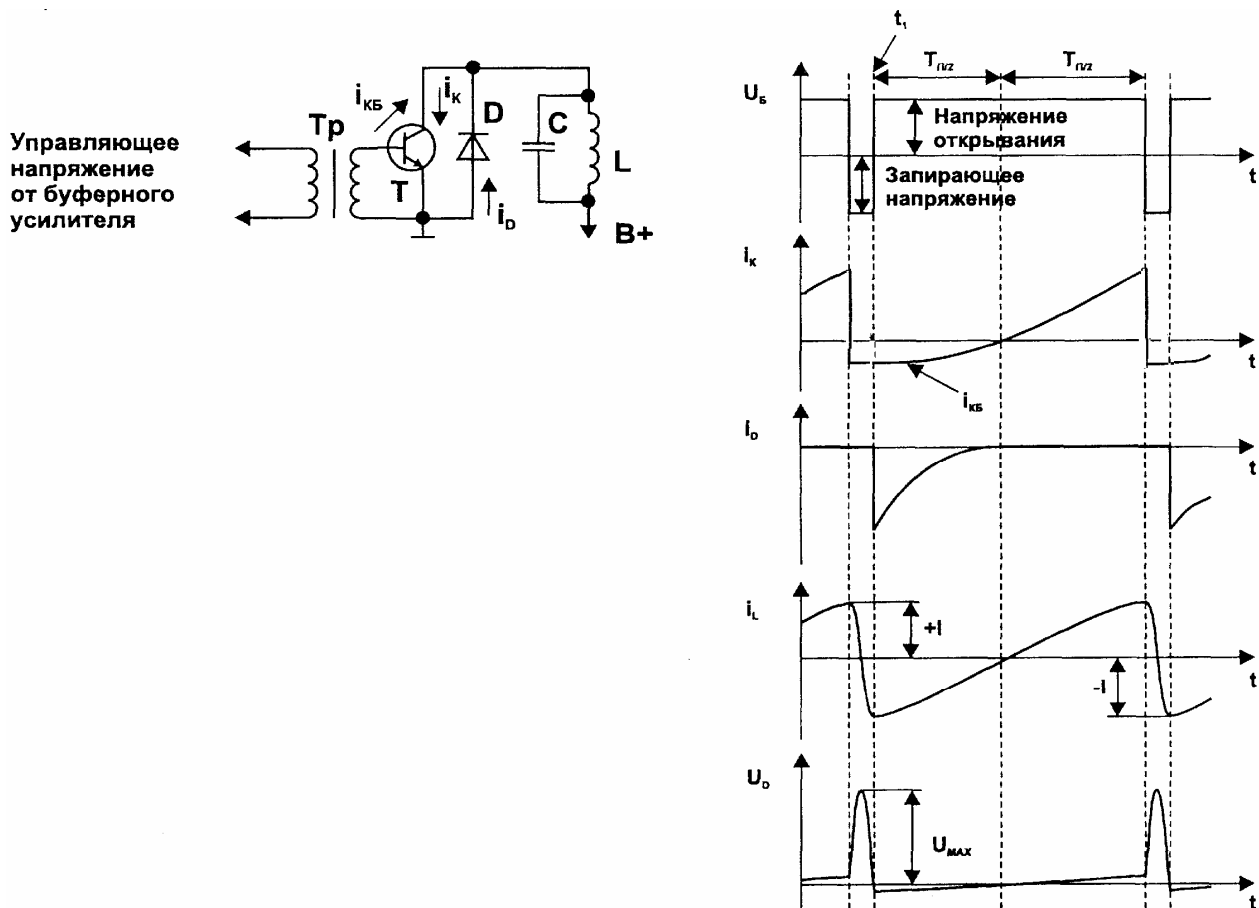


Рис. 1.41. Схема симметричного ключа из транзистора и диода

Такая схема приведена на рис. 1.41, напряжения и токи в схеме — на рис. 1.41 справа. Схема работает следующим образом. Импульсы управления от задающего генератора строчной частоты усиливаются буферным каскадом и через согласующий трансформатор Тр подаются на базу транзистора Т (рис. 1.41 слева). Положительное напряжение на базе U_b соответствует открытому состоянию транзистора, а отрицательное закрывает его. Во второй половине периода прямого хода развертки ток протекает через отклоняющие катушки и переход К - Э транзистора, его нарастание прекращается закрыванием транзистора. В этот момент в колебательном контуре LC возникают свободные колебания и, по истечении половины их периода открывается диод D, обеспечивая проводимость ключа в другом направлении. При этом ток через катушки (i_L) также меняет свое направление и от максимального отрицательного ($-I$) уменьшается по

величине до нуля, одновременно происходит возврат энергии магнитного поля, запасенной в катушках, в источник питания. При отрицательном напряжении на коллекторе через переход К - Б транзистора также протекает некоторый ток, поэтому через катушки течет суммарный ток равный $I = I_{KB} + I_D$.

Следует отметить, что открывание транзистора, как и его запираание, не происходит мгновенно, поэтому существует опасность открывания коллекторного перехода не в момент времени t_1 а раньше, что приведет к чрезмерному току из-за присутствия высокого напряжения на коллекторе и повреждению транзистора. По этой причине момент времени поступления открывающего напряжения обычно задерживают на некоторое время но не более чем $T_{п}/2$. При этом несколько перераспределяются токи через транзистор и диод, но качественно их характер остается без изменений.

Приведенная схема на практике не применяется из-за наличия постоянного тока в отклоняющих катушках, что приводит к децентровке изображения и появлению несимметричных искажений тока развертки, а также к росту потерь.

На рис. 1.42 приведена реальная схема выходного каскада строчной развертки, включающая цепи питания и элементы коррекции искажений пилообразного тока.

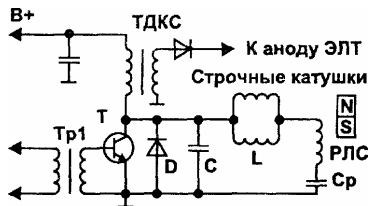


Рис. 1.42. Реальная схема с симметричным ключом

Эта схема отличается от предыдущей тем, что для подачи энергии питания в систему ключ - LC используют дроссель, индуктивность которого больше индуктивности строчных катушек, а для исключения попадания постоянного тока в катушки ОС последовательно с ними включают разделительный конденсатор Ср.

В качестве дросселя в цепи питания часто используют первичную обмотку строчного трансформатора, от вторичных обмоток которого может отбираться значительная мощность. Тот факт, что индуктивности катушек ОС и строчного трансформатора оказываются включенными параллельно для переменного тока, является важным при нахождении необходимой емкости С, которая совместно с паразитными емкостями обоих индуктивностей определяет длительность импульса обратного хода, а также для оценки распределения токов и мощностей между ОС и ТДКС. В моделях телевизоров прошлых лет применяли строчный трансформатор, с выхода которого импульсы обратного хода высокого напряжения (1 - 6 кВ) подавали на умножитель, а на его выходе получали постоянное высокое напряжение питания анода ЭЛТ. Высокое внутреннее сопротивление умножителя напряжения приводило к нежелательному эффекту зависимости размера раstra от яркости изображения, поэтому для применения в современных телевизорах и в ВМ используют непосредственное выпрямление импульсов обратного хода от нескольких (обычно трех) секций обмоток между концами которых включены выпрямительные диоды. Такой способ исполнения вторичной обмотки способствует уравниванию напряжений на отдельных диодах из-за распределенных емкостей секций обмотки, что позволяет применить относительно низковольтные типы кремниевых диодов, имеющих низкое прямое сопротивление и высокую рабочую температуру. Отсюда происходит название — Трансформатор Диодно-Каскадный Строчный или сокращенно ТДКС.

В иностранных источниках встречаются также названия FBT (сокращенное Fly Back Transformer и означающее, что получение высокого напряжения происходит за счет выпрямления импульсов обратного хода) или Split Transformer (термин Split переводится как "расщепленный", что указывает на способ включения диодов высоковольтного выпрямителя в разрыв между секциями вторичной обмотки).

Как любой трансформатор, ТДКС характеризуется коэффициентом трансформации, необходимым для получения заданного значения высокого напряжения, индуктивностью первичной обмотки и наличием набора дополнительных обмоток для получения вторичных напряжений различной полярности. Особенности конструктивного исполнения ТДКС вызваны повышенными требованиями к безопасности, надежности, сильной связи между обмотками, что достигается компактностью и заливкой всех деталей компаундом с хорошими электроизолирующими свойствами, поэтому вся конструкция представляет собой монолит и не подлежит ремонту.

Магнитопровод для ТДКС выполняется из ферритов с большой величиной магнитной проницаемости (3000 - 6000) и имеющих малые потери на высоких частотах. Так как в первичной обмотке всегда протекает постоянный ток, для исключения насыщения сердечника и снижения величины его магнитной проницаемости в магнитопроводе предусмотрен зазор размером около 0.5 мм.

Большинство типов ТДКС включают в свою конструкцию внутренние делители высокого напряжения совместно с регулировочными потенциометрами для получения ускоряющего напряжения 0 - 500 В (SCREEN) и фокусирующего — 4 - 6 кВ (FOKUS).

Расположение выводов первичной и вторичных обмоток низких напряжений, а также вывода начала

вторичной обмотки высокого напряжения выполнены на корпусе ТДКС так, что ТДКС можно непосредственно запаять в печатную плату. Выводы высокого, ускоряющего и фокусирующего напряжений выполнены в виде отдельных специальных проводов для подсоединения к контакту анода ЭЛТ и панели подключения к ее цоколю.

Разделительный конденсатор C_p в схеме рис. 1.42 выполняет также роль коррекции симметричных искажений, которые возникают из-за различия в расстояниях, проходимых электронным лучом до разных участков поверхности экрана, и проявляющихся в виде растяжения изображения на его краях. Для этого емкость этого конденсатора подбирается таким образом, чтобы последовательный контур из L и C_p был настроен на частоту соответствующую периоду прямого хода строчной развертки.

Тогда напряжение на конденсаторе C_p будет иметь форму параболы, что приведет к уменьшению скорости нарастания тока катушек в начале и конце прямого хода развертки, т.е. будет осуществлена "S"-коррекция линейности строк.

Несимметричные искажения тока в строчных катушках возникают из-за наличия активного сопротивления обмоток (резистор R на рис. 1.40) и падения напряжения на элементах реального симметричного ключа (транзистор T и диод D на рис. 1.42), они проявляются в виде растяжения изображения в начале прямого хода и его сжатии в конце. Такие искажения могут быть компенсированы экспоненциальным изменением тока в катушках в течение прямого хода развертки. Для этого применяют магнитный регулятор линейности строк (РЛС на рис. 1.42), который представляет собой катушку, намотанную на ферритовом сердечнике. Рядом с сердечником катушки располагается постоянный магнит. Так как ток отклоняющих катушек протекает и по катушке РЛС, он изменяет свое направление и величину, при этом магнитное поле катушки складывается в ее сердечнике с учетом знака с полем постоянного магнита. Результирующее поле приводит к изменению величины магнитной проницаемости феррита и изменению индуктивного сопротивления катушки РЛС. Необходимая экспоненциальная коррекция тока достигается за счет регулирующего действия изменяемого в течении прямого хода сопротивления РЛС, включенного последовательно с отклоняющими катушками.

РЛС обладает несимметричными свойствами, поэтому при установке его в схему следует соблюдать полярность подключения для обеспечения правильной работы.

В узле СР всегда должна быть предусмотрена регулировка размера строк, так как на стадии разработки ВМ невозможно учесть все факторы, влияющие на соответствие амплитуды тока в катушках ОС размеру экрана. Желательно также, чтобы подстройка размера раstra была доступна для оператора.

Существует несколько способов для осуществления такой регулировки. Первый основан на практически линейной зависимости всех напряжений и токов в схемах (см. рис. 1.41 и 1.42) от величины питающего напряжения $B+$. Реализация такого способа проста - регулировка производится изменением этого напряжения в небольших пределах подстроечным резистором в ИП.

Суть второго способа состоит в изменении включенного последовательно с катушками ОС сопротивления. Это сопротивление не должно вносить потери энергии в процессе развертки, поэтому оно выполняется в виде дросселя с регулируемой ферритовым сердечником индуктивностью.

Третий способ, распространенный в современных телевизорах основан на применении в выходном каскаде СР диодного модулятора. Схема выходного каскада с диодным модулятором показана на рис.1.43. Демпферный диод, входящий в состав симметричного ключа, состоит из двух последовательно включенных диодов $D1$ и $D2$, шунтированных конденсаторами $C1$ и $C2$, суммарная емкость которых определяет время обратного хода развертки. Емкость конденсаторов подбирается так, чтобы импульсное напряжение на конденсаторе $C2$ составляло небольшую часть от его величины на коллекторе транзистора. Тогда основная энергия будет заключена в контуре из C , $C1$ и L_{ck} , а меньшая ее часть циркулировать во вспомогательном контуре из $C2$, $C4$ и $L1$. Управляя проводимостью транзистора $T1$ можно изменять амплитуду импульсного напряжения на конденсаторе $C2$ вспомогательного контура и, тем самым, перераспределять энергию между контурами, что приведет к изменению максимального тока в отклоняющих катушках и, соответственно, размера строк.

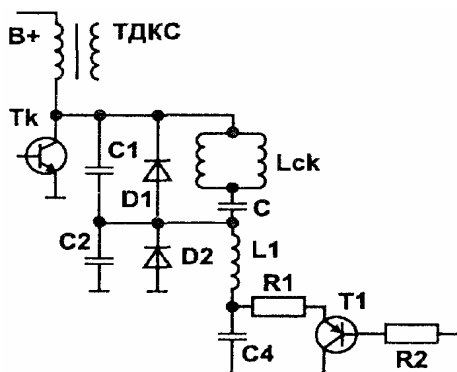


Рис. 1.43. Схема выходного каскада СР с диодным модулятором

Такой способ регулировки размера строк удобен тем, что управление можно осуществить напряжением, подаваемым от узла управления на базу транзистора Т1. Через это управляющее напряжение обычно производится также и коррекция искажений раstra типа "подушка".

1.6.5.2. Способы построения узла СР для ВМ

Существует два способа построения узла СР для ВМ. На рис. 1.44 показана блок-схема узла СР, в котором объединены функции получения пилообразного отклоняющего тока в строчных катушках и вторичных напряжений для ЭЛТ, включая высокое для ее анода (совмещенная схема).

Назначение элементов блок-схемы следующее:

- Буферный каскад усиливает импульс, поступающий от задающего генератора строчной частоты в УУ, до величины, необходимой для надежного открывания ключевого транзистора в выходном каскаде СР.
- Трансформатор Тр обеспечивает согласование между буферным и выходным каскадом, его вторичная низковольтная обмотка также замыкает переход Б - Э ключевого транзистора по постоянному току, что способствует более надежной его работе.
- Выходной каскад содержит транзистор и демпферный диод, составляющие симметричный ключ, цепи коррекции линейности и элементы управления (реле, транзисторные ключи), переключающие режимы работы каскада и обеспечивающие регулировку размера строк.
- Строчные отклоняющие катушки являются основной нагрузкой для выходного каскада,
- ТДКС служит для подачи питания на симметричный ключ, получения высокого постоянного напряжения для анода ЭЛТ и других вторичных напряжений.
- Вспомогательный стабилизатор напряжения обеспечивает необходимую величину напряжения питания выходного каскада В+, соответствующего установленной частоте строк.
- Схема защиты детектирует появление аварийных признаков в работе строчной развертки, таких как чрезмерное повышение высокого напряжения или увеличение тока лучей, и выдает соответствующий сигнал для УУ.

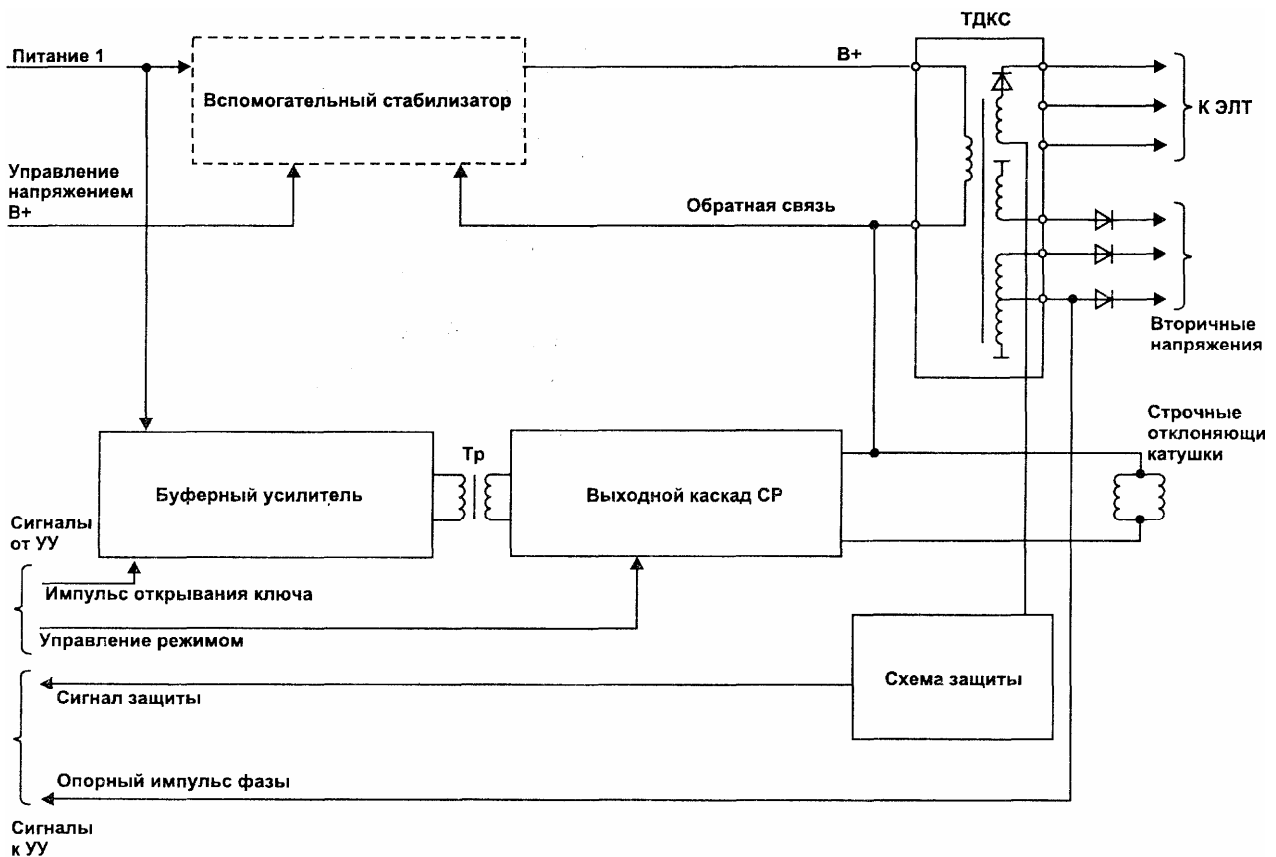


Рис. 1.44. Блок-схема узла СР совмещенного типа

Второй способ построения узла СР отличается применением отдельного канала для получения высокого напряжения, соответствующая ему блок-схема представлена на рис.1.45. Использование такого приема вызвано требованиями стабилизации высокого напряжения независимо от режима работы схемы формирования тока в отклоняющих катушках в широком диапазоне строчных частот.

На блок-схеме представлены два канала, каждый из которых состоит из выходного каскада со своим

вспомогательным стабилизатором напряжения $V+$. Канал формирования тока в строчных отклоняющих катушках не отличается от приведенной на рис. 1.44 блок-схемы, за исключением применения дросселя L вместо ТДКС, а в канале получения высокого напряжения использована схема аналогичная показанной на рис. 1.41, в которой индуктивность ТДКС включена последовательно с источником питания $V+$. Наличие тока подмагничивания в этом случае не существенно, так как оно не оказывает влияния на изображение.

В качестве сигнала обратной связи для стабилизации высокого напряжения можно использовать напряжение, получаемое после выпрямления импульса обратного хода с коллектора ключевого транзистора или от одной из вторичных обмоток ТДКС. Аналогичным образом стабилизируется и размер строк в другом канале.

Такое построение узла СР имеет следующие преимущества:

- Большая суммарная мощность, необходимая для отклонения пучка и обеспечения токов лучей в ЭЛТ за счет высокого ускоряющего напряжения анода вырабатывается в отдельных каналах, имеющих свой ключ, транзистор которого может быть меньшей мощности.
- Стабилизация высокого напряжения и размера строк производится в разных каналах независимо, что обеспечивает их оптимальное регулирование.
- Использование раздельного питания каналов дает возможность выбора оптимального напряжения для каждого канала.

Эта схема чаще применяется в высококачественных ВМ с большим размером экрана где распределение мощности по двум каналам приводит также к повышению надежности.

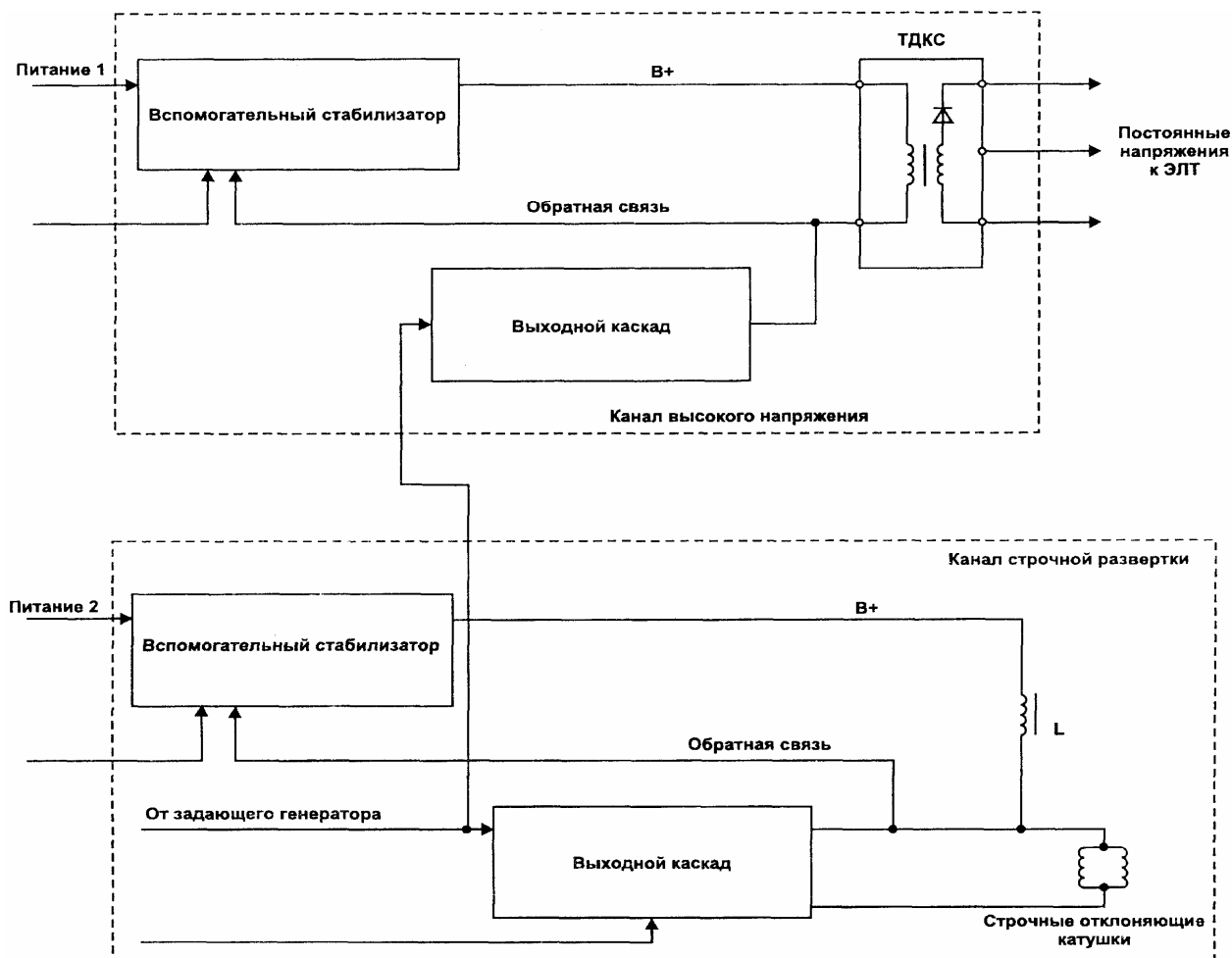


Рис. 1.45. Блок-схема двухканального узла СР

1.6.5.3.Примеры реализации СР ВМ.

В качестве примера совмещенной схемы построения узла СР на рис. 1.46 показан фрагмент принципиальной схемы монохромного ВМ типа VGA NTT VM-340.

Сигнал HDRV от задающего генератора строчной частоты УУ поступает на базу транзистора Q251 буферного каскада. Коллекторной нагрузкой для транзистора служит первичная обмотка согласующего трансформатора E251, цепочка из резистора R252 и конденсатора C252 служит для подавления выбросов напряжения в момент переключения при работе на индуктивную нагрузку. Питание транзистор Q251

получает от источника В+ через резистор R253, ограничивающий напряжение на его коллекторе, оно фильтруется с помощью конденсатора C253. Основное назначение конденсатора C253 - форсирование закрытия ключевого транзистора Q252 (быстрое удаление "рассасывание" неосновных носителей из области базы), что уменьшает рассеиваемую мощность на этом транзисторе, следовательно и его температуру. Импульс тока от вторичной обмотки через резистор R256, выполняющий роль ограничения и стабилизации тока, поступает в базу ключевого транзистора Q252 и обеспечивает его надежное открывание. Диод D252 используется для пропускания отрицательных линейно-изменяющихся токов катушек горизонтального отклонения L250 при прямом ходе луча (см. описание к рис. 1.41). Длительность импульса обратного хода определяется емкостью конденсатора C255.

Питание выходного каскада СР производится напряжением В+ через первичную обмотку ТДКС E252 (выводы 6 и 9). Величина этого напряжения может принимать два значения, первое из которых (нижнее) определяется напряжением выпрямителя на диоде D1 (+30 В), а второе — напряжением с диода D2 (+36 В), который подключен к обмотке импульсного трансформатора в ИП с более высоким напряжением. Включение второго напряжения производится транзисторным ключом Q121, базовый ток которого задается транзистором Q202. Управление переключением производится сигналом В+CONTL от УУ ВМ, который поступает через ограничительный резистор R216 на базу транзистора Q202.

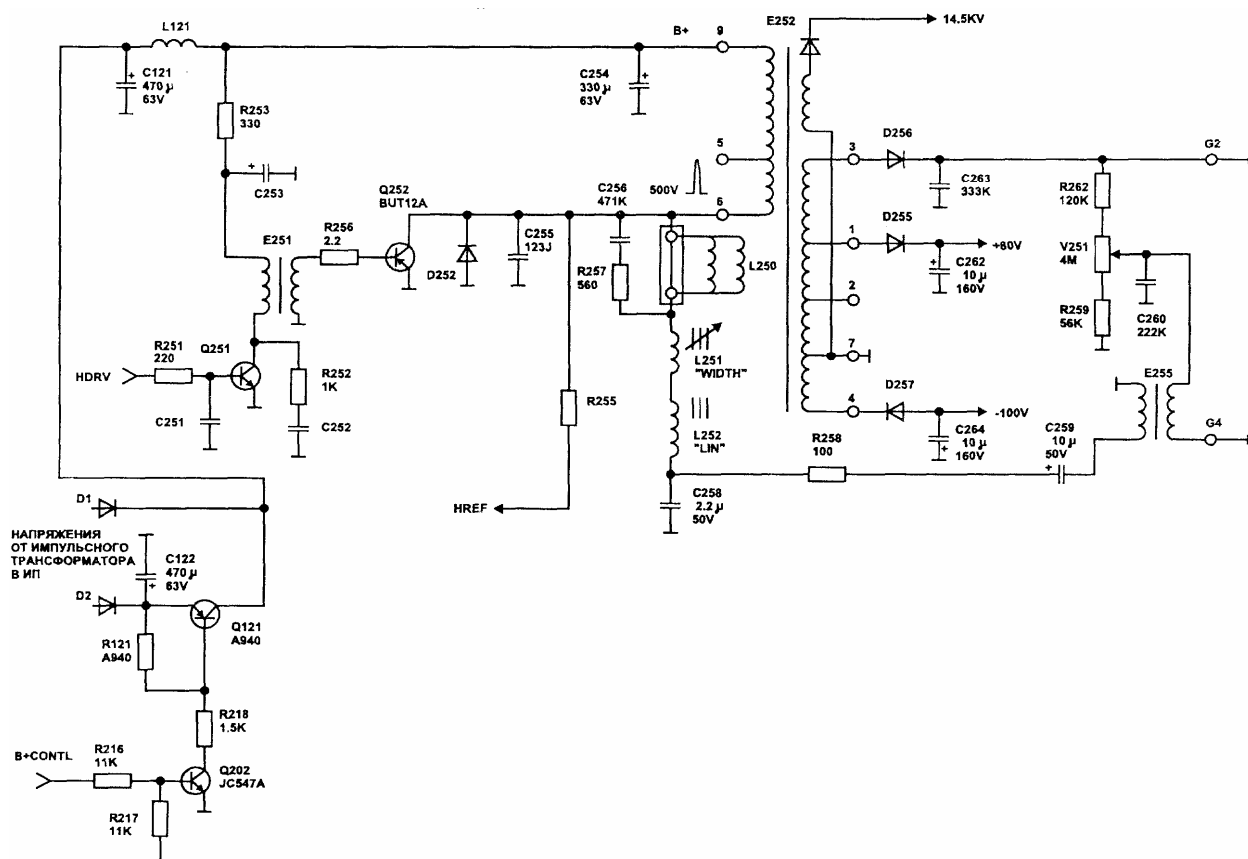


Рис. 1.46. Схема СР ВМ типа VGA

Катушки ОС (L250) подключены к коллектору ключевого транзистора, ток, протекающий через них, замыкается на землю через разделительный конденсатор C258 и последовательно включенные катушки регулятора размера строк (L251) и коррекции линейности (L252).

Особенностью приведенной схемы является наличие фрагмента для динамической фокусировки. Для получения фокусирующего напряжения G4 используют напряжение G2 от выпрямителя, состоящего из D256, C263. К постоянному напряжению, величина которого устанавливается потенциометром V251, добавляется переменное напряжение от вторичной обмотки повышающего трансформатора E255. Первичная обмотка получает напряжение параболической формы с разделительного конденсатора C258, а конденсатор C260 препятствует попаданию переменного напряжения в источник G2.

В схеме отсутствуют элементы центровки раstra так, как эта процедура для монохромных ЭЛТ производится с помощью магнитных колец, расположенных на ее горловине.

Установка размера строк производится с помощью переменной индуктивности L251 "WIDTH", подстраиваемой с помощью ферритового сердечника.

В качестве опорного сигнала HREF для регулировки фазы в задающем генераторе строчной развертки используется импульсное напряжение с коллектора транзистора Q252.

Узел строчной развертки, выполненный в соответствии с блок-схемой рис.1.45, применен в ВМ типа EGA TVM MD-7. На рис. 1.47 представлена принципиальная схема высоковольтной части узла СР, выполненной в виде отдельного канала.

Высокое напряжение получается от ТДКС за счет трансформации импульсов обратного хода в схеме, прототип которой описан в начале главы (см. рис. 1.41). Симметричный ключ состоит из транзистора Q407 и диода D413. Первичная обмотка ТДКС включена в цепи питания ключа, а емкость, определяющая длительность импульса обратного хода, для удобства подбора состоит из двух конденсаторов C426 и C433.

Открытие ключевого транзистора производится напряжением от вторичной обмотки согласующего трансформатора T402, первичная обмотка которого является нагрузкой в коллекторе транзистора Q406 буферного усилителя.

Питание буферного усилителя производится от источника с напряжением +20 В через развязывающую цепочку, состоящую из резистора R437 и конденсатора C421. Конденсатор C421 служит для форсированного запираания транзистора Q407 при обратном ходе луча. Цепочка R439, C423 служит для подавления выбросов напряжения на коллекторе транзистора Q406.

Для питания выходного каскада используется напряжение +150 В от ИП ВМ, оно подается на вывод 2 ТДКС. Амплитуда импульсов обратного хода определяется напряжением, приложенным между выводом 2 ТДКС и эмиттером ключевого транзистора (см. также рис. 1.41), так как эмиттер замкнут на "землю" по переменному току конденсатором C427, и может регулироваться с помощью транзистора Q408, замыкающим ток выходного каскада на 0 источника питания (на "землю"). Напряжение, пропорциональное высокому, получается от делителя, в верхнем плече которого используется набор переменных резисторов для получения напряжений 6 КВ (ФОКУС) и G2, а нижнее состоит из резистора R450 и подстроечного VR451. Это напряжение через повторитель на операционном усилителе Q409-3 поступает на инвертирующий вход Q409-4, на неинвертирующем входе которого (выв. 12) напряжение фиксируется с помощью стабилитрона D415.

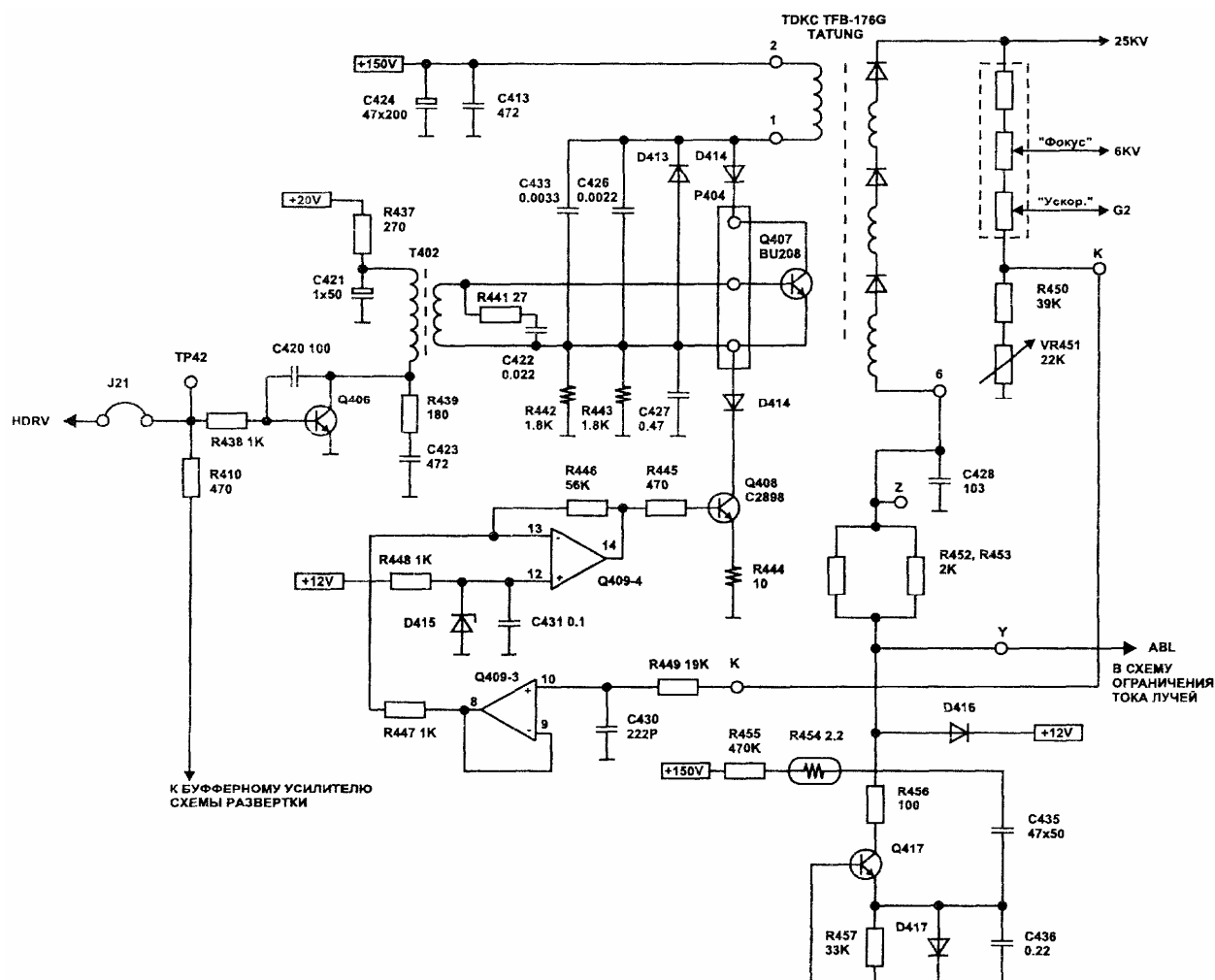


Рис. 1.47. Схема высоковольтной части ВМ TVM MD-7

При увеличении выходного напряжения высоковольтного выпрямителя, напряжение на входе инвертирующего усилителя (выв. 13 Q409-4) возрастает, а так как на другом его входе напряжение

фиксировано, на выходе усилителя напряжение уменьшается. При этом уменьшается и ток через базу транзистора Q408, а падение напряжения на его переходе Э - К возрастает, в результате чего напряжение на выходном каскаде снижается, что и приводит к стабилизации высокого напряжения. Величина выходного напряжения 24.5 KB устанавливается подстройкой резистора VR451, она не зависит от строчной частоты, поэтому в схеме отсутствуют какие-либо переключатели режима работы.

Нижний вывод высоковольтного выпрямителя (выв. 6 ТДКС) подключен к схеме ограничения тока лучей ЭЛТ. При увеличении тока выше нормального, что обычно бывает при неисправностях в цепях модуляторов ЭЛТ (полное открывание одного из них, например, при повреждении транзистора в видеосулителе), происходит возрастание напряжения в точке Y (падение напряжения на сопротивлении, состоящем из транзистора Q417 и резистора R457), что используется в схеме регулировки контрастности для уменьшения амплитуды видеосигналов и яркости для защиты от выжигания экрана. Цепочка R455, R454, C435 служит для ограничения тока лучей в момент пропадаания напряжения +150 В, то есть при выключении ВМ.

Принципиальная схема части узла СР, в которой производится получение тока в строчных отклоняющих катушках без использования ТДКС, приведена на рис. 1.48. Выходной каскад СР построен по традиционной схеме (рис. 1.42) с симметричным ключом (Q403, D407), но для подачи питания вместо ТДКС использован дроссель L401. Сигнал HDRV от задающего генератора строчной частоты поступает, как и в высоковольтной части, на буферный усилитель, с которого через разделительный трансформатор Т401 в базу ключевого транзистора подаются управляющие импульсы тока.

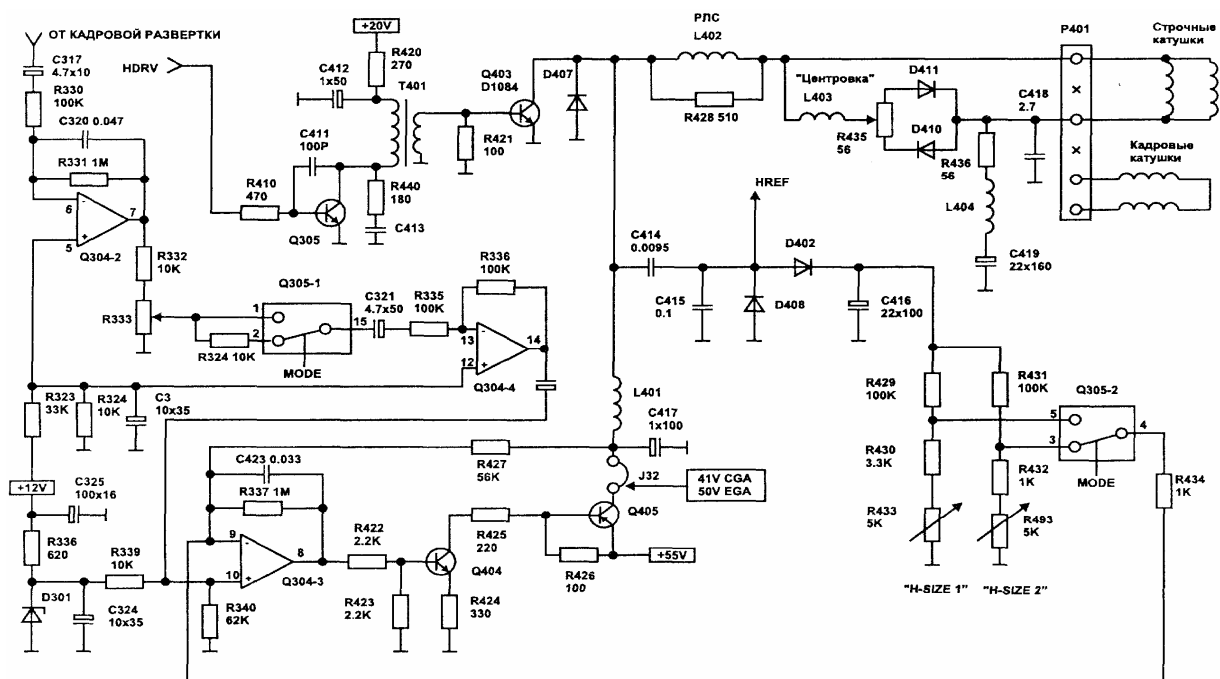


Рис. 1.48. Схема канала строчной развертки ВМ TVM MD-7

Строчные катушки подключены в цепи ключа через РЛС, протекающий в них ток замыкается на "землю" через разделительный конденсатор С418.

Емкость, определяющая длительность обратного хода состоит из двух, соединенных последовательно конденсаторов C414, C415, которые одновременно выполняют роль делителя импульсного напряжения от коллектора Q403. Полученное в делителе напряжение HREF используется как опорное для регулировки фазы в задающем генераторе, а после выпрямления диодом D402 и сглаживания на конденсаторе C416 - для стабилизации размера строк.

Питание на выходной каскад подается от источника с напряжением +55 В через регулирующий транзистор Q405 вспомогательного стабилизатора напряжения. Управление транзистором Q405 осуществляет схема стабилизации размера строк, включающая в себя операционный усилитель Q304-3 и транзистор Q404. Опорным сигналом для этой схемы служит напряжение, пропорциональное размеру строк, от выпрямителя D402, C416. Это напряжение поступает на регулируемые делители из резисторов R429, R430, R433 и R431, R432, R493, а полученные от них напряжения переключается аналоговым коммутатором Q305-2 (в зависимости от сигнала MODE) на инвертирующий вход операционного усилителя. На неинвертирующий вход усилителя (выв. 10) через резистор R339 подается фиксированное стабилитроном D301 напряжение, поэтому уменьшение размера строк и, соответственно, напряжения от одного из указанных делителей приводит к росту напряжения на выходе усилителя. При этом увеличивается ток в базе транзистора Q404, он открывается, увеличивая, в свою очередь, ток в базе регулирующего транзистора Q405.

а он, открываясь, повышает напряжение питания выходного каскада, что приводит к стабилизации размера строк. Собственно установка необходимого размера строк в каждом режиме производится переменными резисторами R433 и R493.

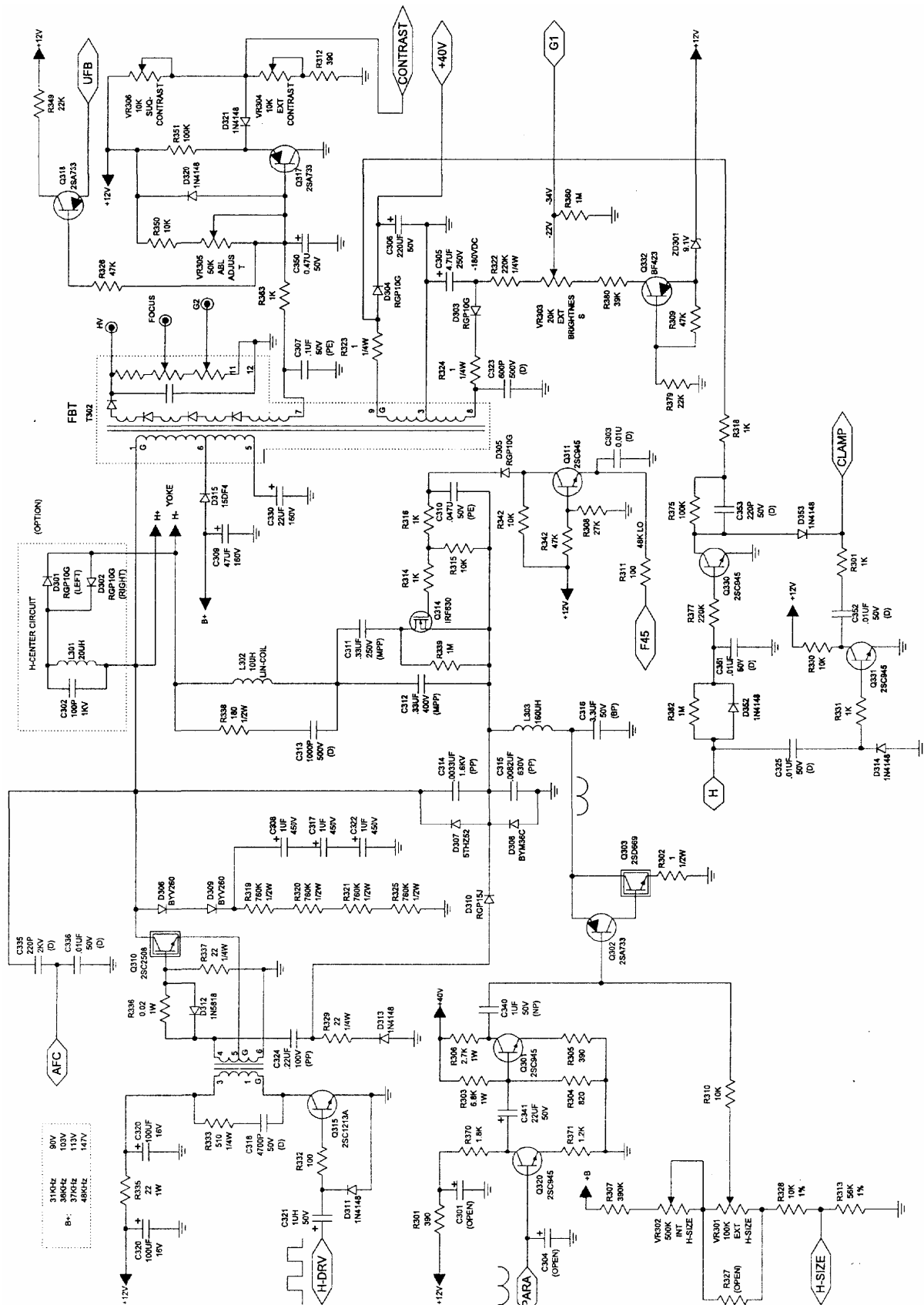


Рис. 1.49. Схема узла CP BM Acer 7134

В рассмотренной схеме осуществляется также коррекция искажений типа "подушка", для чего

параболическое напряжение от кадровой развертки, регулируемое по величине переменным резистором R333 и корректируемое в зависимости от режима аналоговым переключателем Q305-1 после усиления в Q304-4 подмешивается к постоянному напряжению на выв. 10 операционного усилителя Q304-3. Параболическое напряжение получается из пилообразного напряжения от узла кадровой развертки при помощи операционного усилителя Q304-2.

В данной схеме имеется возможность центровки раstra на экране ЭЛТ, для чего используют питаемую напряжением от отклоняющих катушек цепочку из L403, R435, D410, D411.

В качестве примера применения диодного модулятора, рассмотрим принципиальную схему узла СР для ВМ ACERVIEV 7134Т, представленную на рис. 1.49.

В приведенной схеме используется типовой способ включения ТДКС для подачи питания на симметричный ключ, состоящий из транзистора Q310 и демпфера из двух, соединенных последовательно диодов D307 и D308, входящих также в состав диодного модулятора.

Ток в строчных отклоняющих катушках протекает от коллектора ключевого транзистора через сложный конденсатор для коррекции симметричных искажений пилообразного тока (R308, L302, C312, C313, C311, Q314) и замыкается на среднюю точку диодного модулятора. Этот конденсатор при малых рабочих частотах СР (менее 46 кГц) образуется из постоянно включенного в цепь C312 и конденсатора C311, который подключается к первому при открывании канала полевого транзистора Q314. Отключение конденсатора происходит при изменении напряжения в цепи затвора транзистора Q314 в результате закрывания транзистора Q311 низким уровнем управляющего напряжения (F45) от УУ ВМ.

Изменение размера строк производится диодным модулятором, который управляется с помощью составного транзистора (Q302, Q303). Управляющее напряжение для этого транзистора формируется из суммы постоянных напряжений, одно из которых задается делителем, включающим в себя потенциометр VR301 регулировки размера строк на передней панели (EXT. H-SIZE) и подстроечного VR302 на плате (INT. H-SIZE), а другое поступает от УУ (сигнал H-SIZE).

Параллельно постоянному напряжению на составной транзистор подмешивается также параболическое напряжение для коррекции искажений типа "подушка", которое поступает из УУ (сигнал PARA) через усилитель на транзисторах Q320 и Q301.

В схеме показан фрагмент для формирования сигнала управления контрастностью изображения (CONTRAST), выполняющий и защитную функцию ограничения тока лучей.

В нормальном режиме контрастность регулируется делителем, состоящем из потенциометра VR304 на передней панели ВМ, подстроечный резистор VR306 устанавливает максимальную величину контрастности. Для ограничения тока лучей используется ток в цепи высоковольтной обмотки ТДКС, который при превышении своей нормальной величины открывает транзистор Q317, замыкающий напряжение от делителя регулировки контрастности на 0В. Порог открывания транзистора устанавливается подстроечным резистором VR306 (ABL-ADJUST).

В схеме рис. 1.49 заслуживает внимание способ подачи управляющего напряжения на базу ключевого транзистора, когда в согласующем трансформаторе применяется вторичная обмотка с отводом. Такой способ обеспечивает более надежное насыщение тока в базе при меньшей рассеиваемой в этой цепи мощности, что приводит к повышению надежности выходного каскада СР в целом. При запираании транзистора Q310, энергия магнитного поля, накопленная в согласующем трансформаторе за счет протекания прямого тока развертки через часть выходной обмотки, используется для форсирования закрытия транзистора Q310. В предыдущих схемах этот "форсаж" осуществлялся по первичной обмотке разрядом накопительной емкости, величиной 1 - 2 мкФ RC фильтра цепи питания транзистора, управляющего током первичной обмотки согласующего трансформатора (см. 1.6.5.3).

1.6.5.4. Диагностика и ремонт узла СР

Диагностику узла СР полезно провести до первого включения ВМ. После очистки от пыли деталей узла и в первую очередь ТДКС производят осмотр печатной платы в зоне силовых элементов и попутно определяют соответствие типу блок-схемы, способ включения ключевого транзистора и демпферного диода, а также выясняют, каким образом подается питание в схему.

Далее контролируют состояние ключевого транзистора омметром непосредственно на его выводах — переход К - Э не должен быть поврежденным. При этом необходимо учитывать, что параллельно ключевому транзистору подключен демпферный диод (или схема диодного модулятора из двух диодов), он также может быть поврежден, поэтому чтобы убедиться, что неисправен именно транзистор, можно диоды выпаять. Если сопротивление перехода отличается от нормального, то транзистор заменяют.

Аналогичным образом проверяют демпферный диод и ключевой транзистор в канале высоковольтной части, если узел СР выполнен по двухканальной схеме.

После замены дефектных деталей дополнительно проверяют отсутствие к.з. между цепями питания первичной обмотки и 0В омметром непосредственно на выводах ТДКС. Наличие сопротивления менее 0.5 кОм говорит о повреждениях в ТДКС или схемы дополнительного источника напряжения В+, возможен также дефект электролитического конденсатора фильтра.

На следующем этапе проверяют выходные выпрямители вторичных напряжений от ТДКС, для чего

контролируют омметром сопротивление диодов, подключенных к обмоткам трансформатора и соответствующих электролитических конденсаторов, чтобы убедиться в отсутствии короткого замыкания в этих цепях.

При проверке ТДКС в выключенном состоянии нет надежных способов определения наличия коротких замыканий между витками обмоток. Следует отметить, что после включения питания ВМ при наличии короткозамкнутых витков в ТДКС произойдет повреждение ключевого транзистора схемы строчной развертки.

Проверить ТДКС можно непосредственно в схеме пользуясь следующим приемом, основанным на том, что все токи и напряжения в схеме пропорциональны питающему напряжению V_+ , то есть принципиальное функционирование узла будет возможно даже при снижении его в несколько раз.

Практически такую проверку осуществляют следующим образом. Отключают вывод питания ТДКС V_+ от схем питания на печатной плате, разорвав соответствующую перемычку в этой цепи, или выпаяв, обычно имеющийся в цепи питания выходного каскада дроссель фильтра. Затем подключают его к источнику питания с напряжением 12 - 24 В. Этим достигается эффект снижения во много раз рассеиваемой на транзисторе мощности, - она будет ниже допустимой даже при работе на ТДКС с короткозамкнутыми витками. Затем включают питание и осциллографом контролируют форму сигнала на коллекторе ключевого транзистора - она должна быть похожей на изображенную на рис. 1.41 справа, то есть, должны присутствовать импульсы обратного хода в виде узких положительных полувольт синусоиды.

Если на рассматриваемой картине в промежутках между импульсами обратного хода присутствуют другие сигналы, напоминающие колебания, это свидетельствует о наличии короткозамкнутых витков в одной из обмоток ТДКС или недостаточном насыщении тока в базе ключевого транзистора.

Несмотря на сильные в этом случае искажения сигналов можно, измеряя осциллографом их амплитуду и полярность на всех обмотках, восстановить коэффициенты трансформации в обмотках, что поможет в дальнейшем при подборе аналога для замены ТДКС.

Замена ТДКС при наличии запасного не представляет сложности, но необходимо помнить, что после замены следует сделать контрольное измерение высокого напряжения, чтобы убедиться в отсутствии его превышения.

Подбор аналогов при замене ТДКС представляет большую сложность в случае ремонта ВМ типа VGA, SVGA, так как их параметры, такие как коэффициент трансформации обмотки высокого напряжения, величина собственной емкости обмоток, а также возможность работы на повышенных частотах, не позволяют найти даже похожий вариант из серии телевизионных. В случае ремонта ВМ типа CGA и EGA такой подбор в большинстве случаев возможен.

При повреждении ключевого транзистора и последующей его замене, если отсутствует оригинальный, следует проявлять осторожность, особенно в случае ВМ, работающих на повышенных частотах строчной развертки. Подбор аналога при замене производят с учетом максимального импульсного напряжения на коллекторе, максимального тока коллектора и времени включения/выключения (предельной рабочей частоты), а также максимальной рассеиваемой мощности.

После замены проверяют интенсивность разогрева радиатора ключевого транзистора и, если в течение 10 мин после включения в рабочем режиме температура будет выше нормальной (40 - 60 °С), то заменяют транзистор на другой, более подходящий. Естественно, это относится к случаю исправности всех деталей узла СР. Если Вы не уверены в отсутствии других, еще не проявившихся неисправностей в узле СР и других, например БП, УУ, можно несколько облегчить режим работы выходного каскада снижением амплитуды импульса обратного хода на коллекторе ключевого транзистора, подпаяв дополнительный конденсатор емкостью 2000 - 6000 пФ и высоким рабочим напряжением, в зависимости от типа ВМ, между его коллектором и эмиттером.

Для схем на рис. 1.47 и 1.48 использовать такой прием нет смысла, так как аналогичный результат получается при изменении настройки соответствующих подстроенных резисторов. В любом случае такие приемы позволяют проводить поиск неисправностей в режиме близком к рабочему, что облегчает их нахождение наблюдением сигналов осциллографом и измерением напряжений вольтметром.

Попутно следует отметить, что возможность работы силовых схем узла СР во многом определяется УУ и схемами защит. Для проведения проверки работоспособности в целом узла СР можно временно блокировать некоторые сигналы, предварительно обеспечив вышеописанными методами выход из режимов перегрузки для силовых элементов.

После обеспечения возможности принципиальной работы узла СР производится проверка остальных частей схем во всех допустимых для данной модели ВМ режимах совместно с компьютером. При этом проверяют работу схем защиты, возможность переключения режимов работы и действие транзисторных ключей в схемах коррекции линейности, прохождение сигналов через схемы и элементы схем регулировки размера строк.

Найденные при этом неисправности устраняют заменой соответствующих элементов, после чего производят восстановление схемы, т.е. снимают установленные во время проверки конденсаторы, устанавливают выпаянные перемычки и т.д. На окончательном этапе производят проверку действия всех органов управления на передней панели ВМ и регулировку необходимых подстроечных элементов на плате. Необходимым этапом проверки узла СР является контроль теплового режима ключевого транзистора,

желательно в течение одного часа.

В заключение следует кратко остановиться на работах по замене ЭЛТ. Такая необходимость возникает крайне редко, так как ЭЛТ представляет собой изделие, выполненное по технологии изготовления электровакуумных приборов и имеет высокую надежность. На практике очень редко бывают случаи потери эмиссии в электронных пушках даже после длительного срока эксплуатации. Однако такая необходимость все же встречается, например, в случае неосторожного обращения или механических повреждений.

Замена ЭЛТ в случае установки той же марки не представляет сложности, но при наличии другого типа может вызвать большие трудности. Сложности обусловлены в большей степени отличием в параметрах применяемых отклоняющих систем, а именно, индуктивности катушек, необходимого количества ампервитков и К.П.Д. системы. В моделях ВМ с индексом LR, что означает Low Radiation часто применяются ЭЛТ с ОС, имеющей высокий К.П.Д, что приводит к снижению мощности, потребляемой выходным каскадом СР. По этой причине замена такой ЭЛТ на более старый тип может привести к перегрузке ключевых элементов в выходном каскаде или недопустимой перегрузке ИП. Такая перегрузка может проявиться косвенно через повышение рабочей температуры силовых элементов из-за малых размеров радиаторов охлаждения, что приведет, например, к ухудшению надежности транзисторов вследствие снижения их предельных параметров с ростом температуры корпуса.

Кроме того, потребуются изменения в цепях коррекции линейности, управления размером строк и уточнение величины емкости, определяющей длительность обратного хода.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что установка ЭЛТ другого типа не всегда может быть успешной и надо стремиться найти для замены оригинальную трубку.

В этом разделе использована информация из [3].

Контрольные вопросы.

1. Каковы требования, предъявляемые к источникам питания ВМ?
2. Охарактеризуйте принцип работы схемы импульсных трансформаторных конверторов с "прямым включением диодов на выходе.
3. Что дает применение в ИП ВМ ключей на полевых транзисторах и выпрямительных диодов Шоттки?
4. Каковы особенности трансформаторов ИП ВМ?
5. Опишите типичную блок-схему импульсного ИП ВМ.
6. Какие номиналы напряжений вырабатывает ИП ВМ?
7. Опишите входную часть импульсного ИП ВМ.
8. Для чего нужен сетевой фильтр в импульсном ИП ВМ?
9. Каково назначение термистора в ИП ВМ?
10. Дайте краткое описание принципа работы схемы ИП для ВМ типа EGA.
11. Опишите работу схемы ИП ВМ, выполненную на биполярных транзисторах.
12. Опишите схему ИП с полевым ключевым транзистором и микросхемой UC3842.
13. Опишите работу полной схемы ИП ВМ Acer 7134, использующей ИС UC3842.
14. Какие значения может принимать величина напряжения В+ и чем она определяется в ИП ВМ Acer 7134?
15. Какие предварительные проверки ИП ВМ осуществляются перед его ремонтом?
16. Что надо делать при обнаружении неисправности в ключевом транзисторе?
17. Что необходимо учитывать при подборе аналогов ключевых транзисторов?
18. Каковы особенности проверки ИП ВМ после проведения его ремонта?
19. Что делают на этапе окончательной проверки ИП?
20. Какие задачи решает узел управления ВМ?
21. От чего зависит схемотехника УУ ВМ?
22. Откуда и как УУ получает информацию для своей работы?
23. Охарактеризуйте схему УУ для ВМ типа CGA/EGA.
24. Опишите работу схемы задающего генератора строчной развертки ВМ типа EGA.
25. Охарактеризуйте схему узла управления ВМ типа ACERVIEW 7134T.
26. Охарактеризуйте схему УУ монохромного ВМ NTT VM-340.
27. Каковы особенности использования в УУ ВМ микропроцессоров?
28. Охарактеризуйте фрагмент схемы УУ для ВМ типа HIGHSCREEN- VS-1575P.
29. Сформулируйте основные рекомендации по ремонту УУ.
30. Каковы характерные признаки дефектов УУ, выявляемых при тестировании ВМ?
31. Как производится диагностика УУ, выполненных на базе МП?
32. Каковы требования, предъявляемые к входным устройствам ВМ?
33. Охарактеризуйте основные стандарты подключения ВМ к компьютеру.
34. Охарактеризуйте узел обработки видеосигналов для ВМ типа CGA.

35. Охарактеризуйте узел обработки видеосигналов для ВМ типа EGA.
36. Охарактеризуйте узел обработки видеосигналов для ВМ типа VGA и SVGA.
37. Охарактеризуйте узлы обработки видеосигналов монохромных ВМ.
38. Охарактеризуйте видеоусилитель монохромного ВМ "Электроника МС 6105".
39. Охарактеризуйте схему узла видеоусилителя монохромного ВМ типа (VGA) NTT VM-340.
40. Охарактеризуйте схемы подключения ЭЛТ.
41. Охарактеризуйте первый этап проверки узла обработки видеосигналов.
42. Каковы типичные признаки неисправности узла обработки видеосигналов, выявляемые по тестам?
43. Регулировку и оценку каких параметров узла обработки видеосигналов должны обеспечить тестовые программы?
44. Какие неисправности узла обработки видеосигналов могут быть выявлены при проверке по тестам?
45. Дайте общую характеристику узла кадровой развертки.
46. Охарактеризуйте узел кадровой развертки ВМ типа EGA.
47. Охарактеризуйте узел кадровой развертки ВМ ACERVIEW-7134T.
48. Охарактеризуйте узел развертки ВМ типа, выполненный на микросхеме TDA1675.
49. Охарактеризуйте схему узла КР монохромного ВМ типа NTT-VM 340.
50. Каковы признаки дефектов в узле КР?
51. Кратко охарактеризуйте методику отыскания и устранения неисправностей в узле КР.
52. Охарактеризуйте назначение узла строчной развертки.
53. Кратко опишите принцип работы ЭЛТ.
54. Как осуществляется отклонение электронного луча в пределах всего экрана ЭЛТ?
55. Какие факторы мешают получить прямоугольный растр?
56. Где в основном концентрируется и для чего используется энергия магнитного поля катушек отклонения?
57. Какова мощность электронных лучей цветных ЭЛТ?
58. Какая часть мощности, потребляемой монитором, рассеивается в блоке строчной развертки?
59. Опишите идеализированную схему получения пилообразного тока строчной развертки.
60. Опишите работу схемы симметричного ключа из транзистора и диода.
61. Охарактеризуйте реальную схему выходного каскада строчной развертки с симметричным ключом.
62. Охарактеризуйте трансформатор диодно-каскадный строчный (ТДКС).
63. Каково назначение конденсатора Ср в схеме строчной развертки (Рис. 1.42) и из каких условий выбирается величина его емкости?
64. Каковы причины несимметричных искажений в схемах СР и как с ними борются?
65. Где и для чего используется РЛС?
66. Как можно осуществить регулировку размера строк?
67. Охарактеризуйте принцип работы схемы выходного каскада СР с диодным модулятором.
68. Охарактеризуйте два основных способа построения узлов СР для ВМ.
69. Охарактеризуйте схему СР монохромного ВМ типа (VGA) NTT VM-340.
70. Охарактеризуйте высоковольтную часть схемы СР ВМ типа EGA TVM MD-7.
71. Охарактеризуйте схему СР, не использующую ТДКС для получения пилообразного тока горизонтальной развертки.
72. Охарактеризуйте схему СР для ВМ ACERVIEW 7134T.
73. Какова особенность управления запирающим ключевым транзистором в схеме СР для ВМ ACERVIEW 7134T?
74. С чего начинается диагностика узла СР?
75. Как можно проверить "подозрительный" ТДКС в активном режиме?
76. Почему трудно найти аналоги ТДКС?
77. В чем заключается специфика работ, связанных с заменой ЭЛТ?

2. УСТРОЙСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО РС.

Основным устройством отображения информации является традиционный монитор на основе ЭЛТ, принципы работы и ремонта которого были рассмотрены в первой главе, а особенности и характеристики будут представлены в разд. 2.1. Однако в последнее время бурно развиваются новые технологии, благодаря которым появились устройства отображения иного типа:

- плоскпанельные жидкокристаллические (ЖК) мониторы, или LCD-мониторы (LCD - *Liquid Crystal Display* — дисплей на жидких кристаллах);
- плоскпанельные мониторы, основанные на перспективных технологиях: плазменные, электролюминесцентные, мониторы с электростатической эмиссией, органические светодиодные мониторы и др.;
- мультимедийные проекторы для РС на основе ЖК-экранов;
- устройства формирования трехмерных изображений: трехмерные очки, шлемы виртуальной реальности и др.

Основным конкурентом традиционных мониторов на основе ЭЛТ являются плоскпанельные ЖК-мониторы. Впервые появившись в составе портативных РС типа *Notebook*, эти мониторы стали самостоятельными устройствами отображения информации. Кроме того, миниатюрные ЖК-мониторы широко используются в качестве составных элементов других устройств: цифровых видеокамер, устройств формирования трехмерных изображений, мультимедийных проекторов и т.п.

Успехи в технологии ЖК-экранов позволили создать проекционные устройства, подключаемые к РС и предназначенные для отображения компьютерных изображений на большом экране или потолке помещения. Подобные проекционные устройства используются для презентаций и развлечений, в процессе обучения и т.п.

Устройства формирования объемных изображений в основном предназначены для мультимедийного применения. Эта относительно самостоятельная группа аппаратных средств широко используется в новой области мультимедиа, называемой *виртуальной реальностью*.

В настоящее время основную долю рынка по-прежнему составляют традиционные мониторы на основе ЭЛТ. Поэтому в первую очередь уделим внимание именно таким мониторам.

2.1. Мультимедийные мониторы на основе ЭЛТ

Итак, что же такое *мультимедийный монитор* и каким требованиям он должен удовлетворять?

Для того чтобы происходящие на экране монитора события воспринимались пользователем как реальные, монитор должен:

- обеспечивать перекрытие поля зрения оператора;
- формировать изображение высокого качества;
- иметь встроенную акустическую систему.

Формальным признаком мультимедийности монитора принято считать наличие встроенной акустической системы. Однако реалистичное изображение на его экране все же играет первоочередную роль. Реализм происходящих событий определяется, во-первых, размерами изображения и, во-вторых, его качеством. Сравните свои впечатления от просмотра кинофильма на большом экране и по телевизору. Различие в восприятии обусловлено отсутствием в кинозале отвлекающих факторов и высоким качеством изображения и звука, чего трудно добиться в домашних условиях.

Чтобы создать подобный эффект, экран мультимедийного монитора должен максимально перекрывать поле зрения пользователя. Если это условие не выполняется, не перекрытой остается зона бокового зрения. Это приводит к тому, что отображаемая на экране монитора информация будет восприниматься пользователем на «фоне» многочисленных отвлекающих факторов. В результате компьютерный мир будет виден как бы через «окно» даже в том случае, когда в этом «окне» изображение очень высокого качества. Это особенно важно в игровых приложениях, когда оператор сосредоточен не столько на смысле воспринимаемой информации, сколько на форме ее представления.

Для того чтобы создать иллюзию проникновения внутрь виртуального пространства, необходимо увеличить угловые размеры монитора и в первую очередь - по горизонтали. Это можно сделать двумя способами.

1. Увеличить ширину экрана монитора, т. е. изменить соотношение длин его сторон с 4:3 на 16:9, используемое в широкоформатном кино и телевидении высокой четкости (ТВВЧ). Однако пока реализация этого способа затруднена из-за технологических проблем производства кинескопов данного формата.

2. Искусственно отсечь мешающий фон либо путем затемнения зоны периферического зрения или приближения изображения к глазу, либо путем комбинации этих методов. Такой подход реализован в шлемах виртуальной реальности (кибер-шлемах), в которых желаемый «эффект проникновения» достигается

за счет искусственного ограничения поля зрения человека размерами экрана монитора. Однако при этом возникает негативный эффект «туннельного зрения», когда наблюдаемая картинка кажется расположенной в конце длинного темного туннеля.

Таким образом, мультимедийность монитора определяется степенью соответствия его параметров физиологическим характеристикам зрения человека. Именно с этой точки зрения и рассмотрим характеристики монитора.

2.1.1. ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНА ЗРЕНИЯ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОНИТОРА

Строго говоря, монитор любого РС (мультимедийного, офисного, домашнего, рабочей станции) должен удовлетворять большинству из тех требований, о которых речь пойдет ниже. Основная цель этих требований - создать на экране монитора изображение такого качества, которое обеспечит максимальную комфортность работы и снизит утомляемость глаз оператора. Очевидно, что такие свойства должен иметь монитор любого компьютера. Однако для монитора мультимедийного РС выполнение этих требований особенно важно, так как некачественное изображение значительно затрудняет решение главной задачи - создание иллюзии реальности происходящих на экране монитора событий.

Для того чтобы правильно выбрать мультимедийный монитор, необходимо знать оптимальные значения его основных технических параметров, зависящих от соответствующих характеристик органа зрения:

- размеры экрана (определяются размерами поля зрения);
- разрешающую способность (определяется остротой зрения);
- размер палитры, или цветность (зависит от особенностей цветоощущения);
- параметры развертки (определяются инерционностью зрения).

Рассмотрим более подробно эти характеристики монитора и их зависимость от соответствующих характеристик органа зрения.

2.1.1.1. Размеры поля зрения и размеры экрана монитора

Размеры поля зрения определяют границы пространства, в которых человек, зафиксировав глаз на определенной точке, с заданной степенью четкости различает форму и цвета окружающих предметов. Для количественного описания размеров этой области используют угловые единицы. Обычно размеры поля зрения указываются в градусах по вертикали и горизонтали (рис. 2.1), иногда используется интегральная величина — *телесный угол*, измеряемый встерадианах.

Очевидно, что размеры поля зрения оператора определяют оптимальные размеры экрана монитора, необходимого для обеспечения удобной и комфортной работы.

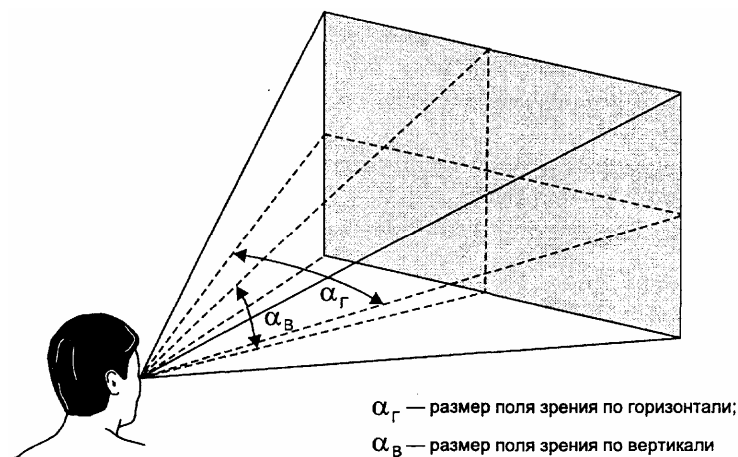


Рис. 2.1. Размеры поля зрения человека

Поле зрения человека бывает *монокулярным* и *бинокулярным*. *Поле монокулярного зрения* называется область пространства, одновременно воспринимаемая неподвижным глазом, зафиксированным в определенной точке. Монокулярное зрение характеризуется способностью различать объекты в плоскости, перпендикулярной линии визирования. Если наложить друг на друга поля монокулярного зрения каждого из глаз, то область перекрытия этих полей даст *поле бинокулярного зрения* (рис. 2.2). Бинокулярное зрение позволяет человеку воспринимать глубину объектов, т. е. определять их размеры вдоль линии визирования. В общем случае границы поля зрения сильно зависят от размеров тестовых объектов, их цвета, расстояния до точки фиксации и др.

Если в качестве критерия использовать разрешающую способность глаза, то поле бинокулярного зрения человека можно условно разбить на три неравноценные по размерам зоны (рис. 2.3):

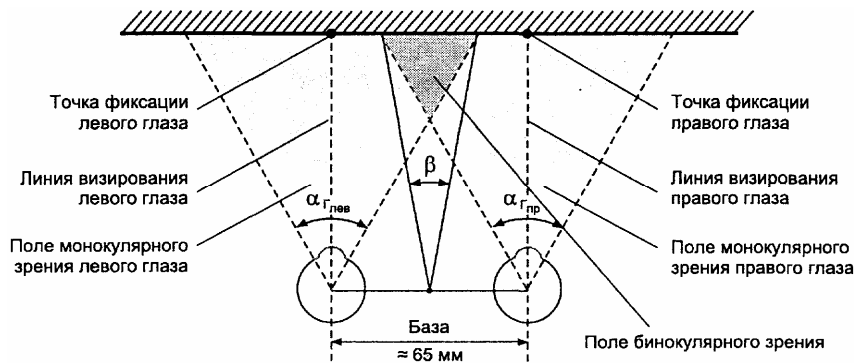


Рис. 2.2. Поля моно- и бинокулярного зрения человека

- центрального зрения (около 2° по горизонтали и вертикали);
- относительно ясного видения (около 30° по горизонтали и 20° по вертикали);
- периферического зрения (примерно 120° по горизонтали и 110° по вертикали).

В последней зоне человек не в состоянии распознать объекты, но воспринимает их цвет и перемещение. Первая зона - это зона наивысшего внимания, участок рассматривания (например, слова при чтении). Наиболее важными для оператора РС являются границы второй зоны, так как именно здесь сосредоточена основная часть воспринимаемой информации.

Определим угловые размеры экрана современных мониторов на расстоянии $R = 70...100$ см от глаз. Поскольку у монитора РС отношение ширины экрана L к его высоте H постоянно и равно 4:3, вместо двух размеров достаточно задать только один. По сложившейся традиции, в качестве размера экрана монитора используют длину диагонали его экрана D , выраженную в дюймах.

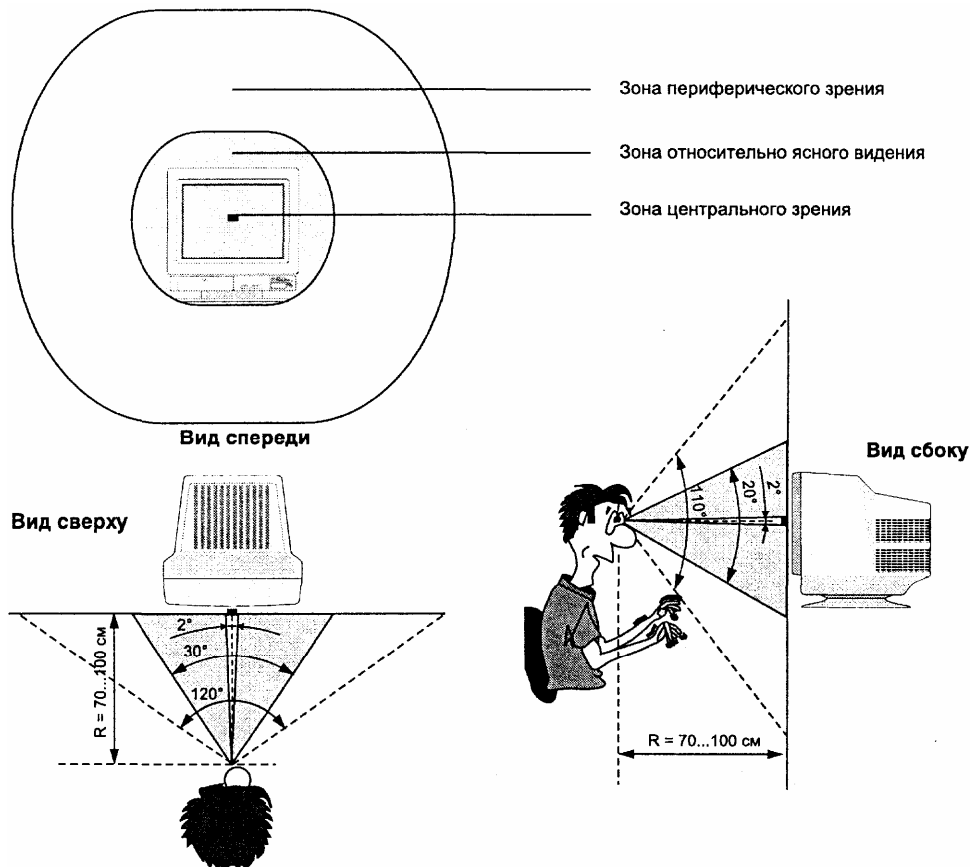


Рис. 2.3. Зоны бинокулярного зрения оператора

Существует несколько типовых размеров экрана мониторов для РС: 14 дюймов (обозначается 14"), 15", 17", 20" и 21". К сожалению, мониторы различных производителей с экраном одинакового размера могут значительно различаться фактическим размером формируемого раstra (это особенно характерно для дешевых моделей 15-дюймовых мониторов). Поэтому, помимо размера экрана монитора, дополнительно указывают размер его видимой области $D_{\text{вид}}$ (т. е. размер раstra), который немного меньше. Например, у

мониторов с диагональю 17" размер видимой области экрана обычно составляет (15,2—16,0)". Если известна $D_{\text{вид}}$, то линейные размеры этой области $L \times H$ определяются следующим образом (рис. 2.4, а):

$$L = D_{\text{вид}} \cos (\arctg \frac{3}{4}),$$

$$H = D_{\text{вид}} \sin (\arctg \frac{3}{4}).$$

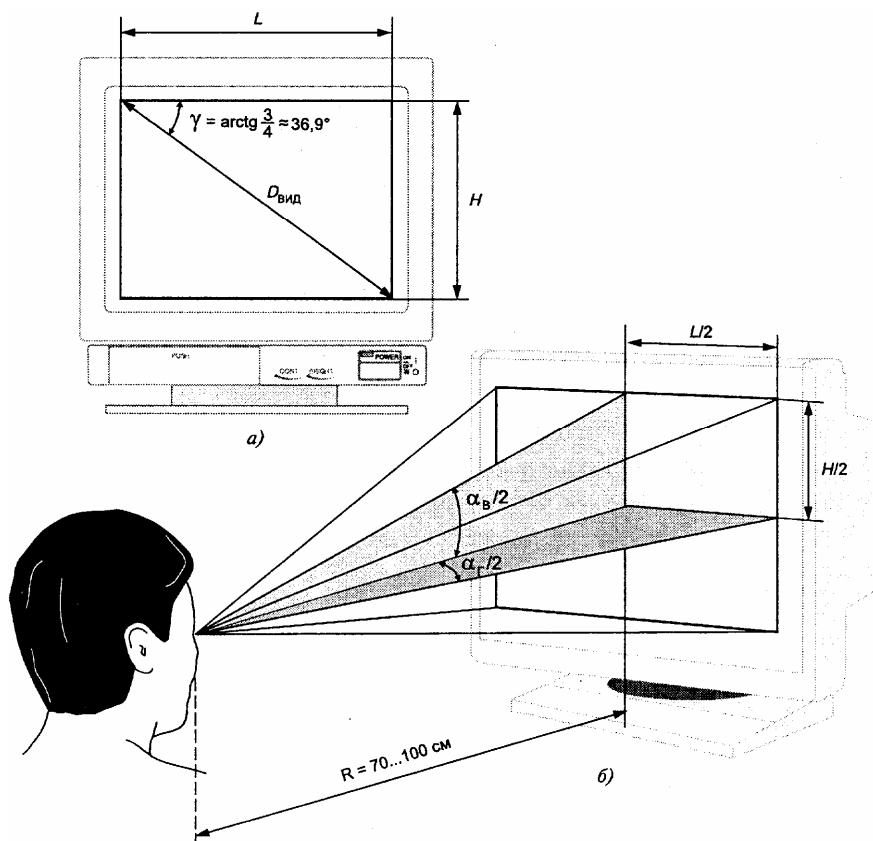


Рис. 2.4. Линейные и угловые размеры экрана монитора

Угловые размеры видимой области экрана монитора $\alpha_r \times \alpha_b$ на расстоянии R легко определить по его линейным размерам $L \times H$ (рис. 2.4, б):

$$\alpha_r = 2 \arctg (L/(2 \times R)),$$

$$\alpha_b = 2 \arctg (H/(2 \times R)).$$

Результаты вычислений по приведенным формулам представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Линейные и угловые размеры видимой области экрана монитора

Размер экрана D , дюймы	Размер видимой области $D_{\text{вид}}$, дюймы	Линейные размеры видимой области $L \times H$, мм	Угловые размеры видимой области $\alpha_r \times \alpha_b$, град.	
			на расстоянии 0,7 м	на расстоянии 1,0 м
14	13,0	265×198	21,4×16,1	15,1×11,3
15	13,9	283×212	22,9×17,2	16,1×12,1
17	16,0	328×242	26,4×19,6	18,6×13,8
20	19,1	388×292	31,0×23,6	22,0×16,6

Примечание. Цифры, приведенные во второй колонке таблицы, соответствуют мониторам со средним размером видимой области экрана.

Из табл. 2.1 следует, что мониторы с экраном размером 17" и 20" обеспечивают практически полное перекрытие зоны относительно ясного видения (особенно на расстоянии 0,7 м). Благодаря этому изображенная на экране монитора информация воспринимается оператором более естественно и

вытесненные в зону периферийного зрения посторонние объекты практически не отвлекают его внимания. Поэтому такие мониторы можно использовать в качестве мультимедийных.

Мониторы с экраном размером 15" перекрывают зону относительно ясного зрения на 80—90%. В настоящее время такими мониторами оснащается подавляющее большинство домашних РС. Они обеспечивают приемлемое качество изображения в мультимедийных и типовых офисных приложениях, для работы на которых достаточно разрешения 800×600 или 1024×768 пикселей. Что же касается 14-дюймовых мониторов, то они морально устарели, поскольку размеры видимой области их экрана составляют не более 50% от требуемых. Эти мониторы малопригодны не только для решения мультимедийных задач, но и вообще для работы в графическом режиме.

Следующим важным параметром монитора является разрешение изображения на его экране, или просто разрешение монитора. Этот технический параметр определяется такой физиологической характеристикой глаза, как *острота зрения*.

2.1.1.2. Острота зрения и разрешение монитора

Как уже отмечалось в разделе 1.1.6, под разрешением изображения понимается количество содержащихся в нем элементов — пикселей. В свою очередь, минимально допустимые размеры пикселя определяются разрешающей способностью глаза. *Разрешающая способность глаза* определяется минимальным углом наблюдения $\varphi_{\min}$ (рис. 2.5), при котором две черные линии на белом фоне различаются с заданной вероятностью.

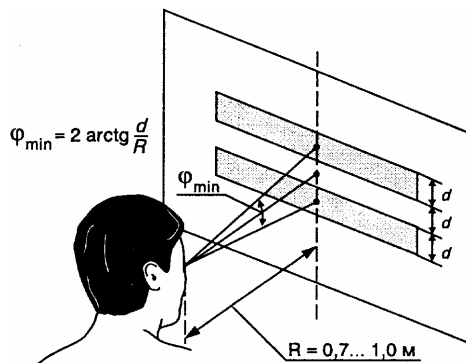


Рис. 2.5. Определение разрешающей способности глаза

Величина, обратная разрешающей способности глаза, называется *остротой зрения* $S_{\text{зр}}$, и вычисляется по формуле

$$S_{\text{зр}} = 1/\varphi_{\min}.$$

Результаты многочисленных исследований показали, что в среднем разрешающая способность глаза составляет 0,5—1'. Физически острота зрения определяется геометрическими размерами зрительных анализаторов — палочек и колбочек, расположенных на сетчатке глаза.

Очевидно, что угловой размер пиксела на экране монитора не должен быть меньше угла наблюдения $\varphi_{\min}$ так как в противном случае мелкие детали изображения будут неразличимы. С другой стороны, пиксел нельзя делать слишком большим, поскольку дискретная (растровая) структура изображения станет заметной. Оптимальным пикселем считается пиксел с угловым размером около 1,5'.

Определим угловой размер пиксела для различных разрешений и размеров экрана, используя данные, приведенные в табл. 2.1. Допустим, что пиксел квадратный. Поэтому ограничимся указанием только одного размера (например, по горизонтали). Если угловой размер каждого пиксела $\varphi_{\text{пкс}}$ в строке одинаков, то при разрешении $N \times M$ и угловых размерах экрана $\alpha_{\text{г}} \times \alpha_{\text{в}}$ он составит

$$\varphi_{\text{пкс}} = \alpha_{\text{г}}/N.$$

Результаты расчета $\varphi_{\text{пкс}}$ приведены в табл. 2.2:

Таблица 2.2. Угловой размер пиксела (угл. мин) в зависимости от размера экрана и разрешения

Размер экрана, дюймы	Разрешение				
	640×480	800×600	1024×768	1280×1024	1600×1200
14	1,98/1,44	1,56/1,14	1,26/0,90	—	—
15	2,1/1,5	1,68/1,20	1,32/0,96	1,08/0,78	—
17	2,46/1,74	1,98/1,38	1,56/1,08	1,26/0,90	—
20	2,88/2,04	2,28/1,68	1,80/1,26	1,44/1,02	1,14/0,84

Примечание. В числителе приведено значение для расстояния от глаза до экрана 0,7 м, в знаменателе — 1 м.

Полученные данные позволяют определить размер и разрешение экрана, при которых угловой размер пиксела будет наилучшим образом соответствовать разрешающей способности глаза (т. е. составит около 1,5'). Ячейки табл. 2.2, содержащие значения, удовлетворяющие этому требованию, выделены серым цветом. При использовании пикселей, размер которых превышает 1,5', повышается зернистость изображения. Использование пикселей меньшего размера также неразумно: отдельные фрагменты изображения (например, шрифты и значки в Windows) станут слишком мелкими. В этом случае оператору придется напрягать зрение, что приведет к быстрому переутомлению.

Помимо размера пиксела, который формируется программно, путем задания соответствующего режима работы видеоадаптера, большое влияние на качество изображения оказывает размер зерна люминофора, характеризуемый параметром *dot pitch* (шаг точки, или расстояние между точками). Этот термин имеет неоднозначное толкование и зачастую является предметом рекламных спекуляций, поэтому параметр *dot pitch* рассмотрим более подробно.

2.1.1.2.1. ПАРАМЕТР DOT PITCH

Как следует из названия, параметр *dot pitch* обозначает не размер триады люминофора, а расстояние между соседними зернами люминофора одинакового цвета. Это расстояние равно расстоянию между соседними отверстиями цветоделительной маски ЭЛТ. В результате конкретное числовое значение параметра *dot pitch* зависит от:

- конструкции ЭЛТ в целом и ее цветоделительной маски в частности;
- направления, в котором определяется расстояние между зернами люминофора.

В современных мониторах PC используются ЭЛТ четырех типов:

- с *теневого маски* (*shadow mask*) и дельтообразным расположением электронных пушек — наиболее распространенные ЭЛТ, имеющие значение параметра *dot pitch* 0,27–0,28 мм;
- с *улучшенной теневой маской* (*tri dot*) и планарным расположением электронных пушек, обеспечивающие повышенное разрешение; такими ЭЛТ оснащены мониторы фирмы Hitachi; значение параметра *dot pitch* составляет 0,25–0,26 мм;
- с *щелевой маской* (*slot mask*); этот тип ЭЛТ, широко используемый в телевизорах, применяется в мониторах фирмы NEC и носит название Cromaclear; значение параметра *dot pitch* составляет 0,24—0,25 мм;
- с *апертурной решеткой* (*Aperture Grill*, или AG), к которым относятся ЭЛТ типа Trinitron фирмы Sony, DiamonTron фирмы Mitsubishi и SonicTron фирмы ViewSonic; значение параметра *dot pitch* составляет 0,25 мм;

Основные особенности конструкции ЭЛТ указанных типов, за исключением второго, были рассмотрены в разд. 1.1.

2.1.1.2.1.1. ЭЛТ с теневой маской

ЭЛТ с теневой маской оборудовано подавляющее большинство современных мониторов. Экран такой ЭЛТ изнутри покрыт круглыми зернами люминофора, объединенными в симметричные триады. Для таких ЭЛТ в качестве параметра *dot pitch* приводится расстояние по диагонали между зернами одного цвета соседних триад (рис. 2.6, *а*). Обычно оно составляет 0,28 мм, расстояние по вертикали составляет также 0,28 мм. Зерно люминофора имеет форму круга диаметром 0,14 мм. Такая форма и расположение зерен позволяют примерно с одинаковым качеством формировать прямые и наклонные линии на экране монитора. Поэтому мониторы с ЭЛТ с теневой маской используются в инженерных приложениях: системах автоматизированного проектирования (САПР), программах построения графиков и диаграмм и т. п. Недостатками ЭЛТ с теневой маской являются невысокая прозрачность маски и, как следствие, сравнительно низкая яркость и цветовая насыщенность изображения.

2.1.1.2.1.2. ЭЛТ с улучшенной теневой маской

ЭЛТ с улучшенной теневой маской разработана фирмой Hitachi. Для повышения разрешения изображения и улучшения световой отдачи экрана в ЭЛТ данного типа используются не круглые, а вытянутые по вертикали зерна люминофора (рис. 2.6, *б*). Использование зерен такой формы позволило уменьшить расстояние между ними по горизонтали до 0,21—0,23 мм. Таким образом, расстояние по диагонали между соседними зернами одного цвета составило 0,26 мм. В результате отрезки, соединяющие центры зерен триады, образуют уже не равносторонний, а равнобедренный треугольник. Поэтому для таких ЭЛТ значение параметра *dot pitch* указывают не только по горизонтали, но и по вертикали. На практике же фирмы, торгующие компьютерным оборудованием, в рекламных целях зачастую указывают только одно (по горизонтали) значение 0,21—0,23 мм, выгодно отличающее мониторы с такой ЭЛТ от обычных. Действительно, ЭЛТ с улучшенной теневой маской обеспечивают более высокое разрешение, чем обычные ЭЛТ, но только по горизонтали. Различие в значениях параметра *dot pitch* у них составляет не более 0,01—0,02 мм, а не 0,07 мм, как это оказывается при сравнении значений соответствующих параметров из

рекламных проспектов. Иногда современные ЭЛТ фирмы Hitachi обозначаются как EDP CRT (*Enhanced Dot Pitch CRT*— ЭЛТ с улучшенным зерном, или ЭЛТ с улучшенным разрешением).

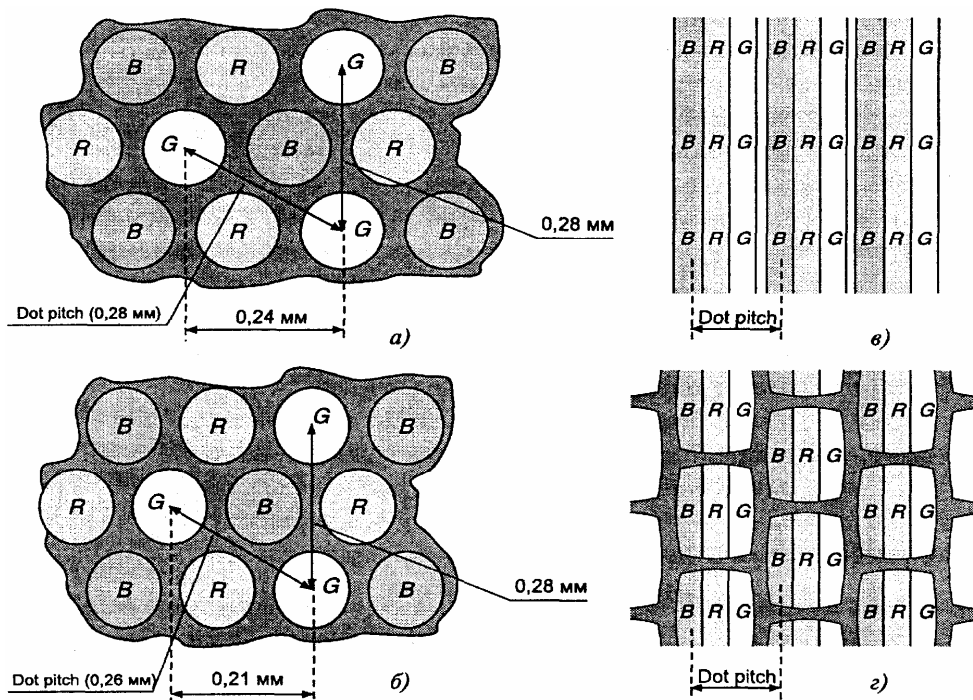


Рис. 2.6. Трактовка параметра dot pitch для ЭЛТ различных типов

Поскольку в ЭЛТ рассмотренных типов цветоделительная маска представляет собой набор отверстий, или точек (круглых или овальных), параметр dot pitch для них принято переводить буквально — *шаг точки*.

2.1.1.2.1.3. ЭЛТ со щелевой маской и апертурой решеткой

ЭЛТ с апертурной решеткой (рис. 2.6, в) и со щелевой маской (рис. 2.6, г) имеют люминофорное покрытие в виде сплошных вертикальных полос. Для них параметр dot pitch трактуется как расстояние по горизонтали между соседними полосами одного цвета и переводится как *шаг полосы*. Типичное значение dot pitch для ЭЛТ данного типа 0,25 мм; значение параметра по вертикали не указывается (теоретически в ЭЛТ с апертурной решеткой оно равно нулю).

Поскольку щелевая маска и особенно апертурная решетка обладают значительно более высокой прозрачностью для электронов, нежели теневая маска, ЭЛТ на их основе обеспечивают более высокую яркость и цветовую насыщенность изображения по сравнению с обычными ЭЛТ. По этой причине современные ЭЛТ фирмы NEC носят название ChromaClear — чистый цвет. Монитор на основе ЭЛТ с апертурной решеткой идеален для решения мультимедийных задач, а также для работы с настольными издательскими системами, требующими точной передачи цвета. Однако линейчатая структура люминофорного покрытия не позволяет четко отобразить наклонные линии и другие геометрические фигуры, поэтому подобные мониторы лучше не использовать для решения задач инженерной графики.

Более универсальными являются ЭЛТ со щелевой маской, в которой отверстия расположены в шахматном порядке. Такая ЭЛТ, наряду с высокой яркостью и чистотой цвета, позволяет четче отображать наклонные линии, чем ЭЛТ с апертурной решеткой.

Для краткости в дальнейшем вместо термина dot pitch будем использовать термин *размер зерна* или *зерно*, понимая под ним то расстояние, которое для каждого типа ЭЛТ определяется согласно рис. 2.6.

Для современных мониторов размер зерна люминофора не должен превышать 0,28 мм. При этом угловой размер зерна составит около 1' на расстоянии 1 м от экрана и 1,4' — на расстоянии 0,7 м. Поскольку эти значения лежат на границе разрешающей способности глаза, зернистая структура экрана монитора оказывается практически не заметной для оператора.

2.1.1.2.2. МАКСИМАЛЬНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ МОНИТОРА

Как уже отмечалось в разд. 1.1.6, размер зерна определяет минимально возможный размер пиксела, или, что то же самое, максимальное разрешение экрана монитора. Это разрешение легко определить, разделив размеры рабочей области экрана (ширину и высоту) на размер пиксела. С другой стороны, разделив ширину рабочей области экрана на желаемое разрешение по горизонтали, можно определить необходимый для такого разрешения размер пиксела. В табл. 2.3 представлены результаты расчетов для типовых размеров экрана монитора и различных разрешений.

Поскольку пиксел изображения не может быть меньше, чем зерно люминофора, табл. 2.3 позволяет

определить максимально допустимый размер зерна люминофора, необходимый для обеспечения заданного разрешения монитора с экраном данного размера. Другими словами, размер зерна люминофора для выбранных размера экрана монитора и разрешения не должен превышать значения, указанного в табл. 2.3. Ячейки таблицы, содержащие значения, удовлетворяющие этому условию, выделены серым цветом. Таким образом, приведенные в табл. 2.3 данные позволяют определить максимальное разрешение, допускаемое конструкцией монитора.

Таблица 2.3. Размер пиксела, мм, для различных размеров экрана и разрешений

Размер экрана, дюймы	Разрешение				
	640×480	800×600	1024×768	1280×1024	1600×1200
14	0,41	0,33	0,26	0,21	0,17
15	0,44	0,35	0,28	0,22	0,18
17	0,51	0,41	0,32	0,26	0,21
20	0,61	0,49	0,38	0,31	0,25

2.1.1.2.2.1. 14-дюймовые мониторы

Рассмотрим мониторы с экраном размером 14". Размер зерна изменяется для них в довольно широком диапазоне: 0,27—0,39 мм. Если вы используете старый монитор с зерном 0,39 мм, то единственно приемлемым будет разрешение 640×480. Если зерно составляет 0,31 мм, то лучше всего установить разрешение 800×600. Если же размер зерна составляет 0,27—0,28 мм (у современных моделей 14-дюймовых мониторов), то можно установить разрешение 1024×768. Однако работать длительное время при таком разрешении довольно тяжело, так как отдельные элементы изображения (например, шрифты) становятся настолько мелкими, что приходится постоянно напрягать зрение, чтобы их рассмотреть. В результате глаза быстро переутомляются. Наиболее подходящим разрешением для 14-дюймовых мониторов с зерном 0,27—0,31 мм является 800×600.

2.1.1.2.2.2. 15-дюймовые мониторы

Мониторы с экраном размером 15" имеют зерно не более 0,28 мм, поэтому реально могут обеспечить разрешение до 1024×768. Некоторые модели 15-дюймовых мониторов имеют достаточно широкую полосу пропускания видеотракта (до 90 МГц) и высокую частоту строчной развертки (до 60 кГц), что позволяет им поддерживать даже разрешение 1280×1024. Однако качество изображения при таком разрешении по указанным выше причинам резко падает, поэтому большого практического значения для 15-дюймового монитора возможность поддержки такого разрешения не имеет. Это тем более справедливо, поскольку не все мониторы, причисляемые производителями к разряду 15-дюймовых, имеют соответствующий размер рабочей области экрана; у некоторых моделей он составляет менее 13,8". Для таких мониторов проблематичным оказывается даже разрешение 1024×768, не говоря уже о разрешении 1280×1024.

2.1.1.2.2.3. 17-дюймовые мониторы

Практически все 17-дюймовые мониторы обеспечивают максимальное разрешение 1280×1024. Однако для недорогих моделей, имеющих размер зерна 0,28 мм, основным рабочим разрешением является 1024×768, при этом частота кадров составляет 85 Гц. Это обусловлено не только размером зерна, но и рядом других характеристик монитора. В частности, полоса пропускания видеотракта у таких мониторов не превышает 100 МГц, а максимальная частота строк — 70 кГц, в результате чего максимальная частота кадров при разрешении 1280×1024 не превышает 60—65 Гц. Столь низкая частота обновления экрана приводит к заметному мерцанию изображения, в результате чего длительная работа за таким монитором становится невозможной.

17-дюймовые мониторы, у которых размер зерна не превышает 0,25—0,27 мм, обычно имеют более широкую (до 130 МГц) полосу пропускания видеотракта и более высокую (до 95 кГц) частоту строк. В результате при разрешении 1280×1024 они обеспечивают частоту кадров не менее 75 Гц, что практически полностью устраняет мерцание изображения. Стоят такие мониторы значительно дороже, чем рассмотренные выше. Если размер видимой области экрана такого монитора не менее 16", то можно работать при разрешении 1280×1024. Для некоторых моделей производителями заявлено максимальное разрешение 1600×1200, однако практического значения это не имеет.

Говоря о 17-дюймовых мониторах, следует упомянуть нетрадиционное для PC разрешение 1152×864, используемое в компьютерах Macintosh фирмы Apple. Следует признать, что такое разрешение хорошо подходит именно для 17-дюймового монитора, так как при скромных характеристиках последнего (зерно 0,28 мм, полоса пропускания 100 МГц, частота строк 70 кГц) оно позволяет получить весьма четкое изображение при достаточно высокой частоте кадров (75 Гц). Многие пользователи PC, приобретая недорогой 17-дюймовый монитор, оказываются немного разочарованы: с одной стороны, у такого монитора диагональ на 2 дюйма больше, чем у 15-дюймового, а с другой — максимальное рабочее разрешение оста-

лось прежним — 1024×768. Действительно, при этом разрешении технические возможности 17-дюймового монитора используются не полностью, поскольку размер пиксела значительно превышает размер зерна (см. табл. 2.3). Использование разрешения 1152×864 позволяет устранить этот недостаток и обеспечить удачный компромисс между качеством изображения и стоимостью монитора.

2.1.1.2.2.4. 20- и 21-дюймовые мониторы

Наконец, мониторы с экраном размером 20 или 21" в состоянии обеспечить наиболее высокое разрешение — 1600×1200 при условии, что размер зерна не превышает 0,25—0,26 мм. Подобные изделия весьма дороги и используются главным образом в составе профессиональных графических станций и настольных издательских систем.

Таким образом, для каждого размера экрана монитора можно указать оптимальное разрешение, которое наилучшим образом будет соответствовать разрешающей способности глаза оператора:

- 800×600—для 14-дюймового монитора;
- 800×600 и 1024×768 — для 15-дюймового монитора;
- 1024×768 и 1152×864 — для 17-дюймового монитора;
- 1280×1024 и 1600×1200—для 20-и 21-дюймового монитора.

В заключение отметим следующее. Желательно, чтобы размер зерна люминофора был как можно меньше, т. е. зернистая структура экрана должна быть незаметной для оператора. Даже при низком разрешении (например, 640×480) размер зерна оказывает существенное влияние на качество изображения: при крупном зерне (0,31 мм и более) на экране возникает вуаль, мешающая нормальному восприятию изображения.

В отличие от пиксела, угловые размеры зерна люминофора могут и должны быть меньше, чем разрешающая способность глаза. За счет этого удастся сделать незаметным растровый характер изображения на экране монитора.

Итак, основными техническими характеристиками, определяющими разрешение монитора, являются длина диагонали его экрана и размер зерна люминофора. Однако разрешение изображения не является единственным критерием его качества. Поскольку изображение на экране монитора представляет собой последовательность отдельных, сменяющих друг друга кадров, оно должно формироваться с учетом инерционности зрения оператора. В частности, инерционность зрения определяет требования к частотам кадровой и строчной разверток.

2.1.1.3. Инерционность зрения и параметры развертки монитора

Инерционность зрения человека обусловлена тем, что фотохимические процессы, протекающие в сетчатке глаза, требуют определенного времени. Это приводит к двоякому результату. С одной стороны, *быстрота различения* $1/\tau$ статического объекта за время экспозиции τ оказывается ограниченной:

$$1/\tau = a + b \lg L,$$

где a , b — константы, зависящие от контраста между объектом и фоном, угловых размеров объекта и диапазона яркости; L — яркость объекта, кд/м².

С другой стороны, при определенной частоте смены (мельканий) изображений с переменной яркостью глаз человека перестает замечать эти изменения и воспринимает их как непрерывное изображение. Минимальную частоту, при которой это происходит, называют *критической частотой слияния мельканий* (КЧСМ). Именно инерционность зрения позволяет воспринимать дискретную смену кадров в кино и телевидении как непрерывное динамическое изображение. В частности, в кинотеатре КЧСМ (проще говоря, частота кадров) составляет 25 кадров/с.

При условии равенства периодов затемнения и освещения КЧСМ определяется по эмпирической формуле

$$f_{кр} = 12,4 \lg L + 29,4,$$

где L — яркость мелькающего объекта, кд/м².

График зависимости КЧСМ от яркости объекта представлен на рис. 2.7. Из рисунка следует, что для того, чтобы глаз не различал смены картинок (например, кадров на экране монитора), значение КЧСМ не должно быть ниже 50—70 Гц. В частности, в соответствии со стандартом VGA, частота смены кадров в текстовом режиме должна быть равной 70 Гц. При этом мерцание экрана практически незаметно. Разрешение монитора в этом режиме — 720×400. В графическом режиме 640×480 частота кадров составляет уже 60 Гц и мерцание экрана становится слегка заметным. Снижение частоты кадров обусловлено тем, что при фиксированной частоте строк $f_{стр}$ разрешение по вертикали M (число строк) и частота кадров $f_{кадр}$ жестко взаимосвязаны (см. разд. 1.2.1):

$$f_{стр} = f_{кадр} \times M.$$

Поэтому увеличение одного параметра (480 по сравнению с 400 строками) требует пропорционального уменьшения другого (60 вместо 70 Гц).

В настоящее время выпускаются в основном *мультимастотные* мониторы, поддерживающие достаточно широкий диапазон частот строчной и кадровой разверток. Такие мониторы называют также *мультисинковыми*, по названию монитора MultySync фирмы NEC, одного из первых мониторов такого типа. В частности, 15-дюймовые мониторы фирмы Sony обеспечивают $f_{стр}$ в диапазоне 31—65 кГц, что позволяет получить частоту кадров 120 Гц (при разрешении 640×480). У качественных 20-дюймовых мониторов $f_{стр}$ достигает 95 кГц. Наличие у монитора такого диапазона изменения $f_{стр}$ позволяет пользователю при помощи утилиты конфигурирования видеоадаптера выбирать желаемую частоту кадров из предлагаемого диапазона, который заметно шире, чем предусмотренный стандартом VGA. Однако общее правило сохраняется: чем выше разрешение, тем ниже доступная максимальная частота кадров.

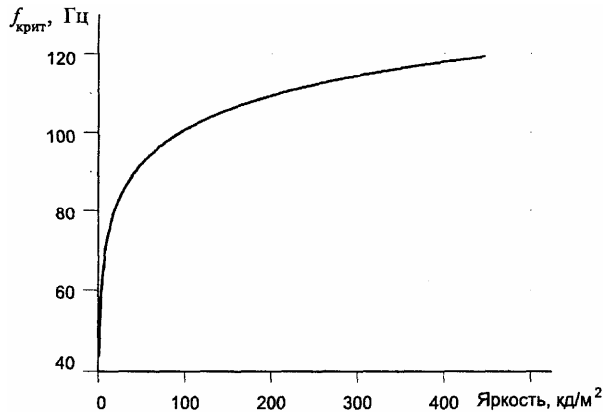


Рис. 2.7. Зависимость КЧСМ от яркости объекта

Напомним, что частота кадров, обеспечиваемая видеосистемой РС, ограничена не только возможностями генератора строчной развертки, но и шириной полосы пропускания видеотракта Δf_n , которая должна превышать значение *верхней граничной частоты* $f_{гр}$ в спектре видеосигнала (см. разд. 1.2.1):

$$\Delta f_n > f_{гр} = f_{кадр} \times N \times M \text{ Гц.}$$

Для обозначения верхней граничной частоты видеосигнала часто используется термин *pixel rate* — скорость (частота) пикселей. Конкретное значение частоты пикселей устанавливается видеоадаптером (фактически она равна тактовой частоте *Dot Clock*, на которой работает RAMDAC видеоадаптера).

Современные эргономические стандарты (см. разд. 2.3.1) требуют устанавливать частоту кадров не ниже 70—80 Гц, поэтому выпускаемые в настоящее время мониторы обеспечивают частоту строчной развертки не ниже 85—95 кГц и верхнюю граничную частоту видеотракта не ниже 80—90 МГц. Это позволяет при разрешении 1024×768 обеспечить частоту кадров 80—85 Гц, а при разрешении 640×480 достичь значения 110—120 Гц. Если же частота строчной развертки монитора не превышает 50-60 КГц, то максимальная частота кадров при разрешении 1024×768 составит не более 70 Гц.

Таким образом, необходимо выбирать такой режим работы монитора, при котором частота кадров будет не менее 70—80 Гц. Для этого при необходимости можно даже снизить разрешение (например, установить разрешение 800×600 вместо 1024×768), поскольку мелькания изображения в большей степени утомляют зрение, нежели недостаточно высокое разрешение.

Установленное значение частоты кадров можно узнать, заглянув в окно диалога **Свойства: Экран Windows (Пуск > Настройка > Панель управления > Экран)**. Если в системе установлен оригинальный драйвер видеоадаптера, то в окне диалога **Свойства: Экран** появится дополнительная закладка, в которой указаны текущие параметры развертки. Например, при установке драйверов видеоадаптеров с Chipset фирмы S3 в окне **Свойства: Экран** появится закладка S3 Refresh (рис. 2.8). Нажав кнопку **Change configuration**, можно задать желаемую частоту кадров для любого разрешения.

Видеоадаптеры других производителей также комплектуются подобными утилитами. Так, широкими возможностями обладает программа настройки параметров развертки видеоадаптеров Matrox Millennium. Она позволяет детально настроить параметры сигналов синхронизации (частоту, полярность), а также выполнить коррекцию размеров и положения раstra на экране.

Если оригинальный драйвер видеоадаптера отсутствует, Windows 95/98 предложит установить драйвер из собственной библиотеки драйверов. При этом возможность выбора частоты кадров, как правило, будет отсутствовать. В этом случае для изменения частоты кадров можно воспользоваться специальной программой PowerStrip тайваньской фирмы En Tech. Программа обладает весьма широким набором средств оптимизации видеосистемы. В частности, она позволяет измерить фактическую частоту кадров и установить ее новое значение (рис. 2.9). Кроме частоты кадров, эта программа позволяет изменить и другие характеристики изображения (разрешение, цветность, размер и положение раstra и т. п.).

Существуют не только программные, но и аппаратные средства отображения частоты кадров. Большинство современных мониторов имеют экранное меню OSD (*On-Screen Display*) или OSM (*On-Screen Menu*), с помощью которого можно получить сведения о значениях текущих параметров развертки

(разрешении и частоте кадров). Такой способ является наиболее быстрым и достоверным. Кроме того, при выборе пользователем слишком высокой частоты кадров изображение пропадет и на экран такого монитора будет выведено аварийное сообщение о том, что значение верхней граничной частоты видеосигнала превышает допустимое.

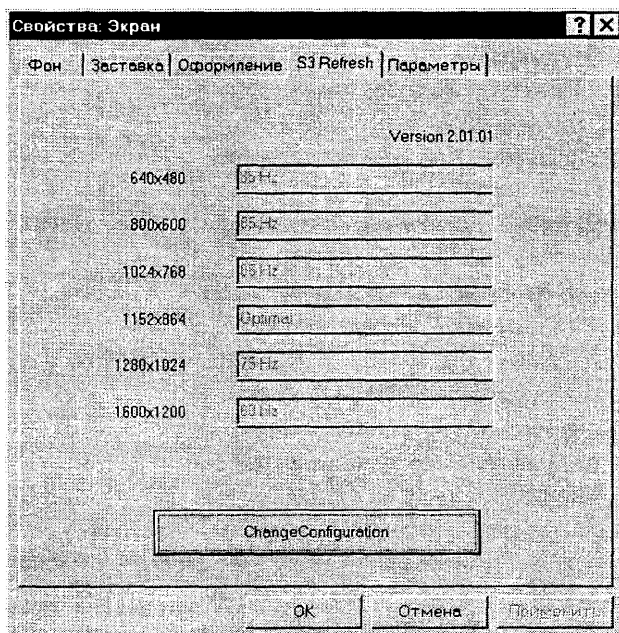


Рис. 2.8. Закладка S3 Refresh для настройки частоты кадров видеоадаптеров с Chipset фирмы S3

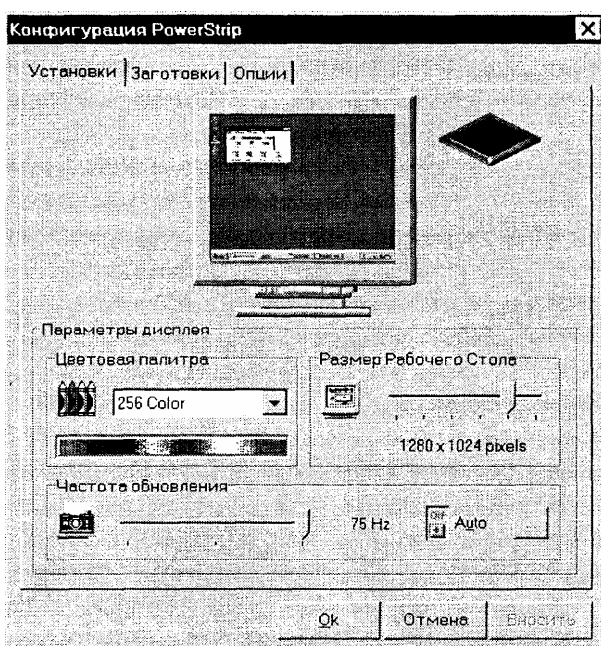


Рис. 2.9. Окно диалога программы PowerStrip для изменения частоты кадров и разрешения изображения

Рассмотренные выше характеристики мониторов обусловлены особенностями монохроматического (черно-белого) зрения. Однако зрение человека является цветным, поэтому механизм цветопередачи, реализуемый видеосистемой PC, должен учитывать особенности цветоощущения, характерные для человеческого глаза.

2.1.1.4. Цветоощущение и характеристики цветопередачи видеосистемы

Как известно, принципы формирования цветного изображения (см. разд. 1.1.7) основаны на таких особенностях цветового зрения человека, как трехкомпонентность и способность к пространственному смешению (усреднению) цветов мелких деталей изображения, угловой размер которых сопоставим с разрешающей способностью глаза. Известно также, что разрешающая способность глаза для цветного

изображения значительно ниже, чем при восприятии черно-белого. Последнее свойство зрения положено в основу цветного телевидения, а также различных методов сжатия цифровых изображений.

Важнейшей характеристикой видеосистемы является количество воспроизводимых оттенков цветов (размер палитры). Человеческий глаз способен различать около 240 000 оттенков цветов, поэтому для получения реалистичного изображения видеосистема РС должна обеспечить такую же палитру.

Поскольку размер палитры аналогового монитора практически неограничен, задачу обеспечения необходимой цветности изображения решает другой элемент видеосистемы - видеоадаптер. Количество воспроизводимых оттенков цветов определяется объемом его видеопамати. Проблемы цветопередачи более подробно рассмотрены в [1, 2].

Обычно органами управления монитора можно отрегулировать только один параметр цветопередачи — так называемую *температуру цвета*. В современных мониторах значение данного параметра можно изменить с помощью экранного меню OSD. Поскольку смысл параметра остается загадкой не только для многих пользователей, но и для большинства продавцов компьютерного оборудования, рассмотрим его подробнее.

Введение понятия «температура цвета» обусловлено необходимостью учета характеристик *опорного белого цвета*, используемого при вычислении параметров цветности: *насыщенности цветового тона*. В частности, субъективная характеристика цвета — *насыщенность* — показывает, насколько наблюдаемый цвет «разбавлен» белым. Различные по насыщенности цвета имеют одинаковую доминирующую длину волны λ , но по-разному воспринимаются глазом (как различные оттенки одного цвета). Классическим примером, поясняющим смысл понятия насыщенности, является опыт с постепенным разбавлением водой раствора перманганата калия (марганцовки): чем сильнее разбавлен раствор, тем бледнее его цвет, однако доминирующий цветовой тон при этом остается неизменным.

Объективный измеряемый параметр, количественно характеризующий насыщенность, называется *чистотой цвета* p и равен отношению яркости B_λ спектральной составляющей с длиной волны λ к полной яркости B всей смеси:

$$p = B_\lambda / B = B_\lambda / (B_\lambda + B_0),$$

где B_0 — яркость белого цвета, входящего в смесь.

Следовательно, насыщенность (чистота цвета) будет зависеть не только от яркости наблюдаемого цвета, но и от характеристик белого цвета. Белый цвет с заранее определенными характеристиками называется *опорным*. Предполагается, что таким цветом обладает источник излучения, освещающий наблюдаемый нами объект. Если характеристики опорного цвета изменяются, то цветоощущение объекта также становится иным (например, один и тот же объект будет казаться окрашенным в различные цвета при ярком дневном освещении и при слабом пламени свечи).

Теоретически опорный белый цвет является равноэнергетическим, т. е. входящие в его состав колебания различных длин волн имеют одинаковую интенсивность. В частности, в ЭЛТ белый цвет получают при одинаковых токах лучей трех пушек, т. е. путем одинакового возбуждения трех зерен люминофора. Однако на практике равноэнергетических источников белого цвета не существует, равно как не существует цветов, имеющих насыщенность 100%. У реальных источников излучения, используемых для освещения наблюдаемых объектов, излучаемая энергия распределена по спектру неравномерно. Более того, даже теоретически идеальный излучатель — *абсолютно черное тело* — имеет ту же особенность. На рис. 2.10 представлены графики спектральной плотности энергии, излучаемой абсолютно черным телом при различных температурах.

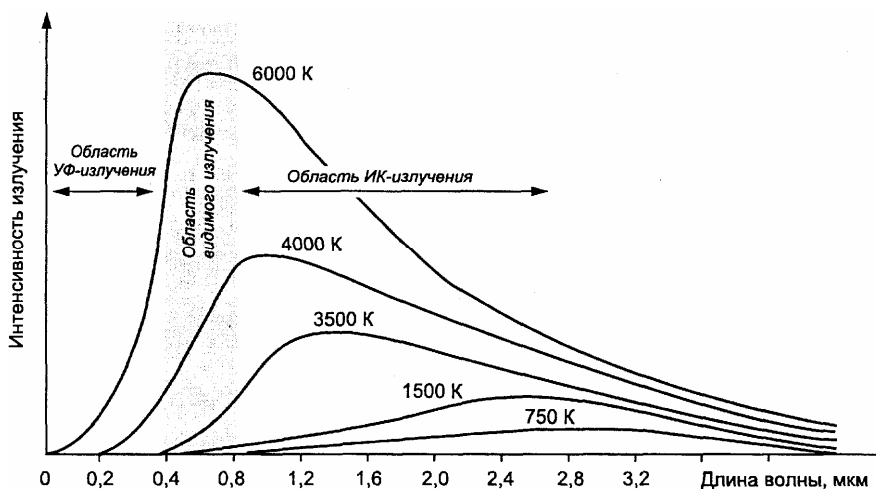


Рис. 2.10. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела при различных температурах

Анализ рис. 2.10 позволяет сделать следующие выводы:

1. Излучаемая источником света энергия неравномерно распределена по спектру, т. е. имеется некоторая длина волны $\lambda_{\max}$, на которой интенсивность излучения максимальна.

2. Значение $\lambda_{\max}$ уменьшается с ростом температуры, до которой нагрето излучающее тело. Эмпирическим путем установлено, что длина волны $\lambda_{\max}$ в нанометрах может быть найдена из соотношения

$$\lambda_{\max} = 2,896 \times 10^6 / T,$$

где T — абсолютная температура излучающего тела, выраженная в градусах Кельвина. В результате более холодные излучатели светятся красновато-желтым цветом (теплый тон), а более нагретые — синеголубым (холодный тон). Эту же закономерность отражает разговорная метафора «раскаленный добела».

3. На видимую область спектра приходится лишь небольшая часть излучаемой энергии.

Таким образом, спектральный состав и распределение энергии по спектру излучения источника света определяются температурой, до которой он нагрет. В этих условиях характеристики света, используемого для освещения, удобно описывать единственной величиной, называемой *температурой цвета или цветовой температурой*. Температурой цвета источника света (освещения) называют такую температуру, до которой пришлось бы нагреть абсолютно черное тело, чтобы получить от него излучение с такими же характеристиками, как у используемого источника.

В 1931 г. Международный Комитет по Освещению (МКО) ввел четыре стандартных источника белого света, получивших названия А, В, С и Е. В дальнейшем дополнительно были введены источники D и S, а также их разновидности (табл. 2.4).

Таблица 2.4. Стандартные источники белого цвета

Тип источника	Температура цвета, К	Описание
A	2848	Соответствует излучению вольфрамовой лампы накаливания (искусственный вечерний свет)
B	4800	Соответствует рассеянному полуденному солнечному свету (неоновая лампа искусственного дневного света)
C	6500	Соответствует прямому солнечному свету при малооблачном небе (смешанный цвет излучения солнца и голубого неба)
E	5700	Равноэнергетическое белое излучение
D6500 K	6500	Цвет облачного неба
D7500 K	7500	Цвет облачного неба
S	25000	Цвет голубого неба
9300 K + 27MPCD	9300	Белый цвет с голубым оттенком

Примечание. Источники D6500 K и D7500 K часто обозначают D₆₅₀₀ и D₇₅₀₀ соответственно.

Для ЭЛТ мониторов в качестве опорного белого цвета принят источник D6500. Как правило, именно это значение цветовой температуры используется по умолчанию. Как следует из рис. 2.10, при такой температуре цвета доля энергии излучения, приходящаяся на видимую часть спектра, максимальна. В цветном телевидении применяется также белый цвет 9300 K + 27MPCD. MPCD (*Minimum Perceptible Color Difference* — минимально различимая разница цветов) представляет собой такое приращение цветовой температуры, при котором человек в состоянии обнаружить изменение оттенка цвета. Белый цвет 9300 K + 27MPCD сдвинут относительно цвета с температурой 9300 K на 2,7 *цветовых порога* (цветовой порог равен 10 MPCD). Использование опорного белого цвета с такой цветовой температурой примерно на 10% увеличивает яркость свечения экрана.

Итак, для чего нужна в мониторе РС регулировка температуры цвета?

Дело в том, что условия освещения (параметры опорного белого цвета), при которых наблюдается изображение на экране монитора, могут существенно отличаться от условий, при которых было получено это изображение. Это может привести к значительному искажению цветов изображения. Эти искажения особенно заметны при цветной печати. Поэтому для профессиональной работы с фотографическими изображениями (в редакторах, подобных Adobe Photoshop) требуется настройка опорного белого цвета, которая выполняется путем коррекции температуры цвета. Эта коррекция осуществляется путем изменения значений параметров специальных корректирующих цепей видеотракта монитора, в результате чего соответствующим образом изменяется форма модуляционных характеристик ЭЛТ. Для большинства обычных пользователей, не занимающихся профессиональной обработкой фотографических изображений на РС или компьютерной версткой, настраивать температуру цвета монитора необязательно. В этом случае можно использовать температуру цвета, установленную производителем монитора по умолчанию.

2.1.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОНИТОРА

Помимо качественного изображения, основным отличием мультимедийного монитора от обычного является наличие встроенных акустической системы и микрофона. Кроме того, на передней панели такого монитора должен быть регулятор громкости, а также гнезда для подключения стереофонических головных телефонов (наушников) и внешнего микрофона.

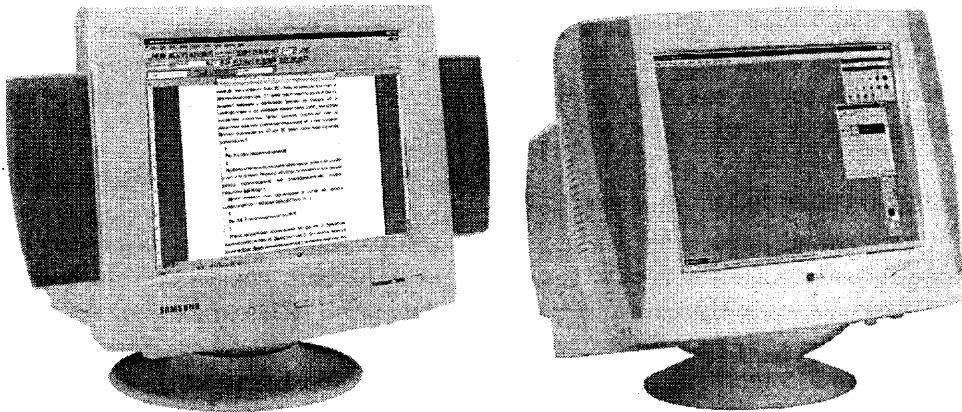


Рис. 2.11. Мультимедийные мониторы

Первые модели мультимедийных мониторов имели навесные акустические системы по бокам — «уши», которые портили общий дизайн (рис 2.11, слева). В современных моделях колонки устанавливаются внутри корпуса монитора (рис. 2.11, справа) и располагаются либо по бокам экрана (что более предпочтительно), либо под экраном. Такое размещение акустической системы не только экономит место на рабочем столе, но и позволяет более гармонично воспринимать изображение и сопровождающий его звук: пользователь смотрит в направлении говорящего, как в реальной жизни.

Однако наличие встроенной акустической системы предъявляет специфические требования к форме и конструкции корпуса монитора. Он должен не только иметь привлекательный дизайн, но и обеспечивать необходимые для получения качественного звука резонансные свойства.

Источником звукового сигнала для акустической системы монитора обычно является звуковая карта. Именно в этом случае достигается упомянутое выше единство звука и изображения.

Акустическая система монитора характеризуется следующими параметрами:

- максимальной акустической мощностью;
- диапазоном воспроизводимых частот;
- количеством динамических головок в каждом громкоговорителе (колонке);
- коэффициентом нелинейных искажений.

2.1.2.1. Акустическая мощность

Типичная мощность каждого из громкоговорителей составляет 1,5—5 Вт. Поскольку мощность выходного сигнала звуковой карты значительно ниже, в мультимедийном мониторе предусмотрен встроенный стереофонический усилитель мощности. Как правило, входное сопротивление этого усилителя невелико (около 1 кОм), поэтому на его вход следует подавать сигнал от устройства с аналогичным выходным сопротивлением (например, с выхода звуковой карты, магнитофона или тюнера, предназначенного для подключения головных телефонов). Если же подать на такой усилитель сигнал со стандартного линейного выхода магнитофона или проигрывателя компакт-дисков ($U_{\text{вых}} = 0,5 \text{ В}$, $R_{\text{вых}} = 100 \text{ кОм}$), то звук будет слабым и искаженным.

2.1.2.2. Диапазон воспроизводимых частот

Диапазон воспроизводимых частот встроенных (портативных) акустических систем обычно составляет от 100 Гц до 17—20 кГц. По этому показателю они всегда уступают обычным, бытовым акустическим системам. Особенно это заметно на низких частотах, так как размеры корпуса встроенных колонок малы и очень трудно добиться резонанса на этих частотах. Поэтому наиболее заметный «завал» частотной характеристики встроенной акустической системы наблюдается именно на низких частотах. Это не позволяет получить мягкий естественный звук. Для сравнения заметим, что даже у посредственных бытовых колонок нижняя граничная частота редко бывает ниже 50 Гц. Помимо верхней и нижней граничных частот, важна равномерность частотной характеристики акустической системы, т. е. степень постоянства выходной мощности при изменении частоты воспроизводимого сигнала. Чем равномернее частотная характеристика,

тем более чистым и менее искаженным будет звук.

2.1.2.3. Количество динамиков

В зависимости от количества динамических головок (динамиков) колонки могут быть одно- и двухполосными. В однополосной колонке имеется только один широкополосный (универсальный) динамик, который воспроизводит всю полосу звуковых частот (рис. 2.12).

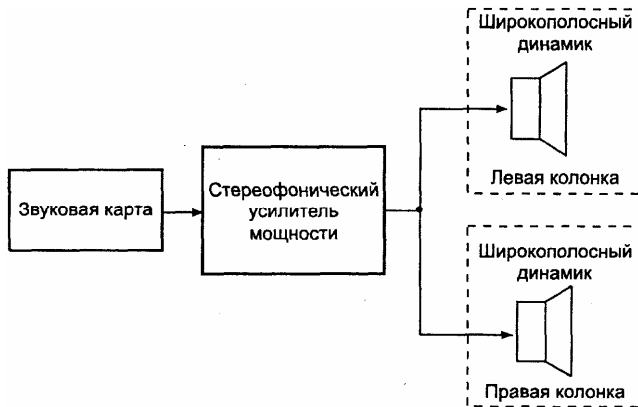


Рис. 2.12. Схема однополосных колонок

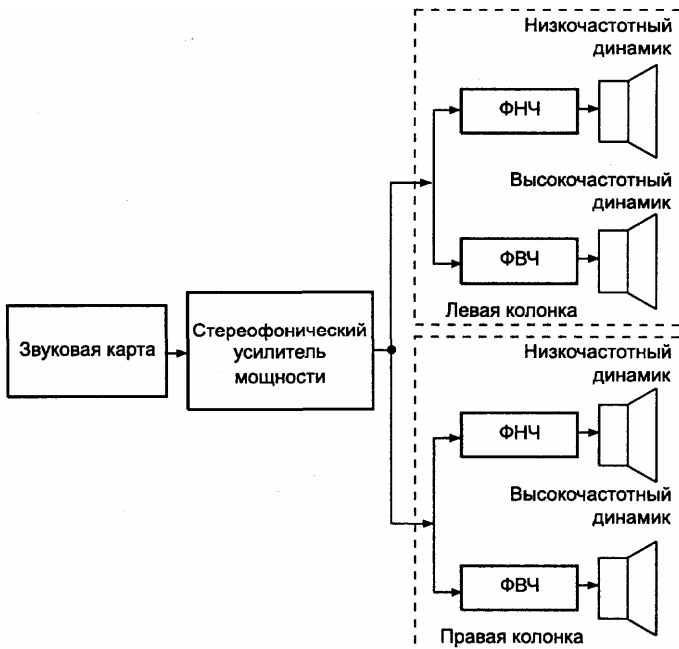


Рис. 2.13. Схема двухполосных колонок

Это самый дешевый и распространенный вариант. Однако с помощью единственного динамика не удастся получить достаточно широкий диапазон воспроизводимых частот и равномерную частотную характеристику. Дело в том, что размеры динамика должны быть согласованы с длиной звуковой волны, поэтому крайне сложно создать универсальный динамик, одинаково хорошо воспроизводящий звук во всем диапазоне частот.

Лучшие характеристики имеют двухполосные колонки с двумя динамиками для раздельного воспроизведения низких и высоких частот (рис. 2.13). Выделение из выходного сигнала усилителя мощности необходимой частотной составляющей осуществляется фильтрами нижних и верхних частот (ФНЧ, ФВЧ). Мониторы с двухполосной акустической системой стоят значительно дороже, чем с однополосной.

2.1.2.4. Коэффициент нелинейных искажений

Еще одним интегральным показателем качества акустической системы и встроенного усилителя мощности является коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник), который характеризует относительную долю побочных, мешающих частот (гармоник), искажающих оригинальное звучание фонограммы. Эти частоты образуются при воспроизведении за счет нелинейности амплитудной характеристики встроенного усилителя мощности и динамиков. Чем выше громкость, тем сильнее заметны искажения в виде хрипов, дребезжания и других посторонних звуков. Если для бытовых акустических

систем этот показатель не должен превышать десятых и даже сотых долей процента, то для портативных и встроенных систем он может составлять даже несколько процентов.

Очевидно, что до уровня акустических систем класса Hi-Fi акустическое оборудование мультимедийного монитора явно не дотягивает и по-настоящему хороший звук обеспечить не может. Создаваемый акустической системой стереозвук также ограничен: ширина монитора значительно меньше ширины минимально необходимой стереобазы (расстояния между левой и правой колонками). Поэтому для любителей высококачественного звука мультимедийный монитор — не лучший выбор. Однако для типовых мультимедийных приложений (игр, видеоконференций), где высокое качество звука не требуется, такие мониторы, без сомнения, удобны и полезны. Они позволяют сэкономить драгоценное место на рабочем столе и частично — деньги на приобретение отдельных колонок.

В данном разделе использована информация из [1].

Контрольные вопросы.

1. Какие устройства отображения, помимо мониторов на базе ЭЛТ, используются в настоящее время?
2. Что означает аббревиатура LCD?
3. Где широко используются ЖК мониторы?
4. Каким требованиям должен удовлетворять мультимедийный монитор?
5. Что необходимо предпринять для того чтобы создать иллюзию проникновения внутрь виртуального пространства?
6. Где проявляется эффект «туннельного зрения»?
7. Какие основные технические параметры мультимедийных мониторов зависят от соответствующих характеристик органа зрения?
8. Что определяют размеры поля зрения и в чем они измеряются?
9. Что понимается под *полем монокулярного зрения* и *полем бинокулярного зрения*?
10. На какие три неравноценные по размерам зоны можно условно разбить поле бинокулярного зрения человека если в качестве критерия использовать разрешающую способность глаза?
11. Что понимается под размером экрана и размером видимой области монитора?
12. Каковы типичные линейные и угловые размеры видимой области экрана различных мониторов?
13. Какой процент видимой области обеспечивают 15- и 14-дюймовые мониторы?
14. Чем определяется разрешающая способность и острота зрения глаза?
15. Чем физически определяется острота зрения глаза?
16. Каков оптимальный угловой размер пиксела?
17. Для каких мониторов и для какого разрешения выполняются требования разрешающей способности глаза?
18. Каким параметром характеризуется размер зерна люминофора?
19. Что означает, характеризует и определяет параметр *dot pitch*?
20. От чего зависит численное значение параметра *dot pitch*?
21. Какие типы ЭЛТ используются в современных мониторах PC?
22. Охарактеризуйте ЭЛТ с теневой маской с позиций ее параметра *dot pitch*.
23. Охарактеризуйте ЭЛТ с улучшенной теневой маской с позиций ее параметра *dot pitch*.
24. Для каких ЭЛТ параметр *dot pitch* принято переводить буквально — шаг точки?
25. Охарактеризуйте ЭЛТ с апертурной решеткой и щелевой маской с позиций их параметра *dot pitch*.
26. Когда рекомендуется и когда не рекомендуется пользоваться мониторами с апертурной решеткой и почему?
27. Как соотносятся между собой параметр *dot pitch* и термин *размер зерна*?
28. Чем и как определяется максимальное разрешение монитора?
29. Каковы рекомендации по использованию 14-дюймовых мониторов с различным размером зерна?
30. Каковы рекомендации по использованию 15-дюймовых мониторов с различным размером зерна?
31. Каковы рекомендации по использованию 17-дюймовых мониторов с различным размером зерна?
32. Укажите оптимальное разрешение для каждого размера экрана монитора, которое наилучшим образом будет соответствовать разрешающей способности глаза оператора.
33. Чем обусловлена инерционность зрения?
34. Как влияет инерционность зрения на восприятие статических и динамических изображений, формируемых на экранах видеомониторов?
35. Что такое КЧСМ?
36. Какие мониторы называют мультисинковыми (мультисинковыми)?
37. Что означает термин *pixel rate*?
38. Какова связь между величиной разрешения, частотой кадров и полосой пропускания видеоусилителя видеомонитора?
39. На каких особенностях цветового зрения человека основаны принципы формирования цветного изображения на экранах мониторов и телевизоров?

40. Сколько оттенков цвета способен различать человеческий глаз?
41. Объясните значение параметра цветопередачи "температура цвета".
42. Что понимается под *насыщенностью цветового тона*?
43. Что понимается под *чистотой цвета*?
44. Что понимается под *опорным белым цветом*?
45. Что понимается под *равноэнергетическим источником белого цвета*?
46. Охарактеризуйте стандартные источники белого цвета.
47. Какой эталонный источник принят в качестве опорного белого цвета для ЭЛТ мониторов?
48. Где применяется белый цвет 9300 K + 27MPCD и чем он характеризуется?
49. Для чего нужна в мониторе РС регулировка температуры цвета?
50. Какими параметрами характеризуется акустическая система мультимедийного монитора?
51. Как обеспечивается акустическая мощность мультимедийного монитора?
52. Каков диапазон воспроизводимых частот встроенных (портативных) акустических систем и чем он определяется?
53. Чем отличаются однополосные и двуполосные акустические системы?
54. Что понимается под *коэффициентом нелинейных искажений (коэффициент гармоник)* и каковы его значения для акустической системы мультимедийного монитора?

2.2. Плоскопанельные мониторы

Несмотря на широкое распространение, мониторы на основе ЭЛТ имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих, а порой и делающих невозможным их использование. Такими недостатками являются:

- большие масса и габариты;
- значительное энергопотребление, наличие тепловыделения;
- наличие вредных излучений (см. разд. 2.3);
- нелинейность раstra, сложность ее коррекции.

Первые два недостатка не позволяют использовать обычные мониторы в переносных компьютерах типа Laptop и Notebook. Остальные недостатки осложняют работу оператора и наносят вред здоровью.

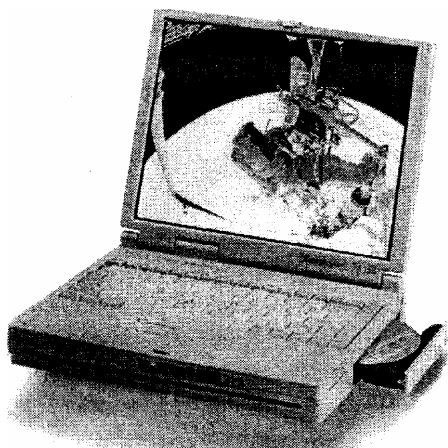


Рис. 2.14. PC типа Notebook, оснащенный ЖК-монитором

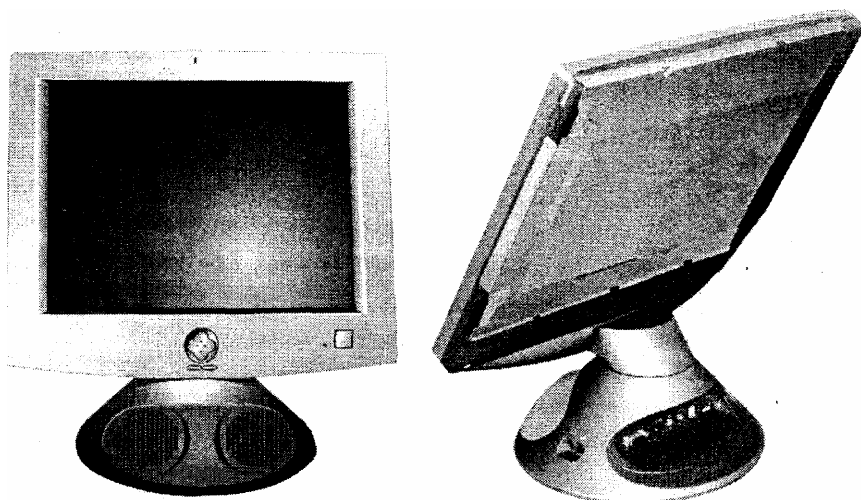


Рис. 2.15. Плоскопанельный мультимедийный монитор SyncMaster 400TFT фирмы Samsung

Однако главными недостатками обычных мониторов все же являются большие габариты, масса и энергопотребление. Как известно, для устранения этих недостатков были разработаны малогабаритные дисплеи на основе жидких кристаллов. В дальнейшем такие устройства будем называть ЖК-мониторами. Главное отличие ЖК-монитора от обычного состоит в том, что он совершенно плоский, имеет вид панели небольшой толщины (рис. 2.14). По этой причине мониторы подобного типа стали называть *плоскопанельными*.

В настоящее время плоскопанельные мониторы используются не только в составе переносного компьютера типа Notebook, но и в качестве самостоятельного устройства отображения, которое можно подключить к любому PC и тем самым обеспечить повышенную комфортность работы (рис. 2.15). Обладая рядом важных преимуществ перед мониторами на основе ЭЛТ, плоскопанельные мониторы, несмотря на более высокую стоимость, получают все более широкое распространение.

Основными представителями плоскопанельных мониторов в настоящее время являются ЖК-мониторы. Они составляют основную долю рынка плоскопанельных мониторов с экраном размером 13-17". Однако в последнее время бурно развиваются альтернативные технологии изготовления плоских экранов, благодаря которым появились:

- плазменные дисплеи;
- электролюминесцентные мониторы (тонкопленочные, не неорганических светодиодах и на органических (OLED) диодах);
- мониторы на основе катодолуминесцентных плоских экранов

2.2.1. ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МОНИТОРЫ

Так же как в обычном мониторе, в ЖК-мониторе изображение представляет собой совокупность отдельных точек — пикселей. Однако принцип действия ЖК-монитора существенно отличается от принципа действия монитора на основе ЭЛТ. Различия заключаются в способах создания светящегося элемента и формирования раstra.

В мониторе на основе ЭЛТ минимальным элементом изображения является зерно люминофора, яркость свечения которого зависит от интенсивности падающего на него электронного луча. В ЖК-мониторе минимальным элементом изображения является *ЖК-ячейка*. В отличие от зерна люминофора, ЖК-ячейка не генерирует свет, а только управляет интенсивностью проходящего света, причем используется в основном поляризованный свет.

Свет как электромагнитное излучение характеризуется направлениями электрического и магнитного полей. Если в пространстве они остаются неизменными или изменяются по определенному закону, то такой свет называется поляризованным. Солнечный свет состоит из большого числа поляризованных волн со всевозможными направлениями поляризации. Электрическое поле суммарной волны такого света беспорядочно меняет свою величину и направление, то есть солнечный свет не поляризован.

Однако его нетрудно превратить в поляризованный с помощью поляроида — пластинки, пропускающей волны только с определенным направлением поляризации и поглощающей остальные волны. В качестве поляроида могут быть использованы пластины и пленки из кристаллических веществ, а также прозрачные кюветы с некоторыми жидкостями, способными либо поляризовать проходящий свет, либо служить анализаторами, т.е. определять, является ли он поляризованным.

Чаще всего в качестве поляроидов и анализаторов применяются кристаллы, т.к. по своей структуре они являются анизотропными веществами, то есть их оптические свойства по разным направлениям отличаются (в противоположность веществам изотропным, свойства которых по всем направлениям одинаковы; пример — стекло). Предпочтение отдают турмалину, герпатиту, кварцу. Широко используются также анизотропные иодно-поливиниловые пленки.

Наблюдать и понять явление поляризации можно на простейшем опыте. Для этого свет от источника нужно направить последовательно сквозь две поляризационные пластины (рис. 2.16). Первая пусть будет неподвижна, а вторую станем вращать вокруг центральной оси. Только в тот момент, когда совпадут направления поляризации обеих пластин, свет пройдет через них. Во всех остальных случаях после второй пластины света не будет. В этом чрезвычайно распространенном физическом опыте первую пластину принято называть поляризатором, вторую — анализатором.

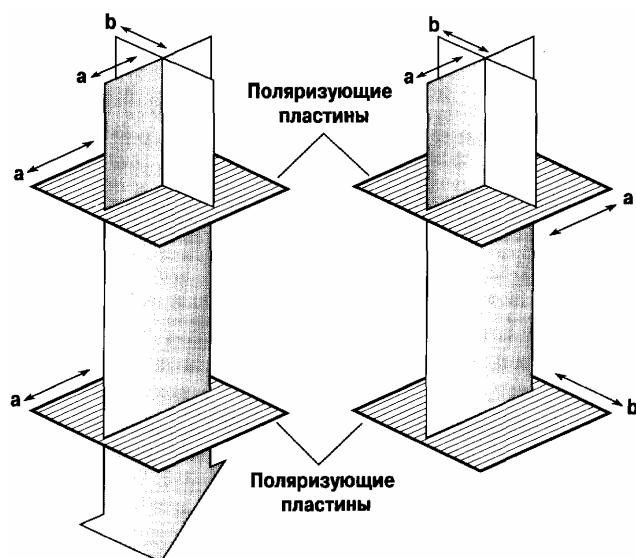


Рис.2.16. Простой опыт, демонстрирующий явление поляризации света (a и b - направления поляризации световых волн)

Для управления прохождением поляризованного света вовсе необязательно механически вращать одну из пластин. Многие анизотропные вещества способны изменять векторы своей поляризации под действием других факторов, например электрического поля, что эффективно используется в электронной технике. Управляя пропусканием света путем совмещения в нужный момент плоскостей поляризатора и анализатора,

удается формировать светящиеся и темные участки изображения. Это можно делать с помощью пластин с вкраплением оптически активных кристаллов (они имеют несимметричные молекулы, способные поляризовать свет). Однако из-за динамичности изменения изображения на экранах в современной цифровой технике такое решение технически неприемлемо. В дисплеях гораздо чаще используются жидкие кристаллы, которые благодаря особому расположению составляющих их молекул способны проявлять анизотропию не только механических, электрических и магнитных, но и оптических свойств. При этом для формирования изображения на экране ЖК-монитора не требуется высокое напряжение, поэтому ЖК-мониторы имеют очень низкое энергопотребление.

2.2.1.1. Принцип действия ЖК-ячейки

Жидкий кристалл — это вещество, которое, обладая основным свойством жидкости — текучестью, — сохраняет упорядоченность во взаимном расположении молекул и *анизотропию* некоторых свойств, характерную для кристаллов. В жидком кристалле молекулы имеют вытянутую, в большинстве случаев сигарообразную форму, чем определяется их некоторая преимущественная ориентация. От ориентации молекул зависят некоторые физические свойства жидкого кристалла, в частности, диэлектрическая проницаемость ϵ и показатель преломления $n_{пр}$. Преимущественная ориентация молекул характеризуется вектором D , называемым *директором*.

Фридель {Шарль Фридель (1832-1899) - французский химик-органик и минералог, иностранный член-корреспондент Петербургской АН (1894); труды по синтезу органических и кремнийорганических соединений, получению искусственных минералов, пьезоэлектричеству} в зависимости от степени упорядоченности молекул выделил три разновидности жидких кристаллов (рис. 2.17):

- *смектические*; молекулы расположены слоями, а их продольные оси параллельны друг другу, т.е. молекулы упорядочены ориентационно и позиционно (рис. 2.17, а);
- *нематические*; молекулы параллельны друг другу, но смещены вдоль своих продольных осей на произвольные расстояния, т.е. молекулы имеют ориентационный порядок и не имеют позиционного. Послойная структура отсутствует (рис. 2.17, б). В ЖК-ячейке используются именно нематические кристаллы (в переводе с греческого «нематический» означает «нитевидный»);
- *холестерические*; повторяют структуру нематических кристаллов, но со слоистой структурой, причем направление директора слоев может изменяться по спирали, образуя винтовую структуру жидкого кристалла (рис. 2.17, в).

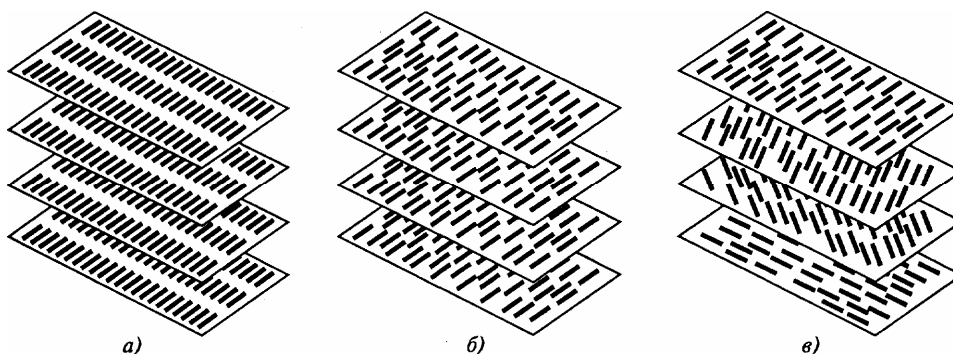


Рис. 2.17. Типы жидких кристаллов

ЖК-ячейка — это тонкий слой жидкого кристалла (толщиной несколько десятков микрон), заключенный между двумя стеклами из специального материала, называемыми *подложками*. Благодаря механической обработке (на внутреннюю поверхность подложки наносятся микроскопические канавки), подложки оказывают на молекулы жидкого кристалла ориентирующее действие, характеризующееся *вектором ориентирующего действия*. В зависимости от способа обработки поверхностей подложек и направления вектора ориентирующего действия в нематическом жидком кристалле можно получить три вида ориентации молекул:

- *планарную (гомогенную)*; все молекулы ориентированы параллельно друг другу и обоим подложкам;
- *нормальную (гомеотропную)*; все молекулы ориентированы параллельно друг другу и перпендикулярно (по нормали) обоим подложкам;
- *закрученную (твистированную)*; так же как и при планарной ориентации, молекулы жидкого кристалла располагаются параллельно подложкам, но векторы ориентирующего действия подложек развернуты относительно друг друга. В результате директор жидкокристаллического вещества плавно изменяет свою ориентацию.

Принцип действия ЖК-ячейки основан на том, что ориентация молекул жидкокристаллического вещества, а вместе с ней и показатель преломления $n_{пр}$ зависят не только от ориентирующего действия подложек, но и от наличия внешнего электрического поля. Прикладывая напряжение к подложкам ячейки,

можно управлять ее оптическими свойствами.

При построении ЖК-мониторов (ЖК-индикаторов - ЖКИ) наибольшее распространение получили ЖК-ячейки с твистированной ориентацией. Их называют также *твист-ячейками* (от англ. *twist* — закручивать) или *Twisted Nematic* — твистированная нематическая ячейка.

Конструкция ЖКИ, выполненного на основе ЖК-ячеек с твистированной ориентацией (рис. 2.18) содержит две плоско-параллельные подложки из прозрачного материала, склеенные между собой с фиксированным зазором. В данном зазоре вводится слой ЖК-материала. На внутренних сторонах подложек нанесен рисунок электродов адресации. В качестве прозрачного проводящего слоя для электродов используется пленка In^2O^3 (ITO — Indium Tin Oxide). Удельное сопротивление пленки In^2O^3 для разных индикаторов может иметь разное значение в диапазоне от 1 кОм/квадрат до 10 Ом/квадрат. В качестве подложек обычно используются стеклянные пластины толщиной около 1 мм. Более тонкое стекло (0,4, 0,55 и 0,7 мм) используется в основном для производства ЖКИ сотовых телефонов и электронных наручных часов. Зазор между подложками задается калиброванными спейсерами (спейсеры — это зазорозадающие распорные элементы в форме шариков или цилиндров из твердого материала, толщина от 2 до 40 мкм). Спейсеры могут быть стеклянными и пластиковыми, иметь шарообразную или цилиндрическую форму. Толщина зазора в ЖКИ может составлять от 3 до 25 мкм. Для получения равномерных электрооптических характеристик индикатора толщина зазора должна строго выдерживаться в заданных пределах по всей рабочей площади индикатора. Слой герметика (клеящая композиция) также содержит зазорозадающие спейсеры. Сборка и склейка двух подложек ЖКИ проводится под давлением. После сборки ЖКИ проводится его герметизация по периметру. На внешних сторонах верхней и нижней подложек наклеены (или просто закреплены) поляроиды с определенной ориентацией плоскости поляризации. Поляроиды ЖКИ — оптически анизотропная пленка, пропускающая только ту часть светового потока, вектор поляризации которого совпадает с плоскостью ориентации данной пленки. Свойством анизотропной поляризации обладают пленки полимеров со специальными красителями и с тонкой текстурой заданной механическим натяжением пленки на этапе ее изготовления.

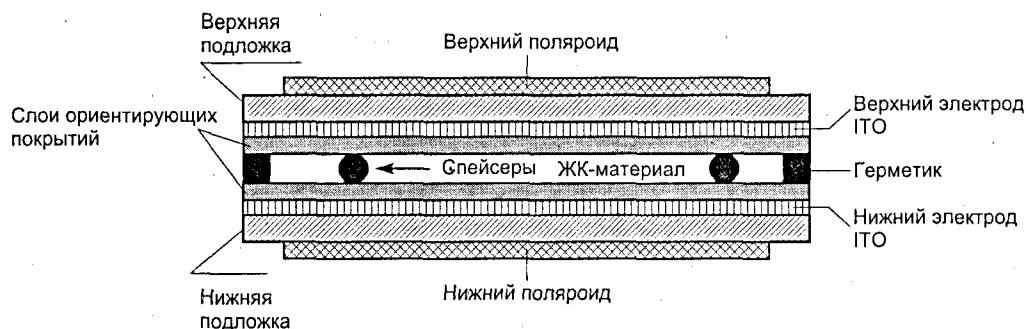


Рис. 2.18. Конструкция ЖК-ячейки с твистированной ориентацией

Слои ориентирующего покрытия ЖКИ предназначены, как видно из их названия, для задания определенной ориентации ЖК-молекул в рабочем слое между двумя обкладками электродов. Ориентирующее покрытие представляет собой тонкую пленку, например, из полиимидного материала. Ориентирующие свойства пленка может приобрести в результате механической обработки поверхности микрощетками (натирка). Натирка производится в определенном направлении. В результате абразивного воздействия щеток в слое формируются микроканавки. Полученный рельеф позволяет определенным образом укладывать спираль, образованную молекулами ЖК-материала.

На рис. 2.19 показан принцип работы ЖК-модулятора на основе твист-эффекта. Молекулы ЖК-материала обладают дипольным моментом. Взаимодействие электрических полей диполей образует спиралевидную структуру из молекул ЖК-материала. Слои ориентирующего покрытия на верхней и нижней подложках при взаимодействии с дипольной структурой ЖК-материала обеспечивают, в отсутствие электрического поля, закрутку спирали на 90° . Слой твистнематического материала, ориентированный таким образом, обладает свойством вращения плоскости поляризации проходящего светового потока. Векторы плоскостей поляризации верхнего и нижнего поляризационных фильтров повернуты относительно друг друга на 90° .

Как можно видеть из рис. 2.19, поток света сначала проходит через верхний поляроид. При этом 50 % светового потока, не имеющего азимутальной поляризации, теряется на этом поляроиде. Остальной поток, уже поляризованного света, проходя через слой ЖК-материала, поворачивает плоскость поляризации на 90° . Ориентация плоскости поляризации этого потока теперь совпадает с плоскостью поляризации нижнего поляроида, и поток проходит через него почти без потерь. Это картина поведения ЖК-ячейки в отсутствие электрического поля. Если теперь приложить электрическое поле, то спиралевидная структура в слое ЖК-материала разрушается и теряет свойства двулучепреломления. Теперь проходящий через слой ЖК-материала поток света уже не изменяет плоскость поляризации и почти полностью поглощается в нижнем поляроиде, плоскость поляризации которого смещена на 90° по отношению к плоскости поляризации

светового потока. Таким образом, эффект имеет два оптических состояния — прозрачное и непрозрачное.

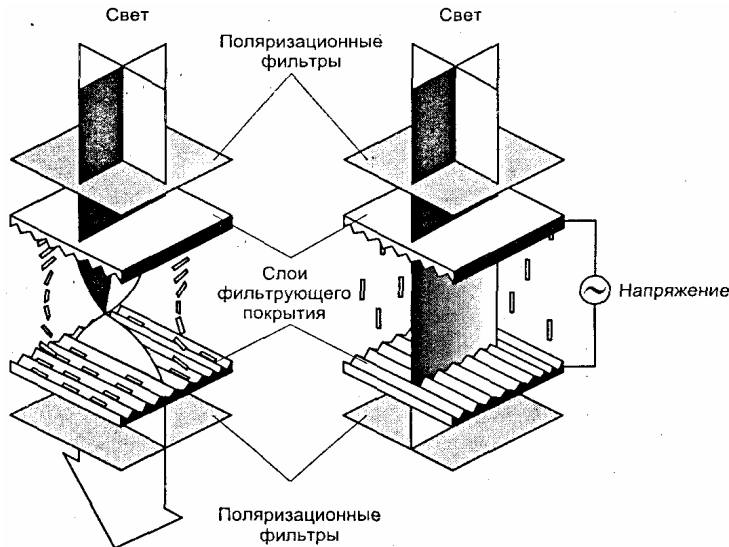


Рис. 2.19. Принцип работы ЖК-модулятора на основе твист-эффекта.

Таким образом, ЖК-ячейка, а, следовательно, и ЖКИ по сути, является светофильтром с электрическим управлением (электронно-оптическим модулятором) и для своего использования нуждается во внешней подсветке. В качестве подсветки используются три системы: просветная, отражательная и просветно-отражательная.

При работе с ЖК-ячейкой, принцип действия которой описан выше, используется *просветная система подсветки*. При использовании *отражательной системы* ЖК-ячейка дополнительно снабжается специальным зеркалом, расположенным за анализатором и отражающим прошедший через него свет (рис. 2.20, а). Если напряжение между подложками отсутствует, поворот плоскости поляризации света происходит дважды: при распространении света в прямом и обратном направлениях. При обратном распространении поляризатор выполняет функцию анализатора и пропускает отраженный от зеркала свет. Если к подложкам приложить напряжение, падающий свет поглотится анализатором и не дойдет до зеркала. Ячейка оказывается темной. Изображение на экране ЖК-мониторов с такими ячейками хорошо видно только при достаточном внешнем освещении.

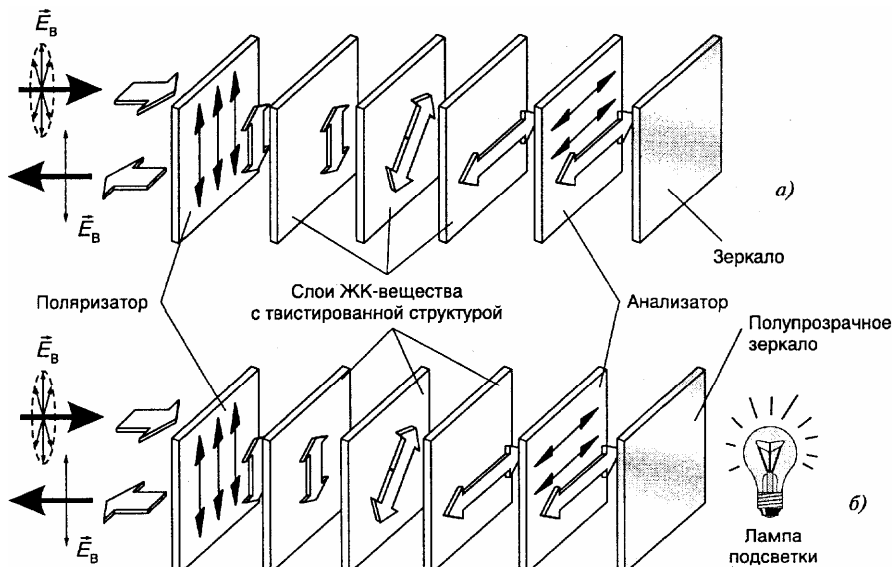


Рис. 2.20. Отражательная (а) и просветно-отражательная (б) системы подсветки ЖК-ячейки

В комбинированной, *просветно-отражательной системе подсветки* используется полупрозрачное зеркало, за которым размещается лампа подсветки (рис. 2.20, б). В результате ЖК-ячейка может работать как на просвет, так и на отражение. Комбинированная система подсветки является наиболее эффективной, поскольку позволяет работать при любом освещении. В настоящее время именно она получила наиболее широкое распространение.

В качестве ламп подсветки ЖК-экранов обычно используют специальные электролюминесцентные

лампы с холодным катодом, характеризующиеся низким энергопотреблением. В зависимости от места расположения подсветки экраны бывают с *подсветкой сзади* (*backlight*, или *backlit*) и с *подсветкой по бокам* (*sidelighgt*, или *sidelit*).

Если пиксел изображения образован единственной ЖК-ячейкой, изображение на экране будет монохромным. Для получения цветного изображения ЖК-ячейки объединяют в триады, снабдив каждую из них светофильтром, пропускающим один из трех основных цветов.

Преобразование сигнал—свет, выполняемое любым электронно-оптическим устройством, описывается соответствующей характеристикой. Например, ЭЛТ обычного монитора имеет модуляционную характеристику, описывающую зависимость яркости свечения люминофора от управляющего напряжения на модуляторе электронной пушки. Поскольку ЖК-ячейка является пассивным оптическим элементом и не излучает свет, ее оптическим параметром является не яркость, а контрастность, определяемая как отношение яркостей ячейки в прозрачном и непрозрачном состояниях. Зависимость контрастности ЖК-ячейки от приложенного напряжения называется *вольт-контрастной характеристикой*. Типичная вольт-контрастная характеристика ЖК-ячейки представлена на рис. 2.21.

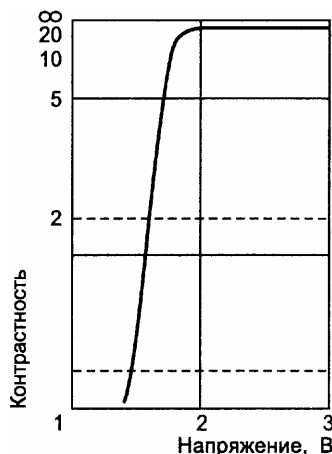


Рис. 2.21. Вольт-контрастная характеристика ЖК-ячейки

Из-за неидеальности свойств поляроидов, влияния адресных электродов соседних ЖК-ячеек и ориентации ЖК-материала предельная контрастность ЖК-ячеек имеет ограниченную величину.

Исследования, проведенные в 1983 году, показали, что если увеличить закрутку спирали молекул нематического материала от 90° до 180° или до 270° , то можно резко увеличить крутизну вольт-контрастной характеристики (супертвист эффект). Если использование твист-эффекта давало максимальное мультиплексирование строк (контраст между ЖК-ячейками соседних строк) 64:1, то применение супертвистовой структуры (*Super Twisted Nematic - STN*) способно обеспечить мультиплекс до 480:1. Первые рабочие образцы супертвистовых ЖК-дисплеев были получены фирмами Scheffer и Nehring в 1984 году. При различных ориентациях поляроидов удалось получить желтую и голубую моды для данного эффекта. (Моды (mode) — это несколько возможных рабочих режимов для STN структур).

Изначально STN ЖКИ имели не совсем эргономичный зеленый или зелено-голубой фон. Паразитная цветовая окраска являлась следствием интерференции при двулучепреломлении. С этого момента началась борьба против данного паразитного эффекта. В 1987 году был впервые получен «нормальный» супертвистовый ЖКИ. Задача была решена за счет уменьшения рабочего зазора до 4—6 мкм. Однако этот метод был не слишком технологичен. Были даже предложены варианты, где для компенсации интерференционного окраса фона использовалась сборка двухслойного (Double STN) ЖК-дисплея. Второй экран должен был играть роль компенсационного фильтра. Это решение также было нетехнологичное и достаточно дорогое.

В настоящее время для цветовой коррекции и получения черно-белого контраста для STN-дисплеев применяется специальная полимерная пленка. Дисплеи с черно-белым контрастом, использующие компенсационные фильтры-корректоры, называются FSTN (Film compensated STN). ЖК-дисплей с компенсационной пленкой по сравнению с двухслойным ЖК-дисплеем дает неполное обесцвечивание фона, угол обзора у него несколько меньше и уже рабочий температурный диапазон.

В цели данного раздела не входит подробное описание электрооптических явлений, происходящих в слое TN и STN ЖК-материала. При желании можно подробно ознакомиться с физическими, химическими и оптическими аспектами данных эффектов, обратившись к источникам [8—12].

Выполнение преобразования сигнал—свет не является единственной технической проблемой при создании ЖК-монитора. Необходимо обеспечить также своевременную подачу управляющих сигналов на каждую ЖК-ячейку, соответствующую конкретному пикселу изображения, в течение одного периода кадровой развертки.

В мониторе на основе ЭЛТ эта задача решается автоматически в процессе развертки, поскольку развертывающий элемент — электронный луч — обеспечивает последовательную засветку всех зерен люминофора.

В ЖК-мониторе электронного луча нет, поэтому для подачи на ЖК-ячейки управляющего напряжения используются обычные проводники. Однако использовать индивидуальный проводник для каждой ячейки не представляется возможным: например, для обеспечения разрешения 640×480 необходимо 307 200 проводников! Для решения этой задачи применяются специальные методы, подобные используемым при адресации ячеек оперативной памяти.

2.2.1.2. Физические и математические аспекты адресации ЖКИ

Чтобы обеспечить управление оптическими состояниями пикселей, требуется формировать напряжения на электродах пикселя таким образом, чтобы можно было селективно изменять состояние одних элементов без изменения состояния других. Топология любого ЖКИ и тем более ЖК-экрана представляет собой матрицу, образованную ортогональной системой строчных и столбцовых электродов (двух координатная адресация). Система строчных и столбцовых электродов расположена на двух параллельных прозрачных подложках. Для варианта прямой (однокоординатной) адресации имеем вырожденный случай, когда число строк равно 1. Для прямой адресации имеется один общий электрод (называемый также как противозлектрод) и независимые электроды для всех элементов изображения. Контраст, обеспечиваемый при данном способе, самый высокий, однако у данного метода есть существенный недостаток: для каждого элемента изображения нужен отдельный вывод для управляющего напряжения.

Топология всех ЖК-индикаторов имеет всего два слоя разводки электродов, поэтому реализовать прямую адресацию даже при желании в большинстве случаев просто физически невозможно. Для реализации ЖКИ с большим числом элементов изображения выход только один — использовать мультиплексирование по времени, т.е. организовать прямой опрос элементов строк поочередно строка за строкой.

Элементы изображения образуются на пересечении системы электродов строк и столбцов. Название электродов строки или столбцы определяется по их числу. Строк всегда меньше, чем столбцов. В противном случае электроды, которых больше, всегда можно назвать столбцами. Создание рисунка топологии для получения сложных символьных изображений является непростой задачей. С одной стороны, нужно обеспечить отсутствие артефактов (появление новых объектов в изображении), связанных с различными паразитными пересечениями электродов, а с другой стороны, требуется обеспечить сохранение формы электродного рисунка при различных технологических смещениях подложек относительно друг друга. На рис. 2.22 и рис. 2.23 приведены примеры топологии с мультиплексированием строк для цифрового семисегментного ЖКИ и матричного ЖК-экрана.

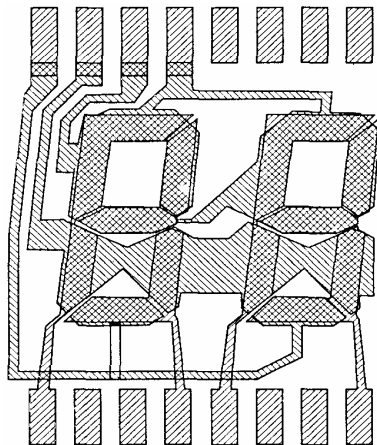


Рис 2.22. Пример топологии цифрового ЖК-индикатора с мультиплексированием

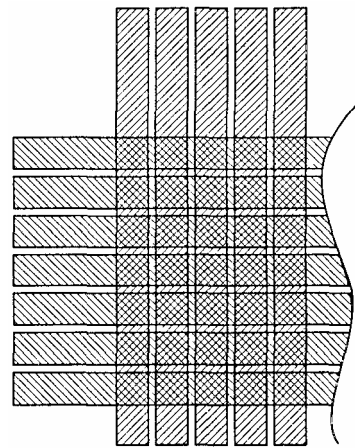


Рис 2.23. Фрагмент топологии матричного ЖК-дисплея

2.2.1.2.1. ТОПОЛОГИЯ МАТРИЧНЫХ ЖК-ДИСПЛЕЕВ

На рис. 2.24 показаны различные варианты топологии матричной структуры электродов адресации, применяемые в конструкциях графических ЖК-дисплеев (ЖКД) или ЖК-экранов (ЖКЭ) (Вариант топологии А самый простой и самый популярный. Вариант В дает возможность использовать более широкий шаг выводов для присоединения столбцовых драйверов (микросхем управления). Существует также и вариант с 4-сторонним расположением выводов электродов строк и столбцов, однако в настоящее время он не используется, поскольку компактность конструкции при такой топологии сильно проигрывает).

Варианты топологии С и D являются разновидностями архитектуры Dual Scan или Double Scan. При использовании такой архитектуры получается выигрыш за счет понижения в два раза числа мультиплексируемых строк. Для формата с 480 строками в данной топологии получается коэффициент

мультиплексирования всего 240. Такое понижение мультиплекса дает значительный выигрыш в контрасте. Фактически получается два отдельных экранных поля. Зазор между полями не заметен, поскольку стыковка производится без нарушения шага строк. Технология маскирования рисунка электродов позволяет скрыть и разрыв между шинами строчных электродов. Адресация обоих полей производится параллельно. Недостаток метода — требуется большее количество выводов столбцовых электродов и, следовательно, число столбцовых драйверов также удваивается. Однако это удорожание себя оправдывает, поскольку решать проблемы улучшения качества ЖК-дисплея проще за счет «кремния». Эта тенденция — упрощение технологии сборки ЖК-дисплеев за счет усложнения схемы управления — сохраняется и все более прогрессирует в настоящее время.

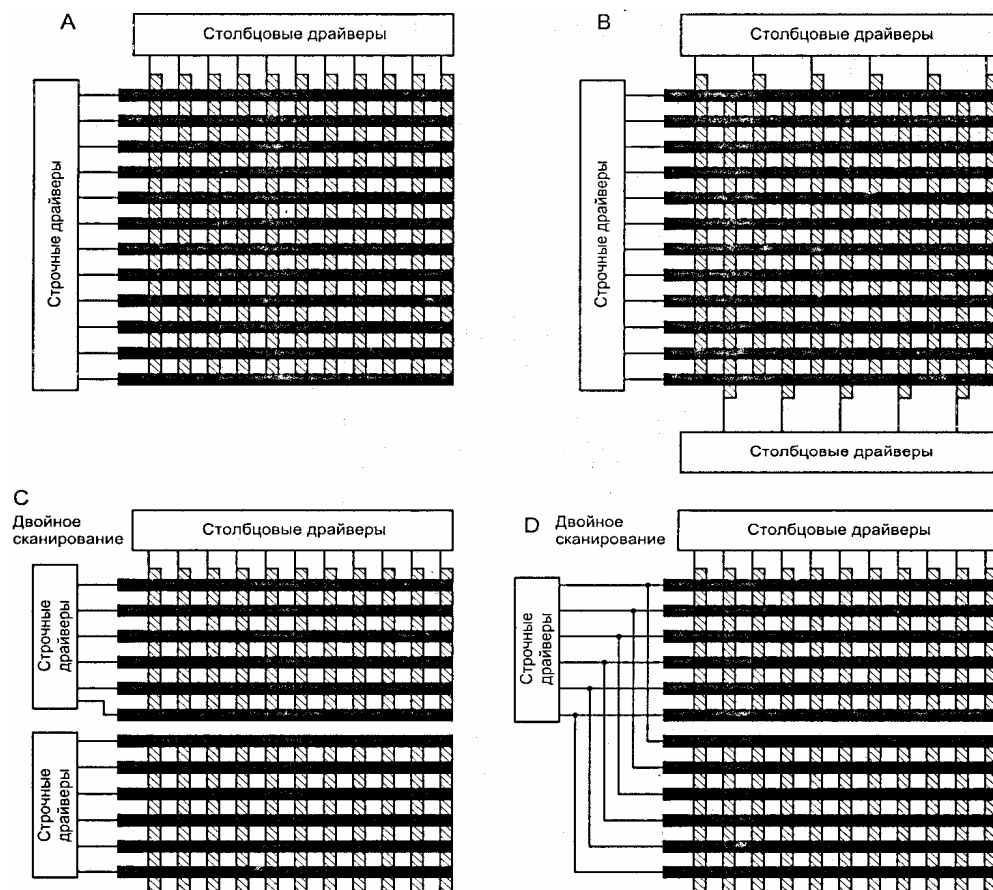


Рис. 2.24. Варианты топологии матриц адресации ЖКЭ

На рис. 2.25 приведена экзотическая топология квадрупольной матрицы. Такая топология также обеспечивает понижение мультиплекса, но практическая реализация данной архитектуры значительно сложнее, чем Dual Scan. Топология применялась в ранних моделях ЖК-дисплеев миниатюрных телевизионных приемников. В настоящее время данная топология в промышленных ЖК-дисплеях не используется.

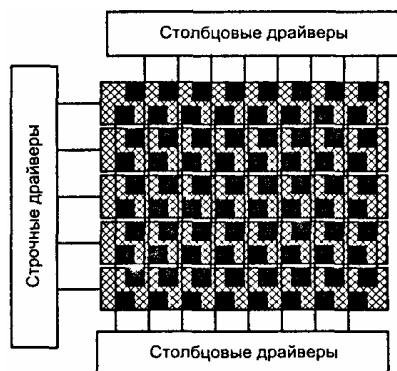


Рис. 2.25. Топология квадрупольной матрицы ЖКЭ

Эволюция архитектуры драйверов позволила не только увеличить число выводов, но и интегрировать многие функции управления матричными ЖК-дисплеями в одном кристалле. Такое решение потребовалось

для суперкомпактных ЖК-дисплеев сотовых телефонов, Palm-компьютеров и PDA. На рис. 2.26 показаны варианты топологии матричных ЖК-дисплеев для суперкомпактных приложений.

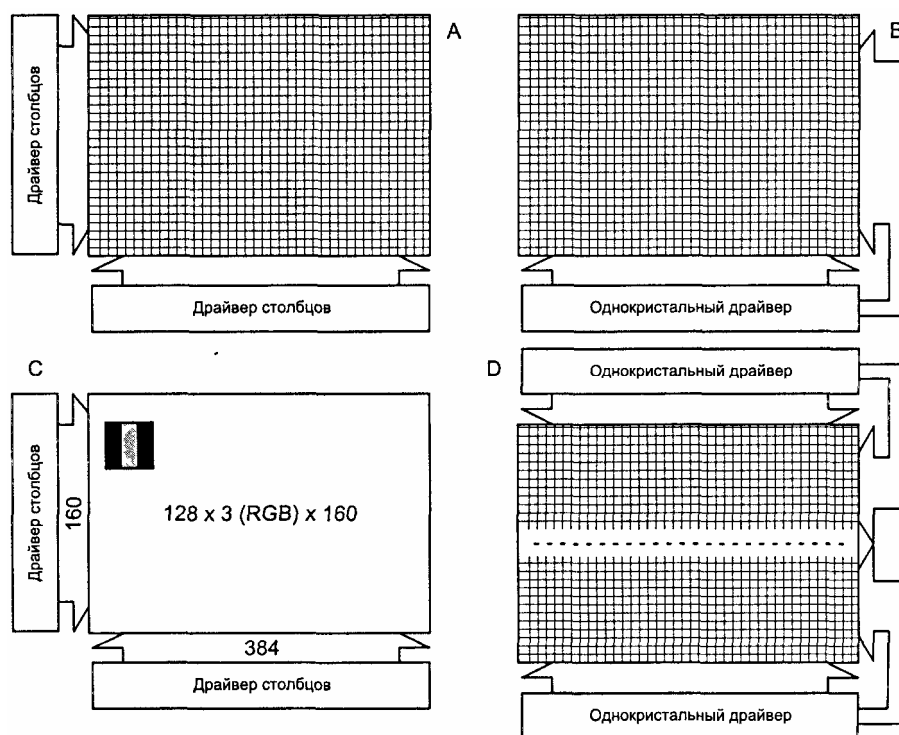


Рис. 2.26. Варианты организации управления строками и столбцами для матричных ЖК-дисплеев

2.2.1.2.2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДРЕСАЦИИ ЖКИ

В процессе адресации (развертки) ЖКИ должно быть выполнено следующее функциональное преобразование (см. рис. 2.27) — битовая карта матрицы изображения преобразуется в матрицу потенциалов приложенных к узлам пересечения строк и столбцов. Каждый узел пересечения (ЖК-ячейка) представляет один элемент изображения — пиксел. Потенциал для каждого пиксела должен быть в идеале прямо пропорционален своему образу в памяти (битовой карте).

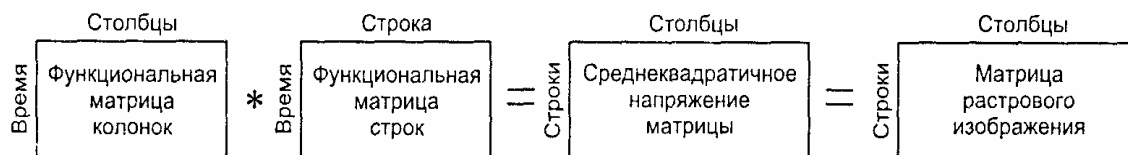


Рис. 2.27. Функциональные преобразования при адресации ЖКИ

ЖК-ячейка является объектом, оптическое состояние которого посредством использования свертки (умножения) двух матриц — каждая из которых представляет собой соответственно временные функции приложенных напряжений к строкам и столбцам. Для любого типа ЖКИ цикл развертки состоит из чередования нескольких фаз. Для каждой фазы времени существует свой набор уровней напряжений на строках и столбцах.

Обычно при пассивной матричной адресации (пассивная и активная адресация - см. раздел 2.2.1.2.4) используется последовательная развертка по строкам, т. е. последовательно во времени выбирается строка за строкой. Каждому моменту времени соответствует только одна выбранная строка. Вид строчной функции для данного типа адресации показан на рис. 2.28.

Этот метод прост в реализации, но требует использования нескольких (от 3 до 6) аналоговых уровней напряжений. Но, как будет показано ниже, используемый последовательный метод развертки не является единственным возможным для создания матрицы потенциального рельефа, адекватного битовой карте изображения.

В начале 70-х годов, когда поведение ЖК-ячейки не было хорошо изучено, ошибочно предполагалось, что ячейка ведет себя как пиковый детектор и соответственно величина контраста определяется максимальной амплитудой приложенного за период развертки напряжения. Только чуть позднее была установлена истинная зависимость контраста от приложенного напряжения. Как теперь известно, основной параметр качества изображения — контрастное отношение определяется отношением эффективных (среднеквадратичных) напряжений для выбранного и невыбранного элементов изображения. Эффективное

напряжение — или среднеквадратичное напряжение для каждой ЖК-ячейки — определяется по следующей формуле:

$$U_{эфф} = (1 / T \cdot \sum |U_{row}(t) - U_{column}(t)|^2)^{1/2},$$

где T — период развертки (или число фаз для дискретных функций); $U_{row}(t)$ — функция изменения напряжения на строке, относящейся к данному пикселу, обычно это ступенчатая функция изменения напряжения по фазам развертки; $U_{column}(t)$ — функция изменения напряжения на столбце, образующего данный пиксел, обычно это ступенчатая функция изменения напряжения по фазам развертки.

Вольт-контрастная характеристика ЖК-ячейки (см. рис. 2.21) определяет оптическое состояние (контраст) в зависимости от уровня эффективного напряжения, приложенного к электродам ЖК-ячейки.

Строки

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⋮																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Время

Рис. 2.28. Матричная функция строчной развертки при последовательной адресации

Основные параметры ЖК-ячейки, определяющие оптические характеристики ЖК-дисплея, — это пороговое напряжение и крутизна вольт-контрастной характеристики. Чем меньше порог, тем меньшие амплитудные напряжения требуются при формировании строчных и столбцовых напряжений. Чем больше крутизна характеристики, тем лучше мультиплексная (контрастная) способность материала, что очень важно при использовании его в матричных ЖК-дисплеях с большим числом строк. При адресации требуется, чтобы эффективное напряжение для выбранного состояния было выше порогового напряжения, а напряжение для невыбранного — ниже. Выполнение этого условия обеспечит хороший контраст и отсутствие паразитной подсветки невыбранных элементов изображения.

Связь между числом мультиплексируемых строк (N) и максимально достижимым контрастом определяется соотношением:

$$V_{on} / V_{off} = ((N^{1/2} + 1) / (N^{1/2} - 1))^{1/2},$$

где: V_{on} — эффективное напряжение для выбранного элемента изображения;

V_{off} — эффективное напряжение для невыбранного элемента изображения;

N — максимальное число мультиплексируемых строк.

2.2.1.2.3. СМЕНА ПОЛЯРНОСТИ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

Для всех типов ЖК-индикаторов при адресации элементов изображения обязательно используются сигналы переменного напряжения. Делается это для того, чтобы избежать явлений гидролиза и диссоциации сложных органических соединений, входящих в состав ЖК-материала. ЖК-материал является смесью, состоящей из нескольких компонентов, каждая из которых предназначена для того, чтобы обеспечить определенное качество для композитного материала — вязкость, дипольный момент, определенную ориентацию при взаимодействии со слоями ориентирующих покрытий. Смена полярности может производиться с частотой кадровой развертки или же по более сложным схемам, например, для матричных дисплеев смена полярности управляющих напряжений на выходах драйверов строк и столбцов может производиться с периодом через каждые 15—20 строк. Как будет показано ниже, необходимость смены полярности напряжений, приложенных к электродам адресации, приводит к усложнению формы управляющих сигналов. Для того чтобы синтезировать многоступенчатые сигналы управления, требуется формировать группу опорных напряжений от 3 до 6. Во всех спецификациях на ЖКИ специально оговаривается допустимый уровень постоянной составляющей в сигнале управления элементами изображения.

В современных однокристалльных драйверах-контроллерах для ЖК-дисплеев сотовых телефонов и PDA период смены полярности может программно изменяться от 1P до 17P, где P (Pulse) — длительность периода выборки одной строки. Сигнал синхронизации строчной развертки в цоколевках ЖК-дисплеев обычно имеет название LP (Line Pulse). Если в документации на ЖК-дисплей указан режим 1P, это значит, что сигнал смены полярности имеет период, равный периоду сигнала строчной синхронизации. Сигнал смены полярности обычно называется FR (Frame) или M. Сигнал кадровой синхронизации (начало кадра) обычно

называется FLM (см. рис. 2.29).

Для ЖК-дисплеев с активной адресацией (активная и пассивная адресация - раздел 2.2.1.2.4) используются три способа смены полярности управляющих напряжений см. рис. 2.30):

- черезкадровая инверсия;
- чересстрочная инверсия;
- поточечная инверсия.

Последний способ обеспечивает самый меньший коэффициент мерцания с частотой кадров изображения (фликкер).



Рис. 2.29. Режимы смены полярности (через кадр и через 3 строки)

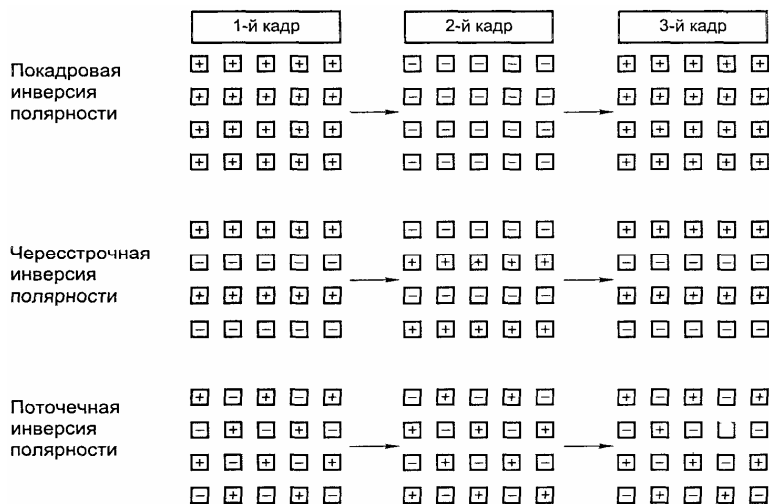


Рис. 2.30. Методы смены полярности для ЖК-дисплеев с активной адресацией. Значками + и - отмечены пиксели для которых используется соответственно положительная и отрицательная полярности возбуждающих напряжений

2.2.1.2.4. ПАССИВНАЯ И АКТИВНАЯ АДРЕСАЦИИ

Различают два способа адресации матричных ЖК-дисплеев. При пассивной адресации применяется временное мультиплексирование строк без использования каких-либо нелинейных ключевых элементов. Недостатки пассивной адресации — низкий коэффициент мультиплексирования при низком контрасте, сильное проявление кросс-эффекта, сложная система формирования управляющих напряжений.

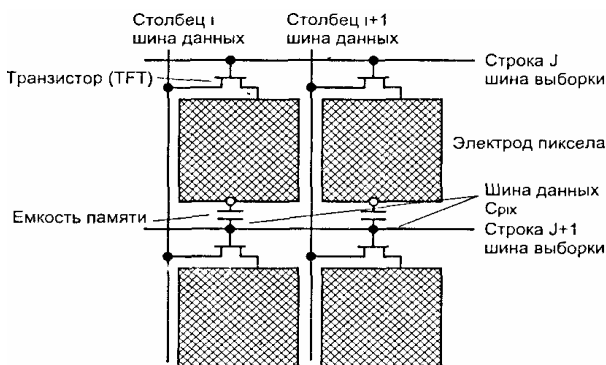


Рис. 2.31. Топология активной адресации на основе матрицы TFT.

При активной матричной адресации (рис. 2.31) для каждого пикселя на пересечении строка — столбец формируется ключевой элемент.

Наличие нелинейного элемента позволяет снять многие проблемы, возникающие при пассивной

матричной адресации. В этом случае нет необходимости использовать высоко-мультиплексный ЖК-материал, значительно выше контраст (до 1:400), больше возможностей для реализации градаций шкалы серого. К недостаткам метода активной адресации относится более сложная технология изготовления, что и определяет более высокую стоимость ЖК-дисплеев с активной адресацией по сравнению со стоимостью дисплеев с пассивной адресацией.

В качестве нелинейного элемента могут быть использованы транзисторные структуры (TFT- Thin Film Transistor) на поликристаллическом или аморфном кремнии в области канала. В качестве примера на рис. 2.32 и 2.33 приведены варианты топологии ключевых элементов для активной адресации с использованием транзистора на основе аморфного кремния и диодной структуры.

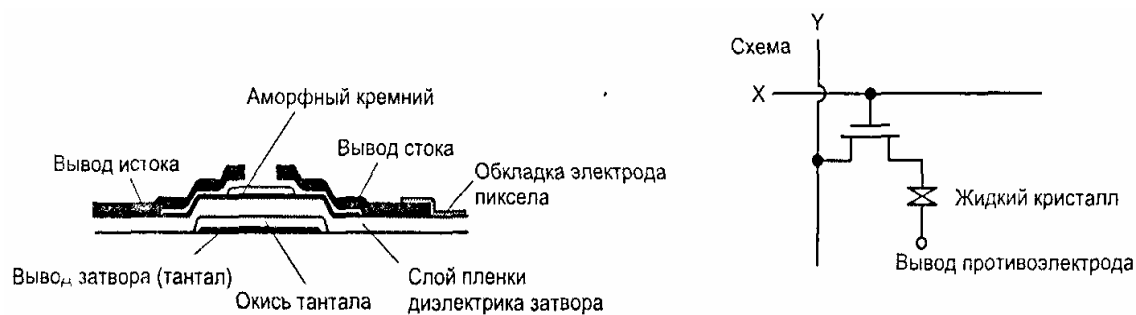


Рис. 2.32. Структура a-Si TFT-транзистора (a-Si — аморфный кремний)

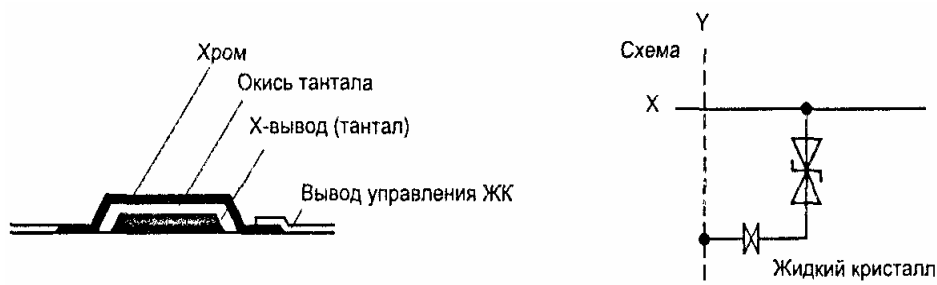


Рис. 2.33. Структура ключевого элемента на основе диодов

2.2.1.2.5. ТОК ПОТРЕБЛЕНИЯ

Ток потребления ЖК-дисплея определяется вкладом отдельных его составляющих:

- динамическим током потребления массива элементов изображения;
- током потребления выходных формирователей драйверов строк и столбцов;
- током потребления логики драйверов строк и столбцов;
- током потребления видеоконтроллера;
- током потребления схемы формирования питающих напряжений.

Эквивалентная схема ЖК-ячейки представляет собой параллельно включенные резистор и емкость. При рабочих зазорах от 5 до 20 мкм сопротивление ЖК-материала составляет свыше 10^{10} Ом. Емкость каждой ЖК-ячейки образуется при пассивной адресации проекцией электродов верхней и нижней подложек, на пересечении которых находится пиксел изображения. Для активной адресации емкость образуется между отдельным электродом пиксела и общим электродом. В процессе регенерации изображения на экране ЖК-дисплея производится перезарядка емкостей ЖК-ячеек. В данном процессе происходит перезарядка паразитных емкостей, образуемых строчными и столбцовыми электродами матрицы адресации. Чем меньше рабочий зазор между подложками ЖК-дисплея, тем больше емкость каждого пиксела и соответственно всего экрана. Емкость всего экрана пропорциональна его площади. Для матричных ЖК-дисплеев суммарная емкость элементов изображения может составлять несколько сот нанофард. Ток утечки составляет менее 1 мкА на см². Динамическая составляющая тока потребления матрицей ЖК-дисплея зависит от частоты кадровой развертки и от частоты смены полярности управляющих напряжений. Поскольку матричный RC массив является нагрузкой для выходных формирователей строчных и столбцовых драйверов, то ток потребления матрицы составляет часть тока потребляемого в цепи выходных формирователей.

Ток потребления логики столбцовых драйверов гораздо выше тока логики строчных драйверов, поскольку тактовые частоты в столбцовых драйверах гораздо выше. В современных матричных ЖК-дисплеях высокого разрешения используются тактовые частоты, составляющие несколько десятков мегагерц. Частота строчной развертки может находиться в пределах от 16 до 100 кГц.

ЖК-дисплей может содержать в своей структуре микросхему видеоконтроллера с буферным ОЗУ или же один контроллер TCON (Timing Controller). В первом случае ЖК-дисплеи связаны шинами данных и адреса с процессором, а во втором случае ЖК-дисплей получает данные из платы видеоконтроллера, стоящего на

стороне хоста. Часть тока потребления, обусловленная работой данного элемента структуры, может составлять значительную часть от суммарного тока потребления всего ЖК-дисплея (от 15 до 40 %).

Формирователь управляющих напряжений в зависимости от типа ЖК-дисплея может иметь различную структуру:

- резистивный делитель с шунтирующими емкостями;
- резистивный делитель с буферными каскадами на ОУ (операционные усилители);
- емкостные преобразователи напряжения (charge pump);
- емкостные преобразователи напряжения (charge pump) с термокомпенсацией и управляемой структурой в зависимости от выбранного режима адресации (уменьшение мультиплекса, режим энергосбережения).

Резистивные делители самые дешевые и самые неэкономичные. В основном используются в стандартных символьных и малоформатных матричных ЖК-дисплеях. Ток, протекающий через делитель, может составлять от 2 до 10 мА.

Резистивный делитель с буферными ОУ более экономичный, но более дорогой, чем простой резистивный. В современных портативных ЖК-дисплеях для сотовых телефонов и PDA используются более сложные схемы формирователей напряжений. Формирователь обеспечивает преобразование входного батарейного питания, находящегося в диапазоне от 3 до 6 В, в необходимые уровни напряжений для драйверов строк и столбцов. В зависимости от режима работы ЖК-дисплея номиналы выходных напряжений могут варьироваться. Тем самым достигается экономичное расходование батарейного ресурса устройства.

2.2.1.2.6. РЕАЛИЗАЦИЯ ЦВЕТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ЖК-ДИСПЛЕЕВ

Цветные фильтры размещаются на верхней (ближней к глазу наблюдателя) подложке на внутренней стороне. В качестве материалов для цветных фильтров используются пленки различных материалов красителей. Нанесение пленок может происходить по различным технологиям: осаждением из растворов, осаждением из газовой среды, печатным методом. Осаждение пленок цветов проводится последовательно для получения каждого цвета фильтра (красного, зеленого и голубого). После нанесения каждого слоя пленки проводится операция фотолитографии. При использовании печатного метода фотолитография не требуется. Накатка цветных фильтров проводится через трафареты. Варианты топологии цветных фильтров приведены на рис. 2.34.

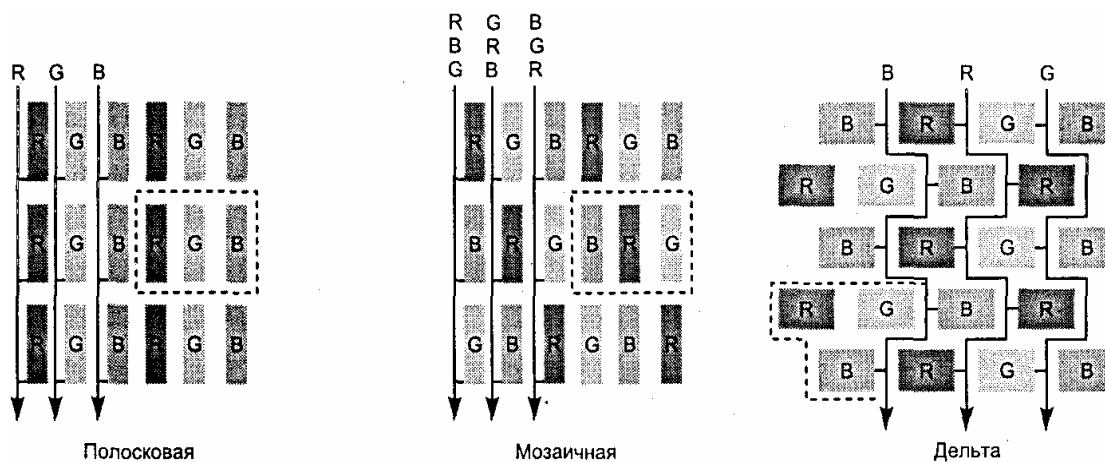


Рис. 2.34. Варианты топологии цветных фильтров

Лучшими показателями по равномерности передачи цветов обладает топология "Дельта" (DELTA). Сложность управления формирования сигналов управления для всех трех топологий одинакова. Однако технология получения цветных фильтров по топологии DELTA самая сложная. Во многих современных ЖК-дисплеях в основном используется полосковая топология (Stripe). Топология «Дельта» применялась в ЖК-дисплеях портативных телевизоров. Цветные фильтры поглощают до 60 % проходящего потока света при использовании задней подсветки и свыше 80 % для варианта световой схемы на отражение. Цветовые характеристики фильтров строго согласуются с параметрами источника подсветки. Если применяется люминесцентная лампа, то спектры люминофора должны соответствовать спектрам цветных фильтров. В последнее время, в качестве альтернативы люминесцентной лампы, все более широкое применение находят белые суперяркие светодиоды.

2.2.1.2.7. ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛУТОНОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЭКРАНЕ ЖК-ДИСПЛЕЯ

В англоязычной литературе для этого понятия используется термины gray shade или gray scale. В

русскоязычных источниках используется также термин — «градации яркости». Но этот термин более подходит для светоэмиссионных дисплеев.

Для синтеза полутонов могут использоваться в основном два метода модуляции — FRC и PWM. Первый из них основан на временной модуляции каждого пиксела по кадрам Frame Modulation, чаще этот метод называется FRC — Frame Rate Control. На рис. 2.35 показан принцип формирования шкалы серого за четыре кадра изображения. В процессе восприятия изображения оптическая система глаза человека интегрирует последовательность оптических стимулов. Интегрирующими свойствами обладает и сама среда ЖК-ячейки. Следует учитывать еще одну особенность психофизиологического восприятия градаций полутонового изображения — глаз способен различать градации либо на объектах изображения, имеющих определенную площадь, либо же яркость этого объекта должна быть достаточной, чтобы можно было отличать полутона.

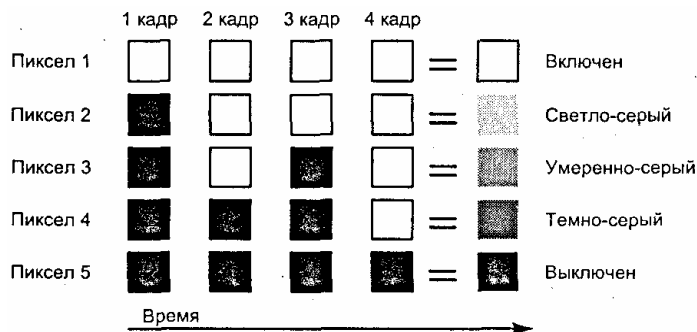


Рис. 2.35. Пример FRC-синтеза шкалы серого за четыре кадра

В этом методе пиксел может иметь только два состояния — «включен» или «выключен», а полутона получаются посредством усреднения контраста за N кадров, образующих мультикадр. Мультикадр может состоять от 16 до 64 кадров. За интервал, соответствующий мультикадру, происходит полный синтез полутонового изображения. Если мультикадр состоит из 16 кадров, то можно получить 16 различных градаций серой шкалы. Такой способ реализуется даже для ЖК-ячеек с достаточно крутой вольт-контрастной характеристикой. Но для синтеза широкой шкалы полутонов лучше использовать ЖК-материал, имеющий линейный участок вольт-контрастной характеристики! Чтобы не получить паразитную модуляцию в процессе синтеза полутонового изображения по методу FRC, используется макроблочное кодирование. Суть метода заключается в том, чтобы в каждом кадре для группы пикселей, образующих ядро (9—16 точек), поддерживать одинаковую плотность включенных и выключенных пикселей! Для этого используется псевдослучайный сигнал, который позволяет равномерно «размазывать» по мультикадру чередование состояний «включено — выключено» для макроблока пикселей. В противном случае глаз человека может обнаружить подвох по появлению паразитного узора (муара) на изображении. В некоторых современных цветных STN- и даже TFT-мониторах можно при внимательном рассмотрении увидеть регулярное круговое дрожание (dithering) пиксельных макроблоков. Этот паразитный эффект лучше просматривается на неподвижных однотонных участках изображений, находящихся на периферии дисплея.

Во втором способе модуляции — PWM (Pulse Width Modulation) или ШИМ, для передачи градаций шкалы серого используется различная ширина импульсов данных за время выборки строки в процессе адресации. Метод широко используется как для пассивной адресации, так и для активной адресации матричных ЖК-дисплеев. Поддержка метода обеспечивается аппаратно в структуре драйвера столбцов. По шине данных для каждого пиксела передается 4 — 8-битовый код, которому соответствует от 16 до 256 градаций шкалы серого. Коды градации записываются в регистр столбцового драйвера, а затем преобразуются в длительность импульсов пропорционально коду.

2.2.1.2.8. УГОЛ ОБЗОРА

ЖК-дисплеи имеют ограниченный угол обзора. За пределами раствора рабочего угла значительно ухудшается контраст, и считывание информации становится затруднительным. Величина рабочего угла обзора ЖК-дисплея определяется несколькими факторами, в основном типом ЖК-материала и числом мультиплексирования строк. Самый широкий угол обзора у ЖК-дисплеев с прямой адресацией или ЖК-дисплеев с активной матричной адресацией. Угол обзора у дисплеев STN несколько шире, чем у дисплеев, в которых используется более дешевый твист-нематический ЖК-материал. Для того чтобы оптимизировать положение ограниченного угла обзора под определенные требования заказчиков, производители выпускают ЖК-дисплеи, которые имеют несколько смещенный относительно перпендикуляра к поверхности раствор рабочего угла. Связано это с тем, что в приборах ЖК-дисплеев может иметь преимущественно или горизонтальное положение (калькуляторы, тестеры, электронные записные книжки, сотовые телефоны), или вертикальное (измерительные приборы, табло и т. д.). Угол обзора и смещение угла обзора — это различные понятия (рис. 2.36). Их часто путают. Для определения положения угла смещения для ЖК-дисплеев принята система ориентации, основанная на модели циферблата часов. Значение 12:00 часов соответствует

направлению наблюдения сверху, а 6:00 — снизу. Следует заметить, что в этой системе не исключено использование экзотических углов на 9:00 (слева) и 3:00 (справа)! В качестве примера использования ЖКИ с положением рабочего угла на 3 часа можно привести персональный нагрудный γ -дозиметр с торцевым индикатором. Прибор размещается в левом кармане рубашки или костюма. Пользователь может видеть показания индикатора, не вынимая дозиметр из кармана.

В небольших пределах положение угла обзора можно менять регулировкой контраста, однако добиться у дисплея с ориентацией на 6:00 оптимального углового контраста, как у дисплея с ориентацией на 12:00, не удастся.

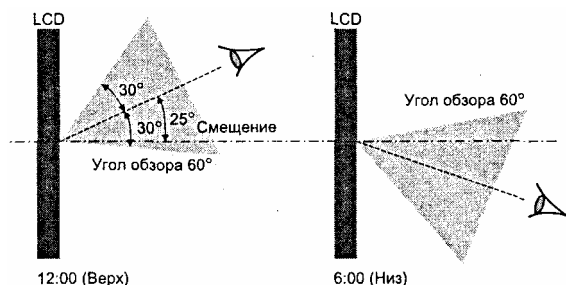


Рис. 2.36. Определение рабочего угла обзора

2.2.1.2.9. УГЛОВОЙ КОНТРАСТ И СВЕТОВАЯ СХЕМА ДИСПЛЕЯ

Контраст определяет отношение коэффициентов пропускания (отражения) для выбранного и невыбранного элементов изображения. Контраст зависит от многих факторов, но в основном от типа ЖК-материала и коэффициента мультиплексирования строк. Самый высокий контраст у ЖК-дисплеев с прямой адресацией и у дисплеев с активной матричной адресацией (до 1:100). Контраст обычных символьных модулей порядка 1:8—1:12. Контраст ЖК-дисплеев зависит от коэффициента поляризации применяемых поляризационных фильтров (их называют также поляроидной пленкой или поляризаторами) - верхнего и нижнего. Поляризаторы могут быть просветные, отражательные и полупросветные. По степени поляризации различают стандартные (76—97 %) и высококонтрастные поляризаторы с коэффициентом поляризации до 99,9 %! Высококонтрастные поляризаторы используют в основном в просветных ЖК-дисплеях с низким мультиплексом, а также для различного типа оптических модуляторов на основе ЖК-затворов (стереочки, автоматические ЖК-затворы для маски сварщика, модуляторы лазерных маркеров и т. п.). Поляризационные пленки могут быть с адгезивным клеящим слоем, иметь антибликовое покрытие, содержать фазокомпенсирующий слой (для STN ЖК-дисплеев). Они могут быть и цветными, однако цвета поляризатора не контрастные, а лишь дают определенный цветовой оттенок. Основные мировые производители поляризационных пленок — Nitto Denko и Sanrotz (Япония), а также корейская фирма ACE Digitech.

В ЖК-дисплеях типа TN и STN используются поляризаторы со смещенными на 90° векторами поляризации. Сам ЖК-материал представляет собой динамический поляризационный фильтр, который образует с двумя поляризаторами оптическую схему для проходящего или отраженного света. ЖК-ячейка в одном состоянии пропускает поток света без изменения, а в другом состоянии изменяет вектор поляризации проходящего светового потока на 90° .

В соответствии с этим существует три варианта оптических схем для ЖК-дисплеев: работа на отражение (reflective mode), работа на просвет (transmission mode) и работа на полупропускание (transflective mode). Выбор схемы определяется типом используемых поляризаторов. Следует отметить и наличие субъективного контраста, который определяется нелинейной чувствительностью зрительного аппарата к восприятию излучения с различной длиной волны. Для усиления контраста в STN ЖК-дисплеях часто используется, например, нижняя поляризационная пленка с желтоватым оттенком, а верхний поляризатор выбран с фазовой коррекцией в сторону синего цвета. В итоге получается отличный контраст: иссиня-черные символы на желто-золотистом фоне. Иногда для усиления контраста в ЖК-дисплеях отражательного типа используются поляризационные пленки со специальным рифленным отражательным покрытием. Это решение позволяет одновременно расширить и угол обзора.

Различают позитивный и негативный контраст (рис. 2.37). При позитивном контрасте индицируются темные (выбранные) символы на светлом фоне, а для негативного, наоборот, - светлые (выбранные) сегменты изображения на темном фоне. Оба варианта реализуются для всех трех оптических схем. Реально же негативный контраст наиболее уместен только для схем просветного и полупросветного варианта оптических схем. При реализации негативного контраста для просветного варианта следует использовать высококонтрастные поляризаторы, а также желательно использовать прямую адресацию. В противном случае будет наблюдаться паразитное «просачивание» света на невыбранных сегментах изображения. Режим с негативным контрастом используется во всех ЖК-дисплеях с активной TFT-адресацией. Тип контраста определяет только положение векторов поляризаторов относительно ориентации вектора поляризации ЖК-материала между подложками!

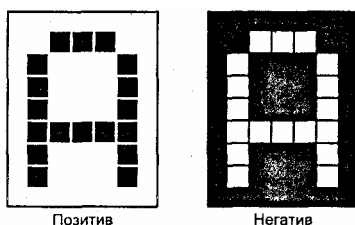


Рис. 2.37. Позитивный и негативный контраст в ЖКИ

В отдельных переводных рекламных материалах по ЖК-дисплеям ошибочно упоминается использование цветных стекол или ЖК-материалов определенных цветов, например черного (!!!). На самом деле стеклянные или пластиковые подложки в ЖК-дисплеях применяются исключительно прозрачные, без каких-либо красителей! И сам по себе ЖК-материал нематического типа не имеет цвета. Обычно это слегка мутноватая жидкость, если наблюдать ее в больших объемах. А в капиллярном состоянии (рабочие зазоры 5—20 мкм) - это прозрачная бесцветная среда! Цвет элемента изображения задается фазовым сдвигом спектра светового потока при прохождении его через оптическую среду, состоящую из двух поляризаторов и ЖК-ячейки. Цвет фона определяется свойствами обоих используемых поляризаторов. Отражательные поляризаторы имеют с одной из сторон тонкую пленку отражательного покрытия, обычно из алюминия. На полупропускающих поляризаторах отражающая пленка имеет очень малую толщину и поэтому почти прозрачна для проходящего света. В современных цветных ЖК-дисплеях полупрозрачного типа используются поляризаторы, имеющие определенную островковую отражательную структуру. У ранних STN ЖК-дисплеев имелся паразитный ядовито-зеленый фоновый оттенок. Это нежелательное явление связано с тем, что поляризация проходящего потока света производится неравномерно по всему видимому диапазону. Для получения контраста, близкого к газетному «черное на белом», в современных ЖК-дисплеях применяются специальные фазокорректирующие пленки, которые могут входить в качестве одного из слоев в состав поляризационных пленок. Неравномерность поляризации проявляется и при разных углах наблюдения изображения на экране ЖК-дисплея. Можно заметить, что за пределами рабочего угла изображение теряет контраст и приобретает нереальные цветовые оттенки, а при больших углах отклонения может наблюдаться и инверсия изображения.

2.2.1.2.10. ЧЕРНАЯ РЕШЕТКА (BLACK MATRIX)

Для улучшения контраста в ЖКИ просветного типа, особенно для TFT ЖК-дисплеев используется специальная оптическая структура, которая называется Black Matrix или черная решетка. В ЖК-дисплеях с активной адресацией решетка наносится поверх слоя цветных фильтров.

Материал — пленка из композитного металлodieлектрического материала. Рисунок матрицы получается методом шелкографии. По сути, это оптический фильтр, который блокирует прохождение света через нерабочие и оптически неуправляемые зоны на рабочей площади экрана (электроды адресации, зазоры между пикселями) (см. рис.2.38 и 2.39).

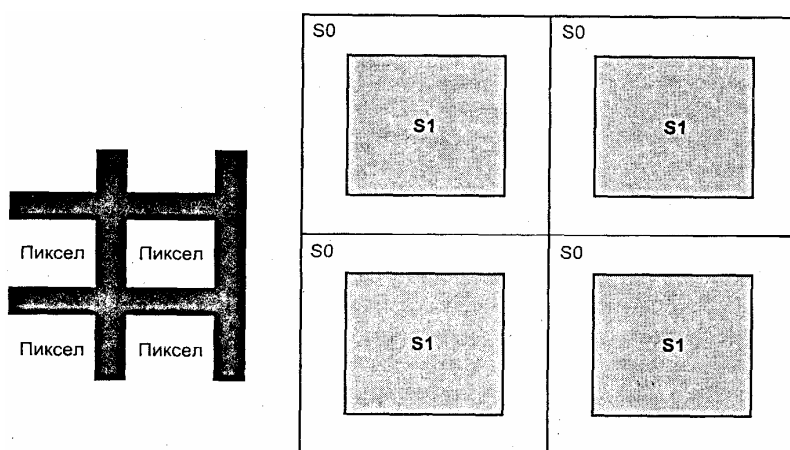


Рис. 2.38. Структура «черной решетки»

Черная решетка также позволяет снизить взаимное проникновение световых потоков от соседних элементов изображения вследствие параллакса. В знаменателе формулы выражающей контраст стоит значение коэффициента пропускания ЖК-ячейки в «темном» состоянии. Для улучшения контраста нужно увеличивать разность между коэффициентами пропускания светового клапана ЖК-ячейки в закрытом и открытом состоянии. Использование маскирующей черной сетки позволяет значительно уменьшить просачивание света через нерабочие оптические области экрана на границах раздела между соседними пикселями в выключенном состоянии ЖК-ячейки. Тем самым удастся значительно повысить контраст и

четкость изображения. «Черная решетка» в качестве контрастного фильтра широко используется и в других дисплейных технологиях, например в цветных высококачественных ЭЛТ для мониторов. Одним из параметров, характеризующих оптические свойства пиксела, является апертура - отношение полезной площади ЖК-ячейки (модулятора) S_1 ко всей площади пиксела S_0 . Для современных высококонтрастных TFT ЖК-дисплеев значение апертуры для пиксела может составлять от 40 до 85 %.

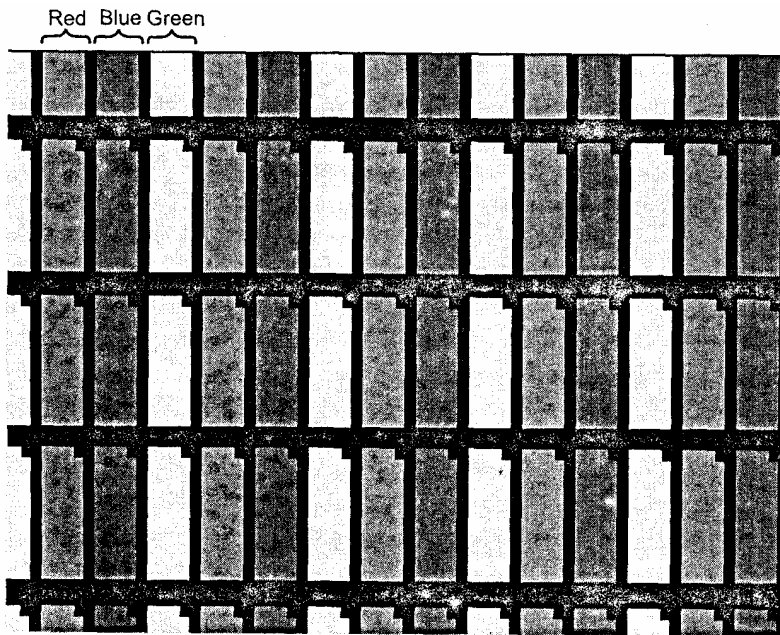


Рис. 2.39. Топология цветных фильтров и Black matrix в цветном ЖК-дисплее

2.2.1.2.11. КРОСС-ЭФФЕКТ ПРИ АДРЕСАЦИИ МАТРИЧНЫХ ЖК-ДИСПЛЕЕВ

Кросс-эффект (crosstalk), или эффект креста, в той или иной мере проявляется во всех матричных ЖК-дисплеях. Суть этого эффекта проявляется в паразитном влиянии группы пиксел с одним оптическим состоянием на оптическое состояние других пиксел. В STN-дисплеях кросс-эффект проявляется в виде появления горизонтальных или вертикальных теневых полосок от группы выбранных пиксел на светлом фоне, и наоборот. Эффект креста связан с неидеальностью физической среды для адресации ЖК-ячеек. Эта неидеальность проявляется комбинацией трех основных параметров. С одной стороны, большое влияние оказывает не равное нулю сопротивление полосок электродов ИТО (In_2O_3), удельное сопротивление которых составляет около 10—100 Ом/кв. Если теперь подсчитать сопротивление шин строчных и столбцовых электродов, то получим значения, равные нескольким КОм (ширина электрода 200—1000 мкм при длине 100—300 мм, в итоге число квадратов от 200 до 3000)! С другой стороны, выходное сопротивление выходных формирователей напряжений драйверов строк и столбцов также достаточно велико — около 500 Ом. И, наконец, матричная система электродов с тонким слоем диэлектрика (ЖК-материала) представляет собой распределенную RC-структуру. В результате проявления всех перечисленных факторов форма напряжений сигналов строк и столбцов изменяется на электродах и отличается от той формы, которая формировалась непосредственно на выходе драйвера. Искажение формы сигналов приведет к появлению паразитной частичной подсветки невыбранных элементов. Особенно сильно кросс-эффект проявляется на определенных тестовых изображениях, имеющих низкочастотные пространственные составляющие, например, таких, как черный квадрат на светлом фоне, или наоборот. В этом случае крестовая тень будет сильно заметна. Но даже если характер изображения не носит регулярный характер, контраст изображения в результате проявления кросс-эффекта будет значительно ухудшен. С кросс-эффектом идет непрерывная борьба. Для этого в первую очередь стараются использовать электроды из материала с низким удельным сопротивлением, например, In_2O_3 с удельным сопротивлением менее 10 Ом/а. В отдельных случаях для уменьшения сопротивления шин электродов из In_2O_3 производят шунтирование посредством напыления непрозрачных полосок из проводящих материалов с лучшими параметрами проводимости, чем In_2O_3 . Использование методов адресации с одновременной выборкой нескольких строк также позволяет уменьшить проявление кросс-эффекта. Для уменьшения кросс-эффекта повышается частота кадровой развертки, а смена полярности напряжений на шинах строк и столбцов проводится по специальному закону, который позволяет отчасти компенсировать проявление паразитной кросс-модуляции.

2.2.1.2.12. БЫСТРОДЕЙСТВИЕ

Быстродействие ЖК-ячейки определяется двумя параметрами — временем реакции и временем релаксации. Время реакции (релаксации) определяется как время от момента включения (выключения) цепи подачи управляющего напряжения индикатора до момента, когда значение контрастности достигает не

менее 0,8 (не более 0,2) установившегося значения. Времена реакции и релаксации не равны и их значения зависят от параметров как самого ЖК-материала, так и от приложенного напряжения. В обычных стандартных символьных модулях быстроедействие часто не имеет значения. При управлении сменой изображения следует учитывать, что время реакции и релаксации в таких дисплеях составляет несколько сот миллисекунд (от 180 до 350 мс). Поэтому частоту блинкования маркеров на экране символьных дисплеев следует выбирать исходя из реальных времен быстрогодействия. При наблюдении изображения на символьных ЖК-дисплеях под определенными углами заметно слабое мерцание (фликкер). Особенно это заметно, если в качестве внешней подсветки используется люминесцентная лампа. Дело в том, что частота развертки в символьных дисплеях достаточно низкая — около 50—60 Гц и, несмотря на интегрирующие свойства ЖК-ячейки, просматривается модуляция контраста с частотой развертки. Мерцание можно заметно уменьшить, если увеличить кадровую частоту развертки. К сожалению, в символьных ЖК-дисплеях синхрогенератор внутренний и повысить частоту развертки невозможно.

Фактор быстрогодействия особенно важен для приложений, где требуется быстрая смена изображений — в ЖК-мониторах, телевизионных приемниках с ЖК-экраном, в камкодерах видеокамер, а также в современных сотовых телефонах, поддерживающих передачу и прием видео изображений. STN-дисплеи обеспечивают уровень быстрогодействия на уровне 100—150 мс. ЖК-дисплеи с активной матричной адресацией на основе TFT-матрицы обеспечивают быстроедействие на уровне 50—70 мс. В ранних ЖК-дисплеях ноутбуков при перемещении мыши из-за низкого быстрогодействия было очень заметно смазывание изображения. В ЖК-модуляторах для автоматических затворов маски сварщика времена реакции находятся в диапазоне 0,2—2 мс.

2.2.1.2.13. РАБОТА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Контраст изображения ЖК-дисплея ухудшается при понижении рабочей температуры, но в отдельных случаях можно скомпенсировать это ухудшение за счет увеличения рабочего напряжения (U_{lcd}) на драйверах. Для ЖК-дисплеев с расширенным температурным диапазоном (от -20 до -40 °C) обязательно имеется вывод для подачи отрицательного смещения. Таким образом, размах напряжения на выходных каскадах драйвера будет увеличен на величину отрицательного смещения $U_{lcd} = U_{log} - (-U_{adj})$. Уровень низкого потенциала логического питания (земля, общий) и низкий потенциал питания выходных драйверов имеют отдельные выводы. В обычных ЖК-дисплеях, предназначенных для использования при положительных температурах, напряжение смещения (U_{adj}) обычно находится в пределах от 0 до 1 В. Возможность работы при низких температурах определяется только типом используемого ЖК-материала. Стоимость низкотемпературного материала несколько больше, чем у ЖК-материала для нормального температурного диапазона. Существует и другой способ расширения температурного диапазона ЖК-дисплея — за счет использования принудительного нагрева зоны стеклянных подложек с ЖК-материалом. Делается это с помощью специального нагревателя на основе прозрачных проводящих подложек. Нагревательные подложки могут располагаться под ЖК-дисплеем. Проводящий прозрачный слой на подложке нагревателя — пленка In_2O_3 с удельным сопротивлением несколько десятков ом.

2.2.1.3. Основные технологии ЖК-экранов

Как уже было отмечено ранее практически все применяемые в ЖКД электрооптические эффекты основаны на изменении двулучепреломления ЖК под действием приложенного электрического поля. В результате этого изменяется фазово-поляризационное состояние пучка света, прошедшего через слой ЖК. При наличии поляризатора и анализатора в дисплеях, работающих как на пропускание, так и на отражение, модулируется интенсивность света пиксела. Яркость изображения, создаваемого ЖК-дисплеями, определяется подсветкой, поэтому для них более важной характеристикой является контрастное отношение. Интенсивность света может модулироваться не только за счет поглощения в анализаторе, но и за счет отклонения (рассеяния) пучка, если неоднородность распределения директора (ориентации) в пикселе сравнима с длиной волны. Ясно, что в ЖКД рассеивающего типа выше коэффициент использования подсвечивающего излучения.

Среди пассивных ЖКД наибольшей мультиплексностью обладают супертвист (STN) экраны. Наличие двулучепреломления у ЖК приводит к сужению углов обзора, что исправляется введением в состав ячейки одного или двух компенсаторов — фазовых пластин с отрицательным двулучепреломлением - или статического (не управляемого электрическим полем) слоя ЖК с одинаковым по величине и противоположным по знаку углом закрутки.

Уровень мультиплексности порядка 1000 достигнут и в других ЖКД с пассивным управлением (эффект управляемого двулучепреломления в гомеотропно ориентированных слоях ЖК, пи-ячейки, сегнето- и антисегнетоэлектрические ЖКД). Однако, по различным причинам, прежде всего технологическим, эти эффекты используются сравнительно редко, хотя в последние годы много сделано для улучшения этих параметров.

В первую очередь, для пассивных дисплеев разработаны способы адресации, которые в сочетании с ориентацией ЖК и составом материала позволяют выполнять одновременную адресацию нескольких или даже всех строк дисплея. Последний метод носит название активной или многострочной (multi-line)

адресации пассивного дисплея. При этом в ряде разработок реализована оптическая память.

В настоящее время интенсивно развиваются технологии дисплеев, в которых изменение оптического состояния ЖК достигается не за счет управляющих сигналов, поступающих со схемы управления, а из-за изменения электрического состояния элемента с нелинейной вольтамперной характеристикой (тонкопленочного транзистора - ТПТ или диода — ТПД), включенного последовательно с ЖК-ячейкой (см. раздел 2.2.1.2.4.). При активном управлении, в отличие от пассивного, параметры вольт-контрастной характеристики электрооптического эффекта оказываются не связанными непосредственно с управляющими электрическими сигналами.

Классификация ЖКД по способу управления приведена на рис. 40.

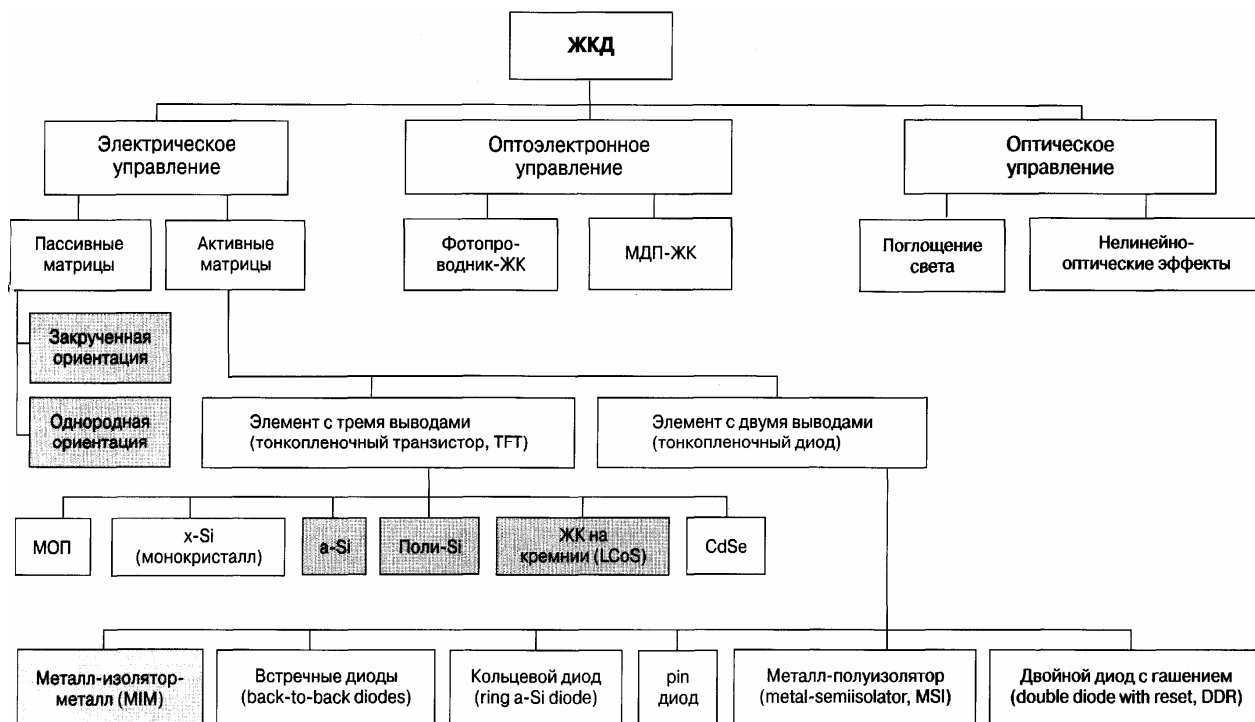


Рис.40. Классификация ЖКД по способу управления (заштрихованы структуры, используемые в производимых ЖКД)

Использование активных матриц (АМ) нелинейных элементов позволяет значительно увеличить быстродействие, контраст и угол обзора дисплея.

Известно, что более высокая цена ЖКД на основе активной матрицы управляющих тонкопленочных транзисторов (ТПТ) обусловлена сравнительно небольшим процентом выхода годных изделий (около 50%). Чтобы увеличить этот процент, к 2005 году предполагается разработка плоско-панельных дисплеев (ППД) 5-го поколения за счет использования исходных стеклянных пластин большого размера - $960 \times 1100 \times 0,7$ мм (4-му поколению соответствуют пластины размером 550×650 мм). Из такой пластины можно сделать две подложки для дисплея с диагональю 40 дюймов (102 см) и апексом (отношением сторон) 16:9 или 16 подложек для 12-дюймового (30,5 см) дисплея с апексом 4:3.

Дисплей 5-го поколения, который будет производиться в 2005 году, должен иметь следующие характеристики:

- Видеостандарт: QXGA, или 2000×1600 пикселей. При этом шаг пикселей составит 180 ... 200 мкм.
- Размер подложки соответствует стандартам A4 (297×210 мм) или B5 (257×182 мм) и A3 (410×297 мм, или 19,9 дюйма, т.е. 505 мм по диагонали) или B4 (364×257 мм, или 17,5 дюймов, т.е. 442 мм по диагонали).
- Энергопотребление: 3...4 Вт.
- Время производства одного изделия: 30...45 с. (вместо 60...90 с. в настоящее время).
- Количество фотолитографических операций: 4-5 вместо 6-8.

Рассмотрим кратко характеристики некоторых типов ЖКД с высокой информационной емкостью, в особенности тех, которые используются в коммерческих разработках. Прежде всего, это ЖКД для портативных ЭВМ (notebook). В таблице 2.5 приведены характеристики ЖКД с размером по диагонали 12,1 дюйма (30,7 см).

Чтобы заменить ЭЛТ-мониторы, ЖКД, согласно оценкам, должны иметь следующие технические характеристики: размер по диагонали 15 дюймов (38,1 см), XGA-стандарт разрешения, угол обзора 140° , яркость 200 кд/м^2 и потребляемую мощность 6 Вт. За исключением последнего параметра, к этим

требованиям приближаются характеристики XGA активной матрицы фирмы Mitsubishi (Япония): размер по диагонали 15,1 дюйма (38,4 см), угол обзора $\pm 60^\circ$, яркость 250 кд/м² и потребляемая мощность 19,3 Вт.

Таблица 2.5. Характеристики цветных SVGA (800×600 пикселей) или XGA (1024×768 пикселей) ЖКД для портативных ЭВМ

Фирма	Mitsubishi	Samsung Semiconductors		Hitachi		Fujitsu
Яркость, кд/м ²	70	100	100	-	-	70
Стандарт разрешения	XGA	SVGA	XGA	SVGA	XGA	SVGA
Потребляемая мощность, Вт	2,9	2,5	3,5	2,8	4,0	2,2 (1,3 с vivid драйверами)

Примечание. Прочерк означает: нет данных

Для достижения больших углов обзора, когда визуальное восприятие изображения на дисплее не изменяется при рассматривании его практически с любого направления пространства перед устройством, предложен метод так называемой адресации в плоскости (in-plane-switching, IPS-mode). В этом случае электрическое поле направлено не поперек, а параллельно подложке, на которой размещены активные элементы. Особенно преуспели в создании ЖКД на основе IPS-моды японские фирмы NTC и Hitachi (см. таблицу 2.6).

Таблица 2.6. Характеристики XGA супер-ТПТ активных матриц с адресацией в плоскости

Фирма	NEC			Hitachi
Яркость, кд/м ²	200			120
Углы обзора, град.	160			140
Размер, дюйм (см)	20,1 (51,1)	14,1 (35,9)	12,1 (30,7)	13,3 (33,3)
Энергопотребление, Вт	-	14	-	18

В последнее время наиболее интенсивно ведутся разработки активного элемента на основе поликристаллического кремния, который лучше, чем аморфный кремний, подходит для устройств с высокой степенью интеграции, прежде всего, для устройств на кремниевых подложках. Дисплей с поликремниевыми ТПТ пока имеют небольшой размер и применяются в проекционных устройствах или наשלемых дисплеях. Их характеристики приведены в таблице 2.7. Здесь апертурное отношение является отношением площади пиксела, не занятой черной маской, защищающей ТПТ от света, к полной площади пиксела.

Таблица 2.7. Характеристики АМ ЖКД с поликремниевыми ТПТ

Фирма	Hitachi	Epson America	Fujitsu
Апертурное отношение, %	-	65	-
Пропускание, %		23	
Стандарт разрешения	VGA	VGA	EWS(SXGA)
Размер по диагонали, дюймов (см)	1 (2,5)	1,3 (3,3)	3,2 (8,1)

Из приведенных данных видно, что на основе поликремниевых АМ можно создавать устройства с высоким апертурным отношением и, соответственно, с высоким пропусканием и высокой эффективностью использования подсветки. Надо напомнить, что типичное значение пропускания цветной активной матрицы с ЖК равно 4...6%.

Снижение температуры изготовления поликристаллического кремния (он состоит из множества мелких кристаллов и образуется при более чем 1000° С) позволило бы расширить сферу применения поликристаллического кремния. В начале 90-х гг. необходимая технология была создана (температура снижена до 450° С), а в 1999 году Toshiba объявила о начале производства экранов на основе этой технологии с применением не дорогих кремниевых, а относительно дешевых стеклянных подложек. Активно-матричные панели, изготовленные с применением низкотемпературного поликристаллического кремния, получили название LTPS (Low-temperature p-Si) TFT. Следующим этапом развития технологии должны стать LTPS-на пластике, в которых слой кремния будет формироваться на гибких листах пластикового субстрата. Это позволит производить гибкие экраны и чувствительные к прикосновению дисплеи. Фирма Seiko Epson (Япония) разработала цветной VGA-дисплей на основе поликремниевых ТПТ размером 4,5 дюйма (11,4 см), а Sharp - 4,7 дюйма (11,9 см) VGA-дисплей с апертурным отношением 80%,

контрастом 300:1 и рабочим напряжением 10 В. Температура процесса получения ТПТ доведена до 150°C (Калифорнийский университет и Ливерморская национальная лаборатория, США), что позволяет получать АМ на полимерных подложках.

Однако сейчас самой перспективной АМ-технологией для проекционных устройств считается наиболее интегрированная технология «ЖК-на-кремнии» (LCoS, Liquid-Crystal-on-Silicon).

В то же время, несмотря на успехи транзисторной технологии, ведутся разработки АМ на основе тонкопленочных диодов (ТПД), особенно МИМ-структур (металл-изолятор-металл; МИМ - metal-insulator-metal). При несколько худшем качестве изображения и большей чувствительности к изменению температуры по сравнению с ТПТ АМ МИМ-структуры имеют намного более низкую стоимость изготовления из-за меньшего количества фотолитографических операций. Особенно популярен этот вид нелинейного элемента в проекционных устройствах, так как высокое значение апертурного отношения и возможность нанесения на подложку пленки с зеркальным отражением позволяет максимально увеличить эффективность использования подсветки, которая может вообще отсутствовать при работе с дневным освещением. Некоторые характеристики МИМ ЖКД приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8. МИМ-ЖК-дисплей

Фирма и название дисплея	Epson America		БГУИР, Минск, Белорусь
	Ультра МИМ	Супер-МИМ	
Контраст	>100 : 1	30 : 1	-
Размер по диагонали, см	4,6	16	5
Разрешение	312 × 230	-	480 × 480
Энергопотребление, мВт	200 (с подсветкой в течение 30 000 часов)	75	-
Количество масочных процессов	3	-	-

Из других перспективных разработок АМ ЖКД надо отметить следующие.

Еще в 1984 г. был предложен метод адресации жидкокристаллического пиксела газовым (плазменным) разрядом, имеющим крутую вольтамперную характеристику. Преимуществами такого дисплея являются возможность создания ЖК-дисплея такого же размера, как и ПДП (около 1 м), и большая яркость такого устройства. В таких дисплеях для управления жидкокристаллическими ячейками используется плазменная панель. PALC-дисплей (Plasma Addressed Liquid Crystal - PALC) состоит из стеклянной подложки, с нижней стороны которой нанесен поляризационный фильтр, а с верхней — сформированы продольные выступы-барьеры. Внутри каждой образованной ими борозды расположены два электрода. Сверху конструкцию накрывают тонким листом стекла и полученные емкости наполняют газом под давлением в несколько кПа. Затем следуют слой жидких кристаллов, прозрачная пленка с электродами колонок, цветные фильтры и стеклянная подложка с поляризатором. Позади всей конструкции располагается блок подсветки. Выборка строки осуществляется путем генерации разряда между двумя электродами в наполненной разреженным газом продольной ячейке. На поверхности стекла, разделяющего газовую и ЖК-ячейки, образуется отрицательный заряд, представляющий собой как бы виртуальный электрод. На один из поперечных электродов колонок с противоположной стороны склейки пластин подается напряжение порядка 70 В. Заряд с виртуального электрода протекает через ЖК-ячейку, расположенную на пересечении газовой продольной ячейки и поперечного электрода. Как только заряд стечет, все ЖК-ячейки переходят в полностью изолированное состояние, и можно начинать выборку следующего пиксела. Достоинство PALC-панелей — простота изготовления. По сравнению с традиционными TFT-матрицами они менее чувствительны к чистоте производственных помещений и точности компоновки. Это позволяет использовать большие по размерам стеклянные подложки и, следовательно, открывает перспективы производства больших LCD-экранов. PALC-дисплеи свободны от точечных дефектов (неработающие пиксели), так чувствительных для активно-матричных мониторов. Конструктивная независимость плазменной и ЖК-панелей облегчает процесс разработки новых модификаций. Уже сейчас изготавливаются большие PALC-мониторы с диагональю 42 дюйма и более.

Параметры некоторых PALC-дисплеев (плазменно-адресуемых ЖК) приведены в таблице 2.9.

Другим интересным направлением являются разработки фирмы Хегох (США) и ее дочернего ответвления *phiX* активных матриц со сверхвысоким разрешением, так называемой «оцифрованной бумаги» (digital paper). Так, матрица размером 13,5 дюйма (34,3см) имеет 1536 × 1120 цветных пикселей или 3360 × 2048 черно-белых (бинарных) пикселей. Но наибольшее развитие идея оцифрованной, или электронной, бумаги нашла при использовании полимерных материалов для подложек и ТПТ.

Продолжаются исследования возможности использования в средствах отображения информации сегнето-или антисегнетоэлектрических ЖК (СЭЖКД) и диспергированных в полимере ЖК (ПДЖК, PDLC). Однако, похоже, обе технологии пока не оправдывают возлагавшихся на них надежд. В первом случае СЭЖК не имеют воспроизводимой шкалы серости при пассивной адресации сигналом со случайным значением амплитуды, во втором - при изготовлении пленок ПДЖК часто наблюдается неоднородность их

физических характеристик.

Таблица 2.9. Характеристики PALC-дисплеев

Фирма	Sony	Sony, Philips, Sharp
Контраст	70 : 1	100 : 1 (при 300 люкс)
Количество передаваемых цветов	260 000	16,7 млн.
Яркость, кд/м ²	250	400
Количество пикселей	768 × 448	854 × 480
Размер, мм	-	524,2 × 932,6
Диагональ, дюйм (см)	25 (63,5)	42 (106,7)

В борьбе за равномерность свечения активной жидкокристаллической панели используются сложные механизмы зарядки-разрядки ячеек. Если использовать ферродинамические жидкие кристаллы (FLCD), можно отказаться от дополнительных конденсаторов, устанавливаемых параллельно с управляющими транзисторами. Ферродинамические жидкие кристаллы способны бесконечно долго сохранять ориентацию молекул (при отсутствии внешних воздействий). Более того, эти кристаллы имеют поистине выдающиеся параметры реагирования на воздействие управляющего магнитного поля - около 10 мс. К сожалению, данная технология пока плохо справляется с получением чистых полутонов, но уже сегодня антиферродинамические жидкие кристаллы (AFLCD) частично решают и эту проблему.

Другим перспективным направлением развития технологий ЖКД является разработка ЖК-панелей с уменьшенным потреблением энергии.

Известно, что в ЖК-панелях с подсветкой основная часть энергии расходуется на питание мощных флуоресцентных ламп подсветки, которые, кроме того, нагревают чувствительные к перепадам температур жидкие кристаллы и управляющие полупроводниковые элементы. Избавиться от подсветки можно, прибегнув к внешним источникам освещения, как это делается в дисплеях наручных часов и других портативных устройств. Отражательные дисплеи помимо низкого энергопотребления имеют еще одно значительное преимущество — в них можно для создания управляющих схем использовать непрозрачные кристаллические кремниевые подложки и CMOS-технологии. Такие решения получили название «ЖК-на кремнии» (LC-on-Si, LCOS). Полноценные полупроводниковые схемы позволяют уменьшить взаимное влияние соседних пикселей и повысить скорость реакции жидкокристаллических ячеек. К тому же технология CMOS прекрасно освоена индустрией, и потому производство LCOS доступно более широкому кругу мелких компаний, что не может не сказаться на цене готовых продуктов.

Разработки больших дисплеев, использующих внешние источники света, начаты совсем недавно, однако уже сейчас выглядят очень перспективно. Все отражательные LCD делятся на четыре большие группы: пропускающие, поглощающие, избирательно отражающие и рассеивающие. К первой относятся TN, и Film Compensated STN (F-STN). Вторую группу образуют Phase Change cholesteric-nematic Guest Host (PCGH). Избирательно отражающие панели представлены технологиями Polymer Stabilized Cholesteric Textures (PSCT), а рассеивающие — Polymer Dispersed Liquid Crystal (PDLC).

В панелях PCGH используются холестерические жидкие кристаллы, молекулы которых образуют упорядоченные, закрученные от слоя к слою спирали. При наложении электрического поля они выстраиваются линиями вдоль него. В жидком кристалле-«хозяине» (его называют также растворителем) растворяют вещество, способное в различной степени поглощать свет в зависимости от направления его падения (растворимое вещество). Склейка пластин цветной PCGH-панели состоит из алюминиевых отражающих электродов, смеси растворителя и растворимого вещества, прозрачных электродов, цветных фильтров и защитного стекла. В отсутствие электрического поля спиралевидные структуры жидкокристаллической смеси поглощают внешний свет, проникающий через стекло, фильтры и прозрачные электроды. Экран выглядит черным. После того как на электроды подается напряжение, кристаллы растворителя следуют за направлением поля, увлекая за собой и продолговатые частицы растворимого вещества. Теперь свет беспрепятственно проходит через смесь, отражается от нижних алюминиевых электродов, и экран становится светлым. Управляя отдельно ЖК-ячейками, расположенными под фильтрами разных цветов, можно получить цветное изображение. Технология PCGH позволяет изготавливать яркие, высококонтрастные дисплеи с низким потреблением энергии (порядка 60 мВт), а отсутствие поляризационных фильтров расширяет угол обзора до 100 градусов по вертикали и горизонтали, снимает эффект двойного отражения, присущий панелям с отражателем, вынесенным за пределы стеклянной ячейки.

Технология PDLC является, по сути, «PCGH наоборот». В качестве активного компонента применяется смесь нематических ЖК и полимеров. Принцип работы основан на способности ЖК менять показатель преломления в зависимости от величины наложенного электрического поля. Смесь помещается в стеклянную ячейку с задней стенкой из светопоглощающего материала. Попадающий в ячейку свет рассеивается частично назад (отражается), частично вперед. Мы видим рассеянный назад свет, и экран воспринимается светлым. Но стоит наложить электрическое поле такой величины, чтобы показатели

преломления ЖК и полимера сравнялись, как свет свободно пройдет сквозь смесь и поглотится задней стенкой ячейки. В результате появится темный пиксел.

В данном разделе использована информация из [1, 7, 16-18].

Контрольные вопросы

1. Каковы основные недостатки ЭЛТ мониторов?
2. Каково главное отличие ЖК-монитора от обычного?
3. Какие мониторы с плоскими экранами, помимо ЖК-мониторов, выпускаются в настоящее время?
4. В чем отличие принципа действия ЖК-монитора от принципа действия обычного ЭЛТ-монитора?
5. Какой свет называется поляризованным?
6. Каково назначение поляроида (поляризатора) и анализатора, и из каких материалов их можно изготовить?
7. Как можно наблюдать явление поляризации?
8. Как можно изменять направление вектора (плоскости) поляризации света?
9. Что представляет собой жидкокристаллическое вещество?
10. Какие физические параметры ЖК-вещества зависят от ориентации его молекул?
11. Какие три типа жидких кристаллов различают в зависимости от степени упорядоченности молекул?
12. Что представляет собой ЖК-ячейка?
13. Что понимается под *директором*?
14. Какие три вида ориентации молекул можно получить в нематическом жидком кристалле в зависимости от способа обработки поверхностей подложек и направления вектора ориентирующего действия?
15. На чем основан принцип действия ЖК-ячейки?
16. Охарактеризуйте конструкцию ЖКИ, выполненного на основе ЖК-ячеек с твистированной ориентацией.
17. Для чего нужны ориентирующие покрытия?
18. Опишите принцип работы ЖК-модулятора на основе твист-эффекта.
19. Как действует электрическое поле на ЖК-ячейку с твист-эффектом?
20. Какие три системы используются в качестве подсветки ЖК-ячеек и как они реализуются?
21. Какие лампы используют в качестве ламп подсветки ЖК-экранов?
22. Как получают цветное изображение в ЖК-мониторах?
23. Что понимается под *вольт-контрастной характеристикой* ЖК-ячейки и какой вид она имеет?
24. Как можно увеличить крутизну вольт-контрастной характеристики?
25. Что понимается под STN?
26. Какие недостатки изначально имели STN ЖКИ?
27. Какими способами можно устранить цветовой фон черно-белых STN ЖКИ?
28. Какова топология ЖКИ?
29. Что представляет собой прямая адресация ЖК-ячеек?
30. В чем заключается принцип мультиплексирования при двух координатной адресации?
31. Что понимается под артефактами адресации матричных ЖКИ?
32. Охарактеризуйте топологии A, B, C и D матричных ЖКЭ.
33. Охарактеризуйте топологию квадрупольной матрицы ЖКЭ.
34. В чем особенность топологий матричных ЖКЭ для "суперкомпактных приложений"?
35. Какое функциональное преобразование производится в процессе адресации матричных ЖКИ?
36. Что представляет собой цикл развертки (адресации) матричных ЖКИ?
37. Как обычно реализуется пассивная матричная адресация ЖКИ?
38. Чем определяется контрастность при пассивной матричной адресации?
39. Какие параметры ЖК-ячейки определяют оптические характеристики ЖКД?
40. Каким соотношением определяется связь между числом мультиплексируемых строк и максимально допустимым контрастом при пассивной адресации?
41. Для чего во всех типах ЖК-индикаторов при адресации элементов изображения обязательно используются сигналы переменного напряжения?
42. По какому правилу может производиться смена полярности сигналов адресации?
43. Каков период смены полярности сигналов адресации у ЖКИ для сотовых телефонов и PDA?
44. Какие три способа смены полярности управляющих напряжений используются для ЖК-дисплеев с активной адресацией?
45. Охарактеризуйте недостатки пассивного способа адресации матричных ЖКИ.
46. Как организуется активная адресация матричных ЖКИ?
47. Чем определяется ток потребления ЖКД?
48. Какой величины может достигать суммарная емкость элементов изображения у матричных ЖК-дисплеев?

49. Какова величина тока утечки ЖКИ?
50. У каких драйверов - столбцовых или строковых выше ток потребления, и почему?
51. Перечислите возможные структуры формирователей управляющих напряжений.
52. Охарактеризуйте различные реализации цветных фильтров для ЖК-дисплеев.
53. Какими способами реализуется формирование полутонового изображения на экране ЖК-дисплея?
54. От чего зависит угол обзора ЖК-дисплея?
55. У каких ЖК-дисплеев наибольший угловой контраст?
56. Как различаются поляризаторы по степени поляризации?
57. Какие поляризаторы используются в TN и STN ЖК-дисплеях?
58. Что используется для усиления контраста в STN ЖК-дисплеях?
59. Охарактеризуйте позитивный и негативный контрасты.
60. Чем определяется цветовая окраска изображений в черно-белых ЖКД?
61. Что используется для получения контраста, близкого к газетному «черное на белом», в современных ЖК-дисплеях?
62. Что можно наблюдать за пределами рабочего угла обзора ЖКД?
63. Охарактеризуйте назначение и способы получения "черной решетки".
64. В чем проявляется кросс-эффект в ЖКИ?
65. Как проявляется кросс-эффект в STN-дисплеях?
66. Комбинацией каких трех основных параметров проявляется не идеальность среды, приводящая к кросс-эффектам?
67. Как можно устранить кросс-эффект?
68. Какими параметрами определяется быстродействие ЖК-ячейки?
69. Каково время реакции и релаксации в символьных ЖКД?
70. Что понимается под фликкер-эффектом?
71. Какое быстродействие обеспечивают TFT-матрицы?
72. Каково минимальное время релаксации в ЖК-модуляторах и где они применяются?
73. Как влияет низкая температура на ЖК-дисплей?
74. Каковы способы расширения температурного диапазона ЖК-дисплеев?
75. Охарактеризуйте способы повышения контраста у пассивно адресуемых ЖК-индикаторов.
76. Чем определяется вольт-контрастная характеристика у ЖКИ с активной адресацией?
77. Охарактеризуйте классификацию ЖКД по способу управления.
78. Чем характеризуются ППД 5-ого поколения?
79. В чем состоит преимущество адресации в плоскости?
80. В чем преимущество активных матриц на поликристаллическом кремнии по сравнению с активными матрицами на аморфном кремнии?
81. В чем преимущество использования низкотемпературного поликристаллического кремния в TFT ЖК-индикаторах?
82. Какова основная область применения "ЖК-на кремнии"?
83. Охарактеризуйте МИМ ЖКД.
84. Как работает ЖК-дисплей с адресацией плазменным (газовым) разрядом.
85. Охарактеризуйте параметры некоторых PALC-дисплеев.
86. Как раскрывается термин "оцифрованная бумага" и каковы достижения в этой области?
87. Что можно сказать о сегнето-или антисегнетоэлектрических ЖК (СЭЖКД) и диспергированных в полимере ЖК (ПДЖК, PDLC)?
88. В чем преимущество использования ферродинамических жидких кристаллов?
89. В чем состоят преимущества отражательных ЖКИ?
90. На какие четыре большие группы делятся отражательные дисплеи?

2.2.1.4. Технические, схемотехнические и конструктивные аспекты ЖКИ (ЖКД).

Помимо физических, математических и технологических аспектов, связанных с разработкой жидкокристаллических индикаторов (панелей, дисплеев), существует целый ряд проблем, связанных с решением технических, схемотехнических и конструктивных задач практической реализации ЖКИ.

2.2.1.4.1. РЕАЛИЗАЦИЯ НИЗКОМУЛЬТИПЛЕКСНЫХ РЕЖИМОВ АДРЕСАЦИИ

У разных производителей в условных графических изображениях драйверов (микросхем управления адресацией) ЖКИ применяются различные символьные названия для столбцовых и строчных выводов. Для строчных выходов используются наименования BPi (Back Plane), например, в документации Philips, но чаще используются ROWi или COMi (Common). Столбцовые (сегментные) выводы именуют COLi (Column), SEGi (segment) или просто Si. Число строк ЖКИ определяет коэффициент мультиплексирования — duty (duty cycle). Для низкомультимплексных ЖКИ эти значения 1:2, 1:3, 1:4. Экзотические варианты типа 1:5 или 1:6 теоретически возможны, но на практике не реализуются вследствие нецелесообразности. В некоторых микросхемах драйверов есть возможность программно выбирать тип генератора уровней напряжения, используемых для формирования уровней напряжений строк и столбцов. Этот параметр, называемый bias, по сути, определяет тип схемы формирования напряжений для строк и столбцов. Тип схемы определяется числом уровней напряжений. Для bias 1:2 это 3 уровня, а для 1:3 — 4 уровня. В матричных ЖК-дисплеях используется 6 уровней напряжений. В драйверах низкомультимплексных ЖКИ не используется bias больше 1:3. Регулировка контраста изображения производится изменением амплитудных значений выходных сигналов посредством увеличения — уменьшения напряжения, питающего схему bias. Возможна подстройка контраста и изменением типа схемы bias 1:2 или 1:3. Обычно драйверы, имеющие малое число столбцовых выводов, имеют возможность каскадирования, т. е. наращивания числа столбцов и возможность синхронной работы. В этом случае в драйвере предусмотрен эстафетный механизм для загрузки данных (как в KP1820BG1), а также обеспечивается выбор режима master-slave для синхронной и согласованной работы нескольких драйверов в связке. В качестве иллюстрации ниже приводятся диаграммы, реализующие низкомультимплексные режимы адресации ЖКИ в драйвере Philips PCF8576.

2.2.1.4.1.1. Прямая адресация ЖКИ

В ЖКИ с прямой адресацией каждый сегмент изображения имеет свой сегментный (столбцовый) вывод. Прямая адресация самая простая для реализации, поскольку требуется всего два уровня напряжений. Поэтому прямая адресация ЖКИ легко реализуется на любых цифровых микросхемах, в том числе и на портах контроллеров или в структуре ПЛИС. На рис. 2.41 представлены диаграммы прямой адресации.

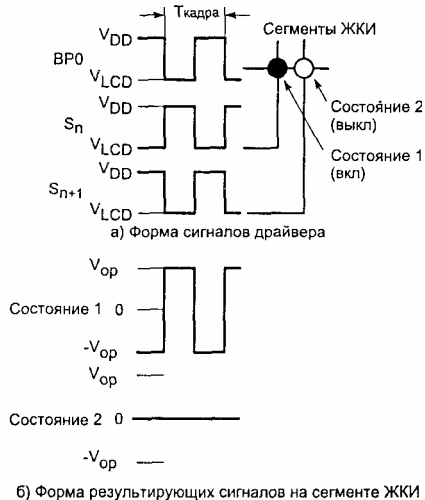


Рис 2.41. Диаграммы управления ЖКИ с прямой адресацией

Здесь и далее в комментариях к рисункам используются следующие обозначения:

Tframe — период цикла развертки;

Vdd — напряжение питания логики драйвера;

Vlcd — смещение напряжения для питания выходных формирователей управляющих строками и столбцами;

Vop = Vdd - Vlcd — максимальное действующее напряжение на драйвере, состоящее из напряжения питания логики и напряжения смещения для выходных формирователей строк и столбцов;

Vsn(t) — функция напряжения, приложенного к n-му столбцу (сегменту -s),

$V_{bp\ i(t)}$ — функция напряжения, приложенного к i -й строке (в качестве названия строки в документации Philips используется термин backplane);

$V_{state\ 1(t)}$ — функция разности напряжений приложенными между строкой и столбцом для выбранного элемента изображения;

$V_{state\ 2(t)}$ — функция разности напряжений приложенными между строкой и столбцом для невыбранного элемента изображения;

$V_{off(rms)}$ — расчетная величина эффективного (среднеквадратичного) напряжения на невыбранном элементе изображения;

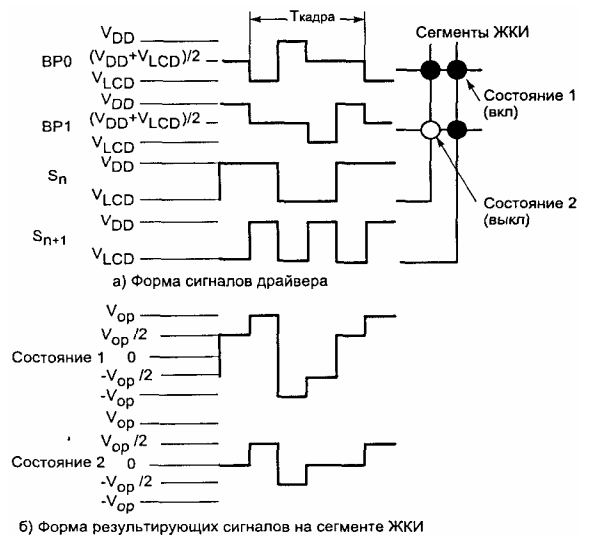
$V_{on(rms)}$ — расчетная величина эффективного (среднеквадратичного) напряжения на выбранном элементе изображения;

S_n — столбцовое (сегментное) напряжение;

V_{pi} — строчное (Backplane) напряжение.

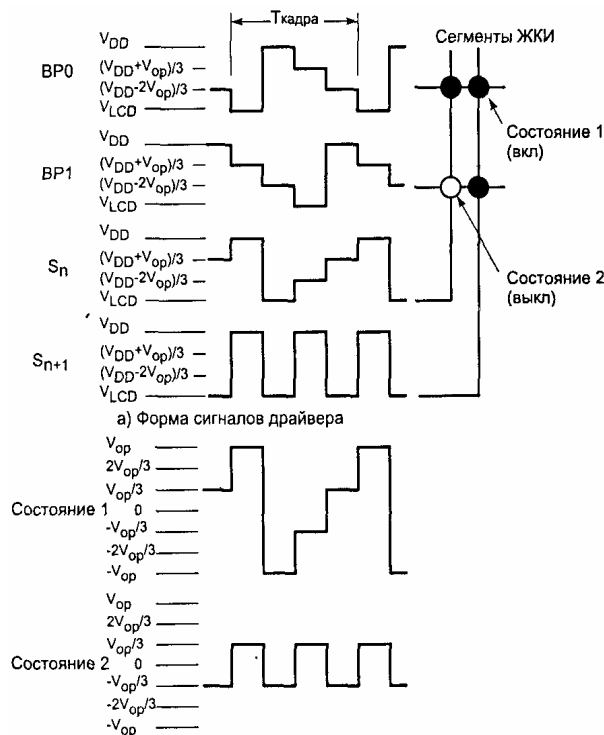
2.2.1.4.1.2. Адресация ЖКИ с мультиплексом 1:2

Адресация ЖКИ с таким мультиплексом можно осуществлять в двух режимах bias — с использованием трех уровней напряжений (1/2) или же четырех (1/3). На рис. 2.42 показаны диаграммы для режима bias 1/2, а на рис. 2.43. — для режима bias 1/3, реализованные в драйвере PCF8576 (Philips).



б) Форма результирующих сигналов на сегменте ЖКИ

Рис. 2.42. Диаграммы напряжений при мультиплексировании 1:2 и режиме bias 1/2 (драйвер PCF 8576)



б) Форма результирующих сигналов на сегменте ЖКИ

Рис. 2.43. Диаграммы напряжений при мультиплексировании 1:2 и режиме bias 1/3 (драйвер PCF 8576)

Соотношения эффективных напряжений для выбранного и невыбранного пикселей в данном режиме:

$$V_{state1}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP0}(t).$$

$$V_{on(rms)} = 0,745V_{op}.$$

$$V_{state2}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP1}(t).$$

$$V_{off(rms)} = 0,333V_{op}.$$

Ниже приводятся соотношения эффективных напряжений для выбранного и невыбранного пикселя при использовании данного режима:

$$V_{state1}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP0}(t).$$

$$V_{on(rms)} = 0,745V_{op}.$$

$$V_{state2}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP1}(t).$$

$$V_{off(rms)} = 0,333V_{op}.$$

Сравнивая соотношения для эффективных напряжений выбранных и невыбранных состояний элементов изображения ЖКИ, полученных при выборе разных режимов bias, можно заметить, что, если использовать большее число уровней напряжения, можно уменьшить напряжение питания V_{op} . Меняя режим bias, можно подстраиваться под величину порогового напряжения, используемого ЖКИ, чтобы добиться оптимального контраста. На рис. 2.44 показаны временные диаграммы для мультиплекса 1:2, реализованные в контроллере электронных игр. Реализация диаграмм здесь несколько проще, чем в драйвере PCF 8576.

Функции драйвера ЖКИ с мультиплексом 1:2 и bias 1/2 могут быть реализованы, например, на выводах портов А и В микроконтроллера PIC16C84, как показано на рис. 2.45. Диаграмма, показанная на рис. 2.44, реализуется программно и ввиду простоты не требует специальных комментариев.

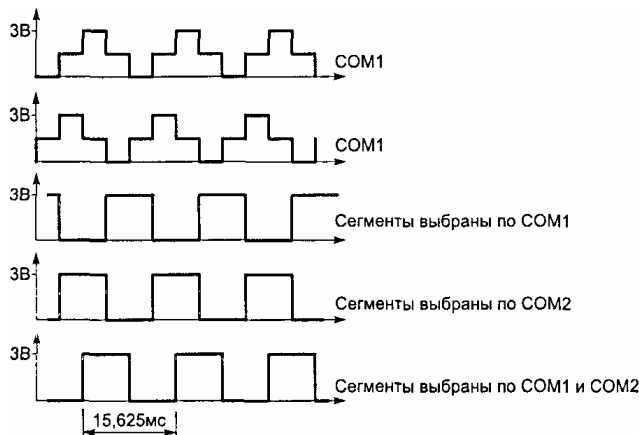


Рис. 2.44. Временные диаграммы управляющих напряжений для строк и столбцов для адресации ЖКИ с мультиплексом 1:2

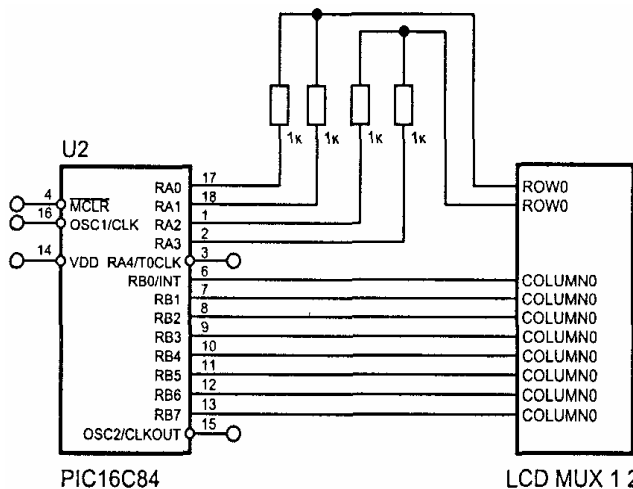


Рис 4.5. Реализация функций драйвера ЖКИ с мультиплексом 1:2 на основе микроконтроллера PIC16C84

2.2.1.4.1.3. Диаграммы управления ЖКИ с мультиплексом 1:3

Диаграммы управления ЖКИ с мультиплексом 1:3 представлены на рис. 2.46.

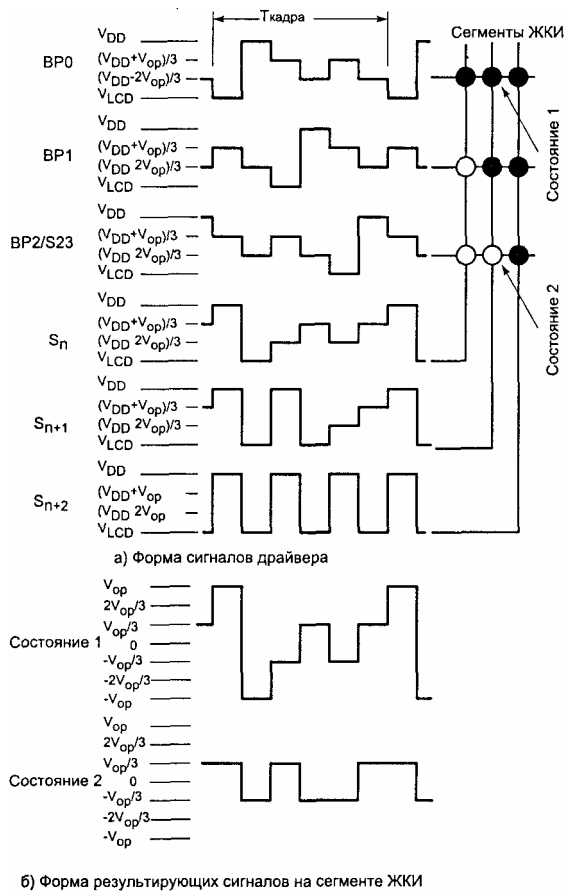


Рис 2.46. Диаграммы управления ЖКИ с мультиплексом 1:3 (драйвер РСF 8576)

Ниже приводятся соотношения эффективных напряжений для выбранного и невыбранного пиксела при использовании данного режима:

$$V_{state1}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP0}(t). \quad V_{on(rms)} = 0,638V_{op}.$$

$$V_{state2}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP1}(t). \quad V_{off(rms)} = 0,333V_{op}.$$

2.2.1.4.1.4. Диаграммы адресации ЖКИ с мультиплексом 1:4

Диаграммы управления ЖКИ с мультиплексированием 1:4 (драйвер РСF 8576) представлены на рис.2.47.

Эффективные напряжения для данного режима мультиплексирования следующие:

$$V_{state1}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP0}(t). \quad V_{on(rms)} = 0,638V_{op}.$$

$$V_{state2}(t) = V_{Sn}(t) - V_{BP1}(t). \quad V_{off(rms)} = 0,333V_{op}.$$

2.2.1.4.2. ПАССИВНАЯ АДРЕСАЦИЯ МАТРИЧНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЖКЭ

В циклах развертки ЖКЭ обязательно должна обеспечиваться смена полярности строчных и столбцовых сигналов. Смена полярности устраняет постоянную составляющую тока, протекающего через ЖК-ячейки пикселей. На рис. 2.48 показаны две системы формирования уровней напряжений для строчных и столбцовых драйверов, где $+D$ (данные) — амплитуды напряжений для столбцовых электродов ЖКЭ при двух фазах полярности; $+S$ — амплитуды напряжений для строчных электродов ЖКЭ при двух фазах полярности.

В правой системе используется смещение уровней столбцовых и строчных напряжений. Как можно заметить, правая система обеспечивает формирование идентичных напряжений на пикселях, но при существенно меньшем размахе амплитудных значений. Именно такая система и используется во всех пассивно адресуемых матричных ЖКЭ, поскольку создать КМОП БИС с меньшими напряжениями питания выходных формирователей гораздо проще и дешевле. Для адресации STN ЖКЭ с высоким коэффициентом мультиплексирования строк требуются амплитудные значения напряжений свыше 40 В. Современная технология позволяет создавать высоковольтные КМОП-драйверы с напряжениями до 60 В. В новейших драйверах для STN ЖК-дисплеев фирмы Hitachi Semiconductor опять стал использоваться первый способ

формирования уровней. Способ получил новое название HI-FAS (High Frequency Amplitude Selection).

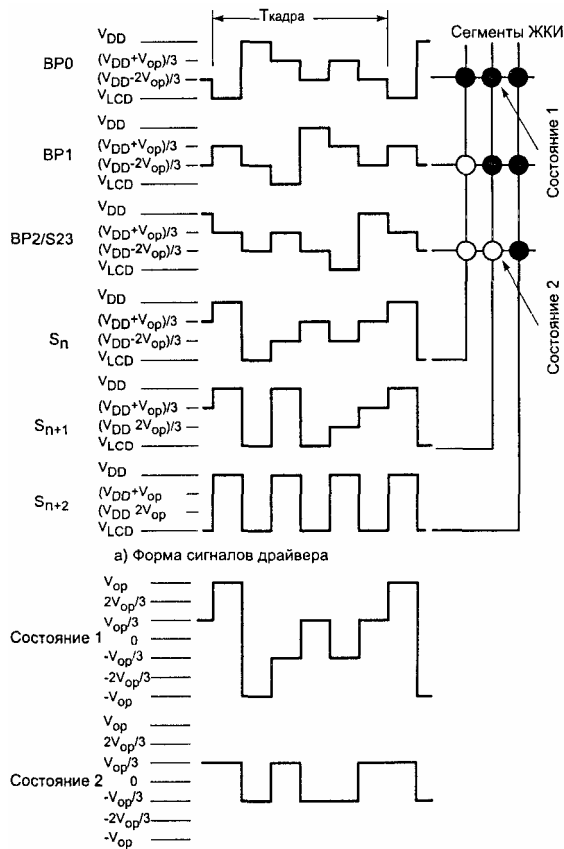


Рис 2.47. Диаграммы управления ЖКИ с мультиплексированием 1:4 (драйвер PCF 8576)

В данном методе размах амплитуды для выходных сигналов столбцовых драйверов составляет всего 3 В, а размах строчных импульсов — до 32 В. Для питания высокочастотных столбцовых драйверов используется меньшее напряжение, что позволяет снизить суммарный уровень потребления драйверами столбцов и строк по сравнению со схемой, изображенной справа на рис. 2.48, на 70 %!

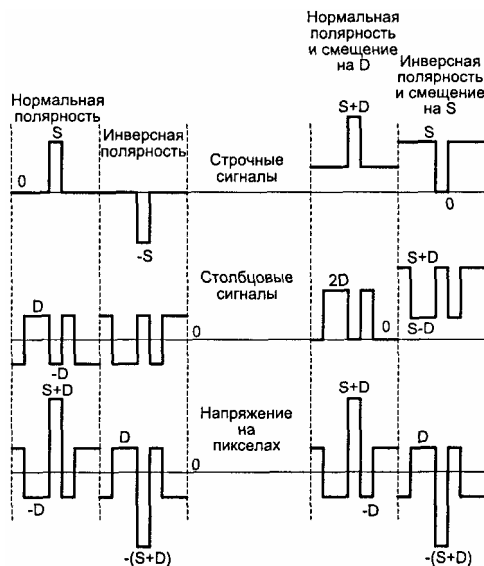


Рис. 2.48. Две системы формирования уровней для адресации матричных ЖКЭ

2.2.1.4.2.1. Формирование уровней опорных напряжений для драйверов ЖК-дисплеев

В низкомultipлексных ЖКИ формирователи уровней напряжений содержатся в самой структуре драйверов. В ЖКИ и ЖКЭ, которые используют больший мультиплекс (1:8, 1:16, 1:32), уровни напряжений

формируются внешним резистивным делителем. Каждое звено делителя (рис. 2.49), образующего уровень напряжения, шунтируется емкостью, чтобы сгладить пульсации напряжений, которые возникают на фронтах строчных и столбцовых сигналов. Броски тока возникают вследствие емкостного характера ЖК-ячейки. Емкость матричного экрана небольшого формата может иметь несколько десятков нанофард.

Чтобы обеспечить поддержание стабильности напряжения на резисторах делителя, ток через делитель должен быть в 8—10 раз больше среднего тока, потребляемого схемой управления строками и столбцами от любого узла делителя. В дисплеях Power Tip номиналы резисторов таковы: 2 верхних и 2 нижних резистора имеют номинал 4,7 кОм, а средний — 8,2 кОм. Общий размах действующего напряжения на резистивном делителе около 7—8 В (5 В — (-2/3 В)). Ток, протекающий через резистивный делитель, 250—300 мкА. Снизить ток потребления всего ЖКИ можно за счет применения в делителе высокоомных резисторов с повторителями на основе маломощных счетверенных ОУ (операционный усилитель) (как правило, rail-to-rail). Такое решение используется в заказных ЖКИ и матричных ЖК-дисплеях. Для матричных ЖК-дисплеев ток потребления

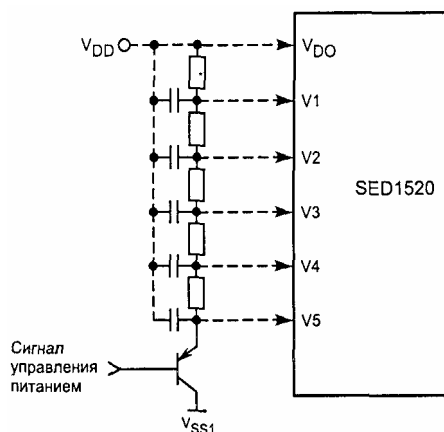


Рис. 2.49. Организация формирователя питающих напряжений для ЖКИ на основе SED1520.

существенно возрастает вследствие большей емкости экрана. Использовать обычный резистивный делитель становится неэкономично, так как требуется пропускать через делитель очень большой ток. К тому же при большем мультиплексе более критичным становится требование к стабильности всех уровней напряжений. Поэтому в формирователях матричных ЖКЭ всегда используются повторители на ОУ. Такая схема позволяет получать стабильные уровни напряжений, обеспечивая малый уровень потребления за счет использования высокоомных резисторов в делителе. На рис. 2.50 представлена схема формирования уровней напряжений для строчных и столбцовых драйверов матричных ЖКЭ. В качестве ОУ обычно используется LM324. Базовые уровни напряжений S и D определяются пороговым напряжением используемого ЖК-материала и коэффициентом мультиплексирования.

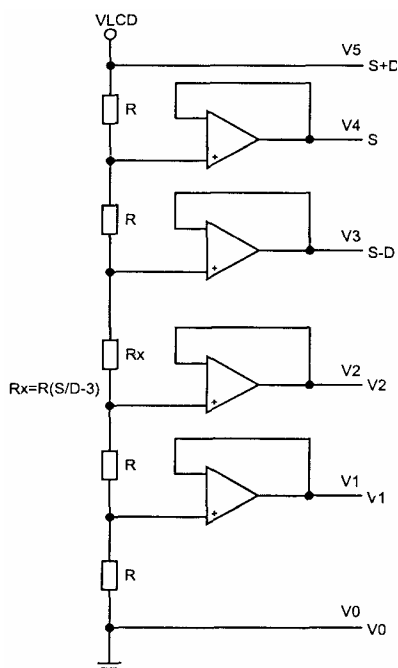


Рис 2 50. Схема формирования уровней напряжений для матричных графических ЖК дисплеев

2.2.1.4.2.2. Адресация с одновременной выборкой нескольких строк

Впервые адресация с одновременной выборкой нескольких строк была предложена Madhusudana в 1979 году. Binary Addressing Technique (BAT) использует для адресации только два уровня напряжений. В качестве строчных функций для данной техники адресации предлагалось использовать бинарные ортогональные функции. По определению ко множеству ортогональных функций принадлежат те функции, которые при попарном умножении друг на друга при одних и тех же аргументах всегда дают в результате ноль, и наоборот — каждая из данного множества функций, будучи умноженной сама на себя, дает не нулевой результат. К такому типу функций, например, принадлежат функции, образующиеся разрядами обычного двоичного счетчика.

На рис. 2.51 показаны временные диаграммы напряжений при реализации адресации BAT для низкомultipлексного ЖКИ с числом строк, равным 3. Коэффициент мультиплексирования в этом случае равен 3. В качестве строчных напряжений развертки можно использовать разряды 3-разрядного двоичного счетчика, а для генерации столбцовых напряжений применяется свертка матрицы данных с бинарной функцией строк, используя поразрядно логические функции, «исключающие ИЛИ» и свертку результатов по модулю 2. Эта технология адресации основывается на применении в качестве базовых функций ортогональных функций Радамахера. Для низких значений мультиплексирования 2, 3, 4 можно получать приемлемый контраст изображения на экране ЖКИ. Использование только бинарных уровней при адресации позволяет применять данный метод адресации в любых микроконтроллерах, не имеющих встроенного контроллера ЖКИ. Можно реализовать контроллер низкомultipлексного ЖКИ на основе метода BAT и в составе ПЛИС. Решение об использовании готового недорогого контроллера-драйвера низкомultipлексного ЖКИ или же синтезированного в составе контроллера (ПЛИС) может быть обусловлено экономическими или топологическими соображениями. Понятно, что использование данного метода в ряде случаев не всегда обосновано. При больших информационных объемах ЖКИ имеет смысл применять отдельную микросхему драйвера низкомultipлексных ЖКИ, например фирмы Holtek или Philips.

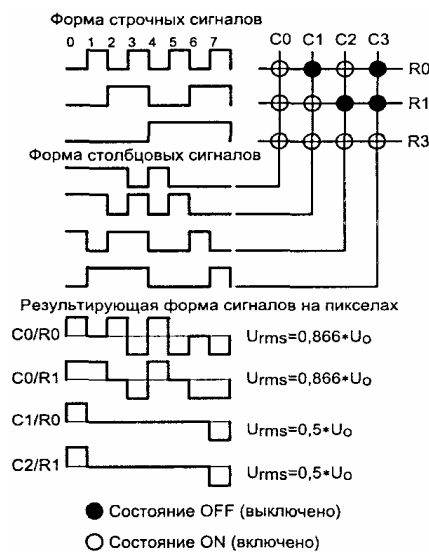


Рис. 2.51. Временные диаграммы напряжений для BAT-адресации

Выполнив необходимые вычисления, получим эффективное напряжение для выбранных элементов $0,86U_o$, а для невыбранных — $0,5U_o$, где U_o — амплитуда логического уровня «1».

Если уровень напряжения «1» логики контроллера BAT составит 3 В, получим для выбранного элемента изображения эффективное напряжение — 2,598 В. Для невыбранного элемента эффективное напряжение составит 1,5 В. Для того чтобы использовать такой контроллер, нужен ЖКИ с пороговым напряжением $(2,598 + 1,5)/2 = 2,049$ В. Получили пороговое напряжение, вполне реальное для тех, что используются в ЖКИ. Соответственно если использовать микроконтроллер с широким диапазоном питающих напряжений, например микроконтроллер Microchip, то подбором рабочего напряжения от 2,5 до 5 В можно подстроиться под любое пороговое напряжение ЖКИ, который уже имеется у пользователя. Если сравнить полученные результаты для эффективных напряжений для метода адресации BAT, с эффективными напряжениями, которые обеспечивает драйвер Philips PCF 8576 ($U_{rms} (on) = 0,638U_o$, $U_{rms} (off) = 0,333U_o$, $U_{on}/U_{off} = 1,91$), то можно заметить, что селективность у драйвера Philips выше. Однако при соответствующем подборе ЖК-материала и согласовании порогового напряжения BAT-контроллер способен обеспечить хороший контраст. Коэффициент мультиплексирования можно увеличить до 4. Адресация BAT может быть реализована программно на выходах портов любого микроконтроллера. Программную реализацию вычислений функций для столбцовых выходов можно организовать двумя способами:

- пошаговым вычислением логических значений для каждого выхода с сохранением результатов в буферных регистрах для того, чтобы обеспечить синхронный вывод по временной метке таймера;
- использованием для увеличения производительности табличных функций (look table).

Пример реализации алгоритма адресации BAT в структуре ПЛИС показан на рис. 2.52.

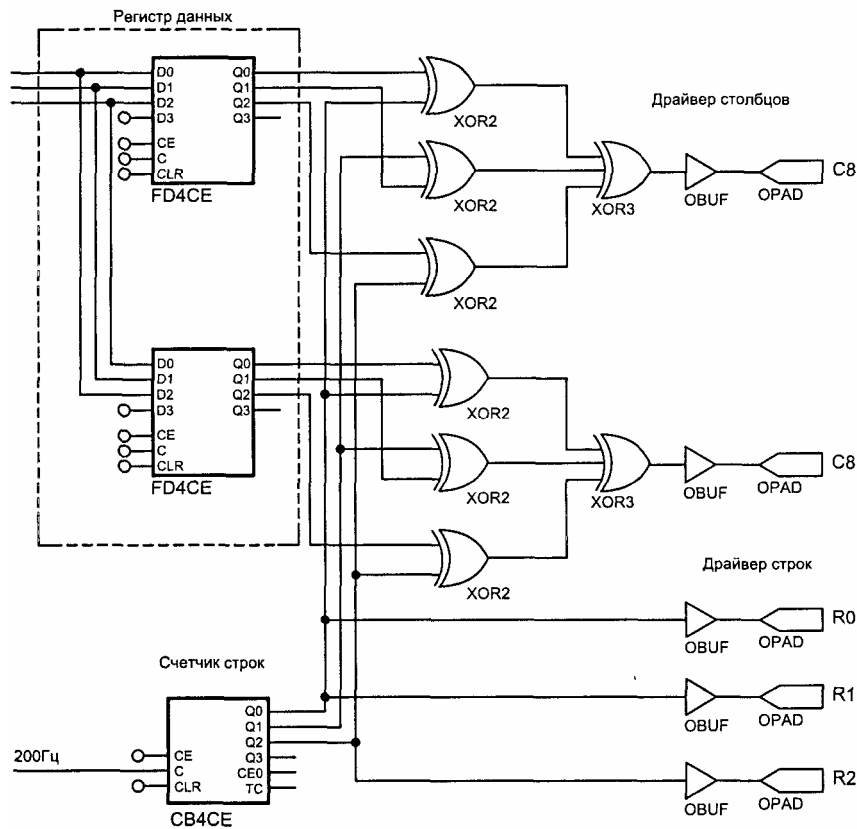


Рис. 2.52. Реализация адресации BAT в ПЛИС

Технология с одновременной выборкой нескольких строк имеет в настоящее время практическую реализацию в драйверах-контроллерах для адресации матричных STN ЖКЭ. Один из примеров такой технологии — MLA (Multi-Line Addressing). В настоящее время рядом фирм: Philips, Sharp, Seiko-Epson, Solomon Systech и другими — разработаны однокристалльные драйверы-контроллеры ЖК-дисплеев с использованием мультистрочной адресации. Эти драйверы предназначены в первую очередь для применения в ЖК-дисплеях сотовых телефонов и PDA — самых массовых изделиях в настоящее время.

Возможен и предельный вариант мультистрочной адресации, когда все строки матричного графического ЖК-дисплея адресуются одновременно. Этот вариант называется Active Addressing — активная адресация. Название данного метода очень похоже по звучанию на имеющую другой смысл Active Matrix Addressing — адресацию элементов изображения с использованием матрицы активных ключей или нелинейных элементов. (Нелинейные элементы могут иметь диодную, транзисторную или варисторную структуру.) Практически возможна реализация активной адресации в полном объеме с поддержкой цветных ЖКЭ с градациями шкалы серого. Метод был реализован в макетном варианте в начале 90-х годов Terry Scheffer. Реализация данного метода требует мощной аппаратной поддержки, специальной архитектуры строчных драйверов.

2.2.1.4.3. КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ ЖКИ

Модуль ЖКИ, как мы ранее условились, состоит из ЖК-индикатора со схемой управления. На рис. 2.53 показана типовая схема модуля ЖКИ. Для матричных ЖК-дисплеев на плате модуля могут находиться только драйверы строк и столбцов, а также схема формирователей напряжений. Контроллер, дисплейное ОЗУ и ПЗУ знакогенератора могут отсутствовать. Формирование изображения и управление разверткой для таких дисплеев производится внешним контроллером.

ЖК-индикатор имеет на подложках (на одной или на обеих) выводы управления строками и столбцами, представленные пленочными контактами из In_2O_3 . Контактные выводы ЖКИ соединяют со схемой управления. Они могут быть выполнены в виде металлических гребенок-клипс, которые с одной стороны одеваются на стекло подложки ЖКИ и с помощью проводящей пасты (клея) контактируют с пленочными выводами, а с другой могут расплавляться на печатную плату (см. рис. 2.54). Таким образом, ЖКИ может быть установлен на печатной плате как обычный компонент. Шаг выводов ЖКИ может быть произвольный, в

частности, 2,5 мм, 1,25 мм, 1 мм

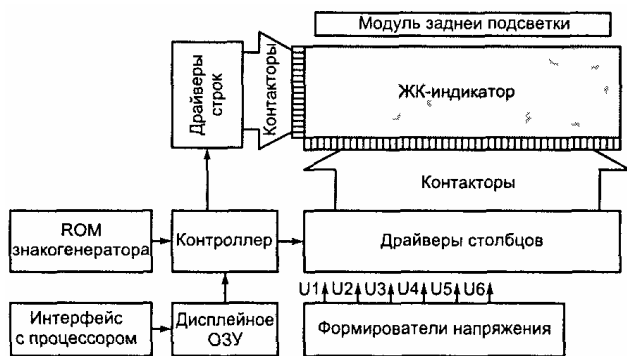


Рис 2.53. Структура модуля ЖКИ

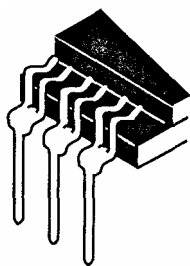


Рис 2.54. Конструкция жестких выводов для ЖКИ

Известно использование паяных соединений в качестве контакторов на основе микрогребенок с шагом 0,8—0,7 мм. С этой целью в зоне контактных выводов по специальной технологии создавались луженые выводы, к которым затем распаивалась микрогребенка. Гребенка затем фиксировалась эпоксидной композицией с наполнителем из стеклянных шариков, а выводы ее формовались и распаивались на плату со схемой управления.

В большинстве стандартных символьно-графических модулей ЖКИ в качестве контакторов используется эластомер из проводящей резины типа «Зебра». Это вид соединений самый простой и дешевый, однако не самый надежный. Со временем эластомер подвержен деформации, что приводит к локальным потерям контакта как в зоне соединения с ЖКИ, так и в зоне соединения с печатной платой. Сборка эластомерных соединителей производится на заводе-изготовителе с помощью специальной оснастки, поэтому если в домашних условиях попытаться произвести ремонт матричного дисплея с целью восстановить один или несколько пропавших контактов, то результат может быть плачевный и весь дисплей придется выбросить, поскольку после сборки число нарушений контактов многократно возрастет!

В большеформатных ЖК-дисплеях, в дисплеях сотовых телефонов и PDA, а также в микротелевизорах с цветными ЖК-дисплеями используется другой тип контактора, основанный на применении гибких шлейфов. Материал гибкого шлейфа — полиимид. Контактное соединение со стороны ЖКИ обеспечивается посредством клеевого соединения, а со стороны печатной платы со схемой управления — посредством пайки. Шаг выводов со стороны ЖКИ может составлять от 150 до 250 мкм. А со стороны печатной платы — от 0,65 до 1 мм. В качестве клея используется специальный анизотропный проводящий клей. Технология соединения посредством анизотропного клея обеспечивает получение надежных контактов. Процесс приклейки полностью автоматизирован. Соединение всех драйверов с контактными площадками производится за один технологический цикл.

Драйверы управления строками и столбцами могут быть выполнены как в виде отдельных микросхем, так и входить в состав одной микросхемы (HD44780). Как правило, микросхемы драйверов монтируются на печатной плате или на гибком печатном шлейфе. Микросхемы драйверов могут иметь корпусное или бескорпусное исполнение. В последнем случае кристалл микросхемы монтируется на печатной плате, а зона разварки контактов затем герметизируется специальным компаундом.

Дисплейное ОЗУ доступно со стороны процессора и со стороны дисплейного контроллера. Дисплейный контроллер обеспечивает регенерацию изображения, обеспечивает поддержку формирования изображения символов на основе использования ПЗУ знакогенератора. Схема преобразователя напряжений обеспечивает для драйверов строк и столбцов формирование специальных уровней напряжений. Уровни напряжений определяются числом мультиплексирования строк и типом ЖК-материала. Уровень интеграции микросхем постоянно растет, поэтому сейчас существуют микросхемы драйверов-контроллеров, которые имеют в своей структуре все описанные ранее модули — драйверы строк и столбцов, контроллер, интерфейс сопряжения с процессором, дисплейное ОЗУ, ПЗУ знакогенератора, формирователь напряжений. Самый первый контроллер-драйвер был разработан фирмой Hitachi — это микросхема HD44780.

И, наконец, последний компонент в составе конструкции дисплейных модулей — это модуль задней

подсветки. Этот элемент не является обязательным в конструкции и присутствует только в моделях с режимом работы на полупропускание или на пропускание. Отдельный раздел пособия посвящается рассмотрению конструкции и схемотехники модулей подсветки для ЖК-дисплеев (раздел 2.2.1.4.3.5).

2.2.1.4.3.1. Технология монтажа драйверов ЖКИ

При монтаже драйверов ЖКИ используются четыре базовые технологии соединения кристаллов драйверов с выводами на стеклянной подложке ЖКИ:

COF — Chip on Flex — монтаж драйверов, пассивных компонентов и вспомогательных схем, например, преобразователей напряжения на тонкопленочном носителе (фольгированной гибкой пленке) вместо печатной платы (см. рис.2.55). Эта технология часто называется MCM (Multi-Chip Mounting). Такое решение позволяет получать более компактные конструкции модулей с меньшим весом. В этом случае этот носитель является и переходным кабелем между ЖК-дисплеем и процессорным модулем. Гибкость носителя допускает сгибы до 180°, что дает дополнительные возможности для маневрирования при сборке изделия внутри миниатюрного корпуса. К недостаткам технологии можно отнести некоторое увеличение стоимости сборки по сравнению с технологией TAB, но это явление временное.

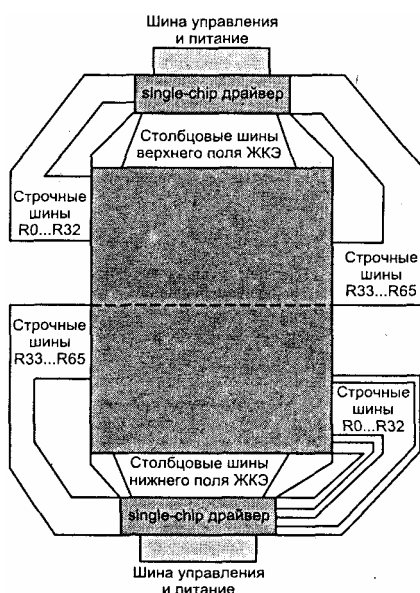


Рис. 2.55. Топология COF-соединения драйверов и ЖК-дисплея

COG — Chip On Glass. Технология используется уже не один десяток лет. Достаточно вспомнить конструкцию первого советского калькулятора, разработанного в 1974 году, где в качестве подложки-носителя для всех БИС использовалась выступающая часть нижней стеклянной подложки ЖКИ. До сих пор применяется в отдельных моделях современных ЖКЭ. Толщина конструкции кристалл + стекло не менее 1,4 мм. Для монтажа БИС-драйверов требуется приличных размеров выступ на стеклянных подложках ЖК-дисплея, что, конечно, не способствует уменьшению габаритов и веса. Есть еще один существенный недостаток у данной технологии применительно к ЖК-дисплеям. Дело в том, что длина дорожек, которые проходят по стеклянной подложке от контактов смонтированного драйвера до электродов (высокоомные полоски ИТО), различна, поэтому дорожки имеют разное сопротивление. А если учесть, что сопротивление тонких дорожек ИТО достаточно высокое, то это приведет к усилению кросс-эффекта. Обычно за счет топологии, формированием фрагментов дорожек разной ширины, можно попытаться выровнять сопротивления, но если нет ресурса по площади, то этот паразитный эффект уже не устраним.

TAB — Tape Automatic Bonding — кристалл монтируется на трехслойной полиимидной подложке-ленте (см. рис.2.56). Процесс, как можно заметить из названия, обеспечивает полную автоматизацию монтажа

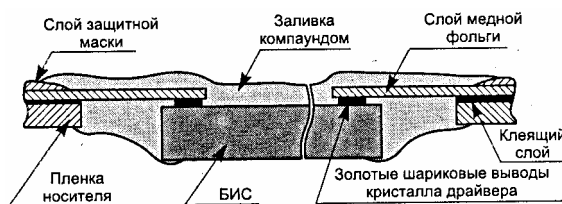


Рис. 2.56. Монтаж кристалла на TAB-носителе

ИС на непрерывной полиимидной ленте-носителе. Используется достаточно давно в дисплейных монтажных

технологиях. Толщина конструкции носитель + кристалл составляет около 1 мм. Полученная подложка-лента с закрепленными на ней микросхемами и балочными выводами нарезается на модули (ТСР носители драйвера ЖКИ), показанные на рис 2.57. Далее эти модули крепятся на печатных платах, используемых для подключения к ЖК-панелям (см. рис. 2.58).

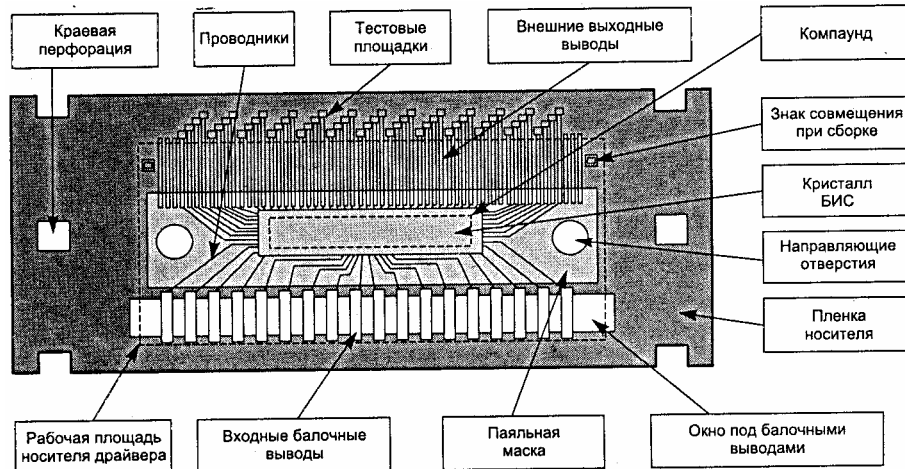


Рис. 2.57. Конструкция ТСР носителя драйвера ЖКИ

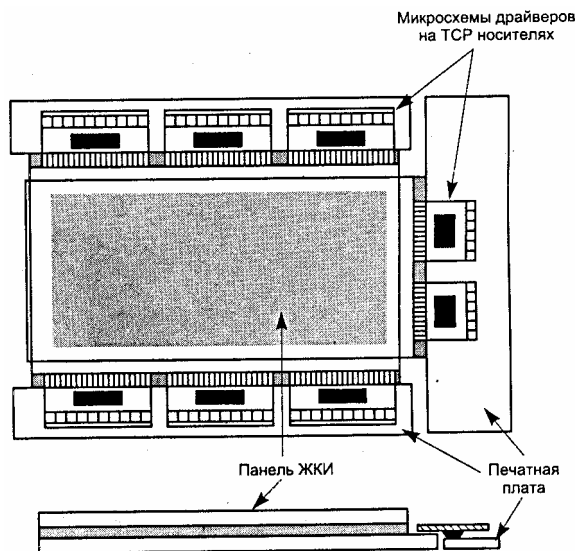


Рис. 2.58. Монтаж драйверов ЖК-дисплея

COB — Chip On Board — кристалл монтируется на печатной плате модуля микросхемы. Монтаж ведется разваркой микропроволокой Al или Au. Кристалл вместе с зоной проводного монтажа заливается компаундом. Технология широко используется в калькуляторах, в стандартных модулях символьных и графических ЖКЭ небольшого формата, а также в электронных играх, наручных электронных часах и т. д.

2.2.1.4.3.2. Драйверы для графических ЖК-дисплеев

Типовая схема управления графическим ЖК-дисплеем показана на рис. 2.59. Сигналы управления строками и столбцами формируются отдельными функциональными драйверами.

Драйвер строк (RD — Row Driver) содержит сдвиговый регистр на N разрядов, схему преобразования логических уровней в уровни управления строками, а также схему управления сменой полярности. Сигналом начала кадра в регистр записывается лог. 1. По заднему фронту сигнала строчной развертки «бегущая единица» будет сдвигаться по разрядам регистра, пока не достигнет последнего разряда. Для наращивания разрядности используется несколько микросхем драйверов строк. При каскадировании используется эстафетный механизм: как только в последнем разряде сдвигового регистра появится лог. 1, будет активирована микросхема следующего драйвера и следующим импульсом сигнала строчной развертки лог. 1 запишется в первый разряд сдвигового регистра следующего драйвера строк.

Драйвер колонок (CD — Column Driver) имеет другую структуру. Он содержит M-разрядный регистр, запись в который может производиться по 8-, 4-, 2-или одноразрядной шине данных. Конечно, 8-разрядная шина обеспечивает большую пропускную способность, но для этого требуется прокладка 4 лишних проводников данных. Как правило, используется 4-разрядные шины данных. По сигналу тактирования

производится последовательная запись в регистр данных драйвера столбцов. По сигналу строчной развертки данные из буферного регистра переписываются в выходной регистр. Логические уровни выходного регистра

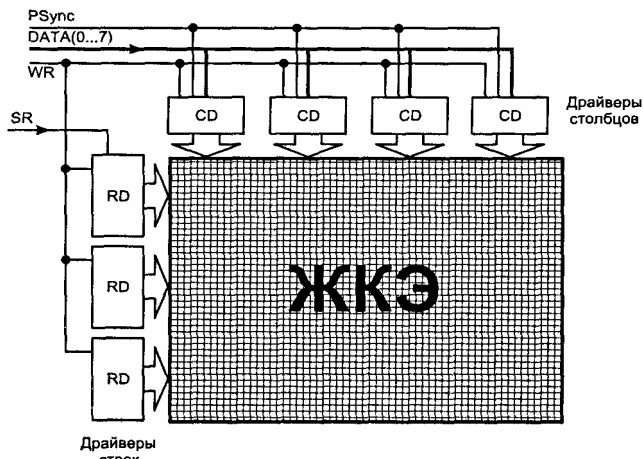


Рис. 2.59. Структура схемы управления матричным ЖК-экраном

схемой смещения преобразуются в рабочие уровни напряжений для управления столбцами графического ЖК-дисплея.

Существуют и универсальные драйверы, которые могут работать в режиме драйвера строк, а есть и такие, у которых часть выходов программируется для управления строками, а часть — для управления столбцами. Но такие драйверы использовались для управления малоформатными графическими ЖК-дисплеями и в настоящее время практически не применяются.

Модули графических ЖК-дисплеев могут содержать на плате управления микросхему своего видеоконтроллера, который может обеспечивать регенерацию изображения и поддержку знакогенерации на экране дисплея. ПЗУ знакогенератора обычно имеется внутри самой микросхемы видеоконтроллера, а ОЗУ или внутреннее, или внешнее. Модули ЖК-дисплеев для ноутбуков и мониторов не содержат дисплейного ОЗУ и видеоконтроллера. Имеется лишь микросхема TCON (Timing CONtroller) контроллера, который обеспечивает прием, распаковку и перераспределение данных по микросхемам драйверов столбцов.

2.2.1.4.3.2.1. Архитектура графического дисплея

На рис. 2.60 показан пример реализации схемы управления цветным графическим ЖК-дисплеем

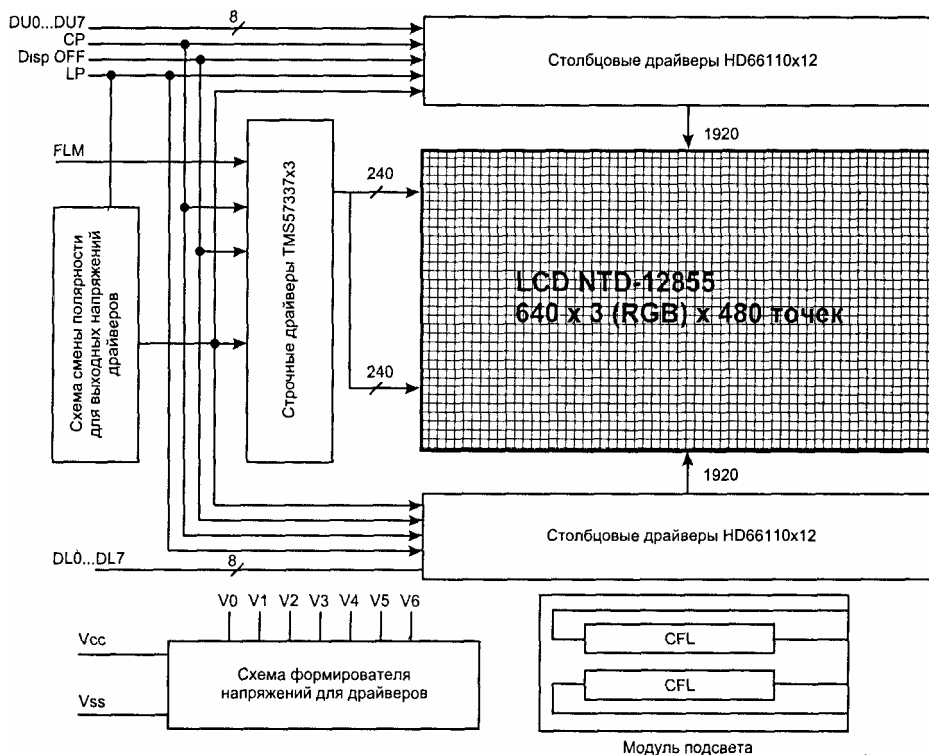


Рис. 2.60. Структурная схема цветного STN-модуля DMF50414 фирмы Optrex: FLM - сигнал начала кадра; LP - сигнал начала строки; CP - сигнал синхронизации данных

DMF50414 фирмы Optrex формата 640(×3) × 480 пикселей с использованием драйверов строк и столбцов фирмы Hitachi. ЖК-дисплей имеет структуру Dual Scan. Развертка двух экранов по 240 строк производится параллельно. Для загрузки данных используется 16-разрядная шина. Восемь разрядов DU0...DU7 (Data Upper) предназначены для загрузки данных в столбцовые драйверы верхнего экрана, а восемь разрядов DL0...DL7 (Data Lower) предназначены для загрузки данных в столбцовые драйверы нижнего экрана.

В табл. 2.10—2.12 представлена цоколевка разъемов, используемых для подключения данного дисплея.

Таблица 2.10. Назначение разъема дисплея CN1

№ вывода	Название	Логические уровни	Функциональное назначение
1	FLM	H	Frame - начало кадра
2	LP	H>L	Data Latch - защелка данных строки
3	CP	H>L	Data Shift Clock - сигнал тактирования сдвига данных в столбцовые драйверы
4	Display OFF	H	H - питание дисплея включено; L - выключено ;
5	Vcc	-	Напряжение питания логики (2,7-5,5 В)
6	Vss	-	Общий - 0 В
7	Vee	.	Напряжение питания выходных формирователей драйверов строк и столбцов (0 - 42 В)
8	DU0	H/L	Разряд 0. Шины данных верхних столбцовых драйверов
9	DU1	H/L	Разряд 1. Шины данных верхних столбцовых драйверов
10.	DU2	H/L	Разряд 2. Шины данных верхних столбцовых драйверов
11	DU3	H/L	Разряд 3. Шины данных верхних столбцовых драйверов
12	DU4	H/L	Разряд 4. Шины данных верхних столбцовых драйверов
13	DU5	H/L	Разряд 5. Шины данных верхних столбцовых драйверов
14	DU6	H/L	Разряд 6. Шины данных верхних столбцовых драйверов
15	DU7	H/L	Разряд 7. Шины данных верхних столбцовых драйверов

Таблица 2.11. Назначение разъема дисплея CN2

№ вывода	Название	Логические уровни	Функциональное назначение
1	Vss	-	Общий - 0 В
2	DL0	H/L	Разряд 0. Шины данных нижних столбцовых драйверов
3	DL1	H/L	Разряд 1. Шины данных нижних столбцовых драйверов
4	DL2	H/L	Разряд 2. Шины данных нижних столбцовых драйверов
5	DL3	H/L	Разряд 3. Шины данных нижних столбцовых драйверов
4	DL2	H/L	Разряд 2. Шины данных нижних столбцовых драйверов
5	DL3	H/L	Разряд 3. Шины данных нижних столбцовых драйверов
6	DL4	H/L	Разряд 4. Шины данных нижних столбцовых драйверов
7	DL5	H/L	Разряд 5. Шины данных нижних столбцовых драйверов
8	DL6	H/L	Разряд 6. Шины данных нижних столбцовых драйверов
9	DL7	H/L	Разряд 7. Шины данных нижних столбцовых драйверов
10	Vss	-	Общий - 0 В

Таблица 2.12. Назначение разъема CN3 для блока подсветки

№ вывода	Название	Логические уровни	Функциональное назначение
1	CFL (HOT)	-	Напряжение питания для первой люминесцентной цилиндрической лампы с холодным катодом
2	CFL (HOT)	-	Напряжение питания для второй люминесцентной цилиндрической лампы с холодным катодом
3	Не используется		
4	Не используется		
5	CFL (GND)	-	Напряжение питания для первой люминесцентной цилиндрической лампы с холодным катодом (GND)
6	CFL (GND)	-	Напряжение питания для первой люминесцентной цилиндрической лампы с холодным катодом (GND)

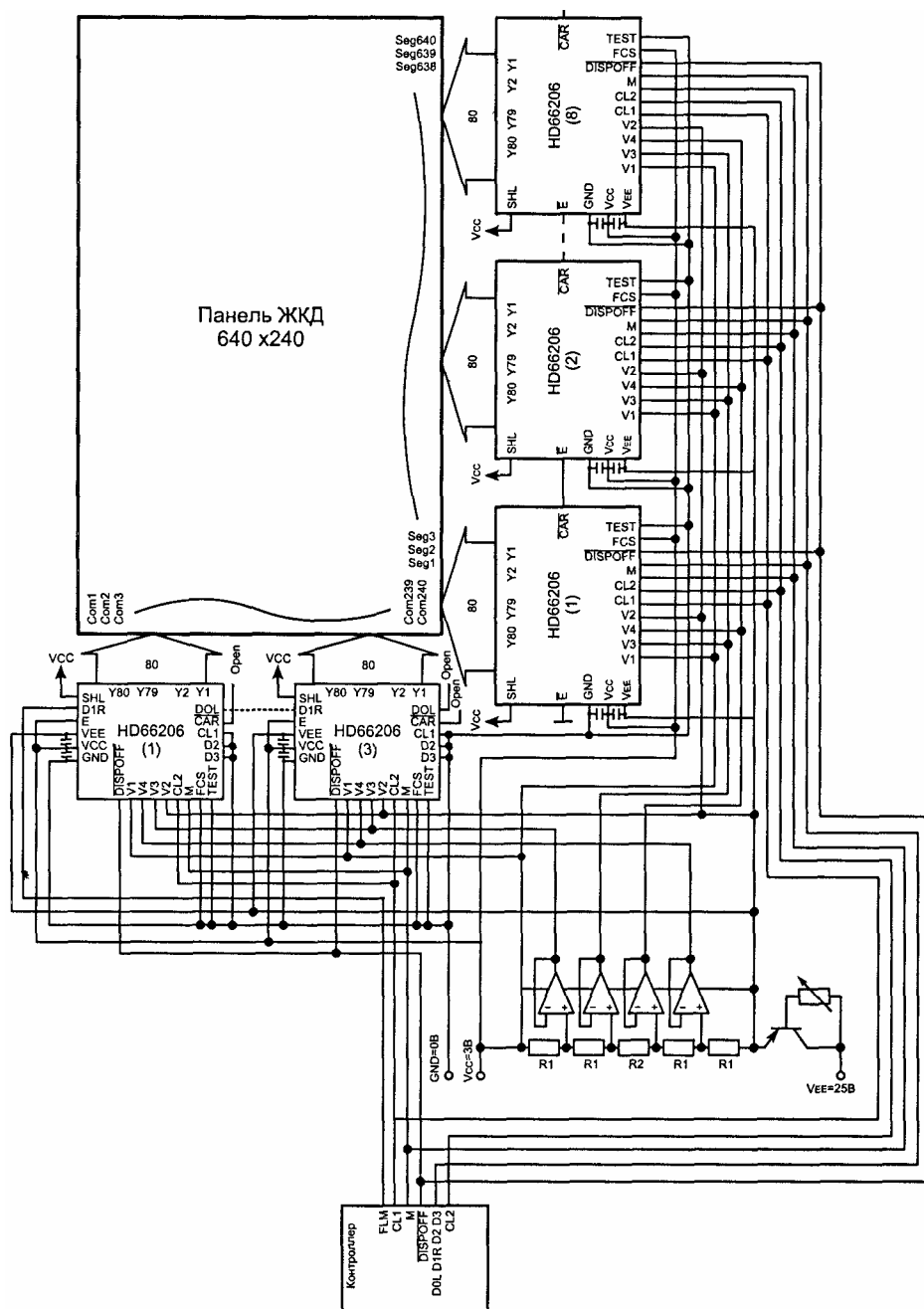


Рис 2 61. Схема электрическая принципиальная управления ЖК-дисплеем формата 640 × 240 пикселей

На практике часто требуется использование графического видеоконтроллера. В источнике [13] дан

пример подключения графического модуля Hantronix 320 × 240 к 8-разрядному микроконтроллеру семейства MCS-51. В качестве видеоконтроллера для поддержки регенерации изображения применяется микросхема Epson/S-MOS SED1335.

Серия дисплеев Hantronix 320 × 240 имеет стандартный промышленный 4-разрядный интерфейс. Этому интерфейсу необходим контроллер для непрерывного обновления изображения и для поддержания RAM видеодисплея.

На рис. 2..61 приведена схема управления графическим монохромным дисплеем формата 640 × 240 пикселей. В схеме управления используются 80-выводные драйверы строк и столбцов фирмы Hitachi. Для данного дисплея используется внешний видеоконтроллер.

2.2.1.4.3.3. Драйверы для ЖК-дисплеев с активной адресацией на основе матрицы TFT

Драйверы для ЖК-дисплеев с активной адресацией выпускает несколько производителей, в основном это японские фирмы. Для примера приведем данные по драйверам только одной из них — Hitachi (табл. 2.13 и 2.14). Характерные особенности микросхем современных драйверов для TFT ЖК-дисплеев: наличие большего числа рабочих выводов - от 384 до 400 и впечатляющие размеры кристалла — длина до 18,9 мм при ширине всего 1,32 мм.

Структура строчных драйверов мало чем отличается от структуры строчных драйверов для пассивно адресуемых матричных ЖК-дисплеев. Столбцовые драйверы обеспечивают поддержку шкалы серого. Число уровней градации 64 (6 битов).

Таблица 2 13. Строчные драйверы для TFT ЖК-дисплеев

Название	Число выводов	Напряжение питания логики (Vcc)	Напряжение питания (VLCD)	Размер кристалла, ММ	Шаг выводов, мкм	Стандарт носителя TCP
HD66329SA	384	3,0V to 3,6V	6,0V to 10,0V	14,60 × 1,32	44	No
HD66339	480	2,3V to 3,6V	6,5V to 10,0V	17,02 × 1,80	44	No

Таблица 2 14. Столбцовые драйверы для SXGA и UXGA TFT ЖК-дисплеев

Название	Число выводов	Напряжение питания логики (Vcc)	Напряжение питания (VLCD)	Размер кристалла, ММ	Шаг выводов, мкм	Стандарт носителя TCP
HD66351	384	2,5V to 3,6V	14,5V to 15,5V	18,90 × 2,60	50	-
HD66352	384	2,3V to 3,6V	7,0V to 10,0V	17,90 × 2,10	50	TA0
HD66353	480		11,0V to 16,0V	18,80 × 1,82	44	-

Драйверы предназначены для использования в ноутбуках, мониторах, настольных персональных компьютерах.

2.2.1.4.3.3.1. Архитектура System LCD фирмы Sharp

Sharp Corporation объявила о том, что в октябре 2002 года она намерена приступить к массовому производству ЖК-панелей следующего поколения, которые получили название System LCD. Выпуск будет производиться на фабрике Tenri Plant в Японии. Помимо этого, выпуском таких панелей с октября 2003 года займется строящаяся в настоящее время новая фабрика Mie Plant в г. Таки, префектура Mie.

Производство «системных LCD» («все в одном флаконе») основано на использовании разработанной Sharp и Semiconductor Energy Laboratory технологии CG-Silicon (Continuous Grain Silicon, кремний с непрерывной зернистой структурой), которая обеспечивает подвижность носителей в три раза быстрее, чем обычные структуры на поликристаллическом кремнии. Это дало возможность реализовать логику, работающую на высоких тактовых частотах, достаточных для функционирования структуры драйверов столбцов. Особенность технологии заключается в том, что кристаллы драйверов строк и столбцов, контроллера TCON и стабилизатора напряжения дисплея формируются на стеклянных подложках дисплея (рис.2.62). До настоящего времени существующая технология на основе аморфного или поликристаллического кремния не позволяла обеспечить интегрированную реализацию данных структур на стеклянных подложках.

Фабрика Tenri Plant будет выпускать до 2,5 млн 2-дюймовых условных ЖК-панелей на подложках размером 620 × 750 мм, новая Mie No. 3 Plant — до 4 млн 2-дюймовых условных панелей в месяц на подложках размером 730 × 920 мм.

Область применения новых панелей охватывает широкий спектр устройств, поскольку новые дисплеи,

помимо отличного времени отклика, повышенной контрастности и яркости, будут иметь высокое разрешение. Первоначально такие панели найдут применение в PDA и сотовых телефонах, затем, по мере появления панелей с большой диагональю, в новых дисплеях и телевизорах с высоким разрешением.

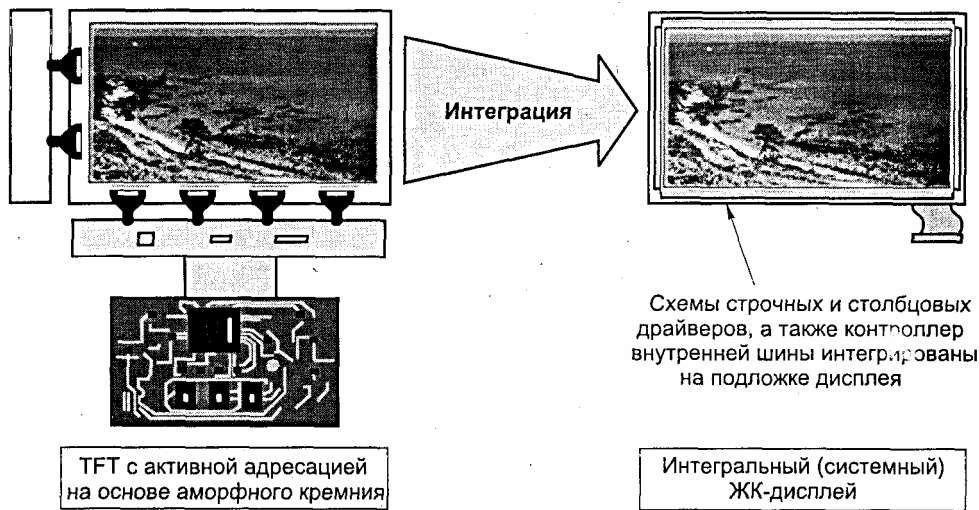


Рис. 2.62. Интеграция схемы управления ЖК-дисплеем с активной адресацией

2.2.1.4.3.4. Большеформатные ЖК-дисплеи

Существует два пути для создания большеформатных ЖКЭ. Первый способ известен и понятен, для этого требуется лишь изготовить бездефектную панель на основе одной подложки стекла очень большого размера.

Серебряный приз комитетa SID получила в 2001 году фирма IBM за разработку 9M. (объем изображения 9 миллионов пикселей) пиксельного ЖК-монитора фотографического качества. Монитор T220 (BERTA) был представлен в июне 2001 года на очередной конференции SID. T220 имеет формат QUXGA-W 3840×2400 адресуемых пикселей, образующих диагональ 22,2 дюйма. Общее число пикселей составляет около 9,2 миллиона. Плотность элементов изображения на экране — около 204 пикселя на дюйм (80 пиксел/см). Управление ЖК-дисплеем производится видеокарты Matrox G200MMMS, имеющей четыре параллельных видеовыхода. Цена монитора достаточно высока — 22 тысячи долларов. Монитор может быть использован в профессиональных приложениях, где требуется фотографическое качество изображения.

Другой способ основан на выкладывании поверхности большого экрана плитками (tile) ЖКЭ меньших размеров. Резоны для использования именно такого решения очевидны. Стоимость изготовления ЖКЭ пропорциональна квадрату площади. При таком раскладе проще закупить или отбраковать плитки-заготовки, а затем собрать из них бесшовный ЖК-экран нужного размера. Конечно, и здесь не все так просто. С позиций схемотехники, при имеющемся уровне развития обработки изображений, нет особых проблем синтезировать и распараллелить загрузку изображения по различным фрагментам-плиткам. Труднее всего обеспечить бесшовную стыковку малых экранов!

В процессе совместной работы при создании наборного дисплея Rainbow Spectrum Model 3750 специалистам компаний Rainbow Displays совместно со специалистами Philips Flat Display System удалось создать технологию бесшовной стыковки для мультиэкранных плоскопараллельных дисплеев. В процессе работы удалось добиться высокой равномерности по яркости, контрасту и цветности соседних стыкуемых плиток. Технология стыковки позволяет сохранить и равномерность шага пикселей, так чтобы место шва было абсолютно незаметно.

Конструктивно Model 3750 состоит из трех 21,4-дюймовых, портретного формата AMLCD экранов, составляющих массив 1×3 , образующий новый формат составного дисплея с диагональю 37,5 дюйма и ландшафтный формат.

Составной дисплей имеет следующие характеристики:

- формат - 852×480 пикселей;
- яркость - 500 кд/м^2 ;
- контраст - 200:1 (в условиях освещенной комнаты);
- контраст - 500:1 (в условиях темной комнаты);
- угол обзора - 160° .

Разработка награждена золотым призом в 2001 году комитетом SID, присуждающим ежегодные премии за значительный вклад в развитие дисплейных технологий.

2.2.1.4.3.5. Конструкция и схемотехника источников подсветки ЖК-дисплеев

Источник задней подсветки содержит источник излучения, светораспределитель или светорассеиватель и отражатель. Светораспределитель может содержать УФ-и ИК-фильтры. В качестве источника излучения могут использоваться лампы накаливания, одна или несколько, массивы светодиодов, электролюминесцентные панели и, наконец, миниатюрные люминесцентные лампы.

Лампы накаливания ранее использовались для подсветки ЖК-дисплеев автомобильных магнитол. В настоящее время в качестве источника излучения в конструкции задней подсветки практически не используются.

2.2.1.4.3.5.1. Светодиодная подсветка

Массивы светодиодов используются достаточно часто для подсветки в стандартных символьных и малоформатных графических модулях ЖКИ. Цвет свечения светодиодов в основном зеленый, желто-зеленый, оранжевый или красный. В последнее время стали использоваться светодиодная подсветка с голубым свечением. И, наконец, появились светодиоды белого свечения. Массивы светодиодов белого свечения используются не только для подсветки стандартных знакографических модулей, но и для подсветки графических ЖК-дисплеев с более высоким разрешением. Для питания массива светодиодов может быть использован источник питания логики +5 В. Светодиоды в массиве включены последовательно-параллельно, как показано на рис. 2.63. Яркость свечения светодиодной панели определяется величиной тока, протекающего через все светодиоды. Равномерность свечения достигается подбором светодиодов и установкой последовательного токозадающего резистора. Величина тока в светодиодных подсветках может варьироваться от 10 до 200 мА.

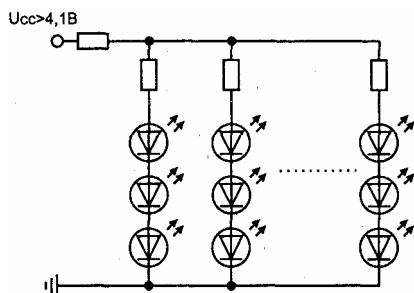


Рис. 2.63. Схема питания светодиодной панели для задней подсветки.

Светодиодный массив может размещаться непосредственно под рабочей площадью ЖК-дисплея или же располагаться по торцам светораспределительной панели, как показано на рис. 2.64

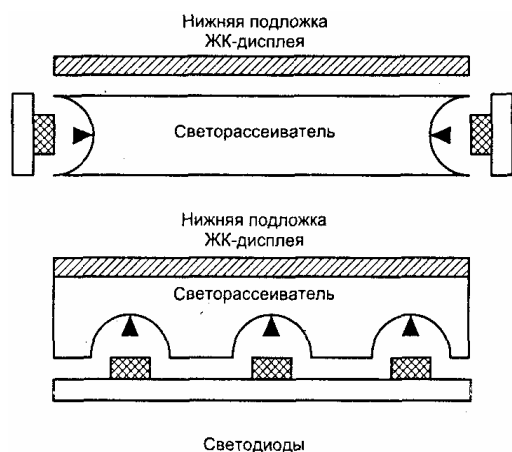


Рис. 2.64. Прямое и торцевое размещение светодиодов

В последнее время в качестве источника излучения белого света широкое применение находят светодиоды, имеющие белый спектр свечения. На рис. 2.65. показана конструкция светодиода белого свечения. Такие светодиоды часто называют InGaN / YAG светодиодами.

На самом деле спектр свечения не совсем белый. Источником излучения в данной конструкции является кристалл светодиода на основе GaN. Свет свечения — голубой. На внутренней конической поверхности конструкции отражателя нанесен тонкий слой люминофорного покрытия (YAG). Материал люминофора подобран так, чтобы конвертировать часть коротковолнового, Голубого излучения в длинноволновое желтое излучение. Сбалансированная смесь голубого и желтого излучения воспринимается как белый свет. Комбинируя состав люминофора, можно получать спектры белого с различными цветовыми температурами.

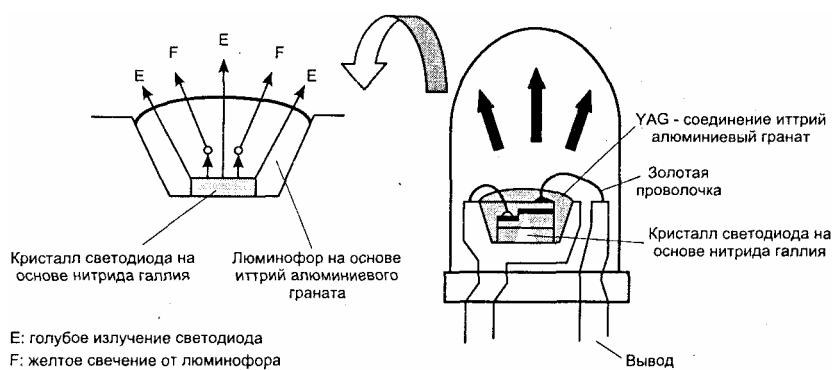


Рис. 2.65. Конструкция светодиода белого свечения

Светодиоды белого свечения применяются в настоящее время в источниках задней подсветки модулей ЖК-дисплеев портативных приборов — сотовых телефонов и PDA. На текущий момент для светодиодов белого свечения достигнута эффективность преобразования электрической энергии в световую около 30 люмен/ватт. Цветовая температура может варьироваться от 2850 К до 15000 К.

Достаточно подробно конструкции и технологии изготовления основных типов светодиодных подсветок описаны в [14]. К этому материалу следует добавить результаты исследований последних лет, представляющие наиболее перспективные направления. Несколько фирм, таких как Global Lighting Technologies Inc. (США), Omron (Япония), и др. проводят исследования в области создания так называемых микролинзовых подсветок (MicroLens™), технология которых аналогична технологии получения микроструктурированных поверхностей. Для создания микролинзовых подсветок предварительно проводится компьютерное моделирование оптических характеристик каждой микролинзы и их распределения по световыводящей поверхности (растра), что и определяет эффективность и равномерность вывода света в направлении ЖК-индикатора, которое затем переносят известными методами прецизионного прессования на поверхность полимерного световода [15]. Другим, более простым, но одновременно эффективным способом создания недорогих качественных подсветок является запрессовка или заливка светодиодных элементов в специально подобранный по оптическим и физико-химическим характеристикам материал полимерного световода, что резко уменьшает потери, связанные с воздушными промежутками между светодиодом и световодом в традиционных подсветках [15].

2.2.1.4.3.5.2. Электролюминесцентная подсветка

В качестве источника излучения в данном варианте задней подсветки используется электролюминесцентная панель. Панель может быть выполнена на подложках из стекла или пластика и иметь толщину от 1,5 до 0,3 мм. Площадь панели варьируется от нескольких десятков мм² до нескольких десятков см². В основном используются электролюминесцентные панели, работающие на переменном токе, хотя существуют конструкции таких панелей, работающих на постоянном токе, но срок службы их невелик, а цена несколько больше, чем цена панелей переменного тока. Для питания электролюминесцентной панели требуется использовать специальный преобразователь напряжения. Преобразователь (инвертор или генератор) входное постоянное напряжение (1,5—12 В) преобразует в переменное частотой от 400 до 800 Гц. Амплитуда рабочих напряжений от 70—80 до 200 В. Цвет свечения определяется типом используемого люминофора: красный, оранжевый, зеленый, желтый и даже голубой и белый. Срок службы электролюминесцентной панели меньше, чем у светодиодов или чем у люминесцентной лампы с холодным катодом, и составляет от 3 до 5 тысяч часов. Яркость свечения электролюминесцентных панелей в зависимости от цвета люминофора лежит в диапазоне 50—200 кд/м². Рабочий ток зависит от площади панели. Для площади панели в несколько десятков см² ток потребления составит несколько мА. Коэффициент преобразования электрической энергии в световую для электролюминесцентной панели ниже, чем у люминесцентной лампы с холодным катодом. В последнее время появились сверхяркие светодиоды, имеющие также лучший коэффициент преобразования электрической энергии в световую, чем у электролюминесцентных панелей, если учитывать и КПД преобразователя напряжения.

2.2.1.4.3.5.3. Конструкция подсветки с люминесцентной лампой

В качестве источника подсвета применяются миниатюрные люминесцентные лампы. Самые первые люминесцентные лампы имели точно такую же конструкцию, что и обычные, которые используются в источниках освещения, т. е. имели цепи накала. Такая схема не обеспечивала высокой эффективности преобразования электрической энергии в световую, поскольку в схеме неизбежно должен использоваться токовый балластный элемент, а схема питания была достаточно сложна. К тому же первые люминесцентные лампы в источниках подсвета работали на постоянном токе, поэтому ресурс свечения был небольшим.

В дальнейшем в качестве источника излучения стали использоваться только безнакальные двухэлектродные люминесцентные лампы, работающие на переменном токе. Эти лампы имеют цилиндрическую или U-образную форму.

На рис. 2.66 и рис. 2.67 показаны типовые конструкции источников подсветки с прямым (фронтальным) и торцевым расположением люминесцентной лампы.

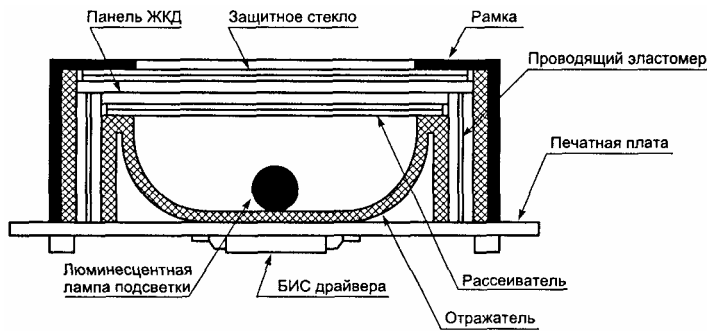


Рис. 2.66. Источник задней подсветки с прямым расположением источника света

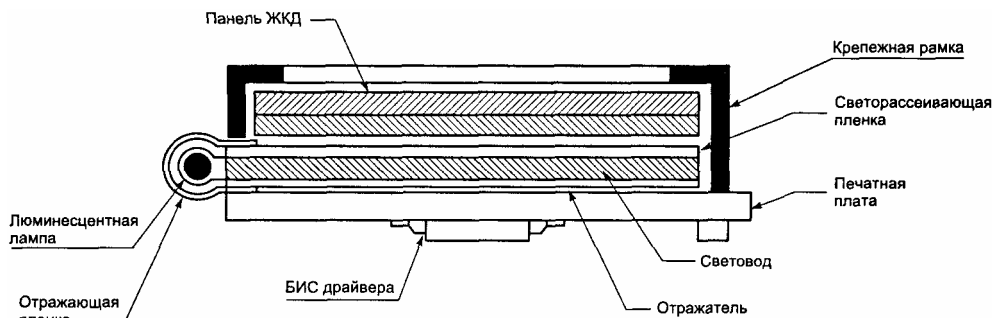


Рис. 2.67. Конструкция модуля задней подсветки ЖКЭ с боковым расположением одной лампы

При прямом расположении источника света (рис.2.66) изначально поток света от цилиндрической лампы дает яркость, которая больше в центре (напротив лампы) и затем убывает ближе к краям рабочей поверхности подсветки. В ограниченном объеме пространства под ЖК-дисплеем необходимо создать такую конструкцию светораспределителя, которая могла бы обеспечить равномерное распределение яркости без существенных потерь световой энергии. Задача непростая. Если использовать корректирующие фильтры, нужен большой пространственный объем и неизбежны потери светового потока.

Для решения этой задачи отражатели в данных конструкциях имеют специальные зеркальные поверхности (зеркала Френеля), которые позволяют равномерно распределить световой поток от лампы вдоль поверхности светорассеивателя. На рис. 2.68 показан принцип действия линз и зеркал Френеля в конструкции отражателя и светораспределителя в источнике задней подсветки на основе цилиндрической люминесцентной лампы. Внутренняя поверхность светорассеивателя также имеет специальное рифление - линзу Френеля. Грани канавок рифления (микропризмы) обеспечивают сложное переотражение света по определенным траекториям и «разбрасывание» светового потока от центра, где яркость свечения цилиндрической лампы сильнее всего к периферии. Светорассеиватель обеспечивает диффузное рассеяние света, приходящего от лампы и от зеркальных стенок отражателя.

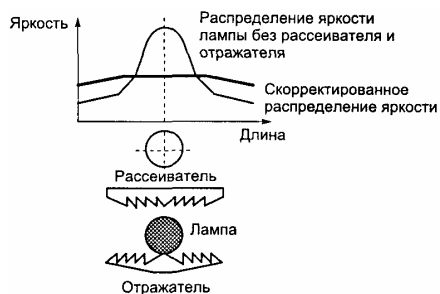


Рис. 2.68. Использование линз и зеркал Френеля

Известны конструкции светорассеивателей в которых используются специальные корректирующие фильтры, имеющие подобранное двумерное распределение коэффициента пропускания в соответствии с конструкцией лампы и отражателя.

Цель всех этих устройств — максимально использовать энергию светового потока и обеспечить равномерное распределение яркости в рабочей зоне подсветки ЖК-дисплея.

При боковом расположении одного источника света для получения равномерного распределения яркости могут использоваться световоды на основе дифракционных фильтров. Конструкция модуля задней

подсветки с торцевым расположением цилиндрической люминесцентной лампы и световодами на основе дифракционных фильтров показана на рис.2.69.

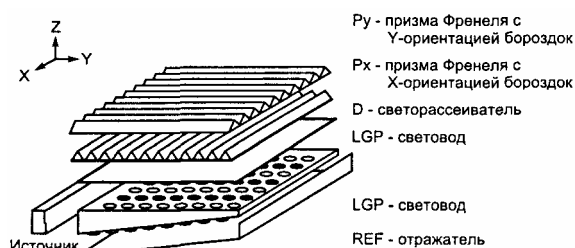


Рис. 2.69. Конструкция модуля задней подсветки с торцевым расположением цилиндрической люминесцентной лампы

При использовании точечного источника света дифракционная структура реализуется на основе концентрических микробороздок с призматическим сечением. Конструкция дифракционного световода для точечного источника света показана на рис 2.70.

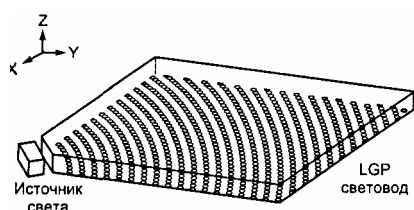


Рис. 2.70. Конструкция дифракционного световода для точечного источника света

2.2.1.4.3.5.3.1. Повышение эффективности использования светового потока

2.2.1.4.3.5.3.1.1. Анизотропная поляризация исходного светового потока

Большая часть светового потока теряется за счет поглощения на цветных фильтрах (до 30 %) и 50 % теряется за счет того, что свет от источника подсвета не поляризован, т. е. имеет равномерную поляризацию по всем плоскостям. После прохождения через нижний поляризатор около 50 % светового потока пропадают без всякой пользы. Таким образом, если найти метод для получения изначально поляризованного света с вектором поляризации в основном совпадающего с вектором поляризации нижнего поляриоида, то можно значительно увеличить эффективность использования светового потока от источника подсвета и, соответственно, повысить к.п.д. использования электрической энергии всего устройства. И такой метод был найден. На рис. 2.71 показана конструкция световода, в котором используется микроструктура, позволяющая получить анизотропную поляризацию исходного светового потока.

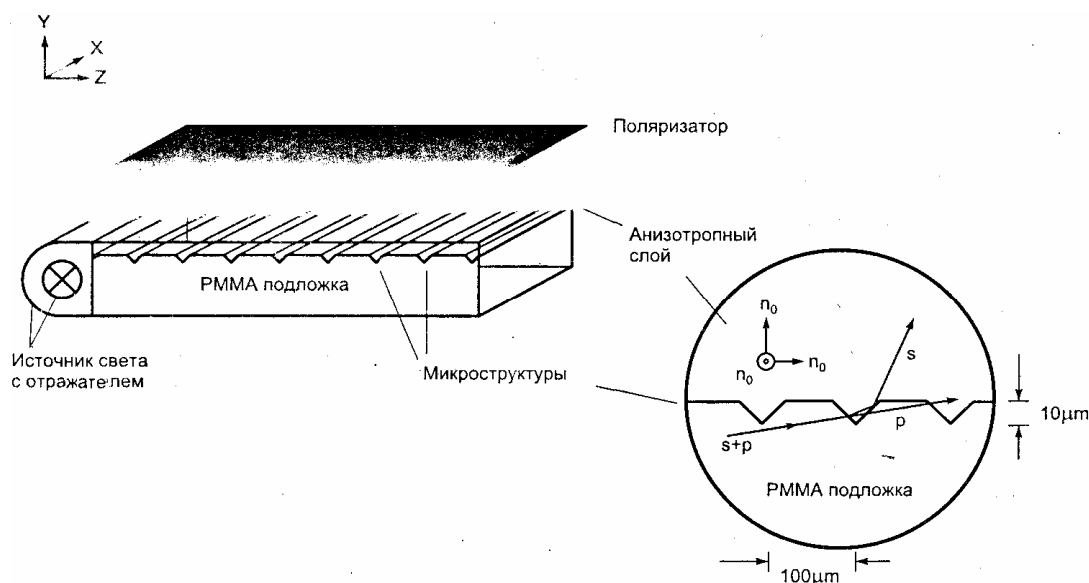


Рис. 2.71. Световод с анизотропной поляризацией светового потока

Анизотропный отражающий слой получен посредством нанесения на поверхности PMMA (PolyMetilMetaAcrlat) полиметилметакрилата микроразрывов глубиной около 10 микрон и шагом 100 микрон и с определенной ориентацией. При отражении от такой поверхности происходит частичная анизотропная

поляризация исходного потока. В итоге часть светового потока изменяет плоскость поляризации на ту, которая уже совпадает с плоскостью ориентации нижнего поляроида. Конечно, не все 100% света удастся конвертировать в нужную ориентацию, что было бы идеальным решением. Но даже при достижении коэффициента конвертирования 75 % получим выигрыш энергии в 1,5 раза!

2.2.1.4.3.5.3.1.2. Голографический диффузный рассеиватель

Другой способ повышения эффективности светового потока основан на использовании голографического диффузного рассеивателя. В «обычном» световом рассеивателе, как показано на рис. 2.72, используется система из двух рассеивателей на основе линз Френеля с взаимно перпендикулярным расположением призматических бороздок. Такая конструкция приводит к неизбежной потере части светового потока за счет поглощения материалом обоих фильтров и к тому же сложная и дорогая. Предложенный вариант гораздо проще - для достижения аналогичного рассеивания света применяется голографический микроструктурный рассеиватель. Структура в виде выпуклых микролинз может быть получена штамповкой. Топология расположения микролинз рассчитывается с учетом физических размеров световода.

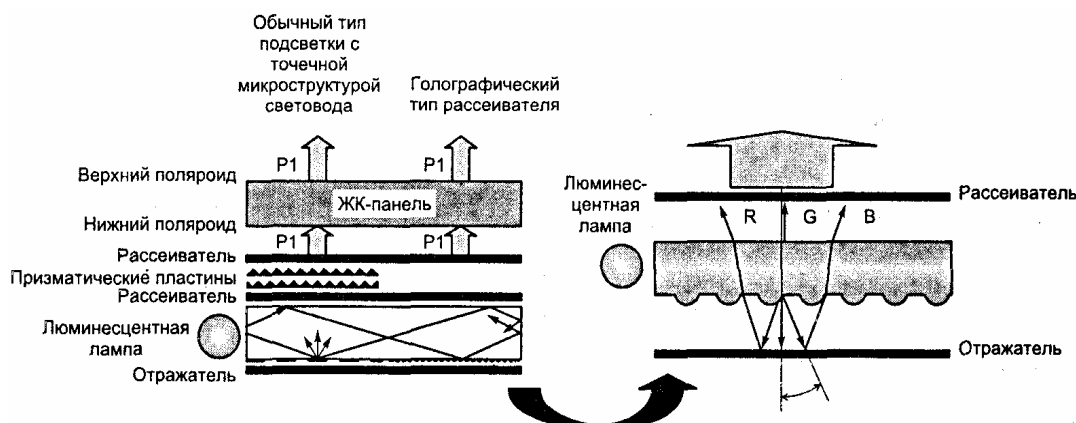


Рис. 2.72. Использование голографического рельефа для диффузного рассеивания светового потока в световоде

2.2.1.4.3.5.4. Люминесцентные лампы с холодным катодом

Люминесцентные лампы с холодным катодом получили свое название благодаря отсутствию нитей накала на электродах. Это двухэлектродная конструкция, и оба электрода равноправны, поскольку лампы этого типа работают на переменном токе. Эффективность и ресурс работы люминесцентных ламп, работающих на переменном токе выше, чем у ламп, работающих на постоянном токе. Физика работы ламп этого класса близка неоновым лампам, которые впервые были изобретены инженером Geroges Claude в 1910 году в Париже.

Лампы CCFL, используемые в источниках подсвета ЖК-дисплеев, могут иметь цилиндрическую, U-образную и Г-образную формы. Типичная конструкция цилиндрической люминесцентной лампы с холодным катодом представляет собой стеклянную колбу, наполненную парами ртути при определенном давлении. Электрический разряд в парах ртути сопровождается излучением в ультрафиолетовой области (длина волны около 257 нм). Коэффициент преобразования электрической мощности в ультрафиолетовое излучение для люминесцентных ламп, работающих на переменном токе, составляет до 60 %. На стенках цилиндрической колбы нанесено люминофорное покрытие, которое преобразует ультрафиолетовое излучение в излучение видимого спектра. Характеристики люминофора ламп подсветки подбираются в соответствии с характеристиками цветных фильтров цветных ЖК-дисплеев. В конструкциях миниатюрных телевизионных приемников использовались в основном лампы, имеющие U-образную конструкцию. Для подсветки ЖК-дисплеев ноутбуков и мониторов в настоящее время в основном используются цилиндрические лампы (см. рис.2.73 и 2.74). Длина и диаметр ламп бывает различной. Диаметр колбы лампы может быть от 2,6 до 9 мм, а длина составлять от 25 до 360 мм.

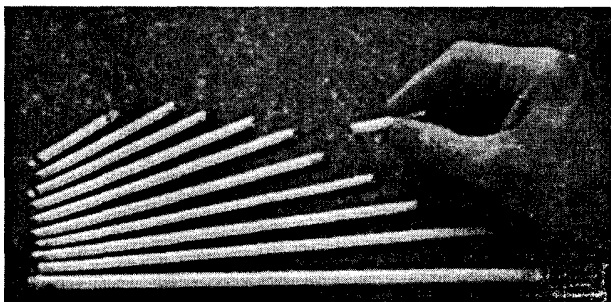
Для примера, в табл. 2.15 приведены характеристики цилиндрических люминесцентных ламп, выпускаемых фирмой JKL Micro Lume (www.jkl.com) и предназначенных для использования в модулях задней подсветки ЖК-дисплеев. Напряжение зажигания зависит от длины лампы, чем длиннее лампа, тем больше напряжение пробоя. Питание и начальный пуск ламп обеспечиваются специальным преобразователем напряжения. В начальный момент на выходе преобразователя напряжения (холостой ход — лампа погашена) формируется напряжение в несколько кВ (1500—2000 В). После пробоя разрядного газового промежутка начинается генерация преобразователя на частотах от 30 до 75 кГц. Следует заметить, что лампа в зажженном состоянии представляет собой индуктивную нагрузку для генератора напряжения, и параметры этой индуктивности отчасти и определяют частоту генератора. В рабочем режиме амплитуда переменного напряжения составляет от 165 до 800 В, а яркость свечения — от 7000 до 35 000 кд/м².

Таблица 2.15. Люминесцентные лампы с холодным катодом (CCFL) фирмы JKL Micro-LumeT

Тип лампы	Диаметр колбы, мм	Длина, ММ	Размах рабочего напряжения VL(Vrms)	Мощность лампы, Вт	Напряжение зажигания (тип. Vrms)	Яркость, кд/м ²	Срок службы, часов (тип.)
BF26188	2,6	188	525	2,6	1300	35000	20000
BF325	3,0	25	165	0,8	400	19000	7500
BF350	3,0	50	195	1,0	500	28000	20000
BF386	3,0	86	220	1,1	540	28000	20000
BF3100	3,0	100	270	1,4	565	28000	20000
BF3160	3,0	160	345	1,7	850	28000	20000
BF3216	3,0	216	450	2,3	1150	28000	20000
BF3228	3,0	228	460	2,3	1150	28000	20000
BF3250	3,0	250	520	2,6	1200	28000	20000
BF3300	3,0	300	665	3,3	1350	28000	20000
BF3360	3,0	360	785	3,9	1500	28000	20000
BF4183	4,1	183	365	1,8	900	16000	20000
BF4220	4,1	220	405	2,0	1000	16000	20000
BF4142	4,8	142	260	1,3	650	16000	20000
BF4272	4,8	272	480	2,4	1150	16000	20000
BF5118	5,6	118	275	1,4	690	7000	20000
BF5165	5,6	165	295	1,5	800	7000	20000

Цилиндрические лампы могут использоваться как для торцевой, так и для задней подсветки. Торцевая схема подсветки обычно применяется для малоформатных матричных ЖК-дисплеев. В ноутбуках и цветных ЖК-мониторах используется целая батарея цилиндрических люминесцентных ламп вместе со специальной оптической системой — отражателем, диффузным светорассеивателем и светораспределителем. Для того чтобы избежать излишнего нагрева ЖК-материала, в конструкции светорассеивателя используется инфракрасный фильтр.

Деградация люминесцентных ламп сопровождается уменьшением яркости свечения и связана с действием двух факторов: часть люминофора под действием бомбардировки тяжелыми ионами ртути со временем теряет люминесцентную способность, а часть ионов ртути поглощается слоем люминофора. Номинальный срок службы люминесцентной лампы, при котором яркость уменьшается вдвое, составляет около 20 000 часов. Этот ресурс лампы должен обеспечить срок службы ноутбука до 15 лет (4—5 часов ежедневной эксплуатации, с использованием режимов энергосбережения). А если учесть, что после 50 % падения яркости лампа может еще работать и работать, то можно считать, что она вечная! Реально же сам ноутбук морально стареет гораздо быстрее (период активного использования 5—6 лет).

**Рис. 2.73.** Цилиндрическая люминесцентная лампа с холодным катодом**Рис. 2.74.** Цилиндрические лампы фирмы JKL Components Co

Напряжение пробоя при зажигании лампы в сильной степени зависит от температуры окружающей

среды. При понижении температуры напряжение пробоя увеличивается. Поскольку преобразователь может обеспечивать только определенное максимальное пусковое напряжение, то эта величина может оказаться недостаточной при низких температурах и лампа не будет зажигаться.

2.2.1.4.3.5.5. Схемотехника преобразователей напряжения для люминесцентных ламп с холодным катодом

Преобразователь напряжения для люминесцентной лампы с холодным катодом представляет собой автогенератор, работающий на частоте 30—65 кГц. В момент запуска на выходе повышающей обмотки трансформатора формируется импульс напряжением более 1 кВ. Импульс высокого напряжения обеспечивает начальную ионизацию разрядного промежутка и лавинный пробой. После перехода лампы в рабочий режим на выходах обмотки W1 трансформатора T1 можно наблюдать сигнал переменного напряжения амплитудой V_p около 300 В (для длины разрядного промежутка около 100 мм). Конденсатор C2 высоковольтный с рабочим напряжением не менее 2 кВ. Транзисторы должны быть высокочастотными и для получения максимального КПД преобразователя должны иметь как можно меньшее напряжение насыщения. Для этой цели рекомендуется использовать транзисторы фирмы Zetex FZT849. Чтобы избежать пробоя между витками высоковольтной вторичной обмотки, трансформатор должен иметь каркас, состоящий из нескольких секций. Первичная обмотка W2/W3 должна быть намотана на отдельной секции, а вторичная обмотка размещена на нескольких (2—4) соседних секциях каркаса. Магнитопровод Ш-образный, с зазором.

На рис. 2.75 показана схема реализации схемы конвертера для питания люминесцентной лампы с холодным катодом.

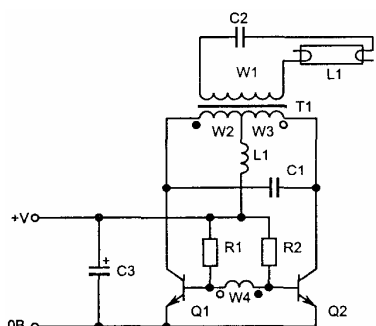


Рис. 2.75. Схема конвертера для питания люминесцентных ламп с холодным катодом

Схема контроллера фирмы Linear Technology LT1182 обеспечивает регулировку яркости за счет возможности управления тока в цепи лампы, рис. 2.76. Контроллеры для цифрового управления люминесцентной лампой с холодным катодом выпускает также и фирма Maxim (MAX1610/MAX1611).

Преобразователи для питания люминесцентных ламп в источниках задней подсветки делают множество фирм. Преобразователи могут иметь различное конструктивное исполнение: в виде плат с разъемами для подключения ламп и входного источника напряжения, а также в виде отдельных корпусных модулей. Преобразователи рассчитаны на различные мощности ламп.

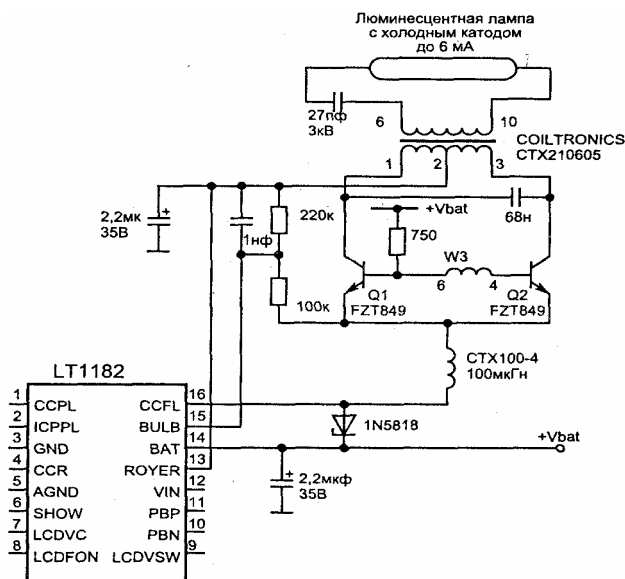


Рис. 2.76. Реализация практической схемы преобразователя для управления люминесцентной лампой с холодным катодом (с функцией регулировки яркости)

Один преобразователь может обеспечивать питание от одной до восьми ламп. Преобразователи обеспечивают возможность одновременной регулировки яркости ламп. На рис. 2.77, 2.78 и 2.79 показаны различные варианты конструктивного исполнения преобразователей для питания люминесцентных ламп задней подсветки ЖК-дисплеев.

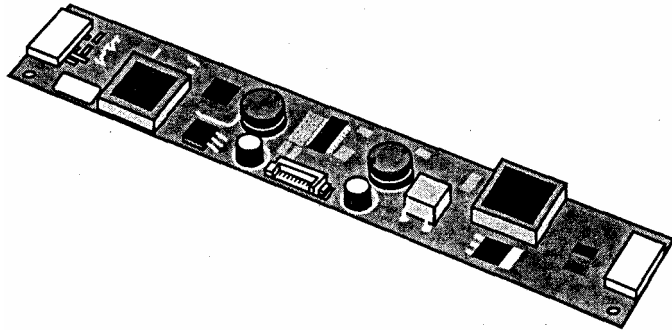


Рис. 2.77. Модуль преобразователя напряжения для питания до 4 люминесцентных ламп с холодным катодом (исполнение — печатная плата без корпуса; выходная мощность до 15 Вт; внешнее управление яркостью (ШИМ))

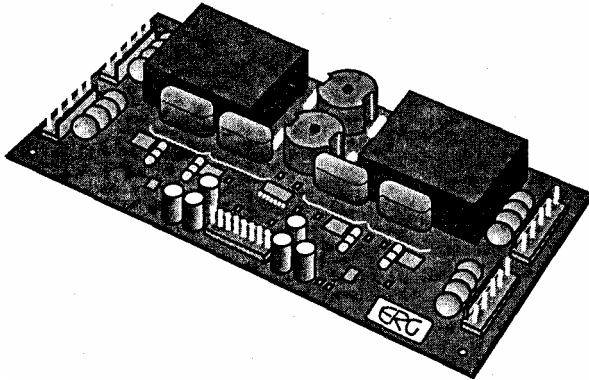


Рис. 2.78. Преобразователь напряжения для более мощных ламп (до 30 Вт)

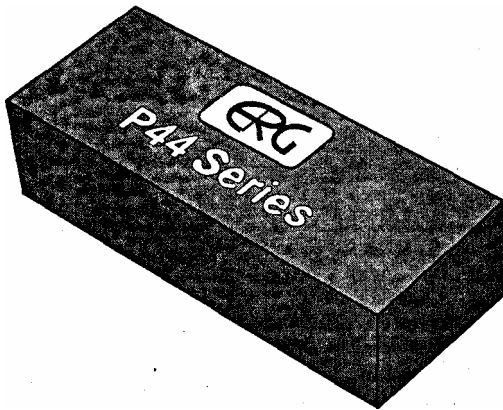


Рис. 2.79. Корпусной вариант преобразователя напряжения для питания люминесцентных ламп задней подсветки ЖК-дисплеев

2.2.1.4.3.5.6. Конструкция модуля задней подсветки для цветных ЖК-мониторов

На сегодняшний день все шире применяются ЖК-мониторы с диагональю от 15 до 30 дюймов. При использовании ЖК-мониторов с активной адресацией для телевизионных и мультимедийных приложений требуется яркость не менее 5000 кд/м^2 , большой ресурс работы и однородность яркости по всей площади экрана. В большей степени многие параметры современных большеформатных цветных ЖК-мониторов определяются характеристиками модуля задней подсветки. ЖК-экран является всего лишь модулятором для потока света, формируемого источником задней подсветки. От параметров модулятора зависит динамика изображения, угол обзора и частично цветопередача, все остальное — уровень яркости, насыщенность цвета и равномерность — обеспечивает стоящий, казалось бы, на втором плане компонент цветного ЖК-монитора — модуль задней подсветки.

2.2.1.4.3.5.7. Типовая конструкция модуля задней подсветки ЖК-мониторов

Типовая конструкция модуля задней подсветки для большеформатных цветных ЖК-мониторов состоит из светорассеивающего экрана (LGP — light-guide plate), одной или нескольких люминесцентных ламп с холодным катодом и светоотражающего экрана. Для питания ламп необходим специальный источник — конвертор напряжения. Стоит заметить, что тип разряда в лампах — дуговой и холодный катод — понятие условное! На самом деле это означает, что для поджига лампы не используются накальные цепи. И катода, как такового, нет, оба электрода равноправны, поскольку лампа работает на переменном токе. При дуговом разряде протекает ток порядка нескольких десятков мА, поэтому электроды, да и вся колба лампы изрядно нагреваются! Так что не стоит сильно доверять слову «холодный катод», встречающийся в терминологии!

Типовая конструкция задней подсветки ЖК-монитора показана на рис. 2.80.

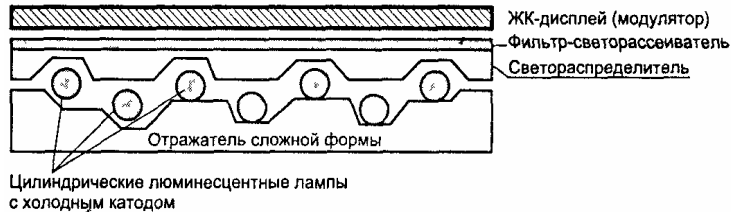


Рис. 2.80. Конструкция задней подсветки ЖКЭ для ноутбуков и мониторов

Применяемые в этой конструкции лампы могут иметь цилиндрическую или U-образную форму. Диаметр колбы может составлять от 3 до 8 мм, а длина лампы достигает 25—30 см. Для питания системы ламп используется либо один мощный, либо несколько источников — преобразователей напряжения. Частота сигнала, питающего лампы, от 30 до 65 кГц. Амплитуда напряжения в момент зажигания ламп достигает нескольких киловольт, а в рабочем режиме величина эффективного напряжения составляет до 780 В. Все лампы развязаны между собой по переменному току, так чтобы ток, протекающий через одну из них, не влиял на все остальные. Ток потребления лампы достигает десятков мА. На рис. 2.81 показан источник питания для модуля задней подсветки, состоящего из нескольких ламп.

Равномерность яркости задней подсветки, достигаемой по обычной схеме (несколько цилиндрических ламп + светорассеиватель + светоотражатель), в лучшем случае составляет 80 %! Глаз человека не способен заметить такую неравномерность, поскольку переходы по яркости плавные и находятся в основном на периферии рабочей площади. Наличие неравномерности по яркости вызывает у оператора лишнее напряжение глаз и утомление при работе.

От оптимальности конструкции задней подсветки зависят многие параметры ЖК-мониторов. Существуют фирмы, которые покупают стандартные ЖК-мониторы и путем замены источника задней подсветки значительно увеличивают диапазон по яркости, и улучшают цветовую гамму изображения. Вот чего можно достигнуть за счет разработки своей конструкции модуля задней подсветки и замены типа лампы. Качество и цена, доработанного таким путем монитора, уже существенно отличается от качества и цены исходного монитора.

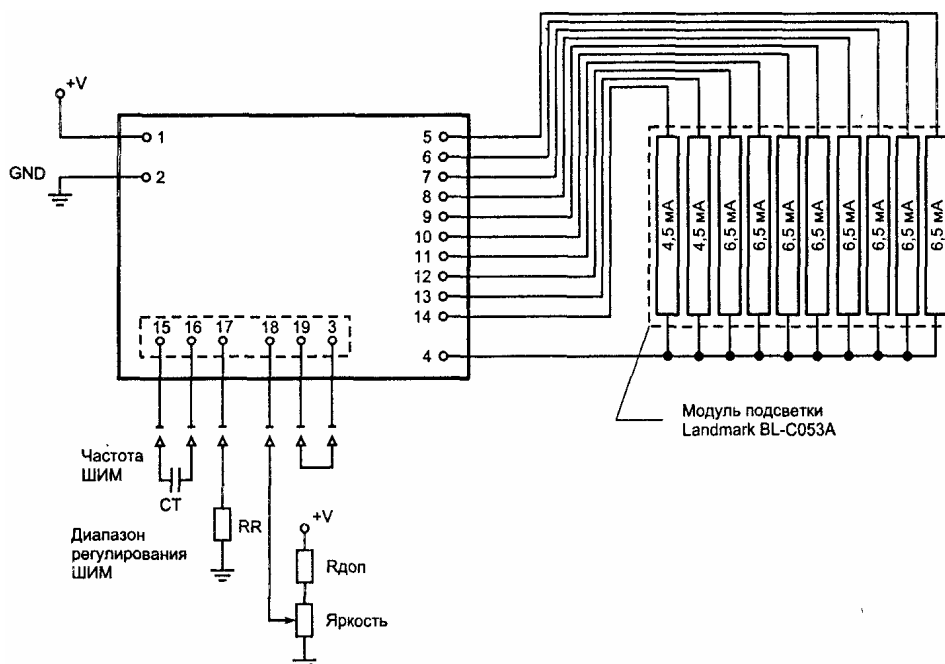


Рис. 2.81. Источник питания для десяти ламп источника задней подсветки цветного ЖК-монитора

Для таких конструкций задней подсветки необходимо использование нескольких ламп для получения определенного уровня яркости при высокой равномерности. Яркость ламп должна быть одинаковой. В процессе работы происходит неравномерная деградация каждой из ламп. В итоге после некоторого времени для выравнивания общей яркости может потребоваться замена одной или сразу нескольких ламп. Яркость лампы сильно зависит от температуры окружающей среды. В конструкции используется пластиковый светорассеиватель сложной формы, на котором неизбежно теряется часть яркости. И последний недостаток — в лампах с холодным катодом используются пары ртути, которые опасны для здоровья человека при разгерметизации или разрушении достаточно хрупкой конструкции источника задней подсветки, например при падении монитора.

2.2.1.4.3.5.8. Плоская люминесцентная лампа для задней подсветки ЖК-мониторов

Попытки создать плоскую лампу предпринимаются уже не первый год многими фирмами-разработчиками источников подсвета. Начиная с 1990 года в материалах дисплейных конференций можно было встретить работы, посвященные разработкам и испытаниям новых плоских ламп. Проводилась аналогичная работа и у нас в России. В 1990 году специалистами завода МЭЛЗ был разработан и изготовлен опытный образец такой лампы. Но несовершенство существующей, технологической базы не позволило довести эту работу до серийного образца. Похоже, сейчас ситуация несколько иная и есть возможность освоить серийный выпуск плоских люминесцентных ламп.

В сконструированной корейскими специалистами плоской лампе вместо паров ртути используются пары инертного газа ксенона, рис. 2.82.

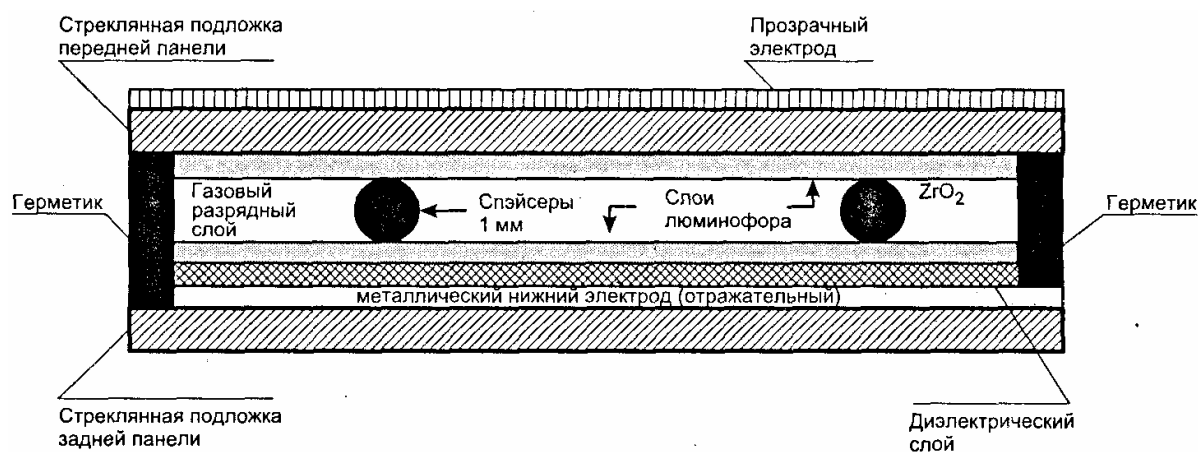


Рис. 2.82. Конструкция плоской люминесцентной лампы

Лампа состоит из двух плоскопараллельных стекол, между которыми создан узкий разрядный газовый промежуток. Толщина переднего стекла составляет 2,3 мм, а заднего — 3 мм. Люминофорное покрытие нанесено на внутренних стенках обоих стекол. Равномерность зазора выдерживается за счет использования шариков-спейсеров диаметром 1 мм. Размер лампы 287 × 359 мм. Прозрачный верхний электрод — низкоомный слой ИТО In_2O_3 с удельным сопротивлением менее 30 Ом на квадрат. Разрежение газа в разрядном промежутке 250 Торг. Используется белый люминофор.

Толщина слоя люминофора на переднем и заднем стеклах различна. Толщина люминофорного слоя на переднем стекле составляет 10 мкм, а на заднем — 30 мкм. И понятно, почему основной источник излучения должен находиться на подложке, за которой находится отражатель. Для большей прозрачности при прохождении конвертированного излучения в видимом диапазоне слой люминофора на передней поверхности должен иметь несколько меньшую толщину. Вес лампы — небольшой — 1494 г, если учесть достаточно большую площадь и использование двух толстых стекол. Общая толщина лампы 6,3 мм, без дополнительного светорассеивающего слоя.

Нижний светотражающий металлический электрод создан на основе вжигания серебряной пасты при температуре 520 °С. Слой серебра сверху защищен слоем диэлектрика. Шарик спейсера должен выдерживать достаточно высокое атмосферное давление, поэтому выполнены из твердого материала ZrO_2 .

Толщина диэлектрического слоя из BaTiO_3 составляет 60 мкм. Толщина газового промежутка задается спейсерами и равно 1 мм.

Физика работы такой лампы аналогична физике работы лампы с холодным катодом при использовании паров ртути. Приложенное высокое переменное напряжение вызывает пробой разрядного газового промежутка 1 мм и дуговой разряд. Разряд в газе вызывает возбуждение тяжелых ионов ксенона. При возбуждении происходит испускание ультрафиолетового излучения, которое при поглощении в слое люминофора преобразуется в видимое излучение. Спектр излучения определяется химическим составом компонентов люминофора. Цветовая температура лампы 9000 К. Спектральные пики интенсивности

излучения по основным цветам распределены следующим образом: 467 нм для голубого, 543 нм для желтого, для красного цвета имеется два пика — 585 нм и 611 нм.

Эффективное напряжение до 1050 В, а частота сигнала возбуждения разряда в лампе составляла 20 кГц. Форма сигнала — синусоидальная. При таких параметрах была получена максимальная яркость свечения — около 7430 кд/м². Однако для достижения более высокой равномерности по яркости пришлось все-таки применить пластину внешнего светорассеивателя толщиной около 3 мм. При испытаниях разных образцов лампы неравномерность по яркости излучения по всей рабочей поверхности составила от 96 до 99,6 %! Номинальный уровень яркости составил при испытаниях от 5180 до 5600 кд/м². Равномерность задней подсветки, достигаемая по обычной схеме (несколько цилиндрических ламп + светорассеиватель + светоотражатель) в лучшем случае составляет 80 %! Ожидаемый ресурс плоской лампы составляет около 10 000 часов, что сравнимо с долговечностью обычных цилиндрических люминесцентных ламп с холодным катодом. Лишний раз напомним, лампа не содержит паров ртути и совершенно экологически безвредна.

Применение такой лампы в источнике задней подсветки современных мониторов позволит не только улучшить цветопередачу и достичь равномерности по яркости, но и даст дополнительную возможность для уменьшения толщины всего корпуса монитора. Можно отметить, что за счет упрощения конструкции всего модуля подсветки процесс замены лампы станет гораздо проще. И это еще один плюс.

Внешний вид плоской лампы для задней подсветки ЖК-мониторов представлен на рис. 2.83.

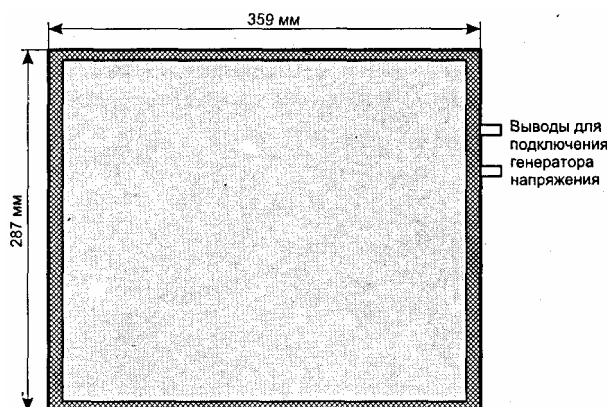


Рис. 2.83. Внешний вид плоской лампы для задней подсветки ЖК-мониторов

В этом разделе использована информация из [7, 22].

Контрольные вопросы

1. Как обозначаются строчные и столбцовые выводы у драйверов ЖКИ?
2. Каковы значения коэффициентов мультиплексирования — duty (duty cycle) для низко мультиплексных ЖКИ?
3. Что характеризует параметр, называемый bias?
4. Охарактеризуйте временные диаграммы прямой адресации.
5. Охарактеризуйте адресацию ЖКИ с мультиплексом 1:2.
6. Охарактеризуйте диаграммы управления ЖКИ с мультиплексом 1:3.
7. Охарактеризуйте диаграммы адресации ЖКИ с мультиплексом 1:4.
8. Охарактеризуйте две системы формирования уровней для адресации матричных ЖКЭ.
9. Какая система формирования уровней столбцовых и строчных напряжений используется во всех пассивно адресуемых матричных ЖКЭ?
10. Как организовано формирование уровней опорных напряжений для драйверов ЖК-дисплеев?
11. Охарактеризуйте адресацию с одновременной выборкой нескольких строк по методу ВАТ.
12. Как может быть реализована адресация ВАТ программным путем?
13. Охарактеризуйте конструкцию модуля ЖКИ.
14. Охарактеризуйте основные технологии монтажа драйверов ЖКИ.
15. Охарактеризуйте типовую схему управления графическим ЖК-дисплеем.
16. Охарактеризуйте структурную схему цветного STN-модуля DMF50414.
17. Охарактеризуйте драйверы для ЖК-дисплеев с активной адресацией.
18. Каковы особенности архитектуры System LCD фирмы Sharp?
19. Охарактеризуйте два пути создания большеформатных ЖКЭ.
20. Что входит в состав устройства подсветки ЖКИ?
21. Охарактеризуйте особенности светодиодной подсветки ЖКИ.
22. Опишите светодиод белого свечения.
23. Охарактеризуйте подсветку ЖКИ люминесцентными лампами
24. Охарактеризуйте конструкцию подсветки с люминесцентной лампой.

25. Как обеспечивается равномерность подсветки экрана?
26. Охарактеризуйте пути повышения эффективности использования светового потока.
27. Охарактеризуйте люминесцентные лампы с холодным катодом.
28. Охарактеризуйте экологическую опасность люминесцентных лампы с холодным катодом.
29. В чем особенности схемотехники преобразователей напряжения для люминесцентных ламп с холодным катодом?
30. Опишите типовую конструкцию модуля задней подсветки ЖК-мониторов.
31. Опишите конструкцию и принцип работы плоской люминесцентной лампы для задней подсветки ЖК-мониторов.
32. В чем заключается экологичность плоской люминесцентной лампы?

2.2.1.4.3.6. Современные цифровые дисплейные интерфейсы для плоских экранов

Увеличение формата и расширение шкалы яркостных градаций цветных жидкокристаллических дисплеев потребовало увеличения скорости передачи данных в интерфейсных шинах. За последние годы рядом известных фирм были проведены разработки дисплейных интерфейсов, предназначенных для поддержки новых форматов высокого разрешения для жидкокристаллических дисплеев. Данный раздел посвящен рассмотрению современной технологии цифровых дисплейных интерфейсов.

Существуют два типа дисплейных интерфейсов — аналоговый и цифровой. В аналоговом интерфейсе информация представлена сигналами RGB основных цветов, а также сигналами строчной и кадровой развертки. Данный тип интерфейса широко используется для связи видеоконтроллера как с традиционными ЭЛТ-дисплеями, так и с TFT ЖК-мониторами.

Схема транспортировки данных от видеоконтроллера до схемы управления разверткой дисплея примерно одинакова для аналоговых и цифровых интерфейсов. Процессор (хост) формирует в буферном ОЗУ видеоконтроллера образ изображения. Каждому пикселу изображения, состоящему из трех цветных пикселей, соответствует от 6 до 8 разрядов в памяти видеобуфера. При 6 разрядах на каждый цвет имеем 18 битов на пиксел, а при 8-битовом кодировании получаем 24 бита на пиксел.

При реализации аналогового интерфейса данные, выбранные из ОЗУ, преобразуются с помощью 3-канального быстродействующего ЦАП-а в аналоговую форму и затем передаются в схему управления дисплеем.

В цифровых дисплейных интерфейсах транспортировка данных от видеоконтроллера до дисплея производится в цифровой форме. Формирование изображения на экране цветных TFT ЖК-дисплеев производится столбцовыми и строчными драйверами. Строчные драйверы обеспечивают управление выборкой по строкам, а через столбцовые драйверы производится доставка данных в адресуемые пиксели ЖКЭ. Микросхемы современных столбцовых драйверов ЖК-дисплеев имеют цифровые шины данных. Поэтому для оптимального управления необходимо использовать цифровые дисплейные интерфейсы.

В жидкокристаллических экранах первого поколения, черно-белых и цветных, имеющих невысокое разрешение для транспортировки данных от видеоконтроллера до столбцовых дисплейных драйверов, использовалась шина на основе обычной КМОП-логики. Разрядность этой шины была от 4 до 16 битов. По мере расширения форматов дисплеев, а также градаций яркости росла и скорость передачи данных. Возникли проблемы, связанные с обеспечением большей полосы пропускания, чем может обеспечить обычная КМОП-логика. Использование скоростных интерфейсов с большими уровнями сигналов и крутыми фронтами привело к высокому уровню электромагнитных помех и стало головной болью для радиодиапазона. Для комплексного решения задач, связанных с транспортировкой потоков данных в канале управления высокоинформативными ЖК-дисплеями, был разработан ряд цифровых дисплейных технологий.

Цифровые дисплейные интерфейсы в зависимости от функционального назначения можно разделить на четыре группы:

- интерфейс между видеоконтроллером и модулем ЖКЭ в ноутбуках (длина соединения 30—50 см);
- интерфейс между платой видеоконтроллера компьютера и внешним ЖК-монитором (длина соединений 120—150 см);
- внутренний дисплейный интерфейс между дисплейным контроллером и микросхемами драйверов столбцов (длина соединений 20—30 см);
- и, наконец, интерфейс между видеоконтроллером и удаленным ЖК-монитором (длина соединений от нескольких метров до нескольких сот метров).

На рис. 2.84 показана типовая структура управления TFT ЖК-дисплеем.

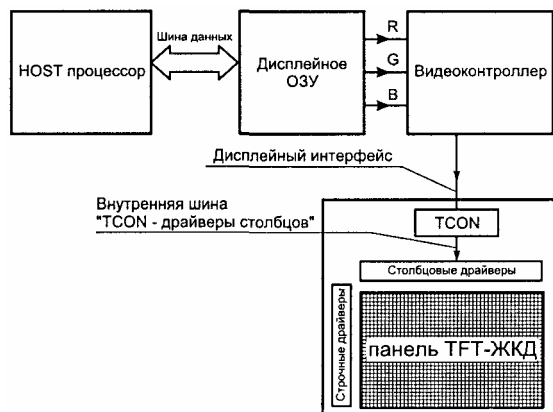


Рис. 2.84. Структура управления ЖК-дисплеем на основе TFT

Для ЖК-экранов с пассивной адресацией и активной адресацией, имеющих форматы до VGA, использовалась прямая передача данных между памятью видеоконтроллера и столбцовыми драйверами.

При увеличении дисплейных форматов увеличились скорости передачи, и в состав дисплея потребовалось ввести схему управления синхронизацией, приема и распределения данных по столбцовым драйверам — дисплейный контроллер (TCON — Timing Controller). Таким образом, дисплейный интерфейс стал состоять из двух шин (см. рис.2.85):

- шины передачи данных от видеоконтролера (из видеобuffers) до дисплейного контроллера;
- шины внутреннего дисплейного интерфейса, реализующего распределение и доставку данных от дисплейного контроллера до столбцовых драйверов ЖК-дисплея.

Ниже будут представлены различные варианты реализации этих шин. Любой интерфейс в первую очередь характеризуется полосой пропускания. Полоса пропускания, необходимая для передачи дисплейных данных, определяется форматом дисплея, длиной битового кодирования одного пиксела, а также частотой кадровой развертки. Для сравнительной оценки необходимой полосы пропускания приведена таблица основных дисплейных форматов (табл. 2.16).

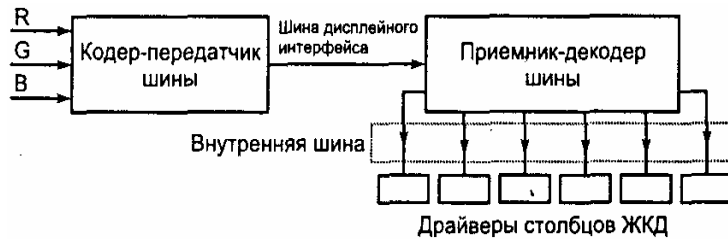


Рис. .2.85. Маршрут данных от видеоОЗУ до столбцовых драйверов

В табл. 2.16 представлены параметры наиболее популярных графических форматов, используемых в современных ЖК-дисплеях.

Таблица 2.16. Дисплейные форматы

Название формата	Разрешение H × V	Пропорции H/V	Объем кадра, в млн. пикселей
CIF	352 × 288	4:3	0,1
VGA	640 × 480	4:3	0,3
SVGA	800 × 600	4:3	0,5
XGA	1024 × 768	4:3	0,8
HDTV (720 строк)	1280 × 720	16:9	0,9
SXGA	1280 × 1024	5:4	1,3
SXGA+	1400 × 1050	4:3	1,5
UXGA	1600 × 1200	4:3	1,9
HDTV (1080 строк)	1920 × 1080	16:9	2,1
QXGA	2048 × 1536	4:3	3,1
VXGA	2048 × 2048	1:1	4,2
GXGA/QSXGA	2560 × 2048	5:4	5,2
Photo CD (16 Base)	3072 × 2048	3:2	6,3
Photo CD (64 Base)	6144 × 4096	3:2	25,0

В графе таблицы «Объем кадра» имеется в виду цветной пиксел, состоящий из трех RGB элементов изображения. Полоса пропускания, необходимая для передачи данных соответствующей каждому формату, вычисляется следующим образом:

$$F = H \times V \times 3 \times \log_2 N \times Fh,$$

где H и V — разрешение по горизонтали и вертикали в цветных пикселях; 3 — число пикселей в цветном пикселе (RGB); N — число градаций для каждого цвета; Fh — частота кадровой развертки, в Гц.

При использовании формата SXGA+, частоты развертки 85 Гц и 256 градаций для каждого цвета, (свыше 17 млн оттенков цвета) для шины, соединяющей видеоконтроллер и столбцовые драйверы ЖКЭ, требуется полоса пропускания около 374 Мбит/с.

Для дисплея, имеющего формат VXGA (2048 × 2048 пикселей), с градациями яркости, представленными 24 битами/пиксел (8 разрядов на каждый из RGB цветов) и частоту кадровой развертки 85 Гц, вычисления по формуле дают значение полосы пропускания свыше 1 Гбит/с. Это только грубая оценка, которая не учитывает тот факт, что передача данных идет совместно с передачей строчных и кадровых сигналов. Синхросигналы развертки используются для любых типов дисплеев, будь то дисплей на ЭЛТ или

же ЖК-дисплей. Во время передачи синхросигналов данные не передаются, поскольку ни один из известных типов дисплеев не использует буферов FIFO. Время, расходуемое на передачу синхросигналов, может достигать нескольких процентов для ЖК-дисплеев и свыше 25 % для дисплеев на ЭЛТ. А это означает, что для передачи данных реально необходима полоса несколько больше рассчитанной выше и интерфейсная шина должна иметь дополнительный запас пропускной способности.

Использование стандартных CMOS- или TTL-сигналов уже не может обеспечить передачу цифровых сигналов с такой полосой на расстояние нескольких десятков сантиметров. Для передачи таких объемов видеoinформации был разработан ряд новых интерфейсов, в которых используется дифференциальная низкоуровневая логика.

2.2.1.4.3.6.1. Цифровые дисплейные интерфейсы

2.2.1.4.3.6.1.1. LVDS — цифровой дисплейный интерфейс National Semiconductor

LVDS (TIA/EIA-644) — Low Voltage Differential Signaling — дифференциальный интерфейс для скоростной передачи данных. Разработан National Semiconductor в 1994 году. Используется под торговой маркой FPD-Link™. Вторым владельцем авторских прав на шину является Texas Instruments. Фирменная торговая марка — FlatLink™. Последовательная шина способна передавать до 24 битов информации на один пиксельный такт, конвертируя исходный поток для передачи по 4 дифференциальным парам с умножением исходной частоты в семь раз. Тактовая частота передается по отдельной дифференциальной паре проводов. Синхросигналы и управляющая информация передаются в поле дополнительных четырех битов (7 тактов × 4 пары = 28 битов на такт). В ранней версии стандарта для шины регламентировалась максимальная тактовая пиксельная частота 40 МГц. Позднее частота была увеличена сначала до 65 МГц, а затем доведена и до 85 МГц. Уровни рабочих сигналов 345 мВ, выходной ток передатчика от 2,47 до 4,54 мА, нагрузка 100 Ом. Дифференциальная схема интерфейса между источником сигнала и приемником сигнала позволяет решить задачу надежной передачи сигналов с полосой свыше 455 Мбит/с без искажения на расстояние нескольких метров.

2.2.1.4.3.6.1.2. PanelBus™ — цифровой дисплейный интерфейс Texas Instruments

PanelBus™ - торговая марка, используемая Texas Instruments для дисплейного интерфейса LVDS. Фирма выпускает микросхемы приемников и передатчиков для реализации данного интерфейса. На рис. 2.86. показана структура приемника TFP403 Texas Instruments.

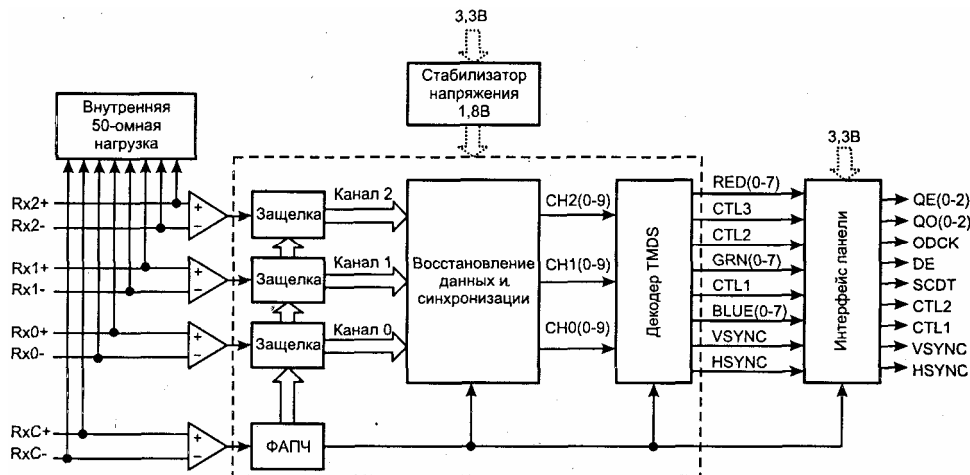


Рис. 2.86. Структура приемника TFP403 PanelBus™ Texas Instruments

Микросхема приемника содержит:

- встроенные пары согласующих резисторов 50 Ом для каждого дифференциального приемника;
- 4-канальный дифференциальный приемник последовательных данных;
- схему ФАПЧ-(PLL) делителя тактовой частоты на 7;
- триггеры фиксации (LATCH) последовательных данных (Channel0 ... Channel2);
- конвертора последовательного кода в параллельный десятибитовый код для 3 каналов (CH0...CH2) (Data Recovery and Synchronization);
- TMDs декодера данных (10 битов → 8 битов) и восстановления синхросигналов развертки;
- контроллер панельного интерфейса;
- встроенного LDO стабилизатора напряжения 1,8 В для питания цифрового ядра микросхемы.

Микросхема имеет питание 3,3 В. Входные и выходные цепи запитаны от источника 3,3 В, а цифровое ядро, работающее на высоких тактовых частотах, питается от встроенного источника напряжения 1,8 В.

2.2.1.4.3.6.1.3. LDI — цифровой дисплейный интерфейс National Semiconductor

LDI — LVDS Display Interface. Для расширения пропускной способности для ранее разработанного интерфейса LVDS фирма National Semiconductor удвоила число пар линий, используемых для передачи данных, — получилось 8 пар проводников. Кроме того, в данном интерфейсе за счет введения избыточного кодирования улучшен баланс линий по постоянному току, а стробирование данных производится каждым фронтом тактового сигнала. Поддерживаются скорости передачи до 112 МГц. Торговая марка интерфейса OpenLDI.

2.2.1.4.3.6.1.4. PanelLink™ — цифровой дисплейный интерфейс Silicon Image, Inc.

В 1995 году фирмой Silicon Image Inc. был разработан свой цифровой дисплейный интерфейс — PanelLink™, который был зарегистрирован VESA под названием TMDS (for Transmission Minimized Differential Signaling). Основные отличия интерфейса по сравнению с интерфейсом LVDS:

- передатчик TMDS не только производит преобразование параллельного в последовательный код, но и обеспечивает преобразование 8-битового кода в 10-битовый с целью уменьшить число фронтов и одновременно обеспечить баланс сигнала по постоянной составляющей. Для кодирования используется свой фирменный запатентованный метод;
- TMDS не совсем честный дифференциальный интерфейс, у него источник тока включен между двумя проводниками;
- используется тактирование данных каждым фронтом тактового сигнала, за счет этого повышена скорость передачи. Вместо 4 пар проводников, используемых ранее для передачи данных, стало достаточно только трех — по одной паре для данных красного, зеленого и голубого цветов.

2.2.1.4.3.6.1.5. Видеоинтерфейс GVIF™ фирмы Sony

GVIF™ — Gigabit Video InterFace — разработанный фирмой Sony стандарт цифрового дисплейного интерфейса. Очень простой и дешевый вариант цифрового интерфейса для использования в бытовой видеотехнике. Аналогично интерфейсам LVDS и TMDS, здесь также применяется преобразование исходного параллельного потока видеоданных в последовательный код. Однако в качестве физической линии используется всего одна пара проводов в экране. Для передачи сигнала тактирования в этом интерфейсе не требуются отдельные провода! Сигналы тактирования содержатся в самом композитном сигнале, обеспечивая самосинхронизацию данных. Этот способ синхронизации данных известен и применяется в скоростных модемных интерфейсах. Физический канал GVIF обеспечивает пропускную способность до 1,5 Гбит/с. Такой полосы достаточно даже для передачи видеоданных в формате XGA. При кадровой развертке 60 Гц, использовании 4 битов для кодирования цвета каждого пиксела получаем: $1024 \times 768 \times 24 \times 60 = 1,13$ Гбит/с. Интерфейс GVIF™ может обеспечивать передачу данных для дисплеев, имеющих форматы с большим разрешением при использовании методов компрессии цветов. Однако Sony предусмотрела более простой вариант для расширения полосы своего интерфейса — в микросхемах приемника и передатчика предусмотрен режим поддержки второго канала. Для реализации интерфейса фирмой разработаны микросхемы передатчика CXB1451Q и приемника CXB1452Q. Схема реализации интерфейса на их основе показана на рис. 2.87.

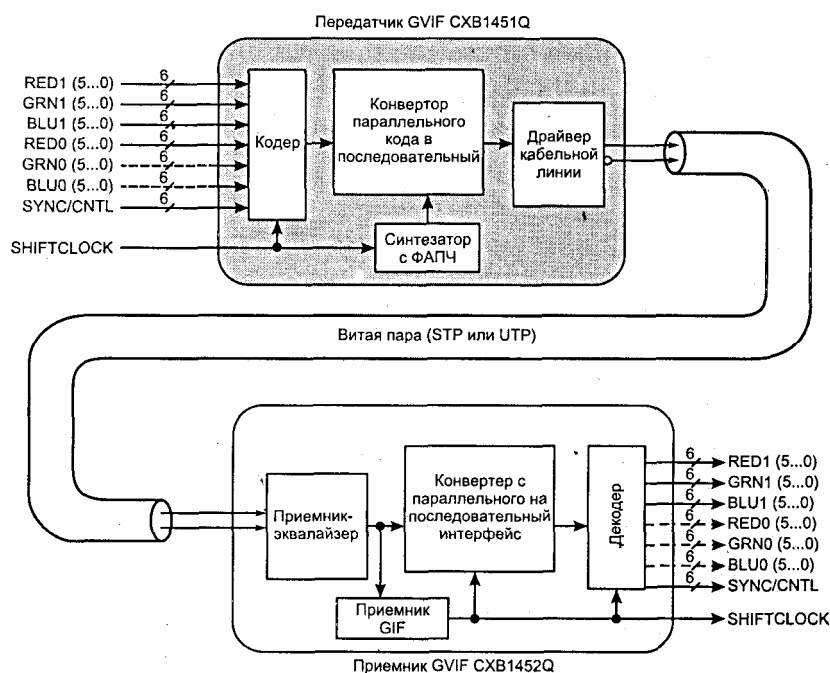


Рис. 2.87. Видеоинтерфейс GVIF, реализованный на основе передатчиков и приемников Sony

Микросхемы приемника и передатчика обеспечивают режим передачи данных как с одним, так и двумя последовательными каналами.

Основные модули в микросхемах приемника и передатчика:

- Coder /Decoder — шифратор и дешифратор параллельного кода.
- Serial to Parallel Converter — преобразователь последовательного кода в параллельный
- Cable driver — драйвер шины.
- Cable Equalizer — приемник кабельного сигнала.
- PLL — ФАПЧ-синтезатор частот (умножение на 24 в передатчике, деление на 24 в приемнике).

Области применения видеоинтерфейса GVIF:

- интерфейсы компьютеров с ЖК-монитором;
- системы мониторинга;
- мультимедийное оборудование;
- интерфейс с видеопроекционными системами;
- интерфейс с цифровым телевизионным монитором.

2.2.1.4.3.6.1.6. Оптоволоконный цифровой дисплейный интерфейс PhotonLink™

Для поддержки дисплеев высокого разрешения с цифровым интерфейсом фирмой PhotonAge была разработана технология гигабитного оптического цифрового канала PhotonLink™. Интерфейс предназначен для ЖК-дисплеев, находящихся на расстоянии от нескольких метров до нескольких сот метров от источника видеoinформации.

Оптоволоконная связь используется в аппаратуре связи уже достаточно давно, однако цена реализации оптического канала при обеспечении высоких скоростей пока остается еще достаточно высокой и сдерживает его широкое использование в различных областях приложений, где требуются высокие скорости передачи данных. Основной задачей в данной разработке было создание максимально дешевого, простого и технологичного видеоинтерфейса для массового применения.

Оптическая связь основана на 5-канальной оптоволоконной линии, использующей недорогой комплект микрооптических интегральных модулей приемников и передатчиков (см. рис. 2.88). Каждый оптический канал обеспечивает полосу до 2,5 Гбит/с. Разработчиками интерфейса была продемонстрирована передача видеoinформации для XGA ЖК-дисплея (1024 × 768 пикселей) удаленного от источника на 400 м.

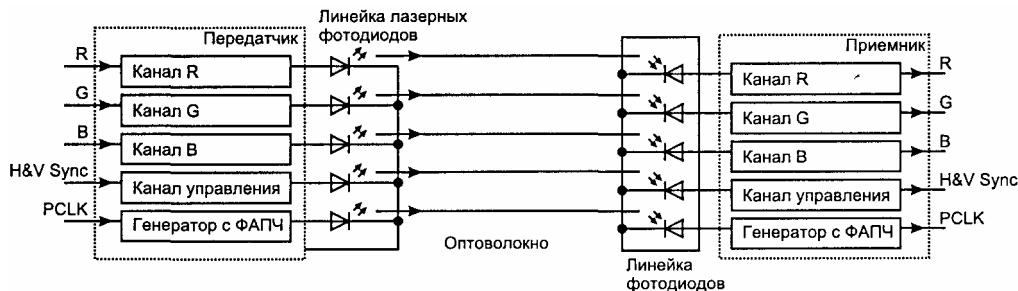


Рис. 2.88. Структура интерфейса PhotonLink™

По трем оптическим каналам передаются данные RGB основных цветов, по двум остальным — интегральный синхросигнал управления разверткой и частота тактирования данных.

Со стороны передатчика находится микросхема кодера, которая преобразует входные RGB параллельные данные цифрового интерфейса в последовательные потоки, формирует композитный сигнал синхронизации развертки и формирует с помощью ФАПЧ умножителя на 8 сигнал тактирования RGB последовательных данных.

Все оптические соединения конструктивно находятся внутри кабельных соединителей. Соединение кабеля интерфейса PhotonLink™ со стороны передатчика и со стороны приемника — электрическое контактное, как для обычных проводных линий.

Составляющие интерфейса PhotonLink™:

- микросхема кодера — формирователя сигналов цифрового последовательного 5-канального интерфейса (находится на печатной плате источника видеосигнала);
- 7-контактный электрический соединитель;
- 5-канальный драйвер, преобразующий напряжение входных сигналов в ток управления лазерными светодиодами (находится в кабельном соединителе со стороны передатчика);
- линейка лазерных светодиодов VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser), также находится в кабельной части соединителя;
- оптический переходник лазер — оптоволоконно (находится в кабельной части соединителя со стороны передатчика);

- 5-канальный оптический кабель;
- оптический переходник оптоволоконно — фотодиод (находится в кабельной части соединителя со стороны приемника);
- линейки фотодиодов, преобразующих токовый сигнал в сигнал напряжения;
- усилители-формирователи фотосигналов;
- 7-контактный электрический соединитель;
- микросхема декодера — формирователя сигналов цифрового последовательного 5-канального интерфейса (находится на печатной плате приемника видеосигнала).

В качестве оптической среды для передачи данных на расстояние до нескольких метров может применяться дешевое пластиковое оптоволокно диаметром 250 мкм. Для передачи данных на большие расстояния — до нескольких сот метров — используется кварцевое оптоволокно диаметром 125/62 мкм. Разработанная фирмой технология оптического сопряжения между оптоволоконном и излучателями, а также между волокном и фотоприемниками позволила значительно снизить стоимость реализации интерфейса и обеспечить высокую надежность связи. Измерение уровня ошибок при испытании интерфейса на скорости передачи 2,5 Гбит/с, дало величину менее 1×10^{-12} . Тестирование проводилось при температуре 80°C и влажности 80 %. Связь на основе оптоволоконного канала устойчива против осевого скручивания кабеля. Во время испытаний производилась осевая закрутка кабеля до 100 000 оборотов без ухудшения качества связи.

Основные достоинства интерфейса PhotonLink™:

- полная гальваническая развязка;
- при передаче отсутствуют электромагнитные помехи;
- широкая полоса пропускания канала при больших расстояниях;
- легкий, малого диаметра оптический кабель;
- не требуется согласование импедансов компонентов, участвующих в соединении.

Относительно малая цена реализации интерфейса PhotonLink™ по сравнению с обычными оптоволоконными интерфейсами, применяемыми в аппаратуре связи, а также высокая технологичность и надежность дают основание для широкого применения данного интерфейса вместо проводных скоростных интерфейсов.

2.2.1.4.3.6.2. Интерфейсы внутренней дисплейной шины

Как ранее рассматривалось, внутренняя дисплейная шина обеспечивает распределение и передачу данных от дисплейного контроллера к столбцовым драйверам ЖКЭ. Эта шина также может являться источником электромагнитных помех в радиодиапазоне.

2.2.1.4.3.6.2.1. Mini LVDS — внутренний дисплейный интерфейс Texas Instruments

Mini LVDS — внутренний последовательно-параллельный интерфейс ЖК-дисплея. Соединяет декодирующий контроллер видеоданных, стоящий на плате управления с драйверами столбцов дисплея (см. рис. 2.89). Используется для видеочипсетов Texas Instruments.

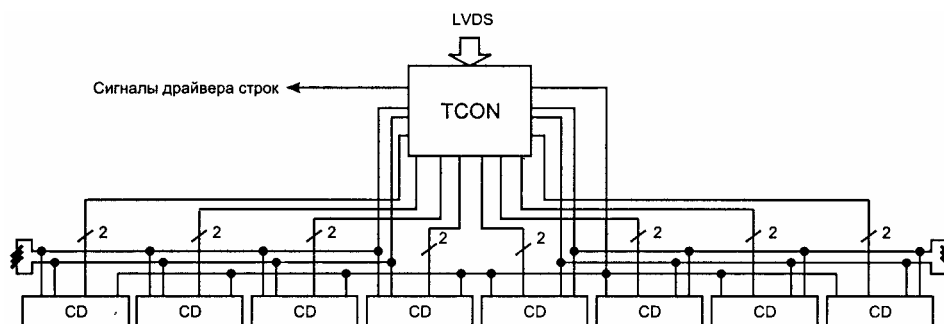


Рис. 2.89. Реализация внутреннего интерфейса ЖК-дисплея контроллер LVDS — столбцовые драйверы

TCON — Timing Controller — контроллер, преобразующий входной формат данных шины LVDS в сигналы внутренней шины для загрузки данных в микросхемы столбцовых драйверов CD (Column Driver) ЖК-дисплея. Контроллер также формирует сигналы управления строчной разверткой (Row Driver Signals), которые поступают на отдельную плату строчных драйверов ЖК-дисплея.

2.2.1.4.3.6.2.2. CMADST™ — интерфейс внутренней шины ЖК-дисплея NEC Corporation

CMADST™ — Current Mode Advanced Differential Signaling — название высокоскоростной маломощнейшей внутренней шины для интерфейса «приемник LVDS — столбцовые драйверы ЖКЭ», разработанной фирмой NEC Corporation. Шина, показанная на рис. 2.90, использует параллельно-последовательную организацию для транспортировки данных от дисплейного контроллера в столбцовые

драйверы ЖК-дисплея. Контроллер шины получает сигналы от приемника LVDS и затем преобразует их в последовательные потоки внутренней шины со своей синхронизацией. Внутренняя шина состоит из 14 дифференциальных пар проводников — 2 пары синхронизации и 12 пар сигналов данных. На концах каждой из пар стоит согласующий резистор 100 Ом. Амплитуда сигналов на дифференциальной паре — 100 мВ. Фазы сигналов битовой синхронизации сдвинуты относительно друг друга на 45°. Тактирование данных производится по каждому фронту сигналов синхронизации — таким образом, за один такт по шине (4 фронта) передается 48 битов данных. Топология шины — «звезда» — от одного источника (контроллера) сигналы данных и синхронизации передаются всем столбцовым драйверам.

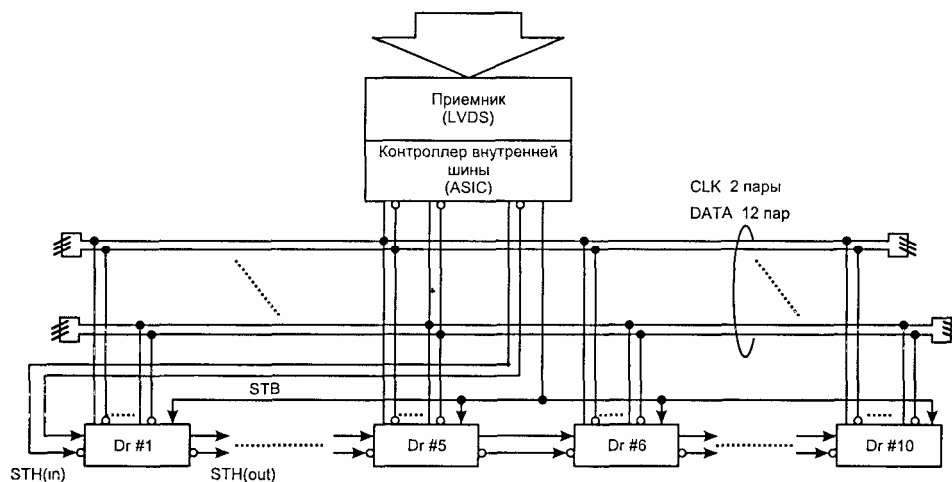


Рис 2.90. Структура шины CMADSTM

Источники тока находятся в приемниках столбцовых драйверов. Передатчик контроллера обеспечивает лишь коммутацию источников тока. За счет такого решения удалось снизить потребляемую мощность передатчиков в контроллере и распределить ее по столбцовым драйверам. В приемниках столбцовых драйверов имеются преобразователи ток — напряжение, которые и конвертируют токовые сигналы в сигналы напряжения КМОП-логики (см. рис. 2.91).

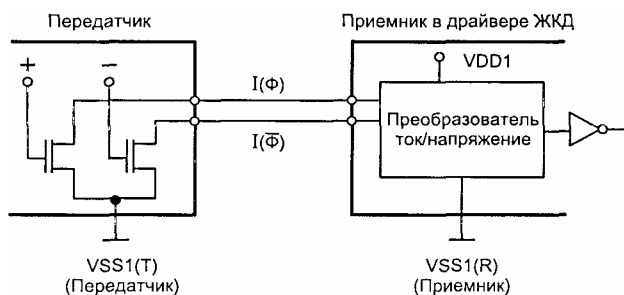


Рис 2.91. Конфигурация передатчика и приемника внутренней шины CMADSTM

Загрузка драйверов производится последовательно слева направо с использованием эстафетного механизма. Для загрузки каждого драйвера во времени выделен свой интервал. Для снижения потребляемой мощности в процессе загрузки, пока идет загрузка одного из драйверов, во всех других производится отключение модулей приема в соответствии с эстафетным сигналом STH. По сравнению с обычной параллельной шиной данных на основе КМОП-логики, применяемой ранее в дисплеях с низким разрешением, данная шина имеет меньшее число проводников, что позволило уменьшить размеры печатной платы столбцовых драйверов и снизить стоимость ее производства. За счет уменьшения значений токов в шине удалось значительно снизить уровень EMI (Electro Magnetic Interference — электромагнитное излучение).

В ноябре 2000 года фирмой NEC Corporation были произведены и испытаны образцы новых столбцовых драйверов. Испытания проводились на 18-дюймовом TFT ЖК-дисплее, где и были установлены драйверы, сделанные по новой архитектуре.

2.2.1.4.3.6.2.3. RSDS и WisperBus™ — внутренние дисплейные интерфейсы National Semiconductor

Фирмой National Semiconductor недавно были разработаны и опробованы два интерфейса внутренней дисплейной шины для связи дисплейного контроллера со строчными драйверами ЖКЭ: RSDS (Reduced Swing Differential Signaling) и WisperBus™. Описание интерфейсов было дано в статье, представленной на конференции SID 2001 в Сан-Хосе.

2.2.1.4.3.6.2.3.1. RSDS — внутренняя дисплейная шина фирмы National Semiconductor

Для шины RSDS используется топология «звезда». На рис. 2.92 показана структура TFT ЖКЭ, в которой используются столбцовые драйверы с интерфейсом RSDS. В качестве TCON в дисплее применяется микросхема FPD87310, разработанная National Semiconductor.

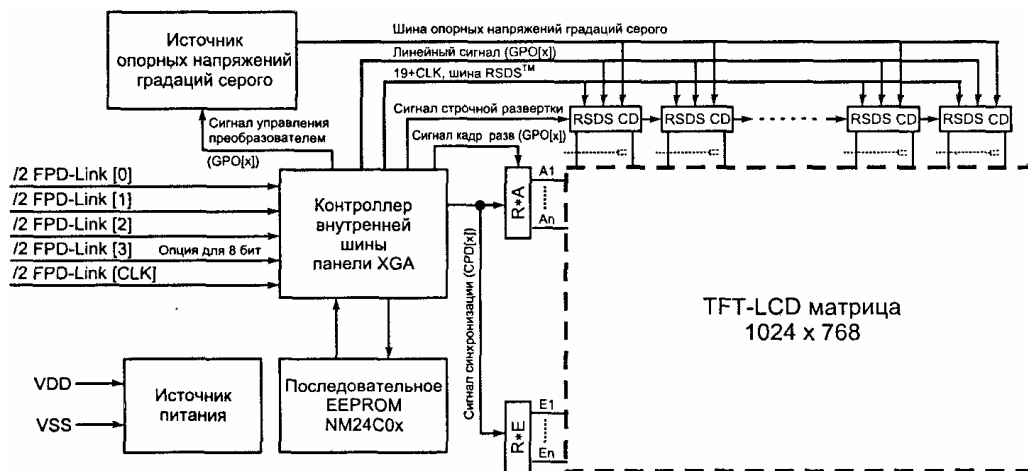


Рис. 2.92. Структура схемы управления ЖК-дисплеем на основе контроллера FPD87310 National Semiconductor

2.2.1.4.3.6.2.3.2. WisperBus™ — малошумящая скоростная шина внутреннего дисплейного интерфейса

Топология шины WisperBus™ «точка-точка» и аналогична топологии показанной на рис. 2.89 для шины LVDS. Прием информации производится одновременно всеми драйверами столбцов. Для мультисканальной топологии шины типа «звезда» прием данных производится каждым драйвером по очереди, в течение своего короткого временного интервала. Для приема данных в каждом драйвере используются две отдельные шины данных и общая дифференциальная шина битовой синхронизации данных. Активирование данных производится по каждому фронту сигнала синхронизации.

Реализация такой топологии потребовала введения в структуру дисплейного контроллера буфера данных на строку. Разработчики National Semiconductor спроектировали элементы памяти в таких топологических нормах, которые позволили сохранить приемлемый уровень цены на контроллер и обойтись без увеличения размера кристалла.

Структура и электрофизика новой шины позволила решить следующие задачи:

- уменьшить уровень электромагнитного излучения, связанного с передачей высокочастотных сигналов данных по интерфейсной шине ЖКЭ;
- уменьшить мощность потребления, связанную с передачей данных по шине;
- уменьшить число проводников во внутреннем дисплейном интерфейсе;
- уменьшить стоимость печатной платы за счет уменьшения числа слоев платы и площади, необходимой при трассировке шины;
- уменьшить стоимость шины за счет уменьшения числа передатчиков и приемников.

При использовании дифференциального интерфейса LVDS выходной ток каждого передатчика шины составляет от 2,5 до 4,5 мА. Интерфейс ЖКЭ содержит до 18 высокоскоростных сигналов данных. Мощность, затрачиваемая на поддержку шины, будет в этом случае достаточно высокой для портативных устройств с ограниченным бюджетом по мощности.

Немаловажным является и вопрос, связанный с числом приемников и передатчиков, а также числа проводников, обслуживающих прием и передачу сигналов шины. При использовании дифференциального интерфейса требуется 36 проводников (в экране). Использование дифференциальной шины требует установки согласующих резисторов со стороны приемника, что тоже увеличивает сложность и стоимость реализации. На согласующих резисторах рассеивается большая часть мощности, затраченная на передачу сигналов.

Передача двоичных цифровых сигналов на шине WisperBus™ производится не уровнями напряжения, как в обычной дифференциальной схеме, а уровнями токов и к тому же по единственному проводу. Протекание тока для обоих токовых состояний происходит всегда в одном и том же направлении — от приемника к передатчику.

В соответствии с входными двоичными сигналами передатчик подключает один или другой источник тока, как показано на рис. 2.93. Таким образом, получаем два токовых номинала — 50 и 150 мкА, которые соответствуют двоичным состояниям «0» и «1». Такая схема эквивалентна смещению тока на +50 мкА относительно постоянной токовой составляющей 100 мкА. Амплитуда рабочих токов, используемая для

передачи данных в шине WisperBus™ (100 мкА), на порядок меньше амплитуды токов, используемых в интерфейсе RSDS (2000 мкА).

Амплитуда напряжения в точке суммирования приемника составляет около 1 В, но абсолютное значение этого напряжения не играет особой роли в реализации данной шины и определяется порогами транзистора в приемнике.

На рис. 2.94. представлено сравнение эквивалентных схем приемников шины WisperBus™ и дифференциального интерфейса RSDS, на рис. 2.95. - конфигурация шины WisperBus™, а на рис. 2.96. - сравнение уровней спектров электромагнитного излучения при использовании обычной цифровой шины и шины WisperBus™

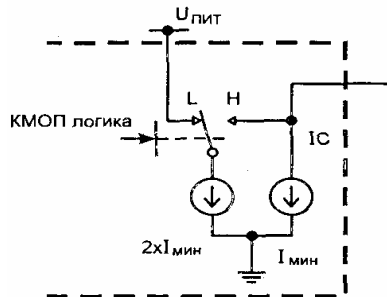


Рис. 2.93. Эквивалентная схема передатчика шины WisperBus™

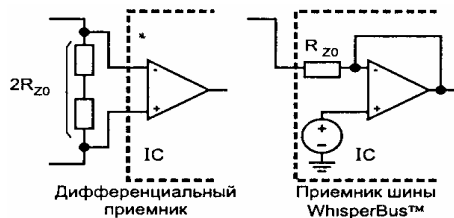


Рис. 2.94. Сравнение эквивалентных схем приемников шины WisperBus™ и дифференциального интерфейса RSDS

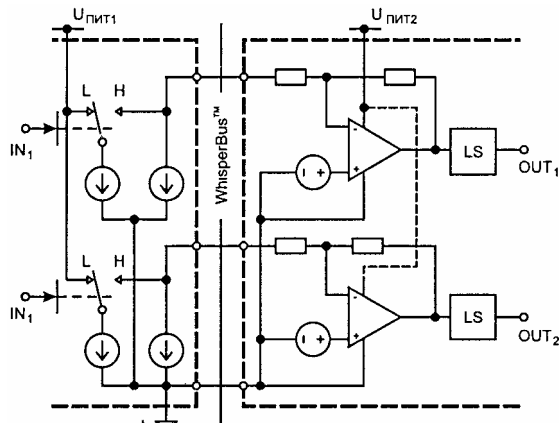


Рис. 2.95. Конфигурация шины WisperBus™

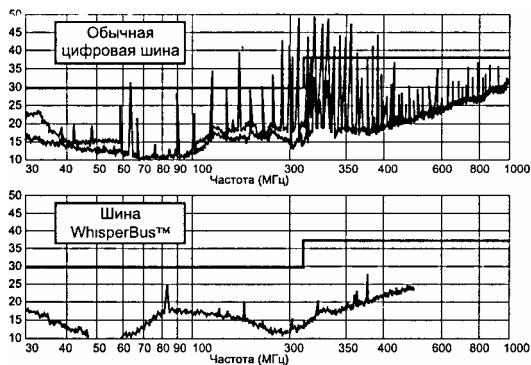


Рис. 2.96. Сравнение уровней спектров электромагнитного излучения при использовании обычной цифровой шины и шины WisperBus™

2.2.1.4.3.6.3. Стандарты дисплейных интерфейсов

2.2.1.4.3.6.3.1. Стандарт VGA аналогового дисплейного интерфейса

Цоколевка разъема, используемая первоначально только фирмой IBM для своих изделий, стала фактически стандартом для остальных производителей дисплеев на многие годы. Первая версия стандарта IBM стала использоваться с 1987 года.

На рис. 2.97. представлен стандартный VGA-разъем, а в таблице 2.17 - разводка сигналов по его контактам для ранней и поздней версий стандарта.



Рис. 2.97. Стандартный VGA-разъем

Таблица 2.17. Цоколевка разъема VGA.

Контакт	Сигнал	С каналом DDC	Контакт	Сигнал	С каналом DDC
1	Red	Red	9	Unused i	+5V
2	Green	Green	10	Sync Rtn	Sync Rtn
3	Blue	Blue	11	ID0	Unused
4	ID2	Unused	12	ID1	SDA
5	Test	Return	13	Hsync	Hsync
6	Red Rtn	Red Rtn	14	Vsync	Vsync
7	Green Rtn	Green Rtn	15	ID3	SCL
8	Blue Rtn	Blue Rtn			

Для идентификации типа дисплея в ранних версиях стандарта сначала использовались 3 вывода разъема (15-й был не задействован), а позднее уже 4. Со стороны дисплея эти сигналы оставались или незадействованными или же соединялись с общим проводом. Таким образом, с помощью 4-разрядного двоичного кода можно было получить всего 16 комбинаций для идентификации производителя. Через некоторое время число производителей и число моделей дисплеев стремительно выросло, и первоначальная система идентификации требовала замены. Начиная с 1991 года стала использоваться последовательная идентификационная шина DDC, имеющая в основе интерфейс I²C. Напряжение +5 В для питания схемы памяти, содержащей идентификационные данные дисплея, подается из платы видеоконтроллера через выделенный контакт разъема кабеля. До введения видеопроцессора в состав дисплея данные просто хранились в микросхеме EEPROM, которая находилась в дисплее.

Стандарт VGA широко используется для соединения видеоконтроллера как с обычными дисплеями на ЭЛТ, так и для интерфейса с TFT LCD-мониторами. Появление на рынке дисплеев плоскостельных цифровых мониторов потребовало разработки новых стандартов, обеспечивающих, с одной стороны, оптимизацию интерфейса сопряжения дисплеев с графическим контроллером, а также унификацию интерфейсов и конструктивных параметров дисплеев, с другой стороны. Разработкой этих стандартов в дальнейшем занималась Video Electronics Standards Association — организация для стандартизации электрических и физических параметров дисплейных интерфейсов. Кроме того, в разработке стандартов дисплейных интерфейсов приняли активное участие различные ассоциации производителей дисплейного оборудования, заинтересованные в унификации и стандартизации как интерфейсов, так и конструкций плоскопараллельных панелей, используемых в мониторах и ноутбуках.

2.2.1.4.3.6.3.2. Стандарт VESA EVC (Enhanced Video Connector) для поддержки цифровых и аналоговых видеоинтерфейсов

Стандарт утвержден VESA в 1995 году. Разработчики стандарта стремились учесть как текущие интересы, так и тенденции развития на будущее основных производителей мониторов. В стандарте предусмотрены интерфейсы для «продвинутых» мониторов со встроенной цветной телекамерой, а также поддержкой стереоаудиовыходов и выходов (микрофоны + звуковые колонки). Стандарт предусматривает использование различных интерфейсов (аналоговых и цифровых) для передачи аудио- и видеосигналов.

В качестве соединителя используется разъем Molex. Особенность разъема — он содержит два поля контактов, одно поле для аналогового видеоинтерфейса RGB, а второе — для поддержки высокочастотных видеоинтерфейсов. Четыре контакта интерфейса RGB расположены в углах квадрата. Между контактами имеется крестовый ножовой земляной контакт (C5), который должен обеспечивать наилучшее согласование импедансов всех 4 сигналов, близкое к коаксиальному кабелю. -

Стандарт обеспечивает поддержку интерфейсов USB и IEEE-1394.

В интерфейсе предусмотрен видеовход для сигналов, кодированных в системе Y/C (яркость + цвет). Стандартом поддерживается канал DDC идентификации дисплея.

Общий вид соединителя EVC представлен на рис 2.98, а распределение сигналов по его контактам - в таблицах 2.18 и 2.19.

Затея с разработкой и внедрением универсального стандарта, учитывающего, казалось, самые изысканные потребности производителей дисплейного оборудования, пока не оправдалась. На настоящий момент стандарт не нашел широкого применения. Пока в секторе мультимедийных приложений не так много задач, которые требовали использования стандарта EVC. Интерфейс EVC используется в некоторых моделях ЖК-видеопроекторов.

Таблица 2.18. Цоколевка разъема EVC:

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Audio out right	16	USB data+
2	Audio out left	17	USB data-
3	Audio out return	18	USB/1394 shield
4	Sync Rtn	19	1394 Vg
5	H.Sync	20	1394 Vg
6	V.Sync	21	Audio input right
7	NC	22	Audio input left
8	NC	23	Audio input return
9	1394 pair A-	24	Stereo Sync
10	1394 pair A+	25	DDC return
11	Charge power ground	26	DDC Data SDA
12	Charge Power+	27	DDC Clock SCL
13	Video Input Y	28	+5V DC
14	Video Input return	29	1394 pair B+
15	Video Input C	30	1394 pair B-

Таблица 2.19.

Контакт	Сигнал
C1	Analog RED
C2	Analog Green
C3	Clock
C4	Analog Blue
C5	Analog Return



Рис. 2.98. Общий вид соединителя EVC

2.2.1.4.3.6.3.3. Стандарт VESA Plug & Display для поддержки цифровых и аналоговых видеointерфейсов

Через некоторое время после утверждения стандарта EVC группа производителей компьютерного рынка предложила внести ряд усовершенствований в этот стандарт, позволяющих обеспечивать лучшую поддержку цифровых дисплеев. Предложения вскоре были приняты VESA, и в 1997 году на свет появился новый стандарт — Plug & Display.

Цифровой интерфейс основан на технологии TMDS фирмы Silicon Image «PanelLink». Назначение контактов разъема P&D частично совпадает с назначением контактов разъема стандарта EVC (см табл. 2.20 и 2.21). Форма разъема P&D по сравнению с EVC-разъемом немного изменена так, чтобы EVC-дисплеи могли подключаться к источнику EVC или P&D, а P&D-дисплей не мог быть подключен к источнику EVC-стандарта (см. рис.2.99). Карта раскладки пикселей поддерживает оба режима для TFT-дисплеев — один пиксел за такт и 2 пиксела за такт синхронизации.

Таблица 2.20

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Digital Data TXOUT2+	16	USB data+

Продолжение табл. 2.20

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
2	Digital Data TXOUT2-	17	USB data-
3	Digital Data TXOUT2 Rtn	18	USB/1394 shield
4	Sync Rtn/Clock Rtn	19	1394 Vg
5	H.Sync	20	1394 Vg
6	V.Sync	21	Digital Data TXOUTO+
7	Charge Power return	22	Digital Data TXOUTO-
8	Charge Power+	23	Digital Data TXOUTO Rtn/shield
9	1394 pair A -	24	Stereo Sync
10	1394 pair A+	25	' DDC return
11	Digital DataTXOUT1+	26	DDC Data SDA
12	Digital Data TXOUT1	27	DDC Clock SCL
13	Digital Data TXOUT1 Rtn	28	+5VDC
14	Digital Clock CLK+	29	1394 pair B+
15	Digital Clock CLK-	30	1394 pair B-

Таблица 2.21

Контакт	Сигнал
C1	Analog RED
C2	Analog Green
C3	Clock
C4	Analog Blue
C5	Analog Return



Рис. 2.99. Общий вид коннектора P&D стандарта

2.2.1.4.3.6.3.4. Стандарт DFP (Digital Flat Panel)

Этот стандарт первоначально разработан фирмой Compaq и позднее утвержден VESA.

Целью этого стандарта была разработка простого цифрового интерфейса между персональным компьютером и внешним плоскочелюстным монитором. Интерфейс DFP позволяет подключать компьютер к внешнему плоскопараллельному цифровому монитору непосредственно, минуя преобразование видеoinформации из аналоговой в цифровую форму. Расстояние между компьютером и монитором может достигать пяти метров. Стандарт определяет функции интерфейса со стороны графического контроллера хоста, управление конфигурацией дисплея и управление питанием монитора (энергосбережение). Для передачи данных используется технология TMDS. Интерфейс DFP основан на уже известном стандарте P&D. Для управления конфигурацией используются стандарты DDC и EDID. В качестве коннектора используется разъем mini-D MDR20 фирмы 3M (см. рис. 2.100 и табл. 2.22). Стандарт поддерживает различные типы дисплеев и различные форматы экранов, включая DSTN и TFT, вплоть до 24-битового TFT-интерфейса. В дисплейных устройствах может использоваться совместно с разъемом аналогового интерфейса VGA или же вместо него.

Таблица 2.22. Цоколевка разъема по стандарту DFP:

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	TMDS Data 1+	11	TMDS Data 2+
2	TMDS Data 1-	12	TMDS Data 2-
3	TMDS Data 1 Rtn	13	TMDS Data 2 Rtn
4	TMDS CLK +	14	TMDS Data 0+
5	TMDS CLK-	15	TMDS Data 0-
6	TMDS CLK Rtn	16	TMDS Data 0 Rtn
7	Ground	17	NC

8	+5V	18	Hot Plug detect [
9	NC	19	DDC Clock
10	NC	20	DDC Data

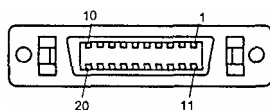


Рис. 2.100. Внешний вид разъема по стандарту DFP

2.2.1.4.3.6.3.5. Стандарт VESA FPD1-1 и 1B

Дата утверждения стандарта — октябрь 1999 года.

Стандарты определяют электрические параметры интерфейса, тип и цоколевку соединителей для пассивных матричных черно-белых и цветных ЖК-дисплеев (см. табл. 2.23, 2.24 и рис. 2.101). Целью является унификация параметров интерфейсов и соединителей для плоских дисплеев. В стандарте не регламентированы сигналы для идентификации типа дисплея. Электрические сигналы интерфейса — TTL совместимые.

Таблица 2.23. Цоколевка разъема для матричных ЖК-дисплеев с пассивной адресацией (FPDI-1):

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	LD4	17	LD2
2	Vss	18	FPEN
3	LD5	19	LD3
4	FPFrame	20	NC
5	LD6	21	UD3
6	PFLINE	22	Vss
17	LD7	23	UD4
8	Vss	24	UD2
9	Vss	25	UD5
10	FPSHIFT	26	UD1
11	LD0	27	Vss
12	Vcon	28	UD0
13	LD1	29	UD6
14	Vdd	30	Vss
15	Vss	31	UD7
16	Vdd		

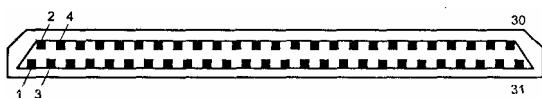


Рис. 2.101. Внешний вид разъема по стандарту FPD1-1

LD1...LD4 — полубайт шины данных (Lower Data) для загрузки столбцовых драйверов нижней половины экрана.

UD1...UD4 — полубайт шины данных (Upper Data) для загрузки драйверов нижней половины экрана.

FPFrame — сигнал начала кадра.

FPSHIFT — строб записи данных в столбцовые драйверы.

PFLINE — сигнал строчной развертки.

FPEN — сигнал выключения развертки.

Vss — земляная шина питания.

Vdd — напряжение питания драйверов.

Vcon — напряжение регулировки контраста ЖКЭ.

2.2.1.4.3.6.3.6. FPD1-1B

Таблица 2.24. Цоколевка разъема для SVGA матричных ЖКЭ с 18-разрядным кодированием цвета:

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	VSS	22	Vss
2	FPSIFT	23	Green 3

Продолжение табл. 2.24

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
3	VSS	24	Green 4
4	PFLINE	25	Green 5
5	FPFRAME	26	Vss
6	Vss	27	Vss
7	Vss	28	Vss
8	Vss	29	Blue 0
9	Red 0	30	Blue 1
10	Red 1	31	Blue 2
11	Red 2	32	Vss
12	Vss	33	Blue 3
13	Red 3	34	Blue 4
14	Red 4	35	Blue 5
15	Red 5	36	Vss
16	Vss	37	DRDY
17	Vss	38	NC
18	Vss	39	Vdd
19	Green 0	40	Vdd
20	Green 1	41	NC
21	Green 2		

2.2.1.4.3.6.3.7. Стандарт VESA FPD-2

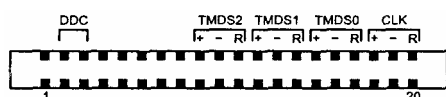
Дата утверждения стандарта — октябрь 1999 года.

Стандарт определяет электрические параметры интерфейса, тип и цоколевку разъема (см. табл. 2.25) для плоских дисплеев с разрешением XGA и выше. В качестве базового соединителя выбран 20-контактный разъем фирмы AMP с шагом 1,25 мм (см. рис. 2.102).

Цель стандарта — нормировать параметры интерфейсов и соединителей для плоских дисплеев. В стандарте не регламентированы сигналы для идентификации типа дисплея. Электрические сигналы — ТТЛ. Стандарт определяет также карту раскладки пикселей для TFT- и STN-дисплеев.

Таблица 2.25. Цоколевка разъема по стандарту FPD-2:

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	VCONT(STN)	11	TMDS Data 2 Rtn
2	+5V power	12	TMDS Data 1+
3	DDC Clock(SCL)	13	TMDS Data 1-
4	DDC Data (SDA)	14	TMDS Data 1 Rtn
5	Vdd (Panel drv.)	15	TMDS Data 0+
6	Vdd1 (TMDS)	16	TMDS Data 0-
7	Ground/return	17	TMDS Data 0 Rtn
8	Ground/return	18	TMDS Clock+
9	TMDS Data 2+	19	TMDS Clock-
10	TMDS Data 2-	20	TMDS Clock Rtn

**Рис. 2.102.** Внешний вид разъема по стандарту FPD-2

VCON — вывод для регулировки контраста. Используется только в STN-панелях.

Vdd — питание выходных формирователей строчных и столбцовых драйверов ЖКЭ.

Vdd1 — питание TMDS-приемников.

DDC Clock и Data — сигналы канала для идентификации дисплея.

TMDS Data 0...2 +/- — дифференциальные сигналы последовательного канала — 3 пары проводов.

TMDS Clock+/- — дифференциальные сигналы тактирования последовательных данных TMDS Data

0...2 +/-.

Rtn — каждая дифференциальная пара сигналов последовательных шин имеет свой отдельный провод земляной шины (Return — возвратная земля).

В стандарте предусмотрено использование дополнительного 8-контактного разъема для мониторных приложений (рис. 2.103 и табл. 2.26).

На рис. 2.104 показана схема согласования канала передачи данных по стандарту TMDS.



Рис. 2.103. Дополнительный разъем для мониторных приложений

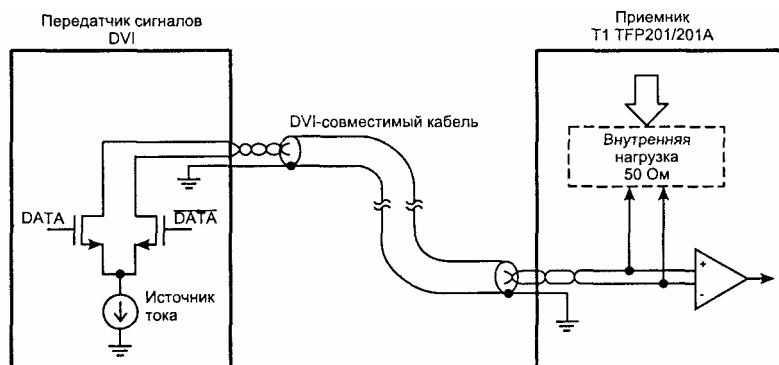


Рис. 2.104. Согласование канала передачи TMDS сигнальной пары

Таблица 2.26

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Vsync out	5	TMDS CTL2 Out
2	Hsync out	6	TMDS CTL1 Out
3	Timing Valid	7	Ground/12V Return
4	Stereo/CTL3 out	8	+12VVDC

В 1999 году ведущими производителями компьютерного оборудования фирмами Compaq, Dell, Hewlett-Packard, IBM и Toshiba была основана ассоциация Standard Panel Working Group. Целью ассоциации была координация разработки механических и интерфейсных стандартов для рынка ноутбуков. Ассоциацией были разработаны два стандарта — SPWG 1.0 и SPWG 2.0.

2.2.1.4.3.6.3.8. Стандарт SPWG 1.0

Дата утверждения стандарта — октябрь 1999 года.

Первый вариант стандарта определял конструктивные параметры для XGA 13,3-, 14,1- и 15-дюймовых панелей, электрические параметры LVDS-интерфейса, тип и цоколевку разъема (см. табл. 2.27), а также его конструктивное расположение на панели. Цель стандарта — нормирование и унификация конструктивных параметров ЖК-панелей, предназначенных для использования в ноутбуках производителей SPWG.

Таблица 2.27. Цоколевка разъема по стандарту SPWG 1.0:

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	3.3V power	11	LVDS 2-
2	3.3V power	12	LVDS 2+
3	Ground	13	Ground
4	Ground	14	LVDS Clock-
5	LVDS0-	15	LVDS Clock+
6	LVDS0+	16	Ground
7	Ground	17	DC Power
8	LVDS1-	18	Test Point
9	LVDS1+	19	DDC Clock \
10	Ground	20	DDC Data

2.2.1.4.3.6.3.9. Стандарт SPWG 2.0

Дата выпуска стандарта — сентябрь 2000 года.

Версия 2.0 уточняла параметры для панелей, имеющих большее разрешение и еще более усиливающих тенденцию на уменьшение толщины всей конструкции дисплеев. Стандарт определяет максимальную толщину 5,5 мм для 13,3- и 14-дюймовых панелей и 6,5 мм — для 15-дюймовых панелей.

В стандарте регламентированы конструктивные параметры панелей SXGA/UXGA с диагональю 13,3, 14,1 и 15 дюймов. Добавлен новый 30-контактный разъем, введены двойные каналы LVDS, добавлен канал идентификации панели (DDC) с отдельным питанием (см. табл. 2.28).

Для XGA-панелей четные пары сигналов LVDS не используются.

Данного стандарта в настоящее время придерживаются большинство изготовителей плоских экранов для ноутбуков.

Таблица 2.28. Цоколевка разъема по стандарту SPWG 2.0:

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	Ground	16	Ground
2	3.3V power	17	Odd LVDS Clock-
3	3.3V power	18	Odd LVDS Clock+
4	DDC 3 3V power	19	Ground
5	Test point	20	Even LVDS 0-
6	DDC Clock	21	Even LVDS 0+ '
7	DDC Data	22	Ground
8	Odd LVDS0	23	Even LVDS 1 -
9	Odd LVDS0+	24	Even LVDS 1 +
10	Ground	25	Ground
11	Odd LVDS1	26	Even LVDS 2-
12	OddLVDS1+	27	Even LVDS 2+
13	Ground	28	Ground
14	Odd LVDS2-	29	Even Clock-
15	Odd LVDS2+	30	Even Clock+

2.2.1.4.3.6.3.10. Стандарт DVI

Стандарт разработан группой производителей «Digital Display Working Group» (Intel, Silicon Image, Compaq, IBM, NEC)

На рис. 2.105. приведен внешний вид разъема по стандарту DVI, а в таблицах 2.29 и 2.30 - его цоколевка.

Таблица 2.29. Цоколевка разъема по стандарту DVI:

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1	TMDS Data 2+	13	TMDS Data 3+
2	TMDS Data 2-	14	+5V
3	TMDS Data 2/4 Rtn	15	Ground power
4	TMDS Data 4-	16	Hot Plug Detect
5	TMDS Data 4+	17	TMDS Data 0-
6	DDC Clock SCL	18	TMDS Data 0+
7	DDC Data SDA	19	TMDS Data 0/5 Rtn
8	V.sync (analog)	20	TMDS Data 5-
9	TMDS Data 1-	21	TMDS Data 5+
10	TMDS Data 1+	22	TMDS CLK Rtn
11	TMDS Data 1/3 Rtn	23	TMDS CLK +
12	TMDS Data 3-	24	TMDS CLK-

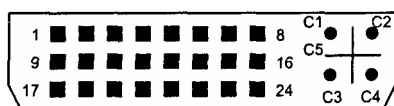


Рис. 2.105. Внешний вид разъема по стандарту DVI

Таблица 2.30

Контакт	Сигнал
C1	Analog RED
C2	Analog Green
C3	Analog Blue
C4	H.SYNC analog
C5	Analog Return

В таблице 2.31 представлен перечень основных организаций принимающих участие в разработке и утверждении дисплейных стандартов.

Таблица 2.31. Организации, разрабатывающие и утверждающие дисплейные стандарты

Стандарт	Организации, разрабатывающие и утверждающие дисплейные стандарты
VESA	Video Electronics Standards Association - организация для стандартизации электрических и физических параметров дисплейных интерфейсов
SPWG	Standart Panel Working Group - организация, основанная в 1999 году ведущими производителями компьютерного оборудования Compaq, Dell, Hewlett-Packard, IBM и Toshiba для координации разработки механических и интерфейсных стандартов для рынка ноутбуков
DDWG	Digital Display Working Group - организация для стандартизации электрических и физических параметров дисплейных цифровых интерфейсов, в том числе и разъемов

2.2.1.5. Характеристики жидкокристаллических мониторов

Различия в принципах работы обычных и ЖК-мониторов отражаются на потребительских характеристиках последних. Плоскопанельные ЖК-мониторы имеют несколько иную иерархию качественных показателей. Рассмотрим наиболее важные, сравнивая их с аналогичными характеристиками мониторов с ЭЛТ.

2.2.1.5.1. РАЗМЕР ЭКРАНА

По размеру экрана плоскопанельные мониторы совсем недавно уступали обычным: у большинства моделей размер ЖК-экрана лежал в пределах от 13 до 16".

У плоскопанельных мониторов размеры экрана и его видимой области (растра) практически совпадают, в то время как у ЭЛТ-мониторов размер видимой области экрана, как правило, меньше заявленного производителем. Указанное различие связано с проблемой обеспечения линейности раstra на экране ЭЛТ: геометрические искажения раstra наиболее заметны на краях экрана, поэтому размер раstra немного уменьшают. В плоскопанельных ЖК-мониторах эта проблема отсутствует в принципе, поэтому размер видимой области можно выбрать максимальным.

Другим важным аспектом, связанным с размером экрана, является его ориентация: портретная или ландшафтная. Традиционные ЭЛТ-мониторы и ЖК-экраны компьютеров типа Notebook имеют ландшафтную ориентацию. Это обусловлено тем, что поле зрения человека в горизонтальном направлении шире, чем в вертикальном. Однако в ряде случаев (работа с текстами большого объема, WEB-страницами) намного удобнее иметь портретную ориентацию экрана. Здесь в полной мере проявляется преимущество ЖК-экрана: его можно легко развернуть на 90° (рис. 2.106), при этом ориентация изображения останется прежней.

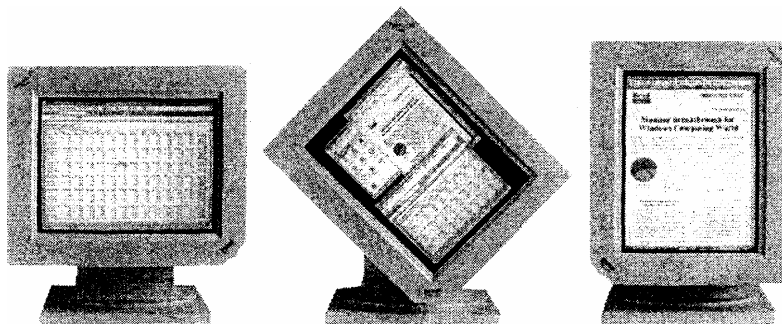


Рис. 2.106. Монитор MultiSync LCD1510V фирмы NEC Technologies в ландшафтном (слева) и портретном (справа) режимах работы

Отметим, что при реализации портретного режима необходимо учитывать следующее:

- для работы в портретном режиме необходимо специальное программное обеспечение (например, Perfect Portrait для монитора VPA 15 0 фирмы ViewSonic);
- это программное обеспечение часто конфликтует с драйвером видеоадаптера, поэтому необходимо убедиться в их совместимости;
- настройки параметров раstra, задаваемые средствами экранного меню OSD (*On-Screen Display*), в портретном режиме обычно недоступны. Поэтому задавать их следует при обычной, ландшафтной ориентации экрана.

2.2.1.5.2. ПОЛЕ ОБЗОРА

Небольшое *поле обзора* и блики традиционно были слабыми местами ЖК-экранов. С появлением технологии TFT этот недостаток в значительной степени, хотя и не полностью, был устранен. Поле обзора ЖК-мониторов обычно характеризуется *углами обзора*, отсчитываемыми от перпендикуляра к плоскости экрана по горизонтали и вертикали. Современные модели плоскочастотных мониторов обеспечивают следующие значения углов обзора (рис. 2.107):

- по горизонтали — $\pm 45 \dots 70^\circ$;
- по вертикали — от $-15 \dots 50^\circ$ (вниз) до $+20 \dots 70^\circ$ (вверх).

Очевидно, лучше выбирать модель монитора с максимальным полем зрения и специальным антибликовым покрытием.

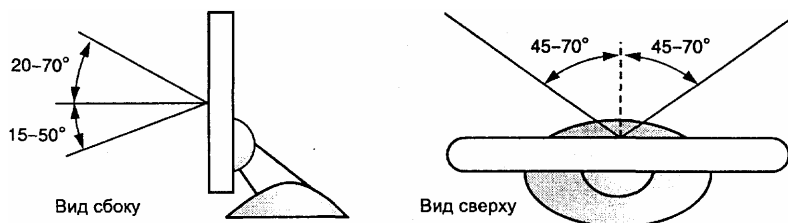


Рис. 2.107. Размеры поля зрения ЖК-монитора

2.2.1.5.3. РАЗРЕШЕНИЕ И ЧАСТОТЫ РАЗВЕРТОК

Важной особенностью плоскочастотных мониторов является то, что они предназначены для работы с каким-либо одним, оптимальным с точки зрения качества изображения, разрешением (как правило, 1024×768). Это разрешение определяется размером ЖК-экрана. Если у обычного монитора разрешение экрана можно изменять в широких пределах без какого-либо заметного ущерба для качества изображения, то у плоскочастотных мониторов подобные манипуляции приводят к *появлению лестничного эффекта a*: края объектов становятся шероховатыми, зубчатыми. Особенно негативно это сказывается на качестве отображения экранных шрифтов.

Необходимость работы с фиксированным разрешением экрана обусловлена тем, что в ЖК-мониторах понятия «пиксел» и «зерно» означают практически одно и то же. Пиксел изображения может быть образован только целым количеством ЖК-ячеек. При максимальном разрешении, которое одновременно является основным рабочим разрешением ЖК-монитора, каждый пиксел образован одной триадой ЖК-ячеек. Если необходимо снизить разрешение, то оно должно быть уменьшено в целое число раз. В частности, при основном разрешении 1024×768 более низкое разрешение составит 512×384 , чего явно недостаточно для нормальной работы.

В обычных мониторах на основе ЭЛТ существует также зависимость между размерами пиксела и зерна, однако она не является столь жесткой, поскольку:

- размер зерна люминофора экрана обычного монитора меньше, чем размер ЖК-ячейки, поэтому растровая структура экрана менее заметна;
- отдельные зерна люминофора могут засвечиваться электронным лучом не полностью, а частично, в результате чего можно получить пиксел произвольного размера.

Эти особенности позволяют гибко изменять размер пиксела изображения на экране монитора с ЭЛТ, в результате чего эти мониторы одинаково хорошо поддерживают несколько различных разрешений.

Дополнительной причиной, вынуждающей использовать при работе с ЖК-монитором только одно разрешение, является сложность синхронизации выходных сигналов видеоадаптера и контроллера ЖК-экрана.

Некоторые модели ЖК-мониторов «поддерживают» несколько разрешений, однако эта возможность является формальной: изменение разрешения сопровождается простым масштабированием самого изображения, при этом фактическое разрешение экрана остается прежним. В частности, при увеличении разрешения количество пикселов, образующих изображение, возрастает, однако видимой оказывается лишь часть изображения, ограниченная размерами экрана. Для просмотра невидимой части изображения

приходится использовать прокрутку (при перемещении курсора мыши к краю экрана изображение будет перемещаться в противоположную сторону).

Полоса пропускания видеотракта плоскопанельных мониторов обычно составляет 65–80 МГц, что позволяет получить четкое изображение при разрешении 1024×768. Однако есть и исключения. Так, монитор 9516 В 13 фирмы IBM с экраном размером 16,1" рассчитан на разрешение 1280×1024, поэтому полоса пропускания его видеотракта составляет 135 МГц!

Частота строчной развертки плоскопанельных мониторов изменяется в диапазоне 30—60 кГц. Для получения стабильного и сфокусированного изображения сигналы строчной развертки ЖК-экрана обычно необходимо подстраивать по частоте и фазе каждый раз при подключении к новому РС.

Типичная частота кадров в плоскопанельном мониторе составляет 75—85 Гц, однако в некоторых моделях она может быть 100 Гц и более (120 Гц у модели 9516 В 13). По сравнению с обычными мониторами, эффект мерцания экрана практически отсутствует даже при низких значениях частоты кадров.

2.2.1.5.4. ЯРКОСТЬ И КОНТРАСТНОСТЬ

Важнейшим параметром, на который следует обратить внимание при выборе плоскопанельного монитора, является его *яркость*. Чем выше яркость, тем лучше: изображение будет более красочным, блики станут менее заметными, углы обзора увеличатся. Избыток яркости всегда можно убрать с помощью органов управления, а вот недостаток ее восполнить нельзя. Типовые значения яркости для плоскопанельных мониторов составляют 150 - 300 кд/м² (ранее эта единица измерения называлась «нит»).

Контрастность изображения на ЖК-экране показывает, во сколько раз изменяется его яркость при изменении уровня видеосигнала от максимального до минимального. Эту величину часто называют *коэффициентом контрастности* и обозначают в виде отношения (например, 150:1). Чем выше контрастность ЖК-экрана, тем более четкое изображение можно на нем получить.

2.2.1.5.5. ИНЕРЦИОННОСТЬ

Инерционность ЖК-экрана характеризуется минимальным временем, необходимым для активации его ячейки. Это время у современных ЖК-экранов значительно уменьшилось по сравнению с первыми моделями. Инерционность современных ЖК-экранов составляет 30–70 мкс, т. е. соответствует значениям аналогичных параметров обычных мониторов.

2.2.1.5.6. ПАЛИТРА

В отличие от традиционных, плоскопанельные мониторы характеризуются размером палитры, т. е. числом воспроизводимых на экране оттенков цветов. На первый взгляд это кажется странным, поскольку в обычной видеосистеме размер палитры определяется не характеристиками монитора, а объемом видеопамати. Палитра же монитора на основе ЭЛТ, как известно, неограничена, так как неограниченным является множество возможных значений непрерывного RGB-сигнала. Почему же ограничена палитра ЖК-мониторов?

Ограничение палитры является следствием выполнения дополнительных (аналого-цифрового и цифро-аналогового) преобразований RGB-сигнала видеоадаптера перед подачей его на ЖК-ячейки. Типовой размер палитры современных ЖК-мониторов составляет 262 144 или 16 777 216 оттенков цветов. Очевидно, что в первом случае режим True Color нельзя будет реализовать даже тогда, когда на карте видеоадаптера установлена видеопамать достаточного объема. Это обстоятельство следует учитывать при выборе монитора и видеоадаптера.

2.2.1.5.7. ПРОБЛЕМНЫЕ ПИКСЕЛЫ

Еще одной отличительной чертой плоскопанельных мониторов является наличие на некоторых ЖК-экранах *проблемных*, или «заклинивших», пикселей, яркость которых при смене изображения и даже при выключении монитора остается неизменной. Этот недостаток обусловлен несовершенством технологии производства ЖК-экранов. Рекомендация по этому поводу звучит тривиально: при выборе монитора следует внимательно изучить его поверхность на предмет наличия таких пикселей и при их обнаружении потребовать у продавца заменить монитор.

2.2.1.5.8. МАССОГАБАРИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

Эти характеристики ЖК-мониторов выгодно отличают их от мониторов на основе ЭЛТ. Имея массу в несколько килограммов и толщину, с учетом подставки, около 20 см, такие мониторы на рабочем столе занимают очень мало места. Многие модели позволяют отсоединить от подставки экран и повесить его на стену.

Потребляемая мощность ЖК-мониторов не превышает 35—50 Вт в рабочем режиме и 5—8 Вт — в режиме ожидания (дежурном режиме). Столь низкие значения обусловлены отсутствием в этих мониторах блоков разверток и высокого напряжения, необходимых для работы мониторов с ЭЛТ.

2.2.1.5.9. МУЛЬТИМЕДИЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Большинство моделей ЖК-мониторов снабжено встроенными в подставку динамиками мощностью от 1 до 3 Вт, а также разъемами для подключения головных телефонов. Кроме того, они имеют микрофонный вход и аудио вход для подключения к звуковой карте или внешнему источнику звука. Отдельные модели имеют разъем для подключения к шине USB (*Universal Serial Bus*).

В табл. 2.32 приведены параметры наиболее распространенных в настоящее время плоскостельных ЖК-мониторов.

Таблица 2.32. Характеристики ЖК-мониторов

Характеристика	Модель					
	IBM 9516 B13	NEC Multi-Sync LCD 1510V	Nokia SOOXa	Samsung SyncMaster 400TFT	ViewSonic VPA150	Mitsubishi LCD50
Размер экрана, дюйм	16,1	14,1	15,1	14	15	15
Угол обзора по вертикали, град.	-45...+20	-40...+30	±60	±40	±45	-50...+70
Угол обзора по горизонтали, град.	±45	±50	±50	±60	±60	±70
Портретный режим	Нет	Есть	Есть	Нет	Есть	Нет
Частота строк, кГц	30-80	24,8-60	29-62	30-50	48	30—61
Частота кадров, Гц	55-120	56-85	55-75	60-70	60	56—85
Полоса пропускания видеотракта, МГц	135	80	80	65	82	80
Разрешение, пиксел	1280x1024	1024x768	1024x768	1024x768	1024x768	1024x768
Палитра	16 М	Неогр.	16М	262 К	262 К	262 К
Яркость, кд/м ²	200	200	250	200	200	200
Коэффициент контрастности	100:1	150:1	150:1	150:1	200:1	150:1
Инерционность, мкс	30	35	50	30	30	50
Производитель ЖК-экрана	DTI	NEC	Philips	Samsung	ViewSonic	Sharp
Встроенные динамики (количествомощность, Вт)	Нет	Нет	2×3	Нет	2×1	Нет
Микрофонный вход	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Нет
Разъем USB	Нет	Нет	Нет	Есть	Нет	Нет
Напряжение питания, В	100-240	100-240	90-260	90-264	90-264	100—240
Потребляемая мощность (работа/ожидание), Вт	55/8	50/5	32/5	45/5	45/15	45
Габаритные размеры (ширина × высота × толщина), см	41×43×25	30×23×20	34×39×8,5	36×40×22	39×40×17	38×37×16
Эргономический стандарт	TC092	TC092	TC095	MPR II, TC095	TC095	MPR II, TC095

В этом разделе использована информация из [1, 7].

Контрольные вопросы.

1. Для чего разрабатываются новые дисплейные интерфейсы?
2. На какие типы делятся дисплейные интерфейсы?
3. Опишите схему транспортировки данных от видеоконтроллера до схемы управления разверткой дисплея.
4. Как передаются данные из видео ОЗУ в схему управления дисплеем при использовании аналогового интерфейса?
5. Почему цифровые интерфейсы предпочтительнее для ЖК-дисплеев?
6. Каковы недостатки цифровых интерфейсов на КМОП-логике и скоростных интерфейсов с большой амплитудой сигналов?
7. На какие группы делятся цифровые дисплейные интерфейсы в зависимости от функционального назначения?
8. Опишите структурную схему управления ЖК-дисплеем на основе TFT.
9. Какой тип передачи между памятью видеоконтроллера и столбцовыми драйверами использовался для ЖК-экранов с пассивной адресацией и активной адресацией, имеющих форматы до VGA?
10. Как изменилась структура дисплейного интерфейса с появлением дисплейного контроллера?

11. Чем определяются требования к полосе пропускания дисплейных интерфейсов?
12. Охарактеризуйте основные дисплейные форматы.
13. Как вычисляется полоса пропускания, необходимая для передачи данных соответствующего дисплейного формата?
14. Как влияет передача синхросигналов строчной и кадровой разверток на полосу пропускания дисплейного интерфейса?
15. Перечислите основные цифровые дисплейные интерфейсы.
16. Охарактеризуйте LVDS — цифровой дисплейный интерфейс National Semiconductor.
17. Охарактеризуйте микросхемы приемников и передатчиков фирмы Texas Instruments, выпускаемых для реализации интерфейса LVDS.
18. Охарактеризуйте LDI — цифровой дисплейный интерфейс National Semiconductor.
19. Сформулируйте основные отличия интерфейса TMDS по сравнению с интерфейсом LVDS.
20. Охарактеризуйте видеоинтерфейс GVIF™ фирмы Sony.
21. Охарактеризуйте микросхемы передатчика CXB1451Q и приемника CXB1452Q фирмы Sony.
22. Охарактеризуйте оптоволоконный цифровой дисплейный интерфейс PhotonLink™.
23. Перечислите составляющие интерфейса PhotonLink™:
24. Перечислите основные интерфейсы внутренней дисплейной шины.
25. Охарактеризуйте Mini LVDS — внутренний дисплейный интерфейс Texas Instruments.
26. Охарактеризуйте CMADST™ — интерфейс внутренней шины ЖК-дисплея NEC Corporation.
27. Охарактеризуйте RSDS — внутреннюю дисплейную шину фирмы National Semiconductor.
28. Охарактеризуйте WisperBus™ — малозагромождающую скоростную шину внутреннего дисплейного интерфейса.
29. Какие задачи позволила решить структура и электрофизика новой шины WisperBus™?
30. Перечислите стандарты дисплейных интерфейсов.
31. Охарактеризуйте стандарт VGA аналогового дисплейного интерфейса.
32. Охарактеризуйте стандарт VESA EVC (Enhanced Video Connector) для поддержки цифровых и аналоговых видеоинтерфейсов.
33. Охарактеризуйте стандарт VESA Plug & Display для поддержки цифровых и аналоговых видеоинтерфейсов.
34. Охарактеризуйте стандарт DFP (Digital Flat Panel).
35. Охарактеризуйте стандарт VESA FPD1-1.
36. Охарактеризуйте стандарт VESA FPD1-1B.
37. Охарактеризуйте стандарт VESA FPD1-2.
38. Охарактеризуйте стандарт SPWG 1.0.
39. Охарактеризуйте стандарт SPWG 2.0.
40. Охарактеризуйте стандарт DVI.
41. Перечислите организации, разрабатывающие и утверждающие дисплейные стандарты.
42. Перечислите основные характеристики жидкокристаллических мониторов.
43. Охарактеризуйте различия плоскостельных мониторов от ЭЛТ-мониторов по параметру "Размер экрана".
44. Каково поле обзора плоскостельных мониторов?
45. Дайте сравнительные характеристики плоскостельных и ЭЛТ-мониторов по разрешению и частоте разверток.
46. Охарактеризуйте показатели яркости и контрастности плоскостельного ЖК-монитора.
47. Охарактеризуйте инерционность ЖК-экрана.
48. Почему в характеристики плоскостельных экранов, в отличие от ЭЛТ-мониторов, введен параметр "Палитра"?
49. Что такое проблемные, или «заклинившие», пиксели плоскостельных мониторов?
50. Охарактеризуйте массогабаритные характеристики и энергопотребление ЖК-мониторов.
51. Охарактеризуйте мультимедийное оборудование плоскостельных мониторов.

2.2.2. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛОСКОПАНЕЛЬНЫХ МОНИТОРОВ

В настоящее время мониторы на основе жидких кристаллов являются наиболее популярными и технологически отработанными представителями семейства плоскопанельных мониторов. Однако они не единственные: продолжают активно развиваться альтернативные технологии изготовления плоских экранов. Кратко рассмотрим некоторые из них.

2.2.2.1. Плазменные дисплеи

Как и в электронно-лучевой трубке, изображение в *плазменных дисплейных панелях* - ПДП (PDP — *Plasma Display Panel*) формируется посредством света, излучаемого специальным веществом — люминофором, только в отличие от ЭЛТ в плазменной панели на люминофор воздействует не поток электронов, а ультрафиолетовое излучение, испускаемое иницируемым электрическим разрядом инертным газом, обычно гелием или ксеноном. Ионизированный газ называется плазмой, поэтому и дисплейные панели называются плазменными. Поскольку плазма возникает за счет ионизации газа электрическим полем, и поддерживается протекающим в ионизированном газе газоразрядным током (упорядоченном движением ионизированных молекул газа), то плазменные панели иногда называют газоразрядными индикаторными панелями - ГИП. Наименьшим структурным элементом ПДП (ГИП) является световосвещающая ячейка. Три ячейки (синяя, зеленая и красная) в совокупности образуют один пиксел экрана. ПДП являются основой плазменных дисплеев.

Газоразрядная индикаторная панель - это две стеклянные пластины размером порядка 200×200 мм и более, расположенные параллельно друг другу и загерметизированные по периметру тонким слоем специального герметика. На внутренних поверхностях стеклянных пластин расположены люминофорные элементы и электродные системы, образующие матричную триадную систему управления отображением информации. Приборы наполнены смесью инертных газов.

Между электродами на внутренних поверхностях стеклянных пластин сформирована диэлектрическая матричная решетка (рис. 2.108), которая задает одинаковый во всех индикаторных ячейках зазор между электродами. Кроме того, матричная решетка предотвращает раздавливание индикатора под действием атмосферного давления. Стенки матричной решетки препятствуют проникновению излучения из одной

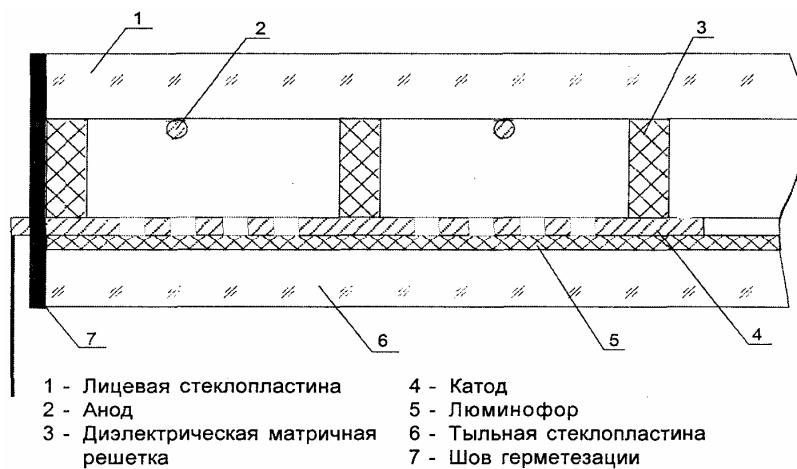


Рис.2.108. Структура газоразрядной индикаторной панели постоянного тока.

ячейки в другую, что обеспечивает высокий детальный контраст газоразрядных индикаторов. На внутренней поверхности одной из стеклянных пластин расположен тонкий слой люминофора, который преобразует ультрафиолетовое свечение газового разряда в видимое излучение. Как и у кинескопов, основные цвета свечения ячеек - красный (R), зеленый (G) и синий (B). В совокупности три ячейки (RGB) образуют триаду, которая обеспечивает полноцветную цветопередачу изображения.

По существу, матричный газоразрядный индикатор состоит из множества индикаторных газоразрядных ламп, которые соединены электродами в матричную систему.

Если подать на пересекающиеся электроды напряжение выше, чем напряжение электрического пробоя индикаторной ячейки, то в ячейке зажигается разряд - ячейка светится. Напряжение зажигания индикаторных ячеек для ГИП постоянного тока составляет 250-280 В. Для стабильного зажигания разряда, уменьшения времени запаздывания зажигания на индикатор подают напряжение на 50-100 В больше, чем напряжение зажигания.

Типовая схема включения индикатора постоянного тока показана на рис. 2.109.

Аноды индикатора управляются транзисторными ключами p-n-p типа, а катоды - транзисторами n-p-n типа. Частота кадровой развертки выбирается порядка 20-200 Гц. Длительность импульсов на анодах определяет яркость рисунка на индикаторе. Чем больше длительность анодных импульсов (естественно, они

должны быть короче катодных), тем больше яркость свечения выбранных индикаторных ячеек.

Другим элементом схемы управления, от которого зависит яркость свечения индикаторных ячеек, является балластный резистор. Он стабилизирует разрядный ток через индикаторную ячейку. Чем меньше резистор, тем больший ток протекает через индикатор и тем выше яркость свечения ячеек ГИП. Однако разрядный ток нельзя увеличивать беспрестанно, т. к. возрастает мощность, выделяемая на индикаторе и схеме управления, что может привести к их разрушению.

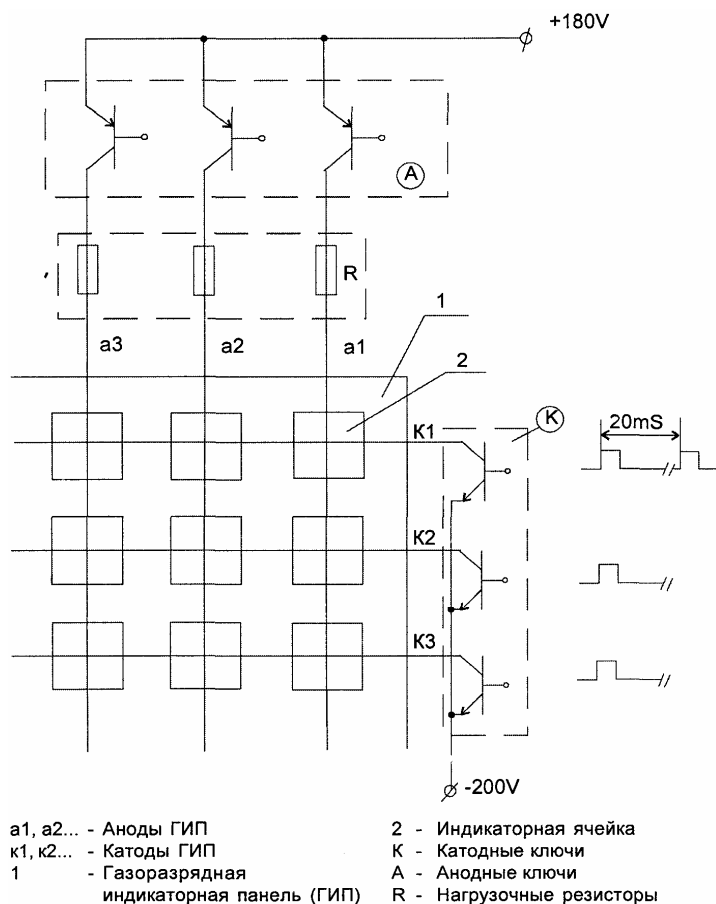


Рис 2.109. Типовая схема включения индикатора постоянного тока

Максимальная мощность, которую можно подавать на ГИП, не должна превышать 40-60 Вт. Эта мощность ограничивает максимальную яркость ГИП постоянного тока. Для ГИП с шагом 6 мм она не превышает 150 кд/м².

Существенное увеличение яркости достигается при переходе на импульсный способ возбуждения газового разряда. Этот способ наиболее удачно реализован в ГИП переменного тока.

Конструкция и принцип работы ГИП переменного тока существенно отличаются от ГИП постоянного тока (рис. 2.110).

Также как и ГИП постоянного тока, ГИП переменного тока состоит из лицевой и тыльной стеклянных пластин, на внутренних поверхностях которых расположены электродные системы адресации - индикации. Пересечение электродов индикации и адресации образуют индикаторные элементы, аналогичные индикаторным элементам ГИП постоянного тока. Матричная диэлектрическая решетка и люминофор выполняют те же функции, что и в ГИП постоянного тока.

Основным отличием ГИП переменного тока от ГИП постоянного тока является диэлектрическое покрытие на электродах, которое препятствует прохождению постоянного тока через индикаторную ячейку.

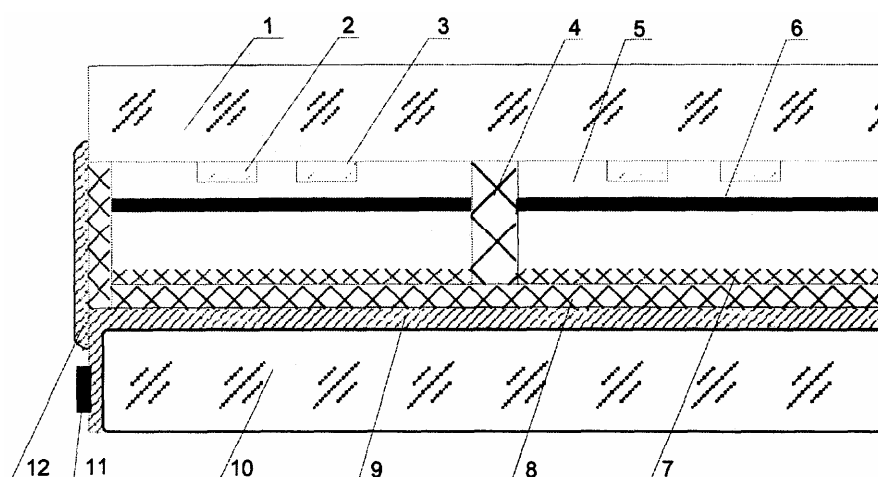
На поверхность диэлектрика дополнительно наносят специальное вещество, чрезвычайно устойчивое к разрушающему действию газового разряда.

При подаче на электроды ГИП напряжения больше, чем напряжение зажигания газового разряда в индикаторной ячейке, возникает кратковременный электрический пробой (рис. 2.111).

Электрический ток протекает до тех пор, пока заряд, накопленный на поверхности диэлектрического покрытия электродов, не уменьшит суммарное напряжение в индикаторной ячейке до напряжения меньшего, чем напряжение электрического пробоя. Длительность разрядного тока обычно не превышает долей микросекунды.

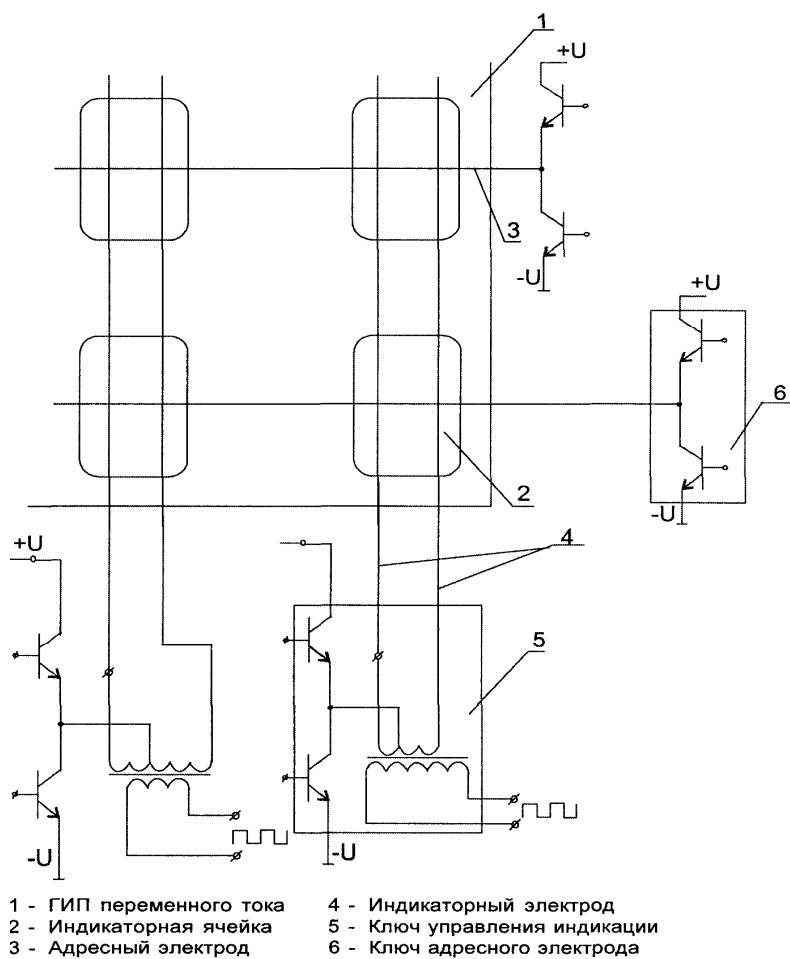
Для того, чтобы вызвать повторный электрический пробой в этой ячейке, необходимо подать напряжение противоположной полярности. Подавая на индикаторные электроды переменное напряжение, можно поддерживать электрический разряд в индикаторной ячейке. Эффективность преобразования

электрической энергии в световую в ГИП переменного тока больше в 5-10 раз, чем у ГИП постоянного тока, что обеспечивает их высокую яркость.



- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1, 10 - Стеклопластины | 7 - Люминафор |
| 2, 3 - Электроды индикации | 9 - Адресный электрод |
| 4 - Диэлектрические барьеры | 11 - Контактная площадка |
| 5, 8 - Диэлектрик | 12 - Шов герметизации |
| 6 - Защитный слой | |

Рис. 2.110. Структура ГИП переменного тока.



- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1 - ГИП переменного тока | 4 - Индикаторный электрод |
| 2 - Индикаторная ячейка | 5 - Ключ управления индикации |
| 3 - Адресный электрод | 6 - Ключ адресного электрода |

Рис. 2.111. Типовая схема включения индикатора переменного тока

ГИП переменного тока обладают уникальным свойством. При специально подобранной форме и амплитуде напряжения на электродах индикаторной ячейки, она может находиться как в состоянии "включено" (в ячейке горит разряд), так и в состоянии "выключено" (в ячейке не горит разряд), т. е. обладает "памятью". Если зажечь каким-либо образом индикаторную ячейку в ГИП, то она будет продолжать гореть

до тех пор, пока ее специально не погасят, ячейка как бы помнит, что ее "включили" или "выключили".

В ГИП переменного тока с запоминанием на катоды и аноды подается знакопеременное «поддерживающее» напряжение, меньшее напряжения возникновения разряда. Возбуждение разряда в ячейке матрицы происходит при подаче импульсов возбуждения на соответствующие проводники катодов и анодов. При суммарном напряжении между ними превосходящем напряжение возбуждения, возникает разряд. При протекании разрядного тока на соответствующем данной ячейке участке диэлектрика накапливаются заряды, которые приводят к прекращению разряда в течение данного полупериода поддерживающего напряжения, однако способствуют возникновению разряда в данной ячейке в следующем полупериоде, когда его полярность изменяется и совпадает с полярностью напряжения от накопленного заряда на диэлектрике. Так обеспечивается повторное возникновение разряда и «запоминание» информации. Для стирания информации подаются внешние импульсы, устраняющие заряд с участка диэлектрика данной ячейки. Благодаря запоминающим свойствам яркость изображения не зависит от размера поля экрана, при этом значительно снижаются требования к быстродействию.

Другим положительным отличием ГИП переменного тока от ГИП постоянного тока является повышенная в несколько раз долговечность и возможность работы при низких температурах.

Теоретически все довольно просто, но, как это обычно и бывает, практическая реализация любого решения всегда сопровождается определенными трудностями. Для достижения конкурентоспособного качества изображения, позволившего ГИП успешно соперничать с проекторами, а также с ЭЛТ- и ЖК-мониторами, разработчикам пришлось решить ряд серьезных проблем.

Во-первых, необходимо было сохранить высокую четкость изображения, избежав при этом потери яркости. Дело в том, что при увеличении количества пикселей на экране площадь каждого из них уменьшается, что влечет за собой снижение яркости.

Во-вторых, для качественного воспроизведения темных участков изображения и расширения динамического диапазона требовалось достичь высокой контрастности. (Контрастность для светоизлучающих устройств определяется как отношение между измеренными значениями светового потока для 100-процентно белого и 100-процентно черного участков экрана при включенном устройстве. Например, значение 400:1 подразумевает, что световой поток при подаче 100-процентного белого цвета в 400 раз превышает фоновую засветку экрана). Проблема здесь заключается в том, что для нормальной работы цветных ГИП необходим предварительный разряд, создающий условия для возникновения основного разряда и излучения видимого света. Под действием предварительного разряда возникает тусклое свечение, создающее на экране фоновую засветку, заметную даже при выводе абсолютно черного изображения.

В-третьих, определенная сложность состояла в обеспечении точности цветопередачи. Дело в том, что газ, которым заполнено внутреннее пространство ГИР (ПДП), имеет примесь неона, под воздействием электрического разряда светящегося оранжевым цветом. Примешиваясь к свету люминофора, это излучение снижает контрастность и искажает цветопередачу.

2.2.2.1.1. Технологические решения

Рассмотрим технологические решения, внедренные в выпускаемых изделиях и направленные на устранение описанных выше препятствий. Начнем с повышения яркости.

Поскольку в ПДП интенсивность свечения ячейки определяется числом инициирующих импульсов за единицу времени, для повышения яркости белого цвета необходимо увеличивать количество таких импульсов, что, в свою очередь, требует повышения скорости работы системы управления. Однако в силу ограничений, связанных с конечной скоростью возникновения разряда и ресурсом защитной пленки на электродах, возможности увеличения частоты зажигания не безграничны. Для повышения яркости и расширения динамического диапазона компанией Matsushita Electric Industrial была разработана система обработки сигнала Advanced Plasma AI (Adaptable brightness Intensification system — адаптивное повышение яркости), примененная в моделях Panasonic TH-42PWD3E и TH-50PHD3 (см. табл.2.33 и 2.34). Автоматическая коррекция соотношения между самой яркой и самой темной точкой на экране производится с учетом подаваемого на вход видеосигнала. Сочетание технологии Advanced Plasma AI и разработанной ранее асимметричной структуры ячеек (рис. 2.112) позволило повысить яркость плазменной панели до 650 кд/м² при размере экрана 40 дюймов по диагонали (ранее типичные для PDP (ПДП) значения находились в пределах 350-400 кд/м²), что уже сопоставимо с параметрами телевизоров и мониторов на основе ЭЛТ.

Таблица 2.33. Плазменная панель Panasonic TN-42WD3E

Параметр	Значение
Размер экрана по диагонали, дюймов	42
Пропорции экрана	16:9
Разрешающая способность, пикселей	852×480
Максимальное поддерживаемое разрешение, пикселей	1600×1200
Яркость, кд/кв. м	650
Контрастность	3000:1

Поддерживаемые стандарты видеосигнала	PAL, SECAM, NTSC
Видеовходы: композитный и компонентный	S-video, D-sub
Интерфес управления	RS-232
Встроенная акустическая система	2 динамика по 8 Вт
Потребляемая мощность, Вт	295
Вес, кг	29,5

Таблица 2.34. Плазменная панель Panasonic TN-50PHD3

Параметр	Значение
Размер экрана по диагонали, дюймов	50
Пропорции экрана	16:9
Разрешающая способность, пикселей	1366×768
Максимальное поддерживаемое разрешение, пикселей	1600×1200
Яркость, кд/кв. м	500
Контрастность	3000:1
Поддерживаемые стандарты видеосигнала	PAL, SECAM, NTSC
Видеовходы: композитный и компонентный	S-video, D-sub
Интерфес управления	RS-232
Встроенная акустическая система	2 динамика по 10 Вт
Вес, кг	40

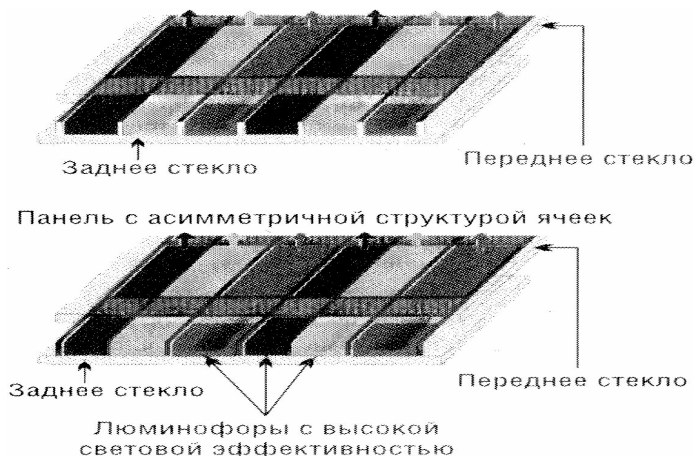


Рис. 2.112. Ячейки с обычной и асимметричной структурой

Теперь перейдем к проблеме повышения контрастности. Безусловным лидером в этом направлении является компания Matsushita Electric Industrial. Сначала ее разработчикам удалось обеспечить двукратное увеличение значения контрастности (от 300:1 до 600:1) путем снижения яркости свечения предварительного разряда относительно общего светового потока за счет ослабления пилотной подсветки: вместо одного сильного разряда было использовано несколько более слабых. Однако это было только первым шагом в этом направлении — позже инженеры Matsushita достигли контрастности — 3000:1. Поскольку данная технология запатентована компанией Matsushita и является ее ноу-хау, информация о подробностях этого решения крайне скупа — известно лишь, что используется один пилотный разряд малой мощности. Данное решение реализовано в новых моделях ПДП Panasonic — 42-дюймовой TH-42PWD3E и 50-дюймовой TH-50PHD3.

В июле 1999 года фирма Pioneer выпустила телевизор PDP-502HD с 50-дюймовой плазменной дисплейной панелью стандарта XGA, в которой вместо обычной линейной матрицы была использована галетная структура матрицы ячеек, имеющих перегородки (ребра) в виде креста. Это решение позволило устранить эффект паразитной засветки соседних ячеек. Другой новинкой, примененной в PDP-502HD, стала система управления CLEAR (high Contrast & Low Energy Address & Reduction of false contour sequence — высококонтрастная система адресации и подавления ложных контуров с низким потреблением энергии). В результате удалось увеличить оптическое разрешение дисплея по вертикали и сделать изображение более ярким и контрастным.

Одним из способов борьбы с искажениями цветопередачи, вызванными оранжевым свечением неона, является применение специального цветного фильтра — CCF, разработанного корпорацией NEC. Фильтр CCF выполнен в виде полосок, расположенных поверх светоизлучающих ячеек каждого из трех базовых цветов. Этот фильтр подавляет паразитное оранжевое излучение неона, содержащегося в газовой смеси, тем

самым повышая точность цветопередачи, а в сочетании с высококонтрастной системой управления он дает возможность расширить диапазон воспроизводимых оттенков в 1,6 раза. Кроме того, фильтр CCF позволяет подавлять блики от внешних источников света.

Итак, используя плазменную технологию, можно создавать экраны большого размера, которые обладают определенными преимуществами по сравнению с другими технологиями. Это позволяет широко использовать их на выставках, презентациях, в качестве информационных табло и, конечно же, в составе домашнего кинотеатра.

Если сравнивать ПДП с изделиями на основе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), имеющими такую же диагональ экрана, то последние заметно проигрывают. По сравнению с ЭЛТ ГИП имеют следующие преимущества:

- в 2-3 раза меньшая глубина и вес;
- отсутствие искажений и краевого эффекта;
- в 5 раз повышенная надежность;
- в 3 раза меньшее время готовности;
- отсутствие отрицательного воздействия на операторов;
- низкие питающие напряжения (200В);
- информация недоступна для считывания без санкций;
- повышенная устойчивость к спец факторам и механическим нагрузкам.

ПДП выглядят более выигрышно и по сравнению с ЖК-дисплеями на TFT-матрице. Так, по сравнению с ЖКИ ГИП имеют следующие преимущества:

- большой угол обзора;
- устойчивость к механическим нагрузкам и спец факторам;
- в 3-5 раз меньшее время готовности;
- работоспособность при отрицательных температурах (до минус 60 градусов).

В настоящее время на мировом рынке видеодисплейных систем коллективного пользования представлены экраны проекционного типа, составные экраны на кинескопах, матричные экраны на светоизлучающих диодах (СИД), жидкокристаллических индикаторах (ЖКИ) и газоразрядных индикаторных панелях (ГИП).

Проекционные экраны и составные экраны на кинескопах предназначены, в основном, для воспроизведения телевизионных изображений в условиях ограниченной внешней освещенности.

Экраны матричного типа используются как крупноформатные дисплеи вычислительных систем, пультов управления транспортными потоками, системами контроля технических процессов и т. д. Однако экраны на СИД не воспроизводят полноцветные телевизионные изображения, а экраны на ЖКИ таких больших размеров характеризуются очень большой сложностью и высокой стоимостью.

Наиболее полно современным требованиям телевизионно-дисплейных экранов отвечают информационно-рекламные экраны на ГИП. Реализация телевизионно-дисплейного экрана на ГИП обеспечивает полноцветность, высокое качество и отсутствие мерцаний телевизионного и компьютерного изображения, большой угол обзора, широкий температурный диапазон эксплуатации и большой срок службы. Высокие значения яркости и контраста обеспечивают читаемость и восприятие информации с экрана на расстоянии до 30 м в широком диапазоне освещенности.

Из ГИП собирают видеозкраны (телевизионные, дисплейные, знако-графические и т. д.), располагая ГИП вплотную друг к другу. Размер экрана может быть практически любым - от 60 сантиметров до 10 и более метров по диагонали. Шов герметизации приборов очень тонкий, не превышает по толщине одного миллиметра. Небольшая толщина шва герметизации позволяет устанавливать панели на таком расстоянии друг от друга, при котором геометрические искажения изображения незначительны (видеоинформация не искажается).

В настоящее время плазменные дисплеи стоят очень дорого.

В России основным разработчиком ГИП является рязанский НИИ ГРП. Им разработан экран с размером по диагонали 102 см и ряд ГИП, имеющих размер 19 × 19 см или 40 × 40 см и шаг пиксела от 3 до 12 мм. Из таких модулей можно набрать экран практически любого размера и стандарта разрешения.

2.2.2.2. Электролюминесцентные мониторы

Дисплеи на основе эффектов электролюминесценции занимают следующее за ГИП (ПДП) место на рынке систем отображения информации (СОИ). В настоящее время наиболее популярными устройствами, в которых используется электролюминесценция, являются тонкопленочные излучатели, светодиоды на основе неорганических люминофоров и органические светодиоды. Рассмотрим основные тенденции и приложения этих разработок.

2.2.2.2.1. ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ДИСПЛЕИ

Электролюминесцентные тонкопленочные мониторы по своей конструкции аналогичны ЖК- и плазменным дисплеям (мониторам), но их принцип действия основан на другом физическом явлении: испускание света при возникновении туннельного эффекта в полупроводниковом $p-n$ -переходе. Как и ПДП, они могут работать на переменном и постоянном токе. Излучатель тонкопленочного электролюминесцентного дисплея (ТПЭЛД), работающего на переменном токе (ТПЭЛ, АСТFEL), представляет собой сложную структуру. Последовательность слоев в ТПЭЛ (без цветных фильтров) и их толщина в микронах даны на рис. 2.113, а на рис. 1.114 приведены микрофотографии ТПЭЛ, на которых наглядно представлена структура излучающих и диэлектрических слоев.

Серый, или поляризационный фильтр
Стеклопленочная подложка 1000
Слой ионного барьера 0,1
Прозрачный электрод 0,4
Верхний диэлектрический слой 0,2
Слой люминофора 0,8
Нижний диэлектрический слой 0,2
Металлический электрод 0,2
Пассивирующая тонкая пленка 1
Герметик 100
Стеклопленочное покрытие 1000

Рис. 2.113. Структура пиксела тонкопленочного электролюминесцентного дисплея (ТПЭЛ)

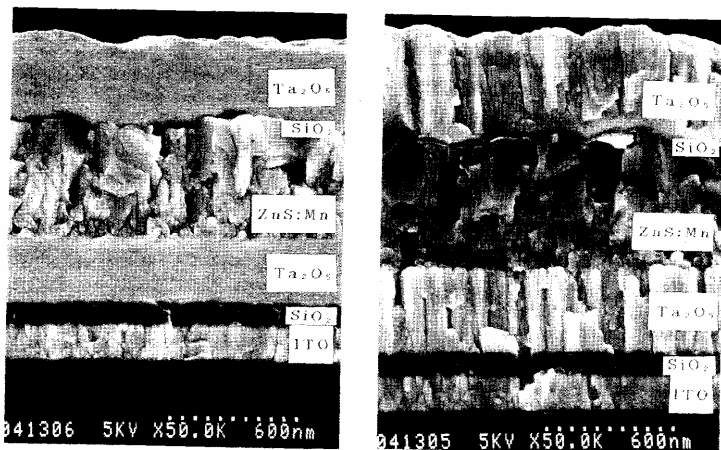


Рис. 2.114. Электронная фотография структуры ТПЭЛ

Преимуществом электролюминесцентного дисплея (ЭЛД) является наличие собственного свечения, они не требуют фоновой подсветки, могут быть чрезвычайно тонкими и легкими. Основными проблемами ЭЛД являются энергопотребление, получение градаций серого, а также полной цветовой гаммы.

Большое распространение получили графические монохромные ЭЛД. Их размеры обычно невелики, что, однако, позволяет их использовать в видеоскопических фотоаппаратах, в принтерах, наשלемых дисплеях, для получения трехмерного изображения и других спецприменений.

Самый большой монохромный ТПЭЛ-дисплей производится фирмой Planar (США). VGA-панель размером 10,4 дюйма (26,4 см) стоит 300 долл. Стратегическим направлением этой компании являются также электролюминесцентные панели с активно-матричной адресацией. В 1995 г. был продемонстрирован монохромный SXGA (1280 × 1024 пиксела) дисплей размером 3 × 2,5 см (диагональ 1,7 дюйма), весом 6 г, яркостью 120 кд/м² и световым выходом 2 лм/Вт. Энергопотребление панели составляло 2 Вт. Основной проблемой таких активно-матричных дисплеев является необходимость разработки высоковольтных (до 200 В) управляющих транзисторов. На следующий год был показан уже цветной активно-матричный ЭЛД с аналогичными параметрами.

Хотя ранее в России в НИИ «Платан» и разрабатывались ЭЛД с хорошими характеристиками - яркостью до 85 кд/м², разрешением 320 × 240 элементов, в настоящее время такие дисплеи в России не разрабатываются и не выпускаются. Хорошая школа по электролюминесценции имеется в Киеве, в Институте физики полупроводников НАНУ. Специалистами института предложены варианты с повышенной яркостью и устойчивостью, но, несмотря на сотрудничество с финской компанией Planar Espoo, до производства и потребления новых типов ТПЭЛ дело не дошло.

2.2.2.2.2. ТЕХНОЛОГИЯ И СХЕМОТЕХНИКА OLED-ДИСПЛЕЕВ

В последнее время чрезвычайно быстро развиваются разработки органических светодиодов (OLED - organic light emission diodes). Так, с 1995 по 1997 г. световая эффективность устройств на основе производных пиразолхинолина и алюминий-гидроксихинолина с антраценовыми добавками выросла с 0,4 - 1,85 лм/Вт до 4 лм/Вт, а пиковая яркость с 4000 - 10 000 кд/м² до 50 000 - 75 000 кд/м², а в настоящее время значения этих параметров достигли 10-20 лм/Вт и 200 000 кд/м².

Технология изготовления *органических светодиодных мониторов* (OLEDs — *Organic Light-Emitting Diode displays*), или LEP-мониторов (LEP — *Light Emission Plastics* — светоизлучающий пластик), во многом похожа на технологии изготовления ЖК- и ТПЭЛ-мониторов, но экран изготавливается из специального органического полимера (пластика), обладающего свойством полупроводимости. При пропускании электрического тока такой материал начинает светиться.

OLED-дисплеи имеют определенные преимущества по сравнению, например, с ЖК-дисплеями с подсветкой. Они светоэмиссионные по природе и не требуют задней подсветки. Для OLED-дисплеев не нужны встроенные цветные фильтры и поляризационные пленки. Их конструкция может быть очень тонкой и легкой, а технология производства — дешевле, чем технология ЖК-дисплеев. OLED-дисплеи имеют высокую яркость, контраст и разрешение. Лучше, чем у ЖК-дисплеев, быстродействие и больший (свыше 160°) угол обзора. Потребляемая OLED-дисплеями мощность меньше, чем у аналогичных по формату ЖК-дисплеев с задней подсветкой, низкое рабочее напряжение (до 4 В), а изображение сохраняет высокий контраст как в темноте, так и на свету.

Благодаря этим достоинствам OLED-дисплеи становятся весьма привлекательными для их использования в портативных приборах, начиная от электронных игрушек и заканчивая сотовыми телефонами, PDA и ноутбуками.

У OLED-дисплеев есть и существенный недостаток — малая долговечность. Слой органического материала деградирует со временем, и яркость свечения уменьшается. Реальная долговечность OLED, достигнутая на 2001 г., для зеленого цвета — 10 тысяч часов, для красного — 4 тысячи часов, а для синего — всего 700 часов. Тем не менее уже налаживается промышленный выпуск OLED-дисплеев с небольшим ресурсом. Предполагается, что при использовании в сотовых телефонах для экономии ресурса батарей дисплей будет включаться на непродолжительное время и достигнутого ресурса должно хватать на время эксплуатации прибора. Следует также учесть и тот факт, что моральное старение сотового телефона и вывод его из эксплуатации может произойти гораздо раньше, чем кончится физический ресурс OLED-дисплея.

2.2.2.2.2.1. Конструкция OLED-дисплея

Конструкция как пассивно, так и активно-адресуемых OLED-дисплеев во многом напоминает конструкцию ЖК-дисплеев. Вместо жидкого кристалла в OLED используется полимерная пленка с особыми свойствами.

OLED, в отличие от ЖК-дисплея, является токовым, а не полевым прибором: яркость свечения изображения определяется силой тока, протекающего через элемент, и не зависит от напряжения. В отличие от ЖК-дисплея, светомодулирующего устройства, OLED является светоэмиссионным устройством. Элементом изображения в OLED-дисплее является органический микросветодиод.

Органический слой находится между ортогональной системой электродов — катодов и анодов (рис.2.115). Со стороны анода органический слой имеет прозрачную зону транспортировки дырок, затем эмиссионную зону, где и происходит процесс светоиспускания в результате рекомбинации дырок и электронов, и, наконец, электронную транспортную зону. В качестве материалов для катодного (светоотражающего) слоя обычно используются Li - Al или Mg - Ag. Анодный слой — прозрачная пленка ИТО (In₂O₃). Между слоем ИТО и зоной, поставляющей дырки, может присутствовать буферный слой.

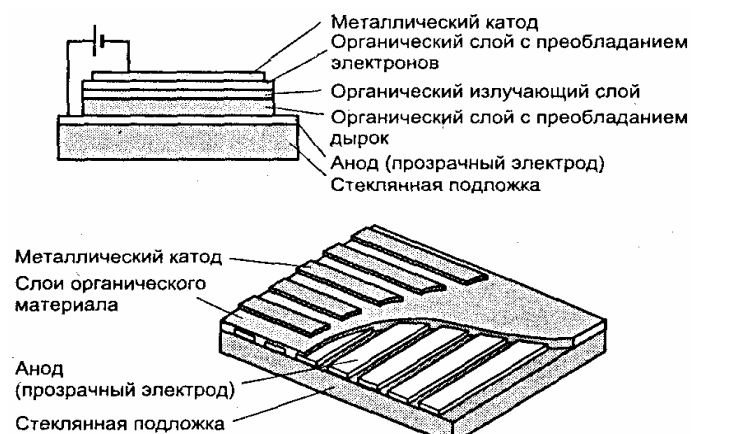


Рис. 2.115. Конструкция OLED-дисплея с пассивной адресацией

В отличие от данной упрощенной схемы, в реальных структурах могут вводиться дополнительные слои

для повышения квантовой эффективности выхода, уменьшения деградации полимерной пленки и т. д. В процессе рекомбинации дырок и электронов не все излучение производится в видимом спектре. Для увеличения эффективности квантового выхода в состав полимера могут быть введены флюоресцирующие добавки, которые часть невидимого излучения преобразуют в видимый диапазон. С целью уменьшения фликкер-эффекта при развертке вводятся также фосфоресцирующие добавки.

2.2.2.2.2. Адресация OLED-дисплеев

Точно так же, как и для ЖК-дисплеев, в OLED-дисплеях может использоваться прямая, пассивно-матричная и активно-матричная адресация. В случае прямой адресации для каждого сегмента (элемента) изображения требуется свой вывод драйвера. Для этих целей можно использовать драйверы фирмы Allegro Microsystems, предназначенные для управления обычными светодиодными индикаторами. Есть драйверы, в которых транзисторные ключи выполняют функцию генератора тока, и драйверы с обычными транзисторными ключами. В последнем случае в выходной цепи драйвера последовательно включаются токозадающие резисторы.

2.2.2.2.2.1. OLED с пассивно-матричной адресацией

Реализация пассивной адресации проще и дешевле, чем активной. На рис. 2.116 показана эквивалентная схема OLED-дисплея с пассивной адресацией.

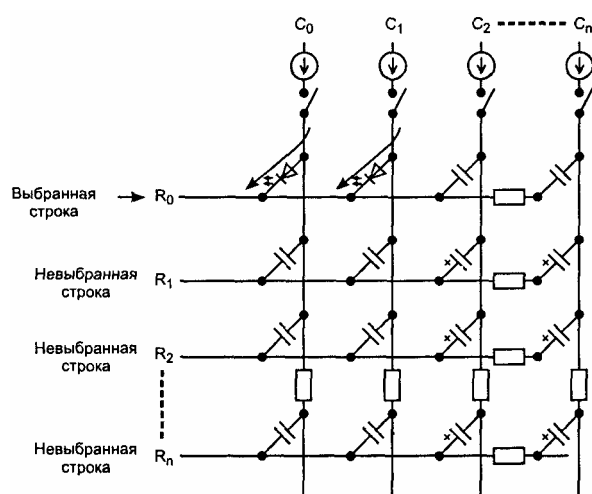


Рис. 2.116. Эквивалентная схема OLED-панели с пассивной адресацией

Основной недостаток пассивной адресации — низкая светоотдача по сравнению с активной. При пассивной адресации 30—35 % подводимой мощности теряется на сопротивлении анодных и катодных дорожек, еще 17-25 % — из-за утечки тока по столбцам. Для того чтобы получить яркость около 200 нит (200 кд/м^2), требуется обеспечить импульсную плотность тока до 800 мА/см^2 (данные для реального монохромного образца OLED-дисплея формата QVGA разрешением 320×240 пикселей и диагональю около 5 дюймов). Общая потребляемая мощность такого дисплея при 30 % светящихся точек составляет свыше 1 Вт.

2.2.2.2.2.2. Активно-матричная адресация в OLED-дисплеях

В OLED-структуре с активной адресацией используются два TFT-транзистора: один для адресации, а второй как токовый ключ и/или генератор тока. На рис. 2.117 показана структура, предназначенная для управления элементом изображения (светодиодом) при активной адресации.

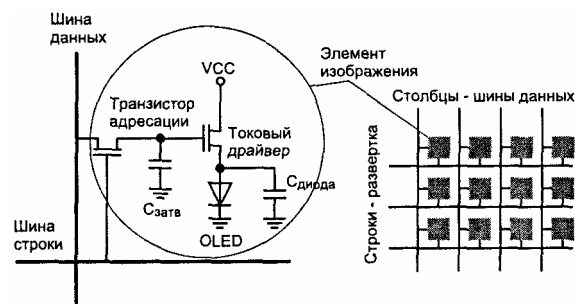


Рис. 2.117. Эквивалентная схема активной адресации OLED-дисплея

При активной адресации в качестве сигналов данных используется амплитудно-модулированные

сигналы напряжения. Строчный сигнал открывает транзистор адресации, и напряжение со столбцового электрода попадает на затвор второго транзистора. Второй транзистор преобразует это напряжение в ток для управления светодиодом. В качестве элемента памяти, так же как в ЖК-дисплеях с активной адресацией, используется паразитная емкость затвора второго транзистора. Для получения такой же яркости экрана, как у дисплея с пассивной адресацией, в дисплее с активной адресацией необходимая интегральная плотность тока составляет всего $2,4 \text{ мА/см}^2$. Однако некоторая потеря мощности существует и при активной адресации. На сопротивлении открытого ключевого TFT-транзистора, которое достаточно велико, может теряться до 20—25 % мощности. Еще 5—7 % составляют потери на сопротивлении токоведущих дорожек. Так же как и при пассивной адресации, остаются потери за счет паразитной утечки тока в структуре электродов, а также за счет обратных токов светодиодов.

Существенный недостаток активной адресации — технологический разброс передаточных характеристик как адресующих, так и ключевых транзисторов по площади дисплея, приводящий к разнорядности пикселей. Технологическими ухищрениями решить эту проблему пока не удастся, поэтому для пассивноадресуемых и активноадресуемых OLED-дисплеев была разработана система самокалибровки, которая ранее не применялась ни в одном из матричных дисплеев.

Система устроена следующим образом: драйверы столбцов содержат встроенные АЦП, измеряющие величину реального тока в цепи светодиода, которая и определяет его яркость. Характеристики материала светодиода заранее известны и заложены в память управляющего контроллера. Контроллер на некоторое время переводит драйвер в режим калибровки. При этом производится последовательное сканирование всех строк матрицы с одним и тем же управляющим напряжением по шинам данных (столбцов). Реальный ток, протекающий через светодиод каждого элемента изображения, будет определяться многими факторами: разбросом передаточных характеристик транзистора адресации и ключевого транзистора, локальными токами утечки и сопротивлением токовых шин.

Значение тока, измеренное для каждого пикселя, считывается контроллером, и по нему вычисляется поправочный коэффициент, который запоминается в памяти, доступной контроллеру. Это требует наличия нескольких уровней (слоев) видеопамати. Часть слоев хранит значение интенсивности каждого цвета, а другая — поправочные коэффициенты. При развертке контроллер производит умножение данных видеобuffers на поправочные коэффициенты.

Процесс самокалибровки происходит периодически и незаметно для глаз пользователя. В программе видеоконтроллера заложены поправки на деградацию элементов изображения и токоведущих электродов, а также температурную зависимость яркости дисплея.

Система самокалибровки может работать и с цветными дисплеями, светодиоды которых имеют различные передаточные характеристики. При этом производится калибровка для каждого из цветных массивов светодиодов.

Таким образом, решение проблем, связанных с технологическим разбросом характеристик управляющих элементов OLED-дисплеев (неоднородность, артефакты, температурные зависимости) и деградацией структур, возлагается на драйвер. Это позволяет удешевить технологию изготовления самих OLED-дисплеев, сделав ее достаточно простой и массовой, а осуществить реализацию драйверов со встроенной архитектурой управления OLED-дисплеями при достигнутом на сегодня уровне технологии не составляет проблемы. И подобные драйверы уже реализованы.

2.2.2.2.3. Архитектура драйверов для пассивной адресации OLED-дисплеев

В настоящее время большинство фирм, производящих OLED-дисплеи, сами разрабатывают и производят микросхемы драйверов. Но есть фирмы, например американская Clare Micronix, которые разработали комплект столбцовых и строчных драйверов для OLED-дисплеев с пассивной адресацией для общего применения.

Комплект драйверов Clare Micronix обеспечивает управление как монохроматическими, так и цветными OLED-дисплеями. Архитектура драйверов рассчитана на управление OLED-дисплеями с использованием разнообразных органических материалов. В комплект входят две микросхемы — драйвер столбцов MXED202 и драйвер строк MXED102. На рис. 2.118 показана схема управления OLED-дисплеем на основе этого комплекта.

Структура драйверов OLED во многом напоминает структуру драйверов, предназначенных для управления матричными экранами других типов. В регистры столбцовых драйверов со стороны видеоконтроллера производится последовательная загрузка данных для возбуждения одной строки. Используется последовательная развертка, строка за строкой. Несмотря на то что элементы изображения управляются током, при адресации используются сигналы напряжения. Код тока для возбуждения светодиодов передается по 6-битовой шине. В структуре столбцового драйвера имеются генераторы тока, которые преобразуют принятый код в силу тока. Строчный драйвер в процессе развертки поочередно подает нулевой потенциал на шины строк, обеспечивая протекание тока через выбранные светодиоды на общий провод. При этом сила тока может достигать 150 мА.

Поскольку структура органического светодиода имеет существенную паразитную емкость, в процессе развертки, перед тем как произвести выбор следующей строки, требуется полностью разрядить ее шину. Для этого в цикл развертки введена дополнительная временная фаза разрядки шин. При этом на шины столбцов и

строк на определенное время подается нулевой потенциал, снимающий остаточный заряд. Если же шины предварительно не разряжать, проявляется кросс-эффект — паразитное взаимодействие между соседними строками светящихся элементов изображения, приводящее к падению контраста и появлению на изображении теней.

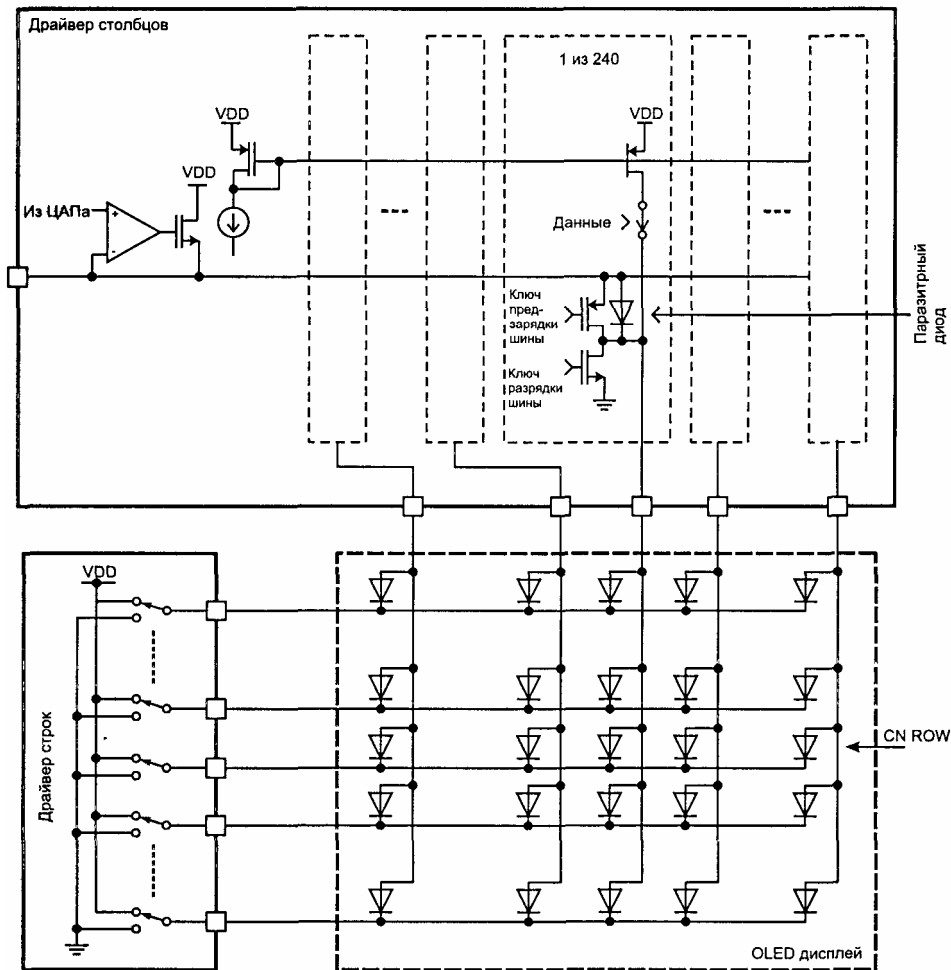


Рис. 2.118. Схема адресации OLED-дисплея

Однако в процессе разрядки бесполезно теряется часть энергии. Фирма Solomon Systech, известная своими достижениями в области дисплейных технологий, разработала свой метод, который позволяет избежать фазы разрядки и сэкономить на этом около 25 % затрачиваемой энергии.

Основные характеристики столбцового OLED-драйвера MXED102:

- поддержка монохромных и цветных OLED-дисплеев;
- работа в паре со строчным 128-выводным драйвером MXED202;
- число выходов — 240;
- напряжение питания дисплея — 9-30 В;
- напряжение питания логики — 3,3-5 В;
- возможность каскадирования микросхем для расширения по столбцам;
- каждый анодный драйвер имеет свой генератор тока;
- возможность регулирования источников тока в диапазоне от 4 мкА до 1 мА;
- точность установки токов — не хуже 2 %;
- 6-битовая шина данных для каждого цвета;
- функция предварительной разрядки столбцовых шин при развертке;
- встроенный АЦП для контроля дисплейных характеристик;
- частота загрузки данных — до 35 МГц;
- варианты исполнения: бескорпусной, с золотыми шариковыми выводами и на TCP с шагом выводов 60 мкм.

Основные характеристики строчного OLED-драйвера MXED202:

- поддержка монохромных и цветных OLED-дисплеев;
- работа в паре со строчным 240-выводным драйвером MXED102;

- число выходов — 128;
- напряжение питания дисплея — 9-30 В;
- напряжение питания логики — 3,3-5 В;
- возможность каскадирования микросхем для расширения по строкам;
- максимальная токовая нагрузка — 150 мА;
- сопротивление ключа во включенном состоянии — не более 20 Ом;
- возможность регулирования источников тока в диапазоне от 4 мкА до 1 мА;
- 6-битовая шина данных для каждого цвета;
- функция предварительной разрядки столбцовых шин при развертке;
- встроенный АЦП для контроля дисплейных характеристик;
- частота развертки по строкам — до 100 кГц;
- варианты исполнения: бескорпусный, с золотыми шариковыми выводами и на TCP с шагом выводов 60 мкм.

2.2.2.2.3.1. Технология соединения драйверов с контактами OLED-дисплея

Для соединения драйверов с контактами дисплея используются те же технологии, что и для ЖК-дисплеев. В качестве примера на рис. 2.119 показана COF-технология монтажа.

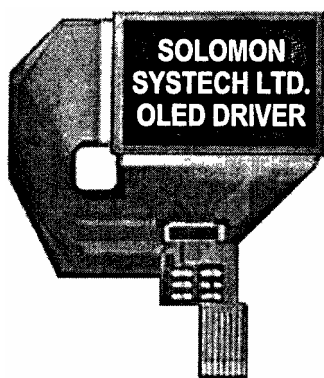


Рис 2.119. COF-технология монтажа драйвера для OLED-дисплея

2.2.2.2.4. Перспективы развития технологии и рынка OLED

Считается, что пассивная адресация пока что пригодна только для малоформатных графических или символьных OLED-дисплеев с простой топологией. В настоящее время стоимость производства OLED-дисплеев с активной адресацией остается на 20 % выше стоимости аналогичного по свойствам ЖКЭ, но при наращивании объема выпуска OLED ожидается снижение их стоимости, по крайней мере, на те же 20 %.

В 2001 году более 60 компаний мира были заняты в сфере OLED-технологий (исследования, разработка и промышленный выпуск готовых изделий). Компании Kodak и Sanyo планируют использование в новых моделях своих цифровых фотоаппаратов цветных OLED-дисплеев с активной адресацией в 2003 году.

2.2.2.2.4.1. Планы компании RiTEK Display

RiTEK Display является первой компанией на Тайване и второй в мире, которая взялась за разработку и серийное производство OLED-приборов. В IV квартале 2001 года RiTEK Display начала коммерческое производство панелей-заготовок размером 400 × 400 мм для пассивно адресуемых OLED-дисплеев. К концу IV квартала 2001 года планировалось также запустить технологическую линию по выпуску заготовок размером 370 × 470 мм, предназначенных для массового производства 2—7-дюймовых цветных OLED-дисплеев с пассивной адресацией. Ожидаемый объем выпуска подложек формата 370×470 мм — около 100 тысяч штук в месяц. К 2005 году RiTEK планирует наладить производство цветных OLED-дисплеев с активной адресацией, для чего собирается запустить, по крайней мере, еще две технологические линии по производству подложек размером 550 × 650 мм и 680 × 880 мм. Эти линии, как ожидается, будут иметь производительность около 30 тысяч подложек в месяц. Для развития этого направления Ritek приглашает крупнейших западных инвесторов.

2.2.2.2.4.2. Планы Solomon Systech Limited

Другая тайваньская компания, Solomon Systech, также имеет планы относительно освоения рынка производства OLED-дисплеев. На сегодняшний день фирмой освоен серийный выпуск драйверов с MLA-адресацией, а также целого семейства ЖК-дисплеев для сотовых телефонов и PDA.

2.2.2.2.4.3. Разработка OLED-дисплеев в России

В АООТ «НИИМЭ» и «Микрон» (Зеленоград, Московская обл.) разработаны и внедрены в

производство полимерные светодиодные панели с размером рабочего ноля до 100×100 мм, разрешением до 388×268 , яркостью 1900 кд/м^2 при 5 В, токе 2,6 мА и рассеиваемой плотности мощности $0,22 \text{ Вт/см}^2$.

2.2.2.2.3. ДИСПЛЕИ НА СВЕТОДИОДАХ

На ряду с ТПЭЛ и OLED из перспективных и технологически простых разработок можно также отметить свечение в пористом кремнии и электрохемиллюминесценцию в органических жидкостях.

Однако среди этого типа дисплеев наибольшее распространение как у нас в стране, так и в мире, получили изделия на основе неорганических светодиодов. К 2002 году были достигнуты большие успехи по увеличению их яркости и долговечности, расширению спектрального диапазона. Ограничением светодиодов является необходимость расставлять их на подложке на некотором расстоянии друг от друга для лучшего рассеяния тепловой энергии. Из-за этого на их основе не делаются дисплеи типа монитора, но в то же время они являются идеальным наружным средством отображения. На светодиодах делаются как сравнительно простые по конструкции изделия, например, часы, светофоры, индикаторы аудио-визуальной техники, так и сложные. Особенно впечатляют своими размерами и яркостью гигантские экраны на основе светодиодных панелей. Из последних достижений следует упомянуть табло сверхвысокого разрешения (2000×2000 элементов) размером 60 дюймов (150 см) с яркостью 330 кд/м^2 и схемами управления, позволяющими получать цветные изображения с грациями 24 бита. Фирма Lumitex, Inc., работающая в США и Англии, сделала ряд разработок на основе долговечных светодиодов со временем жизни от 5000 до 100 000 часов.

Яркость панелей специального применения доходит до 8000 кд/м^2 . Кроме того, английской фирмой Picturebox, The Big Screen Co., имеющей представителя в России, разработан легко монтируемый модуль с экраном размером $3,6 \times 4,8$ м, который легко можно перевезти в любое место в специально оборудованном автомобиле. Экран содержит 221 184 пиксела, каждый размером 25 мм. Яркость экрана 3000 кд/м^2 , количество передаваемых цветов 16 млн., что позволяет использовать его для массовых мероприятий в любое время дня. Для уменьшения тепловыделения корпус экрана покрашен по технологии «Стелс».

2.2.2.2.3.1. Светодиодная элементная база - некоторые особенности и проблемы применения в дисплейных технологиях

Для того чтобы устройство отображения информации обладало высокими потребительскими свойствами, должен выполняться целый комплекс требований к качеству отображаемой информации (яркость, контрастность, цветность, ее считываемость при прямом солнечном освещении, однородность вышеуказанных характеристик по всему информационному полю, углы обзора, отсутствие видимых дефектов изображения, надежность устройства в целом). К тому же для успешного продвижения вышеуказанных устройств на рынок необходимо оптимально взвешенное предложение совокупности этих характеристик и ценового фактора.

Многим из вышеприведенных требований удовлетворяют устройства отображения информации, элементной базой которых служат полупроводниковые светодиоды на соединениях A^3B^5 . Напротив, бурно развивающееся направление органических полимерных светодиодов в настоящее время по ряду причин находится в стадии разработки конструкции и технологии и поэтому пока не пользуется реальным спросом на рынке этих устройств. Следует отметить, что в последнее время опубликовано несколько брошюр и обзорных статей, в которых рассматриваются полупроводниковые светодиоды A^3B^5 , теоретические основы их создания, конструкция, технология их изготовления, главным образом, для применения в светосигнальных и осветительных приборах. В то же время, особенности и проблемы светодиодной элементной базы для дисплейных технологий практически не освещены.

Согласно Европейскому стандарту CEN/TCC226/ CEN/TCC226/WG3/NI33E, определяющему требования по яркости информационных устройств, используемых в системах управления автодорожным движением, для безошибочного считывания информации требуется яркость не ниже 6200 кд/м^2 при внешней освещенности 40000 лк (такой уровень освещенности создает «прямая» солнечная засветка индикаторного устройства). Современный уровень развития полупроводниковых светодиодов позволяет успешно реализовывать такие яркости, используя продукцию многих производителей, в том числе и российских. Однако чрезвычайно важным оказалось сохранение яркости вышеуказанной величины в широких углах обзора (± 45 градусов от нормали), что не реализуется при использовании обычных светодиодов с круглой конструкцией полимерного корпуса.

2.2.2.2.3.1.1. Обеспечение широких углов обзора

С этой целью многие фирмы в течение нескольких последних лет разработали и серийно освоили светодиоды овальной формы, жаргонно называемые «кошачий глаз». К этому типу относятся светодиоды серии NSPX-346, -446, -546, -636 фирмы NICHIA (Япония), имеющие телесные углы вывода излучения ($2\theta_{1/2}$) вплоть до $120^\circ/60^\circ$, а также светодиоды HLMP-BL00, BG01, BM01, BB01, HLMP-LD16/HLMP-MD16 фирмы Agilent Technologies (США) зеленого, синего и красного цветов свечения. Светодиодные дисплеи, изготовленные с использованием овальных светодиодов, имеют суммарные яркости до $10\,000 \text{ кд/м}^2$ и выше и достаточные углы обзора для установки на площадях и улицах городов.

Другим методом улучшения углов обзора светодиодных дисплеев является применение специальных

технологий, основанных на использовании микроструктурированных поверхностей (пленок), размещение которых перед лицевой поверхностью дисплея может привести к существенной коррекции угла обзора, например его расширению. Оптические микроструктурированные поверхности (МСП), как правило, состоят из последовательности участков с нанесенной микроструктурой. Эти участки могут иметь прямолинейные и криволинейные профили, постоянное (выполненное по определенному закону) и случайное распределение глубины рельефа по плоскости и иметь размер от единиц мкм до мм. Одним из типичных представителей оптических элементов с использованием МСП является линза Френеля. Для разработки и производства оптических элементов с использованием МСП чаще всего применяют следующую последовательность технологических операций:

- создание мастер-эталона;
- создание пуансона;
- тиражирование изделий с помощью возможностей прецизионного пластмассового производства.

Для создания мастер-эталона применяют методы фотолитографии, голографического переноса объемного изображения и прямого точения алмазным резцом. Полученные рисунки на фоторезистивной маске с помощью мокрого или сухого травления переносят на стеклянную (кварцевую), полупроводниковую или металлическую заготовку. После чего с помощью метода трехстадийного гальванического электроформирования создают пуансон, который используют, как правило, для инжекционного прессования. Однако наиболее перспективным является метод голографической записи и последующего размножения [6], который позволяет получать диффузионные рассеиватели с прозрачностью до 92% с контролируемым угловым распределением и с однородным высококачественным выводом света. Такие структуры обладают случайным непериодическим характером профиля рельефа, поэтому отсутствуют такие негативные явления, как зависимость распределения света от длины волны, муар и хроматическая абберация. Таким образом удастся сформировать практически любые телесные заказные углы вывода излучения от светодиодного дисплея, например в диапазоне от $40^\circ \times 0,2^\circ$ (линия) вплоть до $95^\circ \times 60^\circ$ (овал). На рис. 2.120 представлен пример применения голографического диффузного рассеивателя, а также совместного использования его и микропризмной линзы Френеля в светодиодном экране.

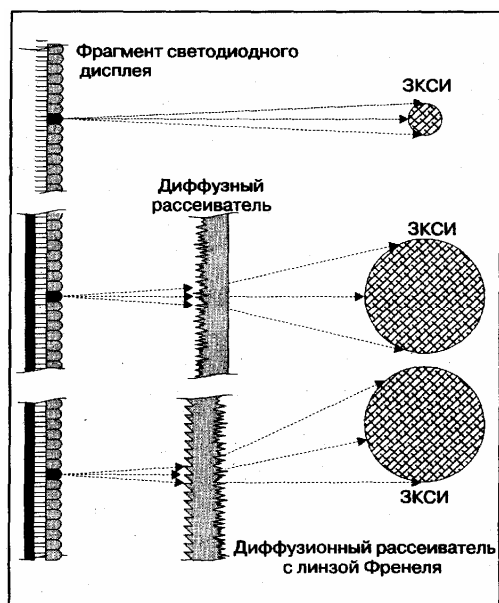


Рис. 2.120. Схематическое изображение применения голографического диффузного рассеивателя и линзы Френеля в светодиодном экране.

Из рассмотрения рисунка видно, что применение диффузного рассеивателя увеличивает зону качественного считывания информации (ЗКСИ), в то время как совместное использование его и линзы Френеля, наряду с увеличением зоны качественного считывания, смещает последнюю и изменяет направление считывания в соответствии с заданным углом отклонения микропризмной структуры.

2.2.2.2.3.1.2. Обеспечение охлаждения светодиодных индикаторов

Другой, не менее важной проблемой, стоящей перед разработчиками и изготовителями светодиодных информационных систем, является выделение тепла элементами индикации, управления и питания устройств системы. Вследствие того что в реальных крупноформатных видеотабло на 1 м^2 выделяется до 1 кВт мощности и с учетом того что такая видеосистема может находиться в летний день на солнце, температура лицевой поверхности дисплея достигает 70°C и выше. Из-за наличия температурных зависимостей яркости наблюдается падение ее интенсивности до 50%. В таких условиях существенно ускоряется ее временная

деградация, и происходит сдвиг максимума длины излучения $\Delta l_{\max}$ в длинноволновую область по формуле: $\Delta l_{\max} = 0,1 \text{ нм/}^{\circ}\text{C}$, что приводит к ухудшению точности цветопередачи светодиодного видеотабло.

Одним из наиболее перспективных приемов, снижающих тепловую нагрузку и не вызывающих никаких сомнений в целесообразности этого подхода, является использование более эффективных (имеющих большую величину квантового выхода η_e) полупроводниковых светодиодов, что позволяет снизить протекающие через них рабочие токи для получения заданной яркости. Если этот подход не реализуется, главным образом из-за ценового фактора, то перед разработчиками встает проблема теплоотвода. Известно, что из-за конструктивных особенностей сверх ярких светодиодов в обычных полимерных корпусах цилиндрической T-1^{3/4} (5 мм) и T-1 (3мм) и овальной формы, в которых, как правило, излучающий чип находится непосредственно в тепловом контакте с катодным выводом, существует разница температур в пределах 3...5 $^{\circ}\text{C}$ между катодным и анодным выводами светодиода в интервале рабочих токов 10...30 мА. В связи с этим целесообразно специальным образом оптимизировать конструкцию элементов светодиодного дисплея с учетом требований максимального теплоотвода от катодного вывода светодиода и далее использовать известные методы улучшения теплоотвода на внешние радиаторы с помощью теплопроводящих паст и резин.

Наиболее радикальный метод снижения тепловой нагрузки светодиодных элементов и сборок (кластеров) - использование печатных плат на металлической основе. Проблема создания и применения светодиодных кластеров и матриц монохромных и полноцветных с различным количеством индикаторных элементов требует отдельного рассмотрения и в рамках данного раздела не освещается.

Если в качестве конструктивного аналога информационного светодиодного видеотабло использовать светодиодный светофор, то рассмотрение явлений тепловой деградации на его примере будет чрезвычайно информативным. На самом деле, во-первых, в светодиодном светофоре в красном, желтом и зеленом фонарях используется от 200 до 300 штук плотно упакованных по площади светодиодов, что аналогично расположению светодиодов на каком-либо участке видеотабло; во-вторых, исследованию надежности светодиодного светофора посвящено большое количество исследований по причине необходимости обеспечения безотказной его работы. В этой связи интересные результаты представлены в. В результате проведенных исследований (рис. 2.121, 2.122) установлено, что повышение температуры светодиодного фонаря, содержащего 200 светодиодов, с 45 $^{\circ}\text{C}$ до 65 $^{\circ}\text{C}$ уменьшает срок службы светофора с 6 до 3 лет, а эксплуатация при 90 $^{\circ}\text{C}$ приводит к сроку службы 1 год.

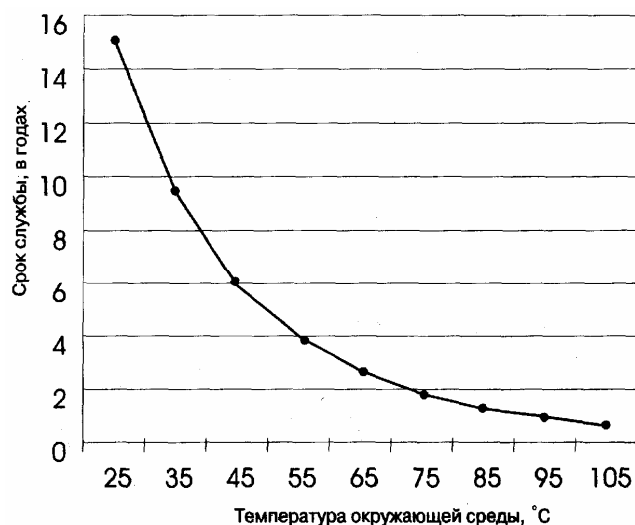


Рис. 2.121. Зависимость срока службы светодиодного светофора от температуры окружающей среды

Яркость светодиодов при такой температуре падает более чем на 60%, причем вышеуказанные исследования проводились на светофорах, изготовленных с применением высококачественных светодиодов HP AlGaInP желтого и красного цвета свечения. Отметим также, что светодиоды красного, желтого и зеленого цветов свечения имеют разную температурную зависимость интенсивности излучения, что представлено на рис. 2.123. Как видно из рисунка, желтые светодиоды имеют максимальную температурную зависимость интенсивности излучения от температуры (прирост интенсивности излучения при -40 $^{\circ}\text{C}$ составляет 163%, падение при +74 $^{\circ}\text{C}$ - 52%, за единицу интенсивности принята интенсивность излучения светодиода при +25 $^{\circ}\text{C}$). Эта неудовлетворительная ситуация заставила разработчиков искать выход из создавшегося положения. Разработчики фирмы NICHIA сообщили недавно о создании светодиода типа NSPY500BS, обладающего существенно меньшей температурной зависимостью интенсивности излучения (10% падения вместо 52% у прежних аналогов при температуре +74 $^{\circ}\text{C}$). Светодиод имеет яркость 3,4 кд при рабочем токе 20 мА в телесном угле $2\theta_{1/2}$, равном 15 $^{\circ}$. В этих светодиодах используется голубой чип InGaIn, на который нанесен специальный желтый люминофор, обеспечивающий желтый цвет свечения. Такой же

подход был ранее применен при разработке конструкции белых светодиодов.

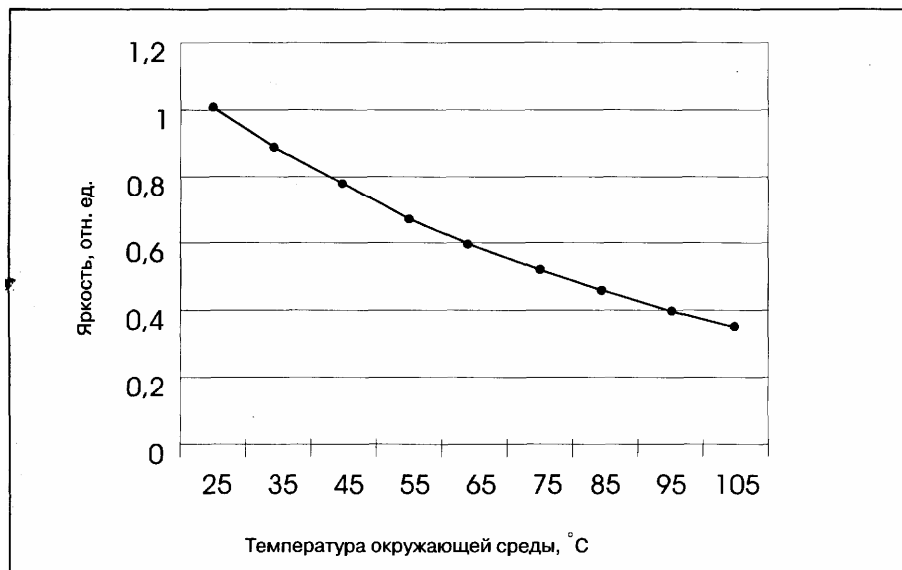


Рис. 2.122. Зависимость яркости светодиодов от температуры окружающей среды

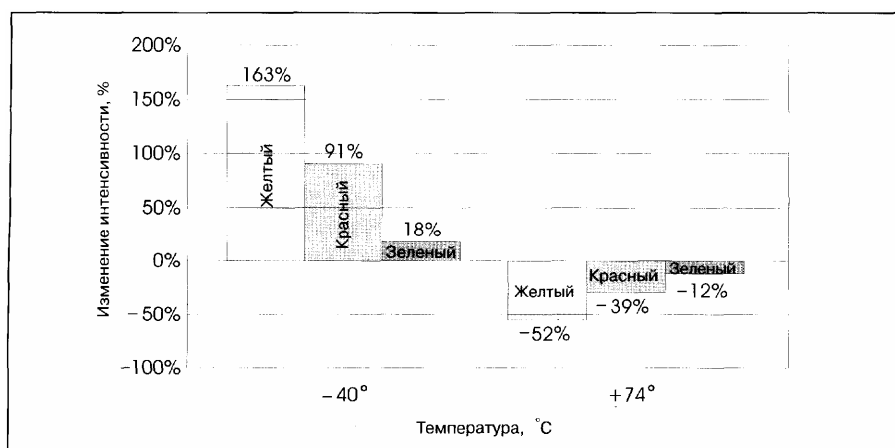


Рис. 2.123. Температурная зависимость интенсивности излучения светодиодов различного цвета свечения

Однако на практике существуют ситуации, когда требуется получить еще более высокую температурную стабильность интенсивности излучения. Для этой цели компания Integrated Photomatrix Limited разработала специальный полупроводниковый светодиод IPL10630 различных цветов свечения в металlostеклянном корпусе TO-5, содержащий дополнительный канал обратной связи, осуществляемой с помощью фотоприемника и интегрального предусилителя, расположенные внутри корпуса TO-5. Это позволило получить менее 2% падения интенсивности при +50° C. Принципиальная электрическая схема светодиода изображена на рис. 2.134. Такого типа светодиоды находят применение, главным образом, в качестве светотехнических калиброванных источников излучения в фотометрической аппаратуре, а также пригодны для использования в качестве осветителей в микродисплейных устройствах.

2.2.2.3.1.3. Проблемы использования светодиодов для поверхностного монтажа

Немного внимания уделим проблемам использования светодиодов для поверхностного монтажа (SMD-светодиоды) в полноцветных RGB-видеотабло. Несколько фирм разработало и выпускает полноцветные SMD-светодиоды и модули на их основе, например, SMD-светодиоды фирмы NICHIA NSCM310A, 315C. Использование SMD-светодиодов для создания RGB-видеотабло перспективно, главным образом, из-за возможности автоматизации сборочных операций и увеличения плотности установки элементов на единицу площади. Однако применение таких чипов на практике затруднено из-за тепловых проблем. Для устранения последних фирма-изготовитель рекомендует контролировать и управлять токами, протекающими через отдельные кристаллы, учитывая количество одновременно включенных цветовых каналов, что неудобно на практике. Интенсивное внедрение этой технологии также тормозится сложностью выполнения необходимых углов обзора и формирования лицевой поверхности видеотабло. Только относительно недавно появились одноцветные SMD-светодиоды и RGB-светодиоды с полимерными линзами, обеспечивающими необхо-

димые телесные углы вывода излучения. Это, например, SML-LXL3055XXC, 5550XXW, 809XXC и др. фирмы LUMEX (CIUA), NSPX-440 и др. фирмы NICHIA, LA E675, LY E675 фирмы OSRAM.

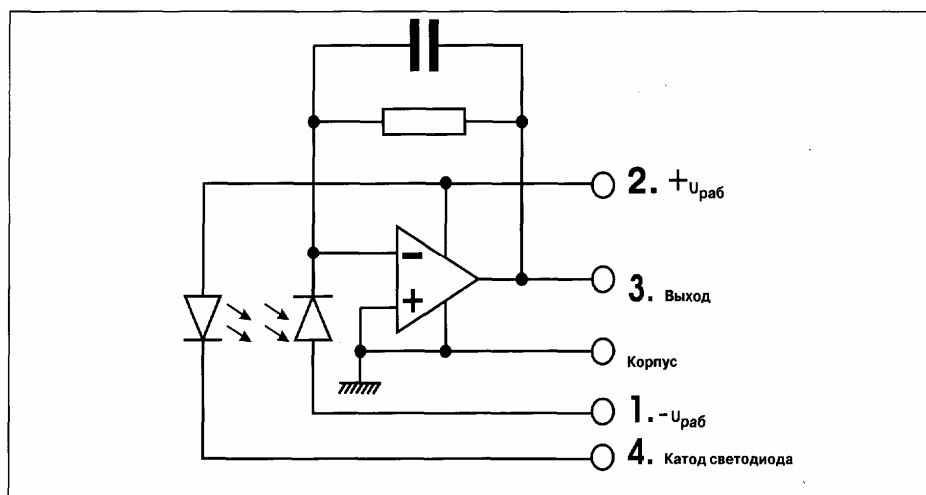


Рис. 2.134. Принципиальная электрическая схема светодиода IPL10630

Другим возможным вариантом решения этой проблемы является использование так называемых световых трубок (light pipe) (рис. 2.135), и гибких световых трубок (flexible light pipe), обеспечивающих одновременно вывод и передачу света от SMD-светодиода к лицевой поверхности и формирование нужного угла обзора. Широкую номенклатуру таких световых трубок разработали и выпускают фирмы Bivar, Inc. и LEDTRONICS Inc.

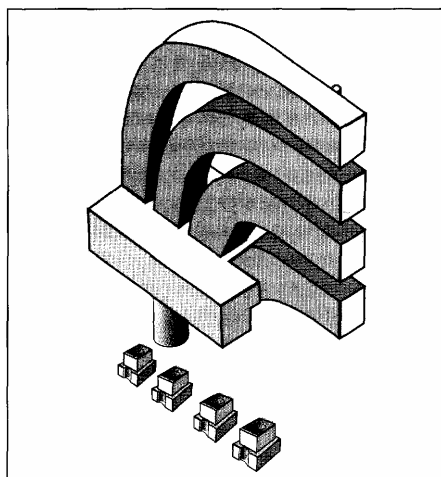


Рис. 2.135. Световые трубки вывода и передачи света от SMD-светодиодов

2.2.2.3.1.4. Защита светодиодов от воздействия статического электричества

Остановимся еще на одной проблеме, возникающей в настоящее время при использовании, главным образом, светодиодов зеленого (изумрудного), синего и белого цветов свечения. Это низкая устойчивость таких изделий к пробое статическим электричеством, что вызвано конструктивными особенностями изготовления этих светодиодов (InGaN-эпитаксиальная структура наносится на сапфировую подложку, где тонкая активная область заключена между электродными слоями). Рассмотрим вольтамперную зависимость и зависимость яркости от приложенного напряжения для нормальных и поврежденных статическим электричеством InGaN-светодиодов (рис. 2.136). Как видно из рассмотрения зависимостей, поврежденные статическим электричеством светодиоды вначале, при подаче напряжения, ведут себя как обычные резисторы, и напряжение появления излучения (зажигания светодиода) существенно выше, чем 3,6 В в нормальном светодиоде, причем включение происходит скачкообразно. Воздействие статического электричества на InGaN-светодиоды происходит, главным образом, при монтаже светодиодов из-за недостаточного внимания к выполнению рекомендаций фирм-изготовителей по защите от статического электричества. Однако это иногда случается и при эксплуатации светодиодных устройств, что нарушает контроль над управлением светодиодным элементом. Серьезность ситуации заставила разработчиков использовать специальные конструктивные методы борьбы с этой проблемой. Впервые это было осуществлено при создании дорогостоящих ультрафиолетовых светодиодов NSHU550E-590E фирмой NICHIA. В этих приборах встречно-параллельно излучающему светодиодному чипу установлен полу-

проводниковый стабилитрон, уменьшающий возможность электростатического пробоя светодиодного кристалла. Впоследствии такой же подход был применен фирмой LumiLeds в светодиодах для поверхностного монтажа типа HSMB-HB00, HSMB-HM00, а также при создании сверхмощных излучателей зеленого, синего и белого цветов свечения серии Luxeon™ (на этом мы остановимся позже).

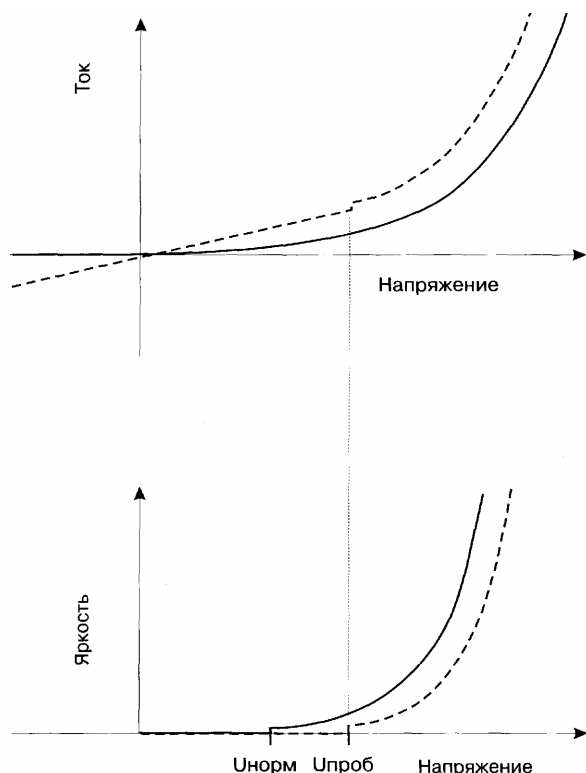


Рис. 2.136. Вольт-амперная характеристика и зависимость яркости от приложенного напряжения для нормальных и поврежденных статическим пробоем InGaN светодиодов

Другим методом устранения проблемы электростатического пробоя светодиодов является совершенствование самого полупроводникового чипа. По этому пути пошла фирма Cree Research, Inc., создавшая сверх яркие светодиоды, в которых InGaN-эпитаксиальная структура нанесена на высокотепло- и электропроводящую подложку из карбида кремния. Тем самым, заменив «двухпроводочную» схему сборки светодиода, обычно применяемую для чипов с эпитаксиальной структурой InGaN на сапфире, на «однопроводочную» и повысив класс устойчивости к электростатическому пробое до 2, подняв его порог до 1000 В. На рис. 2.137 приведено схематическое изображение сечения чипа светодиода CXXX-CB290-E1000 с улучшенной устойчивостью к пробое статическим электричеством.

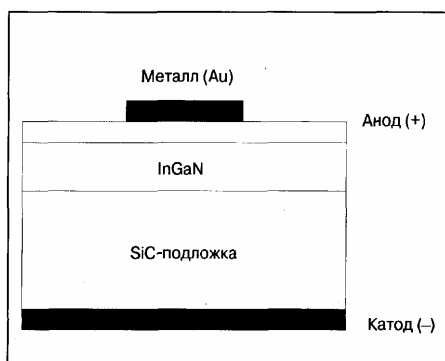


Рис. 2.137. Схематическое изображение сечения чипа светодиода CXXX-CB290-E1000

2.2.2.2.3.1.5. Использование светодиодных ламп

Похоже, вечная мечта человечества создать лампу, которая светит всегда и везде, в настоящее время претворяется в жизнь. Такой вывод позволяет сделать анализ некоторых результатов, полученных в области разработки полупроводниковых источников света. Примером может служить светодиодная лампа У-332 Д, которая содержит 4 излучающих кристалла площадью $0,22 \text{ мм}^2$, соединенных последовательно. Кристаллы размещены на пластине из поликристаллической окиси алюминия толщиной $0,3 \text{ мм}$, которая установлена в дюралево теплоотводящем корпусе. В конструкции присутствует отражатель бокового излучения и поли-

мерная линза диаметром 12,5 мм, которая формирует телесный угол $2\theta_{1/2}$, равный $35 \pm 5^\circ$. В итоге излучатель этого типа желтого цвета свечения $\lambda_{\text{max}} \approx 592$ нм при рабочем напряжении 8,5 В и токе 120 мА излучает световой поток порядка 11 ... 16 лм. Компанией Opto Technology Inc. разработаны светодиодные излучатели серии SHARK™ типа OTLXXXA-5-10-66-E синего, зеленого, желтого, красного и белого цветов свечения с использованием корпуса, применяемого при монтаже силовых приборов ТО-66, и подложки из окиси бериллия (BeO) (рис. 2.138). Такой подход в реализации качественного теплоотвода позволил установить матрицу чипов из 50 светодиодов (10 параллельно включенных цепочек из 5 последовательно соединенных светодиодных чипов). Герметизация светодиодов произведена с помощью эластичного кремнийорганического компаунда для предотвращения обрыва микропроволочных соединений светодиодной матрицы при тепловых нагрузках, возникающих при ее эксплуатации. Излучатель желтого цвета OTL590A-5-10-66-E при рабочем напряжении 10,2 В и токе 500 мА излучает световой поток 35 лм при угле $2\theta_{1/2}$ равном 54° . Сведения о характеристиках излучателей серии SHARK™ других цветов представлены в таблице 2.35.

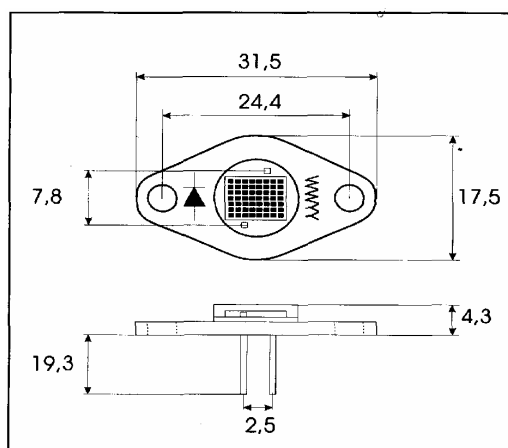


Рис. 2.138. Светодиодные излучатели серии SHARK™

Таблица 2.35. Характеристики излучателей серии SHARK™

Тип излучателя	Цвет, $\lambda_{\text{макс}}$, нм	Световой поток, лм
OTL470A-5-10-66-E	Синий, 470	6 (при токе 300 мА)
OTL530A-5-10-66-E	Зеленый, 530	29 (при токе 300 мА)
OTL590A-5-10-66-E	Желтый, 590	35 (при токе 500 мА)
OTL630A-5-10-66-E	Красный, 625	55 (при токе 800 мА)
OTLWHTA-5-10-66-E	Белый	33 (при токе 300 мА)

Дальнейшее развитие светодиодных излучателей привело к созданию источников света серии Luxeon™ различных цветов свечения, разработанной на фирме Lumileds Lighting.

Рассмотрим более подробно светодиодный источник света серии Luxeon™ Star/O, созданный на основе сверх мощного излучателя LXHL-BM01 (зеленого цвета свечения). На рис. 2.139 представлено поперечное сечение LXHL-BM01, существенное отличие которого заключается в использовании высокотеплопроводного

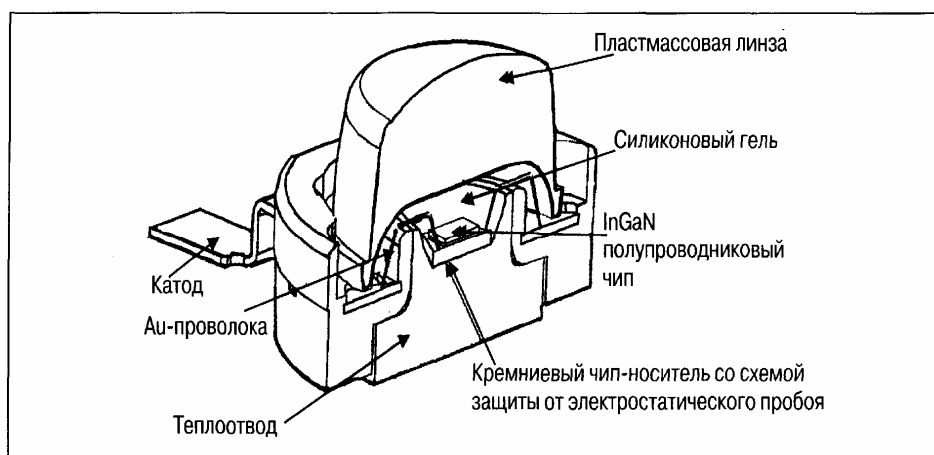


Рис. 2.139. Поперечное сечение светодиодного излучателя LXHL-BM01

кремниевого чипа-носителя кристалла InGaN со встроенной схемой защиты от статического пробоя. При рабочем напряжении 3,5 В и токе 350 мА световой поток равен 25 лм. Для желтого цвета свечения излучателя LXHL-BL01 при аналогичных условиях световой поток равен 20 лм. Телесный угол вывода излучения $2\theta_{1/2}$ у этих приборов составляет 110° . В случае расположения вышеуказанного излучателя на печатной плате с металлической основой и применения дополнительной полимерной линзы получаем источник света Luxeon™ Star/0 (рис. 2.140). В данном приборе световой поток остается равным 25 лм, однако

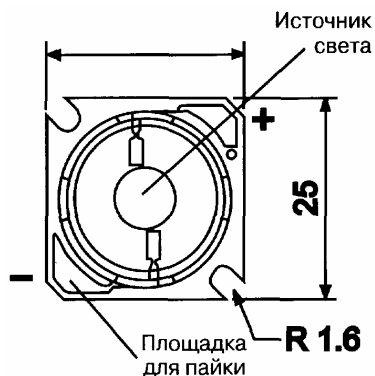


Рис. 2.140. Внешний вид и габаритные размеры полупроводникового источника света Luxeon™ Star/0

телесный угол $2\theta_{1/2}$ сужается до 10° , а типовое значение яркости достигает 500 кд для зеленого, 600 кд для желтого и 180 кд для белого цветов свечения. Такого типа излучатели по своей эффективности, достигающей величины 35 лм/Вт, существенно превосходят световую отдачу ламп накаливания, в том числе и галогенных, обладают высокой надежностью и управляемостью выходных световых характеристик. Поэтому они с успехом могут применяться для решения многих светотехнических задач, возникающих при разработке дисплейных технологий в частности, для подсветки ЖК-мониторов (см. раздел 2.2.1.4.3.5.1).

2.2.2.3.1.6. Российские фирмы, производящие светодиодную элементную базу и непосредственно дисплейные устройства

Несколько слов о российских фирмах, производящих светодиодную элементную базу и непосредственно дисплейные устройства.

АО «Протон» (г. Орел), АО «Планета», (г. Новгород), завод «Старт», (г. Москва), «Корвет-Лайтс», (г. Москва), НПЦ ОЭП «Оптэл», (г. Москва) разрабатывают и производят светодиодную элементную базу. Оптические и эксплуатационные характеристики некоторых типов полупроводниковых светодиодов достигли либо находятся вблизи мирового уровня. Однако имеется существенный недостаток следующего плана. Предприятия, имеющие достаточные для крупносерийного производства мощности, такие как АО «Протон», АО «Планета», завод «Старт», не в состоянии в полном объеме проводить за свои финансовые средства инициативные разработки по новейшим направлениям светодиодной элементной базы, а ожидают полностью сформировавшегося заказа на рынке. В это же время многие производители дисплейных устройств ищут необходимую светодиодную элементную базу за рубежом и, к сожалению для российских предприятий, ее находят.

2.2.2.3. Мониторы на основе катодолюминесцентных плоских экранов

Кроме ЭЛТ, существует еще два типа дисплеев на основе эффектов катодолюминесценции. Одним из них являются дисплеи на полевой (электростатической, автоэлектронной) эмиссии (ПЭД, или FED - field-emission displays), в которых катод организован матричным способом с управлением по строкам и столбцам. Если аналогом ПЭД является полупроводниковый транзистор, то вакуумно-люминесцентные дисплеи (ВЛД, или VFD - vacuum fluorescent displays) устроены как ламповые триоды, у которых благодаря наличию управляющей сетки рабочее напряжение значительно меньше, чем у других катодолюминесцентных приборов. Реальное применение сейчас имеют только ВЛД в качестве индикаторов автомобилей (продукция японских компаний Futaba и Noritake Itron) и индикаторов для специальной техники (самолетов, танков), где требуется повышенная ударная и вибрационная прочность, широкий интервал температур ($-60...85^\circ\text{C}$).

2.2.2.3.1. ВЛД.

В основу работы ВЛД положен эффект низковольтной (10... 100 В) или средневольтной (100...500 В) катодолюминесценции, когда некоторые люминофоры способны светиться под действием электронного пучка с энергией несколько электрон-вольт.

Наиболее распространены конструкции ВЛД, состоящие из катода прямого накала, одной или двух сеток и информационных элементов - анодов, покрытых низковольтным люминофором и расположенных в

одной плоскости. Часто используется управление по анодным и сеточным цепям. Недостатками ВЛД являются высокое энергопотребление и малый выбор люминофоров для создания полноцветного дисплея.

В НИИ «Волга» (г. Саратов) создана серия высокоинформативных дисплеев с плоскими катодолюминесцентными экранами на термокатоде. Они используются для отображения универсальной информации в аппаратуре, работающей в обычных и экстремальных (температурных, механических, радиационных) условиях.

Параметры разработанных дисплеев приведены в таблице 2.36.

Таблица 2.36. Основные конструктивные, электрические и светотехнические параметры плоских катодолюминесцентных экранов на термокатоде

№ п.п.	Тип дисплея	Кол-во СИЭ	Внешние габариты	Размер инф. зоны	Цвет	Мощность накала, не более, Вт	Яркость, кд/м ²	Режим испытания
1. Одноцветные дисплеи								
1	ИЛГ1-128×128Л	128×128	150×130×5	80×80	зелёный	~4	500	U _н =4,5 В U _а =70 В U _{димп} =70В Q=128
2	ИЛГ1-128×256ЛВ	128×256	252×142×21	151×75	зелёный	9	300	U _н =8,0В U _а =140В U _{димп} =100В Q=256
3	ИЛГ1-768×576ЛВ	768×576	230×200×20	175×130	зелёный	15	250	U _н =6,5 В U _а =170В U _{димп} =70 В Q=576
4	ИЛГ2-288×512ЛВ	288×512	130×124×17	88×66	зелёный	5	250	U _н =5,0 В U _а =170В U _{димп} =70 В Q=512
2. Полноцветные дисплеи								
1	Лабораторное наименование D-6	320×240 RGB	200×192×17	144×102	красный зелёный синий	12	200 в белом	U _н =6,0 В U _а =300В U _{димп} ≤70В Q=240
2	Лабораторное наименование D-14	640×480 RGB	340×300×30	244×182	красный зелёный синий	30	200 в белом	U _н =9,5 В U _а =350 В U _{димп} ≈70В Q=480

Вакуумный люминесцентный дисплей на термокатоде, сохраняя преимущества, присущие ЭЛТ-дисплею, имеет ряд специфических достоинств: более широкий, по сравнению с ЖК, угол обзора, малую в сравнении с ЭЛТ материалоемкость, отсутствие дефицитных материалов, сравнительную простоту технологий и оборудования в производстве. Указанные свойства позволяют рассматривать организацию разработок и производства плоских катодолюминесцентных дисплеев на термокатоде в качестве этапа по созданию плоских дисплеев малого и среднего форматов для использования взамен ЭЛТ.

2.2.2.3.2. ПЛОСКИЕ ЭКРАНЫ НА АВТОЭЛЕКТРОННОЙ (ПОЛЕВОЙ) ЭМИССИИ (ПЭД)

В стратегическом плане работы по созданию плоского экрана, альтернативного АМЖКЭ, сводятся к получению самосветящегося плоского катодолюминесцентного дисплея с автоэлектронными (полевыми) эмиттерами (FED — *Field Emission Displays*). Такой дисплей, обладая достоинствами ЭЛТ, лишен присущих ей недостатков и потенциально существенно превосходит ЖК-экраны. Он отличается от последних большим углом обзора, широким температурным диапазоном, меньшей стоимостью, высоким быстродействием. По сравнению с ЭЛТ он к тому же обладает на порядок меньшей материалоемкостью, управляемостью в цифровом коде, низковольтным питанием, а следовательно - экологической безопасностью. Потребляемая мощность существенно меньше мощности, расходуемой на подсветку ЖКЭ.

В последние годы работы по структурам и приборам с полевой эмиссией развернуты многими фирмами мира. Основной проблемой в разработке дисплеев с автоэлектронными эмиттерами является чрезвычайно высокая стоимость традиционного способа получения острий для обеспечения полевой эмиссии.

Значительные трудности также возникают при обеспечении необходимой долговечности дисплеев. Существуют другие способы получения полевой эмиссии - использование поверхностной эмиссии из алмазоподобных материалов, таких, как алмазные поликристаллические пленки, нанотрубки и углеродные пленки. Из них нанотрубки считаются наиболее перспективным материалом для применения в дисплеях, благодаря их высокой эмиссионной эффективности и возможности получения катода трафаретной печатью. Однако известно, что нанотрубки имеют несколько недостатков, налагающих ограничения на применение этой технологии в будущем. Среди них можно упомянуть их несовместимость с обычными процессами фотолитографии и процессами изготовления полупроводниковых приборов.

2.2.2.3.1.1. ПЭД на основе игольчатых структур.

Некоторое время весьма перспективным типом плоско панельных дисплеев (ППД), в котором можно избежать недостатков как ЭЛТ, так и ЖКД, считались ПЭД, представляющие собой сверхтонкую катодную (электронно-лучевую) трубку, состоящую из двух основных частей:

- а) матрица микроскопических электронных пушек, или микротипов (microtip - микронаконечник), расположенных с высокой плотностью (катод);
- б) низко- или средневольтный катодлюминесцентный экран (анод).

Возможны два основных типа конструкции и способа управления ПЭД с переключаемым анодом (показан на рис. 2.141) и с не переключаемым анодом. В первом случае рабочие напряжения до 1 кВ, во втором — от 1 до 5 кВ и выше.

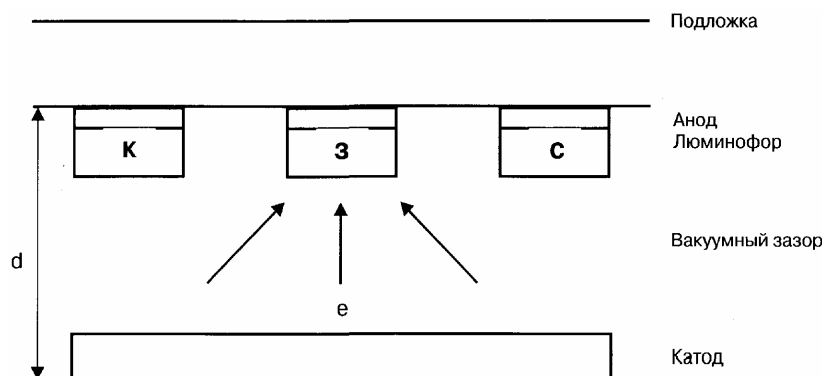


Рис. 2.141. Структура пикселя дисплея на основе эффекта полевой эмиссии с переключаемым анодом при включенном зеленом субпикселе

За рубежом (в компаниях LETI, Франция, Futaba, Япония, и корпорации FED, ST Diamond Technology, обе США) созданы образцы ПЭД с разрешением до 480×480 элементов и яркостью до 170 кд/м^2 , а в России изготовлены прототипы сверх яркой подсветки для ЖКД (до 5000 кд/м^2) и микронаконечников ПЭД с алмазным покрытием для лучшего теплоотвода.

2.2.2.3.1.2. ПЭД с планарно-торцевыми эмиттерами на основе тонких пленок алмазоподобного углерода

В 2000 году во ФГУП НИИ «Волга» найдена и запатентована конструкция и технология формирования планарно-торцевых эмиттеров на основе тонких пленок алмазоподобного углерода с использованием технологического оборудования для планарного цикла микроэлектроники. Получены и испытаны образцы прототипов плоских индикаторов. В основе процессов формирования тонкопленочных планарно-торцевых катодов лежат технологии напыления и осаждения тонких пленок и фотолитография по этим пленкам. Методами напыления и осаждения можно получать слои с очень хорошей воспроизводимостью по толщине как в одном процессе, так и от процесса к процессу. Поперечное сечение строения пиксельной структуры элемента дисплея показано на рис. 2.142. Зависимость яркости свечения сегментов от напряжения на аноде (люминофоре) показана на рис. 2.143

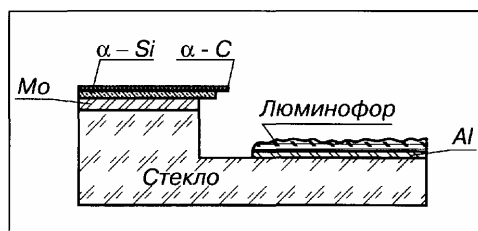


Рис.2.142. Поперечное сечение пиксельной структуры

Результаты исследований свойств структур, при которых получены высокие параметры и долговечность приборных фрагментов, свидетельствуют о перспективности найденных решений.

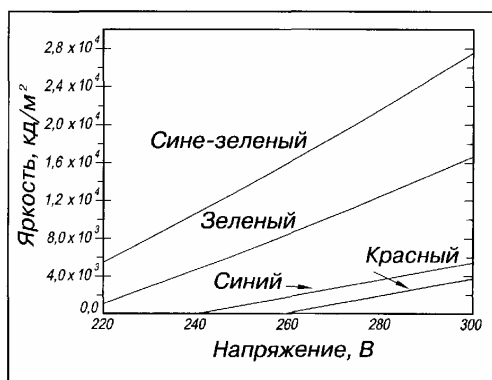


Рис. 2.143. Зависимость яркости различных люминофоров от напряжения между катодом и анодом

Все же еще рано говорить о широком применении ПЭД, чему препятствует необходимость поддержания высокого вакуума (до 10^{-8} Торр) и использование высоких управляющих напряжений (до 2 кВ) для улучшения световой эффективности катодолуминофоров.

2.2.2.4. Другие типы плоско панельных дисплеев

Очень маленькую нишу на дисплейном рынке занимают различные типы электрохромных и электрофоретических дисплеев. Под действием разнополярного электрического поля в электрохромных устройствах рабочее вещество изменяет спектр поглощения, а в электрофоретических происходит перенос окрашенных частиц, взвешенных в темной жидкости, от одного электрода к другому, отчего при изменении полярности происходит изменение цвета ячейки. Такие устройства чрезвычайно просты в управлении, имеют низкие управляющие напряжения (5 В и менее), большое число циклов переключения (до 5 млн.). Поэтому они находят применение или для сверхбольших индикаторов (размером 1×2 м) в портах, на вокзалах, или для автомобилей.

В данном разделе использованы материалы из [1, 6, 7, 16-24].

Контрольные вопросы

1. Как генерируется свет в плазменных экранах?
2. Что такое плазма?
3. Что понимается под термином ГИП?
4. Опишите структуру газоразрядной индикаторной панели постоянного тока.
5. Чему равно напряжение зажигания индикаторных ячеек для ГИП постоянного тока?
6. Опишите типовую схему включения индикатора постоянного тока.
7. Почему необходимо ограничивать разрядный ток в индикаторах постоянного тока?
8. Опишите структуру ГИП переменного тока.
9. Во сколько раз эффективность преобразования электрической энергии в световую в ГИП переменного тока больше, чем у ГИП постоянного тока?
10. Как работают ГИП переменного тока с запоминанием?
11. Какие проблемы пришлось решить для достижения конкурентоспособного качества изображения ГИП?
12. Как обеспечивается высокая яркость ГИП?
13. Как обеспечивается высокая контрастность ГИП?
14. Как обеспечивается высокое качество цветопередачи в ГИП?
15. Какие преимущества имеют ГИП по сравнению с ЭЛТ?
16. Какие преимущества имеют ГИП по сравнению с ЖКИ?
17. Каковы возможности использования ГИП в видеодисплейных системах коллективного пользования?
18. Кто является основным разработчиком ГИП в России?
19. Какие устройства в настоящее время относятся к электролюминесцентным?
20. Охарактеризуйте излучатель тонкопленочного электролюминесцентного дисплея работающего на переменном токе.
21. Сформулируйте общую информацию об OLED.
22. Охарактеризуйте преимущества OLED-дисплеев.
23. Охарактеризуйте недостатки OLED-дисплеев.
24. Охарактеризуйте конструкцию пассивно адресуемых OLED-дисплеев.

25. Охарактеризуйте особенности реальных структурах пассивно адресуемых OLED-дисплеев.
26. Охарактеризуйте эквивалентную схему OLED-панели с пассивной адресацией.
27. Охарактеризуйте эквивалентную схему активной адресации OLED-дисплея.
28. Охарактеризуйте существенный недостаток активной адресации и опишите способы борьбы с ним.
29. Как действует система автокалибровки?
30. Какой компонент OLED-дисплея отвечает за автокалибровку?
31. Охарактеризуйте схему управления OLED-дисплеем на основе драйвера столбцов MXED202 и драйвера строк MXED102.
32. Охарактеризуйте структуру драйверов OLED.
33. На что влияет большая паразитная емкость OLED-структур, и как борются с этим влиянием?
34. Приведите основные характеристики столбцового OLED-драйвера MXED102.
35. Приведите основные характеристики строчного OLED-драйвера MXED202.
36. Какие технологии используются для соединения драйверов с контактами OLED-дисплея?
37. Охарактеризуйте перспективы развития технологии и рынка OLED.
38. Каковы планы компании RiTEK Display по развитию технологий OLED?
39. Каковы планы компании Solomon Systech Limited по развитию технологий OLED?
40. Что можно сказать о Разработке OLED-дисплеев в России?
41. Приведите общие сведения по использованию неорганических светодиодов в дисплейных технологиях.
42. Какой комплекс требований к качеству отображаемой информации должен выполняться, чтобы устройство отображения информации обладало высокими потребительскими свойствами?
43. Охарактеризуйте Европейский стандарт CEN/TCC226/ CEN/TCC226/WG3/NI33E.
44. Как обеспечивается широкий угол обзора светодиодных матриц?
45. Охарактеризуйте технологические процессы получения микроструктурированных поверхностей светодиодных панелей.
46. Охарактеризуйте проблему охлаждения светодиодных индикаторов.
47. Охарактеризуйте методы снижения тепловой нагрузки светодиодных элементов.
48. Охарактеризуйте зависимость срока службы светодиодного светофора от температуры окружающей среды.
49. Охарактеризуйте зависимость яркости светодиодов от температуры окружающей среды.
50. Охарактеризуйте температурную зависимость интенсивности излучения светодиодов различного цвета свечения.
51. Охарактеризуйте проблемы использования светодиодов для поверхностного монтажа в дисплейных технологиях.
52. Охарактеризуйте проблему защиты светодиодов от воздействия статического электричества.
53. Как можно защитить светодиод от пробоя статическим электричеством?
54. Охарактеризуйте светодиодную лампу Y-332 Д.
55. Охарактеризуйте светодиодные излучатели серии SHARK™ компании Opto Technology Inc.
56. Охарактеризуйте светодиодные источники света серии Luxeon™ различных цветов свечения, разработанные на фирме Lumileds Lighting.
57. Охарактеризуйте состояние разработки и создания светодиодной техники в России.
58. Дайте общие характеристики катодолюминесцентных плоских экранов.
59. Охарактеризуйте вакуумно-люминесцентные дисплеи (ВЛД).
60. Дайте общие характеристики плоским экранам на автоэлектронной (полевой) эмиссии (ПЭД).
61. Охарактеризуйте ПЭД на основе игольчатых структур.
62. Охарактеризуйте ПЭД с планарно-торцевыми эмиттерами на основе тонких пленок алмазоподобного углерода.
63. Охарактеризуйте другие типы плоско панельных дисплеев.

2.2.3. СЕНСОРНЫЕ ЭКРАНЫ: КОНСТРУКЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ, СХЕМОТЕХНИКА

Использование сенсорных экранов в качестве компьютерного интерфейса в настоящее время стало широко распространенным явлением. Вряд ли среди читателей найдутся такие, кто ни разу в своей работе не использовал бы компьютерные приборы, оснащенные сенсорными экранами или по крайней мере не попробовал бы поиграться с palmtop типа Newton. Популярность использования сенсорных экранов обусловлена достигаемой с их помощью простотой интерфейса пользователя. Интерфейс на основе сенсорного экрана позволяет исключить применение большеформатных клавиатур, а также обеспечивает удобную контекстную систему пользовательского меню.

В настоящее время разработчикам электронной аппаратуры доступны как готовые сенсорные экраны на основе графических ЖКЭ и сенсорных панелей со своим контроллером, так и отдельные сенсорные панели. Однако цена готовых сенсорных экранов достаточно высока, к тому же ограниченная номенклатура устройств данного типа не всегда позволяет выбрать подходящий по конструкции тип сенсорного экрана. Заказ на проведение разработки сенсорного экрана с заданными параметрами — очень дорогое удовольствие, которое вряд ли окупится при малых объемах выпуска. В этой ситуации следует правильно оценивать возможности и стоимость сенсорного экрана по сравнению с конкурирующим стандартным и проверенным решением — интерфейсом на основе одно-, двух-четырех строчного ЖКИ с фиксированными знакоместами + функциональная клавиатура от 4 до 16 клавиш. Но если использование сенсорного экрана в данном изделии позволяет реализовать все достоинства пользовательского интерфейса при разумной цене, то для этого можно использовать стандартный модуль ЖКЭ (малоформатный графический) и готовую накладную сенсорную панель, конструктивно и оптически сопрягаемую с рабочей площадью ЖКЭ. Имеется ряд производителей, которые поставляют ряд стандартных накладных резистивных сенсорных панелей.

Производителями также обеспечивается проведение разработки и выпуска небольшим тиражом заказных сенсорных панелей в соответствии со спецификацией, заданной пользователем.

В этом случае для реализации интерфейса сенсорного экрана необходимо разработать свой контроллер, который будет обеспечивать поддержку функций — обнаружения касания и определения координат точки касания. Этот раздел посвящен основным аспектам проектирования компьютерного интерфейса на основе сенсорного экрана.

2.2.3.1. Типы сенсорных панелей

Сенсорные панели могут использовать различные физические эффекты, обеспечивающие сенсорную чувствительность. В основном доминируют две технологии, основанные на резистивной и емкостной чувствительности. Однако есть и другие способы, также используемые в практических конструкциях сенсорных панелей, основанные на использовании ИК-сканирования (матрица ИК-светодиодов и фотоприемников), ультразвукового сканирования и электромагнитных эффектов. Однако по сравнению со всеми остальными типами резистивные и емкостные панели обеспечивают гораздо меньшую стоимость и лучшее разрешение.

Использование резистивной технологии имеет некоторые преимущества, по сравнению с емкостной, поскольку дает возможность пользователю работать в резиновых перчатках.

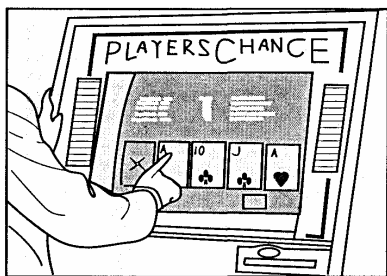


Рис. 2.147. Использование емкостной сенсорной панели в игровом терминале

Следует отметить, что и у других сенсорных технологий есть свои преимущества. Например, дискретный сенсорный экран, основанный на ИК-сканировании, позволяет получить фиксацию координат касания до прикосновения и без прикосновения. Данный тип сенсорной панели используется в некоторых моделях логических анализаторов Hewlett-Packard.

У емкостных сенсорных экранов есть своя ниша — они широко используются в различных игровых и торговых терминалах, в терминалах справочных систем аэропортов и вокзалов (см. рис. 2.147). Емкостные сенсорные экраны наиболее устойчивы против вандализма, поскольку чувствительная поверхность и экран ЭЛТ отделены от пользователя прочным прозрачным защитным щитом.

Наибольшее распространение в сенсорных экранах портативных устройств имеет резистивная технология. Данный раздел посвящен описанию конструкции и схемотехники сенсорных панелей,

использующих именно этот тип сенсорной технологии.

2.2.3.2. Конструкция и технология резистивных сенсорных экранов

Сенсорная резистивная панель (см. рис. 2.148) состоит из двух склеенных плоскопараллельных прозрачных подложек, на внутренней поверхности которых нанесено прозрачное проводящее покрытие — пленка ИТО — In_2O_3 . В качестве нижней подложки используется стеклянная пластина толщиной от 0,8 до 2,5 мм, а в качестве верхней — майларовая пленка толщиной около 100 мкм или тонкое стекло. С наружной стороны, обращенной к пользователю, верхняя подложка покрыта антибликовым слоем и слоем, обеспечивающим устойчивость сенсорной панели к царапинам, а также к воздействию различных химических веществ. Рабочий зазор, изолирующий проводящие слои подложек друг от друга, задается с помощью прозрачных спейсеров (dots или spacers), имеющих, как правило, сферическую форму. В качестве материала для спейсеров используется стекло (калиброванные стеклянные шарики) или же специальный пластик. Спейсеры могут быть нанесены посредством использования различных технологий, в частности шелкографии. Известен и другой способ создания изолирующего зазора — посредством селективного вытравливания столбиков-спейсеров на внутренней поверхности стеклянной подложки полирующим травителем.



Рис. 2.148. Конструкция сенсорной панели

Спейсеры должны быть нанесены на поверхность нижней подложки равномерно с шагом от 1 до 20 мм. Типологически спейсеры образуют сетчатый рисунок. В идеале спейсеры не должны быть заметны. И только при рассмотрении поверхности сенсорного экрана под определенным углом можно заметить едва различимый сетчатый узор, образуемый спейсерами. Величина зазора и шаг сетки спейсеров могут варьироваться в широких пределах и выбираются конкретным приложением сенсорной панели. Механически верхняя пленка эквивалентна системе дискретных микробалок, образованных сегментами пленки, опирающимися на спейсеры. При нажатии на верхнюю пленку происходит локальный прогиб микробалки и замыкание двух проводящих слоев. Сенсорная чувствительность — минимальное давление нажатия, при котором происходит замыкание слоев, зависит от величины зазора между подложками, толщины верхней пленки и шага спейсеров.

2.2.3.3. Дискретные и аналоговые типы сенсорных панелей

В самом простом варианте сенсорную панель можно организовать как матричную клавиатуру. Топология электродов верхней и нижней подложек в этом случае аналогична топологии пленочной клавиатуры. Такие сенсорные панели можно использовать как устройства ввода информации в сочетании как с символьными модулями ЖК-дисплеев, так и с графическими ЖК-экранами. На экране ЖКИ или ЖКЭ можно организовать систему меню, где пользователю достаточно только выбрать нужную опцию.

Сканирование сенсорной клавиатуры осуществляется точно так же, как и обычной клавиатуры с матричным размещением контактов. У такого типа сенсорных панелей, кроме одного достоинства — простоты, есть недостатки — большое число выводов и ограниченные возможности при создании пользовательского интерфейса. К тому же для получения рисунка электродов требуется операция шелкографии. Однако в простых устройствах и такая сенсорная панель может обеспечить удобный пользовательский интерфейс.

Показанную ниже топологию сенсорной панели (рис. 2.149 и 2.150) можно отнести к промежуточному типу — дискретно-аналоговому.

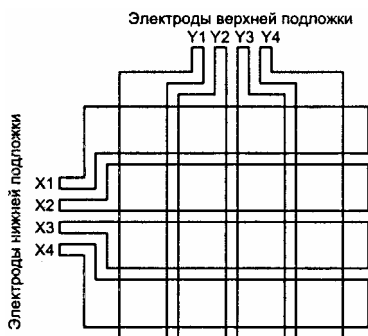


Рис. 2.149. Топология сенсорной накладной клавиатуры

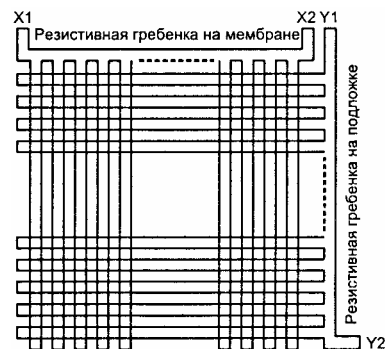


Рис. 2.150. Вариант реализации топологии электродов сенсорной панели

По сути, это аналоговая сенсорная панель, поскольку для получения координаты точки касания требуется использование АЦП. У данной топологии, только одно достоинство — ее применение позволяет снизить требование к однородности сопротивления проводящей пленки. Недостаток — необходимо проводить фотолитографию и травление рисунка электродов для каждой подложки. В настоящее время практически не используется, поскольку есть поставщики готовых стеклянных подложек, а также пленок с нанесенным слоем ИТО, обладающих высокой линейностью сопротивления за разумную цену. К таким фирмам относится, например, Asahi Glass Co., которая является крупнейшим в мире поставщиком стеклянных подложек с нанесенным ИТО для большинства известных производителей ЖКИ и ЖКЭ. Asahi Glass является учредителем широко известного производителя ЖК-дисплеев — фирмы Optrex.

При изготовлении современных аналоговых резистивных панелей не требуется использование операций фотолитографии и травления по проводящему слою.

2.2.3.4. Типы топологических схем аналоговых сенсорных панелей

Существуют две топологические схемы, по которым реализуются аналоговые сенсорные панели: 4-проводная и 5-проводная. Эти два типа панелей различаются не только числом соединительных проводов, используемых при сканировании, но и конструкцией, а также алгоритмом получения координат. На рис. 2.151 показаны конструкции этих двух типов сенсорных резистивных панелей.

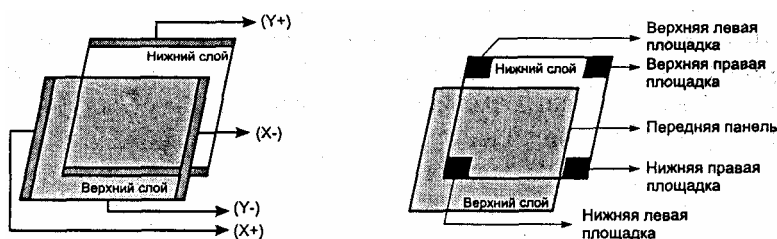


Рис. 2.151. Топологические схемы 4- (слева) и 5- (справа) проводных сенсорных панелей

2.2.3.4.1. 4-Х ПРОВОДНАЯ СХЕМА

В 4-проводной конструкции (рис.2.152, слева) используются две равнозначные проводящие поверхности: одна — определяющая положение координаты по оси X ($X-/X+$), другая — по оси Y ($Y-/Y+$). Сканирование производится за две фазы. В первой фазе к электродам проводящего слоя пластины X прикладываются тестовые напряжения, например, к электроду X подключен потенциал GND, а к $X+$ потенциал V_{ref} . Проводящая поверхность подложки Y в данной фазе служит для съема потенциала образованного интегральным резистивным делителем в точке касания. Таким образом, выходы $X-$ и $X+$ в данной фазе являются выходами и к ним подключен источник опорного напряжения, а выходы $Y-$ и $Y+$ являются входными и подключаются ко входу АЦП. В процессе А/D преобразования в данной фазе получаем величину, пропорциональную координате по оси X. Соответственно во второй фазе производится симметричная процедура и получается вторая координата по оси Y.

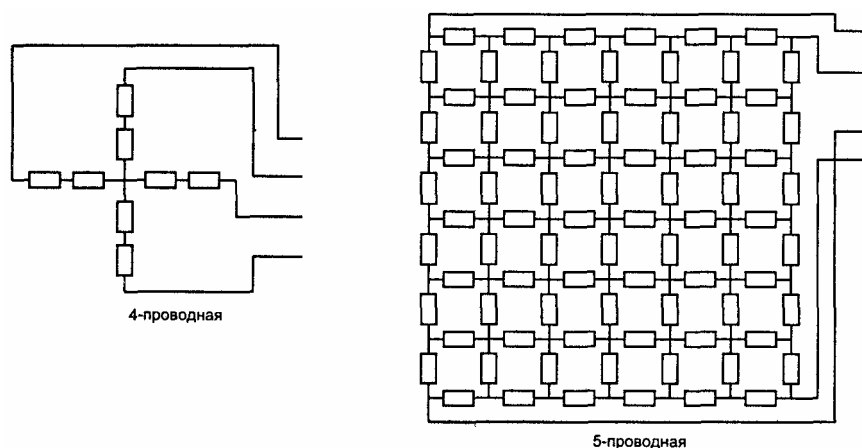


Рис. 2.152. Эквивалентные схемы 4- и 5-проводных резистивных сенсорных панелей

В 4-х проводной схеме для получения равномерного распределения потенциалов вдоль проводящей пленки, к торцам которой прикладывается опорное напряжение, используются шунтирующие металлические торцевые полоски Bus Bar (см. рис. 2.153). Полоски нанесены серебряной или медной пастой. Если присмотреться внимательнее к изображению сенсорной резистивной панели, то можно заметить, что шунтирующие полоски электродов имеют сферическую форму. Это сделано для того, чтобы компенсировать влияние краевого эффекта в пленочном интегральном резисторе. Сферическая форма электродов позволяет

улучшить линейность распределения потенциала в резистивном слое вблизи границ пленки. В большинстве случаев это позволяет отказаться от необходимости программной коррекции координатной карты резистивного слоя.

Основные характеристики сенсорных резистивных панелей:

- линейность проводящего покрытия подложек панели — до 97 %;
- прозрачность панели (коэффициент пропускания при 550 нм) — от 82 до 87 %;
- удельное сопротивление проводящих покрытий — от 325 до 500 Ом/а для верхней пленки и от 400 до 600 Ом/а для стеклянной подложки;
- величина прогиба при нажатии (actuation travel) — от 25 до 75 мкм;
- износостойкость (гарантированное число нажатий) — до 30 млн у Bergquist);
- сенсорная чувствительность (минимальное усилие при нажатии) — от 15 до 500 граммов;
- гарантийный срок эксплуатации — до 5 лет у фирмы Bergquist.

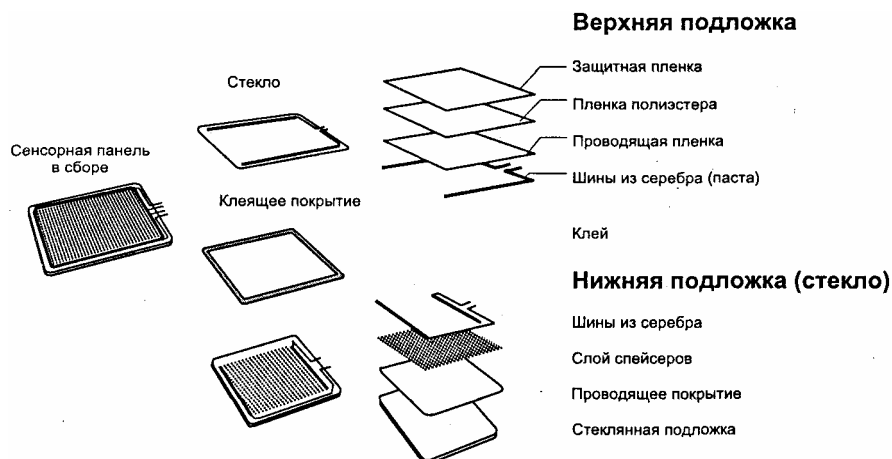


Рис. 2.153. Технология сборки 4-проводной сенсорной панели TouchTek™4 фирмы Micro Touch Systems

На рис. 2.154 показан один из вариантов практической реализации сенсорного экрана в наладонном компьютере Palmtop III на основе резистивной 4-проводной сенсорной панели, а на рис. 2.155 — сенсорная панель.

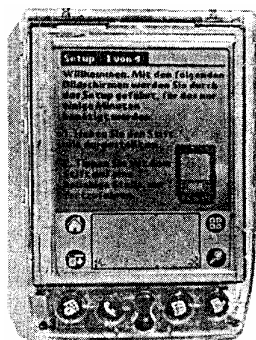


Рис. 2.154. Внешний вид сенсорного экрана, используемого в Palmtop III

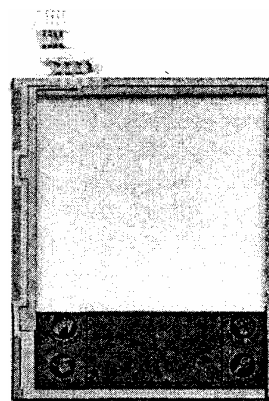


Рис. 2.155. Сенсорная панель для Palmtop III (4-х проводная схема)

2.2.3.4.1. 5-ТИ ПРОВОДНАЯ СХЕМА

В данной схеме 4 вывода всегда являются входами, к которым прикладываются тестовые напряжения, а пятый всегда является выходом, с которого производится съем потенциалов соответствующих координатам точки замыкания при касании. Четыре вывода соединяются с четырьмя угловыми электродами проводящей пленки на нижней стеклянной подложке (см. рис.18.7, справа), а пятый вывод имеет контакт с проводящей пленкой на верхней подложке сенсорной панели. Верхняя пленка при замыкании является эквивалентом ползунка (wiper) в переменном резисторе, образованного нижней резистивной пленкой. В данной схеме измерение имеет две фазы: в первой потенциал GND приложен к электродам двух смежных углов пленки, а опорное напряжение Uref к остальным двум электродам. В идеале желательно получить линейное распределение потенциалов вдоль поверхности пленки от электродов Uref до электродов GND. В действительности это не совсем так, поскольку в данной схеме гораздо сильнее, чем в 4-выводной схеме, проявляются граничные эффекты. В итоге при использовании 5-проводной схемы требуется программная

коррекция координат, которая основана на табличном методе. Таблица зашита в отдельной микросхеме EEPROM.

В последнее время появились более сложные топологии для резистивных сенсорных панелей — семи- и восьми электродные (см. рис. 2.156). Дополнительные электроды вводятся для того, чтобы можно было отслеживать локальные изменения сопротивления проводящей пленки сенсорного экрана вследствие временной деградации или влияния температуры.

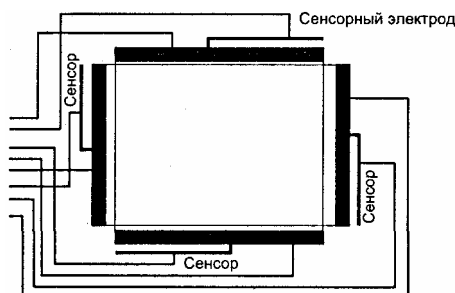


Рис. 2.156. Восьми электродная топология сенсорного экрана

2.2.3.5. Микросхемы контроллеров сенсорных резистивных панелей.

2.2.3.5.1. МИКРОСХЕМЫ ФИРМЫ BURR-BROWN

Самым известным производителем микросхем контроллеров для сенсорных резистивных панелей является фирма Burr-Brown (с конца ноября 2000 года подразделение Texas Instruments). К настоящему моменту фирмой разработаны 3 типа микросхем контроллеров:

- ADS7843 — контроллер 4-проводной резистивной панели;
- ADS7845 — контроллер 5-проводной резистивной панели;
- ADS7846 — контроллер 4-проводной резистивной панели с расширенными функциями (встроенный датчик температуры, измерение напряжения батареи питания, измерение силы давления при касании).

Основные характеристики микросхемы ADS7843:

- интерфейс с 4-проводной сенсорной панелью;
- пропорциональное преобразование координат;
- единственный источник питания: от 2 до 5 В;
- внешний источник опорного напряжения;
- скорость преобразования АЦП до 125 кГц;
- последовательный интерфейс с процессором;
- программируемая разрядность А/D преобразования — 8 или 12 разрядов;
- два дополнительных аналоговых входа;
- режим энергосбережения Power Down.

Основные характеристики микросхемы ADS7845:

- интерфейс с 5-ти проводной сенсорной панелью;
- пропорциональное преобразование координат;
- единственный источник питания: от 2 до 5 В;
- внешний источник опорного напряжения;
- скорость преобразования АЦП до 125 кГц;
- последовательный интерфейс с процессором;
- программируемая разрядность А/D преобразования — 8 или 12 разрядов;
- один дополнительный аналоговый вход;
- режим энергосбережения Power Down.

Основные характеристики микросхемы ADS7846:

- интерфейс с 4-проводной сенсорной панелью;
- пропорциональное преобразование координат;
- единственный источник питания: от 2 до 5 В;
- внешний источник опорного напряжения;
- скорость преобразования АЦП до 125 кГц;
- последовательный интерфейс с процессором;
- программируемая разрядность А/D преобразования — 8 или 12 разрядов;
- встроенный температурный датчик;

- вход для измерения напряжения батареи питания;
- измерение силы давления (Z-координата);
- режим энергосбережения PowerDown.

Области применения контроллеров:

- персональные устройства с сенсорным экраном;
- портативные приборы;
- пейджеры;
- Palmtops;
- торговые терминалы;
- сенсорные экраны на основе ЭЛТ.

2.2.3.5.1.1. Структура микросхемы ADS7843

Контроллер сенсорной панели состоит из следующих функциональных узлов (см. рис.2.157):

- входных ключей для коммутации режимов измерения;
- четырехканальный мультиплексор;
- ЦАПа;
- компаратора;
- регистра последовательного приближения (SAR);
- модуля последовательного интерфейса и управления.

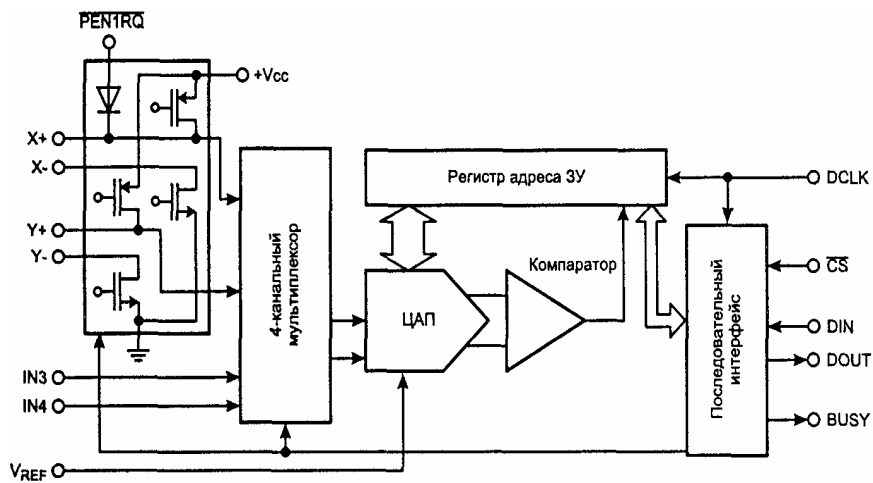


Рис. 2.157. Структура микросхемы контроллера сенсорных панелей ADS7843

В микросхеме ADS7843 (рис.2.158) предусмотрен режим энергосбережения Power Down. Ток потребления составляет в этом режиме около 2 мкА.

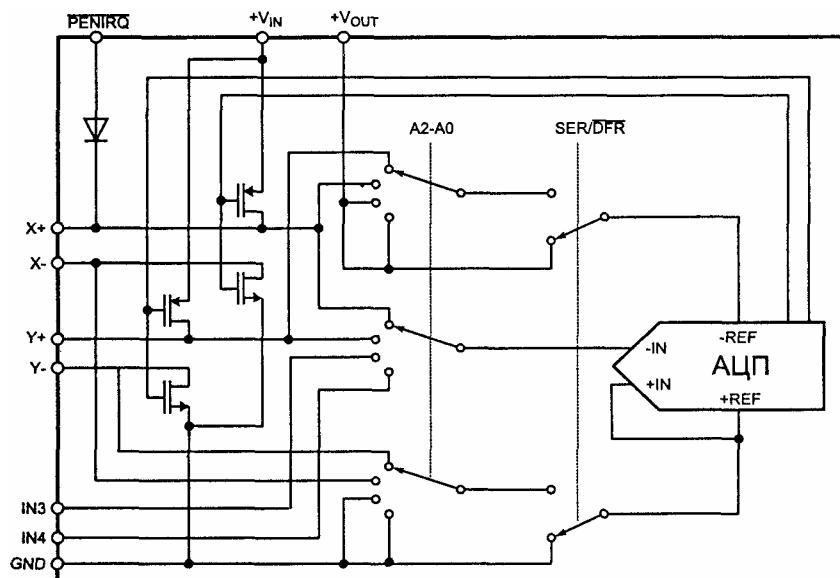


Рис. 2.158. Схема входных цепей контроллера ADS7843

Низкий уровень тока достигается за счет того, что в режиме ожидания касания питание снимается со всех узлов контроллера! При этом ключи X+, X-, Y+ находятся в закрытом состоянии и ток через них не протекает, а через ключ Y- резистивная пленка слоя Y подключена к потенциалу GND (рис.2.159). Резистор 100 кОм, на котором формируется напряжение сигнала прерывания (Лог. 0), соединен с одной стороны с источником питания Vcc (вывод IVD1), а с другой — через диод соединяется с резистивным слоем X (контакт X+). При касании поверхности сенсорной панели происходит замыкание поверхностей проводящих слоев X и Y. Через цепь: резистор 100 кОм — диод — сопротивление слоя X — контакт Sn — сопротивление слоя Y — ключ Y- начинает протекать ток. Потенциал на выходе PENIRQ изменяется от Vcc до 0,65 В.

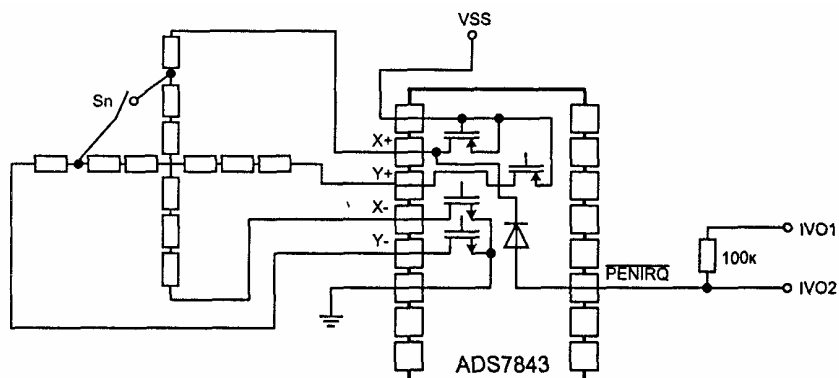


Рис. 2.159. Логика формирования прерывания в контроллере ADS7843 при фиксации касания сенсорной панели

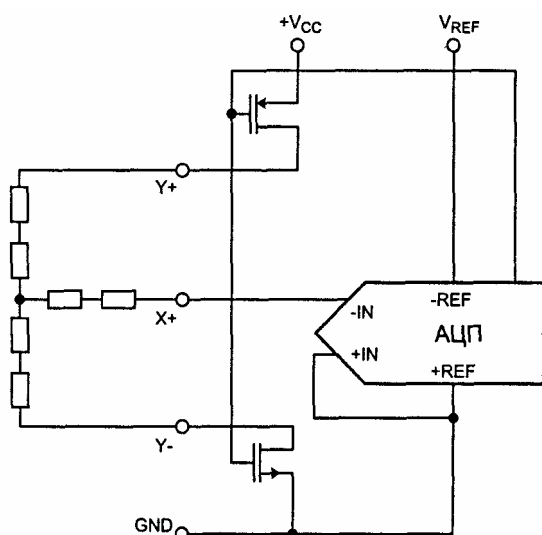


Рис. 2.160 Фаза определения координаты Y

Таким образом при касании сенсорной панели схемой контроллера фиксируется факт касания и активизируется сигнал прерывания PENIRQ. Управляющий процессор (контроллер) в обработке прерывания производит процедуру чтения значений координатных потенциалов, образованных узлом пересечения объемных резистивных делителей. На рис 2.160 приведено состояние коммутации цепей контроллера на фазе определения координаты Y.

2.2.3.5.1.2. Структура микросхемы ADS7845

Структура контроллера ADS7845 во многом аналогична структуре ADS7843. Однако есть отличия в выполнении входных ключей и логике определения координат. На рис. 2.161 приведена структура микросхемы ADS7845, а на рис. 2.162 — схема включения контроллера.

Измерение координат производится через аналоговый вход Wtper (ползунок).

При измерениях координат потенциалы верхнего левого угла сенсорной панели UL и нижнего правого угла неизменны и соответственно равны $UL = V_{cc}$, а $LR = 0$. Для измерения координаты Y устанавливаются следующие потенциалы: $UR = V_{cc}$, $LL = GND$. Измеренное напряжение на входе Wtper пропорционально соотношению сопротивлений по оси Y. Для измерения координаты X устанавливаются следующие потенциалы: $UR = GND$, $LL = V_{cc}$. Измеренное напряжение на входе Wtper пропорционально соотношению сопротивлений по оси X.

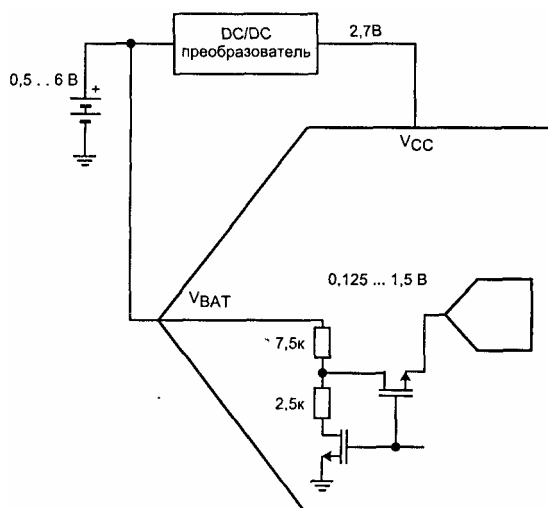


Рис. 2.164. Измерение напряжения батареи в контроллере ADS7846

2.2.3.5.2. МИКРОСХЕМЫ ФИРМЫ ANALOG DEVICES

Фирма Analog Devices также выпускает микросхемы контроллеров для сенсорных панелей — AD7843 и AD7873. Контроллеры обеспечивают разрешение 12 разрядов и предназначены для работы с сенсорными панелями, имеющими 4-проводную топологию. Контроллеры Analog Devices аналогичны по своей структуре и характеристикам контроллерам фирмы Burr-Brown. AD7843 аналогична по функциям контроллеру ADS7843. Как можно заметить, совпадает даже номер. А контроллер AD7873 аналогичен ADS7846, т. е. у него имеется два дополнительных канала АЦП для измерения температуры (встроенный датчик температуры) и напряжения батареи. На рис 2.165 приведена цоколевка контроллера AD7843.

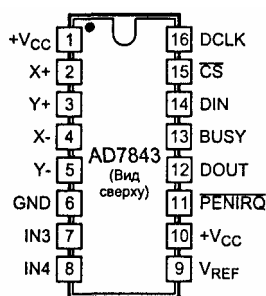


Рис. 2.165. Цоколевка микросхемы AD7843

2.2.3.6. Контроллеры резистивной сенсорной панели

2.2.3.6.1. Структура контроллера резистивной сенсорной панели

Контроллер сенсорной панели должен обеспечивать следующие функции:

- обнаружение факта касания;
- получение цифровых величин, пропорциональных координатам точки касания;
- коррекцию нелинейностей, вызванных краевыми эффектами и неоднородностью сопротивления пленки;
- передачу кодов процессору с эмуляцией интерфейса «Мышь».



Рис. 2.166. Структура интерфейса «сенсорная панель» на основе chipset MT410

Chipset MT410 обеспечивает аппаратную поддержку при сканировании и преобразовании полученных потенциалов в коды координат. Контроллер производит коррекцию нелинейности в соответствии с картой, хранящейся в EEPROM. Там же хранятся и поправочные коэффициенты, полученные в процессе калибровки сенсорного экрана. При калибровке производится оптическое согласование точки касания и изображения маркера на экране ЖКЭ (или монитора на основе ЭЛТ). Калибровка осуществляет привязку по нескольким

точкам касания. С помощью клавиатуры или того же сенсорной панели производится подгонка «больше — меньше». Связь с основным процессором производится по интерфейсу RS-232. Программа в масочном контроллере эмулирует устройство типа «мышь». Структура интерфейса «сенсорная панель» на основе chipset MT410 представлена на рис. 2.166.

2.2.3.6.2. Схемы реализации контроллеров сенсорного экрана

Существует несколько способов реализации интерфейса сенсорной панели. Первый основан на использовании сочетания управляющего контроллера и специализированного контроллера резистивной сенсорной панели. Управляющий контроллер обеспечивает последовательный интерфейс с системой, протокол обмена, управление процессом измерения координат точки касания. В качестве контроллера резистивной сенсорной панели можно использовать контроллеры Burt-Brown:

- ADS7843 или ADS7846 для 4-проводной схемы;
- ADS7845 для 5-проводной схемы.

На рис. 2.161 показан пример реализации интерфейса сенсорной панели для 5-ти проводных схем. В качестве управляющего контроллера применяется PIC16C622 фирмы Microchip. Пять выводов контроллера используются для связи с контроллером сенсорной панели.

В качестве трансиверов интерфейса RS-232 применяется микросхема MAX232 фирмы Maxim. Микросхема имеет встроенный charge-pump преобразователь напряжения, формирующий из +5 В напряжения +10 и —10 В для питания приемников и передатчиков. В трансивере задействован один канал приемника и один канал передатчика.

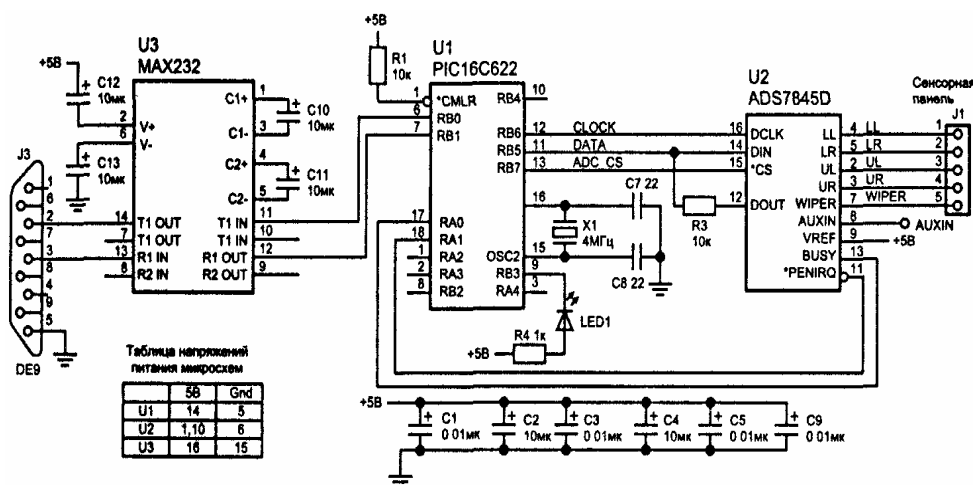


Рис. 2.161. Схема реализации интерфейса «сенсорная панель» (5-проводная схема)

На рис. 2.162 приведен один из возможных вариантов реализации контроллера 4-проводной резистивной сенсорной панели на основе специализированного контроллера TR88L811. Схема питается от линий интерфейса RS-232. От линии DTR, имеющей в рабочем режиме потенциал +12 В, питается линейный преобразователь, который питает контроллер (+3 В). Передатчик TxD собран на дискретных элементах и питается от линий интерфейса RS-232 DTR (+12 В) и TxD (-12 В). Контроллер обеспечивает преобразование и передачу X-Y координат, а также состояний двух кнопок по запросу со стороны DTE устройства - изменения сигнала RTS. Программа контроллера обеспечивает поддержку работы сенсорной панели, эмулируя устройство типа «Мышь».

На рис. 2.163 показана схема реализации простого и дешевого интерфейса для 5-проводной сенсорной панели на основе контроллера PIC16C711 содержащего 8-разрядный АЦП. Выходы порта В (RB2...RB5) соединяются с 4 угловыми контактами резистивной пленки и используются в качестве источников тестирующих напряжений.

Для создания горизонтального градиента напряжения в резистивной пленке (слева направо) контроллер устанавливает выходы UL (upper left) и LL (lower left) в «0», а UR (upper right) и LR (lower right) в «1» (+5 В). После чего выполняется цикл АЦП. Резистор R5 обеспечивает привязку входа АЦП к «земле». При наличии касания на входе АЦП будет потенциал, отличный от нуля. В первой фазе обнаруживается факт касания и определяется X координата точки касания. Светодиод LED1 подсвечивает процесс касания. Для второй фазы измерения контроллер изменяет потенциал на выходах UL(+5 В) и LR (0 В) и создает вертикальный градиент напряжения. Можно заметить, что для обеих фаз состояния выходов UR(+5 В) и LL(0 В) остаются неизменными и их можно было бы просто привязать к соответствующим потенциалам, не задействуя ножки контроллера. Однако это решение несколько ухудшит разрешающую способность панели, поскольку нарушится потенциальный баланс вследствие того, что потенциалы питания (+5 В и 0 В) и потенциалы соответствующие логическим «0» и «1» различны.

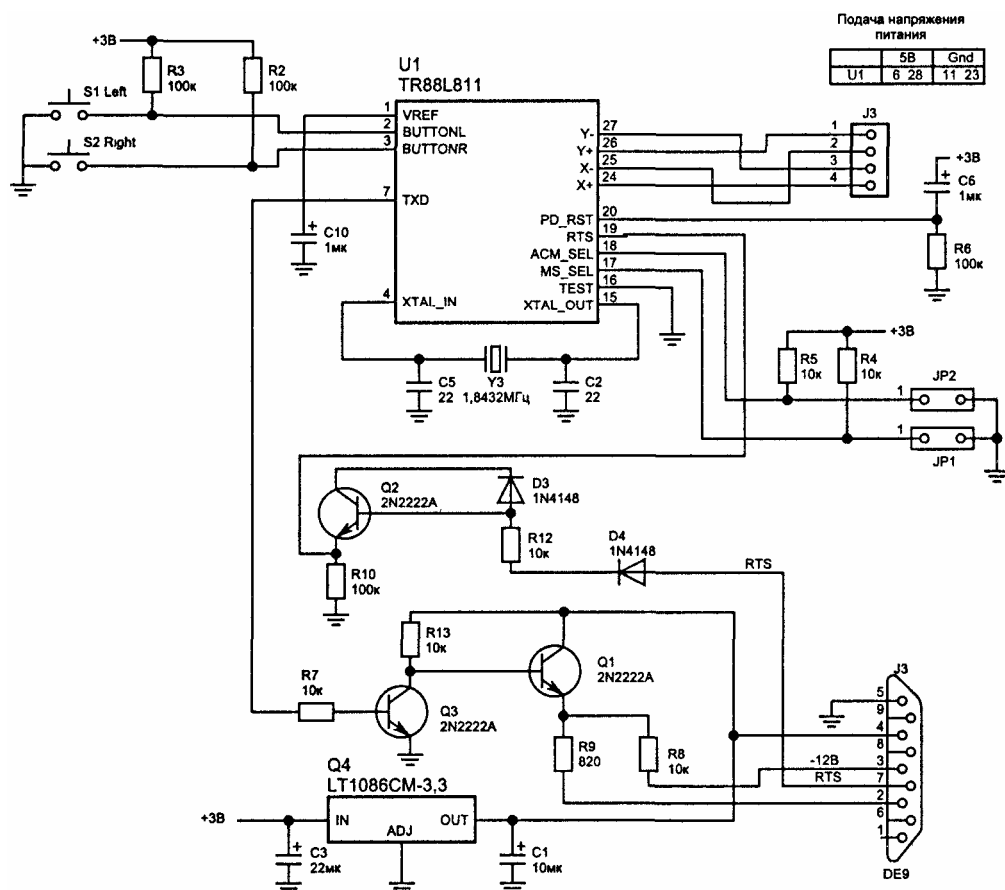


Рис. 2.162. Практическая реализация интерфейса «сенсорная панель» на основе контроллера TR88L811

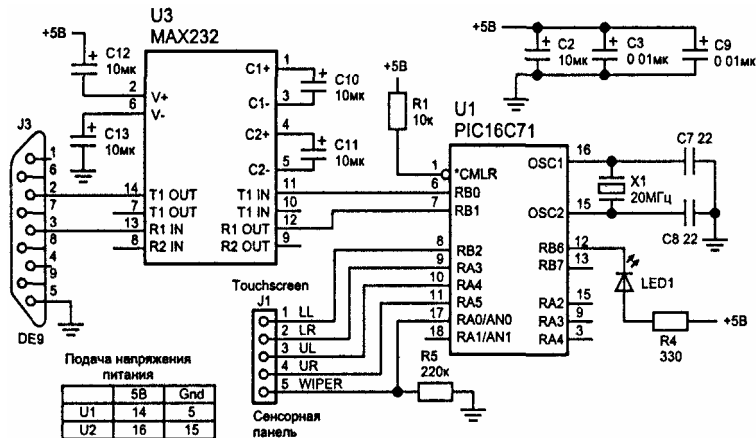


Рис. 2.163 Реализация интерфейса «сенсорная панель» на основе контроллера с АЦП Microchip PIC16C711

Предварительная калибровка сенсорной панели позволяет учесть смещение и ввести масштабные коэффициенты при вычислениях координат. В данной схеме калибровка и вычисление координат проводятся процессором устройства, с которым сенсорная панель связана посредством интерфейса RS-232. Последовательный интерфейс эмулируется в контроллере программно. Программа контроллера обеспечивает поддержку работы сенсорной панели, эмулируя устройство типа «Мышь».

2.2.3.6.3. Формат данных контроллера сенсорной панели

Контроллеры сенсорных панелей могут передавать данные в компьютер, используя различные типы интерфейсов: RS-232, PS/2, ASB или USB. В настоящий момент самым распространенным типом интерфейса для сенсорных панелей остается RS-232. Скорость передачи данных, как правило, 9600 бод. Пакет данных содержит 5 байтов, за секунду передается 167 пакетов данных. В табл. 2.37 показан формат данных для контроллеров MicroTouch.

Таблица 2.37

Номер байта	Позиция бита в посылке							
	7	6	5	4	3	2	1	0
1 (Status)	1	S6	Зарезервированы					
2	0	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0
3	0	X13	X12	X11	X10	X9	X8	X7
4	0	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0
5	0	Y13	Y12	Y11	Y10	Y9	Y8	Y7

Каждый пакет содержит один байт статуса и четыре байта координат X и Y. Статусный байт содержит бит признака касания S6 и кадровую метку (единица в 7-м разряде). Если S6 = 1 зафиксировано касание сенсорной панели, S6 = 0 — нет касания. Разрядность данных в пакете зависит от разрешения сенсорной панели. Если используется панель с меньшим разрешением, то число значащих битов во 2-м и 4-м байтах уменьшается. Позиция старшего разряда фиксирована — это 6-й разряд в 3-м и 5-м байтах. Протокол обмена «контроллер сенсорной панели — хост» содержит систему команд, напоминающую систему команд протокола клавиатуры АТ. После включения питания со стороны хоста подается запрос для определения наличия и типа подключенного устройства ввода. Сенсорная панель имеет свой код идентификатора. Со стороны хоста могут быть переданы команды, которые устанавливают режим работы сенсорной панели. В ответ контроллер сенсорной панели должен передавать флаг подтверждения приема команды АСК.

2.2.3.6.4. Защита входных цепей контроллера сенсорной панели

Если сенсорная панель и контроллер конструктивно выполнены отдельно, и связь между ними производится посредством кабеля, то необходимо обеспечивать защиту входных цепей контроллера чувствительных к перенапряжению и действию электростатических зарядов. Следует также обеспечить защиту высокоомных входов АЦП контроллера от высокочастотных наводок, поскольку длинные провода будут являться антенной для приема электромагнитных наводок от работающего рядом оборудования. Если панель используется в комплекте с матричным ЖКЭ с подсветкой на основе люминесцентной лампы с холодным катодом, сама поверхность ЖКЭ и тем более люминесцентная лампа вместе с преобразователем напряжения являются источниками сильных электромагнитных помех, которые будут воздействовать на входные цепи АЦП контроллера сенсорной панели. На рис. 2.164 показана рекомендованная производителем схема защиты входных цепей на основе ферритовых бусин и емкостей (ЭМИ-фильтр), а также диодов по питанию (защита от перенапряжений).

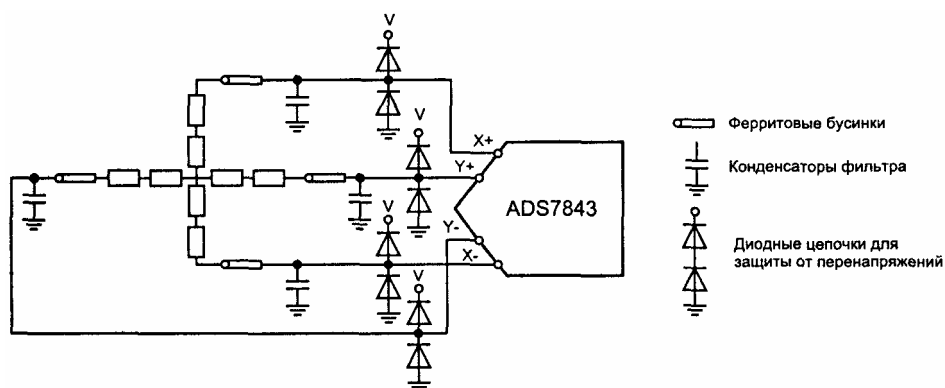


Рис. 2.164. Схема защиты входных цепей контроллера сенсорной панели

2.2.3.7. Устойчивость поверхности сенсорной панели к воздействию химически активных веществ

В процессе эксплуатации поверхность сенсорного экрана, кроме механического воздействия со стороны пользователя, может подвергаться воздействию химически активных веществ. Для защиты поверхности сенсорной панели от механических и химических воздействий используется прозрачная защитная пленка. Материал защитной пленки должен обеспечивать сохранение оптических свойств сенсорной панели после воздействия в течение 24 часов при температуре 50 °С следующих пищевых продуктов: кофе, чая, лимонного сока, майонеза, кетчупа, горчицы, соусов, а также более распространенных чистящих средств.

Кроме того, материал защитной пленки должен быть устойчив к воздействию таких химически активных жидкостей: спирта, ацетона, толуола, бензина, солянки, 10%-ной азотной кислоты. Одним из таких химически стойких материалов является *поликарбонат*.

2.2.3.8.. Новые типы сенсорных панелей для портативных приборов

Портативные приборы с каждым годом становятся все более функционально насыщенными и требуют применения более сложных устройств ввода информации, таких, например, как сенсорные панели. Поэтому появление сенсорных панелей нового типа, отличающихся от уже известных, основанных на резистивной технологии, вызывают неизменный интерес, как у пользователей, так и у производителей портативных приборов.

До недавнего времени каждый из типов портативных приборов, к которым относятся мобильные телефоны, пейджеры, PDA (Personal Digital Assistant) имел свойственное данному классу приборов устройство ввода информации. Для пейджера это несколько функциональных кнопок, для мобильного телефона — это клавиатура. PDA имел сенсорный экран, с помощью которого пользователь мог выбирать пункты меню и даже рисовать на экране. Сегодня каждое из названных устройств имеет более сложные функции, использование которых требует переосмысливания интерфейса пользователя. Например, многие современные PDA теперь имеют встроенный модем для выхода в Интернет, а также поддерживают функцию сотового телефона. В таком устройстве, при сохранении тенденции уменьшения габаритов, уже нет возможности сохранять одновременно клавиатуру и сенсорный экран. Требуется одно устройство ввода, которое бы обеспечивало поддержку всех пользовательских функций.

2.2.3.8.1. Выбор сенсорной панели

Большинство сенсорных панелей в современных приборах используют резистивную технологию. В этой технологии чувствительным элементом является проводящая гибкая мембрана, располагаемая над проводящей подложкой. При надавливании пальцем или контактным пером происходит замыкание проводящих поверхностей мембраны и подложки. Контроллер сенсорной панели обнаруживает факт касания и определяет координаты точки касания. Координаты определяются измерением напряжений между точкой касания и контакторами сенсорных проводящих пленок, на которые в процессе сканирования подаются опорные напряжения. Мембрана и подложка имеют прозрачные проводящие пленки на основе ИТО In_2O_3). Воздушный зазор между мембраной и подложкой задается с помощью спейсеров-шариков из твердого материала диаметром 25—90 мкм. Резистивная технология освоена многими фирмами, выпускающими сенсорные панели (Microtouch Systems, Inc., Densitron Technologies, Bergquist, Dynapro).

Резистивная технология обладает рядом недостатков. Во-первых, сама технология достаточно сложна и ее нельзя использовать в тех случаях, когда требуются криволинейные или очень тонкие сенсорные поверхности. Верхняя мембрана резистивных сенсорных панелей является подвижной частью конструкции и весьма чувствительна к механическим повреждениям. В процессе эксплуатации в хрупкой проводящей пленке двуокиси индия мембраны образуются трещины. Параметры самой пленки деградируют со временем. Чтобы сохранить точность определения координат и компенсировать деградацию параметров, требуется регулярная перекалибровка резистивной сенсорной панели.

Для дешевых резистивных панелей износостойкость составляет около 100000 нажатий, что примерно соизмеримо с износостойкостью дешевых пленочных клавиатур. Для более дорогих моделей резистивных панелей (Bergquist, Microtouch Systems Inc.) износостойкость может составлять до 30 млн. нажатий.

У резистивной панели со временем деградирует и уменьшается прозрачность проводящей пленки, что приводит к ухудшению качества наблюдаемого через сенсорную панель изображения. Коэффициент пропускания недорогих резистивных сенсорных панелей составляет около 75—85 %. Увеличение поглощения света приводит и к нарушению цветопередачи, если сенсорная панель применяется с цветными ЖК-дисплеями. Многослойность структуры резистивной панели дает на границах воздух — стекло или пластик — воздух искривление световых лучей, а также приводит к многократным внутрислойным отражениям света. При наблюдении дисплея под острыми углами эти оптические искажения в сенсорной панели усиливаются и приводят к появлению артефактов в изображении. Часть искажений можно было бы компенсировать использованием антибликовых фильтров, но, поскольку мембрана подвижна, это становится затруднительно. Внутренние отражения в сенсорной панели можно также уменьшить, если вместо воздуха внутреннее пространство между мембраной и подложкой заполнять специальной жидкостью, которая обеспечивает меньшее внутреннее отражение лучей света. Однако такое решение значительно усложнит технологию и приведет к увеличению цены сенсорной панели.

Альтернативные сенсорные технологии, основанные на емкостной и индуктивной чувствительности, свободны от многих недостатков, присущих резистивным сенсорным панелям.

Емкостные сенсорные экраны уже давно используются в дисплеях торговых терминалов и игровых автоматов.

С 1994 года в ноутбуках широко используется емкостное сенсорное устройство ввода информации TouchPad фирмы Synaptics.

Емкостные сенсорные панели имеют хорошую чувствительность при касании сенсорной поверхности пальцем оператора, однако, использование тактильного пера несовместимо с данной технологией.

Индуктивные сенсорные панели до недавнего времени не покидали пределов исследовательских лабораторий. Основная причина — более высокая стоимость реализации индуктивной сенсорной панели по

сравнению со стоимостью емкостной или резистивной панелей. К тому же схема управления индуктивной сенсорной панелью была сложной и потребляла значительный ток.

Непрерывное развитие технологий со временем позволило значительно уменьшить стоимость реализации емкостных и индуктивных сенсорных панелей. Одновременно был значительно уменьшен ток потребления контроллеров сенсорных панелей. Наличие этих факторов способствовало тому, что появилась возможность расширить сферу их использования.

Новые емкостные и индуктивные сенсорные технологии, недавно разработанные фирмой Synaptics, нацелены на использование именно в портативных приложениях.

Емкостная технология Synaptics зарегистрирована под торговой маркой Clear Pad™. Индуктивная сенсорная технология — под маркой Spiral®. Обе технологии ориентированы на использование в портативном оборудовании связи, например в мобильных телефонах нового поколения.

2.2.3.8.2. Емкостные сенсорные технологии TouchPad™ и Clear Pad™

Технология Clear Pad™ во многом похожа на другую сенсорную емкостную технологию этой же фирмы, Synaptics-TouchPad™, которая уже достаточно давно используется в качестве координатного указателя в ноутбуках.

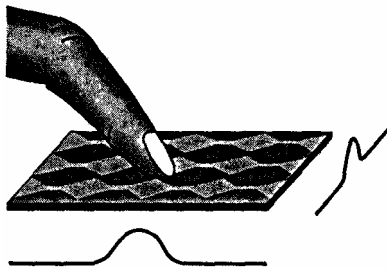


Рис. 2.165. Принцип действия емкостной сенсорной панели TouchPad™

Конструкция TouchPad представляет собой систему микрополосок, нанесенную на поверхность изоляционного материала (пленка майлара), имеющих для улучшения сенсорной чувствительности патентованную форму — в виде цепочек, образованных элементами, имеющими форму ромбиков (рис.2.165). Полоски образуют распределенную емкостную систему. Палец является проводником. При касании или просто приближении его к поверхности чувствительной панели кончик пальца образует с полосками множество микроконденсаторов и увеличивает интегральную емкость системы полосок. Микросхема контроллера, расположенная позади сенсорной панели, измеряет емкость каждой полоски и по разности приращений емкости определяет координаты кончика пальца.

В сенсорном контроллере, разработанном самой фирмой Synaptics, используется патентованный алгоритм для определения координат точки касания (или приближения) кончика пальца с точностью 0,001 дюйма! Сенсорное устройство способно не только обнаруживать и отслеживать перемещение пальца, но и обеспечивает возможность фиксировать факт касания поверхности панели! TouchPad может работать в режиме эмуляции мыши (тогда Хосту передаются только изменения координат) или со своим драйвером. В последнем случае передаются абсолютные координаты позиции указателя. Драйвер Synaptics обеспечивает дополнительные функции виртуального скроллинга. Когда палец пользователя достигает границ коврика (панели), осуществляется вертикальный или горизонтальный скроллинг.

Сохраняя все достоинства и характеристики TouchPad, панели Clear Pad к тому же еще прозрачны и предназначены для использования поверх ЖК-дисплея. Сенсорные панели Clear Pad™ имеют толщину менее 0,5 мм. Разрешение емкостных панелей Clear Pad™ достигает 1000 точек на дюйм. Емкостные панели Synaptics не требуют калибровки, а их свойства не зависят от влажности и температуры окружающей среды. Гибкая конструкция панелей Clear Pad™ позволяет использовать ее и на сферических поверхностях.

2.2.3.8.3. Сенсорная технология Spiral®

Индуктивная чувствительность обусловлена использованием двух резонансных катушек индуктивностей. Одна из них расположена в наконечнике тактильного пера, а другая — внутри сенсорной панели. На рис. 2.166 показан принцип действия индукционной сенсорной панели.

Индукционная система в сенсорной панели производит возбуждение резонансного контура в наконечнике пера, а затем определяет координаты расположения контура пера относительно опорных точек возбуждающей индуктивной системы панели. Патентованная система индукционной системы реализована внутри печатной платы. Топология проводников печатной платы образует ортогональную систему двух индуктивностей, на которые в процессе сканирования подаются синусоидальные и косинусоидальные сигналы. Резонансный контур внутри пера Spiral® взаимодействует с наведенными электромагнитными полями двух печатных катушек. По искажению формы сигналов возбуждения определяется местоположение сердечника тактильного пера относительно индукционной координатной системы.

Фирмой Synaptics разработана микросхема ASL200 специализированного контроллера для управления

процессом сканирования в индуктивной сенсорной панели (рис. 2.167). Микросхема содержит:

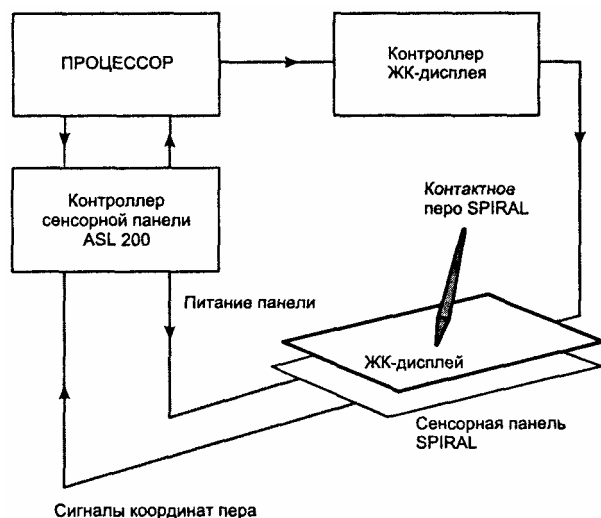


Рис. 2.166. Структура сенсорного экрана Spiral® фирмы Synaptics

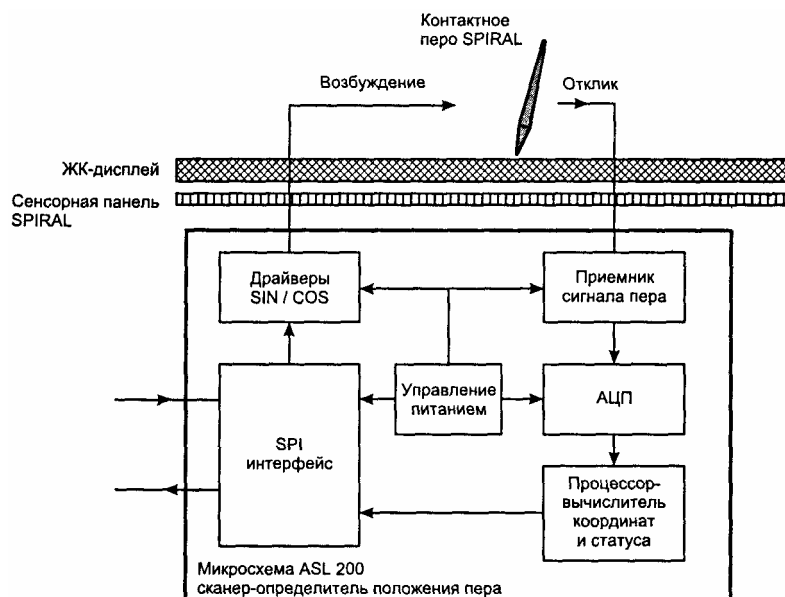


Рис. 2.167. Структура микросхемы ASL200 контроллер индукционной сенсорной панели

- силовые драйверы для формирования синусоидальных и косинусоидальных сигналов возбуждения печатных катушек;
- встроенный преобразователь напряжения;
- селективный усилитель индуцированного сигнала;
- аналого-цифровой преобразователь;
- специализированный встроенный RISC-контроллер для вычисления координат пера;
- интерфейс PC для связи с хост-процессором.

Расположена индукционная сенсорная поверхность позади ЖК-дисплея, поэтому, в отличие от резистивных сенсорных панелей, она не может влиять на оптические свойства самого дисплея. Электромагнитные поля, возникающие в процессе работы индукционной сенсорной панели, не нарушают работу схем управления ЖК-дисплеем и не влияют на характеристики самого дисплея. При свободной фронтальной поверхности дисплея можно использовать антибликовые фильтры. Применение антибликовых пленок-фильтров позволяет существенно повысить качество изображения ЖК-дисплея.

2.2.3.8.4. Улучшение интерфейса пользователя

В ранних системах Palm-компьютеров и мобильных телефонов было достаточно использование функций указания и набора текста. В современных портативных устройствах требуется пользовательский интерфейс с куда более мощными функциями. Система Microsoft Pocket PC дает возможность использовать интерфейс пользователя, близкий к интерфейсу больших персональных компьютеров. Сенсорная панель в

ручных компьютерах подменяет мышь. В обычном компьютере пользователь мышью подводит курсор к иконке, а затем "кликает" кнопкой. В ручном компьютере пользователь просто указывает пером на функциональную иконку. Можно заметить, что действие этих двух устройств неадекватно.

При использовании мыши указание и выбор — это два отдельных действия. Сначала курсор приближается к иконке, а затем кнопкой выбирается объект или функция. В современных прикладных программах при указании на объект (иконку) может выпадать вспомогательное меню или подсказка. Далее пользователь может двигаться по дереву последовательных меню, не совершая при этом выбора. Если применяется обычная двумерная резистивная клавиатура, то такая функция физически не может быть поддержана, поскольку указание и выбор совмещены в одном действии — при фиксации нажатия.

В индуктивной сенсорной технологии SPIRAL поддерживается раздельное указание и выбор. В наконечнике пера Spiral реализован механический датчик давления, который изменяет свойства резонансного контура внутри пера. Это изменение фиксируется приемником микросхемы ASL200 по изменению формы отклика сигнала.

Поддержка pop-up меню не только расширяет функциональные возможности интерфейса пользователя в ручных компьютерах, но и обеспечивает совместимость программного обеспечения между настольными и ручными компьютерами.

Следует отметить, что и у резистивных сенсорных панелей можно программно-аппаратно контролировать силу давления тактильного пера или пальца на точку сенсорной поверхности. В этом случае есть возможность реализовать раздельное указание и выбор за счет контроля силы нажатия.

2.2.3.8.5. Грубая и точная чувствительность

Интерфейс пользователя на основе координатного указателя (манипулятор мышь, трекбол или TouchPad) имеет две различные формы активности. К первому типу относятся такие задачи, как выбор текста и рукописный ввод текста, что требует особенной точности позиционирования указателя и концентрации внимания пользователя. Другой тип включает задачи, связанные с выбором команд из меню. В последнем случае от указателя не требуется особой точности, а действия оператора не требуют напряжения. Интерфейс пользователя зачастую обеспечивает различные механизмы, для того чтобы отличать эти два типа действий. Например, в Palm OS имеется отдельная область для рисования. Система Windows для настольных компьютеров использует левую кнопку мыши для выбора иконки, а правую для выполнения команды. Естественным желанием было бы сохранить это различие в ручных компьютерах и определить тактильное перо для точных операций, связанных с рисованием, а палец — для выбора из меню. Как мы убедились ранее, резистивная сенсорная панель не дает возможности отличить действие контактного пера от надавливания пальцем.

Емкостные и индуктивные сенсорные панели способны обеспечить решение этой проблемы, поскольку их использование взаимно не исключает друг друга. Таким образом, можно создать гибридную сенсорную индуктивно-емкостную панель, "которая будет иметь в совокупности лучшие показатели по точности, чем резистивная панель и будет обладать возможностью отличать указание пальцем от указания тактильным пером. Применение гибрида индуктивно-емкостной сенсорной панели может значительно расширить возможности человеко-машинного интерфейса.

Другой новой особенностью в интерфейсах портативных приборов является рукописный ввод текста с помощью пальца. Многие современные портативные приборы имеют интерфейс для рукописного ввода текста, реализуемый с помощью ручки или контактного пера. Фирма Synaptics выпустила для китайского рынка персональных компьютеров устройство рукописного ввода текста QuikStroke™. В состав устройства входит TouchPad, обеспечивающий рукописный ввод символов. Исследования, проведенные вместе со своими партнерами фирмой Synaptics, показали, что палец является неплохим инструментом для рукописного ввода текста, если устройство ввода хорошо адаптировано под него. Как уже упоминалось ранее, емкостная сенсорная панель очень удобна для ввода информации с помощью пальца.

В одном из исследований стандартная клавиатурная клавиатура была заменена на емкостную сенсорную панель. Работа с сенсорной панелью поддерживалась специальным программным обеспечением, позволяющим различать рукописный ввод цифр номера. Тесты на реальных пользователях показали, что такой интерфейс способен обеспечивать легкий набор номера. С помощью той же панели можно легко достичь и рукописного ввода символов, в то время как при использовании для той же цели клавиатуры требуются использование достаточно сложных для пользователя манипуляций с клавишами. Другим достоинством пальцевого рукописного ввода цифр на мобильном телефоне является то, что набор можно производить не глядя на дисплей. Таким образом, использование емкостной сенсорной панели в мобильных телефонах вместо поля клавиш позволяет не только расширить возможности для удобства ввода, но и разработать более компактную конструкцию устройства.

2.2.3.8.6. Другие новации фирмы Synaptics в области сенсорных технологий

Фирма Synaptics была образована в 1986 году. Первым удачным изделием фирмы, давшей ей известность на компьютерном рынке, была встраиваемая в клавиатуру ноутбуков сенсорная панель TouchPad. Начиная с 1994 года фирмой было продано более миллиона изделий TouchPad. Характерной

особенностью фирмы Synaptics является комплексный подход при реализации новых изделий. Фирма занимается не только разработкой конструкции и технологии новых сенсорных устройств ввода информации для компьютеров и мобильных связанных устройств, но и сама также разрабатывает и заказные микросхемы контроллеров для их управления, а также своими силами производит разработку программного обеспечения для этих устройств. Программное обеспечение, разработанное фирмой Synaptics для распознавания рукописного текста и используемое в сенсорных устройствах ввода, нашло применение и в почтовых отделениях США для распознавания рукописных адресов на конвертах.

2.2.3.8.7. Гибрид TouchPad и считывателя отпечатков пальца

Обеспечение безопасности доступа к индивидуальным компьютерным и связным устройствам становится в последнее время весьма актуальной темой. Фирма Synaptics совместно с фирмой AuthenTec, известной в области разработки микросхем для идентификации личности по отпечатку пальца, заключили недавно соглашение о проведении совместной разработки устройства ввода для ноутбуков и мобильных телефонов нового поколения. Данное устройство базируется на применении двух технологий: емкостной сенсорной панели типа TouchPad фирмы Synaptics и микросхемы AES3500 EntrePad — считывателя отпечатка пальцев фирмы AuthenTec. В процессе работы предполагается создание базовых аппаратных и программных средств, которые могут быть использованы как во встраиваемых приложениях (ноутбуки, сотовые телефоны, PDA), так и в отдельно поставляемых устройствах с интерфейсом USB.

2.2.3.8.8. Интерфейс cPad фирмы Synaptics

Продолжая удерживать лидирующие позиции в своей области, фирма старается расширить сферу использования своих сенсорных устройств, а также ввести новые качества уже для известных устройств ввода. К такому решению относится разработка нового интерфейса cPad. Интерфейс в основном предназначен для встраивания в ноутбуки вместо интерфейсов TouchPad. Интерфейс представляет интегральный модуль, содержащий емкостную сенсорную панель типа ClearPad фирмы Synaptics и монохромный ЖК-дисплей формата 240 × 160 пикселей (1/8 VGA) фирмы Tree-Five Systems. Таким образом, в ноутбуке появляется второй вспомогательный дисплей, который совместно с емкостной сенсорной панелью предназначен для расширения функциональных возможностей ввода данных в ноутбуке. Естественно, использование нового устройства требует разработки своего пользовательского интерфейса.

В новом пользовательском интерфейсе, например, предполагается, что запускающие меню не будут больше уменьшать полезное пространство на основном экране, поскольку будут индифицироваться на экране вспомогательного дисплея. На дополнительном дисплее также будут отображаться дата, поле калькулятора и органы регулировки для мультимедийных устройств. Сенсорная панель cPad будет обеспечивать рукописный ввод символов.

2.2.3.8.9. Альянс Synaptics и Zytronic

Продолжая наступление по всем направлениям, фирма Synaptics заключила соглашение с фирмой Zytronic о совместной разработке большей емкостной сенсорной панели. Вкладом фирмы Synaptics в предстоящей работе будет разработка контроллера и программного обеспечения. Zytronic берется за разработку технологии сборки емкостной сенсорной панели на основе стеклянной подложки.

Пользовательский интерфейс в компьютерных устройствах продолжает оставаться зоной исследований и новаций. Но одно уже совершенно ясно — использование сенсорных технологий позволяет получить такие функции и удобства для ввода информации в портативных приборах, которые ранее не были достижимы.

В этом разделе использована информация из [7].

Контрольные вопросы

1. Какие две технологии сенсорных экранов доминируют в основном в настоящее время?
2. Какие преимущества имеют резистивные сенсорные панели по сравнению с емкостными?
3. Какие преимущества имеет дискретный сенсорный экран, основанный на ИК-сканировании?
4. Где используются в основном емкостные сенсорные экраны?
5. Опишите конструкцию резистивной сенсорной панели.
6. Как формируется рабочий зазор в резистивных сенсорных панелях?
7. Чем определяется сенсорная чувствительность резистивных сенсорных панелей?
8. Что понимается под сенсорной чувствительностью резистивной сенсорной панели?
9. Как можно организовать сенсорную панель в самом простом варианте?
10. Охарактеризуйте резистивную сенсорную панель дискретно-аналогового типа.
11. Охарактеризуйте 4-проводную топологическую схему организации аналоговых резистивных сенсорных панелей.
12. Перечислите основные характеристики сенсорных резистивных панелей:

13. Охарактеризуйте технологию сборки 4-проводной сенсорной панели TouchTek™4 фирмы Micro Touch Systems.
14. Охарактеризуйте 5-проводную топологическую схему организации аналоговых резистивных сенсорных панелей.
15. Охарактеризуйте семи- и восьми электродные схему организации аналоговых резистивных сенсорных панелей.
16. Перечислите основные характеристики контроллера сенсорных резистивных панелей (микросхема ADS7843).
17. Перечислите основные характеристики контроллера сенсорных резистивных панелей (микросхема ADS7845).
18. Перечислите основные характеристики контроллера сенсорных резистивных панелей (микросхема ADS7847).
19. Перечислите области применения контроллеров сенсорных резистивных панелей.
20. Опишите структуру микросхемы ADS7843.
21. Опишите работу микросхемы ADS7843.
22. Опишите структуру микросхемы ADS7843 и схему ее включения.
23. Опишите структуру контроллера ADS7846.
24. Охарактеризуйте микросхемы контроллеров сенсорных панелей фирмы Analog Devices.
25. Перечислите функции, которые должен обеспечивать контроллер сенсорной панели.
26. Охарактеризуйте схему реализации интерфейса «сенсорная панель» в 5-проводном варианте на базе контроллера PIC16C622 фирмы Microchip.
27. Охарактеризуйте реализацию контроллера 4-проводной резистивной сенсорной панели на основе специализированного контроллера TR88L811.
28. Охарактеризуйте схему реализации интерфейса «сенсорная панель» в 5-проводном варианте на базе контроллера PIC16C711 содержащего 8-разрядный АЦП.
29. Охарактеризуйте формат данных обмена контроллеров MicroTouch с компьютером.
30. Как осуществляется защита входных цепей контроллеров сенсорного экрана от перенапряжения и действия электростатических зарядов?
31. Как обеспечивается устойчивость поверхности сенсорной панели к воздействию химически активных веществ.
32. Охарактеризуйте недостатки резистивных технологий сенсорных панелей.
33. Охарактеризуйте емкостные сенсорные технологии TouchPad™ и Clear Pad™.
34. Охарактеризуйте индуктивную сенсорную технологию Spiral®.
35. Охарактеризуйте проблемы улучшения интерфейса пользователя на базе сенсорных панелей.
36. Охарактеризуйте грубую и точную чувствительность сенсорных экранов.
37. Охарактеризуйте интерфейс cPad фирмы Synaptics.

2.3. Стандарты по эргономике и энергосбережению

Как известно, эргономика — это наука, изучающая методы улучшения условий работы оператора в рамках системы «человек—машина». Говоря об эргономичности того или иного изделия, мы подразумеваем широкий круг вопросов: привлекательный дизайн, удобство пользования, отсутствие вредных для здоровья оператора факторов и др. Другими словами, эргономичный — значит удобный для работы. В последнее время в это понятие включаются вопросы энергосбережения и охраны окружающей среды.

2.3.1. СТАНДАРТЫ ПО ЭРГОНОМИКЕ

2.3.1.1. Факторы, негативно влияющие на здоровье оператора

Из всех компонентов РС монитор в наибольшей степени влияет на состояние здоровья оператора (и не только зрения!). Это объясняется рядом факторов, среди которых можно выделить следующие:

- мягкое рентгеновское излучение, возникающее за счет бомбардировки экрана монитора пучком электронов;
- инфракрасное и ультрафиолетовое излучение;
- низкочастотные электрические и магнитные поля;
- электростатическое поле;
- световые блики (отраженный от экрана свет);
- мерцание изображения.

Кратко рассмотрим причины, порождающие эти вредные воздействия.

Как известно из курса физики, рентгеновское излучение появляется при резком изменении скорости движения заряженных частиц. Такой эффект, в частности, имеет место в кинескопе монитора, когда испускаемые электронной пушкой электроны разгоняются, а затем резко тормозятся, попадая на экран, покрытый люминофором. Интенсивность возникающего при этом рентгеновского излучения прямо пропорциональна скорости соударения, а значит, и величине напряжения анод-катод, которое составляло в первых моделях мониторов более двух десятков киловольт.

Источником ультрафиолетового и инфракрасного излучения является люминофорное покрытие, которое разогревается при электронной бомбардировке до высокой температуры и само превращается в источник излучения.

Низкочастотные электромагнитные поля являются в основном результатом работы блока развертки и магнитной отклоняющей системы кинескопа, через которую протекает достаточно сильный переменный ток.

Наличие электростатического поля обусловлено скоплением на экране кинескопа избыточного отрицательного заряда за счет действия электронного пучка.

Блики экрана обусловлены отражением падающего света от внешней поверхности экрана. Их интенсивность зависит от способа обработки лицевой части колбы кинескопа. Блики максимальной интенсивности наблюдаются, когда наружная часть экрана представляет собой обычное, ничем не обработанное стекло.

Каждый из этих факторов в отдельности способен нанести ощутимый вред здоровью оператора, а при совместном воздействии — тем более. Следовательно, необходимо определить максимально допустимые уровни вредных излучений, а также пути их снижения. С этой целью ряд национальных и международных организаций, в частности, международная организация стандартизации ISO (*International Standard Organisation*), разработали свои документы (спецификации), в которых определены требования к монитору РС с точки зрения эргономики. Однако наиболее известны разработки шведских организаций. Сформулированные ими требования являются наиболее жесткими и обеспечивают наилучшую защиту оператора. Таковыми организациями являются:

- MPR (*Swedish National Board of Measurement and Testing*) — шведский национальный совет по измерениям и тестированию;
- TCO (*The Swedish Confederation of Professional Employees*) — шведская конфедерация профессиональных служащих, объединяющая 1,3 млн наемных работников.

Отметим, что аббревиатуры MPR и TCO образованы первыми буквами шведских слов, поэтому они не согласуются с приведенным в скобках английским переводом названия организации.

Первоначально при сертификации мониторов РС получила распространение спецификация MPR, однако в дальнейшем производители компьютерного оборудования стали в большей степени ориентироваться на спецификацию TCO как более современную и строгую.

2.3.1.2. Спецификации TCO 92, TCO 95 и TCO 99

Наиболее авторитетные и всеобъемлющие рекомендации предлагает TCO, которая при подготовке и выпуске своих документов активно сотрудничает еще с тремя организациями:

- Naturskyddsföreningen (*The Swedish Society for Nature Conservation*) — шведским обществом охраны

природы. Это крупнейшая в Швеции организация по охране окружающей среды, широко использующая практику маркировки экологически безвредных товаров символом «хороший экологический выбор»;

- NUTEK (*The National Board for Industrial and Technical Development in Sweden*) — шведским национальным советом по промышленному и техническому развитию. Это правительственная организация, работающая в области сбережения энергии;
- SEMKO AB — организацией, являющейся мировым лидером в области сертификации электротехнических изделий по электробезопасности.

Эти организации разработали свои документы (спецификации), и мониторы, удовлетворяющие требованиям, сформулированным в них, получают соответствующую маркировку. В частности, в рекламных объявлениях можно встретить такие обозначения: TCO 92, TCO 95 (рис. 2.168). Что они обозначают и чем отличаются друг от друга?

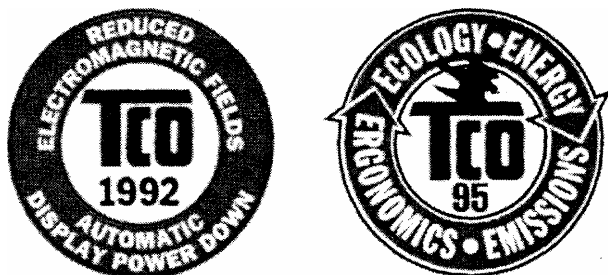


Рис. 2.168. Логотипы TCO 92 и TCO 95

Наиболее жесткие требования к мониторам сформулированы в документе TCO 92.

Чтобы получить логотип TCO 92, монитор должен удовлетворять следующим требованиям.

1. Соответствовать требованиям **ТСО**, определяющим понятие «low radiation monitor» — монитор с низким уровнем вредных излучений. Это значит, что создаваемые монитором напряженность электрического поля и магнитная индукция не должны превышать предельных значений, указанных в табл. 2.38.

Таблица 2.38. Максимально допустимые значения вредных излучений монитора (согласно спецификации TCO 92)

Диапазон частот	Характеристика поля	
	Напряженность электрического поля, не более	Индукция магнитного поля, не более
0 (статическое поле)	±500 В (потенциал поля)	—
5-2000 Гц	±10 В/м	200 нТл
2-400 кГц	±1 В/м	025 нТл

Таблица 2.39. Варианты автоматического отключения монитора (согласно TCO 92)

Вариант	Этап	Содержание
А (монитор автоматически отключается в 2 этапа)	1 (A1)	Монитор автоматически переходит в дежурный режим (Stand By mode), если мышь и клавиатура не используются в течение заданного времени. Энергопотребление в этом режиме не должно превышать 30 Вт. Возврат в нормальный режим должен произойти в течение 3 с после активации мыши или клавиатуры
	2 (A2)	Если спустя заданное время монитор в дежурном режиме не был активирован, он переходит в режим отключения питания (Power Off mode). Энергопотребление в этом режиме не должно превышать 8 Вт, а время возврата в активный режим должно быть таким же, как и при «холодном» включении
Б (монитор автоматически отключается за 1 этап)	1 (B1)	Монитор автоматически переходит в дежурный режим (Stand By mode), если мышь и клавиатура не используются в течение заданного времени. Энергопотребление в этом режиме не должно превышать 15 Вт. Возврат в нормальный режим должен произойти в течение 3 с после активации мыши или клавиатуры

Примечание. Очевидно, что вариант Б обеспечивает меньшее энергосбережение. NLJTEK рекомендует использовать его для серверов и терминалов, а для обычных (домашних) компьютеров использовать вариант А.

Для статического электрического поля вместо напряженности указывают потенциал. Электрическое поле измеряется на расстоянии 30 см от экрана и в радиусе 50 см вокруг него. Магнитное поле измеряется только в радиусе 50 см от монитора.

2. Иметь функцию автоматического отключения (снижения энергопотребления). Если монитор не используется в течение некоторого времени, он должен отключиться одним из двух способов, указанных в табл. 2.39.

3. Удовлетворять европейским требованиям по пожарной и электробезопасности.

4. В комплект поставки монитора должна входить декларация производителя об энергопотреблении изделия.

5. Производитель обязан иметь сертификат лаборатории TCO на свое изделие.

Как следует из вышеизложенного, далеко не каждый монитор на самом деле имеет право носить логотип TCO 92. В первую очередь, это касается изделий типа *Noname* из Юго-Восточной Азии. К настоящему времени сертификат TCO 92 получили только 600 моделей мониторов на основе ЭЛТ и 45 плоскпанельных мониторов.

Подобные требования предъявляет спецификация MPR II, но они являются более мягкими. Это выражается, во-первых, в более высоких значениях предельных уровней излучения и, во-вторых, в большей дистанции от экрана при проведении измерений (50 см в MPR II против 30 см в TCO 92).

Спецификация TCO 92 определяла требования только к мониторам. В новой версии 1995 г. — TCO 95 — сформулированы эргономические требования к компьютеру в целом. Кроме того, в новый стандарт были включены требования по экологии (отсутствие в изделии вредных веществ типа фреонов, тяжелых металлов, полная утилизация после эксплуатации и др.). Все это отражено в логотипе нового стандарта (см. рис. 2.168), на котором присутствуют «четыре Е»: Emissions, Energy, Ergonomics, Ecology—излучения, энергосбережение, эргономика, экология.

Отметим, что с точки зрения уровней вредных излучений монитора спецификации TCO 92 и TCO 95 идентичны.

Разработка TCO 95 выполнялась на основе международного стандарта ISO 9241, определяющего необходимые эргономические характеристики монитора. По ряду параметров требования спецификации TCO 95 являются даже более жесткими, чем ISO 9241:

- при оценке линейности раstra ISO 9241 требует, чтобы длина соседних строк и столбцов различалась не более чем на 2%. TCO 95 устанавливает этот предел равным 1%;
- согласно ISO 9241, минимальная яркость свечения экрана монитора должна составлять 35 кд/м². TCO 95 требует 100 кд/м²;
- при оценке равномерности яркости экрана ISO 9241 устанавливает максимально допустимое отношение яркости в самой яркой точке экрана и в его центре 1,7:1. TCO 95 требует соблюдения указанного соотношения для любой пары точек экрана.

Первым компьютером, который целиком удовлетворял спецификации TCO 95, стал Optiplex Gn/Gn+ фирмы Dell.

В настоящее время действует новая спецификация — TCO 99. Так же как и TCO 95, она основана на упомянутой выше концепции «четырех Е» и устанавливает аналогичные предельные уровни излучений, однако по каждому из разделов имеется ряд отличий:

- *излучения*; максимально допустимые уровни вредных излучений остались прежними, но ужесточились требования к методикам их измерения;
- *энергосбережение*; снижен максимально допустимый уровень энергопотребления в дежурном режиме, время установления рабочего режима ограничено 3 с;
- *эргономика*; более строгие требования предъявляются к яркости, равномерности и контрастности изображения, мерцанию и бликам; впервые введены ограничения на уровень шума. Предусмотрены альтернативные, эргономические конструкции клавиатуры;
- *экология*; экологические требования, по сравнению с предъявляемыми в TCO 95, не изменились, однако для фирм-производителей упростилась процедура получения сертификата. Предусмотрены широкое использование безопасных для окружающей среды материалов и кооперация с компаниями, производящими утилизацию электронного оборудования.

Таковы предъявляемые к мониторам эргономические требования. Как же они реализуются? Каковы конструктивные особенности монитора, удовлетворяющего определению «low radiation»?

2.3.1.3. Конструктивные особенности эргономичных мониторов

Люминофорное покрытие мониторов «low radiation» имеет более высокую чувствительность к воздействию электронов, благодаря чему при менее интенсивной бомбардировке электронами обеспечивается прежняя яркость свечения. В результате удается значительно снизить ускоряющее и анодное

напряжение, а вместе с ними и интенсивность рентгеновского излучения. Кроме того, благодаря уменьшению скорости удара электронов об экран, снижается температура разогрева люминофора, в результате чего уменьшается интенсивность инфракрасного и ультрафиолетового излучений.

В мониторах «low radiation» используются ЭЛТ, экран которых сделан из специального стекла, содержащего примеси атомов тяжелых металлов, и выполняет функцию защитного экрана. Благодаря этому значительно снижается интенсивность рентгеновского излучения в направлении оператора.

Особое внимание в мониторах «low radiation» уделено проблеме бликов экрана. Простейший способ уменьшить интенсивность бликов — использовать матовую внешнюю поверхность, полученную в результате пневматической обработки экрана абразивными материалами. Этот прием используется в дешевых моделях мониторов. Его недостаток состоит в том, что шероховатость поверхности экрана вызывает нежелательное преломление и рассеяние света, идущего от люминофорного покрытия, в результате чего изображение на экране монитора становится рыхлым и нечетким.

Более совершенный способ борьбы с бликами — использование специального антибликового покрытия, наносимого на внешнюю поверхность экрана монитора. Принцип его действия состоит в использовании явления интерференции световых волн, отраженных от внешней и внутренней сторон антибликового покрытия. При определенной толщине такого покрытия сдвиг фаз между этими волнами составит 180° , в результате чего они компенсируют друг друга, препятствуя образованию бликов. Этот же прием используется при изготовлении высококачественных объективов и называется «просветлением оптики».

В настоящее время широко используется антибликовое покрытие, выполненное из специальных поляризационных материалов. Принцип его действия основан на изменении поляризации отраженной волны: это покрытие является прозрачным для падающей волны и непрозрачным — для отраженной.

Снижение электростатического потенциала достигается за счет использования специальных экранирующих материалов, соединенных с заземляющим проводом.

В результате принятых мер отпадает необходимость в использовании специальных защитных экранов, которые еще недавно считались непременным атрибутом монитора.

2.3.2. СТАНДАРТЫ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

2.3.2.1. Спецификация Energy Star

Проблемами энергосбережения занимаются не только шведские организации. Американское агентство EPA (*US Environmental Protection Agency* — американское агентство по охране окружающей среды) давно и успешно реализует программу Energy Star, обеспечивающую энергосберегающие функции компьютера. Компьютерное и другое оборудование, удовлетворяющее требованиям EPA, принято называть «зеленым» (например, «зеленые» мониторы, «зеленые» материнские



Рис. 2.169. Логотип спецификации Energy Star

платы и т. п.). Таких изделий сегодня подавляющее большинство. Например, «зеленую» материнскую плату легко отличить по характерному логотипу (рис. 2.169), появляющемуся в правом верхнем углу экрана монитора при включении компьютера. Оборудование, соответствующее требованиям спецификации Energy Star, должно:

- иметь среднюю потребляемую мощность не более 30 Вт;
- не содержать в своей конструкции токсичных материалов;
- допускать после окончания срока службы 100%-ную утилизацию,

2.3.2.2. Стандарт DPMS

Для реализации видеосистемой PC энергосберегающих функций ассоциация VESA разработала специальный стандарт на систему управления энергопотреблением монитора — DPMS (*Display Power Management Signaling*). Требования спецификации этого стандарта заметно отличаются от требований TCO 92 и в настоящее время устарели. Однако большинство находящихся сегодня в эксплуатации мониторов поддерживают именно стандарт DPMS.

Стандарт DPMS предусматривает четыре состояния (режима) монитора (в порядке убывания потребляемой мощности):

- *On* (включено; потребляемая мощность 100%);
- *Standby* (дежурный режим, или режим ожидания; потребляемая мощность 80%);
- *Suspend* (приостановка работы; потребляемая мощность 30%);

- *Off* (выключено; потребляемая мощность 5%).

Переход из режима в режим осуществляется под управлением DPMS-контроллера монитора и аналогичных схем на материнской плате и видеоадаптере (очевидно, что для реализации всех этих функций они также должны быть «зелеными»). Эти схемы непрерывно контролируют фактическую загруженность отдельных компонентов и компьютера в целом. При отсутствии взаимодействия оператора с компьютером (отсутствуют сигналы от клавиатуры и мыши, процессор не занят решением задач и вводом/выводом информации и др.) DPMS-контроллеры организуют последовательный перевод видеосистемы из первого состояния в четвертое. Интервалы времени, через которые должно производиться переключение в новое состояние, обычно задаются в программе CMOS Setup.

Перевод монитора в режим Standby выполняется путем прекращения подачи видеосигналов и импульсов строчной развертки (осуществляется видеоадаптером). В результате прекращается горизонтальная развертка. DPMS-контроллер монитора устанавливает минимальные уровни яркости и контрастности, экран монитора гаснет, и энергопотребление снижается на 20%. Обратный переход происходит автоматически при нажатии оператором любой клавиши или при активизации мыши и занимает не более нескольких секунд. Высокое напряжение и напряжение накала термокатодов электронных пушек в этом режиме не снимается.

Для перевода монитора из режима Standby в режим Suspend видеоадаптер прекращает подачу сигнала вертикальной синхронизации, но подает строчный синхросигнал (видеосигнал по-прежнему отсутствует). В этом случае DPMS-контроллер монитора отключает высокое напряжение и напряжение накала, благодаря чему потребляемая мощность снижается еще на 50%. Переход в режим *On* теперь потребует примерно столько же времени, сколько при включении питания монитора вручную.

Наконец, в режиме *Off* отключены все устройства монитора, за исключением DPMS-контроллера. При этом обеспечивается минимальное потребление, составляющее 5% от максимального.

Энергосберегающие режимы монитора можно реализовать, если видеоадаптер не поддерживает протокол DPMS. В этом случае сигналом для перехода из одного режима в другой может служить отключение одного из RGB-сигналов (обычно синего). Однако при этом возможна несогласованная работа видеоадаптера и монитора, когда последний может несанкционированно отключаться при смене видеорежима или при изменении частоты синхронизации.

Поддерживаемая монитором схема энергосбережения приводится в документации на него. Для ее правильного использования необходимо, чтобы она соответствовала настройкам программы CMOS Setup.

2.4. Обмен информацией между монитором и PC

Любой современный компьютер поддерживает технологию Plug&Play, обеспечивающую автоматическое конфигурирование подключаемого оборудования. Реализация этой технологии осуществляется путем обмена информацией между операционной системой и подключенными к PC устройствами. Устройства, подключаемые к шине или портам ввода/вывода (например, контроллер сканера, звуковая карта, внешний и внутренний модемы и др.), используют стандартный протокол обмена данными.

Таблица 2.40. Назначение контактов разъема VGA

Номер контакта	Сигнал	Номер контакта	Сигнал
1	Красный	9	Ключ (контакт отсутствует)
2	Зеленый	10	Возврат синхроимпульса
3	Синий	11	Бит идентификации 0
4	Бит идентификации 2	12	Бит идентификации 1
5	Земля (общий провод)	13	Строчные синхроимпульсы
6	Нулевой (красный)	14	Кадровые синхроимпульсы
7	Нулевой (зеленый)	15	Не используется
8	Нулевой(синий)		

Монитор же является конечным устройством, изначально не предназначенным для обмена информацией. Следовательно, без принятия специальных мер организовать обмен данными с монитором в соответствии с протоколом Plug&Play не представляется возможным. Между тем, именно для монитора такой протокол был бы весьма полезен, так как позволил бы установить оптимальный для данной модели видеорежим.

Решить задачу обмена информацией между монитором и компьютером помогло наличие в соединительном кабеле монитора VGA нескольких не задействованных для передачи сигналов проводов (табл. 2.40). Это провода, подключенные к контактам 4, 11, 12 и 15 разъема VGA (рис. 2.170). Первоначально три из них (4-, 11-и 12-й) использовались для автоматического распознавания типа монитора,

подключенного к видеоадаптеру

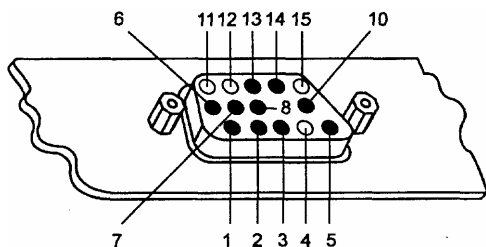


Рис. 2.170. Нумерация контактов на разъеме VGA

2.4.1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТИПА МОНИТОРА ВИДЕОАДАПТЕРАМИ VGA И SVGA

Примитивным прообразом протокола Plug&Play можно считать механизм автоматического опознавания типа монитора, который был реализован в первых моделях видеосистем VGA и SVGA. Для идентификации типа монитора — монохромный VGA, цветной VGA или SVGA (8514) — использовался трехразрядный параллельный двоичный код, формируемый путем определенной распайки в мониторе проводов 4, 11 и 12: один или два из них заземлялись.

Этим способом осуществлялась идентификация мониторов фирмы IBM и совместимых с ними. Видеоадаптер определял наличие нулевого потенциала (заземления) на проводах 4, 11 и 12. Отсутствие заземления трактовалось им как логическая единица. Логические уровни на контактах 4, 11 и 12 разъема VGA принято называть *битами идентификации* (см. табл. 2.40).

Таблица 2.41. Назначение идентификационных контактов разъема VGA для мониторов различных типов

Номер контакта	Mono-VGA 12"(IBM 8503)	VGA12" (IBM 8513)	VGA 14" (IBM 8512)	Super VGA 15" (IBM 8514)
4 (бит идентификации 2)	Свободен	Свободен	Свободен	Заземлен
11 (бит идентификации 0)	Свободен	Заземлен	Заземлен	Заземлен
12 (бит идентификации 1)	Заземлен	Свободен	Свободен	Свободен

В табл. 2.41 приведены значения бит идентификации для мониторов четырех наиболее распространенных в то время типов.

Обнаружив нулевой потенциал на соответствующем проводе, видеоадаптер автоматически изменял выходные сигналы. Например, при обнаружении нулевого потенциала на контакте 12 (монохромный монитор) он автоматически переходил в режим передачи монохромного видеосигнала (зеленого, по проводу 2), а при обнаружении нулевого потенциала на контактах 4 и 11 (монитор SVGA 8514) позволял установить режим 1024×768 с чересстрочной разверткой.

Однако очень скоро стало ясно, что такой механизм непригоден для идентификации большого числа мониторов, различающихся размером экрана и частотами синхронизации. Кроме того, он не предусматривал передачу информации от компьютера к монитору, т. е. управление монитором.

С целью устранения этих ограничений ассоциация VESA предложила спецификацию, определяющую протокол и способ обмена (последовательным двоичным кодом) информацией между операционной системой и монитором. Главным преимуществом последовательного способа передачи данных, по сравнению с параллельным, является компактность соединительного кабеля: для приема и передачи данных достаточно двух проводов (не считая общего). Такой принцип используется при двухстороннем обмене данными через последовательный порт PC. Если же необходимость в одновременной передаче и приеме данных отсутствует, можно обойтись всего одним проводом.

2.4.2. ТЕХНОЛОГИЯ PLUG&PLAY

Спецификация, разработанная ассоциацией VESA, получила название DDC (*Display Data Channel* — канал данных монитора). На основе этой спецификации стала возможной реализация технологии Plug&Play для мониторов.

2.4.2.1. Протокол DDC

Существуют две основные версии протокола DDC:

- DDC 1 — односторонняя передача данных от монитора к видеоадаптеру;
- DDC 2 — двусторонний обмен данными между монитором и видеоадаптером.

Отметим, что реализация обмена данными в соответствии с протоколом DDC возможна только в том случае, когда его поддерживают и монитор, и видеоадаптер. Кроме того, необходима соответствующая программа, обеспечивающая поддержку протокола Plug&Play (например, утилита ICU для DOS, Windows 95/98).

Информационный пакет, передаваемый монитором видеоадаптеру, называется *блоком параметров расширенной идентификации* (EDID — *Extended Display Identification*). Блок EDID состоит из сегментов, характеризующихся смещением от начала блока и длиной. Размер блока EDID составляет 128 байт, причем его структура (табл. 2.42) — смещение и длина каждого сегмента — не зависит от версии протокола DDC.

Таблица 2.42. Структура блока EDID

Смещение сегмента данных, байт	Длина сегмента, байт	Содержание сегмента
0	8	Заголовок (маркер начала потока EDID)
8	10	Идентификатор изделия (изготовитель, модель, серийный номер и т. п.)
18	2	Версия EDID
20	15	Основные характеристики монитора (размеры экрана, максимальное разрешение, список поддерживаемых видеорежимов, цветовые характеристики люминофорного покрытия и т. д.)
35	19	Установленные параметры синхронизации
54	72	Дескрипторы параметров синхронизации
126	1	Флаг расширения
127	1	Контрольная сумма

Передаваемую монитором информацию можно оценить визуально, используя программные средства: диалоговые окна настройки Windows 95/98, а также специальные программы. В частности, если операционная система распознала монитор, то в окне диалога **Свойства: Экран** вы сможете выбрать только те разрешение и частоту кадров, которые действительно поддерживаются данным монитором.

Получить полную информацию о содержании блока EDID позволяет уже упоминавшаяся ранее программа PowerStrip фирмы En Tech. В окне диалога **Конфигурация монитора** программы с помощью кнопки **Возможности** можно выполнить повторное считывание блока EDID (рис. 2.171). Из всей содержащейся в блоке EDID и отображаемой в окне информации наиболее ценными для обеспечения согласованной работы монитора и видеоадаптера являются сведения о поддерживаемых видеорежимах. Основываясь на этой информации, можно корректно установить требуемый видеорежим и исключить сбои в работе монитора.

Не менее полезны сведения, содержащиеся в поле **Monitor details**. Они позволяют проверить серийный номер, дату выпуска и основные характеристики монитора. Для профессионалов, занимающихся компьютерной обработкой изображений, указаны цветовые характеристики люминофорного покрытия

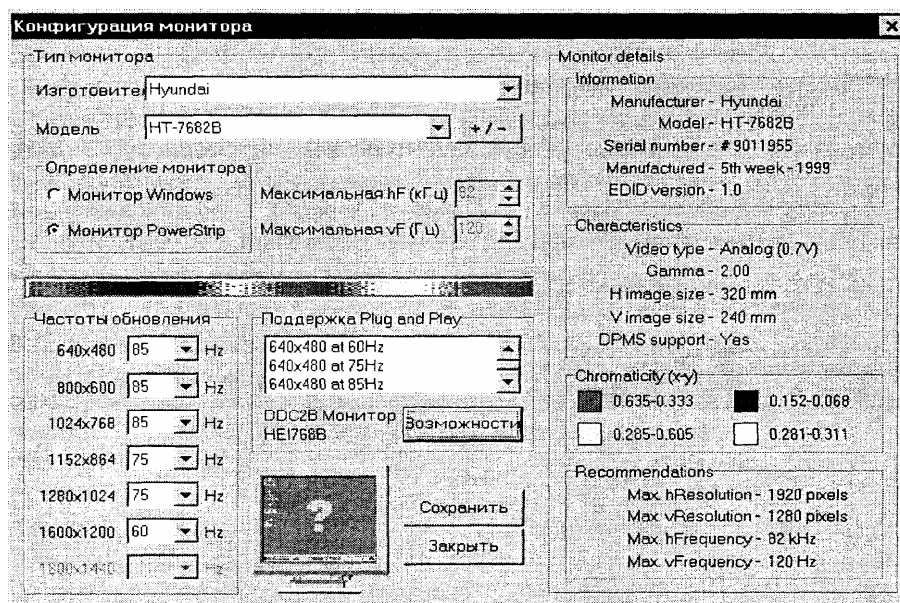


Рис. 2.171. Окно диалога Конфигурация монитора программы PowerStrip

(цветовые координаты красного, зеленого, синего и белого цветов), а также значение коэффициента гамма, характеризующего нелинейность модуляционных характеристик ЭЛТ и используемого при выполнении гамма-коррекции (см. [2], гл. 2).

Канал VESA DDC реализован на основе шины ACCESS Bus (*Accessory Bus*), разработанной фирмой DEC. Эта шина представляет собой модификацию низкоскоростного интерфейса I²C (*Inter Integrated Circuit*), разработанного фирмой Philips для организации двунаправленного обмена данными между различными устройствами бытовой радиоаппаратуры, и предназначена для взаимодействия операционной системы с компонентами PC: монитором, интеллектуальным источником питания, модулями оперативной памяти и др. В принципе, ACCESS.Bus и I²C — это одно и то же. Различие заключается лишь в конструктивном исполнении разъемов.

Шина ACCESS.Bus используется для обмена данными между низкоскоростными устройствами. Она содержит всего два сигнальных провода: линию данных (SDA — *Serial Datd*) и линию синхронизации (SCL — *Serial Clock*). По линии SDA выполняется двунаправленный обмен данными между двумя устройствами; синхронизация обмена осуществляется тактовыми импульсами, передаваемыми по линии SCL. Циклы приема и передачи данных разнесены во времени, т. е. в каждый момент времени устройство, подключенное к шине ACCESS.Bus, либо передает, либо принимает информацию. Третьей линией шины является общий (нулевой) провод, относительно которого измеряются напряжения на линиях SDA и SCL.

Таблица 2.43. Назначение контактов разъема соединительного кабеля Plug&Play-монитора

Номер контакта	Сигнал	Номер контакта	Сигнал
1	Красный	8	Нулевой (синий)
2	Зеленый	9	Ключ (вывод отсутствует)
3	Синий	10	Нулевой провод (LOGIC)
4	Земля (GROUND)	11	Земля (GROUND)
5	Нулевой провод шины ACCESS. Bus	12	SDA
6	Нулевой (красный)	13	Строчные синхроимпульсы
7	Нулевой (зеленый)	14	Кадровые синхроимпульсы
		15	SCL

Обычно в качестве линий шины ACCESS. Bus используются незадействованные провода (5, 12 и 15) соединительного кабеля монитора (табл. 2.43). Такая конструкция канала VESA DDC получила название DDC2B. Мониторы некоторых моделей оборудованы отдельным разъемом для подключения к шине ACCESS Bus. Такой канал называется DDC2AB. Назначение контактов разъема шины ACCESS.Bus приведено в табл. 2.44.

Таблицей 2.44. Назначение контактов разъема шины ACCESS. Bus

Номер контакта	Назначение линии
1	Нулевой провод (GROUND)
2	Свободен (контакт используется в качестве ключа)
3	SDA
4	+5 В (питание подключенных к шине устройств)
5	SCL

Порядок обмена данными между монитором и видеоадаптером по линии SDA определяется версией протокола DDC.

Протокол DDC1 предусматривает одностороннюю передачу данных от монитора к видеоадаптеру. При этом данные передаются по линии SDA (контакт 12), а в качестве тактовых импульсов используются импульсы кадровой развертки (контакт 14). В момент передачи данных по линии SDA видеоадаптер с целью ускорения обмена может повысить частоту кадровых синхроимпульсов в несколько десятков раз (до 25 кГц). Поскольку генератор кадровой развертки монитора не предназначен для работы на столь высокой частоте, он будет формировать сигнал той частоты, которая предусмотрена выбранным видеорежимом. Поэтому передача данных не приведет к нарушению синхронизации изображения на экране монитора.

Протокол DDC2 позволяет организовать двунаправленную передачу данных между монитором и видеоадаптером. При этом используются обе линии — SDA и SCL.

Для двунаправленного обмена данными по каналу VESA DDC используется следующий протокол.

В обмене данными одновременно участвуют два устройства: *ведущее (master)*, называемое также *контроллером*, и *ведомое (slave)*. Ведущее устройство задает адрес и код операции (чтение или запись). С точки зрения направления передачи данных, ведущее и ведомое устройства могут выступать как в роли передатчика, так и в роли приемника (в зависимости от кода операции).

Устройства, подключенные к каналу VESA DDC, имеют двунаправленный выход типа «открытый коллектор». Это значит, что активным уровнем является уровень логического нуля: активное устройство может изменять уровень сигнала в линии (SDA или SCL) только в том случае, если все остальные устройства, подключенные к шине, формируют на своем выходе уровень логической единицы. Другими словами, путем формирования низкого уровня устройство «занимает» линию. Попытка занять линию предпринимается только в том случае, когда на линии установлен высокий уровень (уровень логической единицы).

Цикл обмена данными инициализируется ведущим устройством, при этом передача данных осуществляется побайтно. После передачи (или приема) каждого байта ведущее устройство кратковременно освобождает линию, чтобы дать возможность ведомому устройству передать подтверждение. Таким образом, процесс обмена данными, согласно протоколу I²C, является асинхронным (рис. 2.172).

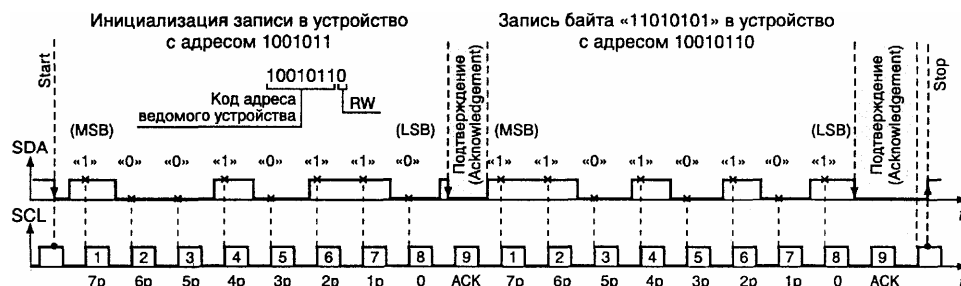


Рис. 2.172. Временная диаграмма обмена данными по шине ACCESS.Bus

Как видно из рисунка, начало обмена (Start) иницируется ведущим устройством: при высоком уровне сигнала SCL состояние линии SDA изменяется с высокого уровня на низкий. Окончание обмена (Stop) осуществляется путем изменения уровня сигнала SDA с низкого на высокий при высоком уровне сигнала SCL. Применение таких комбинаций сигналов SDA и SCL для обозначения начала и конца обмена обусловлено использованием устройств с выходом типа «открытый коллектор». Передача данных в пределах каждого байта начинается со старшего бита MSB (*Most Significant Bit* — наиболее значимый бит) и заканчивается младшим битом LSB (*Least Significant Bit* — наименее значимый бит). Состояние линии SDA может изменяться передатчиком только тогда, когда сигнал SCL принимает низкий уровень, при этом считывание (запись) данных производится по положительному (переднему) фронту сигнала SCL. Приемник во время девятого такта формирует бит подтверждения, переводя линию SDA в нулевое состояние. Передача следующего байта возможна только после того, как приемник освободит линию SDA, установив на ней высокий уровень. Если по каким-либо причинам приемнику необходимо временно задержать передачу следующего байта, он будет удерживать линию SDA в нулевом состоянии столько, сколько потребуется (асинхронный обмен данными).

Первый передаваемый байт содержит 7-битный адрес ведомого устройства и одноразрядный код операции RW (RW = 0 — запись, RW = 1 — чтение).

Скорость обмена данными по линии SDA определяется частотой тактовых импульсов на линии SCL, которая может изменяться. Максимальное значение этой частоты — 100 кГц в нормальном (*Normal mode*) режиме и 400 кГц — в скоростном (*Fast mode*).

В этом разделе использованы материалы из [1].

Контрольные вопросы

1. Что понимается под эргономичностью того или иного изделия?
2. Охарактеризуйте факторы, негативно влияющие на здоровье оператора.
3. Какова природа мягкое рентгеновское излучение ЭЛТ-мониторов?
4. Что является источником ультрафиолетового и инфракрасного излучения ЭЛТ-мониторов?
5. Что является источником низкочастотного электромагнитного поля ЭЛТ-мониторов?
6. Чем обусловлено наличие электростатического поля на экране ЭЛТ-монитора?
7. Откуда появляются блики экрана и от чего зависит их интенсивность?
8. Что определяют спецификации TCO и MPR?
9. Каким требованиям должен удовлетворять монитор, чтобы получить логотип TCO 92?
10. Чем отличается спецификация TCO II от TCO 92?
11. Чем отличается спецификация TCO 95 от TCO 92?
12. По каким параметрам спецификация TCO 95 является более жесткими, чем ISO 9241?
13. В чем сходство и различие спецификаций TCO 95 и TCO 99?
14. Что представляет собой концепция "Четырех Е"?
15. Охарактеризуйте конструктивные особенности эргономичных мониторов.
16. В чем суть термина "Просветленная оптика" и как он связан с эргономичностью видеомонитора?

17. Как борются с бликами на экранах видеомониторов?
18. Как борются со статическим электричеством экранов ЭЛТ-мониторов?
19. Охарактеризуйте спецификацию Energy Star.
20. Охарактеризуйте стандарт DPMS.
21. Опишите функции DPMS-контроллеров.
22. Какие контакты разъема видеомонитора VGA стали использоваться для его обмена информацией с PC?
23. Как производится идентификация типа монитора видеоадаптерами VGA и SVGA?
24. Сколько существует версий протокола DDC?
25. Охарактеризуйте структуру блока EDID.
26. На основе какой шины реализован канал VESA DDC.
27. Что представляет собой шина ACCESS Bus (Accessory Bus)?
28. Охарактеризуйте канала VESA DDC2B.
29. Охарактеризуйте канала VESA DDC2AB.
30. Как организуется передача данных по протоколу DDC1?
31. Как организуется передача данных по протоколу DDC2?
32. Опишите протокол двунаправленного обмена данными по каналу VESA DDC.
33. Какие тактовые частоты используются в шине ACCESS Bus?

2.5. Проекционные устройства для РС

Проекционное устройство не является новинкой. Принцип его действия хорошо знаком каждому, кто смотрел диафильмы, слайды или был в кинотеатре. Во всех случаях происходит одно и то же: изображение на тонкой цветной полупрозрачной пленке просвечивается мощной лампой и с помощью оптической системы проецируется на большой экран (рис. 2.173). В результате изображение может быть показано большой аудитории.



Рис. 2.173. Экран Medium Executive

Имеются также специальные проекторы для презентационных и учебных целей, способные переносить на экран изображения с непрозрачных носителей.

А можно ли спроектировать на большой экран изображение с экрана монитора? Оказывается, можно. Для этой цели используются специальные проекционные устройства, подключаемые к компьютеру

В этих устройствах в качестве источника проецируемого изображения используется специальный ЖК-экран, на который подается сигнал от видеоадаптера РС. Также как и в плоскпанельном мониторе, ЖК-экран проекционного устройства используется в качестве управляемого светофильтра, или модулятора светового потока от внешнего источника света (проекционной лампы). Другими словами, ЖК-экран выполняет роль киноплетки или слайда, изображение с которых проецируется на экран.

Размеры и конструкция ЖК-экрана определяются типом проецирующего устройства. В зависимости от места расположения ЖК-экрана все компьютерные проекторы можно разбить на две большие группы:

- *универсальные проекторы* общего назначения (*оверхед-проекторы*), в качестве источника изображения в которых используется специальный внешний ЖК-экран, называемый *ЖК-панелью*;
- *мультимедийные проекторы* со встроенным миниатюрным источником изображения.

Рассмотрим более подробно проекторы этих типов.

2.5.1. ОВЕРХЕД-ПРОЕКТОРЫ

Оверхед-проектор (от англ. *over head projector*) представляет собой обычный проектор, в котором изображение от источника проецируется на экран при помощи наклонного *проекционного зеркала*.

2.5.1.1. Устройство и принцип действия

В зависимости от места размещения проекционной лампы различают *отражательные* и *просветные* проекторы.

Отражательные проекторы (рис. 2.174) представляют собой малогабаритные, портативные устройства, предназначенные для проецирования на большой экран изображения, нанесенного на специальную прозрачную пленку. В этих проекторах проекционная лампа небольшой мощности размещена над рабочей (отражающей) поверхностью устройства, в непосредственной близости от проекционного зеркала. Она освещает рабочую поверхность проектора, на которую кладут прозрачную пленку с изображением. Отражая падающий на нее свет, рабочая поверхность играет роль вторичного источника света, при помощи которого изображение с пленки проецируется на проекционное зеркало и далее — на экран. Такой принцип действия отражательных проекторов и малая мощность проекционной лампы не позволяют использовать ЖК-панели в качестве источника изображения.

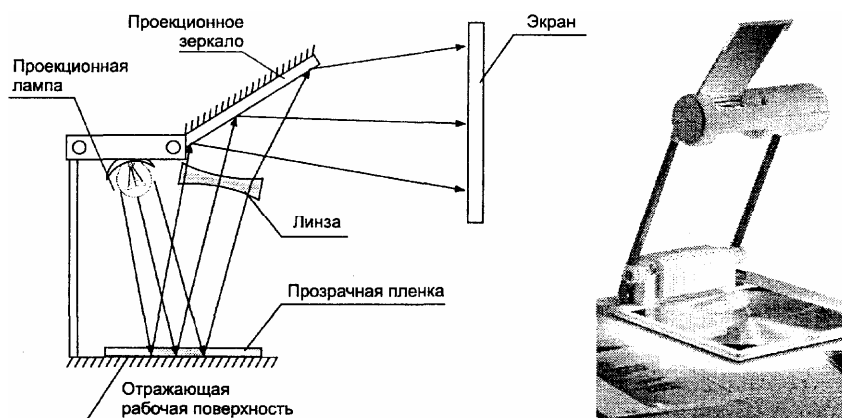


Рис. 2.174. Схема отражательного оверхед-проектора (слева) и его внешний вид (справа)

В просветных проекторах проекционная лампа размещается под рабочей поверхностью устройства, внутри его основания (рис. 2.175). Поскольку в этом случае можно обеспечить принудительное охлаждение, мощность лампы может быть увеличена в десятки раз.

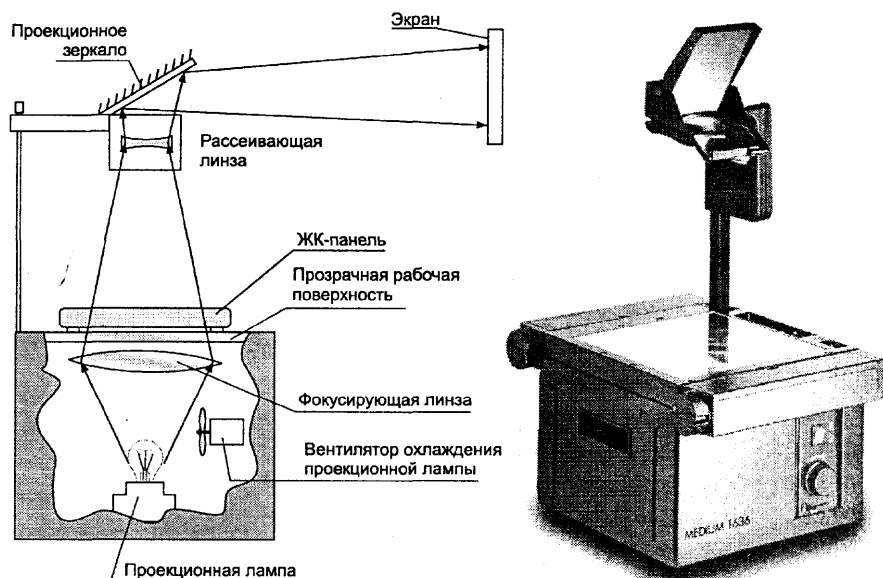


Рис. 2.175. Схема просветного оверхед-проектора (слева) и его внешний вид (справа)



Рис. 2.176. ЖК-панель Medium TFT Standard Data

Это позволяет использовать в качестве источника изображения не только прозрачные пленки, но и внешние ЖК-панели, обладающие меньшей прозрачностью.

На прозрачную рабочую поверхность проектора кладут пленку с изображением или ЖК-панель, подключенную к видеоадаптеру РС. Свет от проекционной лампы через специальную фокусирующую линзу проходит через пленку (ЖК-панель) и рассеивающую линзу и поступает на проекционное зеркало. В некоторых моделях просветных проекторов предусмотрена возможность установки перед проекционным зеркалом дополнительной линзы, предназначенной для увеличения размера изображения на 25—50%.

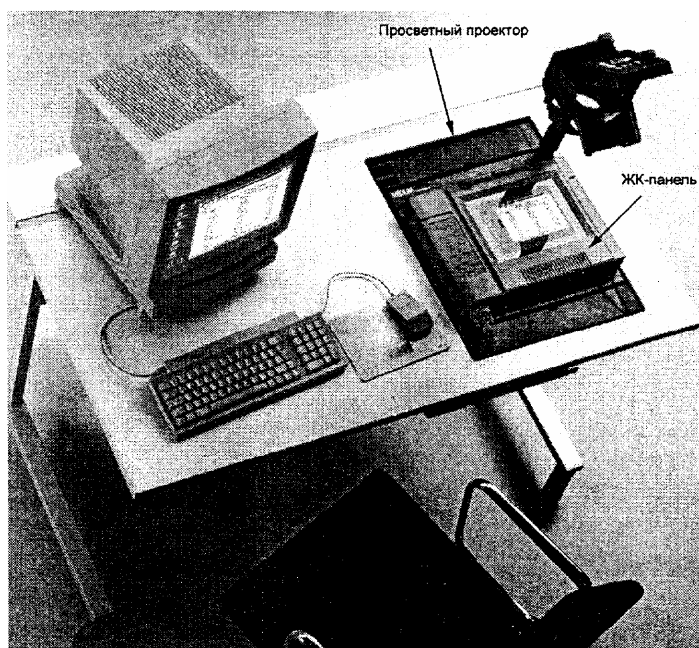


Рис. 2.177. Рабочее место оператора оверхед-проектора с ЖК-панелью

ЖК-панель, устанавливаемая на рабочую поверхность оверхед-проектора, по форме и размеру напоминает дисплей PC типа Notebook, только выполненный как самостоятельное устройство (рис. 2.176). На корпусе панели имеются органы управления параметрами изображения; иногда в комплект входит пульт дистанционного управления (обычно инфракрасный).

Общий вид рабочего места оператора оверхед-проектора показан на рис. 2.177.

2.5.1.2. Классификация и основные характеристики ЖК-панелей

Качество изображения, формируемого оверхед-проектором, подключенным к PC, безусловно, определяется характеристиками ЖК-панели. В основном ЖК-панели имеют такие же характеристики, как и ЖК-мониторы: размер, максимальное разрешение, количество воспроизводимых оттенков цветов, яркость и др. В зависимости от разрешения экрана (в скобках указано максимальное разрешение) различают ЖК-панели следующих типов:

- **VGA (640×480);**
- **SVGA (800×600);**
- **XGA (1024×768);**
- **SXGA (1280×1024).**

С точки зрения общепринятой классификации видеоадаптеров, это деление не совсем правильное, так как сегодня любое разрешение свыше 640×480 принято называть SVGA-разрешением. В проекционной технике сохранился термин XGA (*eXtended Graphic Array*). Как известно, так назывались высокопроизводительные видеоадаптеры фирмы IBM, снабженные графическим сопроцессором и обеспечивающие достаточно высокое быстродействие в режиме 1024×768.

У наиболее дешевых VGA-панелей в качестве экрана используется пассивная ЖК-матрица, основанная на технологии DSTN; в более качественных панелях используется активный TFT-экран.

ЖК-панели имеют ряд дополнительных возможностей, полезных при обучении, проведении презентаций и т. п.:

- дистанционное управление (ДУ);
- возможность увеличения изображения или его фрагмента;
- функцию «Указка»; ЖК-панель на своем экране формирует маркер, напоминающий указатель мыши, управлять положением которого можно с помощью пульта ДУ (понятно, что использовать обычную указку неудобно, так как она создает тень);
- функцию «Замораживание» — запоминание текущего изображения на время подготовки следующего;
- функцию «Занавес» — плавная замена одного изображения другим снизу вверх или сверху вниз;
- возможность подключения видеомэгафона или видеокамеры;
- аудиовход и аудиовыход.

В табл. 2.45 приведены основные характеристики ЖК-панелей, предназначенных для совместного использования с оверхед-проектором.

Таблица 2.45. Характеристики ЖК-панелей фирмы Medium

Характеристика	Тип и название панели				
	VGA			SVGA	XGA
	CSTN Economy	TFT Standard Data	TFT Standard Data/Video	SVGA Professional	XGAData
Разрешение	640×480	640×480	640×480	800×600	1024×768
Палитра	4096	2 млн	16,7 млн	16,7 млн	16,7 млн
ЖК-технология	CSTN	TFT	TFT	TFT	TFT
Размер, дюймы	8,5	8,4	8,4	8,4	10,1
Частота строк, кГц	24-38	24-38	24-38	24-58	До 100
Частота кадров, Гц	56-75	56-75	56-75	56-75	До 100
Габаритные размеры (ширина × высота × толщина), см	38×28х×5	38×28х×4	38×28х×4	38×28х×5	31×31×4,2
Масса, кг	2,9	2,7	2,7	2,9	2,2
Пульт ДУ	•	•	•	•	•
Экранное меню OSD	0	•	•	•	0
«Замораживание»	0	•	•	•	•
«Занавес»	0	•	•	•	0
«Указка»	0	•	•	•	0
Поддерживаемые системы цветного телевидения	0	0	PAL, SECAM, NTSC	PAL, SECAM, NTSC	PAL, SECAM, NTSC
Видеовход	0	0	RCA, S-Video	RCA, S-Video	RCA, S-Video
Аудио вход и аудио выход	0	0	0	•	0
Встроенные динамики (количество × мощность),	0	0	0	2×1,5	0

Примечание. Разъем типа RCA («колокольчик») используется для подачи композитного, а S-Video — компонентного видеосигнала; • — да (есть), 0 — нет.

Для управления работой ЖК-панели или компьютера, к которому эта панель подключена, кроме обычного инфракрасного пульта дистанционного управления, может использоваться *дистанционная мышь* (рис. 2.178). Она соединяется с адаптером, подключенным к последовательному порту компьютера, при помощи кабеля или по радиоканалу. Наряду со стандартными функциями мыши, такое устройство позволяет создавать различные видеоэффекты, полезные при проведении презентаций или докладов: увеличение размера изображения, выделение нужной информации и т. п.

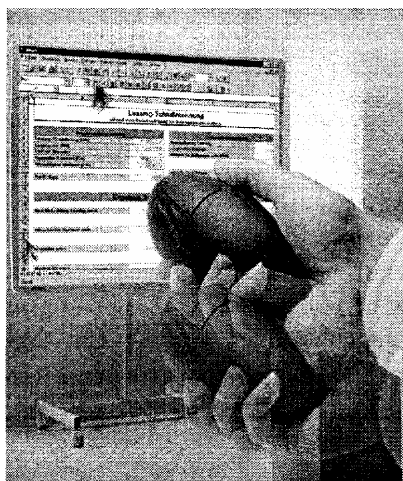


Рис. 2.178. Дистанционная мышь GyroPoint Pro

2.5.2. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ПРОЕКТОРЫ

В мультимедийном проекторе проекционная лампа, ЖК-матрица и оптическая система составляют единое целое и размещаются в одном корпусе. Мультимедийные проекторы (рис. 2.179) напоминают обычные диапроекторы для просмотра слайдов или диафильмов, но их конструкция значительно сложнее.

В общем случае принцип действия мультимедийного проектора такой же, как и оверхед-проектора: изображение со встроенных в проектор миниатюрных ЖК-матриц, подключенных к видеоадаптеру РС, с

помощью мощной проекционной лампы и оптической системы проецируется на внешний экран. Различаются мультимедийные проекторы способом построения и переноса изображения на экран. В настоящее время выпускаются проекторы следующих типов:

- TFT;
- полисиликоновые;
- ILA;
- DMD/DLP.

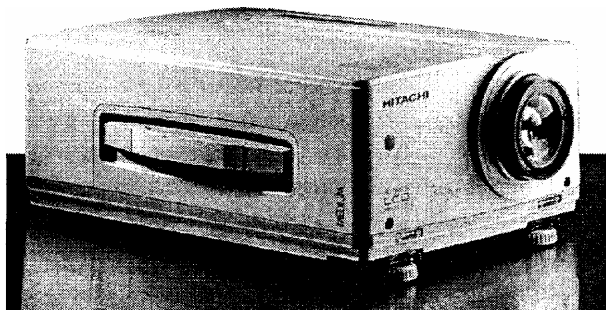


Рис. 2.179. Мультимедийный проектор Hitachi CP-L 550

2.5.2.1. TFT-проекторы

Технология TFT во многом подобна используемой при изготовлении плоскочастотных мониторов и ЖК-панелей. Схема проекционной установки с жидкокристаллической TFT-матрицей представлена на рис. 2.180.

Основным элементом установки является миниатюрная ЖК-матрица. Подобно ЖК-экрану плоскочастотного монитора, каждый элемент этой матрицы образован триадой тонкопленочных транзисторов (см. разд. 2.2.1). Очевидно, что количество элементов матрицы равно количеству пикселей изображения на экране.

Каждый из транзисторов триады управляет яркостью одного из трех основных цветов: красного, зеленого и синего. Путем изменения уровней управляющих сигналов, подаваемых на транзисторы, можно получить любой желаемый оттенок цвета элемента ЖК-матрицы (пикселя изображения на экране).

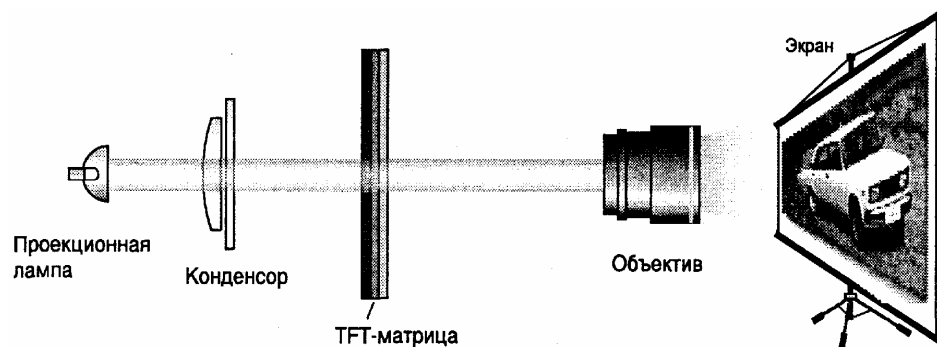


Рис. 2.180. Схема проекционной установки с жидкокристаллической TFT-матрицей

Поскольку прозрачность ЖК-матрицы невелика, в проекционном аппарате используется мощная проекционная лампа (обычно металлогалогенная). Но даже это не позволяет получить изображение достаточной яркости. Под действием света от проекционной лампы ЖК-матрица сильно разогревается, поэтому для ее охлаждения используется встроенный в проектор вентилятор. Для равномерного освещения поверхности матрицы используется система линз, называемая *конденсором*.

2.5.2.2. Полисиликоновые проекторы

Более яркое изображение можно получить, если вместо одной TFT-матрицы использовать три отдельных матрицы для каждого из основных цветов. Такая технология получила название *полисиликоновой* (обозначается *p-Si*). Каждый элемент полисиликоновой матрицы содержит только один тонкопленочный транзистор, поэтому его размер меньше, чем размер элемента TFT-матрицы. В полисиликоновых проекторах используются три миниатюрных ЖК-матрицы размером около 1,3". Каждая из матриц формирует монохромное изображение красного, зеленого или синего цвета. Оптическая система проектора обеспечивает наложение трех монохромных изображений, в результате чего формируется цветное изображение. Схема полисиликоновой проекционной установки показана на рис. 2.181.

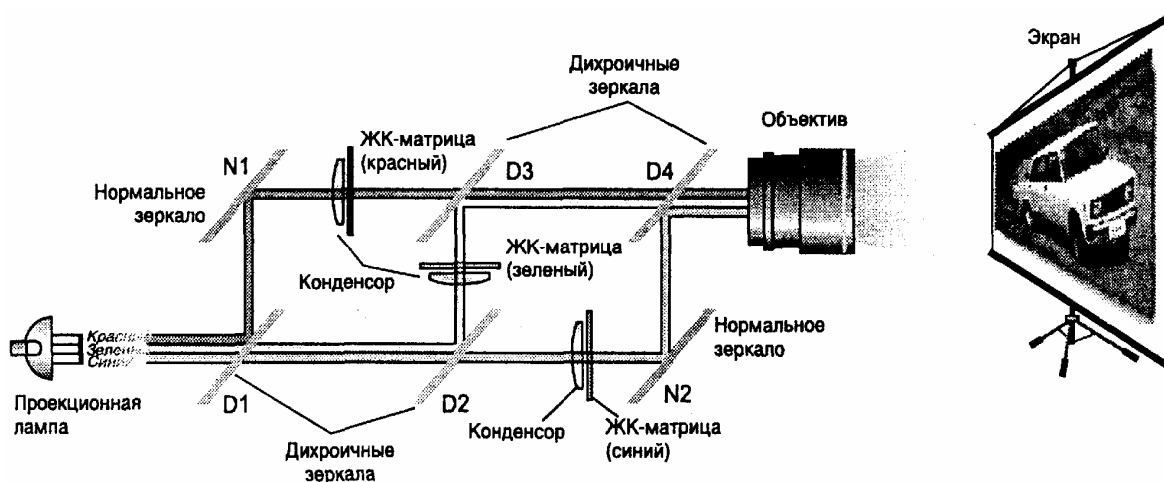


Рис. 2.181. Схема полисиликонового проектора.

2.5.2.2.1. ЦВЕТОДЕЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Для того чтобы подать на каждую из трех матриц световой поток соответствующего цвета, белый свет проекционной лампы необходимо предварительно разложить на три составляющие, т. е. решить задачу *цветоделения*. Цветоделительная система полисиликонового проектора состоит из двух *дихроичных* (D1, D2) и одного нормального (N1) зеркал.

Дихроичное (цветоделительное, светорасщепляющее) зеркало пропускает свет одного цвета и отражает другого. Принцип его действия основан на явлении интерференции, т. е. сложении световых волн. В простейшем случае дихроичное зеркало представляет собой хорошо отполированное стекло с нанесенной на него тонкой пленкой из диэлектрического материала (рис. 2.182, а).

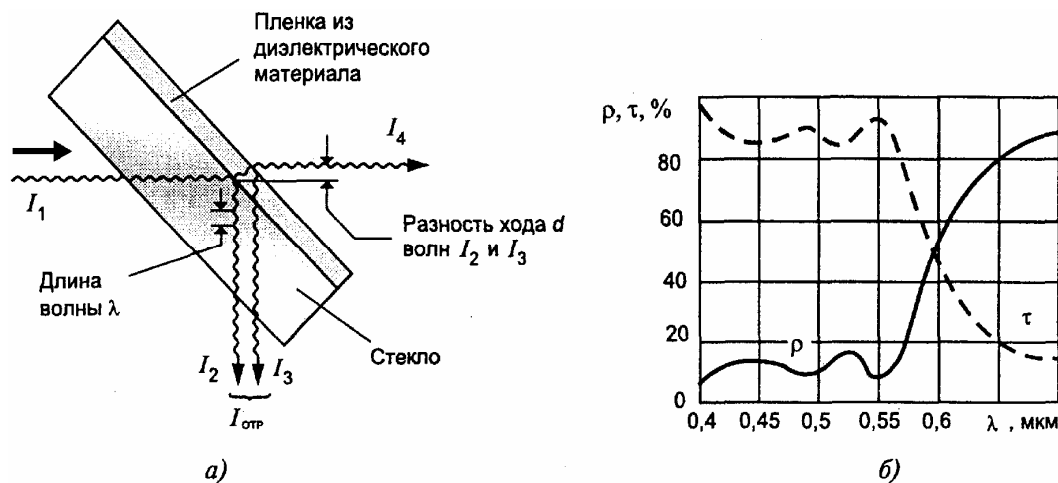


Рис. 2.182. Устройство дихроичного зеркала

Падающий на зеркало луч I_1 разделяется на три луча: отраженный от границы стекло—пленка I_2 , отраженный от границы пленка—воздух I_3 и прошедший через зеркало I_4 . Между отраженными лучами I_2 и I_3 возникает интерференция, результат которой зависит от сдвига фаз между световыми волнами I_2 и I_3 . Если сдвиг фаз составит 180° (половину длины волны), то волны I_2 и I_3 компенсируют друг друга, при этом яркость суммарного отраженного луча $I_{отр}$ будет практически равна нулю:

$I_{отр} = I_2 - I_3 = 0$. Если же сдвиг фаз составляет 360° (целое число длин волн), то яркости лучей I_2 и I_3 складываются, и отраженный луч будет иметь максимальную яркость: $I_{отр} = I_2 + I_3$. Поскольку сдвиг фаз между световыми волнами I_2 и I_3 обусловлен разностью хода d этих лучей, то результат интерференции будет зависеть от соотношения d и длины волны λ лучей I_2 и I_3 т. е. от их цвета. Если $d = \lambda$, то луч данного цвета полностью отражается и не проходит через зеркало. Если же $d = \lambda/2$, то луч полностью проходит через дихроичное зеркало и не отражается от него. На рис. 2.182, б приведены зависимости коэффициентов отражения $\rho = I_{отр}/I_1$ и пропускания $\tau = I_4/I_1$ от длины волны λ для дихроичного зеркала с определенным значением d . Как видно из рисунка, зеркало с такими характеристиками хорошо отражает красный цвет ($\lambda = 0,65$ мкм) и почти без потерь пропускает синий и зеленый ($\lambda = 0,4...0,5$ мкм). Подбирая толщину стекла и пленки, а также их коэффициенты преломления, можно обеспечить необходимое значение d и тем самым задать длины волн света, который будет проходить через зеркало и отражаться от него.

2.5.2.2.2. СИСТЕМА ЦВЕТОСМЕЩЕНИЯ

Для формирования цветного изображения в полисиликоновых проекторах используется система *цветосмещения*, состоящая также из двух дихроичных (D3, D4) и одного нормального N2 зеркал (см. рис. 2.181). Процесс совмещения трех монохромных изображений требует исключительно точной пространственной юстировки всех зеркал оптической системы.

2.5.2.2.3. Конвертор поляризации

Обе технологии — TFT и полисиликоновая — основаны на использовании жидкокристаллической ячейки, пропускающей свет определенной поляризации (см. разд. 2.2.1). Однако проекционная лампа излучает неполяризованный свет, в результате чего возникают две проблемы:

- через ЖК-матрицу проходит не весь световой поток от проекционной лампы, а только та его часть, поляризация которой совпадает с плоскостью поляризации анализатора ЖК-ячейки. Это приводит к снижению яркости изображения и нерациональному использованию мощности проекционной лампы;
- световые лучи, не прошедшие через ЖК-матрицу, вызывают ее нагрев, что снижает срок службы матрицы и проектора в целом.

Для решения этих проблем между проекционной лампой и ЖК-матрицей устанавливается *конвертер поляризации*. Такой конвертер расщепляет световой луч на две составляющие, плоскости поляризации которых сдвинуты на 90° , а затем поворачивает одну из них на 90° . В результате весь световой поток приобретает единую (линейную) поляризацию, совпадающую с плоскостью поляризации ячеек ЖК-матрицы. На практике конвертеры поляризации размещаются в конденсорах. В проекторах фирмы Sony такие конденсоры имеют обозначение PBS (*Polarised Beam Splitter* — расщепитель поляризованных лучей). Аналогичные конденсоры фирмы Panasonic называются PCO (*Polarization Converter Optic* — оптика с преобразованием поляризации). На рис. 2.183 приведена схема полисиликонового проектора, в котором используется конденсор типа PBS.

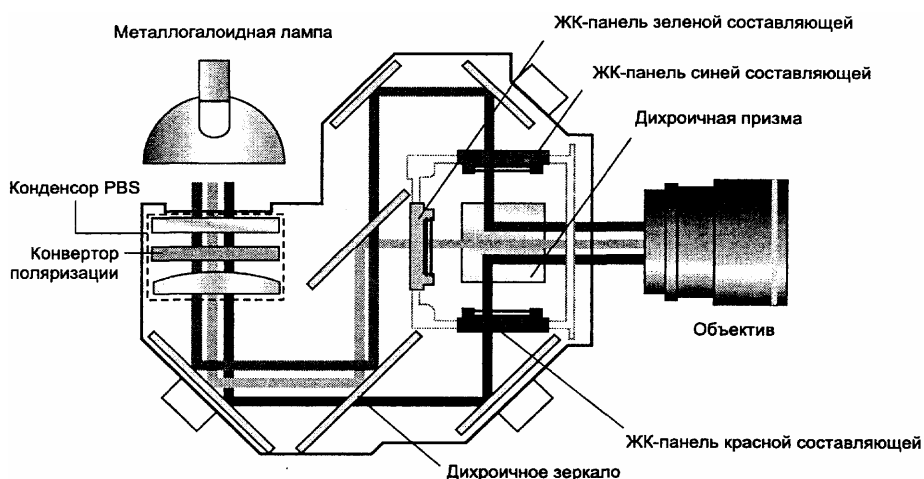


Рис. 2.183. Схема полисиликонового проектора с конденсором PBS

2.5.2.2.4. МИКРОЛИНЗОВЫЕ РАСТРЫ

Другим способом повышения прозрачности ЖК-матрицы являются так называемые микролинзовые растры (рис. 2.184), позволяющие сфокусировать проходящий свет именно на прозрачной части ячейки и

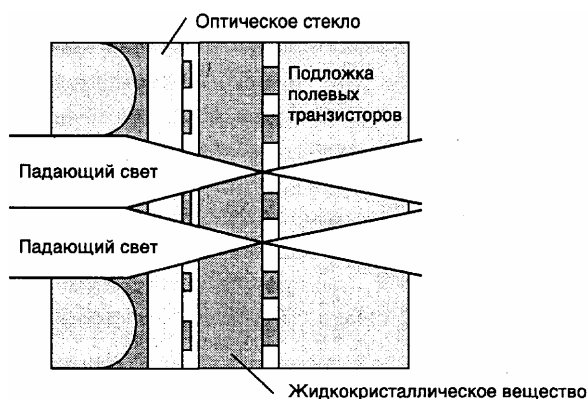


Рис. 2.184. Схема ЖК-матрицы с микролинзовым растром

«обойти» ее непрозрачные элементы, такие как электроды тонкопленочного транзистора.

Однако все эти приемы все же полностью не устраняют два главных недостатка ЖК-проекторов просветного типа: разогрев матрицы и сравнительно низкую яркость изображения. Даже с использованием технологии PBS и микролинзовых растров прозрачность пикселей матрицы не превышает 30—50%, что не позволяет получить достаточно мощный световой поток (обычно он не превышает 500-600 лм).

Полисиликоновые проекторы обеспечивают лучшее, чем проекторы на основе TFT-матриц, качество изображения: более высокая яркость изображения и насыщенность цветов, что позволяет проецировать изображение на очень большой экран. Поэтому полисиликоновые проекторы можно использовать в таких помещениях, как конференц-залы, кинотеатры и т. п. Кроме того, три отдельных ЖК-матрицы работают в менее напряженном тепловом режиме, нежели одна. Полисиликоновые проекторы более надежны и долговечны в работе.

2.5.2.3. ЖК-проекторы отражательного типа

В дорогих профессиональных ЖК-проекторах, предназначенных для работы в больших аудиториях, используется другой принцип действия: модуляция подвергается не проходящий, а отражаемый световой поток. В результате удается решить две главные задачи: снизить до минимума разогрев ЖК-матрицы и добиться исключительно мощного светового потока.

Принцип действия отражательных ЖК-проекторов заимствован у появившихся в 50-х годах мощных светоклапанных проекторов системы эйдофор (Eidophor). В качестве отражающей поверхности в них использовался поверхностный слой прозрачной вязкой жидкости (масла). Модуляция отраженного светового потока обеспечивалась за счет деформации этой поверхности при помощи падающего на нее электронного пучка. Нетрудно понять, что такое «жидкое» зеркало крайне неудобно в эксплуатации, поэтому разработчики стали искать другие способы модуляции отраженного света. В настоящее время наиболее освоенными являются технологии ILA и DMD/DLP.

2.5.2.3.1. ПРОЕКТОРЫ ILA

Технология ILA (*Image Light Amplifier* — усилитель света от изображения) была разработана совместными усилиями корпораций Hughes Aircraft и JVC, хотя в настоящее время выпуск оборудования данного типа полностью контролируется японской компанией JVC. Проектор ILA, по аналогии с полисиликоновым, также имеет три модулятора для монохромных изображений основных цветов, которые затем совмещаются для получения цветного изображения. Схема одного светомодулирующего блока такого проектора представлена на рис. 2.185.

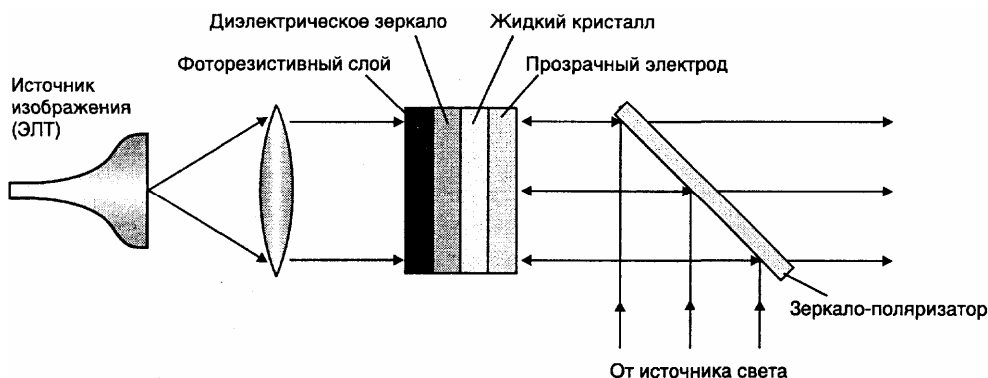


Рис. 2.185. Модулятор отражательного проектора типа ILA

Одним из главных компонентов модулятора является зеркало-поляризатор, одновременно выполняющее функции зеркала, поляризатора и анализатора. Свет, падающий на него под углом 45° , разделяется на две составляющие: с поляризацией, параллельной поверхности зеркала, и поперечной, перпендикулярной к поверхности зеркала. Первая составляющая свободно проходит через зеркало, а вторая (полезная) — полностью отражается в направлении модулятора, выполненного на основе ЖК-панели особой конструкции.

Эта ЖК-панель лишена матричной структуры, т. е. является сплошной. В качестве элементов, управляющих поляризацией участков ЖК-панели, выступают не тонкопленочные транзисторы, как в TFT-матрице, а участки фоторезистивного слоя, на котором создается потенциальный рельеф, повторяющий спроецированное на него изображение. Между фоторезистивным слоем и ЖК-панелью размещается диэлектрическое зеркало, которое выполняет роль основной отражающей поверхности. Внесение в отраженный свет дополнительных поляризационных сдвигов, повторяющих потенциальный рельеф (т. е. спроецированное на фоторезистивный слой изображение), будет влиять на степень прохождения отраженного света через зеркало, что эквивалентно модуляции отраженного потока.

Заметим, что в данной системе усилению подвергается именно изображение, создаваемое миниатюрной проекционной системой, чем и объясняется название данной технологии.

Отсутствие зернистой структуры ЖК-панели позволяет получить исключительно четкое изображение, а низкие потери на разогрев и поглощение света обеспечивают фантастический для обычных ЖК-проекторов световой поток — примерно до 12 000 лм! Однако наличие встроенной проекционной системы и очень сложная конструкция модулятора значительно влияют на габариты и массу (от 120 до 500 кг!), а также на стоимость проектора (до 250 000 USD!), что, естественно, ограничивает его применение. Более того, проекторы ILA предназначены для работы с аналоговым видеосигналом (обусловлено конструкцией встроенного проектора), поэтому относятся к классу видеопроекторов.

2.5.2.3.2. ПРОЕКТОРЫ D-ILA

Развитием технологии ILA применительно к мультимедийным проекторам стала технология *D-ILA* (*Digital ILA*), также разработанная специалистами фирмы JVC. Основу проекторов *D-ILA* составляет так называемая *отражательная (Reflective) ЖК-или R-ЖК-панель* (рис. 2.186). Ее главное отличие от обычной ЖК-матрицы состоит в том, что электроды, управляющие поляризацией ячеек, имеют квадратную форму и выполняют роль зеркал. За счет этого коэффициент отражения R-ЖК-панели для белого света достигает до 95%.

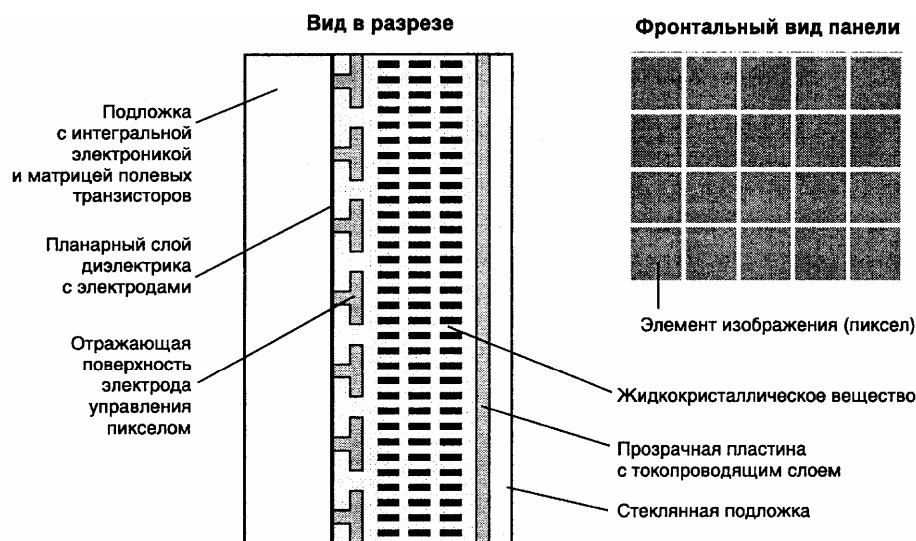


Рис. 2.186. Структура R-ЖК-панели

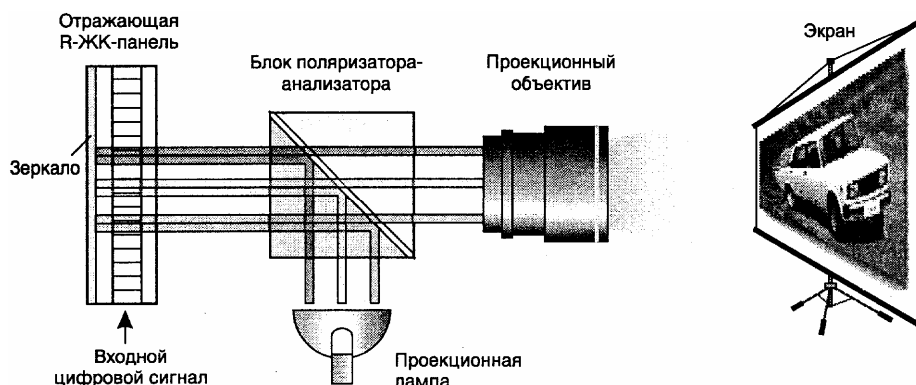


Рис. 2.187. Схема модулятора проектора D-ILA

По сравнению с обычной TFT-панелью, R-ЖК-панель обеспечивает более высокие яркость, четкость и контрастность изображения. Кроме того, на R-ЖК-панель вместо аналогового видеосигнала подается цифровой сигнал, благодаря чему отпадает необходимость во встроенной проекционной системе. В результате схема модулирующего канала проектора D-ILA (рис. 2.187) оказывается гораздо проще, чем проектора ILA.

Конструкция проектора D-ILA (рис. 2.188) напоминает конструкцию полисиликонового проектора с той разницей, что вместо просветных TFT-матриц в нем используется R-ЖК-панель и блок поляризатора-анализатора.

Технология D-ILA получает все более широкое распространение. В настоящее время, помимо фирмы JVC, производство проекторов D-ILA уже наладили целый ряд конкурирующих фирм (InFocus, Panasonic и др.).

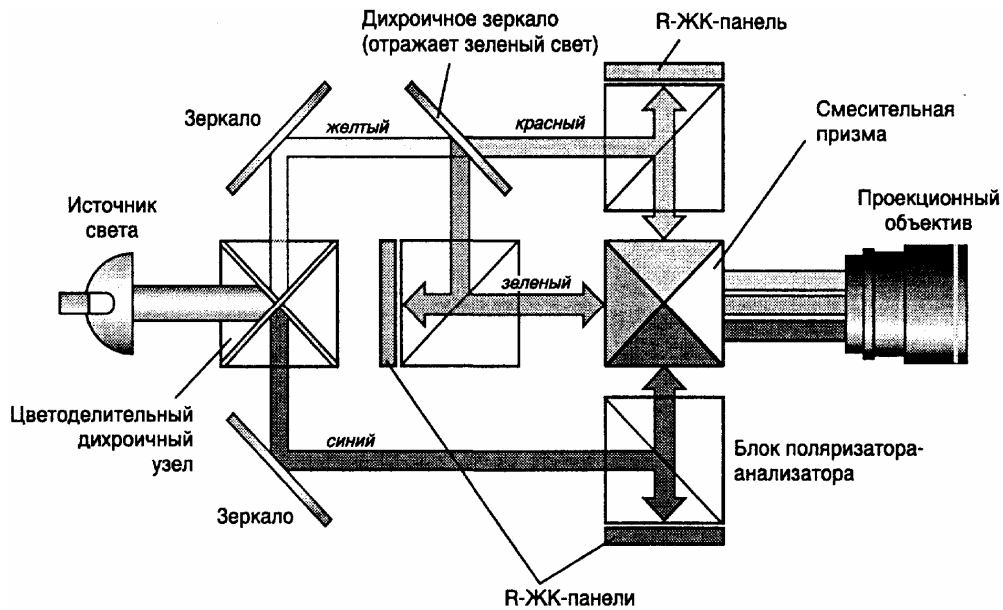


Рис. 2.188. Схема проектора D-ILA

2.5.2.3.3. DMD/DLP-ПРОЕКТОРЫ

Сравнительно новая технология DMD/DLP, разработанная фирмой Texas Instruments, коренным образом отличается от рассмотренных выше: для формирования изображения вместо ЖК-матрицы используется матрица, состоящая из множества электронно-управляемых микрозеркал (рис. 2.189, слева).

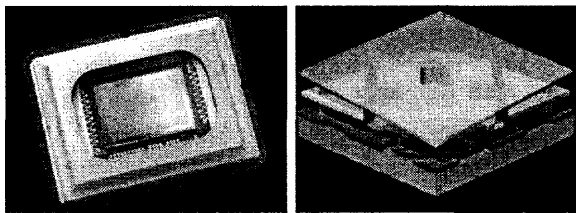


Рис. 2.189. DMD-матрица (слева) и ее отдельный элемент — микрозеркало (справа)

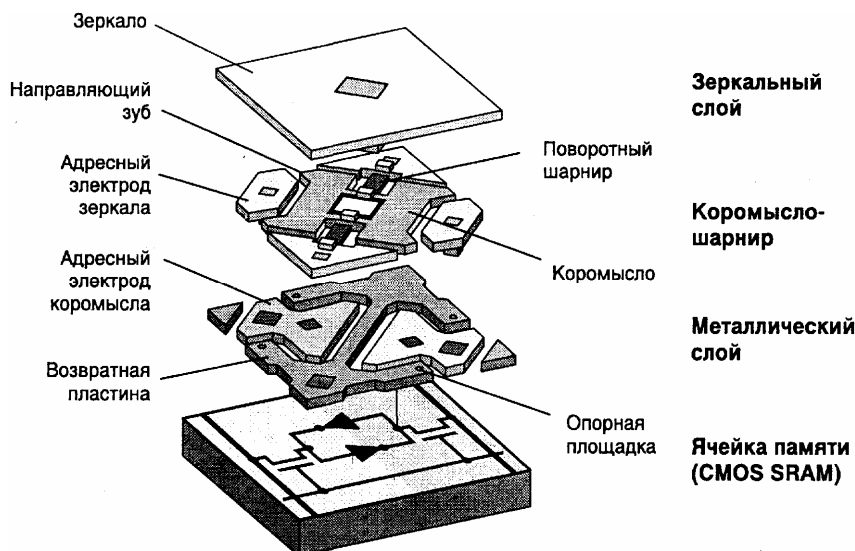


Рис. 2.190. Конструкция микрозеркала DMD-матрицы

Каждое микрозеркало (рис. 2.189, справа), в зависимости от уровня поданного на него электрического сигнала, отражает падающий на него свет либо в объектив, либо в поглотитель. В первом случае образуется яркий пиксел экрана, во втором — темный. Такие матрицы обозначаются аббревиатурой DMD (*Digital Micromirror Device* — цифровой микрозеркальный прибор) или TMA (*Thin Micromirror Array*, тонкое микрозеркальное устройство) и относятся к микроэлектромеханическим системам (МЭМС), а технология, реализованная в них, — DLP (*Digital Light Processing* — цифровая обработка света). Конструкция

микрозеркала изображена на рис. 2.190.

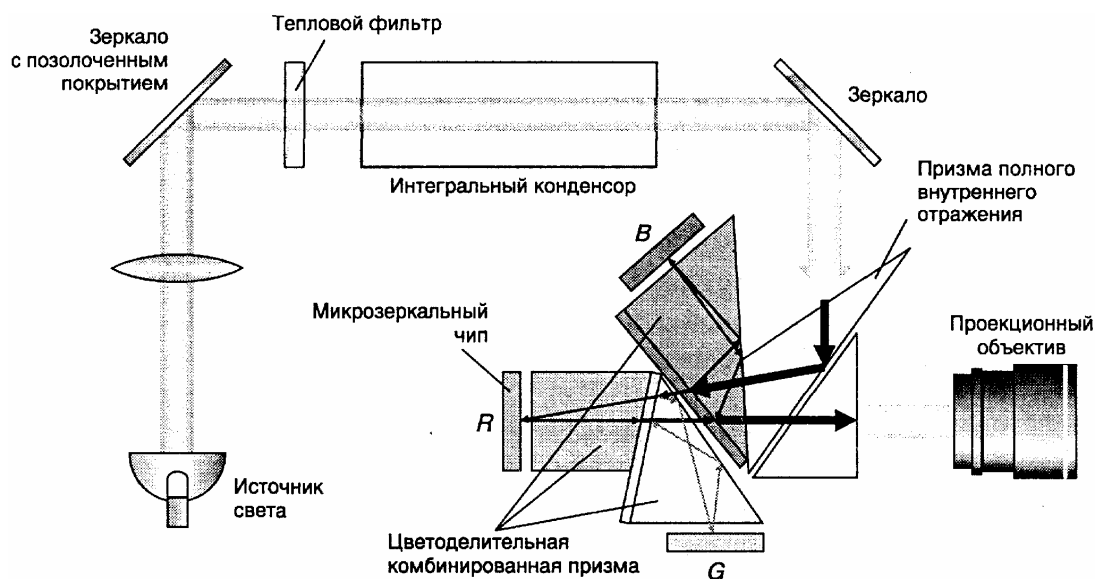


Рис. 2.191. Схема трехматричного DMD/DLP-проектора

Обычно в одной DMD-матрице содержится около $848 \times 600 = 508800$ микрозеркал и более с высоким световым потоком (до 3000 лм). Заметим, что это даже лучше, чем при SVGA-разрешении ($800 \times 600 = 480000$ пикселей).

Так формируется монохромное (например, черно-белое) изображение. А как получить цветное?

Для получения цветного изображения используются проекторы с одной или тремя DMD-матрицами. Трехматричный проектор по способу формирования цветного изображения аналогичен полисиликоновому (рис. 2.191).

В основе одноматричного способа получения цветного изображения с использованием технологии DLP лежит инерционность человеческого зрения. Благодаря этой инерционности, можно выполнить поочередное наложение цветов, которое при достаточно высокой частоте кадров будет незаметно для глаза. Полный цветной кадр формируется в результате последовательного отображения трех быстро меняющихся монохромных кадров: черно-красного, черно-зеленого и черно-синего. Если частота кадров достаточно высока, инерционность зрительного восприятия приведет к усреднению информации о яркости и цвете. Таким образом, в одноматричных DMD/DLP-проекторах используется последовательная схема смешения цветов.

Монохромные кадры формируются путем последовательного освещения DMD-матрицы лучом красного, зеленого и синего цветов. Луч каждого цвета образуется за счет пропускания света проекционной лампы через вращающийся диск с красным, зеленым и синим светофильтрами (рис. 2.192). Управление микрозеркалами осуществляется синхронно с поворотом светофильтра.

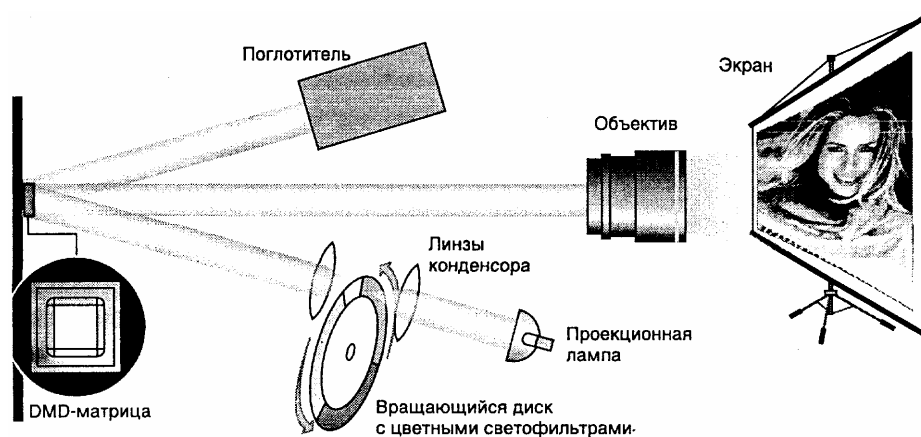


Рис. 2.192. Схема DLP-проектора

Технология DLP, по сравнению с рассмотренными ранее ЖК-технологиями, обладает рядом важных преимуществ:

- благодаря исключительно малым размерам микрозеркал (около 1 мкм), практически полностью отсутствует зернистость изображения (незаметна растровая структура);

- отсутствует эффект подсветки соседних пикселей экрана, свойственный ЖК-матрицам;
- высокие яркость изображения и равномерность ее распределения.

Вместе с тем проекторы с одной DMD-матрицей, реализующие последовательный способ цветосмешения, имеют и недостатки:

- заметное мелькание кадров; для того чтобы сделать его незаметным, частоту смены монохромных кадров необходимо увеличить в три раза по сравнению с используемой при одновременном цветосмешении (в трехматричной схеме). Это требует повышения скорости вращения светофильтра, что значительно усложняет схему управления DMD-матрицей;
- невозможность обеспечить отдельную регулировку яркости и насыщенности изображения при использовании вращающегося светофильтра; поскольку насыщенность определяется площадью цветных светофильтров, а яркость — площадью неокрашенного участка светофильтра, предназначенного для формирования монохромного изображения, то увеличение яркости ведет к снижению насыщенности, и наоборот.

Эти недостатки присущи наиболее простым и дешевым моделям DMD-проекторов. В трехматричных DMD/DLP-проекторах за счет использования одновременного цветосмешения эти недостатки устраняются.

2.5.2.4. Основные характеристики мультимедийных проекторов

Проектор — это прежде всего оптический прибор. Он не только формирует изображение с заданными разрешением и палитрой, но и проецирует его на экран, обеспечивая при этом требуемую яркость, контрастность и насыщенность изображения. Разрешение и палитра определяются соответствующими характеристиками используемого устройства формирования изображения — внешней ЖК-панели или встроенной ЖК- или DMD-матрицы. Проекционные свойства проектора определяются его светотехническими параметрами, которые и являются основными характеристиками устройства. Ведь, в конце концов, основная цель приобретения проектора, стоимость которого в 5—10 раз превышает стоимость компьютера, — это возможность коллективного просмотра изображения на большом экране.

Проектор как оптическое устройство характеризуется следующими параметрами:

- формируемым световым потоком;
- контрастностью изображения на внешнем экране;
- показателем светотехнической эффективности оптической системы (световой отдачей), равной отношению светового потока к потребляемой проектором мощности.

2.5.2.4.1. СВЕТОВОЙ ПОТОК

Световой поток в фотометрии измеряют в люменах (лм). Численно световой поток в 1 лм — это световая энергия, излучаемая точечным источником света *силой* 1 кд (кандела) в пределах телесного угла 1 ср (стерадиан):

$$\Phi = I \cdot \Omega, \quad I = \frac{\Phi}{\Omega},$$

где Φ — световой поток; I — сила света; Ω — телесный угол.

Заметим, что исходной, базовой величиной в фотометрии является именно сила света; все остальные светотехнические величины определяются с ее помощью.

Для оценки светового потока, формируемого проекционным аппаратом, используется не обычный люмен, а так называемый ANSI-люмен (ANSI-лм). Методика расчета этой величины утверждена Американским институтом национальных стандартов ANSI (*American National Standard Institut*) и основана на измерении *освещенности*, создаваемой исследуемым световым потоком. Напомним, что освещенностью называют световой поток, падающий на единицу площади освещаемой поверхности:

$$E = \frac{\Phi}{S}, \quad \Phi = E \cdot S,$$

где E — освещенность, лк; Φ — световой поток, лм; S — площадь освещаемой поверхности, м².

Для оценки светового потока в ANSI-люменах освещенность измеряют в 9 точках экрана, на который проецируется изображение, находят среднее значение и умножают его на площадь экрана.

Очевидно, что при одном и том же световом потоке освещенность будет обратно пропорциональна площади экрана: чем крупнее экран, тем больший световой поток необходим для получения заданной освещенности. В частности, для обеспечения приемлемой освещенности экрана шириной 2,6 м в затемненном помещении необходим световой поток не менее 400 лм.

Световой поток, формируемый проектором, зависит главным образом от характеристик проекционной лампы. В настоящее время наиболее широко используются лампы двух типов:

- стандартные металлогалогенные, или металлогалоидные (MH — *Metal-Haloid*);
- новые миниатюрные металлогалоидные, сверхвысокой производительности (UHP — *Ultra High Performance*).

Наиболее эффективны лампы UHP. При мощности 100—150 Вт их световая отдача достигает 100 лм/Вт. Эти лампы обеспечивают высокую яркость, имеют более продолжительный срок службы и намного удобнее в эксплуатации, по сравнению со стандартными металлогалоидными лампами. Если световая отдача проектора с металлогалоидной лампой не превышает 3 ANSI-лм/Вт, то у проекторов с лампой UHP этот показатель составляет 4 ANSI-лм/Вт и более.

2.5.2.4.2. КОЭФФИЦИЕНТ КОНТРАСТНОСТИ

Оценка контрастности, или коэффициента контрастности, согласно требованиям ANSI, осуществляется по двум методикам: *Checkerboard* (тест «шахматная доска») и *Full on/off* (тест полное включение/выключение). В первом случае на экран проецируется изображение черно-белого шахматного поля. Контрастность при этом определяется как отношение средней освещенности в центрах белых и черных квадратов. Во втором случае на экран проецируется белое поле, а затем — черное, после чего определяется отношение освещенности в центре. Более объективным является значение, полученное в результате проведения теста *Checkerboard*, поскольку в этом случае учитывается изменение освещенности темных полей, обусловленное наличием соседних светлых. Очевидно, что это значение будет всегда меньше, чем значение, полученное в результате теста *Full on/off* (примерно в 1,5–2,5 раза).

Помимо оптических характеристик, мультимедийные проекторы имеют традиционные показатели качества изображения. Наиболее важным из них является разрешение.

2.5.2.4.3. РАЗРЕШЕНИЕ

Так же как и плоско панельные мониторы, мультимедийные проекторы обеспечивают наилучшее качество изображения при одном, конкретном разрешении, которое определяется количеством элементов ЖК- или DMD-матрицы. Некоторые проекторы поддерживают несколько разрешений, однако такая возможность обеспечивается за счет дополнительного преобразования исходного изображения. Очевидно, что качество преобразованного изображения будет ниже, чем исходного. Наиболее часто используются следующие методы преобразования:

- технология LIMESCO (*Line Memory Scan Converter* — преобразователь раstra с запоминанием строк); используется в мультимедийных проекторах фирмы Philips;
- масштабирование исходного изображения;
- прокрутка.

При выборе разрешения проектора необходимо учитывать, что прозрачность матрицы уменьшается с увеличением числа ее элементов. Это значит, что при использовании одной и той же проекционной лампы проектор с более высоким разрешением обеспечит меньший световой поток, чем проектор с более низким разрешением. Например, VGA-проектор Hitachi CL-P 550 обеспечивает поток 550 ANSI-лм с лампой мощностью 250 Вт. XGA-проектор ASK Impression 970, снабженный лампой мощностью 575 Вт — всего лишь 400 ANSI-лм. В свою очередь, снижение светового потока приводит к уменьшению размеров внешнего экрана и максимального расстояния до него: у проектора Hitachi CL-P 550 эти параметры составляют 14,5 и 10,2 м соответственно, а у проектора ASK Impression 970 — только 3,9 и 2,7 м.

Таким образом, разрешение проектора должно соответствовать его назначению. Если он будет применяться для воспроизведения телевизионных и видеопрограмм, отображения мультимедийных презентаций и т. п., то не имеет смысла использовать разрешение свыше 800х600, а при просмотре видеофильмов с качеством, обеспечиваемым форматом VHS, — свыше 640х480. С одной стороны, более высокое разрешение снижает зернистость изображения, позволяя зрителю расположиться ближе к нему, с другой — при воспроизведении видеозаписей низкого качества слишком высокое разрешение только подчеркнет дефекты изображения.

Имеется сравнительно немного областей применения, где принципиально необходимо высокое разрешение — XGA (1024×768) или SuperXGA (1280×1024). Это, главным образом, профессиональные приложения: инженерная графика, системы автоматизированного проектирования, настольные издательские системы, медицина и др. Применение же XGA-проекторов в домашних условиях нецелесообразно.

2.5.2.4.4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

В отличие от оверхед-проекторов с ЖК-панелями, мультимедийные проекторы имеют ряд дополнительных возможностей:

- увеличение/уменьшение размера изображения (zoom) за счет изменения фокусного расстояния объектива (вручную или автоматически, с помощью электропривода);
- коррекция трапецидальных искажений раstra (рис. 2.193), возникающих, когда проектор расположен ниже (выше) экрана и его луч падает под углом d , заметно отличающимся от прямого. Угол d отсчитывается от нормали к поверхности экрана. В технических характеристиках приводится максимальный угол d , при котором еще возможна коррекция трапецидальных искажений;

- обратная проекция — зеркальный поворот изображения по горизонтали (при проецировании не на отражающий, а на просветный экран);
- приспособление для крепления проектора к потолку.

Кроме того, все мультимедийные проекторы оборудованы встроенной акустической системой, аудиовходом, аудиовыходом для подключения внешней акустической системы и видеовходами RCA и S-Video для подключения внешнего источника видеосигнала.

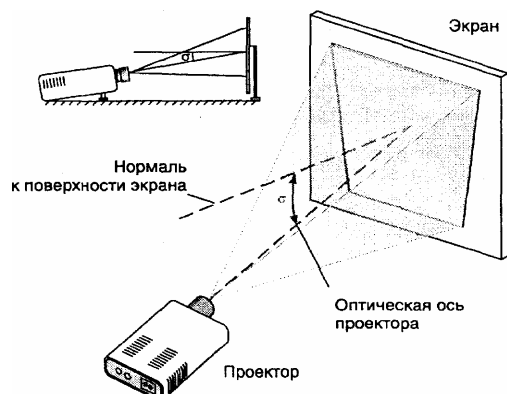


Рис. 2.193. Трапецидальные искажения раstra при использовании проектора

Помимо мультимедийных, существуют еще *видеопроекторы*. По конструкции и принципу действия они аналогичны мультимедийным, но в них не предусмотрена возможность подключения к компьютеру.

В табл. 2.46 приведены основные характеристики мультимедийных проекторов.

Таблица 2.46. Основные характеристики мультимедийных проекторов

Характеристика	Тип и модель проектора					
	VGA		SVGA			XGA
	Philips Pro-Screen4000	Hitachi CP-L 550	DAVIS DL-450	Philips Pro-Screen 4600	ASK Impression 8300	ASK Impression 970
Технология	TFT	p-Si	DMD/DLP	p-Si	DMD/DLP	TFT
Количество и размер матриц, дюймы	1×6,4	3×1,3	1×0,7	3×1,3	1×0,7	1×10,1
Палитра	16,7 млн	16,7 млн	16,7 млн	16,7 млн	16,7 млн	16,7 млн
Разрешение:						
640×480	Да	Да	Да	LIMESCO	Да	Да
800×600	UMESCO	Нет	Да	Да	Да	Да
1024×768	LIMESCO	Нет	Нет	LIMESCO	Да	Да
1280×1024	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Световой поток, ANSI, лм	300	550	500	450	450	400
Тип лампы	UHP	UHP	UHP	UHP	MH	MH
Мощность лампы, Вт	120	250	120	100	270	575
Расстояние до экрана, м	1,3-5,8	1,0-14,5	1,75-5,00	0,6-20,0	1,7-5,0	1,26-3,90
Размер экрана по диагонали, м	1,0-1,5	0,45-10,20	1,0-4,3	0,23-13,20	1,3-3,6	0,81-2,70
Частота строк (макс.), кГц	80	16-37	80	80	100	До 100
Частота кадров (макс.), Гц	85	60-75	85	85	100	До 100
Максимальный угол d , град.	13	8	17	10	17	8
Обратная проекция	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Потолочное крепление	Да	Да	Нет	Нет	Да	Да
Встроенные динамики (количество × мощность), Вт	1×3	1×3	1×10	2×2	2×5	2×5
Габаритные размеры (высота × ширина × длина), см	18,5×40×33	17×32×46	13×23×33	16,5×33×33	33×31×22	32×25×63
Масса, кг	8	10,5	6,6	8	8,5	12,5

В данном разделе использованы материалы из [1].

Контрольные вопросы

1. На какие две большие группы можно разбить все компьютерные проекторы.
2. Охарактеризуйте устройство и принцип действия отражательных оверхед-проекторов.
3. Охарактеризуйте устройство и принцип действия просветных оверхед-проекторов.
4. Какие типы ЖК-панелей оверхед-проекторов различают в зависимости от разрешения экрана?
5. Какие дополнительные возможности, полезные при обучении, проведении презентаций и т.п. имеют ЖК-панели проекторов?
6. Что понимается под *дистанционной мышью*?
7. Приведите характеристики одной из ЖК-панелей фирмы Medium.
8. Чем отличаются мультимедийные проекторы от просветных оверхед-проекторов?
9. Какие типы проекторов выпускаются в настоящее время?
10. Дайте описание TFT-проектора.
11. Дайте описание полисиликонового проектора.
12. Опишите принцип действия цветоделительной системы полисиликонового проектора, выполненной на базе дихроичных зеркал.
13. Опишите *систему цветосмещения* полисиликонового проектора.
14. Для чего и где в полисиликоновом проекторе используется *конвертор поляризации*?
15. Опишите принцип действия *конвертора поляризации*.
16. Что такое *микролинзовые растры*?
17. В чем заключается главный недостаток ЖК-проекторов просветного типа?
18. Охарактеризуйте проекторы отражательного типа.
19. Охарактеризуйте модулятор отражательного проектора типа ILA.
20. Охарактеризуйте отражательную R-ЖК-панель проектора типа D-ILA.
21. Опишите конструкцию проектора D-ILA.
22. Что означает аббревиатура *DMD/DLP*?
23. Каково разрешение одной DMD- матрицы?
24. Как реализуются цветные DMD/DLP-проекторы?
25. Опишите цветной проектор на одной DMD- матрице.
26. Каковы преимущества DLP-технологии по сравнению с ЖК-технологиями?
27. Какие недостатки имеют проекторы с одной DMD-матрицей?
28. Какими общими параметрами характеризуются проекторы?
29. Какими параметрами характеризуется проектор как оптическое устройство?
30. Как определяется световой поток и освещенность?
31. Как оценивается световой поток в ANSI-люменах?
32. Какие осветительные лампы используются в современных проекторах и какова их световая отдача?
33. Какова световая отдача проекторов с металлогалоидной лампой и проекторов с лампой UHP?
34. Как оценивается коэффициент контрастности проектора?
35. Что определяет у проекторов параметр "Разрешение"?
36. Какие дополнительные возможности имеют мультимедийные проекторы?
37. Перечислите основные характеристики мультимедийных проекторов.

3. СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

В современном арсенале аппаратных средств мультимедиа имеется группа устройств, предназначенных для формирования объемных (трехмерных) изображений. Появившись первоначально в качестве весьма дорогостоящих и недостаточно совершенных элементов *системы виртуальной реальности*, эти устройства в настоящее время интенсивно развиваются, постепенно становясь неременным атрибутом домашнего мультимедийного PC.

Под системой виртуальной реальности будем понимать совокупность аппаратных и программных средств, воздействующих на органы чувств человека таким образом, что у него возникает ощущение реальности синтезированного компьютером виртуального мира (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Система виртуальной реальности — тренажер-автосимулятор

Принцип действия устройств формирования трехмерных изображений основан на эффекте *бинокулярного зрения*, или *стерео зрения*, поэтому по конструкции они принципиально отличаются от традиционных мониторов и предназначены, как правило, для индивидуального использования.

3.1. Физиологические основы стерео зрения

Значительное влияние на естественность восприятия визуальной информации оказывает способность человека оценивать объемность (глубину) изображения. Наряду с высоким разрешением и большим количеством оттенков цветов, объемный характер изображения имеет важнейшее значение для создания у пользователя мультимедийного PC подсознательного ощущения реальности наблюдаемой сцены.

3.1.1. ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ ОБЪЕМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Как известно, способность органа зрения человека к объемному восприятию объектов определяют две группы факторов:

- первичные (врожденные), основанные на использовании бинокулярного зрения;
- вторичные (эмпирические), позволяющие оценивать глубину наблюдаемого объекта по косвенным признакам, доступным при монокулярном зрении (при этом, как правило, подсознательно используется накопленный человеком опыт ориентации в пространстве).

Безусловно, важнейшим фактором является способность человека к бинокулярному зрению, которую называют также *стерео зрением*.

Вторичные факторы объемного восприятия основаны на подсознательной фиксации человеческим мозгом тех особенностей изображения, которые обусловлены пространственным расположением наблюдаемых объектов и их частей. Иными словами, человек подсознательно оценивает:

- расстояние до предмета на основе информации о его размерах (чем меньше объект, тем он дальше);
- порядок наложения предметов друг на друга (тот, который выше, — ближе);
- глубину пространства за счет использования эффекта перспективы — визуального сближения параллельных линий, уходящих вдаль;
- световые эффекты на предмете (тени, блики и т. п.).

Важно отметить, что эти особенности доступны не только при бинокулярном, но и при монокулярном зрении. Благодаря этому вторичные факторы могут быть задействованы при использовании традиционных, двумерных устройств отображения (экрана телевизора, монитора). В качестве примера можно привести фотоснимок. Сам по себе он является двумерным, плоским изображением, однако у человека подсознательно, на основе анализа всех перечисленных особенностей изображения, создается, хотя и не полное, но достаточно четкое представление о форме и пространственном положении изображенных на фотографии объектов. Этими же методами пользуются художники, пытаясь создать на плоском холсте иллюзию объемности изображения.

Вторичные факторы объемного восприятия лежат в основе технологии создания трехмерных компьютерных изображений, наблюдаемых на экране обычных мониторов. Эта область компьютерной индустрии, называемая *трехмерной графикой* или *3D*, в настоящее время переживает этап бурного развития. Наиболее яркий пример 3D — многочисленные трехмерные компьютерные игры (Quake II, Unreal, Tomb Rider и многие другие). Описанию аппаратных и программных средств 3D целиком посвящена отдельная, пятая глава этой книги.

Использование вторичных факторов заметно улучшает реалистичность восприятия плоского изображения, однако сами по себе они не обеспечивают эффекта полного проникновения в виртуальный мир. Для создания истинного эффекта присутствия в этом мире необходимо задействовать возможности бинокулярного зрения, т. е. первичные факторы, а это требует уже изменения конструкции устройства отображения. Изображение можно считать «истинно трехмерным» только в том случае, если оно создано с учетом как первичных, так и вторичных факторов.

Для лучшего понимания принципа действия устройств отображения, формирующих объемные изображения, кратко опишем механизм бинокулярного зрения человека.

3.1.2. МЕХАНИЗМ БИНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ

Как известно, стерео зрение основано на эффекте одновременного раздражения светом горизонтально расположенных несимметричных элементов сетчатки глаз. Асимметрия этих точек обусловлена тем, что оба глаза разнесены по горизонтали на расстояние 6—7 см и видят один и тот же объект под различными углами (рис. 3.2).

Предположим, что человек наблюдает точечный объект Q (рис. 3.3, а), при этом оптические оси глаз пересекаются на объекте, или конвергируют. Угол β , под которым они пересекаются, называется *углом конвергенции* или *параллактическим углом*.

Ощущение глубины объекта вызвано тем, что при наблюдении разноудаленных точек M и Q объекта углы конвергенции β_M и β_Q оказываются различными (рис. 3.3, б). Разность $\Delta\beta = \beta_M - \beta_Q$ называют *угловым параллаксом*. Минимально различимый угловой параллакс $\Delta\beta_{\min}$ называют *порогом глубинного зрения*. Его величина составляет в среднем 10—20". Обратная величина $1/\Delta\beta_{\min}$ называется *остротой глубинного (стереоскопического) зрения*.

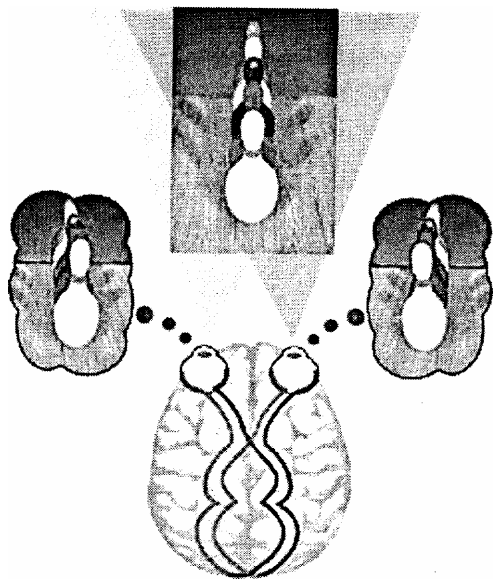


Рис. 3.2. Принцип бинокулярного зрения

Наличие углового параллакса приводит к тому, что длины отрезков m_d q_d и m_n q_n являющихся проекциями отрезка MQ на глазное дно каждого глаза, оказываются различными (см. рис. 3.3, б). Следовательно, различным окажется и возбуждение рецепторов обоих глаз. В результате анализа головным

мозгом этих возбуждений у человека формируется ощущение объемности объекта, т. е. он получает возможность оценивать размер объекта не только по ширине и высоте, но и по глубине.

Отметим, что при наличии углового параллакса по вертикали стереоэффект отсутствует.

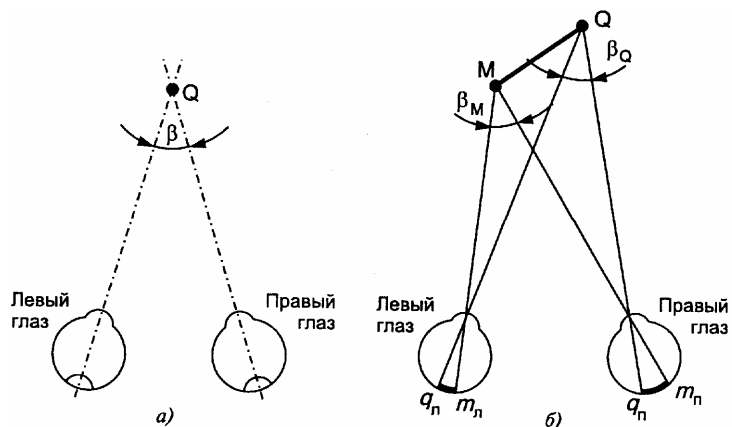


Рис. 3.3. Схема определения углового параллакса

Способность к объемному, глубинному зрению имеет важнейшее значение для жизнедеятельности человека, являясь необходимым условием для многих профессий, требующих точной оценки расстояния до объекта: водителя, летчика, воздушного гимнаста и др. У животных схема построения органа зрения также зависит от способа их существования. Например, большинство хищников (волки, львы, тигры и др.) во время охоты должны хорошо определять расстояние до своей жертвы, поэтому способность к стереоскопическому зрению для них жизненно необходима. В результате все они имеют почти такое же расположение глаз, как у человека, — два глаза, смотрящие в одну сторону. Напротив, для животных-жертв (например, лошадей, крупного рогатого скота, зайцев и др.) гораздо важнее не точное определение расстояния до хищника, а как можно более раннее его обнаружение, что достигается за счет более широкого поля обзора. Именно поэтому у этих животных глаза расположены по бокам головы. Общеизвестно, что заяц может видеть происходящее сзади него практически без поворота головы, т. е. имеет поле обзора шириной почти 360° .

3.2. Принципы формирования стереоскопических изображений

Первые опыты по стерео восприятию провел в 1838 г. Ч. Уитстон, а в 1858 г. П. Панум дал им физиологическое обоснование. Для получения стереоэффекта Ч. Уитстон создал специальный прибор — *стереоскоп*.

Этот прибор позволял видеть объемное изображение объекта за счет раздельного наблюдения каждым глазом двух почти одинаковых плоских изображений, образующих *стереопару*. Формирование стереопары происходило за счет использования специальной оптической системы, позволяющей из исходного изображения получить два, немного сдвинутых относительно друг друга по горизонтали.

Принцип действия стереоскопа Уитстона и сегодня в том или ином виде реализуется практически во всех современных устройствах формирования объемных изображений. Однако используемые в них конкретные способы формирования стереопары значительно отличаются друг от друга, чем обусловлено большое разнообразие устройств данного типа. Рассмотрим эти способы более подробно.

Не представляет большого труда сформировать два плоских изображения, составляющих стереопару. Значительно труднее заставить каждый глаз видеть только свою половину стереопары. Решить эту задачу можно двумя способами:

- путем использования для каждого глаза двух независимых экранов (*двухэкранный способ*);
- проецированием двух изображений, составляющих стереопару, на общий экран с последующей селекцией элементов стереопары для их раздельного показа каждому глазу (*одноэкранный способ*).

3.2.1. ДВУХЭКРАННЫЙ СПОСОБ

Использование двухэкранного способа позволяет получить наилучшие результаты, поскольку в этом случае учитываются особенности строения органа зрения человека (два глаза — два экрана). Кроме того, этот способ считается исторически первым; упомянутый выше стереоскоп фактически имеет два виртуальных экрана, создаваемых его оптической системой. Недостаток двухэкранного способа очевиден: для его реализации требуется специальное устройство отображения. На ранней стадии развития стереовидения эти устройства были весьма громоздкими и несовершенными, что сильно ограничивало их применение (рис. 3.4).

Более удачным устройством считается CyberScope (рис. 3.5), используемый при проектировании

сложных пространственных объектов (например, в архитектуре). Это устройство имеет два окуляра и устанавливается на экран монитора компьютера. При использовании специального программного обеспечения пользователь может наблюдать в окулярах объемное изображение приемлемого качества. Однако при этом работа с компьютером напоминает работу с микроскопом, приводящую к быстрому переутомлению оператора. Очевидно также, что столь громоздкое устройство совершенно непригодно для мультимедийного применения.

Основной недостаток устройств с двумя экранами — громоздкость — был устранен с появлением компактных ЖК-экранов. По мере совершенствования технологии изготовления и удешевления их производства появились и непрерывно совершенствуются удобные и привычные для использования устройства отображения в виде шлемов, биноклей или специальных очков. Именно они в настоящее время являются основными мультимедийными устройствами формирования объемных изображений и широко используются в составе систем виртуальной реальности.

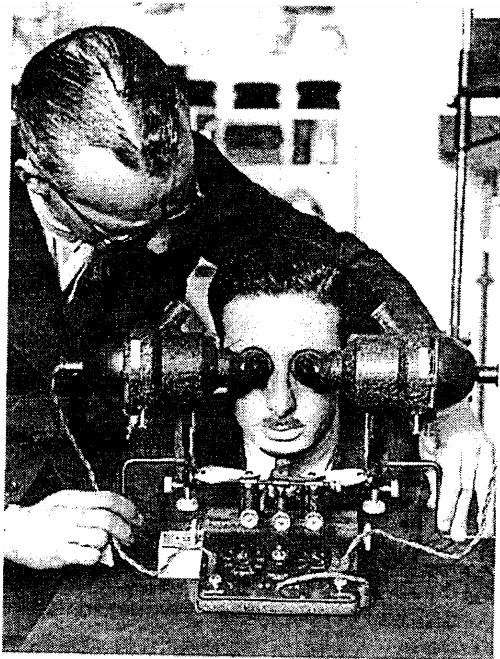


Рис. 3.4. Одно из первых стереоскопических устройств



Рис. 3.5 CyberScope

В настоящее время принята классификация, в соответствии с которой все двухэкранные устройства формирования трехмерных изображений можно разбить на три большие группы:

1. BMD (*Boom Mounted Display* — дисплей, закрепленный на штанге). Как правило, это — устройства отображения на основе двух ЭЛТ, имеющие весьма значительный вес и габариты. Чтобы избавить пользователя от необходимости держать их в руках, устройства типа BMD закрепляются на подвижной штанге, а пользователь обычно располагается в специальном кресле с высокой спинкой (рис. 3.6). Глядя на такое устройство, трудно удержаться от аналогии с кабинетом стоматолога, что не у всех вызывает приятные ассоциации.

Основное достоинство устройств отображения типа BMD — это высокое качество изображения, обусловленное использованием ЭЛТ. В частности, изображенное на рис. 3.6 устройство имеет две ЭЛТ, каждая из которых обеспечивает разрешение 1280×1024. Нет нужды пояснять, насколько это хорошо,

особенно, если принять во внимание небольшой размер видимой области экрана.

2. ННД (*Hand Held Display*- дисплей, удерживаемый в руках). Типичным представителем устройств типа ННД являются подключаемые к РС бинокли (рис 3 7) в которые вмонтированы две ЖК-матрицы. Имея значительно меньшие габариты и вес, по сравнению с устройствами типа ВМД, бинокли находят все более широкое применение в сфере мультимедиа. Однако необходимость постоянно держать их в руках во время просмотра значительно ограничивает применение этих устройств в игровых приложениях.



Рис. 3.6. Устройство отображения Fakespace FS2 типа ВМД



Рис.3.7. Бинокль



Рис. 3.8. VR-шлем

3. НМД (*Head Mounted Display* - дисплей, закрепленный на голове). Эта категория устройств наиболее приспособлена для совместного использования с мультимедийным РС, поскольку ничем не сковывает действий пользователя. К ней относятся устройства, которым в данной главе уделено основное внимание, -

шлемы виртуальной реальности, или VR-шлемы (рис. 3.8).

3.2.2. ОДНОЭКРАННЫЙ СПОСОБ

В отличие от двухэкранного, одноэкраным способом можно отображать элементы стереопары при помощи обычных, двумерных устройств отображения (например, монитора РС или проекционного экрана). Это является главным достоинством одноэкранного способа. Однако при этом необходимы специальные устройства для селекции изображений, составляющих стереопару. В этих устройствах реализованы следующие методы селекции элементов стереопары:

- одновременный (метод поляризационной селекции);
- последовательный (затворный);
- комбинированный.

Кратко рассмотрим эти методы.

3.2.2.1. Метод поляризационной селекции

Примером использования поляризационной селекции для формирования объемного изображения может служить стереокино, в котором на один экран двумя кинопроекторами одновременно проецируются два изображения, образующие стереопару. Эти изображения имеют различную поляризацию световой волны: одно — вертикальную, другое — горизонтальную (технически получить линейно поляризованный свет достаточно просто с помощью поляризационных фильтров, устанавливаемых поверх объектива каждого проектора). Зритель надевает очки со специальными стеклами, одно из которых пропускает свет с вертикальной поляризацией, а другое — с горизонтальной. В результате каждый глаз видит только свою половину стереопары с соответствующей поляризацией, что обеспечивает желаемый стереоэффект. В настоящее время этот метод используется не только в стереокино, но и в модернизированных мультимедийных (3D) проекторах, предназначенных для показа стереоскопических изображений.

Как видно, метод поляризационной селекции достаточно прост, однако неприменим, если в качестве устройства отображения использовать обычный монитор. Дело в том, что монитор сам является источником изображения, и **одновременно** создать на его экране два различных изображения невозможно. В этом случае используется так называемый *затворный метод*.

3.2.2.2. Затворный метод

При использовании затворного метода элементы стереопары отображаются на экране монитора (проекционном экране) **по очереди**, при этом между каждым глазом и экраном размещаются устройства, выполняющие функции шторки, или затвора (*shutter*), которые синхронно со сменой элементов стереопары теряют прозрачность, перекрывая поле зрения одного из глаз. Наиболее часто в качестве таких «шторок» используются специальные электронно-управляемые очки (*Shutterglasses* — очки затворного типа). Эти очки называют также *активными поляризационными*.

В настоящее время среди устройств формирования 3D-изображений активные поляризационные очки являются наиболее простыми в использовании и доступными по цене устройствами.

3.2.2.3. Комбинированный метод

Комбинированный метод селекции элементов стереопары заключается в совмещении в одном устройстве поляризатора и затвора. Примером такого устройства являются *поляризационные экраны затворного типа* для обычных мониторов РС. При использовании такого экрана обеспечивается **поочередный** показ элементов стереопары, причем каждый ее элемент отображается со своей поляризацией — горизонтальной или вертикальной. Достаточно надеть обычные поляризационные очки (как в стереокино), чтобы увидеть на экране монитора объемное изображение.

В целом реализация комбинированного метода сложнее и дороже, чем затворного. Единственным преимуществом его является возможность использования более дешевых поляризационных очков, подключать которые к РС нет необходимости. Это удобно при обеспечении коллективного просмотра трехмерных изображений. Именно по этой причине комбинированный метод реализован в большинстве 3D-проекторов.

3.3. Способы формирования стереокадра

Рассмотренные выше способы создания стереоэффекта определяют главным образом механическую конструкцию устройства формирования трехмерных изображений, но ничего не говорят о способе формирования видеосигнала. Действительно, даже при наличии VR-шлема, имеющего два независимых экрана, в качестве источника изображения используется единственный выход видеодаптера. Как же, используя один видеосигнал, сформировать на двух экранах различные изображения?

Для решения этой задачи видеосигнал должен представлять собой последовательность *стереокадров*.

Под стереокадром будем понимать совокупность двух последовательных кадров (или полей), каждый из которых представляет собой изображение одного из элементов стереопары (рис. 3.9).

Стереокادر может формироваться несколькими способами, определяющими:

- режим работы видеоадаптера и монитора (точнее, способ развертки);
- способ хранения цифрового образа стереопары в видеопамяти;
- особенности обработки выходного сигнала видеоадаптера (в случае необходимости) для получения стереоэффекта.

Для краткости способ формирования стереокадра будем называть *форматом стереокадра*.

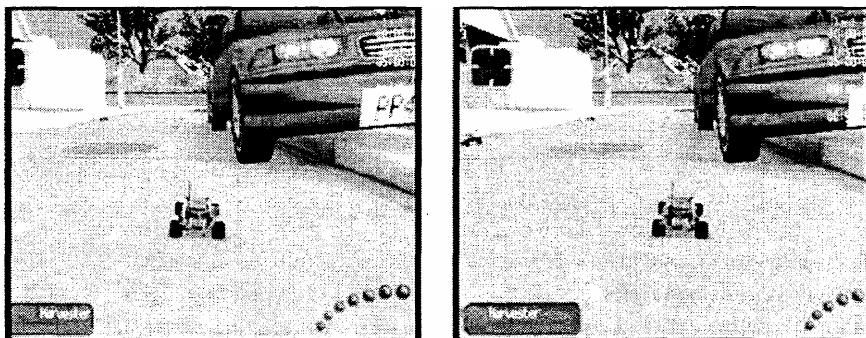


Рис. 3.9. Пример стереокадра

Рассмотрим наиболее распространенные форматы стереокадра, используемые в 3D-очках затворного типа и VR-шлемах.

3.3.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА КАДРОВ

Этот способ имеет несколько названий: *Page-Flipping* (разбиение на страницы), *Field Sequential* (последовательная передача полей), *Alternate Page* (чередующиеся страницы) и *Alternate Frame* (чередующиеся кадры). При последовательной передаче кадров в каждый момент времени в кадровом буфере видеоадаптера размещается только одна половина стереопары (левая или правая), которая и отображается на экране монитора (рис. 3.10). Используется только построчная развертка, при этом стереокادر формируется за два периода кадровой развертки.

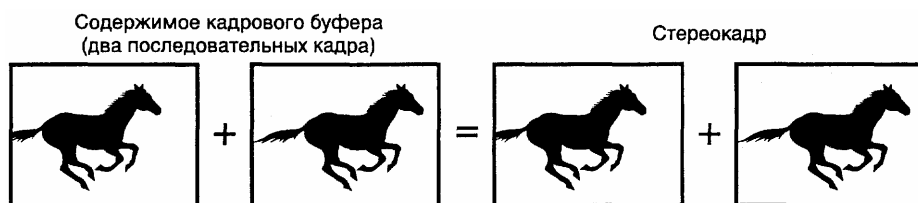


Рис. 3.10. Формирование стереокадра формата Page-Flipping

Этим способом удастся получить изображение наилучшего качества, поскольку разрешение каждого элемента стереопары соответствует фактически используемому разрешению монитора. Однако частота смены стереокадров оказывается вдвое меньше, чем реально установленная частота кадровой развертки монитора, поэтому для устранения мелькания рекомендуется использовать частоту кадров не ниже 120 Гц. Отметим, что такую частоту должны поддерживать и монитор, и видеоадаптер (большинство устаревших моделей видеоадаптеров не поддерживают такие частоты!). Кроме того, если изображение стереопары занимает большой объем памяти (высокое разрешение в режиме True Color), шина ввода/вывода, к которой подключен видеоадаптер, должна иметь такую пропускную способность, чтобы обеспечить своевременную пересылку данных из оперативной памяти PC в локальную память видеоадаптера. Поэтому для формирования стереокадра формата Page-Flipping необходим PC с мощным видеоадаптером и высококачественным монитором.

3.3.2. РАЗБИЕНИЕ КАДРА ПО ГОРИЗОНТАЛИ

Этот формат стереокадра называют также *Above-below Split-Screen*, *Over-Under Split-Screen* или *Top-Bottom Split-Screen*. Также как и в формате Page-Flipping, стереокادر формата Above-below Split-Screen формируется с использованием построчной развертки. Отличие состоит в том, что изображения обоих элементов стереопары **одновременно** записываются в кадровый буфер, причем разрешение по вертикали каждого элемента уменьшено в 2 раза. Иными словами, изображение каждого элемента стереопары как бы сжато по вертикали в 2 раза, чтобы они одновременно могли уместиться в кадре (рис. 3.11).

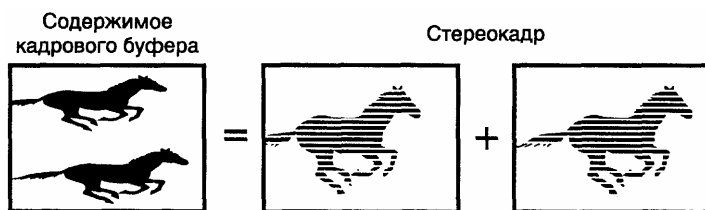


Рис. 3.11. Формирование стереокадра формата *Above-below Split-screen*

Если теперь сигнал видеоадаптера просто подать на монитор, то на его экране мы увидим такую же картинку, как и на рис. 3.11 слева, и ни о каком стереоэффекте говорить не придется. Чтобы получить стереоскопическое изображение, между видеоадаптером и монитором включают специальный контроллер, реализующий процедуру *Sync Doubling* — дублирование синхроимпульсов. Напомним, что видеосигнал и синхроимпульсы в видеосистеме VGA передаются по различным проводам, поэтому обработку этих сигналов можно выполнять независимо друг от друга.

Принцип действия контроллера заключается в удвоении частоты следования кадровых синхроимпульсов, подаваемых на монитор: между каждыми двумя синхроимпульсами, сформированными видеоадаптером, он вставляет дополнительный импульс. Это приводит к удвоению частоты кадровой развертки монитора, т. е. электронный луч ЭЛТ будет смещаться по вертикали в 2 раза быстрее, чем при использовании синхросигналов, формируемых видеоадаптером. В результате полноэкранный растр будет содержать половину строк, хранящихся в кадровом буфере. Например, если видеоадаптер и монитор изначально работали в режиме 640×480/60 Гц, то после выполнения процедуры *Sync Doubling* монитор перейдет в режим 640×240/120 Гц. За время, в течение которого видеоадаптер просканирует половину кадрового буфера, монитор полностью сформирует растр, как бы растянув сжатое по вертикали изображение, например левого элемента стереопары, на весь экран. Таким же образом будет сформировано изображение правого элемента стереопары, содержащегося в оставшейся части кадрового буфера.

Таким образом, разрешение по вертикали стереокадра формата *Above-below Split-Screen* будет в два раза ниже, чем стереокадра формата *Page-Flipping*. Кроме того, между строк растра будут хорошо заметны темные полосы, особенно на экране большого размера и с малым зерном.

Основное преимущество формата *Above-below Split-Screen* — хорошая совместимость с видеоадаптерами (не требуется переводить их в чересстрочный или какой-либо другой нестандартный режим). Однако использовать его желательно только при сравнительно высоком исходном разрешении (не ниже 800×600), когда уменьшение в два раза количества строк растра не слишком заметно на глаз.

Характерная особенность стереокадра данного формата — нечеткое разделение верхней и нижней половин кадра, приводящее к появлению в верхней и нижней частях экрана дефектов изображения. Для их исключения в середину стереокадра добавляют узкую темную разделительную полосу.

3.3.3. ЧЕРЕДОВАНИЕ СТРОК

Чередование строк (*Alternate Line*) иначе называют *Line Sequential* (последовательная передача строк) либо *Interleaved* или *Interlaced* (чересстрочный). Зачастую название этого формата стереокадра путают с названием чересстрочного способа развертки: формат *Alternate Line*, или *Interlaced*, определяет способ хранения элементов стереопары в кадровом буфере, а не способ формирования растра на экране ЭЛТ. Более того, он используется как при чересстрочной, так и при построчной развертке.

Стереокадр формата *Alternate Line* формируется следующим образом. Изображения стереопары одновременно целиком хранятся в кадровом буфере, но имеют чересстрочную структуру (рис. 3.12): в нечетных строках содержится изображение левого элемента стереопары, а в четных — правого (речь идет не о строках растра, а о ячейках видеопамяти, в которых содержатся значения видеосигнала для каждой строки растра). Другими словами, в видеопамяти строки каждого элемента стереопары чередуются друг с другом, а при наложении этих изображений формируется ровный растр.

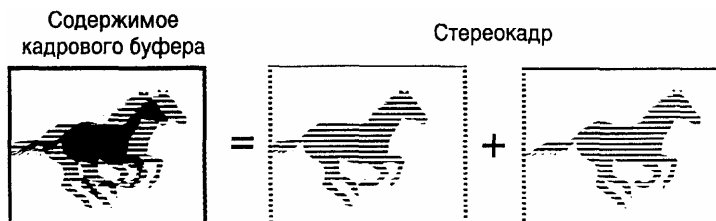


Рис. 3.12. Формирование стереокадра формата *Alternate Line*

Таким образом, формат *Alternate Line* предполагает изначально **программное** разложение стереопары на четные и нечетные строки.

Несложно догадаться, что каждая половина стереопары содержит в два раза меньше строк, чем растр на экране. Поэтому разрешение по вертикали стереокадра формата Alternate Line в два раза хуже, чем стереокадра формата Page-Flipping. С этой точки зрения формат Alternate Line аналогичен рассмотренному выше формату Above-below Split-Screen, но за счет использования специальных методов позволяет заметно повысить качество стереоскопического изображения. Применение конкретного метода зависит от выбранного режима развертки.

3.3.3.1. Чересстрочная развертка

Наиболее простой метод — использование чересстрочной развертки. В этом случае чересстрочный метод сканирования содержимого кадрового буфера, совместно с чересстрочным способом хранения изображения, обеспечит автоматическое разделение элементов стереопары: в нечетных полях (полукадрах) будет отображаться левый элемент стереопары, а в четных — правый. Наиболее важное достоинство использования чересстрочной развертки для формирования стереокадра формата Alternate Line — это возможность получения высокой (до 150 Гц) частоты смены полукадров (полей) даже на посредственных мониторах, что значительно снижает мерцание экрана.

3.3.3.2. Построчная развертка

Однако чересстрочная развертка — анахронизм для видеосистемы современного PC (многие модели современных видеоадаптеров ее не поддерживают!). Существуют также модели VR-шлемов и 3D-очков, для работы которых необходим видеосигнал именно с построчной разверткой! Для того чтобы работать с построчной разверткой, используются два метода: *Line Doubling* — дублирование линий и *Line Blanking* — гашение строк.

3.3.3.2.1. ДУБЛИРОВАНИЕ ЛИНИЙ

Дублирование линий является чисто программным методом и реализуется путем соответствующего программирования видеоадаптера. Суть метода проста: каждая строка кадрового буфера сканируется видеоадаптером дважды, в результате чего видеосигнал в соседних строках повторяется. Другими словами, сначала дважды сканируются все нечетные строки кадрового буфера, а затем — все четные (также дважды). В результате каждый элемент стереопары отображается на экране в отдельном кадре в виде построчного растра, хотя разрешение стереокадра по вертикали по-прежнему остается в два раза ниже, чем в стереокадре формата Page-Flipping.

Таким образом, использование метода дублирования строк позволяет избежать появления темных полос между прореженными строками исходного изображения. Заметим, что в видеоадаптере **VGA**, если установленное разрешение по вертикали ниже 350 пикселей (например, 640×200), режим дублирования строк включается автоматически.

3.3.3.2.2. ГАШЕНИЕ СТРОК

Гашение строк является более экзотическим и менее качественным способом формирования стереокадра формата Alternate Line при построчной развертке. В отличие от рассмотренного выше метода *Line Doubling*, метод *Line Blanking* реализуется не программно, а аппаратно, при помощи специального конвертера (контроллера), включенного в разрыв кабеля, соединяющего видеоадаптер и монитор.

Как известно, при обычной, построчной развертке строки кадрового буфера сканируются последовательно. Однако при использовании формата Alternate Line последовательное сканирование неприемлемо, поскольку оно не позволяет разделить элементы стереопары. Для того чтобы решить эту задачу, контроллер блокирует видеосигнал четных строк в нечетном кадре и наоборот, видеосигнал нечетных строк в четном кадре. В результате на экране монитора в нечетном кадре будет отображаться левый элемент стереопары, а в четном — правый. При этом и видеоадаптер и монитор работают в обычном режиме с построчной разверткой, а визуально возникает впечатление, что используется чересстрочная развертка (фактическое разрешение вдвое ниже номинального, четные и нечетные поля появляются на экране поочередно). Поэтому метод *Line Blanking* называют также **SECAM** (*Sequentiel Couler a Memoire (фр.) - последовательные цвета и память*) — последовательная, цветная, совместимая с черно-белой телевизионная система. Используется в России, Франции и ряде других стран. Ее отличительной особенностью является поочередная передача через строку двух цветоразностных сигналов при непрерывной передаче сигнала яркости. Частота смены полей — 50 Гц, частота кадров — 25 Гц. Частота строк 15625 Гц, частота поднесущей: для строк В — 4,425 МГц; для строк R — 4,40625 МГц.

По сравнению с методом дублирования линий, метод гашения строк обеспечивает худшее качество изображения и для своей реализации требует использования дополнительного устройства (контроллера). Однако его очевидным преимуществом является использование стандартных режимов работы видеоадаптера и монитора, что практически полностью устраняет проблему совместимости VR-шлемов и 3D-очков с видеоадаптером.

Таким образом, несмотря на упомянутые выше различия и особенности практической реализации

способов формирования стереокадра (Page Flipping, Above-below Split-Screen и Alternate Line), частота показа элементов стереопары должна быть в 2 раза выше, чем частота стереокадров. Кроме того, разрешение по вертикали стереокадров формата Above-below Split-screen и Alternate Line оказывается в два раза ниже, чем установленное разрешение монитора.

3.3.4. РАЗБИЕНИЕ КАДРА ПО ВЕРТИКАЛИ

Создание стереоскопического изображения из видеосигнала путем разбиения кадра по горизонтали значительно ухудшает разрешение изображения по вертикали, которое и так весьма невелико (480 строк в кадре и 240 — в поле в системе NTSC). В этом случае используют разбиение кадра по вертикали. Изображение стереокадра, полученное в результате этого разбиения, представлено на рис. 3.13. Как и при формировании стереокадра формата Above-below Split-Screen, изображения обоих элементов стереопары одновременно размещаются в кадре. Они имеют номинальное разрешение по вертикали, но сжаты по горизонтали, т. е. их разрешение по горизонтали в 2 раза ниже номинального. Такой способ формирования стереокадра получил название *Side-by-Side Split-screen*.

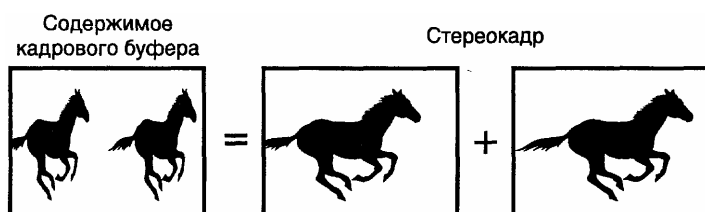


Рис. 3.13. Формирование стереокадра формата Side-by-Side Split-screen

Формат Side-by-Side Split-screen применяется в основном в бытовой видеотехнике. Элементы стереопары записываются на специальные видеокамеры, у которых частота строчной развертки увеличена в 2 раза. Далее, при помощи специального видеоманитофона сигналы с двух видеокамер суммируются так, что образуют стереокادر формата Side-by-Side Split-Screen. Суммарный сигнал занимает в два раза большую полосу частот и не пригоден для просмотра на экране обычного бытового телевизора. Поэтому он подвергается цифровой обработке в специальном контроллере, на выходе которого формируется обычный телевизионный сигнал. При этом нечетные поля (полукадры) содержат изображение левого элемента стереопары, а четные — правого.

В мультимедийном оборудовании формат Side-by-Side Split-Screen используется крайне редко.

В данном разделе использованы материалы из [1].

Контрольные вопросы

1. На каких эффектах основан принцип действия устройств формирования трехмерных изображений?
2. Какие группы факторов определяют способность органа зрения человека к объемному восприятию объектов?
3. На чем основаны вторичные факторы объемного восприятия объектов человеком?
4. Доступны ли вторичные факторы объемного восприятия при монокулярном зрении?
5. Какие факторы объемного восприятия лежат в основе технологии создания трехмерных компьютерных изображений, наблюдаемых на экране обычных мониторов?
6. Какое изображение можно считать «истинно трехмерным»?
7. Что называется углом конвергенции или параллактическим углом?
8. Что называют *угловым параллаксом*?
9. Что называют *порогом глубинного зрения* и какую величину он составляет?
10. Что называется *остротой глубинного (стереоскопического) зрения*?
11. Какими способами решается задача наблюдения каждым глазом своей стереопары?
12. Охарактеризуйте развитие стереоскопических устройств двухэкранного типа.
13. Охарактеризуйте классификационные группы современных двухэкранных устройств формирования трехмерных изображений.
14. Какие методы селекции элементов стереопары реализованы в одноэкранных устройствах формирования трехмерных изображений?
15. Охарактеризуйте метод поляризационной селекции формирования трехмерных изображений.
16. Охарактеризуйте затворный метод формирования трехмерных изображений.
17. Охарактеризуйте комбинированный метод формирования трехмерных изображений.
18. Что понимается под *стереокадром* и *форматом стереокадра*?
19. Что определяет способ формирования стереокадра?
20. Перечислите способы формирования стереокадров.
21. Охарактеризуйте способ последовательной передачи кадров.

22. Что означают названия: *Page-Flipping* (разбиение на страницы), *Field Sequential* (последовательная передача полей), *Alternate Page* (чередующиеся страницы) и *Alternate Frame* (чередующиеся кадры)?
23. Охарактеризуйте способ разбиение кадра по горизонтали.
24. Что означают названия: *Above-below Split-Screen*, *Over-Under Split-Screen* или *Top-Bottom Split-Screen*?
25. Охарактеризуйте способ чередования строк.
26. Что означают названия: *Alternate Line* (чередование строк) *Line Sequential* (последовательная передача строк) либо *Interleaved* или *Interlaced* (чересстрочный)?
27. Охарактеризуйте использование чересстрочной развертки.
28. Охарактеризуйте способ построчной развертки с дублированием линий.
29. Охарактеризуйте способ построчной развертки с гашением строк.
30. Охарактеризуйте способ разбиение кадра по вертикали.
31. Что означает название *Side-by-Side Split-screen*?

3.4. Шлемы виртуальной реальности

Шлем виртуальной реальности (VR-шлем), называемый также *кибер-шлемом* (см. рис. 3.8), в настоящее время является наиболее совершенным и дорогостоящим устройством формирования трехмерных изображений, который может быть использован в домашних условиях совместно с PC или бытовой видеоаппаратурой. Принцип действия его основан на использовании двухэкранного метода, т. е. для каждого глаза формируется свое изображение элемента стереопары: для левого глаза — изображение левого элемента, для правого — правого элемента. Конструкция VR-шлема такова, что каждый глаз видит только свой элемент стереопары, причем отсекается поле периферийного зрения, что еще более усиливает эффект проникновения в виртуальный мир.

В VR-шлемах используются миниатюрные экраны, выполненные на основе активных ЖК-матриц, подобных тем, что используются в мультимедийных проекторах. Каждая ЖК-матрица формирует цветное изображение. Помимо экранов, VR-шлем снабжен стереофоническими головными телефонами и микрофоном.

Важнейшей особенностью таких шлемов является наличие так называемой *системы виртуальной ориентации* (СВО, или VOS — *Virtual Orientation System*), которая отслеживает движение головы и в соответствии с ним корректирует изображение на экранах: при повороте головы в одну сторону панорамное изображение на ЖК-матрицах «прокручивается» в противоположном направлении, благодаря чему возникает иллюзия стабильности и неповторимое ощущение реальности окружающей картины (так, как это происходит в реальной жизни). Благодаря наличию СВО, VR-шлем представляет собой нечто большее, чем просто устройство отображения: он помогает человеку окунуться в иную, виртуальную реальность, что и отражено в его названии.

Максимальный эффект от применения VR-шлемов достигается в том случае, когда они используются совместно со специфическими устройства ввода, называемыми *VR-контроллерами*. Примером VR-контроллера является трехмерная мышь, специальные перчатки и другие устройства, краткий обзор которых содержится в разд. 3.4.2.

VR-шлем подключается к PC. Как правило, он снабжается контроллером, либо выполненным в виде отдельной интерфейсной карты, устанавливаемой в слот шины ISA или PCI, либо встроенным непосредственно в шлем.

3.4.1. СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ

Как уже отмечалось, система виртуальной ориентации предназначена для определения пространственного и углового положения пользователя (чаще всего — его головы) и передачи в реальном масштабе времени результатов измерений в PC. Это позволяет оперативно, с учетом движения пользователя, корректировать формируемое VR-шлемом изображение. Чаще всего элементы СВО вмонтированы в шлем. Однако существуют и самостоятельные высокоточные системы, одинаково пригодные как для игр, так и для работы в специализированных профессиональных приложениях.

СВО должна обеспечивать слежение по шести координатам (иногда их называют *степенями свободы*):

- трем пространственным (X, Y и Z), измеряемым в прямоугольной системе координат и характеризующим **положение** объекта относительно некоторой точки — начала координат;
- трем угловым, характеризующим **ориентацию** объекта (головы пользователя) относительно трех базовых направлений — осей системы координат.

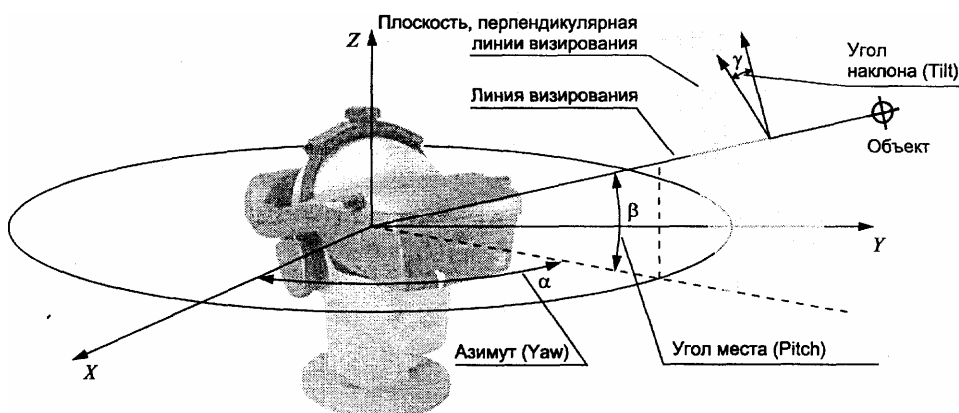


Рис. 3.14. Углы, характеризующие ориентацию головы в пространстве

В VR-шлемах, предназначенных для игровых приложений (таких на рынке абсолютное большинство), достаточно отслеживать только ориентацию головы, т. е. ее угловое положение. Это положение характеризуется тремя углами (рис. 3.14):

- *Yaw (Azimuth)* — углом рыскания, или *азимутом*, отсчитываемым в горизонтальной плоскости (0—360°);

- *Pitch (Elevation)* — углом возвышения, или углом места, отсчитываемым в вертикальной плоскости ($\pm 90^\circ$);
- *Tilt (Roll)* — углом крена (наклона), отсчитываемым в плоскости, перпендикулярной линии визирования ($\pm 180^\circ$).

Такие углы в математике называют *углами Эйлера*. Измерив значения этих углов, СВО передает их в РС (обычно через последовательный порт) программе, которая корректирует изображение на ЖК-матрицах или на ЭЛТ шлема. Частота, с которой выполняются измерения (считываются показания датчиков) и осуществляется их передача в РС, называется *частотой опроса*. Частота опроса, а также точность измерения углов (оценивается величиной среднеквадратической ошибки) являются важными техническими характеристиками СВО.

В качестве датчиков углового положения используются миниатюрные устройства, основанные на различных физических принципах:

- магнитные датчики в виде катушек;
- ультразвуковые датчики;
- гироскопические квантовые датчики, называемые также *инерциальными*.

В зависимости от типа используемых датчиков различают *магнитные, ультразвуковые и инерциальные* СВО.

3.4.1.1. Магнитные СВО

В настоящее время наиболее распространены СВО с магнитными датчиками ориентации. Примером такой СВО может служить система 3SPACE FASTRACK (рис. 3.15.), включающая в себя следующие элементы:

- передатчик, представляющий собой помещенную в пластмассовый корпус триаду магнитных катушек, выполняющих роль передающей антенны;
- приемник, также выполненный в виде трех магнитных катушек в пластмассовом корпусе (закрепляется на шлеме);
- центральный блок, к которому подключаются приемник и передатчик;
- блок питания и кабель (кабель нуль-модема) для подключения к РС.



Рис. 3.15. Магнитная система виртуальной ориентации 3SPACE FASTRACK

Центральный блок формирует электрические сигналы, поступающие на передатчик, а также обрабатывает принятые приемником сигналы. Амплитуда и фаза принятых сигналов зависят от расстояния между передающими и приемными катушками, а также от их взаимного расположения. Сравнивая по амплитуде и фазе передаваемые и принимаемые сигналы, центральный блок вычисляет пространственные и угловые координаты приемников относительно передатчика. Результаты вычислений передаются в РС через стандартный последовательный интерфейс RS-232 с частотой 50—60 Гц (для используемого порта скорость передачи данных должна быть установлена равной 115 Кбит/с). Система работает с постоянными магнитными полями и имеет следующие характеристики:

- максимальное расстояние, на котором обеспечивается заданная точность, — от 0,5 до 1,5 м;
- частота опроса — до 60 Гц;
- среднеквадратическая ошибка определения положения — 0,24 см;
- среднеквадратическая ошибка определения угловых координат — $0,75^\circ$;
- количество одновременно используемых приемников с одним передатчиком — 4.

Магнитные СВО сравнительно просты, но имеют серьезный недостаток — сильную зависимость результатов измерений от внешних магнитных полей — наводок от работающих электробытовых приборов (переменного магнитного поля) либо от постоянного магнитного поля, создаваемого близко

расположенными крупными металлическими предметами.

3.4.1.2. Ультразвуковые СВО

Радикальным решением проблемы помехоустойчивости СВО является использование акустических (ультразвуковых) волн вместо электромагнитных. Примером СВО с ультразвуковыми датчиками является система Logitech Head Tracker (рис. 3.16), предназначенная для использования совместно с игровыми устройствами типа HMD.

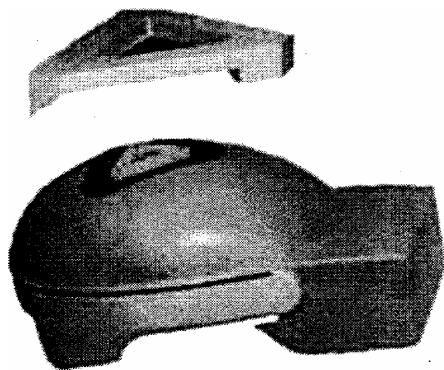


Рис. 3.16. Ультразвуковая система виртуальной ориентации Logitech Head Tracker

Приемник и передатчик выполнены в виде небольших пластмассовых равносторонних треугольников (длина стороны 27 см у передатчика и 8 см — у приемника), в вершинах которых размещены пьезокерамические элементы, выполняющие преобразование электрического сигнала в ультразвуковые колебания и обратно. Электронный блок, к которому подключены приемник и передатчик, измеряет временной сдвиг между переданным и принятым сигналами. При постоянной известной скорости распространения звука в воздухе (около 330 м/с) этот сдвиг прямо пропорционален расстоянию между передатчиком и приемником. Измеряя расстояние между тремя парами датчиков, можно определить положение и ориентацию приемника относительно передатчика.

Определенным недостатком ультразвуковой технологии является взаимное влияние (интерференция) акустических волн, используемых различными парами датчиков. Важной особенностью системы является отсутствие каких-либо соединительных проводов, ограничивающих свободу перемещения. Как и в предыдущем случае, результаты измерений передаются в компьютер через последовательный порт.

3.4.1.3. Инерциальные СВО

Для обеспечения работы магнитных и ультразвуковых СВО используются внешние устройства (передатчики), позволяющие создать систему координат, в которой отслеживается движение головы пользователя. Однако в ряде случаев необходима СВО, которая не требует для своей работы каких-либо внешних устройств. Такими системами являются СВО *инерциального типа*. Принцип их действия основан на создании независимой *инерциальной системы координат* (отсюда и происходит название системы), в которой определяются параметры движения объекта.

Как известно, для создания системы координат необходимо задать в пространстве ее начало и направления координатных осей. Если СВО предназначена для отслеживания ориентации головы пользователя в пространстве (СВО большинства VR-шлемов отслеживает только углы), достаточно задать только направления.

Для задания направления в пространстве широко используются приборы, называемые *гироскопами*. Гирискосп — это тяжелый волчок, который быстро вращается вокруг своей оси и за счет этого всегда стремится сохранить неизменным положение оси вращения в пространстве. Это свойство гироскопа широко используется в различных навигационных приборах, устанавливаемых на подвижных объектах: в автопилоте самолета, системах автоматического управления движением космических аппаратов, головках самонаведения управляемых ракет, гирокомпасе и др. Так, благодаря гирокомпасу, штурман корабля всегда знает точное направление на север, при этом гирокомпас, в отличие от обычного магнитного компаса, не подвержен воздействию таких внешних факторов, как, например, мощные магнитные поля, возмущения геомагнитного поля Земли и т. п.

Другой пример использования гироскопа — авиационный прибор *гироскопизонт*. Этот прибор служит для управления самолетом в условиях плохой видимости. Основу прибора составляет также гироскоп, ось вращения которого перед полетом устанавливается параллельно линии горизонта и в полете сохраняет свою ориентацию. Если самолет начинает крениться, то стрелка гироскопизонта сразу покажет этот крен. Благодаря этому летчик всегда знает фактическое угловое положение самолета, даже в том случае, когда линия горизонта не видна (при полете в тумане или ночью).

Существуют *механические* и *квантовые* гироскопы.

3.4.1.4. Механический гироскоп

Приведенные выше примеры — возможные области применения традиционного механического гироскопа. Конструктивно он представляет собой массивный волчок, вращающийся со скоростью в десятки тысяч оборотов в минуту, помещенный в специальный карданный подвес, имеющий три степени свободы (рис. 3.17).

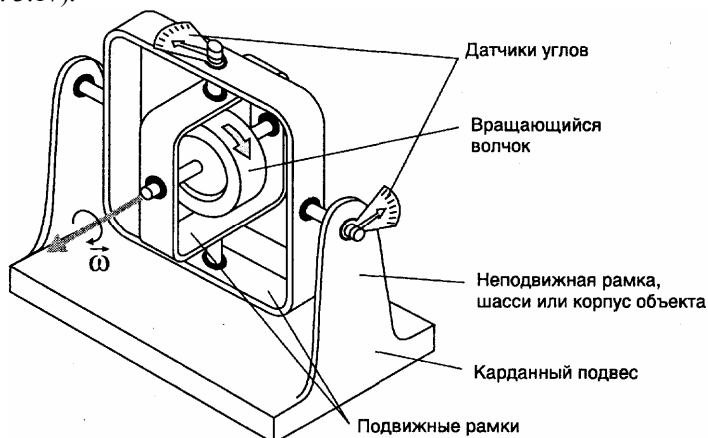


Рис. 3.17. Механический гироскоп

На осях подвеса размещаются датчики углового положения. Внешняя рамка подвеса неподвижно закрепляется на корпусе подвижного объекта. При изменении ориентации объекта рамка изменяет свое положение вместе с ним, однако сам волчок сохраняет прежнюю ориентацию вращения, вызывая поворот внутренних рамок подвеса. Считывая показания датчиков, можно определить направление и угол поворота объекта.

3.4.1.5. Квантовый гироскоп

Механический гироскоп является весьма громоздким и тяжелым устройством, поэтому использовать его для определения положения головы пользователя затруднительно. Для этой цели в инерциальных СВО используются малогабаритные квантовые гироскопические датчики, или *квантовые гироскопы*. В отличие от механического, квантовый гироскоп позволяет измерять не сам угол поворота объекта, а его приращение во времени, т. е. **угловую скорость** перемещения объекта, на котором он установлен. Для определения углов показания квантового гироскопа интегрируются при помощи специализированных сигнальных процессоров.

Квантовый гироскоп содержит лазерный передатчик, контур распространения излучения (световод) и приемник излучения. Принцип действия квантового гироскопа основан на релятивистском эффекте, возникающем при распространении лазерного излучения во вращающемся замкнутом контуре. Если контур неподвижен, частоты излучаемого и принимаемого сигналов равны. Если же контур вращается с некоторой угловой скоростью, частота принимаемого сигнала начинает изменяться. Разность между принятым и излучаемым сигналами пропорциональна угловой скорости вращения контура. Заметим, что при очень медленном повороте контура разность частот будет мала, что приведет к большим погрешностям измерения угловой скорости вращения контура. Сигнал разностной частоты подвергается аналого-цифровому преобразованию и подается в сигнальный процессор, который путем интегрирования вычисляет угол поворота контура. В СВО в качестве квантовых гироскопов используются миниатюрные твердотельные датчики, выполненные в форме куба. Такой датчик включает в себя полупроводниковые лазерные передатчик и приемник, а также три контура, расположенные в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Такие датчики позволяют измерять угловые скорости вращения датчика относительно трех взаимно перпендикулярных осей, а также направления силы притяжения и вектора магнитного поля Земли.

Наиболее известны квантовые гироскопические датчики InertiaCube производства фирмы InterSense. На основе этих датчиков создана компактная СВО INTERTRAX, обеспечивающая высокоточное измерение трех угловых координат.

Малогабаритный датчик (рис. 3.18, слева) закрепляется на затылке (рис. 3.18, справа) и соединяется проводом с электронным блоком, закрепленным на поясе пользователя. Никакого передающего устройства этой системе не требуется. Электронный блок, в котором расположен сигнальный процессор, вычисляет значения трех угловых координат и с частотой до 256 Гц через последовательный порт передает их в РС.

Диапазон измерения азимута и угла наклона составляет $\pm 180^\circ$, диапазон измерения угла места — $\pm 80^\circ$. Максимально допустимая угловая скорость равна 400 град/с, минимальная — 2 град/с. Ошибка измерений углов не более $0,02^\circ$.

Важной особенностью квантовых гироскопов является отсутствие флуктуаций и дрейфа нуля, характерных для обычных механических гироскопов. Компенсация этих погрешностей достигается за счет использования при расчетах результатов дополнительных измерений характеристик гравитационного и

магнитного поля Земли.

Другой отличительной чертой инерциальных угломерных СВО является отсутствие ограничения на дальность действия (напомним, что у рассмотренных выше магнитных и ультразвуковых СВО она составляет единицы метров) и невосприимчивость к внешним помехам (электрическим и магнитным полям). Это объясняется тем, что система использует не искусственные, а естественные поля (магнитное и гравитационное).



Рис. 3.18. Датчик инерциальной СВО INTERTRAX

3.4.2. VR-КОНТРОЛЛЕРЫ

Объемный характер изображения является важнейшим, но не единственным атрибутом виртуальной реальности. Не менее важен интерактивный характер общения с создаваемыми образами, позволяющий пользователю превратиться из пассивного наблюдателя в активного участника событий, происходящих в виртуальном трехмерном мире. Устройства, предоставляющие такую возможность, называются *контроллерами виртуальной реальности* или *VR-контроллерами*. VR-контроллеры являются составной частью трехмерного графического интерфейса.

Классический пример двумерного графического интерфейса — *графический интерфейс пользователя* (GUI) Windows с его кнопками, линейками прокрутки и другими элементами. Например, щелкнул мышью по кнопке — инициировал какое-либо действие. Все интуитивно ясно и понятно, потому что элементом двумерного интерфейса является двумерный манипулятор (мышь, простейший джойстик).

Но как быть, если кнопка расположена не на поверхности, а в глубине экрана (по крайней мере, именно так кажется пользователю с надетым на голову VR-шлемом)? Очевидно, что обычная мышь уже не годится. Объемный характер изображения, формируемого VR-шлемом, требует использования манипулятора, обладающего всеми шестью степенями свободы. Именно такими устройствами и являются VR-контроллеры.

VR-контроллеры весьма разнообразны по конструкции и принципу действия, что обусловлено их различным назначением. Например, в игровых приложениях наибольшее распространение получили трехмерные мыши, в различных авиационных тренажерах на основе VR-систем широко применяются специальные джойстики, напоминающие по конструкции реальные органы управления самолетом, например штурвал (рис. 3.19).

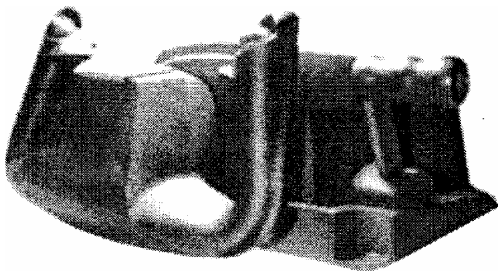


Рис. 3.19. Кибер-джойстик CYBERIMPACT Flight Yoke MK II фирмы Cybernet Systems

3.4.2.1. Кибер-перчатки

Весьма сложным и дорогостоящим устройством являются кибер-перчатки. На рис. 3.20 изображена модель CyberGlove производства фирмы VTI (Virtual Technology, Inc.).

Каждая перчатка оснащена 18—22 сенсорными датчиками, регистрирующими движения отдельных пальцев руки и кисти в целом. Основываясь на информации, получаемой от этих датчиков, управляющая программа синтезирует на экранах VR-шлема трехмерное изображение виртуальной руки, которая в точности повторяет движения руки реальной. Все, кто видел легендарный фильм «Газонокосильщик», хорошо помнят эти картинки. Но и это еще не все! Помимо датчиков положения пальцев и кисти, такие перчатки могут быть дополнены миниатюрными вибросимуляторами, вызывающими у пользователя

реальные тактильные (осязательные) ощущения. Каждый из вибросимуляторов может генерировать короткие импульсы или продолжительные вибрации. Комбинируя эти сигналы, можно имитировать довольно сложные ощущения, возникающие при прикосновении к реальным объектам. Благодаря такой технологии, у пользователя создается иллюзия прикосновения к предметам, наблюдаемым в виртуальном трехмерном мире.

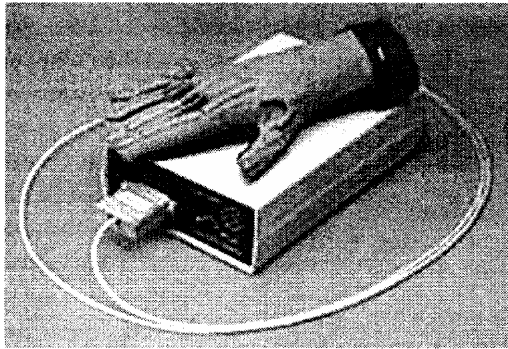


Рис. 3.20. Кибер-перчатка CyberGlove фирмы Virtual Technology, Inc.

На рис. 3.21 видно, как человек в перчатках берет за виртуальную ручку двери и дотрагивается до виртуального переключателя. Иллюзию прикосновения создают размещенные на перчатках миниатюрные вибросимуляторы в виде небольших черных коробочек.

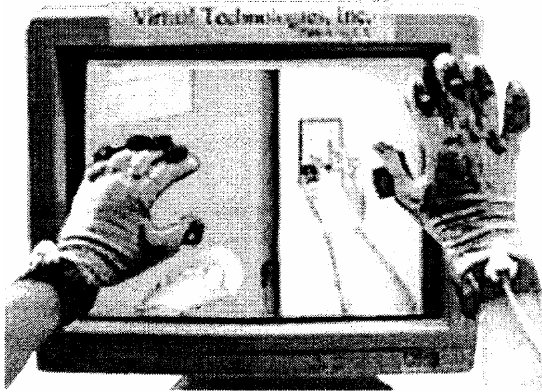


Рис. 3.21. Система CyberTouche фирмы VTI — перчатки CyberGlove с вибросимуляторами

Говоря научным языком, возникает тактильная *обратная связь* между пользователем и виртуальным миром: пользователь не только воздействует на этот мир, но и ощущает на себе его реакцию. Надо ли говорить о том, насколько это усиливает реалистичность наблюдаемой картины!

Задача создания тактильной обратной связи может решаться не только при помощи вибросимуляторов. Фирма VTI разработала дополнение к своей модели CyberGlove — приспособление CyberGrasp (кибер-хватка), которое надевается поверх перчатки и внешне напоминает железный скелет руки (рис. 3.22).

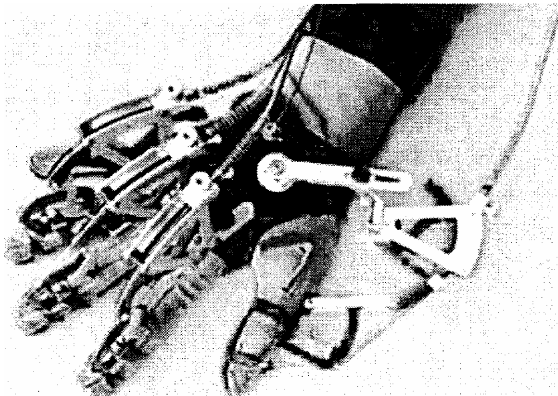


Рис. 3.22. Кибер-перчатка CyberGlove с механизмом обратной связи CyberGrasp

Принцип действия CyberGrasp довольно прост: смонтированные поверх пальцев тяговые механизмы в зависимости от поступающих на них сигналов создают усилие, препятствующее сжатию пальцев руки. Чем «тверже» виртуальный предмет, тем резче проявляется сопротивление по мере сжатия пальцев. В итоге —

желанное ощущение осязаемости виртуального мира. Максимальная сила, действующая на палец, равна 12 Н. Система обеспечивает 2^{12} градаций силового воздействия. Вес устройства, без учета веса самих перчаток, составляет 350 г.

Во всех рассмотренных случаях перчатки CyberGlove подключаются к блоку управления (см. рис. 3.20), который соединяется с PC через последовательный интерфейс RS-232.

Системы на основе CyberGlove могут использоваться не только в игровых приложениях. Весьма необычная область применения — распознавание жестов, которыми пользуются глухонемые люди при общении. Система снабжается дополнительным электронным блоком распознавания, в котором хранятся данные о положениях руки, соответствующих наиболее распространенным жестам. Сравнивая текущее положение руки жестикулирующего человека с имеющимися вариантами, система с вероятностью 99% распознает жест глухонемого человека как букву или слово, отображая его на экране монитора или озвучивая с помощью системы синтеза речи.

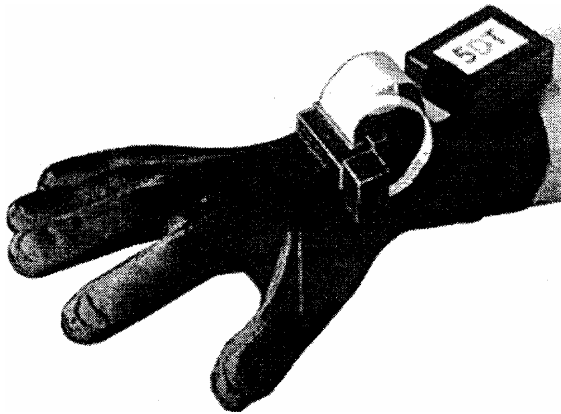


Рис. 3.23. Кибер-перчатка 5DT Data Glove

Другая популярная модель кибер-перчаток — 5DT Data Glove (рис. 3.23). Помимо выполнения рассмотренных выше функций, эта модель может эмулировать трехмерную мышь. Система измеряет три угла, определяющих ориентацию кисти в пространстве, а также угол изгиба каждого пальца. Последние измерения выполняются при помощи миниатюрных оптико-волоконных датчиков, закрепленных на каждом пальце перчатки, при этом измеренный угол кодируется 8-разрядным числом. Кибер-перчатки 5DT Data Glove характеризуются весьма высокой частотой опроса датчиков — до 200 Гц.

Безусловно, кибер-перчатки как VR-контроллеры обладают весьма широкими возможностями, однако их цена достаточно высока, поэтому для рядового пользователя они практически недоступны.

3.4.2.2. Трехмерная мышь

Более простым устройством является так называемая *трехмерная*, или *3D-мышь*, напоминающая по конструкции обычную, двумерную мышь.

Принцип действия трехмерной мыши Logitech 3D Mouse такой же, как и системы виртуальной ориентации фирмы Logitech, — ультразвуковой. В системе имеется передатчик в виде арки (рис. 3.24) и приемник (собственно мышь), напоминающий по форме сани для бобслея. Совместно с одним передатчиком могут использоваться несколько приемников (мышей).

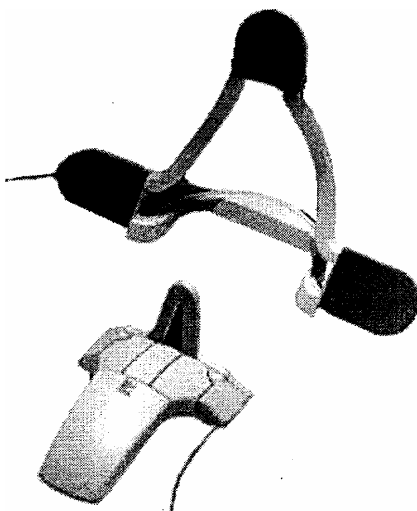


Рис. 3.24. 3D-мышь Logitech 3D Mouse

Передатчик и мышь (или несколько мышей) подключаются к блоку управления, который, в свою очередь, соединен с PC через последовательный порт. Система Logitech 3D Mouse полностью совместима с системой виртуальной ориентации Head Tracker этой же фирмы.

Мышь Logitech 3D Mouse позволяет изменять положение виртуального курсора в виртуальном пространстве и передает в PC координаты его положения (X, Y и Z) и ориентации (азимут, угол места и угол наклона). При необходимости ее можно использовать в режиме обычной мыши. Наряду с обычными для мыши кнопками, Logitech 3D Mouse имеет дополнительную кнопку, позволяющую зафиксировать в PC ее текущее положение в пространстве.

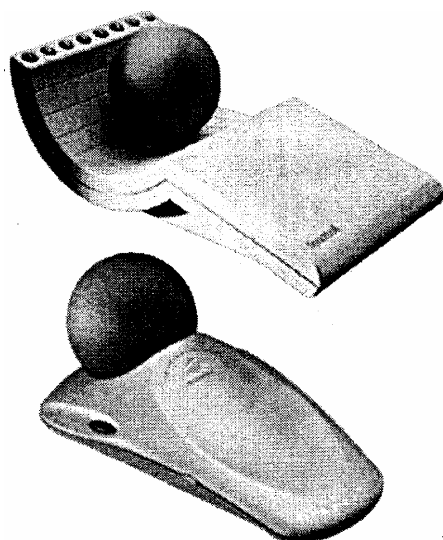


Рис. 3.25. 3D-мыши SPACEBALL 2003 (вверху) и SPACEBALL 3003 (внизу)

Другой распространенной конструкцией является 3D-мышь на основе хорошо знакомого манипулятора типа «трекбол» (рис. 3.25).

Для задания направления в устройстве используется шар на специальной подставке, в который вмонтирована триада магнитных катушек. Принцип действия такой мыши аналогичен рассмотренному выше принципу действия системы виртуальной ориентации 3SPACE FASTRACK. Вращая шар, можно изменять ориентацию виртуального указателя (манипулятора) в пространстве.

3.4.3. ИНТЕРФЕЙС МЕЖДУ VR-ШЛЕМОМ И PC

В качестве входного сигнала, несущего информацию об изображении, в VR-шлемах используется стандартный телевизионный видеосигнал системы NTSC или PAL. Поскольку телевизионный видеосигнал является композитным, он подается на шлем через обычный разъем типа RCA. Благодаря этому в качестве источника изображения для VR-шлема может выступать ТВ-тюнер обычного телевизора, видеомагнитофон или игровая приставка типа Sony PlayStation или 3DO.

Если в качестве источника изображения используется PC, шлем подключается к стандартному разъему VGA видеоадаптера через специальный конвертер. Этот конвертер выполняет преобразование RGB-сигнала видеоадаптера с построчной (прогрессивной) разверткой в композитный телевизионный сигнал с чересстрочной разверткой. Кроме того, он может использоваться для одновременного подключения к видеоадаптеру монитора и шлема. Конвертер конструктивно может быть выполнен как внешний блок, встроенный в шлем, или в виде отдельной платы, устанавливаемой в слот расширения материнской платы и соединяемой с видеоадаптером специальным кабелем.

Стереозвук на шлем подается отдельно, через два RCA-разъема или стандартный 3,5-миллиметровый стереофонический разъем. В качестве источника звука может выступать либо телевизор (видеомагнитофон), либо звуковая карта компьютера.

3.4.4. ПОПУЛЯРНЫЕ МОДЕЛИ VR-ШЛЕМОВ

В настоящее время на рынке компьютерного оборудования представлено множество моделей VR-шлемов, полный обзор которых весьма затруднителен и вряд ли нужен в рамках данной главы, призванной дать общее представление о принципах построения и функционирования этих весьма нетрадиционных устройств отображения. В настоящем разделе мы рассмотрим лишь те модели, в которых реализованы наиболее характерные для VR-шлемов технические решения.

3.4.4.1. CyberMaxxVR HMD

Одним из первых на рынке появился шлем CyberMaxx моделей 1.0 и 2.0, выпущенный фирмой VictorMaxx Technologies Inc. (рис. 3.26).



Рис. 3.26. VR-шлем CyberMaxx 2.0

Как и любой первый образец новой техники, он имел множество недостатков: низкое разрешение изображения, следствием чего была крайне плохая читаемость текстовых сообщений, неудачная конструкция, плохая фокусировка изображения, невозможность одновременного использования шлема и монитора и др. Все это приводило к быстрому переутомлению зрения. Кроме того, в настоящее время разработавшая данный шлем фирма VictorMAXX Technologies, Inc. перестала обеспечивать поддержку своих изделий на рынке. Однако CyberMaxx все же является типичным представителем VR-шлемов.

Наиболее важными характеристиками оптической системы, которую в VR-шлемах принято называть *визором*, являются следующие:

- наличие двух активных цветных ЖК-матриц размером 0,7", по 180 000 элементов каждая;
- размеры поля зрения: 58° по горизонтали и 43,5° по вертикали;
- возможность регулировки расстояния между ЖК-матрицами, а также отдельная регулировка фокусировки изображения обеих матриц;
- наличие специального фильтра, уменьшающего эффект пикселизации.

Изготовителем заявлено максимальное разрешение 640×480, однако реальное разрешение значительно ниже, и вот по каким причинам. Во-первых, изображение с разрешением 640×480 должно содержать 640×480 = 307200 пикселей, тогда как ЖК-матрицы шлема имеют всего лишь по 180 000 элементов. Во-вторых, если изображение цветное, то каждый пиксел должен быть образован триадой элементов матрицы, т. е. для обеспечения истинного разрешения 640×480 цветного изображения необходимо использовать матрицы, содержащие не менее 3×640×480 = 921600 элементов. Вывод очевиден: данный шлем не в состоянии обеспечить заявленное производителем разрешение.

Специфический недостаток шлема — необходимость в индивидуальной настройке визора, что, учитывая сложность и трудоемкость этой процедуры, сильно ограничивает возможность использования CyberMaxx несколькими пользователями.

Шлем не требует какого-либо специального интерфейса для подключения к PC или видеоаппаратуре. На него можно подавать как видеосигнал с выхода обычного VGA-совместимого видеоадаптера, так и композитный видеосигнал системы NTSC (с телевизора или видеомагнитофона). К видеоадаптеру шлем подключается при помощи прилагаемого переходного кабеля, называемого *Pass-Through*, а к видеоаппаратуре — при помощи обычного разъема типа RCA. В разрыв соединительного кабеля вмонтирован контроллер (он хорошо виден на рисунке), выполняющий необходимые для получения стереоэффекта преобразования входного сигнала.

При работе с PC используется стереокадр формата Alternate Line. При этом видеоадаптер обязательно должен работать в режиме с построчной разверткой. В этом случае контроллер шлема работает в качестве коммутатора: видеосигнал, соответствующий четным строкам стереокадра, он посылает на левый экран шлема, а нечетным — на правый.

Система виртуальной ориентации, используемая в данном VR-шлеме, называется *Head Tracker*. Она опрашивает датчики с частотой 75 Гц и измеряет углы с точностью 0,1°. Измерение углов обеспечивается в следующих пределах:

- азимута — 0—360°;
- угла места — ±45°;
- угла наклона — ±45°.

Подключение СВО к PC выполняется стандартным образом — через последовательный порт. Теоретически для использования CyberMaxx требуется PC более чем скромной конфигурации:

- IBM PC-совместимый компьютер с процессором не хуже 386 и оперативной памятью емкостью не менее 4 Мбайт;
- VGA-совместимый адаптер с любым интерфейсом (ISA, VLB, PCI);
- трехдюймовый дисковод гибких дисков (для установки программного обеспечения); не менее 5 Мбайт свободного места на жестком диске;
- звуковая карта;
- операционная система MS-DOS версии 5.0 и выше.

Однако на практике для получения приемлемой производительности в игровых приложениях необходим более мощный компьютер (не ниже Pentium 166 MMX), а также видеоадаптер с видеопамятью емкостью не менее 1 Мбайт.

3.4.4.2. VFX1 Headgear VR System

Следующей, более удачной разработкой стал шлем виртуальной реальности VFX1 Headgear VR System фирмы Forte Technologies (рис. 3.27).



Рис. 3.27. VR-шлем VFX1 Headgear VR System фирмы Forte Technologies

На продолжительный период этот VR-шлем стал негласным стандартом на шлемы для системы виртуальной реальности, поскольку обеспечивал приемлемое качество изображения, был удобен и надежен в работе.

В шлеме использованы такие же ЖК-матрицы, как и в CyberMaxx 2.0. Они формируют изображение размером 14,3×10,6 мм для каждого глаза. Однако конструкция визора существенно изменена: матрицы отодвинуты дальше от глаз и снабжены устройством автоматической фокусировки. Эта технология, названная *SmartVisor*, запатентована фирмой. В результате не только повысилось качество изображения по сравнению с CyberMaxx 2.0 (в первую очередь, резкость), но и отпала необходимость в утомительной индивидуальной настройке визора.

Еще одно достоинство конструкции VFX1 — возможность откидывать визор наверх при необходимости осмотреться вокруг (прежде приходилось снимать шлем целиком). Конструкция шлема позволяет людям со слабым зрением использовать очки.

Основной видеорежим, в котором работают VFX1 и видеоадаптер PC, — 640×480/256/60 Гц. Конечно, для реализации такого разрешения недостаточно 180 000 элементов, которые содержит каждая ЖК-матрица. Однако за счет использования специальных сглаживающих фильтров, входящих в состав визора, а также за счет стереоэффекта это несоответствие не слишком заметно.

Одна из важных причин успеха данного шлема на рынке — хорошая эргономичность его конструкции. Несмотря на то что вес шлема значительно больше, чем CyberMaxx 2.0 (1,3 кг против 0,4), удельная нагрузка, создаваемая шлемом на голову, равномерно распределена и кажется незначительной (ничто нигде не давит). Открытая конструкция обеспечивает хорошую вентиляцию, предотвращая появление испарины. Таким образом, шлемом можно пользоваться длительное время, не испытывая при этом утомления глаз или мышц шеи.

Система виртуальной ориентации VFX1 по своим характеристикам аналогична СВО шлема CyberMaxx 2.0, однако угол места измеряется в пределах $\pm 70^\circ$ с точностью $0,077^\circ$.

Специфическим отличием VFX1 от VR-шлемов других моделей является способ его подключения к PC. Для этого используется специальная интерфейсная карта — *VIP Card (VFX1 Interface Protocol Card)*. Нельзя не упрекнуть создателей в склонности к громким названиям (в обиходе аббревиатура VIP означат *Very Important Person* — очень важная персона). Карта устанавливается в стандартный слот ISA материнской платы и представляет собой контроллер шины ACCESS Bus для подключения нескольких (до 125!) внешних устройств: шлемов, джойстиков и т. п.

Видеосигнал от видеоадаптера подается на VIP-карту через специальный 26-контактный разъем Feature Connector, или VESA-connector, который имеется в большинстве видеоадаптеров SVGA. Благодаря наличию интерфейса ACCESS. Bus, шлем VFX1 можно использовать совместно с широким спектром других устройств мультимедийного назначения.

О достоинствах и недостатках такого способа подключения можно спорить. С одной стороны, наличие на VIP-карте интерфейса ACCESS. Bus делает архитектуру всей системы открытой, благодаря чему пользователь без труда может подключать к ней многочисленные дополнительные устройства (в первую очередь, различные VR-контроллеры: перчатки, жилеты и др.). Использование разъема Feature Connector также можно считать плюсом, поскольку это позволяет полнее реализовать возможности видеоадаптера.

С другой стороны, очевидны и недостатки, связанные с использованием дополнительной интерфейсной карты вместо стандартного VGA-разъема.

Во-первых, не все (даже современные) видеоадаптеры имеют разъем Feature Connector.

Во-вторых, отсутствие стандартного видеовхода делает невозможным использование шлема совместно с бытовой видеоаппаратурой. Это весьма серьезный недостаток.

В-третьих, практическая польза от потенциальной возможности подключить через шину ACCESS.Bus 125 дополнительных устройств также весьма сомнительна: вряд ли вы найдете столько устройств с этим интерфейсом. Кроме того, лишь немногие современные VR-контроллеры имеют возможность подключения к шине ACCESS.Bus. И наконец, у шины ACCESS.Bus есть мощный конкурент — уже ставшая стандартной шина USB, имеющая программную поддержку на уровне операционной системы.

В новой модели кибер-шлема — **VFX3D** — эти недостатки устранены: используется стандартный VGA-вход, а все периферийные устройства подключаются к шине USB.

Отличительная черта VFX1 — более чем скромные, по сегодняшним меркам, требования к видеоадаптеру. Самое большее, что необходимо для VFX1, — это видеорежим $640 \times 480 / 256$. Такой режим обеспечит любой видеоадаптер SVGA, имеющий не менее 512 Кбайт видеопамати. Более того, если работать в режиме $320 \times 480 / 256$, подойдет даже обычный видеоадаптер VGA (естественно, при наличии на нем разъема Feature Connector). Поскольку разрешающая способность используемых в VFX1 ЖК-матриц невелика и практически соответствует такому разрешению (320×480), качество получаемого изображения, по сравнению с качеством изображения в режиме $640 \times 480 / 256$, ухудшится незначительно.

3.4.4.3. VFX3D

VFX3D — последняя модель кибер-шлема, созданного фирмой Forte Technologies (рис. 3.28).

По конструкции и внешнему виду он очень напоминает своего знаменитого предшественника, но имеет значительно более высокие характеристики. В первую очередь, улучшения коснулись визора.



Рис. 3.28. VR-шлем VFX3D фирмы Forte Technologies

Шлем VFX3D оснащен двумя новыми активными ЖК-матрицами с диагональю 0,7" по 360 000 элементов каждая (789×480). Поддерживаются режимы High Color и True Color, а также возможность работы с различной частотой кадров. Это позволило реализовать видеорежимы, многие из которых ранее были недоступны для устройств данного типа:

- 640×480 при частоте кадров 60; 62,5; 70; 75 Гц;
- 800×600 при частоте кадров 60; 62,5; 70 Гц;
- 1024×768 при частоте кадров 60; 62,5 Гц.

Регулировка основных параметров изображения — яркости, контрастности, насыщенности и положения

растра — выполняется программным путем.

Как и в VFX1, в шлеме VFX3D использована система автоматической фокусировки, избавляющая пользователя от необходимости индивидуальной подстройки изображения. Размер поля зрения по диагонали составляет 35°. Шлем можно использовать совместно с очками.

Значительно улучшены параметры системы виртуальной ориентации:

- диапазон измерения углов места и наклона — $\pm 70^\circ$ (ошибка измерения не более $0,05^\circ$);
- диапазон измерения азимута — 360° (ошибка измерения не более $0,1^\circ$).

Обмен данными между СВО и РС осуществляется через последовательный порт, однако может выполняться и по шине USB.

Видеосигнал для VFX3D снимается с обычного выхода видеоадаптера при помощи кабеля Pass-Through, в который вмонтирован контроллер, формирующий отдельный сигнал для каждой ЖК-матрицы. Шлем может использоваться не только с IBM PC, но и с компьютерами Macintosh и графическими станциями фирмы SGI.

Как и предыдущая модель, шлем VFX3D оснащен стереофоническими головными телефонами и встроенным микрофоном. VR-контроллер остался прежний (подключаемый к игровому порту CyberPuck), поскольку хорошо зарекомендовал себя при работе с VFX1.

Без преувеличения можно сказать, что в настоящее время VFX3D — один из лучших VR-шлемов.

3.4.4.4. Кибер-шлемы серии I-Glasses

Еще одним интересным образцом шлемов виртуальной реальности является семейство шлемов I-Glasses фирмы I/O Display Systems. Эти устройства представляют собой изделия так называемого среднего класса, удачно сочетающие в себе высокое качество (сложность) и относительно низкую стоимость. В настоящее время наиболее распространены три модели: I-Glasses Personal VR Display System, или просто I-Glasses (рис. 3.29), I-Glasses X2 и I-Glasses ProTec.

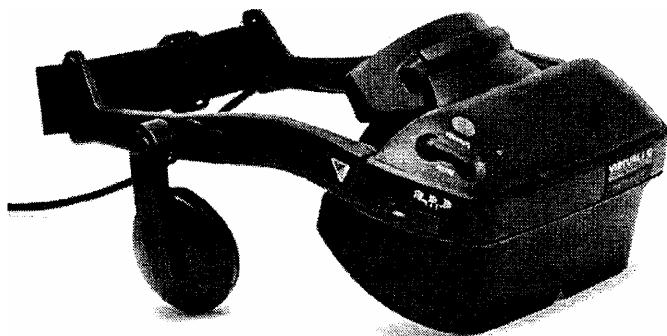


Рис. 3.29. VR-шлем I-Glasses Personal VR Display System фирмы I/O Display Systems

3.4.4.4.1. I-GLASSES

Как и в рассмотренных выше шлемах, в модели I-Glasses использованы две активные ЖК-матрицы с диагональю 0,7", имеющие по 180 000 элементов каждая. Поэтому потенциальные возможности данного шлема с точки зрения разрешения остались прежними. Однако он одним из первых стал обладать дополнительной возможностью: конструкция его ЖК-матриц такова, что они могут работать в полупрозрачном режиме, позволяя пользователю, наряду с виртуальным изображением, создаваемым матрицами, видеть окружающую обстановку. Таким образом, шлем как бы превращается в очки (*glasses*), что и отражено в названии данного изделия (для работы в этом режиме с передней части шлема снимается чехол, который на рис. 3.29 показан надетым на устройство). Этот режим работы позволяет использовать одновременно и шлем, и монитор.

Другая особенность оптической системы шлема — практически полное отсутствие ручных регулировок, которые обычно необходимы при настройке под индивидуального пользователя. Наиболее трудоемкие из них — регулировка межзрачкового расстояния и фокусировка — выполняются автоматически, благодаря наличию в шлеме специальной системы *Eye Tracker*, отслеживающей положение зрачка глаза. В результате любой пользователь, надевший шлем I-Glasses, видит сфокусированное изображение, находящееся от него на расстоянии примерно 3—4 м.

Изначально шлем I-Glasses был предназначен для работы с бытовой видеоаппаратурой, поэтому в качестве входного сигнала в нем использован телевизионный видеосигнал систем NTSC и PAL. Шлем может оснащаться одним или двумя разъемами RCA (в зависимости от модели), на которые подается композитный видеосигнал. Для получения стереоэффекта используется стереокадр формата Field Alternate.

Существует и РС-модификация шлема, снабженная дополнительным конвертером, преобразующим выходной сигнал VGA-совместимого видеоадаптера в видеосигнал указанных выше систем цветного телевидения. Конвертер поддерживает стереокадры форматов Line Alternate и Field Alternate, обеспечивая

частоту кадров 60 и 70 Гц соответственно.

Система виртуальной ориентации, использованная в шлеме I-Glasses, по своим параметрам аналогична СВО рассмотренных выше моделей, однако частота опроса датчиков углового положения головы увеличена до 250 Гц.

Шлем имеет удобную конструкцию и легко размещается на голове. Аудиосистема шлема включает в себя высококачественные стереофонические головные телефоны и встроенный микрофон.

3.4.4.4.2. I-GLASSES X2

Более дорогостоящей моделью является шлем I-Glasses X2. Главным его отличием от предыдущей модели является наличие специальной оптической системы, производящей «дублирование» изображения, формируемого каждой ЖК-матрицей. Фирма-изготовитель утверждает, что в результате использования этой системы эквивалентное количество элементов каждой ЖК-матрицы увеличивается до 360 000. Насколько справедливо такое заявление, сказать трудно, однако улучшение резкости изображения в модели I-Glasses X2 бесспорно.

3.4.4.4.3. I-GLASSES PROTEC

Наконец, наиболее дорогостоящей моделью является I-Glasses ProTec. В шлеме использованы ЖК-матрицы вдвое большего размера — с диагональю 1,35", благодаря чему разрешение 640×480 обеспечивается с большим запасом (поскольку основным источником изображения для шлемов данного семейства является бытовая видеоаппаратура, использование более высокого разрешения нецелесообразно). Этот запас позволил не только увеличить размеры поля зрения, но и, наряду с обычным форматом экрана 4:3, реализовать формат 16:9, используемый в телевидении высокой четкости.

3.4.4.5. Кибер-шлем V8 фирмы Virtual Research Systems

Кибер-шлем V8 производства фирмы Virtual Research Systems относится к разряду дорогих высококачественных изделий класса High-End (рис. 3.30).

Внешне шлем V8 напоминает своего предшественника — модель V6, но оснащен более совершенными ЖК-матрицами. Каждая из матриц размером 1,3" содержит $1920 \times 480 = 921600$ элементов, или 307 200 полноценных триад! Заметим, что матрицы предыдущей модели — шлема V6 — при таком же размере имели в три раза меньшее количество триад, т. е. 102 400. Столь высокое качество ЖК-матриц позволяет

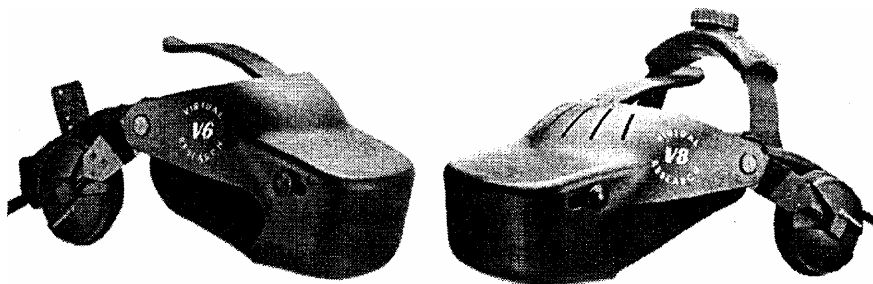


Рис. 3.30. Шлемы V6 (слева) и V8 (справа) фирмы Virtual Research Systems

шлему V8 обеспечить достаточно широкое (60° по диагонали) поле зрения при исключительной четкости цветного изображения с разрешением 640×480.

Шлем V8 в первую очередь предназначен для работы с компьютером, поэтому в качестве входного сигнала используется выходной сигнал видеоадаптера VGA в режиме 640×480 при построчной развертке и частоте кадров 60 Гц. Этот сигнал подается на вход блока управления через стандартный 15-контактный VGA-разъем.

Блок управления имеет два таких входа для раздельного подключения левого и правого экранов. При подаче сигнала только на один вход (левый канал) блок управления автоматически переходит в режим «моно», генерируя для каждого экрана шлема одинаковые видеосигналы. Если используется стереоскопический входной сигнал, подаваемый по двум кабелям, шлем переходит в режим «стерео», при котором оба видеосигнала поступают на экраны шлема независимо друг от друга (естественно, что параметры синхросигналов в обоих каналах должны быть идентичными). Таким образом, блок управления выполняет главным образом функции коммутирующего устройства, а не преобразователя формата стереокадра, как это имеет место в шлемах других моделей.

На шлем можно подавать и видеосигнал систем NTSC, PAL, SECAM от бытовой видеоаппаратуры, однако при этом необходимы дополнительные конвертеры, преобразующие разрешение и тип развертки. Шлем соединяется с блоком управления при помощи 50-контактного SCSI-разъема.

Другой отличительной чертой шлема является удобство конструкции и небольшой (821 г) вес.

Шлемы виртуальной реальности в настоящее время являются наиболее удачными из всего спектра устройств, основанных на эффекте бинокулярного зрения. Они лучше всего создают эффект проникновения в виртуальный мир и являются истинно мультимедийными устройствами. Однако качество получаемого с их помощью изображения пока остается низким, и в первую очередь, по причине низкого разрешения. В настоящее время для повышения разрешения интенсивно ведутся разработки новых ЖК-матриц с большим количеством меньших по размеру элементов. Поэтому перспективы VR-шлемов как наиболее совершенных мультимедийных устройств отображения информации выглядят весьма радужными.

В данном разделе использованы материалы из [1].

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой *шлем виртуальной реальности* (VR-шлем)?
2. Что понимается под *системой виртуальной ориентации* (CBO, или VOS — *Virtual Orientation System*)?
3. Как VR-шлем подключается к PC?
4. Для чего предназначены системы виртуальной ориентации и как они реализуются?
5. По каким координатам должна обеспечивать слежение CBO?
6. Какими углами характеризуется положение головы с VR-шлемом?
7. Что можно отнести к техническим характеристиками CBO?
8. На каких физических принципах основана работа датчиков углового положения, использующихся в CBO?
9. Что входит в состав CBO с магнитными датчиками ориентации.
10. Опишите принцип работы магнитной системы виртуальной ориентации 3SPACE FASTRACK.
11. Каковы характеристики CBO 3SPACE FASTRACK?
12. Каковы недостатки магнитных CBO?
13. Опишите ультразвуковую систему виртуальной ориентации Logitech Head Tracker.
14. Каковы недостатки ультразвуковых CBO?
15. Что понимается под *инерциальной системой координат*?
16. Что такое гироскоп и где он применяется?
17. Опишите конструкцию механического гироскопа.
18. Что измеряет квантовый гироскоп?
19. Опишите конструкцию и принцип действия квантового гироскопа.
20. Какие квантовые гироскопы используются в CBO и что они могут измерять?
21. Охарактеризуйте инерциальную CBO INTERTRAX.
22. Каковы особенности квантовых гироскопов?
23. Что понимается под *контроллерами виртуальной реальности* или *VR-контроллерами*?
24. Опишите принцип работы кибер-перчатки.
25. Как организуется тактильная *обратная связь* между пользователем и виртуальным миром при помощи кибер-перчатки и дополнительных приспособлений?
26. Каковы возможные области применения кибер-перчаток различных моделей.
27. Опишите принцип действия трехмерной мыши Logitech 3D Mouse.
28. Что позволяет "делать" мышь Logitech 3D Mouse?
29. Охарактеризуйте интерфейс между VR-шлемом и PC.
30. Охарактеризуйте один из первых VR-шлемов, появившихся на рынке - шлем CyberMaxx моделей 1.0 и 2.0.
31. Что понимается под *визором*?
32. Охарактеризуйте CBO *Head Tracker*.
33. Какие требуется предъявляются к PC теоретически и практически для использования VR-шлемов CyberMaxx:?
34. Охарактеризуйте VR-шлемы VFX1 Headgear VR System фирмы Forte Technologies.
35. Что обеспечивает технология, названная *SmartViso*?
36. Как подключаются VR-шлемы VFX1 к PC?
37. Что представляет собой шина ACCESS Bus?
38. В чем плюсы и минусы использования разъема Feature Connector в интерфейсной карте *VIP Card (VFX1 Interface Protocol Card)*?
39. Охарактеризуйте VR-шлемы VFX3D.
40. К какому классу относятся кибер-шлемы серии 1-Glasses фирмы I/O Display Systems?
41. Каковы особенности кибер-шлемов модели 1-Glasses?
42. Охарактеризуйте кибер-шлемы модели I-Glasses X2.
43. Охарактеризуйте кибер-шлемы модели I-Glasses ProTec.
44. Охарактеризуйте кибер-шлем V8 фирмы Virtual Research Systems.
45. Каковы перспективы шлемов виртуальной реальности?

3.5. 3D-очки

3D-очки являются наиболее доступными по цене (от 30 до 150 USD) и распространенными устройствами формирования трехмерных изображений. При всем многообразии моделей, представленных в настоящее время на рынке, они имеют общий принцип действия, основанный на затворном методе разделения элементов стереопары. Этим объясняется другое распространенное название данных очков — *Shutterglasses*, т. е. очки затворного типа.

3.5.1. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

3D-очки используются в качестве дополнительного оборудования к обычному монитору и подключаются к видеоадаптеру PC при помощи гибкого провода длиной 2—3 м. Это подключение обычно выполняется через специальный внешний или интегрированный на плату видеоадаптера контроллер (как правило, такие специализированные видеоадаптеры продаются вместе с соответствующей моделью 3D-очков). В более дорогостоящих моделях 3D-очков вместо соединительного провода для передачи команд от контроллера к очкам используется инфракрасный передатчик, а сами очки оборудованы встроенным миниатюрным инфракрасным приемником.

Принцип действия 3D-очков весьма прост: на мониторе PC последовательно отображается левая и правая часть стереопары, и одновременно стекла 3D-очков поочередно теряют прозрачность (собственно, для синхронизации работы видеоадаптера и очков и нужно соединение между ними). В результате каждый глаз видит только свою часть стереопары, что позволяет получить желаемый стереоэффект.

Несмотря на то что 3D-очки и шлемы виртуальной реальности предназначены для одной и той же цели — формирования стереоскопических изображений, между ними есть принципиальные различия.

Во-первых, 3D-очки, в отличие от VR-шлемов, сами никакого изображения не создают, хотя и содержат ЖК-линзы, которые используются в качестве электронно-управляемого фильтра (затвора). Это значит, что качество формируемого изображения (разрешение, палитра) определяется не характеристиками очков, а качеством изображения на экране монитора. Поэтому бессмысленно говорить, например, о разрешении, обеспечиваемом 3D-очками, хотя затворный принцип действия очков и связанный с ним последовательный характер показа элементов стереопары порождают ряд специфических дефектов изображения.

Во-вторых, 3D-очки лишены системы виртуальной ориентации, поэтому изображение на экране монитора никак не корректируется в зависимости от положения головы наблюдателя (имеются модели, которые, хотя и частично, поддерживают это). В результате 3D-очки не в состоянии обеспечить тот эффект погружения в виртуальный мир, который присущ шлемам виртуальной реальности. Поэтому при использовании 3D-очков нет смысла перекрывать зону периферийного зрения — большинство этих изделий выполняется в форме традиционных очков (рис. 3.31).

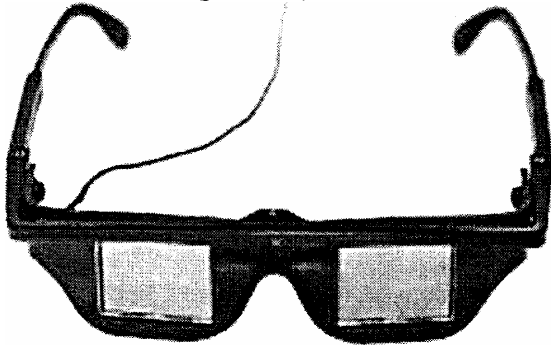


Рис. 3.31. 3D -очки Elsa 3D Revelator

Для того чтобы стекла 3D-очков могли терять прозрачность по командам компьютера, их выполняют по технологии изготовления ЖК-ячейки просветного типа, основанной на эффекте поляризации. Поэтому такие очки иногда называют поляризационными, как и очки для стереокино. Это создает путаницу и затрудняет выбор необходимого оборудования.

Принципиальной особенностью 3D-очков является то, что управление ими осуществляется сигналами видеоадаптера, в результате чего прозрачность их стекол изменяется синхронно со сменой изображения на экране. Такие очки часто называют *активными*. Напротив, поляризационные очки для стереокино являются *пассивными*, так как прозрачность и поляризация их стекол постоянна и не зависит от изображения на экране. С их помощью невозможно получить стереоэффект, глядя на экран обычного монитора.

В дальнейшем, при необходимости подчеркнуть различия между поляризационными очками этих типов, будем использовать устоявшиеся термины: «активные» и «пассивные» очки. Напомним еще раз, что термины «активные поляризационные очки», «*shutterglasses*» и «3D-очки» являются синонимами.

3.5.2. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ДЕФЕКТЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Поочередный способ показа элементов стереопары порождает некоторые проблемы.

Во-первых, в два раза уменьшается фактическая частота смены кадров, что негативно сказывается на качестве изображения (заметны мелькания). Как известно, нижний эргономический предел для частоты кадров составляет 60—70 Гц. Следовательно, монитор, используемый для отображения стереопары, должен обеспечивать частоту кадровой развертки не ниже 120—140 Гц. Для обеспечения такой частоты кадров при разрешении 640×480 частота строчной развертки монитора должна быть не менее 70 кГц, а при разрешении 800×600 — не ниже 85 кГц. Таким требованиям удовлетворяет далеко не каждая модель 17-дюймовых мониторов. О более высоких разрешениях при использовании активных очков совместно с типовыми моделями мониторов говорить уже не приходится.

Но высокие значения частот кадровой и строчной разверток — далеко не единственное требование к монитору. Другой проблемой, возникающей при столь высокой частоте смены кадров, является оптическая инерционность люминофора, т. е. эффект остаточного послесвечения (*persistence*). В результате изображения объектов (особенно подвижных) на экране монитора приобретают специфические дефекты в виде ореолов (*ghosts*). Для устранения этих дефектов необходим дорогостоящий монитор с ЭЛТ со специальным люминофорным покрытием, характеризующимся малым временем послесвечения.

3.5.3. ПОДКЛЮЧЕНИЕ 3D-ОЧКОВ К РС. КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ 3D-ОЧКОВ

3D-очки являются весьма привлекательным дополнением к мультимедийному РС не только благодаря возможности получения высококачественных трехмерных изображений, но и за счет своей достаточно невысокой цены (на порядок ниже стоимости VR-шлемов). Однако, приобретая такие очки, необходимо помнить, что существует проблема правильного сопряжения очков и РС, без решения которой очки окажутся бесполезными. Во-первых, некоторые модели 3D-очков работают только с определенными моделями видеоадаптеров. Во-вторых, для их правильной работы необходимо установить требуемый режим работы видеоадаптера. В-третьих, необходимо правильно выполнить электрическое соединение между очками и видеоадаптером; в большинстве случаев необходимы дополнительные устройства — *контроллеры*. Важен также тип используемых разъемов. И наконец, необходимо четко представлять себе, какой формат стереокадра используется для создания трехмерного изображения и поддерживают ли видеоадаптер и контроллер соответствующий режим работы.

Наиболее важным элементом соединения 3D-очков с компьютером является контроллер. В общем случае он выполняет следующие задачи:

- формирует синхросигнал для 3D-очков, управляющий поочередным затемнением стекол;
- преобразует (при необходимости) выходной видеосигнал и синхросигналы видеоадаптера таким образом, чтобы обеспечить раздельный последовательный показ элементов стереопары на экране монитора.

В простых моделях 3D-очков вторая функция отсутствует, при этом задача разделения элементов стереопары целиком ложится на видеоадаптер.

В большинстве моделей 3D-очков контроллер выполняется в виде отдельного внешнего блока, хотя в настоящее время появилось значительное количество видеоадаптеров со встроенными контроллерами для 3D-очков. Существует три основных способа подключения внешних контроллеров:

- к выходному разъему видеоадаптера (наиболее часто);
- к параллельному или последовательному порту РС (значительно реже);
- к шине ввода/вывода (крайне редко).

Рассмотрим достоинства и недостатки этих способов.

3.5.3.1. Контроллеры, подключаемые к видеоадаптеру

Нормальная работа 3D-очков возможна только при условии жесткой синхронизации последовательности затемнения их стекол со сменой кадров. Поэтому сигнал управления 3D-очками формируется контроллером из кадрового синхронизирующего импульса, формируемого видеоадаптером (контакт 14 стандартного 15-контактного разъема VGA). Причем контроллер, как правило, включается между видеоадаптером и монитором. Такая схема включения называется сквозной, или *VGA-Pass-Through* (иногда используют сокращение VGA-PT). Обычно контроллер выполняется в виде небольшого блока-переходника с двумя 15-контактными разъемами для подключения видеоадаптера и кабеля монитора (рис. 3.32).

Однако такая схема включения контроллера имеет свои недостатки. Главным из них является искажение изображения при использовании высоких разрешений (порядка 1024×768). Эти искажения возникают из-за паразитных задержек видеосигнала, вносимых контроллером.

Напомним, что по соединительному кабелю между монитором и видеоадаптером передаются сигналы с очень высокими частотами (свыше 100 МГц!), а сам кабель фактически представляет собой так называемую «длинную линию», или линию с распределенными емкостью и индуктивностью. Передача по такой линии

сигнала без искажений и переотражений возможна только при хорошем согласовании ее волнового (характеристического) сопротивления с выходным сопротивлением видеоадаптера и входным сопротивлением монитора. Кабели современных мониторов оборудованы специальной ферритовой нагрузкой (цилиндрическое утолщение на кабеле перед разъемом для подключения к видеоадаптеру), обеспечивающей это согласование. Если же между видеоадаптером и кабелем монитора включить дополнительный элемент, согласование нарушается, что и приводит к искажениям высокочастотных составляющих видеосигнала. Подобный эффект можно наблюдать на экране телевизора, если для подключения к нему антенны вместо соединительного кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом использовать 50-омный коаксиальный кабель: на экране будет многократно повторяющееся (за счет переотражений сигнала) и, следовательно, неустойчивое (за счет нарушения синхронизации) изображение.

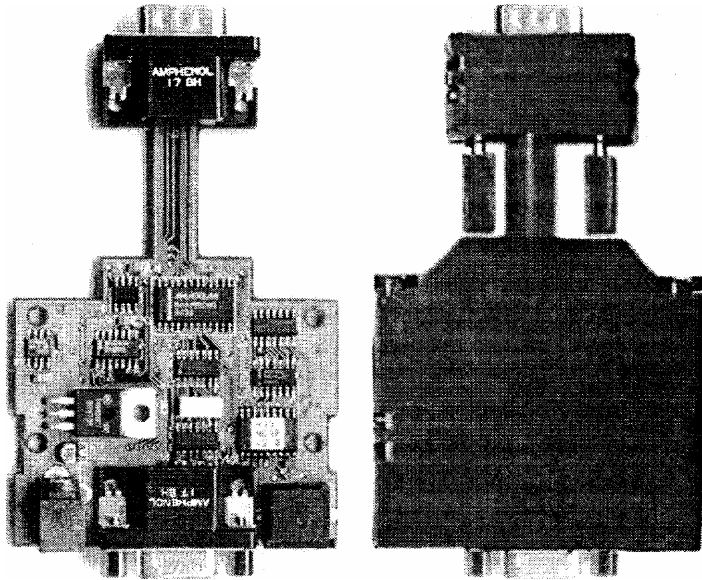


Рис. 3.32. Контроллер типа VGA-Pass-Through для 3D-очков Wicked3D Eyescream

Поскольку для работы с 3D-очками требуется высокая частота кадров (не ниже 120 Гц!), верхняя граничная частота видеосигнала даже при низком разрешении будет достаточно высокой, а при разрешении 1024×768 составит около 95 МГц! На таких частотах качество согласования особенно важно, и если контроллер не в состоянии его обеспечить, то на изображении появятся искажения.

Другим недостатком контроллеров типа VGA-Pass-Through является дополнительная механическая нагрузка на выходной разъем видеоадаптера, что может привести к его механическому повреждению и выходу из строя.

3.5.3.2. Контроллеры, подключаемые к последовательному или параллельному порту PC

Существует немногочисленная группа контроллеров, подключаемых к параллельному либо последовательному порту PC (рис. 3.33).

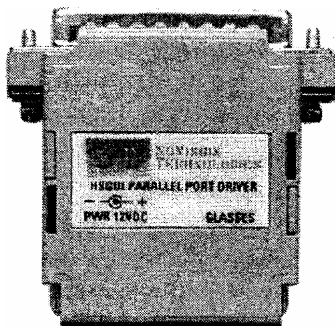


Рис. 3.33. Контроллер для 3D-очков Nuvision 3D-SPEX, подключаемый к параллельному порту PC

При таком способе подключения контроллера устраняется проблема искажений, но возникает другая — проблема синхронизации. Поскольку на параллельный порт кадровый синхронизирующий сигнал не выводится, сигнал управления 3D-очками формируется и передается в порт специальной программой. Программный способ формирования сигнала имеет свои недостатки: во-первых, повышается нагрузка центрального процессора и, во-вторых, не гарантируется своевременная выдача сигнала, иными словами, не

обеспечивается надежная синхронизация 3D-очков. Более того, такие контроллеры не работают в режиме с чересстрочной разверткой и практически не поддерживают работу с Windows-приложениями.

3.5.3.3. Контроллеры, подключаемые к шине ввода/вывода

Крайне редко можно встретить внешний контроллер, устанавливаемый в слот шины ввода/вывода на материнской плате PC. Таковым является контроллер одной из первых моделей 3D-очков — 3D MAX фирмы Kasan Electronics Co. Это 8-разрядная плата с интерфейсом ISA. Контроллер подключается к видеоадаптеру при помощи 26-контактного разъема Feature Connector, а к монитору — при помощи специального кабеля (рис. 3.34).

Существуют также видеоадаптеры со встроенным контроллером 3D MAX.

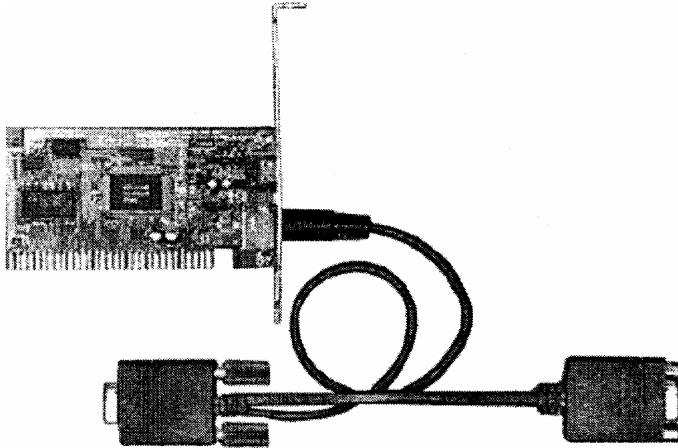


Рис. 3.34. Контроллер для 3D-очков 3D MAX фирмы Kasan Electronics Co, устанавливаемый в слот шины ISA

3.5.3.4. Plain-контроллеры

Для работы некоторых (обычно наиболее дешевых) моделей 3D-очков нет необходимости в каких-либо преобразованиях выходного сигнала видеоадаптера. Так, в частности, происходит при использовании стереокадров формата Page Flipping с построчной разверткой и Alternate Line — с чересстрочной, когда разделение элементов стереопары происходит автоматически. В этих случаях контроллер не нужен — управление очками осуществляется кадровым синхроимпульсом. Для подачи на очки этого сигнала используется обычный переходник, который называют *plain-controller* — плоский контроллер.

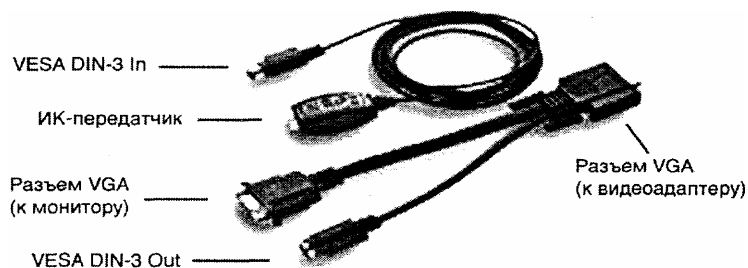


Рис. 3.35. Соединительные кабели для 3D-04KOB Elsa 3D Revelator

В качестве примера очков, оснащенных plain-контроллером, можно привести модель Elsa 3D Revelator, в комплект поставки которых, помимо стереочков, входит только соединительный кабель, а в беспроводном варианте — также ИК-передатчик (рис. 3.35):

3.5.3.5. Способы подключения 3D-очков к контроллеру

Подключение 3D-очков к контроллеру, независимо от конструкции и расположения последнего, может выполняться одним из трех способов:

- с помощью гибкого провода, оснащенного обычным стереоразъемом типа Jack диаметром 3,5 мм;
- с помощью гибкого провода, оснащенного специализированным разъемом VESA-3 miniDIN-3;
- беспроводным способом, с помощью инфракрасного приемопередатчика, подключаемого к контроллеру.

Ранние модели 3D-очков подключались, как правило, первым способом. В настоящее время получил распространение новый разъем, предложенный немецким институтом стандартизации DIN и одобренный

ассоциацией VESA, — VESA-3 miniDIN-3 (рис. 3.36).

Назначение контактов этого разъема приведено в табл. 3.1

Выходным (материнским) разъемом VESA-3 miniDIN-3 оборудован, например, упоминавшийся выше контроллер для 3D-очков Wicked3D Eyescream (рис. 3.37).

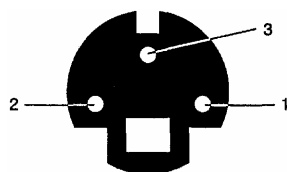


Рис. 3.36. Выходной разъем VESA-3 miniDIN-3

Таблица 3.1. Назначение контактов разъема VESA-3 miniDIN-3

Номер контакта	Назначение контакта
1	Питание +5 В
2	Синхросигнал для стереочков
3	Земля (общий провод)

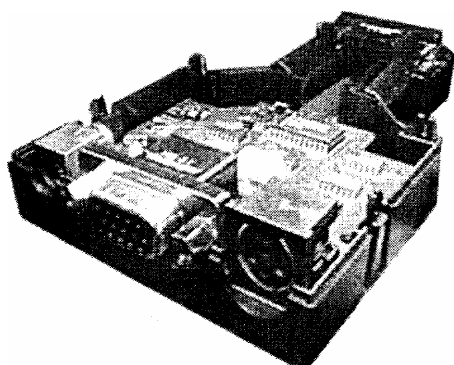


Рис. 3.37. Контроллер для 3D-очков Wicked3D Eyescream без верхней крышки, оборудованный разъемом VESA-3 miniDIN-3

Поскольку провод, соединяющий очки с контроллером, ограничивает свободу перемещения пользователя, большинство современных моделей 3D-очков оборудуются малогабаритным инфракрасным приемником, который принимает команды от ИК-передатчика, подключенного к контроллеру (рис. 3.38). Как правило, такой передатчик размещают на корпусе монитора сверху

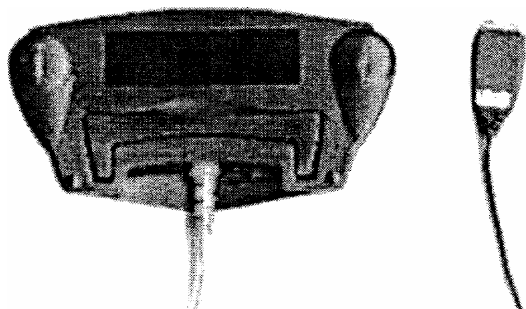


Рис. 3.38. Инфракрасные передатчики для 3D-очков Wicked3D Eyescream (слева) и ELSA 3D Revelator (справа)

Передатчик для 3D-очков Wicked3D Eyescream имеет переключатель дальности действия (near/far — ближняя/дальняя зона). По умолчанию используется максимальная дальность, однако при наличии в одном помещении нескольких ИК-передатчиков иногда полезно переключить передатчик на малую мощность во избежание взаимных помех.

Что лучше: инфракрасный канал или обычный провод? Однозначно ответить на этот вопрос сложно. Преимущество инфракрасной связи только в одном: она предоставляет большую свободу перемещения. Однако, насколько эта свобода необходима? Ведь стереоэффект возможен только, если вы находитесь перед экраном монитора. В то же время недостатки инфракрасного управления очками весьма существенны.

Во-первых, более высокая стоимость очков. Во-вторых, очки с ИК-приемником заметно крупнее и тяжелее, чем очки с проводным подключением, ведь, помимо собственно ИК-приемника, в их корпусе необходимо разместить и батареи питания (напряжением обычно 9 В; при использовании очков с проводным

соединением собственный источник питания не требуется), и схему управления прозрачностью ЖК-линз. Но батареи имеют свойство разряжаться (а ведь еще, упаси Бог, могут и потечь, испортив драгоценные очки!), поэтому их периодически надо менять. Если же используются нестандартные малогабаритные батареи, как обычно случается, то их замена оборачивается заметными финансовыми затратами. Поэтому выбор конкретного способа соединения — дело не только вкуса, но и толщины вашего кошелька.

Для подключения ИК-передатчика к контроллеру используется тот же разъем, что и для подключения очков. К нему можно подсоединить либо 3D-очки, либо ИК-передатчик для беспроводных очков.

3.5.3.6 Видеоадаптеры со встроенным контроллером 3D-очков

Итак, подключение 3D-очков к компьютеру и обеспечение их нормальной работы — непростая задача, требующая определенной квалификации пользователя. Вместе с тем существуют компьютеры, изначально приспособленные для работы со стереоскопическими устройствами (3D-очками, VR-шлемами). Такие компьютеры принято обозначать аббревиатурой SR (*Stereo Ready* — готовые для работы со стереоскопическими устройствами). Таковыми являются, например, профессиональные графические станции Онух известной фирмы Silicon Graphics, Inc. Эти компьютеры оснащены встроенными контроллерами и необходимыми разъемами.

Столь привлекательными свойствами могут обладать не только профессиональные графические станции, но и обычный домашний PC. Для этого он должен быть оснащен видеоадаптером со встроенным контроллером для 3D-очков (SR-видеоадаптером) и соответствующим разъемом (рис. 3.39). Наличие такого

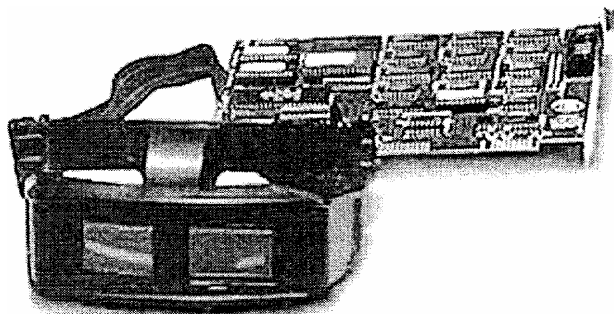


Рис. 3.39. SR-видеоадаптер и 3D-очки

видеоадаптера в составе PC избавит вас от необходимости решения большинства проблем аппаратной и программной совместимости. Кратко рассмотрим особенности таких видеоадаптеров.

Как отмечалось в разд. 3.1.2, стереопара представляет собой совокупность двух плоских изображений, являющихся проекциями исходного трехмерного объекта на плоскость экрана, причем проецирование для каждого элемента стереопары выполняется под разными углами. Задача 3D-очков и их контроллера — объединить оба элемента стереопары в единый стереокадр. Но как получить двумерные проекции трехмерного объекта? Для этого сначала необходимо рассчитать трехмерное изображение объекта, а затем дважды под заданными углами выполнить проецирование его на плоскость. Решение этих задач осуществляется путем выполнения огромного объема вычислительных операций, что значительно повышает загрузку центрального процессора и снижает производительность системы в целом. Чтобы разгрузить центральный процессор и повысить скорость расчета и проецирования трехмерной сцены применяется специализированный графический процессор, называемый *ускорителем 3D-графики* или *3D-акселератором*.

В настоящее время 3D-акселератор является неотъемлемой частью мультимедийного PC. Описанию его посвящена отдельная, пятая глава книги. Здесь же отметим, что видеоадаптер, обеспечивающий работу с 3D-очками, обязательно включает в себя высокопроизводительный 3D-акселератор.

Основное назначение 3D-акселератора — расчет трехмерной сцены и ее отображение на экране с максимально возможной скоростью. Одним из методов ускорения работы 3D-акселератора является *двойная буферизация*, при использовании которой в видеопамяти организуются два кадровых буфера: пока содержимое первого буфера выводится на экран, во втором выполняется расчет изображения следующего кадра. Такая организация кадрового буфера как нельзя лучше подходит для аппаратного разделения элементов стереопары стереокадра формата Page Flipping: в первом буфере формируется изображение левого элемента стереопары, во втором — правого, а для синхронизации стерео очков используется кадровый синхроимпульс.

Как правило, SR-видеоадаптеры поддерживают большинство из существующих форматов стереокадра. Это возможно благодаря наличию встроенного контроллера, выполняющего следующие функции:

- автоматическую (аппаратную) синхронизацию стерео очков;
- дублирование частоты кадровых синхроимпульсов при использовании стереокадра формата Above/Below Split Screen;
- дублирование строк при использовании стереокадра формата Alternate Line (редко);
- разделение элементов стереопары при использовании построчной развертки и стереокадра формата

Alternate Line.

3.5.4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ 3D-ОЧКОВ

Поскольку в большинстве случаев формирование стереокадра происходит не аппаратным, а программным путем, для нормальной работы 3D-очков важно качество программного обеспечения (ПО). Все ПО для 3D-очков можно условно разделить на две большие группы:

- специальное (разнообразные драйверы), написанное производителями 3D-очков для обеспечения работы конкретной модели;
- универсальное, реализующее общие методы формирования стереокадра.

Программ первой группы очень много, причем каждая из них ориентирована на работу с конкретной моделью видеоадаптера. Поэтому описывать их здесь не имеет смысла. Другое дело — универсальные программы, их не так много.

Первоначально большинство 3D-очков было рассчитано на работу исключительно в среде DOS. Причины несколько: во-первых, большинство игр, имеющих 3D-версии, были написаны для DOS; во-вторых, в среде DOS легче получить доступ к аппаратным ресурсам PC.

При работе в Windows все намного сложнее. С одной стороны, «легальный» способ управления «железом» в Windows: использование функций так называемого интерфейса прикладного программирования (API — *Application Program Interface*), которые выполняются медленнее, чем при низкоуровневом программировании (в среде DOS) контроллера соответствующего устройства, например видеоадаптера. С другой стороны, Windows — среда многозадачная, поэтому в ней гораздо труднее программно обеспечить стабильность необходимых временных параметров (процессор постоянно «отвлекается» на решение других задач). В результате нарушается синхронизация.

Одной из первых универсальных программ для работы с 3D-очками стал набор драйверов, названный LCD-BIOS (разработан Дональдом Савдаи). LCD-BIOS поддерживает стереокадр формата Page Flipping. Программа работает либо в среде DOS, либо в режиме эмуляции DOS в Windows 95/98. Основное достоинство LCD-BIOS состоит в том, что она работает только в стандартных VGA- и VESA-совместимых режимах. Благодаря этому устраняется проблема совместимости, по крайней мере, теоретически. LCD-BIOS — это набор резидентных программ, занимающих в оперативной памяти примерно 23 Кбайт. Прикладная программа или игра, генерирующая стереоскопическое изображение, должна быть совместима с LCD-BIOS.

В настоящее время появилась и другая программа, называемая SSDI (*StereoScopic Device Interface* — интерфейс стереоскопических приборов). Она разработана тем же автором, что и LCD-BIOS, совместно со специалистами фирмы VRex, Inc. В отличие от LCD-BIOS, SSDI разрабатывалась как универсальная программа, которая должна работать не только с 3D-очками, но и с VR-шлемами и другими устройствами формирования трехмерных изображений. Более того, SSDI рассчитана на работу как в среде DOS, так и в Windows 3.*/95/98 и поддерживает различные контроллеры, в том числе подключаемые к параллельному или последовательному порту PC. Помимо формата Page Flipping, программа поддерживает и другие форматы стереокадра (в первую очередь Alternate Line).

Фактически SSDI претендует на роль API для стереоскопических устройств (как, например, Direct3D для ускорителей трехмерной графики, см. гл. 5). Однако жесткая конкурентная борьба в этой области не позволяет утвердиться какому-либо единому стандарту — на рынке пока отсутствует бесспорный лидер, такой, как, например, производитель Direct3D фирма Microsoft. Поэтому при выборе 3D-очков следует особое внимание обращать на качество драйверов.

3.5.5. ПОПУЛЯРНЫЕ МОДЕЛИ 3D-ОЧКОВ

Несмотря на сравнительную новизну стереоскопических устройств отображения, современный рынок 3D-очков довольно обширен. Вместе с тем группа устройств, использующих характерные технические решения и ставших прототипом для множества разноименных клонов, сравнительно небольшая. Поэтому рассмотрим наиболее распространенные и характерные модели 3D-очков. Заметим, что часто 3D-наборы различных фирм различаются только контроллерами, а входящие в состав набора 3D-очки абсолютно одинаковы как по конструкции, так и по характеристикам.

3.5.5.1. 3D MAX фирмы Kasan Electronics Co.

Пионером на рынке 3D-очков стала модель 3D MAX фирмы Kasan Electronics Co. (рис. 3.40).

Главное отличие этих очков от других моделей — наличие отдельного контроллера 3D MAX, устанавливаемого в слот шины ISA (см. рис. 3.34) и соединяемого с видеоадаптером через разъем Feature Connector. Дополнительно между видеоадаптером и монитором включается переходник, который соединяется также с контроллером. Иногда в комплект поставки этих очков входит SR-видеоадаптер с контроллером 3D MAX. Активные поляризационные очки 3D-ViewStar из набора 3D MAX подключаются к контроллеру при помощи обычного пальчикового стереоразъема диаметром 3,5 мм и имеют следующие характеристики:

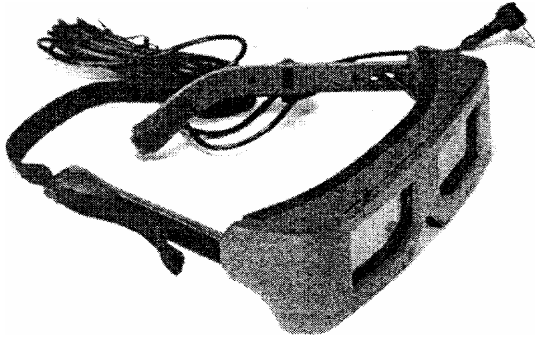


Рис. 3.40. 3D-очки 3D MAX фирмы Kasan Electronics Co.

- частота смены изображений элементов стереопары — от 90 до 150 Гц;
- контроль степени затемнения линз;
- возможность использования различных фильтров для устранения помех и повышения контрастности изображения.

Для получения стереоэффекта используется стереокадр формата Alternate Line и чересстрочная развертка, что и позволяет получить столь высокую частоту полей. Поэтому видеоадаптер, используемый совместно с внешним контроллером 3D-MAX, должен поддерживать чересстрочную развертку и указанные выше частоты полей. Кроме того, он должен быть оснащен разъемом Feature Connector.

Несмотря на то что на рынке появилась и беспроводная версия этих очков, данная модель все же считается устаревшей, и ее вряд ли стоит покупать, даже по невысокой цене. Это тем более справедливо, что производившая ее фирма Kasan Electronics Co. перестала обеспечивать поддержку своих изделий на рынке.

3.5.5.2. H3D Eyewear /WickedSD Wickedvision, Eyescream

Довольно широкое распространение получили беспроводные 3D-очки Eyewear производства фирмы H3D Entertainment (рис. 3.41). Вместе с очками поставляются контроллер и ИК-передатчик.

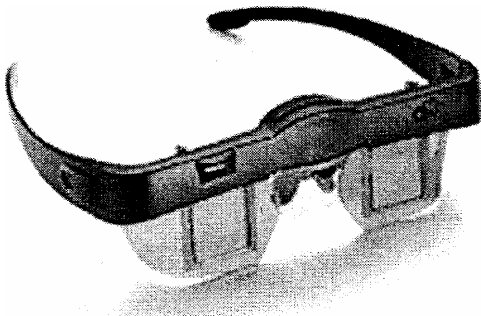


Рис. 3.41. 3D-очки Eyewear фирмы H3D Entertainment

Очки имеют удачную конструкцию, удобно размещаются на голове и позволяют легко проводить индивидуальную настройку: регулировать расстояние между линзами. Питание очков осуществляется от двух малогабаритных литиевых батарей типа CR-2032. Поскольку батареи размещаются в средней части очков (над переносицей), это исключает проблему нарушения равновесия, свойственную другим моделям. Еще одно важное преимущество — рекордно низкий вес (45 г вместе с батареями).

Недостатком стереоочков Eyewear является небольшой размер ЖК-линз — 2×2,5 см, что значительно ограничивает поле зрения, особенно при работе с 17-дюймовыми мониторами.

Пожалуй, главная отличительная черта 3D-очков Eyewear — наличие «интеллектуального» контроллера (используется также с очками Wicked3D Eyescream, см. рис. 3.32 и 3.37), позволяющего выполнять различные преобразования видеосигнала. Этот контроллер (типа VGA-Pass-Through) включается в разрыв кабеля, соединяющего видеоадаптер с монитором и может выполнять следующие функции:

- дублирование кадровых синхроимпульсов при использовании стереокадра формата Above-below Split-Screen;
- поочередное аппаратное затемнение строк при использовании стереокадра формата Alternate Line и построчной развертки;
- автоматическое определение используемого формата стереокадра — так называемая функция *AutoSync*.

Помимо этого, контроллер поддерживает такие форматы стереокадра, которые не требуют выполнения

каких-либо преобразований видеосигнала: Page-Flipping при построчной развертке и Alternate Line — при чересстрочной.

Казалось бы, столь солидная аппаратная поддержка должна обеспечить этим очкам полную совместимость с любым видеоадаптером. Однако на практике все обстоит совершенно иначе, можно даже сказать — с точностью до наоборот. Все дело в том, что программное обеспечение, поставляемое вместе с 3D-очками Eyewear, предназначено в основном для 3D-ускорителей на основе Chipset Voodoo и Voodoo² фирмы 3Dfx. На первый взгляд, это вполне закономерно: на момент появления стереочков 3D-ускорители фирмы 3Dfx были лидерами по скорости расчета и прорисовки трехмерных сцен. Поэтому они и стали составной частью новой, объединенной технологии, позволяющей не только формировать плоскую проекцию 3D-сцены (как это делают 3D-ускорители), но и заглянуть в глубь экрана. Однако безоговорочное лидерство 3D-ускорителей фирмы 3Dfx длилось весьма недолго. Вскоре появились не менее удачные Chipset, такие, как, например, Riva TNT (2) фирмы nVidia (см. гл. 5).

По причине финансовых трудностей фирма H3D Entertainment была вынуждена покинуть рынок в качестве самостоятельного производителя, однако ее продукцию стала продавать под своей торговой маркой фирма Metabyte. Эта фирма специализируется главным образом на создании высококачественного программного обеспечения для графических систем. Ее подразделением является компания Wicked3D Board Company, производящая ускорители 3D-графики. Наиболее известными изделиями этой фирмы являются 3D-ускорители Wicked3D Voodoo², Wicked3D Vengeance (на основе Chipset Voodoo Banshee) и Wicked3D TNT (на основе Chipset Riva TNT). Главная отличительная черта этих изделий — безупречное качество драйверов и гораздо более высокие надежность и быстродействие, по сравнению с изделиями на основе этих же Chipset, но других (особенно «безымянных») производителей.

Первоначально очки H3D Eyewear продавались под маркой Wicked3D в составе мультимедийного набора Wickedvision и могли использоваться только совместно с 3D-ускорителями производства Wicked3D. Однако в настоящее время компания Wicked3D выпустила набор Wicked3D Eyescream, в состав которого, помимо собственно очков H3D Eyewear, входит CD-ROM, содержащий драйверы (Metabyte Eyescream driver CD). Эти драйверы позволяют использовать 3D-очки не только с фирменными изделиями Wicked3D, но и с 3D-ускорителями на основе Chipset Voodoo² других производителей.

Таким образом, основным недостатком стереочков H3D является плохая программная совместимость как с видеоадаптерами на Chipset, отличных от Voodoo² и Voodoo Banshee, так и с программным обеспечением, изначально не предназначенным для работы с этими очками (не имеющим клейма «H3D Certified»). Дело в том, что упомянутые Chipset фирмы 3Dfx обеспечивают наилучшую производительность только в том случае, если прикладная программа, например игра, использует функции интерфейса прикладного программирования Glide — собственной разработки фирмы 3Dfx для своих Chipset. Вместе с тем большинство игровых приложений рассчитано на работу с API DirectX либо OpenGL (например, знаменитая игра Quake II).

Возможно преобразование команд API и программным путем, однако это требует времени и снижает производительность системы, особенно при работе под управлением OpenGL. В частности, для комплекта Wicked3D Eyescream выпущен обновленный набор драйверов Global Eyescream, призванный обеспечить работу очков с видеоадаптерами на базе других Chipset и с другими API, однако качество драйверов оставляет желать лучшего. В настоящее время производство очков Wicked3D Eyescream прекращено

3.5.5.3. Elsa 3D Revelator

Недорогой альтернативой 3D-очкам Wicked3D Eyescream стали стереочки 3D Revelator фирмы Elsa, известной своими высококачественными видеоадаптерами. Очки выпускаются в двух модификациях: с соединительным проводом (см. рис. 3.31) и без него (рис. 3.42).

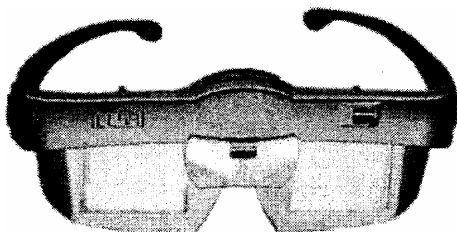


Рис. 3.42. Беспроводные 3D-очки Elsa 3D Revelator

Основное преимущество набора — более совершенная и удобная конструкция очков. Во-первых, увеличен (примерно на 1 см) размер ЖК-линз по горизонтали, что практически устранило проблему ограниченного поля зрения, свойственную очкам Wicked3D Eyescream. Во-вторых, очки Elsa 3D Revelator в настоящее время являются одними из наиболее легких (модель с проводом весит всего 30 г!). Заметим, что собственно очки производятся фирмой Ilxco и используются в наборах других фирм (H3D, Wicked3D, i-3D и др.).

Достоинством очков Elsa 3D Revelator считается также простота подключения к видеоадаптеру. Для

этого используется кабель-переходник (см. рис. 3.35), в котором отсутствует сложный электронный контроллер (используется plain-controller). Благодаря отсутствию в кабеле контроллера, очки Elsa 3D Revelator «набрали еще два очка в свою пользу»:

- рекордно низкая стоимость, особенно в проводной версии (этот набор стоит примерно в 3 раза дешевле, чем Wicked3D Eyescream);
- отсутствие заметных искажений изображения, характерных для контроллеров типа Pass-Through.

Однако очки Elsa 3D Revelator могут использоваться только с ограниченным набором аппаратного и программного обеспечения.

Что касается аппаратного обеспечения, то изначально очки Elsa 3D Revelator предназначались для совместного использования только с видеоадаптерами фирмы Elsa: Erazor 2/3, Victory 2, Winner 2 и др. ROM указанных видеоадаптеров содержит специфическую версию Video BIOS данной фирмы — Elsa-BIOS, обеспечивающую работу с очками 3D Revelator. Если поставляемый с очками драйвер обнаруживает наличие Elsa-BIOS, то он инициирует выдачу специального сигнала по каналу DDC (провод 12 соединительного кабеля, см. разд. 2.4.2), которым и включает очки. В противном случае очки работать не будут. В настоящее время набор совместимых с 3D-очками Elsa 3D Revelator видеоадаптеров расширен: помимо изделий фирмы Elsa, могут использоваться практически любые видеоадаптеры на основе Chipset Riva TNT и Riva TNT2 фирмы nVidia, но для этого необходимы соответствующие драйверы. Работу с видеоадаптерами на основе других Chipset очки пока не поддерживают.

Очки Elsa 3D Revelator работают лишь со стереокадром формата Page Flipping.

Вызывает недоумение то, как фирма Elsa решает проблему аппаратной совместимости очков 3D Revelator или ИК-передатчика и видеоадаптера: очки имеют разъем VESA miniDIN-3, в то время как у видеоадаптеров фирмы Elsa, предназначенных для работы с этими очками, он отсутствует. В результате для подключения приходится использовать кабель типа Pass-Through, вносящий дополнительные искажения в видеосигнал. Однако наличие разъема VESA miniDIN-3 все же весьма полезно: таким разъемом оснащено большинство SR-видеоадаптеров других производителей, и при наличии соответствующего драйвера, обеспечивающего работу встроенного контроллера, стереоочки 3D Revelator можно использовать с таким видеоадаптером.

В комплект поставки очков Elsa 3D Revelator дополнительно входит специальный адаптер, позволяющий одновременно подключить до 4 пар очков.

Программное обеспечение для очков Elsa 3D Revelator ориентировано на совместное использование с API DirectX (точнее, Direct3D). Другие API (Glide, OpenGL) поддерживаются лишь частично. Ставка на Direct3D обеспечила хорошую совместимость с большинством игр для PC. В отличие от других моделей стереоочков (в частности, Wicked3D Eyescream), 3D-очки 3D Revelator обеспечивают хорошую читаемость текста и 3D-титров, поддерживают работу на высоких разрешениях (вплоть до 1600×1200) и динамическое изменение глубины стереоэффекта (технология *Dyna-Z*). В состав программного обеспечения для этих очков входит программа просмотра стереоскопических изображений.

3.5.5.4. NuVision 60GX

Набор 60GX фирмы NuVision отличается от рассмотренных ранее классом изделия: это скорее профессиональное, чем бытовое изделие. По своим характеристикам устройства, входящие в комплект, близки к изделиям профессионального набора CrystalEyes2 фирмы StereoGraphics (стоимость комплекта колеблется от 100 до 170 USD), но значительно дешевле него. Набор 60GX поставляется в двух модификациях:

- 60GX SR (Stereo Ready) — набор, предназначенный для использования с профессиональными графическими станциями и/или видеоадаптерами с интегрированным контроллером для 3D-очков; содержит 3D-очки 60GX и ИК-передатчик, соединительный провод которого оснащен разъемом VESA miniDIN-3;
- 60GX NSR (Non-Stereo Ready) — набор, предназначенный для использования с обычным PC: помимо 3D-очков и ИК-передатчика, он включает в себя внешний контроллер, подключаемый к выходу видеоадаптера PC при помощи специального кабеля с переходником типа Pass-Through.

Беспроводные очки (рис. 3.43) из набора 60GX имеют ряд особенностей.

Во-первых, размер их ЖК-линз значительно больше, чем всех рассмотренных выше моделей. Кроме того, у линз закруглены края, благодаря чему обеспечивается более широкое поле зрения. С этой точки зрения 3D-очки NuVision 60GX эквивалентны упоминавшимся выше 3D-очкам CrystalEyes2, которые принято считать эталоном качества в данной области.

Во-вторых, ЖК-линзы очков выполнены по нетрадиционной технологии, на основе так называемых «пи-ячеек», обеспечивающих более высокую скорость переключения (до 180 Гц!). Данная технология приобретена фирмой NuVision у компании Tektronix и успешно используется на протяжении уже 15 лет при производстве различного стереоскопического оборудования. Помимо высокой скорости переключения, эта технология обеспечивает больший угол обзора и избавляет пользователя от необходимости находиться

строго напротив монитора, так, чтобы угол зрения не превышал допустимых значений (в 3D-очках с традиционными ЖК-линзами качество стереоэффекта сильно зависит от угла зрения). Однако у этой технологии есть и недостатки: задержка при переключении линз, а также их низкая прозрачность в выключенном состоянии (подобны солнцезащитным очкам). Поэтому очки всегда должны находиться во включенном состоянии, независимо от того, используются они для просмотра стереоскопического или обычного изображения. В последнем случае очки работают в специальном режиме с повышенной частотой переключения линз, благодаря чему обеспечивается их высокая прозрачность.

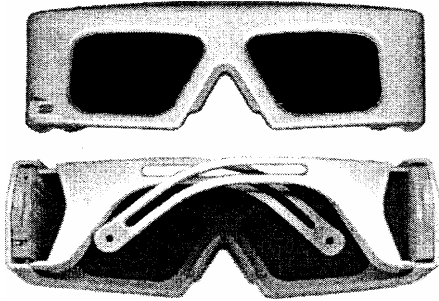


Рис. 3.43. Беспроводные 3D-очки NuVision 60GX

В качестве питания используются две малогабаритные литиевые батареи, размещенные в местах крепления дужек (см. рис 3.43, сверху). Очки включаются автоматически при надевании, при этом индикация включенного состояния осуществляется светодиодом, размещенным в корпусе очков (см. рис. 3.43, внизу).

Размеры и конструкция очков 60GX позволяют легко надевать их поверх обычных очков, которыми пользуются люди со слабым зрением. Вес очков около 80 г.

Малогабаритный ИК-передатчик (рис. 3.44) подключается либо к гнезду VESA miniDIN-3 видеоадаптера со встроенным контроллером, либо к внешнему контроллеру. В комплект поставки входят адаптеры-переходники для подключения ИК-передатчика к разъемам типов DIN-7 и DB-9 профессиональных графических станций и видеоадаптеров.

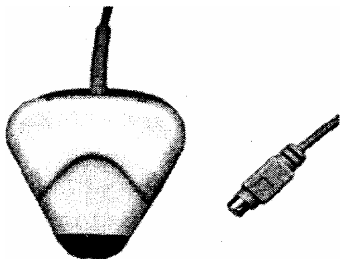


Рис. 3.44. ИК-передатчик 3D-очков NuVision 60GX



Рис. 3.45. Внешний контроллер комплекта NuVision 60GX NSR

Внешний контроллер (рис. 3.45) необходим для подключения очков к обычному PC. Он соединяется с выходом видеоадаптера специальным кабелем с переходником типа Pass-Through (рис. 3.46). Благодаря малой длине этого переходника, вносимые искажения изображения при высоких разрешениях минимальны.

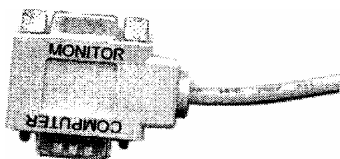


Рис. 3.46. Переходник типа Pass-Through для подключения внешнего контроллера NuVision 60GX

Питание контроллера может осуществляться как от внешнего источника (для его подключения контроллер имеет отдельное гнездо), так и от видеоадаптера (это позволяют делать только современные модели видеоадаптеров, у которых в VGA-разъеме имеется пластмассовая вставка синего цвета).

Контроллер на аппаратном уровне поддерживает такие функции, как Sync Doubling для стереокадра

формата Above/Below Split Screen и AutoSync — для стереокадров форматов Page Flipping и Alternate Lines. Поддерживается также формат Page Flipping с программной синхронизацией. Благодаря этому обеспечивается отличная совместимость набора 60GX практически с любым видеоадаптером и программным обеспечением, используемым при работе с другими моделями стереочков: Elsa Revelator, H3D Eyewear/Wicked3DEyeScream, CrystalEyes и многими другими.

Контроллер совместим с программами, ориентированными на работу совместно с LCD-BIOS, SSDI и VR-BIOS — специализированной версией LCD-BIOS, предназначенной для очков VR-Surfer. В настоящее время набор 60GX NSR считается лучшим с точки зрения аппаратной и программной совместимости.

Удобство использования контроллера состоит еще и в том, что все органы управления выведены на его лицевую панель. С помощью кнопок «Mode», «Field Sequential» и «Over/Under» можно настроиться на работу со стереокадром любого формата, не изменяя настройки программы. Кнопка «Reverse» предназначена для изменения ориентации стереоскопического изображения объекта (меняются местами левый и правый элементы стереопары). Это бывает полезно при срыве или неустойчивой программной синхронизации.

Таким образом, комплект 60GX NSR лучше всего подходит для работы с домашним PC и сочетает в себе качество профессионального уровня, отличную совместимость и гибкость использования, а также имеет относительно невысокую цену.

В данном разделе использованы материалы из [1].

Контрольные вопросы

1. На каком принципе работают 3D-очки?
2. Как 3D-очки подключаются к PC?
3. Каковы принципиальные отличия между 3D-очками и шлемами виртуальной реальности?
4. По какой технологии изготавливаются стекла 3D-очков?
5. Чем 3D-очки принципиально отличаются от поляризационных очков?
6. Охарактеризуйте специфические дефекты изображения, проявляющиеся при способе поочередного показа элементов стереопары.
7. В чем заключаются проблемы правильного сопряжения 3D-очков и PC?
8. Какие задачи в общем случае выполняет контроллер для 3D-очков?
9. Перечислите основные способы подключения внешних контроллеров к PC.
10. Охарактеризуйте контроллеры 3D-очков, подключаемые к видеоадаптеру.
11. На основе какого импульса, формируемого видеоадаптером, контроллер формирует сигнал управления 3D-очками?
12. Какая схема включения контроллера 3D-очков называется сквозной, или *VGA-Pass-Through* (иногда используют сокращение *VGA-PT*)?
13. Охарактеризуйте недостатки сквозной схемы включения контроллера 3D-очков.
14. Для чего кабели современных мониторов оборудованы специальной ферритовой нагрузкой (цилиндрическое утолщение на кабеле перед разъемом для подключения к видеоадаптеру)?
15. Охарактеризуйте контроллеры 3D-очков, подключаемые к последовательному или параллельному порту PC.
16. Охарактеризуйте контроллеры 3D-очков, подключаемые к шине ввода/вывода.
17. Какими способами могут подключаться 3D-очки к контроллеру?
18. Какие компьютеры принято обозначать аббревиатурой SR (*Stereo Ready* — готовые для работы со стереоскопическими устройствами)?
19. Охарактеризуйте особенности SR-видеоадаптеров.
20. Как используются *ускорители 3D-графики* или *3D-акселераторы* в SR-видеоадаптерах?
21. Какие функции выполняет встроенный в SR-видеоадаптеров контроллер 3D-очков?
22. На какие большие группы можно условно разделить все ПО для 3D-очков?
23. Почему первоначально большинство 3D-очков было рассчитано на работу исключительно в среде DOS?
24. Охарактеризуйте одну из первых универсальных программ для работы с 3D-очками LCD-BIOS.
25. Охарактеризуйте программу SSDI (*StereoScopic Device Interface* — интерфейс стереоскопических приборов).
26. Охарактеризуйте 3D-очки 3D MAX фирмы Kasan Electronics Co.
27. Охарактеризуйте 3D-очки Eyewear фирмы H3D Entertainment.
28. Какие функции выполняет «интеллектуальный» контроллер 3D-очков Eyewear?
29. Охарактеризуйте стереоочки 3D Revelator фирмы Elsa.
30. В каких модификациях поставляется Набор 60GX?
31. Какие особенности имеют беспроводные очки из набора 60GX?
32. Охарактеризуйте внешний контроллер комплекта NuVision 60GX NSR.

3.6. 3D-мониторы

Проблемы аппаратной и программной совместимости, недостаточная комфортность использования большинства моделей 3D-очков побудили некоторых разработчиков искать другие способы получения стереоскопического изображения. В результате появились так называемые *3D-мониторы*, для работы с которыми либо требуются более простые и дешевые пассивные поляризационные очки, либо вообще никаких очков не требуется. Однако, сэкономив на очках, разработчики значительно усложнили сам экран, что привело к повышению цены на изделие.

В настоящее время существует два типа устройств, которые можно отнести к категории 3D-мониторов:

- плоскопанельные 3D-мониторы на основе ЖК-экранов;
- мониторы на основе ЭЛТ, оборудованные встроенным или внешним поляризационным ЖК-фильтром.

Кратко рассмотрим особенности и принцип действия этих устройств.

3.6.1. ПЛОСКОПАНЕЛЬНЫЕ 3D-МОНИТОРЫ НА ОСНОВЕ ЖК-ЭКРАНОВ

Как уже отмечалось, ЖК-экраны, в отличие от ЭЛТ, пропускают поляризованный свет. Это облегчает разделение элементов стереопары. Примером достаточно простого устройства, основанного на этом свойстве, служит 3D-экран PC типа Notebook Cyberbook фирмы Vrex (рис. 3.47).



Рис. 3.47. 3D-ноутбук Cyberbook фирмы Vrex

Принцип его работы весьма прост: ЖК-ячейки нечетных строк экрана пропускают свет с одной поляризацией, например горизонтальной, а ячейки четных строк — с вертикальной. Нечетные строки раstra используются для отображения левой части стереопары, а четные — правой. Используется стереокадр формата Alternate Line с построчной разверткой. Достаточно надеть пассивные поляризационные очки — и стереоэффект обеспечен. При этом не возникает ни мерцания, ни характерных для ЭЛТ темных линий на экране, ни проблем совместимости. Единственный недостаток этого метода — фактическое разрешение по вертикали будет вдвое меньше номинального.

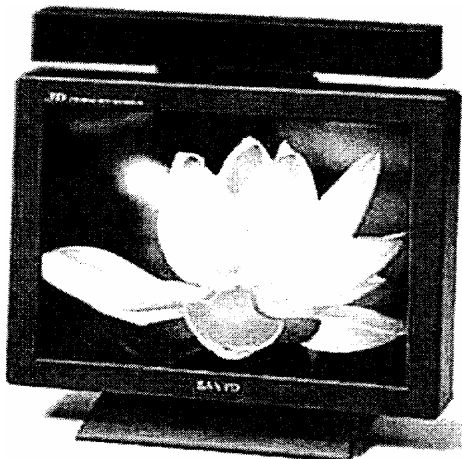


Рис. 3.48. Плоскопанельный 3D-монитор фирмы Sony

Другим примером плоскпанельного 3D-экрана является 15-дюймовый ЖК-монитор фирмы Sony (рис. 3.48), для работы с которым вообще не требуется никаких очков.

Принцип действия этого монитора основан на использовании двух разработок фирмы Sony: так называемого *двойного расщепителя изображения (Double Image Splitter)* и специальной *фотодиодной системы слежения* за положением головы пользователя.

Первое устройство состоит из двух специальных прозрачных пластин (расщепителей изображения), между которыми размещен ЖК-экран (рис. 3.49). Благодаря этому изображение на ЖК-экране может быть видно только под определенным углом. На экране одновременно отображаются оба элемента стереопары, причем пластины преломляют свет таким образом, что каждый глаз видит только свой элемент стереопары.

Как известно, стереоэффект зависит от угла зрения. Поэтому, чтобы не заставлять пользователя неподвижно сидеть перед экраном монитора, используется специальная система слежения за положением головы, в которой в качестве датчиков используется линейка фотодиодов, расположенная над основным экраном (см. рис. 3.48). Этой системой формируется электрический сигнал под действием которого изменяется коэффициент преломления панелей, обеспечивая устойчивый стереоэффект.

Оптимальное расстояние до экрана около 60 см, максимальное разрешение — 1024×768.

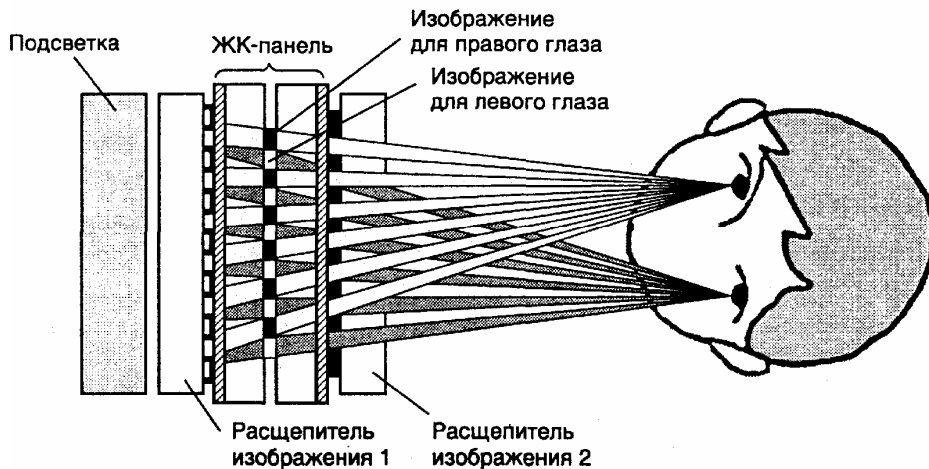


Рис. 3.49. Схема двойного расщепителя изображения в 3D-мониторе фирмы Sony

3.6.2. ЭЛТ-МОНИТОРЫ С ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ 3D-ФИЛЬТРОМ

Трехмерное изображение можно сформировать и с помощью обычного монитора на основе ЭЛТ, оборудованного специальным внешним электронно-управляемым поляризационным фильтром, например Monitor ZScreen 2000i производства фирмы StereoGraphics (рис. 3.50). Этот фильтр используется вместе с пассивными поляризационными очками.

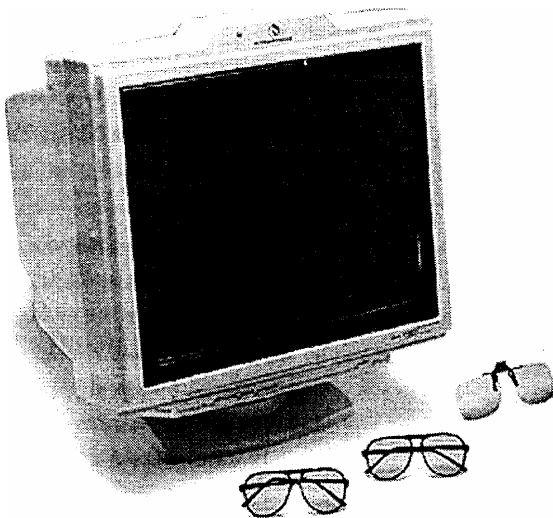


Рис. 3.50. Монитор, оснащенный поляризационным фильтром Monitor ZScreen 2000i производства фирмы StereoGraphics, и пассивные поляризационные очки

Управление фильтром осуществляется сигналами специального контроллера (в модели 2000i он встроен в верхнюю перекладину каркаса фильтра), подключаемого к выходу видеоадаптера, подобно контроллеру 3D-очков. Однако, в отличие от активных очков, у фильтра изменяется не прозрачность, а направление

поляризации, которое он сообщает проходящей через него световой волне. Для того чтобы качество стереоэффекта не зависело от наклона головы пользователя, используется не линейная, а круговая поляризация световой волны, при которой вектор напряженности электрического поля вращается либо по часовой, либо против часовой стрелки. Контроллер управляет фильтром таким образом, что нечетные кадры оказываются поляризованными в одном направлении, а четные — в другом. В свою очередь, одно стекло пассивных очков пропускает свет с круговой поляризацией по часовой, а другое — против часовой стрелки. В результате каждый глаз видит только свою часть стереопары.

Таким образом, в фильтре Monitor ZScreen 2000i реализован такой же, как и в активных 3D-очках, затворный метод разделения элементов стереопары. Поэтому ему свойственны все характерные недостатки данного метода: ограничение на частоту кадров, ореолы (ghosts) на контурах объектов, приводящие к взаимным искажениям (cross talks) и т. п.

Фильтр отличается сравнительно низкой прозрачностью (около 32%), что значительно снижает яркость изображения. Хотя достоинством данного устройства, по сравнению с активными 3D-очками, и является возможность использования легких и удобных пассивных очков, а при желании — несколькими пользователями одновременно (в комплект поставки входят три пары очков, см. рис. 3.50), слишком высокая цена (около 2000 USD) сводит это преимущество на нет, тем более что современные модели активных 3D-очков практически так же легки и компактны, как и пассивные очки. Таким образом, фильтр Monitor ZScreen 2000i вряд ли можно считать разумной альтернативой активным 3D-очкам.

Помимо фирмы StereoGraphics, аналогичную технологию использует фирма Nuvision. Она выпускает внешние 3D-фильтры Nuvision 17 SX/21 SX (для 17- и 21-дюймовых мониторов соответственно), а также 21-дюймовый монитор Nuvision 21 MX со встроенным поляризационным 3D-фильтром.

3.7. 3D-проекторы

Все рассмотренные выше устройства формирования стереоскопических изображений предназначены для индивидуального использования и не обеспечивают коллективного просмотра объемных изображений. Для решения этой задачи предназначены *3D-проекторы* (рис. 3.51). Принцип их действия такой же, как и мультимедийных проекторов, однако имеется и ряд важных отличий:

- более сложная конструкция оптической системы;
- оснащение специальными поляризационными фильтрами (встроенными или внешними), при помощи которых производится селекция элементов стереопары.

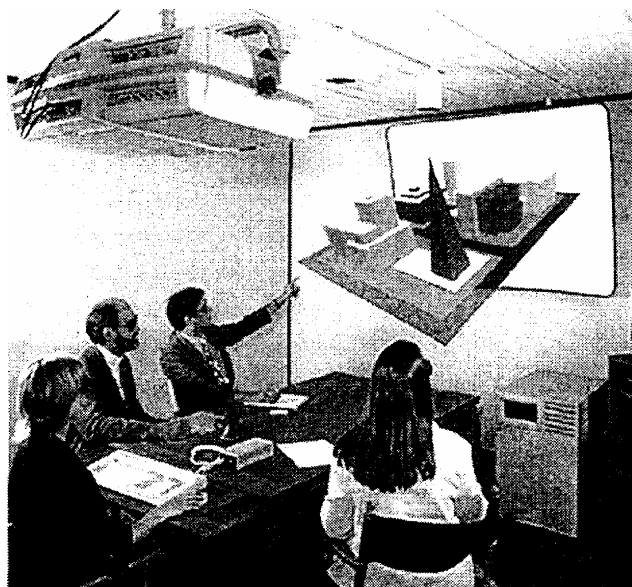


Рис. 3.51. 3D-проектор

3.7.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ 3D-ПРОЕКТОРОВ

При использовании последовательного метода показа элементов стереопары частота кадров проектора должна быть в 2 раза выше стандартной. Для обычных мультимедийных проекторов на основе ЖК-матриц это требование зачастую невыполнимо из-за значительной инерционности молекул ЖК-вещества. Поэтому в качестве источника изображения в 3D-проекторах используется менее инерционное устройство — ЭЛТ, экран которой покрыт особым люминофором, характеризующимся, с одной стороны, повышенной яркостью свечения, а с другой — очень малым временем послесвечения. В частности, такими свойствами обладают ЭЛТ на основе «быстрого» фосфора P43.

Более высокая яркость изображения, формируемого 3D-проектором на проекционном экране, обеспечивается тем, что вместо одной цветной ЭЛТ используются три монохромных — для каждого из

основных цветов (R, G, B). На каждой ЭЛТ закреплен индивидуальный объектив. Примером такого устройства может служить проектор BARCOGRAPHICS 1209s фирмы BARCO (рис. 3.52).

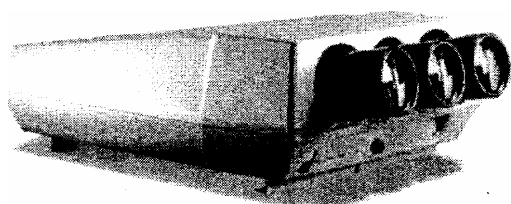


Рис. 3.52. Проектор BARCOGRAPHICS 1209s фирмы BARCO, используемый для показа стереоскопических изображений

Этот проектор оснащен сложной электронной системой IRIS (*Intelligent Registration Interface System* — интеллектуальная интерфейсная система регистрации), которая автоматически определяет расстояние от проектора до экрана и на основе этих данных с высокой точностью совмещает три монохромных изображения, проецируемые тремя объективами, причем также автоматически компенсирует и геометрические искажения раstra. Цифровое управление изображением возможно, благодаря наличию в ЭЛТ электромагнитной системы фокусировки, позволяющей динамически изменять астигматизм луча. ЭЛТ и объектив представляют собой единый конструктивный узел (рис. 3.53).

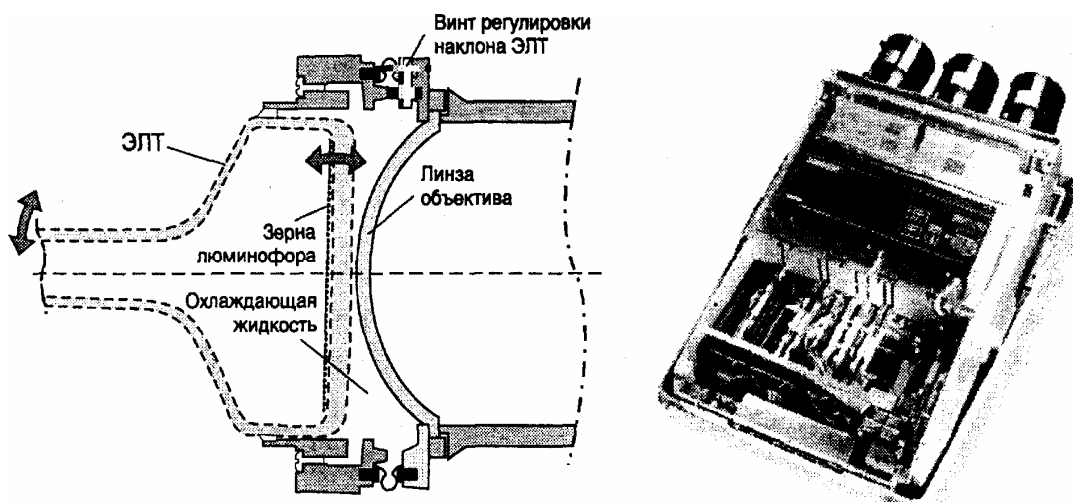


Рис. 3.53. Конструкция ЭЛТ проектора BARCOGRAPHICS 1209s

Яркость свечения люминофора очень высока, поэтому для предотвращения перегрева экран ЭЛТ охлаждают специальной жидкостью, находящейся между экраном ЭЛТ и линзой объектива. Помимо электронной, возможна и ручная юстировка объективов при помощи специальных регулировочных винтов.

Использование в данном проекторе ЭЛТ вместо традиционных ЖК-матриц позволяет получить высококачественное изображение, характеризующееся высокой равномерностью яркости, четкостью и контрастностью (не менее 1000:1).

Проектор может отображать видеосигнал от различных источников: от бытовой видеозаписывающей аппаратуры формата VHS до профессиональных графических станций, работающих с разрешением 2500×2000. Столь широкий диапазон разрешений обеспечивается за счет использования специальных электронных конверторов, выполняющих масштабирование видеосигнала: при низких разрешениях, характерных для формата VHS, выполняется дублирование строк изображения, а при очень высоких, например 2500×2000, — прореживание строк по горизонтали и вертикали. Очевидно, что реальное разрешение изображения на проекционном экране во втором случае будет ниже исходного.

Обеспечить высокое разрешение проецируемого изображения позволяет также отсутствие зернистости люминофора (в монохромных ЭЛТ, которыми оснащен проектор, используется сплошное люминофорное покрытие).

Как уже отмечалось, при последовательном показе элементов стереопары важно обеспечить высокую частоту кадров, поэтому проектор BARCOGRAPHICS 1209s имеет более высокие значения параметров видеотракта и тракта синхронизации:

- полоса пропускания видеотракта — 120 МГц;
- частота строчной развертки — 15—135 кГц;
- частота кадров — 37—200 Гц.

Несложно подсчитать, что при таких значениях параметров можно обеспечить режим 800×600 с

частотой кадров 200 Гц, а 1152×864 — с частотой 120 Гц!

Помимо достоинств, использование ЭЛТ имеет и недостатки. Главным из них является невысокая, по сравнению с традиционными проекторами, яркость изображения: ЭЛТ является менее мощным источником света, чем проекционная лампа. Тем не менее проектор может работать с экраном шириной от 2 до 8,8 м. В зависимости от режима работы проектор обеспечивает следующие значения светового потока:

- 195 лм — экономичный режим;
- 240 лм — нормальный режим;
- 270 лм — режим повышенной яркости.

3.7.2. СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ 3D-ПРОЕКЦИЙ

Высокие разрешение и частота кадров 3D-проектора являются важным, но не единственным условием, необходимым для создания стереоэффекта. Чтобы получить настоящий стереоэффект, необходимо обеспечить еще и раздельное наблюдение элементов стереопары левым и правым глазом. Для решения этой задачи используются один или два проектора и поляризационные очки (активные или пассивные). В зависимости от используемой комбинации этого оборудования различают четыре способа получения стереоскопической проекции:

Активная схема: один проектор на основе ЭЛТ, выполняющий последовательный показ элементов стереопары; у зрителей — беспроводные активные поляризационные очки затворного типа.

Пассивная схема 1: один проектор на основе ЭЛТ с внешним электронно-управляемым поляризационным затвором, выполняющим последовательный показ элементов стереопары с различной поляризацией; у зрителей — обычные пассивные поляризационные очки (как в стереокино).

Пассивная схема 2: два проектора на основе ЭЛТ, выполняющие одновременный показ элементов стереопары; каждый проектор оборудован внешним пассивным поляризатором, обеспечивающим различную поляризацию элементов стереопары; у зрителей — пассивные очки.

Пассивная схема 3: два ЖК-проектора, обеспечивающих одновременный показ элементов стереопары; у зрителей — пассивные очки.

3.7.2.1. Активная схема

Стереоскопическое изображение получается точно также, как при использовании активных очков с обычным монитором (формат стереокадра Page Flipping; см. разд. 3.3.1). Поскольку зрителей много и они произвольно расположены относительно проектора, используются только беспроводные очки (рис. 3.54).

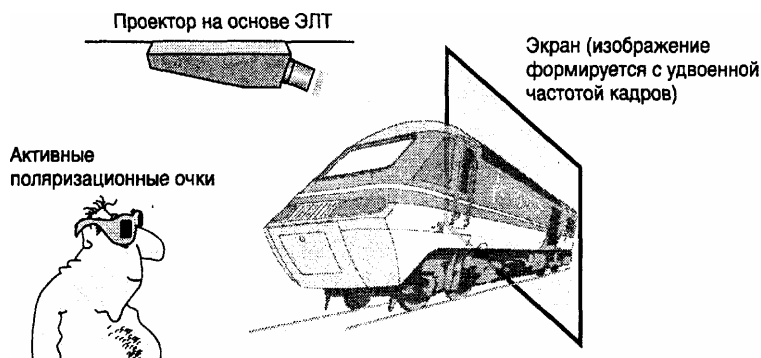


Рис. 3.54. Формирование 3D-проекции по активной схеме

Проектор отображает элементы стереопары последовательно, с частотой не менее 120 кадр/с (именно поэтому используется проектор на основе ЭЛТ). Никакого дополнительного оборудования не требуется, однако обеспечить всех зрителей дорогостоящими активными поляризационными очками может оказаться накладно. При наличии в помещении посторонних источников ИК-излучения возможно появление помех на изображении и срыв синхронизации.

3.7.2.2. Пассивная схема 1

В этом случае режим работы такой же, как в активной схеме, но поверх объектива проектора устанавливается специальная поляризационная насадка, которая от кадра к кадру изменяет поляризацию света (рис. 3.55). В качестве такой насадки может использоваться, например, экран Projection Zscreen фирмы StereoGraphics.

Свет на выходе объективов проектора является неполяризованным. Поляризационный экран выполняет роль фильтра, изменяющего свою поляризацию с вертикальной на горизонтальную. В результате нечетные кадры изображения (соответствующие левым элементам стереопары) приобретают вертикальную поляризацию, а четные (соответствующие правым элементам стереопары) — горизонтальную. Достаточно надеть пассивные поляризационные очки, наподобие тех, которые используются в стереокино, и на проекционном

экране можно увидеть стереоскопическое изображение.

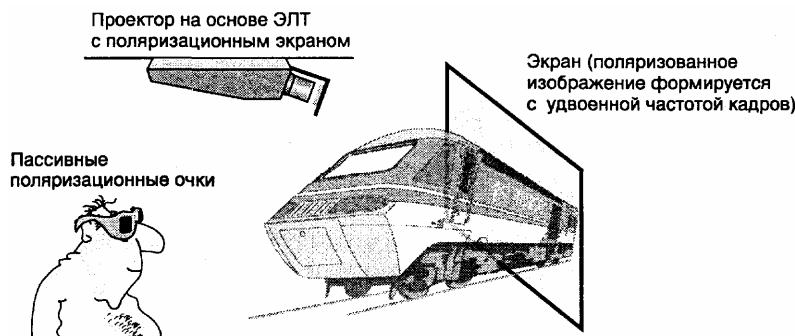


Рис. 3.55. Формирование 3D-проекции по пассивной схеме 1

3.7.2.3. Пассивная схема 2

В данной схеме используется не один, а два проектора, обеспечивающих одновременный показ изображений стереопары. Благодаря этому оба проектора могут работать с обычной частотой кадров — порядка 70 Гц. На каждый из проекторов устанавливается поляризационный фильтр (рис. 3.56), обеспечивающий постоянную, горизонтальную или вертикальную поляризацию света.

Как и в пассивной схеме 1, у зрителей — пассивные поляризационные очки. Пассивная схема 2 больше других похожа на способ формирования изображения, применяемый в стереоскопическом кино, где каждый проектор формирует изображение только своей части стереопары. Преимуществом такой схемы является более высокая яркость изображения (за счет использования двух проекторов), а также невысокие требования к частоте кадров. Для реализации этой схемы необходимо сформировать для каждого проектора отдельный видеосигнал и добиться тщательного совмещения изображений от обоих проекторов на проекционном экране.

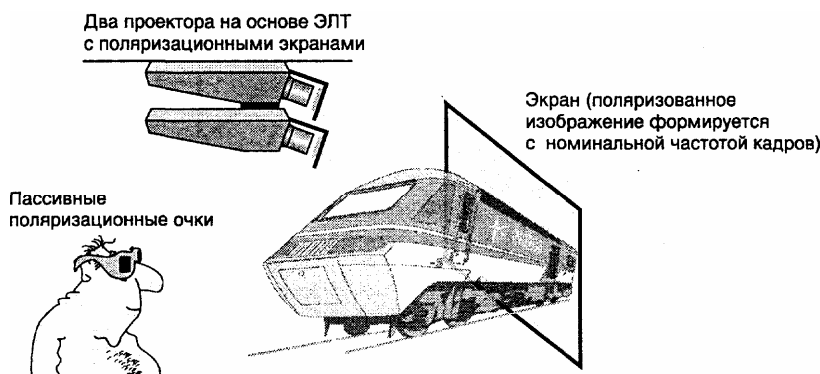


Рис. 3.56. Формирование 3D-проекции по пассивной схеме 2

Операция совмещения растров, формируемых двумя проекторами, напоминает процесс статического сведения лучей кинескопа телевизора. Совмещение растров 3D-проектора осуществляется по монохромному изображению, обычно зеленому, поскольку этот цвет имеет наибольшую яркость. Эта функция называется *convergence on green* — совмещение по зеленому. Система фокусировки и коррекции изображения 3D-проектора позволяет включить только одну зеленую ЭЛТ и выполнить тщательное совмещение растров.

3.7.2.4. Пассивная схема 3

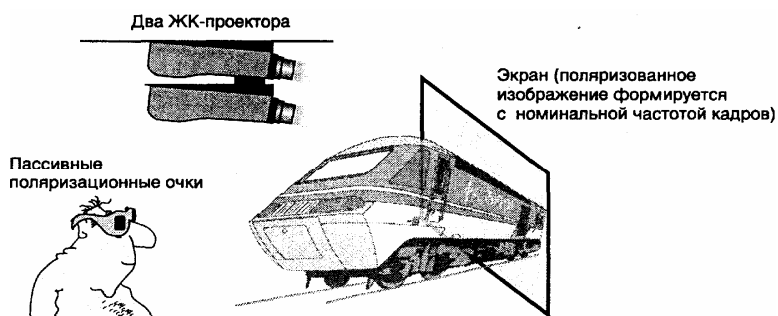


Рис. 3.57. Формирование 3D-проекции по пассивной схеме 3

В данном случае используются два традиционных ЖК-проектора и обеспечивается одновременный показ изображений стереопары. Благодаря тому, что формируемый ими световой поток имеет линейную поляризацию (это обусловлено принципом действия ЖК-ячейки, см. разд. 2.2.1 и 2.5), нет необходимости использовать дополнительные внешние поляризаторы — достаточно двух ЖК-проекторов с различной поляризацией светового потока (рис. 3.57).

Во всем остальном пассивная схема 3 полностью совпадает с рассмотренной выше пассивной схемой 2.

В данном разделе использованы материалы из [1].

Контрольные вопросы

1. Какие устройства можно отнести к категории 3D-мониторов?
2. Как работает 3D-экран PC типа Notebook Cyberbook фирмы VRex?
3. На чем основан принцип действия 15-дюймового плоскостельного 3D-монитора фирмы Sony?
4. Как работает монитор, оснащенный поляризационным фильтром Monitor ZScreen 2000i производства фирмы StereoGraphics?
5. Чем линейная поляризация световой волны отличается от круговой?
6. Для чего предназначены *3D-проекторы*?
7. В чем отличие мультимедийных от 3D-проекторов?
8. Какие ЭЛТ и почему используются в 3D-проекторах?
9. За счет чего 3D-проектором формируется более высокая яркость изображения?
10. Охарактеризуйте 3D-проектор BARCOGRAPHICS 1209s фирмы BARCO.
11. Как работает система IRIS?
12. За счет чего обеспечивается широкий диапазон разрешений 3D-проектора BARCOGRAPHICS 1209s?
13. Каковы значения параметров видеотракта и тракта синхронизации 3D-проектора BARCOGRAPHICS 1209s?
14. Какие способы получения стереоскопической проекции используются в 3D-проекторах?
15. Охарактеризуйте *активную схему* получения стереоскопической проекции.
16. Охарактеризуйте *пассивную схему 1* получения стереоскопической проекции.
17. Охарактеризуйте *пассивную схему 2* получения стереоскопической проекции.
18. Охарактеризуйте *пассивную схему 3* получения стереоскопической проекции.

Приложение 1

Список WWW-адресов производителей мониторов

ADI	http://www.adieurope.com http://adi.spb.ru http://www.adiusa.com
AOC	http://www.aoclt.com
Belinea	http://www.maxdata.de
Belinea in English	http://www.belinea.com
Bridge	http://www.bridge.com.tw
CTX	http://www.ctx.com.tw http://www.ctxintl.com http://www.ctxeuropa.com
Daytek Electronics Corporation	http://www.daytek.ca
A Daewoo Company	http://www.daewoo.com
Digiview Monitors	http://www.digiview.com
Eizo	http://www.eizo.com http://www.eizo.ru
Hitachi	http://www.hitachidisplays.com/products/index.htm http://www.hitachi-bsd.ru
Hyundai America	http://www.he.com
Iiyama	http://www.iiyama.com http://www.iiyama.ru
KFC	http://www.kfc.com.tw
Likom	http://www.likom.com.my
LG	http://www.lgeus.com http://www.lge.co.kr http://www.lg.ru
MAG InnoVision	http://www.maginnovision.com
Magnavox	http://www.magnafox.com
Mitsubishi Electronics America, Inc.	http://www.mitsubishi-display.com http://www.mitsubishi-display.ru
Nanao-Eizo	http://www.eizo.co.jp/welcome
NEC	http://www.nec.com
Nokia	http://www.nokia.com
Philips	http://www.pestuff.philips.com
Proview	http://proviewintl.com
Optiquest	http://www.optiquest.com
Princeton Graphics	http://www.prgr.com
Radius	http://www.Radius.corn
Sony Computing	http://www.ita.sel.sony.com http://www.sony-cp.com http://www.sony.ru
SAMPO TECHNOLOGY CORP.	http://www.sampotech.com
Samsung Electronics America, Inc.	http://www.sosimple.com http://www.Samsung.ru
Scott Russia	http://www.scott.ru
Shamrock	http://www.shamrockusa.com
Smile Russia	http://www.smile.ru
ACTEBIS Deutschland- мониторы Targa	http://www.actebis.de
Targa	http://www.targa.de
Tatung	http://www.tatung.com http://www.tatung.com.tw http://www.tatungusa.com http://www.tatung.co.uk
ViewSonic Corporation	http://www.viewsonic.com http://www.viewsonic.ru

Приложение 2

Термины и сокращения

Английские

A/D преобразования - преобразования аналог-код.

ACCESS Bus (Accessory Bus) - шина, разработанная фирмой DEC на основе низкоскоростного интерфейса I²C (стр. 222).

Active Addressing - активная адресация. Предельный вариант мультистрочной адресации, когда все строки матричного графического ЖК-дисплея адресуются одновременно (стр. 131).

Active Matrix Addressing - адресацию элементов изображения с использованием матрицы активных ключей или нелинейных элементов (стр. 131).

Advanced Plasma AI (Adaptable brightness Intensification system) - адаптивное повышение яркости плазменной ячейки (стр. 176).

AFLCD - антиферродинамические жидкие кристаллы (стр. 121).

API (Application Program Interface) - интерфейс прикладного программирования: специальный пакет служебных программ, занимающий промежуточное положение между высокоуровневыми прикладными программами и низкоуровневой программой - драйвером акселератора, который имеет собственную систему команд. Использование API избавляет разработчика прикладной программы от необходимости работать с низкоуровневыми командами, облегчая процесс создания программ и делая их более универсальными.

a-Si - аморфный кремний (стр. 111).

Backlight, или backlit - подсветка сзади. Устройства подсветки расположены с тыльной стороны ЖКИ (стр. 105).

BAT (Binary Addressing Technique) - адресация ЖКИ только двумя уровнями напряжений с одновременной выборкой нескольких строк (стр. 130).

Black Matrix или черная решетка - оптический фильтр, который блокирует прохождение света через нерабочие и оптически неуправляемые зоны на рабочей площади ЖК-экрана (электроды адресации, зазоры между пикселями) (стр. 115).

BMD (Boom Mounted Display) - дисплей, закрепленный на штанге (стр. 243).

BPI (Back Plane) - наименование строчных выходов драйверов ЖКИ (стр. 124).

Cable driver - драйвер шины (стр. 156).

Cable Equalizer - приемник кабельного сигнала (стр. 156).

CCFL (Cool Cathode Luminescent Lamp) - люминесцентные лампы с холодным катодом. Это двухэлектродная конструкция, представляющая собой стеклянную колбу, наполненную парами ртути при определенном давлении. Электрический разряд в парах ртути сопровождается излучением в ультрафиолетовой области (длина волны около 257 нм). Коэффициент преобразования электрической мощности в ультрафиолетовое излучение для люминесцентных ламп, работающих на переменном токе, составляет до 60 %. На стенках цилиндрической колбы нанесено люминофорное покрытие, которое преобразует ультрафиолетовое излучение в излучение видимого спектра (стр. 144).

CD (Column Driver) - драйвер колонок ЖКИ (стр. 134).

CG-Silicon (Continuous Grain Silicon, - кремний с непрерывной зернистой структурой) - технология, которая обеспечивает подвижность носителей в три раза быстрее, чем обычные структуры на поликристаллическом кремнии (стр. 139).

Charge pump - емкостные преобразователи напряжения (стр. 112).

ChromaClear - чистый цвет. ЭЛТ фирмы NEC с апертурной решеткой (стр. 89).

CLEAR (high Contrast & Low Energy Address & Reduction of false contour sequence) - высококонтрастная система адресации и подавления ложных контуров с низким потреблением энергии (стр. 177).

CMADS™ (Current Mode Advanced Differential Signaling) - название высокоскоростной малошумящей внутренней шины для интерфейса «приемник LVDS — столбцовые драйверы ЖКЭ», разработанной фирмой NEC Corporation (стр. 157).

COB (Chip On Board) - технология монтаж драйверов, пассивных компонентов и вспомогательных схем при которой кристалл монтируется на печатной плате модуля микросхемы. Монтаж ведется разваркой микропроводкой Al или Au. Кристалл вместе с зоной проводного монтажа заливается компаундом. Технология широко используется в калькуляторах, в стандартных модулях символьных и графических ЖКЭ небольшого формата, а также в электронных играх, наручных электронных часах и т. д. (стр. 134).

Coder /Decoder - шифратор и дешифратор параллельного кода (стр. 156).

COF (Chip on Flex) - технология монтаж драйверов, пассивных компонентов и вспомогательных схем на тонкопленочном носителе (фольгированной гибкой пленке) вместо печатной платы (стр. 133).

COG (Chip On Glass) - технология монтаж драйверов, пассивных компонентов и вспомогательных схем при которой в качестве подложки-носителя для всех БИС использовалась выступающая часть нижней стеклянной подложки ЖКИ (стр. 133).

Convergence on green - совмещение по зеленому (стр. 282).

CRT (Cathode Ray Tube - лампа с катодными лучами) - ЭЛТ (стр. 13).

DDC (Display Data Channel) - канал данных монитора (стр. 220).

DDC 1 - односторонняя передача данных от монитора к видеоадаптеру.

DDC 2 - двусторонний обмен данными между монитором и видеоадаптером.

DDWG (Digital Display Working Group) - организация для стандартизации электрических и физических параметров дисплейных цифровых интерфейсов, в том числе и разъемов (стр. 168).

DFP (Digital Flat Panel) - стандарт простого цифрового интерфейса между персональным компьютером и внешним плоскостным монитором. Первоначально разработан фирмой Compaq и позднее утвержден VESA (стр. 163).

DMD (Digital Micromirror Device) - цифровой микрозеркальный прибор (стр. 234).

Dot Clock - тактовая частота, на которой работает RAMDAC видеоадаптера (стр. 92).

Dot pitch - расстояние между соседними зернами люминофора одинакового цвета.

Dot pitch - шаг точки, или расстояние между точками (зернами люминофора) (стр. 88).

Double STN - STN дисплей с двумя слоями ЖК-вещества. Один слой - рабочий, другой - компенсирует интерференционный окрас фона экрана (стр. 105).

DPMS (Display Power Management Signaling) - стандарт на систему управления энергопотреблением монитора (стр. 218).

EDID (Extended Display IDentification) - блок параметров расширенной идентификации: информационный пакет, передаваемый монитором видеоадаптеру (стр. 221).

EDP CRT (Enhanced Dot Pitch CRT) - ЭЛТ с улучшенным зерном, или ЭЛТ с улучшенным разрешением (стр. 89).

EDP CRT (Enhanced Dot Pitch CRT) - ЭЛТ с улучшенным зерном, или ЭЛТ с улучшенным разрешением.

EEPROM - электрически перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство.

EMI (Electro Magnetic Interference) - электромагнитное излучение (стр. 158).

EPA (US Environmental Protection Agency) - американское агентство по охране окружающей среды (стр. 217).

EVC (Enhanced Video Connector) - стандарт VESA для поддержки цифровых и аналоговых видео-интерфейсов. (стр. 161).

FBT (Fly Back Transformer) - строчный трансформатор, в котором получение высокого напряжения происходит за счет выпрямления импульсов обратного хода. (см. ТДКС) (стр. 71).

FED (field-emission displays) - дисплеи на полевой (электростатической, автоэлектронной) эмиссии (стр. 192).

FLCD - ферродинамические жидкие кристаллы (стр. 121).

FPDI-1 - стандарт VESA определяющий электрические параметры интерфейса, тип и цоколевку соединителей для пассивных матричных черно-белых дисплеев (стр. 163).

FPDI-1B - стандарт VESA определяющий электрические параметры интерфейса, тип и цоколевку соединителей для пассивных матричных цветных ЖК-дисплеев (стр. 163).

FPDI-2 - Стандарт VESA, определяющий электрические параметры интерфейса, тип и цоколевку разъема для плоских дисплеев с разрешением XGA и выше. В качестве базового соединителя выбран 20-контактный разъем фирмы AMP с шагом 1,25 мм.

FRC (Frame Rate Control) - метод формирования полутонового изображения в ЖКИ, основанный на временной модуляции каждого пиксела по кадрам (Frame Modulation) (стр. 113).

FSTN (Film compensated STN) - STN дисплеи с черно-белым контрастом, использующие компенсационные фильтры-корректоры на основе специальных полимерных пленок (стр. 105).

GVIF™ (Gigabit Video InterFace) - стандарт цифрового дисплейного интерфейса, разработанного фирмой Sony.

HHD (Hand Held Display) - дисплей, удерживаемый в руках (стр. 244).

HI-FAS (High Frequency Amplitude Selection) - способ формирования уровней напряжений для строчных и столбцовых драйверов графических ЖКД, применяемый фирмой Hitachi Semiconductor (стр. 128).

HMD (Head Mounted Display) - дисплей, закрепленный на голове (стр. 244)

I²C (Inter Integrated Circuit) - интерфейс, разработанного фирмой Philips для организации двунаправленного обмена данными между различными устройствами бытовой радиоаппаратуры.

ILA (Image Light Amplifier) - усилитель света от изображения (стр. 232)

In²O³ - оксид индия (ITO — Indium Tin Oxide); используется для нанесения прозрачных пленок электродов адресации в ЖКИ (стр. 103).

InGaN/YAG светодиод - светодиод белого свечения (стр. 140).

Interlaced Mode - чересстрочная развертка (стр. 18).

IPS-mode (in-plane-switching) - адресации в плоскости. При такой адресации управляющее электрическое поле направлено не поперек, а параллельно подложке, на которой размещены активные элементы ЖКИ (стр. 119).

IRIS (Intelligent Registration Interface System) - интеллектуальная интерфейсная система регистрации (стр. 280).

ISO (International Standard Organization) - международная организация стандартизации (стр. 215).

ITO (Indium Tin Oxide) - оксид индия (см. In²O³) (стр. 103).

LCD (Liquid Crystal Display) — дисплей на жидких кристаллах (стр. 83).

LCOS (LC-on-Si) (Liquid-Crystal-on-Silicon) - "ЖК-на кремнии" (стр. 120, 121).

LDI (LVDS Display Interface) - интерфейс LVDS фирмы National Semiconductor с удвоенным числом пар линий, используемых для передачи данных (8 пар проводников) (стр. 155).

LEP (Light Emission Plastics) - светоизлучающий пластик (стр.180).

LGP (light-guide plate) - светорассеивающий экран (стр. 148).

Light pipe - световые трубки (стр. 189).

LIMESCO (Line Memory Scan Converter) - преобразователь раstra с запоминанием строк (стр. 237).

Low radiation monitor - монитор с низким уровнем вредных излучений (стр. 216).

LTPS (Low-temperature p-Si) TFT - активно-матричные панели, изготовленные с применением низкотемпературного поликристаллического кремния в NFT элементах (стр. 119).

LVDS (TIA/EIA-644) (Low Voltage Differential Signaling) - дифференциальный интерфейс для скоростной передачи данных (стр. 154).

MCM (Multi-Chip. Mounting) - альтернативное название технологии монтажа COF (стр. 133).

MH (Metal-Haloid) - стандартные металлогалогенные или металлогалоидные лампы (стр. 236).

MIM (metal-insulator-metal) - металл-изолятор-металл (МИМ). МИМ структуры используются в диодных активных матрицах (АМ) (стр. 120).

Mini LVDS — внутренний последовательно-параллельный интерфейс ЖК-дисплея, разработанный фирмой Texas Instruments (стр. 157).

MLA (Multi-Line Addressing) - технология адресации ЖКИ с одновременной выборкой нескольких строк (стр. 131).

MPCD (Minimum Perceptible Color Difference) - минимально различимая разница цветов. Приращение цветовой температуры, при котором человек в состоянии обнаружить изменение оттенка цвета (стр.95).

MPR (Swedish National Board of Measurement and Testing) - шведский национальный совет по измерениям и тестированию (стр. 215).

Naturskyddsfreningen (The Swedish Society for Nature Conservation) - шведское общество охраны природы (стр. 215).

NTSC (National Television System Committee) - североамериканский цветной телевизионный формат. Использует 525 линий разложения изображения, частоту смены полей 60 Гц, полосу пропускания канала 4 МГц, частоту строк 15,75 КГц, длительность кадра 1/30 с, частоту цветовой поднесущей 3,58 МГц. Особенностью телевизионной системы NTSC является то, что оба цветоразностных сигнала передаются

одновременно в каждой строке развертки без расширения полосы частот сигнала цветности в спектре ТВ сигнала. Это достигается применением квадратурной модуляции, при которой результирующий цветовой сигнал модулируется по амплитуде и манипулируется по фазе. Амплитуда сигнала характеризует насыщенность цвета, а фаза - цветовой тон.

NUTEK (*The National Board for Industrial and Technical Development in Sweden*) — шведским национальным советом по промышленному и техническому развитию (стр. 216).

OLED (*organic light emission diodes*) - органические светодиоды (стр. 180).

OLEDs (*Organic Light-Emitting Diode displays*) - органических светодиодный монитор (дисплей) (стр. 180).

OSD (*On-Screen Display*) - экранное меню монитора. Аппаратные средства отображения настроек монитора, включая частоту кадров. (стр. 92).

OSM (*On-Screen Menu*) - экранное меню монитора. См. *OSD* (стр. 92).

P&D (*Plug & Display*) - стандарт VESA для поддержки цифровых и аналоговых видеоинтерфейсов (стр. 162).

PAL (*Phase Alternation Line* - система с построчным изменением фазы) - система с одновременной квадратурной модуляцией цветовой поднесущей. Ее основное отличие от NTSC - изменение от строки к строке на 180° фазы цветоразностных сигналов. При приеме ТВ-сигнала системы PAL на выходе модуля цветности TV-тюнера формируются сигналы *Y*, *U* и *V*. Используется в Германии и ряде других стран. Частота строк, кадров и полей такая же, как и в SECAM. Частота поднесущей - 4,436 МГц.

PALC (*Plasma Addressed Liquid Crystal*) - плазменная адресация жидкокристаллических ячеек (стр. 120).

PBS (*Polarised Beam Splitter*) - расщепитель поляризованных лучей (стр. 231).

PCGH (*Phase Change cholesteric-nematic Guest Host*) - В панелях PCGH используются холестерические жидкие кристаллы, молекулы которых образуют упорядоченные, закрученные от слоя к слою спирали. При наложении электрического поля они выстраиваются линиями вдоль него. В жидком кристалле-«хозяине - host» (его называют также растворителем) растворяют вещество, способное в различной степени поглощать свет в зависимости от направления его падения (растворимое вещество - guest) (стр. 121).

PCO (*Polarization Converter Optic*) - оптика с преобразованием поляризации (стр. 231).

PDA (*Personal Digital Assistant*) - персональный электронный ассистент, электронный секретарь. Тип портативного компьютера с поддержкой ввода рукописного текста (перьевой ввод) и встроенной системой распознавания рукописного текста.

PDLC (*Polymer Dispersed Liquid Crystal*) - В панелях PDLC в качестве активного компонента применяется смесь нематических ЖК и полимеров (стр. 121).

PDP (*Plasma Display Panel*) - плазменные дисплейные панели (стр. 173).

PhotonLink™ - оптоволоконный цифровой дисплейный интерфейс фирмы PhotonAge (стр. 156).

Pitch (*Elevation*) - угол возвышения, или угол места, отсчитываемый в вертикальной плоскости ($\pm 90^\circ$) (стр. 252).

Pixel rate - скорость (частота) вывода пикселей на экран (стр. 92).

PLL - ФАПЧ-синтезатор частот (156).

PMMA (*PolyMethylMetaAcrylat*) - полиметилметакрилат (стр. 144).

PSCT (*Polymer Stabilized Cholesteric Textures*) (стр. 121).

PWM (*Pulse Width Modulation*) или **ШИМ** (*Широтно-Импульсная Модуляция*) - метод формирования полутонового изображения в ЖКИ в котором для передачи градаций шкалы серого используется различная ширина импульсов данных за время выборки строки в процессе адресации (стр. 113).

RAMDAC (*Random Access Memory Digital-to-Analog Converter*) - цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) данных, хранимых в ОЗУ. RAMDAC представлял собой быстродействующий трехканальный ЦАП с 256 регистрами, образующими его собственное маленькое ОЗУ — RAM. RAMDAC предназначен для преобразования двоичных чисел, содержащихся в ячейках видеопамяти, в три непрерывных RGB-сигнала, уровень которых пропорционален яркости каждого из трех основных цветов.

RD (*Row Driver*) - драйвер строк ЖКИ (стр. 134)

Reflective mode - оптическая схема для ЖК-дисплеев, работающая на отражение (стр. 114).

Refresh Rate - скорость обновления изображения (частота кадров) (стр. 18).

RESET - сброс, начальная установка.

Row Driver Signals - сигналы управления строчной разверткой (стр. 157).

RSDS (Reduced Swing Differential Signaling) - внутренние дисплейные интерфейсы фирмы National Semiconductor (стр. 158).

SCL (Serial Clock) - линия синхронизации шины *ACCESS Bus* (стр. 222).

SCSI (Small Computer System Interface, произносится «скази») - системный интерфейс малых компьютеров; был стандартизован ANSI в 1986 году (X3.131-1986). Интерфейс предназначен для соединения устройств различных классов: памяти прямого (жесткие диски) и последовательного доступа (стримеры), CD-ROM, оптических дисков однократной и многократной записи, устройств автоматической смены носителей информации, принтеров, сканеров, коммуникационных устройств и процессоров.

SDA (Serial Data) - линия данных шины *ACCESS Bus* (стр. 222).

SECAM (Séquentiel Couleur à Mémoire (фр.) - последовательные цвета и память) - последовательная, цветная, совместимая с черно-белой телевизионная система. Используется в России, Франции и ряде других стран. Ее отличительной особенностью является поочередная передача через строку двух цветоразностных сигналов при непрерывной передаче сигнала яркости. Частота смены полей - 50 Гц, частота кадров - 25 Гц. Частота строк 15625 Гц, частота поднесущей: для строк В - 4,425 МГц; для строк R - 4,40625 МГц (стр. 248).

SEMKO AB — организацией, являющейся мировым лидером в области сертификации электротехнических изделий по электробезопасности (стр. 216).

Serial to Parallel Converter - преобразователь последовательного кода в параллельный (стр. 156)

Shutterglasses - стерео очки затворного типа (стр. 265).

Sidelight, или sidelit - подсветка по бокам. Устройства подсветки расположены с торцов ЖКИ (стр. 105).

SMD-светодиоды - светодиоды для поверхностного монтажа (стр.188).

Split Transformer - строчный трансформатор, у которого высоковольтные выпрямительные диоды включены в разрыв между секциями вторичной обмотки (см ТДКС) (стр. 71).

SPWG (Standard Panel Working Group) - организация, основанная в 1999 году ведущими производителями компьютерного оборудования Compaq, Dell, Hewlett-Packard, IBM и Toshiba для координации разработки механических и интерфейсных стандартов для рынка ноутбуков.(стр. 168).

SR (Stereo Ready) - готовые для работы со стереоскопическими устройствами (стр. 270).

SSDI (StereoScopic Device Interface) - интерфейс стереоскопических приборов (стр. 271).

STN (Super Twisted Nematic) - ЖК -ячейка с закруткой спирали молекул нематического материала от 180° до 270°. Обладает резко увеличенной крутизной вольт-контрастной характеристики (супертвист эффект) по сравнению с обычной *твист-ячейкой* (стр. 105).

Sync Doubling — дублирование синхроимпульсов (стр. 247).

Synthetic Interleave - искусственное чередование строк (стр. 248).

TAB (Tape Automatic Bonding) - технология монтаж драйверов, пассивных компонентов и вспомогательных схем при которой кристалл монтируется на трехслойной полиимидной подложке-ленте. Процесс, как можно заметить из названия, обеспечивает полную автоматизацию монтажа (стр. 133).

TCO (The Swedish Confederation of Professional Employees) — шведская конфедерация профессиональных служащих, объединяющая 1,3 млн наемных работников (стр. 215).

TCON (Timing Controller) - дисплейный контроллер: схема управления синхронизацией, приема и распределения данных по столбцовым драйверам ЖКИ (стр. 111).

TCON (Timing CONTroller) - контроллер, который обеспечивает прием, распаковку и перераспределение данных по микросхемам драйверов столбцов ЖКИ (стр.139).

TFT (Thin Film Transistor) - транзисторные тонкопленочные структуры на поликристаллическом или аморфном кремнии в области канала (стр. 111).

Tilt (Roll) - угол крена (наклона), отсчитываемый в плоскости, перпендикулярной линии визирования ($\pm 180^\circ$) (стр. 252).

TMA (Thin Micromirror Array) - тонкое микрозеркальное устройство (стр. 234).

TMDS (for Transmission Minimized Differential Signaling) - цифровой дисплейный интерфейс фирмы Silicon Image Inc. Торговая марка PanelLink™ (стр. 155).

Transflective mode - оптическая схема для ЖК-дисплеев, работающая на полупропускание (пропускание и отражение) (стр. 114).

Transmission mode - оптическая схема для ЖК-дисплеев, работающая на просвет (стр. 114).

TTL (Transistor-Transistor Logic) - транзисторно-транзисторная логика (стр. 21).

TV-тюнеры - устройства приема телевизионных сигналов (стр. 9).

Twisted Nematic — твистированная нематическая ЖК-ячейка (см. *Твист-ячейка*) (стр. 103).

UHP (Ultra High Performance) - новые миниатюрные металлогалогенные лампы сверхвысокой производительности (стр. 236).

USB (Universal Serial Bus) - универсальная последовательная шина; является промышленным стандартом расширения архитектуры PC, ориентированным на интеграцию с телефонией и устройствами бытовой электроники.

USB (Universal Serial Bus) - универсальная последовательная шина (171).

VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) - линейка лазерных светодиодов (стр. 156).

VESA (Video Electronics Standards Association) - ассоциация по стандартизации в области видеоэлектроники (стр. 161).

VFD (Vacuum Fluorescent Displays) - вакуумно-люминесцентные дисплеи (стр. 192).

VHS (Video Home System) - система домашнего видео.

VOS (Virtual Orientation System) - системы виртуальной ориентации (*CBO*) (стр. 251).

WisperBus™ - малошумящая скоростная шина внутреннего дисплейного интерфейса фирмы National Semiconductor (стр. 159).

YAG - слой люминофорного покрытия (140).

Yaw (Azimuth) - угол рыскания, или азимут, отсчитываемый в горизонтальной плоскости (0—360°) (стр. 251).

Русские

Абсолютно черное тело — идеальный излучатель света (стр. 94).

Активная адресация - временное мультиплексирование строк матричного экрана с использованием каких-либо нелинейных ключевых элементов в узлах матрицы (стр. 110).

АМ (активная матрица) - матрица нелинейных элементов, реализующая активную адресацию ЖК-ячеек (стр. 118).

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) - зависимость коэффициента передачи устройства от частоты сигнала (стр. 20).

Аналоговые мониторы - мониторы, управление которыми осуществляется непрерывным видеосигналом (стр. 21).

Анизотропные оптические вещества - вещества, у которых оптические свойства по разным направлениям отличаются (в противоположность веществам изотропным, свойства которых по всем направлениям одинаковы; пример — стекло) (стр. 101).

Анод (второй анод) цветной ЭЛТ - цветоделительная маска, люминофорное покрытие и внутреннее графитовое покрытие колбы ЭЛТ соединены между собой (стр. 13).

Апекс - отношение сторон видео экранов (стр. 118).

Апертура - отношение полезной площади ЖК-ячейки (модулятора) S_1 ко всей площади пиксела S_0 . Для современных высококонтрастных TFT ЖК-дисплеев значение апертуры для пиксела может составлять от 40 до 85 % (стр. 116).

Апертурная решетка - разновидность цветоделительной маски, представляющая собой совокупность тонких, вертикально натянутых металлических струн (стр. 17).

АЦП - аналого-цифровой преобразователь.

Быстрота различения $1/\tau$ статического объекта за время экспозиции τ - параметр зрения, определяемый соотношением: $1/\tau = a + b \lg L$, где a , b — константы, зависящие от контраста между объектом и фоном, угловых размеров объекта и диапазона яркости; L — яркость объекта, кд/м² (стр. 91).

Вектор ориентирующего действия - характеристика ориентирующего действия подложки на директор жидкокристаллического вещества. Направление вектора ориентирующего действия определяется способом механической обработки поверхности подложки (на внутреннюю поверхность подложки наносятся микроскопические канавки, углубления и другие ориентирующие поверхностные структуры) (стр. 102).

ВЛД - вакуумно-люминесцентные дисплеи (стр. 192).

ВМ (видеомонитор) - устройство используемое для отображения символьной и графической информации, формируемой в электронных устройствах, включая персональный компьютер (стр. 11).

Вольт-контрастная характеристика - зависимость контрастности ЖК-ячейки от приложенного напряжения (стр. 105).

Время реакции (релаксации) - определяется как время от момента включения (выключения) цепи подачи управляющего напряжения индикатора до момента, когда значение контрастности достигает не менее 0,8 (не более 0,2) установившегося значения (стр. 116).

Гамма-коррекция - мероприятия, направленные на устранение влияния нелинейности модуляционной характеристики ЭЛТ на качество изображения (стр. 13).

ГИП - газоразрядные индикаторные панели (см. ПДП).

Главная фокусирующая линза - общий фокусирующий электрод для всех трех пушек цветной ЭЛТ (стр. 13).

Дельта-кинескоп - телевизионная ЭЛТ с теневой маской (стр. 14).

Директор - вектор, характеризующий преимущественную ориентацию молекул ЖК-вещества (стр. 102).

Жидкий кристалл - это вещество, которое, обладая основным свойством жидкости - текучестью, но сохраняет упорядоченность во взаимном расположении молекул и *анизотропию* некоторых свойств, характерную для кристаллов (стр. 102).

ЖКИ - ЖК-индикатор (стр. 103).

ЖКЭ - жидкокристаллический экран (стр. 127).

ЖК-ячейка — это тонкий слой жидкого кристалла (толщиной несколько десятков микрометров), заключенный между двумя стеклами из специального материала, называемыми *подложками*. Благодаря механической обработке (на внутреннюю поверхность подложки наносятся микроскопические канавки), подложки оказывают на молекулы жидкого кристалла ориентирующее действие, характеризующееся *вектором ориентирующего действия*. Прикладывая напряжение к подложкам ячейки, можно изменять ориентацию директора ЖК вещества, и тем самым управлять ее оптическими свойствами (стр. 102).

Закон пространственного смешения основных цветов - определяет цвет триады, воспринимаемой как одна точка (стр. 13).

Закрученная (твистированная) ориентация - так же как и при планарной ориентации, молекулы нематического жидкого кристалла располагаются параллельно подложкам, но *векторы ориентирующего действия* подложек развернуты относительно друг друга. В результате *директор* жидкокристаллического вещества плавно изменяет свою ориентацию (стр. 102).

ИК-фильтры (инфракрасные фильтры) - пластины или пленки, поглощающие инфракрасный спектр излучения источника света (стр. 140)

Инерционность восприятия световых раздражений - возникновение и прекращение фотохимических реакций на сетчатке глаза (после начала и окончания воздействия импульса света) происходит не мгновенно, а с задержкой, характеризующей эту инерционность. Время нарастания зрительного ощущения составляет около 0,1 с, а время сохранения светового возбуждения после окончания действия светового раздражителя — 0,4—1,0 с. Благодаря такому свойству зрения, оказалось возможным производить поэлементную развертку изображения от одной строки к другой и от одного полукадра к другому (при чересстрочном способе формирования изображения), т. е. изображение представляется в виде быстро сменяющейся последовательности строк и кадров (стр. 19).

ИП - источник питания (стр. 37).

ИС - интегральная схема.

Кадр изображения - полный цикл движения электронного луча, в течение которого на экране ЭЛТ оказываются прорисованными все строки изображения (стр. 17).

Кинескоп - ЭЛТ, применяемые в телевизорах (стр. 13).

Коэффициент нелинейных искажений (коэффициент гармоник) - величина, характеризующая относительную долю побочных, мешающих частот (гармоник), искажающих оригинальное звучание фонограммы. Эти частоты образуются при воспроизведении за счет нелинейности амплитудной характеристики встроенного усилителя мощности и динамиков (стр. 97).

КР - узел кадровой развертки (стр. 64)

Критическая частота слияния мельканий (КЧСМ) - минимальная частота, при которой глаз человека перестает замечать смену (мелькание) изображений с переменной яркостью. Именно эта инерционность зрения позволяет воспринимать дискретную смену кадров в кино и телевидении как непрерывное динамическое изображение (стр. 91).

Кросс-эффект (crosstalk) или эффект креста - паразитное влияние группы пиксел с одним оптическим состоянием на оптическое состояние других пиксел. В той или иной мере проявляется во всех матричных ЖК-дисплеях (стр. 116).

Люминофор — вещество, обладающее способностью светиться при бомбардировке его электронами (стр. 12).

Магнитная отклоняющая система - система магнитных катушек, размещенных на горловине колбы ЭЛТ. Управляя силой тока, протекающего через катушки отклоняющей системы, можно изменять индукцию создаваемого ими магнитного поля внутри ЭЛТ и тем самым - силу, действующую в поперечном направлении на пучок электронов. Управляющие сигналы для отклоняющей системы формируются генераторами строчной и кадровой разверток (стр. 13).

Макроблочное кодирование - метод борьбы с паразитной модуляцией в процессе синтеза полутонового изображения по методу *FRC*. Суть метода заключается в том, чтобы в каждом кадре для группы пикселей, образующих ядро (9—16 точек), поддерживать одинаковую плотность включенных и выключенных пикселей! Для этого используется псевдослучайный сигнал, который позволяет равномерно «размазывать» по мультикадру чередование состояний «включено — выключено» для макроблока пикселей ЖКИ (стр. 113).

Максимальное (физическое) разрешение - определяется количеством зерен люминофора на экране ЭЛТ (стр. 19).

Модулятор - электрод в ЭЛТ, используемый для управления интенсивности электронного луча (стр. 12).

Модуляционная характеристика ЭЛТ - зависимость между напряжением модулятор—катод и силой тока электронного луча (яркостью свечения люминофора) (стр. 13).

МОП транзистор - транзистор структуры: металл - диэлектрик - полупроводник.

МП - микропроцессор.

МСП - микроструктурированные поверхности (стр. 186).

Мультикадр - последовательность кадров, во время прохождения которых происходит полный синтез полутонового изображения по методу *FRC*. Например, если мультикадр состоит из 16 кадров, то можно получить 16 различных градаций серой шкалы для ЖКИ (стр. 113).

Мультимедиа (multimedia) - совокупность множества сфер (сред) информационного взаимодействия человека с компьютером. Несколько витиеватое понятие «среда информационного взаимодействия» — не что иное, как материальная среда, воздействующая на органы чувств человека (стр. 9).

Мультимедийный монитор - монитор, параметры которого соответствуют физиологическим характеристикам зрения человека (стр. 84).

Мультичастотные мониторы - мониторы, поддерживающие достаточно широкий диапазон частот строчной и кадровой разверток

МЭМС - микроэлектромеханические системы (стр. 234).

Насыщенность цвета — характеристика цвета, показывающая, насколько наблюдаемый цвет «разбавлен» белым.

Нематические ЖК - жидкие кристаллы, у которых молекулы параллельны друг другу, но смещены вдоль своих продольных осей на произвольные расстояния, т.е. молекулы имеют ориентационный порядок и не имеют позиционного, послойная структура отсутствует («нематический» означает «нитевидный»).

Нормальная (гомеотропная) ориентация - все молекулы в нематическом жидком кристалле ориентированы параллельно друг другу и перпендикулярно (по нормали) обоим подложкам (стр. 102).

Оверхед-проектор (over head projector) - представляет собой обычный проектор, в котором изображение от специального внешнего ЖК-экрана проецируется на экран при помощи наклонного проекционного зеркала (стр. 225).

Ограниченная разрешающая способность по перемещениям - для того чтобы движения казались плавными, каждое изменение положения предметов должно быть передано небольшими «порциями», т.е. различия в картинках должны быть достаточно малыми (как в мультипликации). Движение передается путем покадрового воспроизведения отдельных, мало отличающихся друг от друга фаз движения. Человеческий глаз воспринимает последовательность дискретных картинок как непрерывное динамическое изображение, если частота смены этих картинок не ниже 20—25 Гц. С учетом этой особенности зрения формируются изображения движущихся предметов на экране монитора или телевизора (стр. 19).

Опорный белый цвет - белый цвет с заранее определенными характеристиками (стр. 94).

Оптимальный пиксел - пиксел с угловым размером около 1,5' (стр. 87).

ОС - отклоняющая система (стр. 67).

Острота зрения - величина, обратная разрешающей способности глаза (стр. 87).

Острота зрения - величина, обратная разрешающей способности глаза.

ОУ - операционный усилитель (стр. 129).

Пассивная адресация - временное мультиплексирование строк матричного экрана без использования каких-либо нелинейных ключевых элементов (стр. 110).

ПДЖК (PDLC) - диспергированные в полимере ЖК (стр. 121).

ПДП - плазменные дисплейные панели. В ПДП свет генерируется люминофором при воздействии на него ультрафиолетового излучения, испускаемого инертным газом, обычно гелием или ксеноном, при иницировании в нем электрического разряда. Ионизированный газ называется плазмой, поэтому и дисплейные панели называются плазменными (стр. 173).

Пиксел (Pixel— Picture Element) - минимальный элемент изображения (стр. 19).

Планарная (гомогенная) ориентация - все молекулы в нематическом жидком кристалле ориентированы параллельно друг другу и обоим подложкам (стр. 102).

ПЛИС - программируемые логические интегральные схемы (стр. 124).

Плоские индикаторные панели - жидкокристаллические, плазменные и люминесцентные панели, в которых изображение формируется в плоских структурах (стр. 101).

Плоскопанельный монитор - монитор, выполненный на базе плоских индикаторных панелей (стр. 100).

Поле бинокулярного зрения - область перекрытия полей монокулярного зрения левого и правого глаз (стр. 84).

Поле монокулярного зрения - область пространства, одновременно воспринимаемая неподвижным глазом, зафиксированным в определенной точке (стр. 84).

Полоса пропускания устройства - диапазон частот входного сигнала, в пределах которого коэффициент передачи данного устройства по напряжению составляет не менее 0,707 от максимального (стр. 20).

Поляризованный свет - свет, у которого направления электрического и магнитного полей в пространстве остаются неизменными или изменяются по определенному закону (стр. 101).

Поляроид - структуры, пропускающие свет только с определенным направлением поляризации. В качестве поляроида могут быть использованы пластины и пленки из кристаллических веществ, а также прозрачные кюветы с некоторыми жидкостями, способными либо поляризовать проходящий свет, либо служить анализаторами, т.е. определять, является ли он поляризованным (стр.101).

Поляроиды ЖКИ - оптически анизотропная пленка, пропускающая только ту часть светового потока, вектор поляризации которого совпадает с плоскостью ориентации данной пленки. Свойством анизотропной поляризации обладают пленки полимеров со специальными красителями и с тонкой текстурой заданной механическим натяжением пленки на этапе ее изготовления (стр. 103).

Поточечная инверсия - смена полярности сигналов адресации элементов изображения ЖКИ с частотой строк и поддержкой противоположных полярностей сигналов в соседних по горизонтали и вертикали ячейках. Смена полярности необходима для того, чтобы избежать явлений гидролиза и диссоциации сложных органических соединений, входящих в состав ЖК вещества (стр. 110).

ППД - плоско панельные дисплеи (индикаторы) (стр.9).

ПЭД - дисплеи на полевой (электростатической, автоэлектронной) эмиссии (стр. 192).

Размера экрана монитора - в качестве размера экрана монитора используют длину диагонали его экрана D , выраженную в дюймах (стр. 85).

Размеры поля зрения - границы пространства, в которых человек, зафиксировав глаз на определенной точке, с заданной степенью четкости различает форму и цвета окружающих предметов. Для количественного описания размеров этой области используют угловые единицы. Обычно размеры поля зрения указываются в градусах по вертикали и горизонтали, иногда используется интегральная величина — телесный угол, измеряемый встерадианах (стр. 84).

Разрешающая способность глаза - область пространства, определяемая минимальным углом наблюдения (стр. 87).

Разрешение кадра (изображения) - общее количество пикселей, содержащихся в кадре. Обозначают как произведение разрешений по горизонтали и вертикали, например 640×480 (640 пикселей в строке и 480 строк) (стр. 19).

Разрешение по вертикали - количество пикселей по вертикали (стр. 19).

Разрешение по горизонтали - количество пикселей в строке (стр. 19).

РЛС - регулятор линейности строк (стр. 72).

САПР - система автоматизированного проектирования (стр. 88).

Световые корректирующие фильтры - светораспределители задней подсветки ЖКИ, имеющие подобранное двумерное распределение коэффициента пропускания в соответствии с конструкцией лампы и отражателя (стр. 142).

СВО - системы виртуальной ориентации (стр. 251).

Сенсорная чувствительность — минимальное давление нажатия, при котором происходит замыкание слоев сенсорной резистивной панели.

СИД - светоизлучающие диоды.

Система виртуальной реальности - совокупность аппаратных и программных средств, воздействующих на органы чувств человека таким образом, что у него возникает ощущение реальности синтезированного компьютером виртуального мира (240).

Системы виртуальной реальности - системы, предназначенные для решения основной задачи мультимедиа: создание у человека иллюзии реальности искусственного, виртуального мира. Очевидно, что достичь этой цели можно лишь в том случае, если формировать виртуальные образы с учетом особенностей органов чувств человека, т. е. визуальные, звуковые и тактильные эффекты должны восприниматься человеком как реальные явления (стр. 9).

Смектические ЖК - жидкие кристаллы, у которых молекулы расположены слоями, а их продольные оси параллельны друг другу, т.е. молекулы упорядочены ориентационно и позиционно.

СОИ - система отображения информации (стр. 178).

Спейсеры — это зазорозадающие распорные элементы в форме шариков или цилиндров из твердого материала, толщина от 2 до 40 мкм. Устанавливаются между пластинами подложек ЖКИ (стр. 103).

СП - узел строчной развертки (стр. 68).

Стереобаза - расстояния между левой и правой колонками (98).

СЭЖКД - средства отображения информации на сегнето-или антисегнетоэлектрических ЖК (стр. 121).

ТВВЧ - телевидение высокой четкости (стр. 83).

Твист-ячейка - ЖК-ячейка с твистированной ориентацией нематического ЖК-вещества (см. *Twisted Nematic*) (стр. 103).

ТДКС - трансформатор диодно-каскадный строчный (строчный трансформатор-дрессель) (стр. 31).

Температура цвета - смотри *температура цвета источника света* (стр. 94).

Температура цвета источника света (освещения) - температура, до которой пришлось бы нагреть абсолютно черное тело, чтобы получить от него излучение с такими же характеристиками, как у используемого источника (стр. 95).

Теневая маска - разновидность цветоделительной маски, представляющая собой тонкую пластину с круглыми отверстиями. Каждой триаде зерен люминофора экрана ЭЛТ соответствует свое отверстие в маске (стр. 14).

Термистор - компонент электрической схемы, который в момент включения имеет сопротивление десятки Ом, а после его нагрева сопротивление падает до нескольких Ом (стр. 38).

ТПД - тонкопленочный диод (стр. 118).

ТПТ - тонкопленочный транзистор (стр. 118).

ТПЭЛ - излучатель тонкопленочного электролюминесцентного дисплея (ТПЭЛД), работающего на переменном токе (стр. 179).

ТПЭЛД - тонкопленочный электролюминесцентный дисплей (стр. 179).

УУ - узел управления ВМ (стр. 46).

УФ-фильтры (ультрафиолетовые фильтры) - пластины или пленки, поглощающие ультрафиолетовый спектр излучения источника света (стр. 140)

ФАПЧ - фазово-амплитудное преобразование частоты (156).

Фликкер эффект - мерцание экрана с частотой кадров изображения (стр. 110).

Холестерические ЖК - жидкие кристаллы, у которых молекулы повторяют структуру нематических кристаллов, но со слоистой структурой, причем направление директора слоев может изменяться по спирали, образуя винтовую структуру жидкого кристалла.

Цветовая разрешающая способность глаза - минимальный видимый размер точки, цвет которой человек еще может различить. Определяется размером триады колбочек (стр. 13).

Цветовая температура - смотри *температура цвета источника света* (стр. 94).

Цветовой порог - величина, равная 10 MPCD (стр. 95).

Цветodelительная маска - маска, обеспечивающая попадание каждого из трех электронных лучей на зерна люминофора своего цвета (стр. 14).

Цифровой видеосигнал - может принимать только два значения: высокое (уровень логической единицы) и низкое (уровень логического нуля) (стр. 21).

Черезкадровая инверсия - смена полярности сигналов адресации элементов изображения ЖКИ с частотой кадров. Смена полярности необходима для того, чтобы избежать явлений гидролиза и диссоциации сложных органических соединений, входящих в состав ЖК вещества (стр. 110).

Чересстрочная инверсия - смена полярности сигналов адресации элементов изображения ЖКИ с частотой строк. Смена полярности необходима для того, чтобы избежать явлений гидролиза и диссоциации сложных органических соединений, входящих в состав ЖК вещества (стр. 110).

Чистота цвета - отношение яркости B_λ спектральной составляющей с длиной волны λ . к полной яркости B всего спектра.

Чистотой цвета - объективный измеряемый параметр, количественно характеризующий насыщенность цвета p и равен отношению яркости B_λ спектральной составляющей с длиной волны λ . к полной яркости B всей смеси: $p = B_\lambda / B = B_\lambda / (B_\lambda + B_6)$, где B_6 — яркость белого цвета, входящего в смесь (стр. 94).

ШИМ - широтно-импульсная модуляция (стр. 37).

Щелевая маска - цветodelительная маска, образованная тонкой пластиной с множеством тонких вертикальных щелей (стр. 15).

ЭЛД - электролюминесцентный дисплей (стр. 179).

Электронная пушка - см. "Электронный прожектор" (стр. 12).

Электронный прожектор - совокупность электродов ЭЛТ, формирующих электронный луч (стр. 12).

ЭЛТ (электронно-лучевая трубка) - электронно-вакуумный прибор, предназначенный для преобразования электрического сигнала в изображение (стр. 12).

ЭЛТ с компланарной оптикой - цветные ЭЛТ со щелевой маской (стр. 16).

ЭЛТ типа Trinitron - ЭЛТ с апертурной решеткой (стр. 16).

Эргономика — это наука, изучающая методы улучшения условий работы оператора в рамках системы «человек—машина» (стр. 215).

Эффект «туннельного зрения» - когда наблюдаемая картинка кажется расположенной в конце длинного темного туннеля. Наблюдается в шлемах виртуальной реальности (кибер-шлемах) (стр. 84).

Эффект катодолуминесценции - свечение люминесцентного покрытия экрана ЭЛТ под действием электронного пучка (стр. 11).

Алфавитный указатель

14-дюймовые мониторы	90
15-дюймовые мониторы	90
17-дюймовые мониторы	90
20- и 21-дюймовые мониторы	91
3D-графика	241
3D MAX	267, 271
3D-ViewStar	271
3D-мониторы	277
3D-мышь	257
3D-ноутбук	277
3D-очки	265
3D-проекторы	279
3D-проекция	281
3SPACE FASTRACK	252, 258
5DT Data Glove	257
82S147N	58
9300 K + 27MPCD	95

Английский

A

A ³ B ⁵	185
Above-below Split-Screen	246, 247
ACE Digitech.	114
ACERVIEW 7134T	49
ACTFEL	179
Active Addressing	131
Active Matrix Addressing	131
AD7843	205
AD7873	205
Adobe Photoshop	95
ADS7843	201
ADS7845	201
ADS7846	201
Advanced Plasma AI	176
AES3500 EntrePad	213
AFLCD	121
Agilent Technologies	185
Alternate Frame	246
Alternate Line	247
Alternate Page	246
AM	118
AMLCD	139
AMP	165
AN5900	41
Analog Devices	205
ANSI-люмен	236
Aperture Grill, или AG	88
Asahi Glass	199
a-Si TFT-транзистор	111
ASK Impression 970	237
ASL200	210
AuthenTec	213
AutoSync	272

B

Backlight, или backlit	105
BARCOGRAPHICS 1209s	280
BAT	130
BeO	191

Bias 1:2	124
Bivar, Inc	189
Black Matrix	115
BMD	243
BPi (Back Plane)	124
BaTiO ₃	149
Burr-Brown	201
Bus Bar	199

C

CCF	177
CCFL	144
CD (Column Driver)	134
CEN/TCC226	185
CGA	22
CG-Silicon	138
Charge-pump	112, 206
Clare Micronix,	182
Clear Pad™	210
CLEAR	177
CMADSTM	157
COB (Chip On Board)	134
COF (Chip on Flex)	133
COG (Chip On Glass)	133
COLD SPRAY	34
COLi (Column)	124
COMi (Common)	124
COMPONENT COOLER	34
CPad	213
Crosstalk	116
CRT	11, 13
CXB1451Q	155
CXB1452Q	155
CXXX-CB290-E1000	190
CyberGlove	255
CyberGrasp	256
CyberMaxxVR HMD	259
CyberPuck	262
CyberScope	242
CyberTouche	256

D

D6500 K	95
D7500 K	95
DDC	161, 220
DDC 1	220
DDC 2	220
DDC2AB	222
DDC2B	222
DDWG	168
Densitron Technologies	209
DiamondTron	17
Digital paper	120
D-ILA (Digital ILA)	233
Direct3D	271
Dithering	113
DLP	234
DMD/DLP	235
DMF50414	135
Dot Clock	92

Dot pitch	88	Hitachi CL-P 550	237
Double Scan	106	HLMP-BL00	185
Double STN	105	HMD	244
DpiX	120	HP AlGaInP	187
DPMS	218	HSMB-HB00	190
DSTN	163	HSYNC	47
Dual Scan	106	Hughes Aircraft	232
Duty (duty cycle)	124		
DVI	167		
E		I	
EDID	163, 221	I/O Display Systems	262
EEEE	217	I ² C	161, 222
EGA	22	IEEE-1394	161
Eidophor	232	I-Glasses X2	263
Elsa 3D Revelator	268, 273	I-Glasses ProTec	263
EMI	158	I-Glasses	262
En Tech	92	ILA	232
Energy Star	218	In ² O ³	103
EPA	218	InertiaCube	254
Epson/S-MOS SED1335	138	InFocus	233
EVC	161	InGaN / YAG светодиод.	140
Eye Tracker	262	InGaN	187, 189
Eyewear	272	In-plane-switching	119
F		Integrated Photomatrix Limited	188
Feature Connector	261	Interlaced Mode	18
FED	192, 193	Interlaced	247
Field Sequential	246	Interleaved	247
FIFO	154	InterSense	254
FlatLink™	154	INTERTRAX	254
FLCD	121	IPL10630	188
FPD87310	159	IPS-mode	119
FPDI-1	164	ISO 9241	217
FPDI-1B	164	ISO	215
FPDI-2	165	ITO In ₂ O ₃	149
FRC	113	ITO	103
Futaba	192, 194		
FZT849	146	J	
G		JVC	232
GaN	140		
Global Lighting	141	L	
GN	28	LA E675	189
Gray scale	112	LCD1510V	168
Gray shade	112	LCD-BIOS	271
GUI	255	LCD-мониторы	83
GVIF™	155	LC-on-Si	120, 121
GXGA/QSXGA	153	LcoS	120
H		LCOS	121
H3D Eyewear	273	LDI	155
HA11235	65	LDO	154
Hantronix 320 × 240	138	LEDTRONICS Inc	189
HD44780	132	LEP	180
HDTV (1080 строк)	153	LETI	194
HDTV (720 строк)	153	Li - Al	180
Head Tracker	258, 259	Line Blanking	248
HEF4053	49	Line Doubling	248
HGC	22	Line Sequential	247
HHD	244	LM1203	58
HI-FAS	128	LM324	129
		Logitech 3D Mouse	258
		Logitech Head Tracker	253
		Look table	131
		LR	28
		LT1182	146
		LTPS	119

Lumitex, Inc.	185	OLED	180
Luxeon™ Star/0	192	Omron	141
Luxeon™	190	OpenLDI	155
LVDS (TIA/EIA-644)	154	OPERATION MANUAL	26
LXHL-BL01	192	Optrex.	199
LXHL-BM01	191	OSD	92, 169
		OSM	92
M		OSRAM	189
Madhusudana	130	OTL590A-5-10-66-E	191
Matrox G200MMMS	139	OTLWHTA-5-10-66-E	191
Matrox Millennium	92	OTLXXXA-5-10-66-E	191
Matsushita Electric Industrial	176, 177	Over-Under Split-Screen	246
MAX1610	146		
MAX1611	146	P	
MAX232	206	P&D	162
Maxim	206	Page-Flipping	246
MCM	133	PALC	120
MCS-51	138	Palm OS	212
MDA	22	Palmtop III	200
MDR20	163	Palm-компьютер	107
Mg - Ag.	180	Panasonic TH-50PHD3	176
Micro Touch Systems	200	Panasonic TH-42PWD3E	176
Microchip	206	PanelBus™	154
MicroLens™	141	PanelLink™	155
Microsoft Pocket PC	211	PCF 8576	124, 130
MicroTouch	207	PCGH	121
MIM	120	PDA	107, 209
Mini LVDS	157	PDLC	121
mini-D	163	PDP	173
MLA	131	PDP-502HD	177
Mode	105	PEGA 11s	22
Molex	161	Perfect Portrait	169
MPR II	217	Philips Flat Display System	139
MT410 (chipset)	205	Photo CD (16 Base)	153
MTV003	52	Photo CD (64 Base)	153
Multi-line	117	PhotonAge	156
Multisync	22	PhotonLink™	156
MultySync	92	PIC16C622	206
MXED102	182	PIC16C711	207
MXED202	182	PIC16C84	125
		Pioneer	177
N		Pitch (Elevation)	252
National Semiconductor	154	Pixel rate	92
NEC Corporation	157	Pixel	19
NI (Non Interlaced)	23	Plain-controller	268
NICHIA	187, 189	Planar Espoo	179
Nitto Denko	114	Planar	179
Noritake Itron	192	PLL	156
Notebook	100	Plug&Play	219
NSCM310A	188	Power Tip	129
NSHU550E-590E	189	PowerStrip	92
NSPX-346	185	PowerStrip	221
NSPX-440	189	PSCT	121
NSPY500BS	187	PWM	113
NTT VM340	52		
NUTEK	216	Q	
Nuvision 3D-SPEX	267	QuikStroke™.	212
NuVision 60GX	274	QUXGA-W	139
		QXGA	153
O			
OLED с активно-матричной адресацией	181		
OLED с пассивно-матричной адресацией	181	R	

Rail-to-rail	129
Rainbow Displays	139
Rainbow Spectrum Model 3750	139
RAMDAC	92
RCA-разъем	258
RD (Row Driver)	134
Reflective mode	114
RiTEK Display	184
ROWi	124
RS-232	206
R-ЖК-панель	233

S

S3	92
Sanrotz	114
SED1520	129
SEGi (segment)	124
Seico Epson	119
SEMKO AB	216
Shadow mask	88
SHARK™	191
Sharp	138
SID	139
Side-by-Side Split-screen	249
Sidelihgt, или sidelit	105
Slot mask	88
SmartVisor	260
SMD	188
SML-LXL3055XXC	189
SN74LS368	57
Solomon Systech Limited	184
SonicTron	17
Sony	155
SPACEBALL 2003	258
SPIRAL	212
Spiral®	210
SPWG 1.0	166
SPWG 2.0	167
SPWG	168
SR-видеоадаптер	270
SSDI	271
ST Diamond Technology	194
Stand By mode	216
Standby	218
STN (Super Twisted Nematic)	105
STN ЖКИ	105
Suspend	218
SVGA 8514	220
SVGA	22
SXGA	153
SXGA+	153
Synaptics	209
Sync Doubling	247
SyncMaster 400TFT	100
Synthetic Interleave	248
System LCD	138
S-коррекция линейности строк	72

T

T220 (BERTA)	139
TAB (Tape Automatic Bonding)	133
TCO 92	216

TCO 95	216
TCO 99	217
TCON	111, 135, 153
TCP	133
TDA1175.	67
TDA1675	66
TDA4600	41
TDA4852	49, 66
TDA9108	52
TECHNICAL REFERENCE	26
Technologies Inc	141
Tenri Plant	138
Texas Instruments	154
TFP403	154
TFT	111
TFT-проекторы	229
Tile	139
Tilt (Roll)	252
TMA	234
TMDS	154, 155
TO-5	188
Top-Bottom Split-Screen	246
TouchPad	209
TouchPad™	210
TouchTek™4	200
TR88L811	206
Transflective mode	114
Transmission mode	114
Tree-Five Systems	213
Tri dot	88
Trinitron	16, 88
TTL-монитор	21
TV-тюнер	9
Twisted Nematic	103

U

UC3842	41
USB	161
UXGA	153

V

V8	263
VCSEL	156
VESA DDC	222
VESA	168
VESA-3 miniDIN-3	269
VFD	192
VFX1 Headgear VR System	260
VFX3D	261
VGA	22
VGA-Pass-Through	266
VGA-PT	266
Video mode	23
VIP Card	261
Virtual Research Systems	263
VR-контроллеры	251, 255
VR-шлем	251
VSYNC	47
VTI (Virtual Technology, Inc.)	255
VXGA	153

W	
Wicked3D Eyescream	267, 269
WT8043	49

X	
XGA	153

Y	
YAG	140
Yaw (Azimuth)	251

Z	
Z0860204	52
ZrO ₂	149
Zytronics	213

Русский

А	
Абсолютная температура	95
Абсолютно черное тело	94
Адресация ЖКИ с мультиплексом 1:2	125
Адресация ЖКИ с мультиплексом 1:3	127
Адресация ЖКИ с мультиплексом 1:4	127
Азимут	251
Активная матричная адресация	110
Активный флюс	34
Акустическая мощность	96
Алмазные поликристаллические пленки	194
Алмазоподобные материалы	194
Алюминий-гидроксиднолин	180
Аморфный кремний	119
Анализатор света	101
Аналоговый интерфейс	152
Анизотропная поляризация	143
Анизотропное вещество	101
Анизотропный отражающий слой	143
Антибликовое покрытие	17
Антисегнетоэлектрические ЖКД	117
Антраценовые добавки	180
АО «Протон»	192
АООТ «Планета»	192
Апекс	118
Апертура	116
Апертурная решетка	17
Артефакты	106
АЧХ	20

Б	
Бинокулярное зрение	240
Биты идентификации монитора	220
Блики экрана	215
Блок питания ВМ	24
Блокинг-генератор	39
Быстродействие ЖК-ячейки	116
Быстрота различения	91

В	
Вектор ориентирующего действия	102
Векторы поляризации	101
Верхняя граничная частота	92
Вибросимулятор	255

Видорежимы VGA и SVGA	23
Видеотабло	186
Видеоусилитель	56
Визор	259
ВЛД	192
Вольт-контрастная характеристика	105
Время реакции ЖК-ячейки	116
Время релаксации ЖК-ячейки	116
Встроенная акустическая система	96
Второй анод	13
Входные устройства ВМ	56
Высококонтрастные поляризаторы	114

Г	
Гамма-коррекция	13
Герпатит	101
Гибкий шлейф	132
Гидролиз	109
ГИП переменного тока	174
ГИП постоянного тока	173
Гирогоризонт	253
Гироскоп	253
Главная фокусирующая линза	13
Голографический диффузный рассеиватель	144
Гомеотропно ориентированные слои ЖК	117
Градации яркости	113
Группа опорных напряжений	109

Д	
Двулучепреломление	103
Двух экранная стереопара	242
Двухканального узла СР	74
Двухполосные колонки	97
Дельта-кинескоп	14
Диаграммы прямой адресации	124
Диапазон воспроизводимых частот	96
Диоды Шоттки	37
Директор	102
Дисплеи на светодиодах	185
Дисплейные форматы	153
Дисплейный интерфейс	152
Дисплейный формат CIF	153
Дисплейный формат SVGA	153
Дисплейный формат VGA	153
Диссоциация	109
Дистанционная мышь	228
Дифференциальный интерфейс	159
Дихроичное зеркало	230
Дуговой разряд	148

Е	
ЕЕПРОМ	161
Емкость ЖК-ячейки	111

Ж	
Жидкие кристаллы	102
Жидкокристаллические мониторы	101
ЖК	83
ЖКД рассеивающего типа	117
ЖКИ	102
ЖК-монитор	83, 101
ЖК-на-кремнии	120
ЖКЭ	127

ЖК-ячейка	102
З	
Закрученная (твистированная) ориентация	102
Затворный метод	245
Защитное заземление (зануление)	39
Зеркала Френеля	142
ЗКСИ	186

И	
Идентификация типа монитора	220
Изотропное вещество	101
ИЛГ2-288×512ЛВ	193
Импульсный трансформатор	38
Импульсы гашения	17
Инвар	14
Инерциальная система координат	253
Инерциальные СВО	253
Инерционность	170
Инфракрасное излучение	215
Инфракрасный фильтр	145
Иодно-поливиниловые пленки	101
Источник задней подсветки	140, 142

К	
Кадр изображения	17
Кадровая развертка	17
Кадровые гасящие импульсы	17
Квадрупольная матрица	107
Квантовый гироскоп	254
Квантоскопы	11
Кварц	101
Кибер-джойстик	255
Кибер-перчатки	255
Кибер-шлем	251
Кинескоп	13
КК (кадровая катушка)	24
КМОП БИС	127
КМОП-драйверы	127
КМОП-логика	152
Колбочки	13
Количество цветов	21
Композитный материал	109
Конвергенция оси глаз	241
Конвертер поляризации	231
Конденсор	231
Контрастное отношение	108
Контрастность	170
Коррекция раstra	15
Коррекция температуры цвета	95
Коэффициент гармоник	97
Коэффициент нелинейных искажений	97
КПД	37
КР1820ВГ1	124
Кремниевые подложки	119
Кросс-модуляция	116
Кросс-эффект	110, 116
Крутизна вольт-контрастной характеристики	109
КЧСМ	91

Л

Лазерные ЭЛТ	11
Лампы накаливания	140
Ландшафтный формат	139
Линза Френеля	142
Люминесцентные лампы	141
Люминофор	12

М	
Магнитные СВО	252
Майларовая пленка	198
Макроблок пикселей	113
Макроблочное кодирование	113
Максимальная частота спектра видеосигнала	19
Максимальное разрешение	89
Массивы светодиодов	140
Мастер-эталон	186
Металлогалогенная лампа	229
Метод поляризационной селекции	245
Механический гироскоп	254
Микрогребенка	132
Микроканавки	103
Микролинзовая подсветка	141
Микролинзовые растры	231
Микрон (АООТ)	184
Микропризмная линза Френеля	186
Микроструктурированные поверхности	141
МИМ ЖКД	120
МИМ-структуры	120
Модуль задней подсветки	148
Модулятор	12
Модуляционная характеристика	105
Модуляционная характеристика ЭЛТ	12
Монохроматическое зрение	93
МП	52
МС 6105	22, 61
МСП	186
Мультимедийный монитор	83
Мультивибратор	52
Мультикадр	113
Мультимедийный проектор	229
Мультиметр	34
Мультиплекс	107
Мультиплексирование по времени	106
Мультичастотный монитор	92
МЭЛЗ	149
МЭМС	234
Мягкое рентгеновское излучение	215

Н	
Нанотрубки	194
НАНУ	179
Насыщенность цвета	94
Насыщенность цветового тона	94
Негативный контраст	114
Нематические ЖК	102
Неосновные цвета	21
Неравномерность поляризации	115
Нечетный полукадр	18
Низкочастотные электромагнитные поля	215
НИИ «Волга»	193
НИИ «Платан»	11
НИИ «Платан»	179

НИИ ГРП	178
НИИМЭ	184
Нит	170
Нормальная (гомеотропная) ориентация	102
НПЦ ОЭП «Оптэл»	192

О

Одно экранная стереопара	245
Опорный белый цвет	94
Оптимальный пиксел	87
Оптопара	39
Оптрон	38
Ортогональные функции Радамахера	130
Основные цвета видимого спектра	13
Основные цвета	13, 21
Островковая отражательная структура	115
Острота глубинного (стереоскопического) зрения	241
Остротой зрения	87
Осциллограф С8-19	34
Осциллограф	11
Отклоняющая система	13
Отражатель	140
Отражательная подсветка	104
Отражательные LCD	121
Отражательный ЖК-проектор	232
Отражательный оверхед-проектор	226
Отрицательное двупреломление	117
Оттенки цветов	21, 94
ОУ	129
Оцифрованная бумага	120

П

Палитра или размер палитры	21
Палитра	170
Палочки	13
Паразитная цветовая окраска	105
Параллактический угол	241
Пассивная адресация	110
ПДЖК	121
ПДП	173
Петля размагничивания	24
Пиксел	19
Пилообразный ток	69
Пилотная подсветка	177
Пилотный разряд	177
Пиразолхинолин	180
Пи-ячейки	117
Плавкий предохранитель	39
Плазменно-адресуемые ЖКИ	120
Плазменные дисплеи	173
Планарная (гомогенная) ориентация	102
Планарно-торцевые катоды	194
Плоская люминесцентная лампа	149
Плоскопанельные мониторы	100
Позитивный контраст	114
Поле обзора	169
Поле относительно ясного видения	85
Поле периферического зрения	85
Поле центрального зрения	85
Полиимид	132
Полиимидный материал	103
Поликарбонат	208

Поликристаллический кремний	119
Полисиликоновые проекторы	229
Полосковая топология (Stripe)	112
Поляризатор	101
Поляризационные пластины	101
Поляризационные экраны затворного типа	245
Поляризованный свет	101
Поляроид	101
Порог глубинного зрения	241
Пороговое напряжение	109
Поточечная инверсия	110
ППД 5-го поколения	118
Преобразователь напряжения для люминесцентной лампы	146
Припой	34
Проекционная лампа	229
Проекционное устройство	225
Просветная подсветка	104
Просветно-отражательная подсветка	104
Просветный оверхед-проектор	226
Пространственное смешение (усреднение) цветов	94
Пространственное смешение основных цветов	13
Протокол VESA DDC	222
Прямая (однокоординатная) адресация	106
Прямая (фронтальная) подсветка ЖКИ	142
Прямая адресация	124
Прямой ход луча	17
ПЭД	192

Р

Размер зерна	89
Размер палитры	94
Размер раstra	86
Размеры поля зрения	84
Разрешающая способность глаза	87

С

Сведение лучей	15
Сверхяркие светодиоды	141
Световоды на основе дифракционных фильтров	143
Световой поток	236
Светодиод белого свечения	140
Светодиодные кластеры	187
Светодиоды голубого свечения	140
Светоотражающий экран	148
Светораспределитель	142
Светорассеиватель	142
Светорасщепляющее зеркало	230
Светофильтр с электрическим управлением	104
Сегнетоэлектрические ЖКД	117
Сенсорные экраны	197
Сетевой фильтр	39
Сигналы R, G, B	17
СИД	178
Симметричный ключ	70
Синхроимпульс кадровый	17
Синхроимпульс строчный	17
Система самокалибровки OLED	182
Система цветосмешения	231
СК (строчная катушка)	24

Смектические ЖК	102
СОИ	178
Спейсер	198
Спейсеры	103
СР с диодным модулятором	72
СР совмещенного типа	73
Среднеквадратичное напряжение	109
Стандартный источник белого света	95
Стандартный телевизионный видеосигнал	17
Стелс	185
Степенями свободы	251
Стереозрение	240
Стереобаза	98
Стереокادر	245
Стереопара	242
Стереоскоп	242
Стереоскопические устройства	240
Стереозффект	98
Столбцовый OLED-драйвер	183
Столбцовый драйвер	106, 152
Строчная развертка	17
Строчная функция	108
Строчные гасящие импульсы	17
Строчный драйвер	152
Строчный OLED-драйвер	183
Супертвист эффект	105
СЭЖКД	121

Т

Тактильные ощущения	256
Твистированная нематическая ячейка	103
Твист-ячейка	103
ТДКС (конструкция)	71
ТДКС	31
Телесный угол	84
Температура цвета	94
Теневая маска	14
Теплоотвод	187
Терминалы	11
Термистор	38
Термокатод	12
Термоэлектронны	12
Ток утечки ЖК-ячейки	111
Топологии цветных фильтров	112
Топология "Дельта" (DELTA)	112
Топология матричных ЖКИ	106
Торцевая подсветка ЖКИ	142
Точечные табло	11
ТПД	118
ТПТ	118
ТПЭЛ	179
ТПЭЛД	179
Трансформатор	37
Трехкомпонентность зрения	93
Трехмерная графика	241
Трехмерная мышь	257
Триады зерен люминофора	13, 14
Триады колбочек	13
Турмалин	101

У

У-332 Д	190
Углеродные пленки	194

Угловой размер пиксела	87
Угловые размеры экрана монитора	86
Углом рыскания	251
Углы обзора	169
Углы Эйлера	252
Угол возвышения	252
Угол крена	252
Угол места	252
Угол обзора	113
Узел кадровой развертки	65
Узел обработки видеосигналов	24
Узел строчной развертки	68
Узел управления ВМ	25, 46
Узла обработки видеосигнала	57
Ультразвуковые СВО	253
Ультрафиолетовое излучение	215
Ускоряющий электрод	12

Ф

ФАПЧ	156
ФВЧ	97
Ферродинамические жидкие кристаллы	121
ФИАН	11
Фильтр CCF	177
Фликкер	110
Флюоресцирующие добавки	180
Флюс	34
Фнизотропный проводящий клей	132
ФНЧ	97
Фокусирующий электрод	12
Фоновый оттенок	115
Формат стереокадра	246
Фосфоресцирующие добавки	180
Фридель {Шарль Фридель}	102

Х

Характеристики ВМ	26
Холестерические ЖК	102

Ц

ЦАП	152
Цвет фона	115
Цветные фильтры	112
Цветовая температура	141
Цветовой порог	95
Цветоделительная маска	14
Цветоделительная система	230
Цифровой дисплейный интерфейс	152
Цифровой монитор	21
Цоколевка разъема VGA	161

Ч

Частота кадров	18
Частота строк	18
Черезкадровая инверсия	110
Чересстрочная инверсия	110
Чересстрочная развертка	18
Черная решетка	115
Четный полукадр	18
Четыре Е	217

		Ш		
Шелкография		115, 198	Электрофоретический	195
		Щ	Электрохемилюминесценция	185
Щелевая маска		14	Электрохромный	195
		Э	ЭЛТ проектор	280
Эйдофор	232		ЭЛТ с апертурной решеткой	89
Экология	218		ЭЛТ с компланарной оптикой	16
Эластомер	132		ЭЛТ с теневой маской	88
Электролюминесцентная панель	141		ЭЛТ с улучшенной теневой маской	88
Электролюминесцентные мониторы	178		ЭЛТ со щелевой маской	89
ЭЛЕКТРОНИКА 32 ВТЦ-202	22		ЭЛТ	9
Электронная бумага	120		Эргономика	215
Электронная пушка	12		Эффект катодолюминесценции	11
Электронно-оптический модулятор	104		Эффект креста	116
Электронный прожектор	12		Эффективное напряжение	108
Электростатическое поле	215		Я	
			Яркость	170

Список литературы

1. Попов С.Н. Аппаратные средства мультимедиа. Видеосистема РС/ Под ред. О.В. Колесниченко, И.В. Шишигина - СПб.: БХВ-Петербург; Арлит. 2000. - 400с.: ил.
2. Павлов В.А. Видеоадаптеры ПК. Учебно-справочные материалы. СарФТИ, Саров. 2003. - 291 с.: ил.
3. Воронов М.А., Родин А.В., Тюнин Н.А. Ремонт мониторов. Выпуск 12. 2-е издание. Москва: "СОЛОН-Р" 2000. - 299с.: ил
4. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. -СПб.: Питер, 2002. -528 с.; ил.
5. Гук М. Аппаратные средства IBM PC. Энциклопедия, 2-е изд. -СПб.: Питер, 2001. -928 с.; ил.
6. Павлов В.А. Учебные материалы по курсу "Периферийные устройства ЭВМ", Часть 1. СарФТИ, Саров. 2001. - 231 с.: ил.
7. Самарин А.В. Жидкокристаллические дисплеи. Схемотехника, конструкция и применение - М.: СОЛОН-Р, 2002. 304с.:ил.
8. Alt P. M. and Pleshko P. IEEE trans.ED., 1974. Vol. ED-2. p146—155.
9. Быстрое Ю. А., Литвак И. И., Персианов Г. М. Электронные приборы для отображения информации. М.: Радио и связь. 1985.
10. Сухариер А. С. Жидкокристаллические индикаторы. М.: Радио и связь. 1991.
11. Вуколов Н. И., Михайлов А. Н. Знакосинтезирующие индикаторы: Справочник. М.: Радио и связь. 1987.
12. Scheffer T, Nehring J. Supertwisted-nematic (STN) LCDs Seminar M-2, SID-95.
13. Interfacing a Hantronix 320 × 240 Graphics Module to an 8-bit Microcontoller. Appl. Note Hantronix.
14. Trofimou Yu., Manego S., Survilo J Sivenkov V., Posedko A. Advanced LED bac, its for TN and STN LCDs. Proceeding of I VIIth International Symposium «Advanc Display Technologies». Minsk. Belan December. 1998. P. 168-170.
15. <http://www.glthome.com>.
16. Белов В., Брежнев В. Жидкокристаллические дисплеи // Электронные компоненты. 2002, №1.
17. Клименков Д. Сколько кристаллам виться // Hard 'n' Soft, 2002, № 7 Стр. 46-51.
18. Ильюшкин А., Самородов В. Перспективные средства отображения на основе газоразрядных индикаторных панелей // Электронные компоненты. 2002. № 1.
19. Асмаков С. Плазменные панели // Компьютер пресс. 2001. № 10. с. 114-116.
20. Ага В., Азаров А., Ильюшкин А. Средства отображения информации на газоразрядных панелях // Электронные компоненты. 1999. № 1-2, стр.34-38.
21. Беляев В. Современные электронные дисплеи // Электронные компоненты. 2002. № 1.
22. Трофимов Ю. Светодиодная элементная база - некоторые особенности и проблемы применения в дисплейных технологиях // Электронные компоненты. 2002. № 1
23. Самарин А. Технология и схемотехника OLED-дисплеев // Электронные компоненты. 2002. № 1
24. Горфинкель Б., Абаньшин Н., Коровкин А., Русин Е. Плоские экраны низковольтной катодолюминисценции // Электронные компоненты. 2002. № 1

Учебное издание

ПАВЛОВ Виктор Александрович

**УСТРОЙСТВА
ОТОБРАЖЕНИЯ
ПК**

Учебное пособие для вузов