

СТАТЬЯ

В Вестнике СарФТИ №6 2004 г.

КОНЦЕПЦИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН ЦИКЛА "СИСТЕМА ВВОДА-ВЫВОДА ПК" (специальность 220100 "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети")

В.А. Павлов,
доцент кафедры ВИТ СарФТИ



КОНЦЕПЦИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН ЦИКЛА "СИСТЕМА ВВОДА-ВЫВОДА ПК" (специальность 220100 "Вычислительные машины, комплексы, системы и сети")

В.А. Павлов,
доцент кафедры ВИТ СарФТИ

Введение

Под системой ввода-вывода (СВВ) компьютеров понимают [1 - 3] совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих обмен информацией между объектами (компонентами) внешнего мира и оперативной памятью (ОП) компьютера. Внешний мир по отношению к компьютеру представляет собой совокупность всех источников и потребителей информации. Компонентами (объектами) внешнего мира являются: человек, объекты управления, другие компьютеры, внешние коммуникационные системы (локальные вычислительные сети, телефонные сети и т.п.) а также носители информации внешней памяти (магнитные и оптические диски, магнитные ленты и т.п.). Устройства СВВ, предназначенные для восприятия и выдачи информации объектам внешнего мира, называются периферийными (ПУ).

Помимо периферийных устройств в состав СВВ входит система внутренних и внешних аппаратных *интерфейсов, адаптеры и контроллеры* ПУ, контроллеры стандартных портов ввода-вывода, каналообразующие контроллерные и процессорные устройства (контроллеры прямого доступа к памяти, контроллеры аппаратных прерываний, процессоры ввода-вывода, центральный процессор) и ряд других вспомогательных устройств (программируемый таймер, CMOS/RTC и т.п.). Процессоры, контроллеры и вспомогательные устройства СВВ, за исключением центрального процессора, относятся к так называемой системной логике, которая в настоящее время реализуется в рамках сверхбольших интегральных схем - "чипсетов". "Чипсеты", на базе которых формируется внутренняя коммуникационная часть СВВ, размещаются на системных (материнских платах) (северный и южный мосты, хабы и т.д.). "Чипсеты", реализующие функции адаптеров и контроллеров ПУ могут размещаться на материнских платах, на устройствах расширения (видеоадаптер и т.п.) или на самих периферийных устройствах (дисковых накопителях, сетевых адаптерах и т.д.).

Под *интерфейсом* в общем случае понимают совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие устройств цифровой вычислительной системы и (или) программ [3]. К средствам аппаратных интерфейсов относятся линии связи, по которым передаются информационные, адресные и управляющие сигналы, разъемные соединители и схемы управления работой интерфейса, реализуемые, как правило, на базе специализированных и универсальных процессорных устройств - *контроллеров*. К правилам аппаратного интерфейса можно отнести сигнальный *протокол* взаимодействия через интерфейс, поддерживаемые режимы передачи (дуплексный, полудуплексный, симплексный), поддерживаемые методы связи (синхронный, асинхронный) и т.п.

В общем случае под *протоколом* понимают совокупность правил и соглашений, определяющих работу функциональных устройств (контроллеров, адаптеров, ПУ и т.п.) и процедур в процессе взаимодействия (связи). При взаимодействии вычислительной системы с объектами внешнего мира используются протоколы нескольких уровней, число которых может достигать семи [4]. При организации передачи информации через физическую структуру СВВ используются протоколы двух нижних уровней: канального и физического. Протоколы более высоких уровней реализуются в операционных системах (ОС) в рамках

логической организации их систем ввода-вывода. Работа аппаратных интерфейсов, связанная с передачей и приемом сигналов по линиям интерфейса определяется протоколами физического уровня. Взаимодействие процессора с компонентами СВВ определяется протоколами канального уровня. Эти протоколы используются для формирования в аппаратной среде СВВ каналов передачи данных между ОП и конкретными ПУ или портами ввода-вывода, а также для непосредственной передачи данных через программные каналы ввода-вывода. Эти протоколы реализуют программы - драйверы соответствующих компонентов СВВ (драйвер последовательного или параллельного порта, драйвер сетевого адаптера, драйвер принтера и т.д.). В ряде случаев функции протоколов канального уровня могут распределяться между системными программными средствами и контроллерами устройств СВВ, например, контроллером шины USB, контроллером сетевого адаптера и т.п.

К *адаптерам* относят компоненты СВВ, которые предназначены для сопряжения между собой устройств с различными способами представления данных или устройств, использующих различные виды унифицированных сопряжений (интерфейсов). Адаптеры, как правило, выполняются на базе одного или нескольких универсальных и специализированных контроллеров и поддерживают соответствующие интерфейсы на своих входах и выходах.

Центральный процессор, оперативная память и аппаратные средства СВВ составляют аппаратную платформу компьютера и определяют его архитектуру. Для практического использования (оживления) эта платформа добавляется программными и информационными средствами базовой системы ввода-вывода (BIOS - Basic Input-Output System) устанавливаемыми на материнскую плату и ряд устройств расширения (видеоадаптер) в виде микросхем постоянной памяти (ПЗУ). Это позволяет на аппаратной платформе компьютера устанавливать операционные системы (ОС), которые, в свою очередь, являются программной средой для выполнения прикладных программ. В рамках ОС формируется логическая структура СВВ, имеющая программно-аппаратный интерфейс с аппаратной частью СВВ в виде программ-драйверов соответствующих устройств СВВ. Это обеспечивает прикладным программам независимый от конкретной аппаратной платформы компьютера интерфейс доступа к объектам внешнего мира, например, интерфейс пользователя, обеспечивающий интерактивный режим взаимодействия пользователя с ОС и приложениями.

Системы ввода-вывода современных компьютеров достаточно динамично развиваются, отслеживая бурное развитие процессорных устройств, что, в свою очередь, является тонусом для совершенствования программных средств (ОС, приложений и т.п.), ориентированных на эффективное использование вычислительной мощности процессоров и коммуникационных возможностей средств СВВ. Эта динамика предъявляет определенные требования к организации информационно-методического обеспечения курсов, связанных с изучением СВВ компьютеров.

1. Информационная и методическая поддержка лекций, практических занятий и лабораторных работ.

На мой взгляд необходимо вычленить наиболее общие вопросы, характеризующие аппаратно-логическую часть СВВ и вопросы, связанные с аппаратно-программными аспектами реализации и функционирования конкретных ее подсистем и рассматривать их в различных курсах. Это позволит отдельно отслеживать развитие архитектуры СВВ как в целом, так и отдельных ее подсистем на различных уровнях детализации.

В практике СарФТИ в рамках специальности 220100 вопросы, связанные с общей логической и физической организацией СВВ в целом и отдельных ее подсистем рассматриваются в спецкурсе "Периферийные устройства ЭВМ" (по новым стандартам - в спецкурсе "Интерфейсы периферийных устройств"). Конкретика реализации отдельных компонентов подсистем и подсистем СВВ на аппаратно-программном уровне

рассматривается в курсе "Адаптеры и контроллеры ЭВМ", читаемом в рамках дисциплин специализации.

Современные учебники и учебные пособия по тематике этих курсов весьма редки и, в основном, издаются самими вузами малыми тиражами и не доступны широкому кругу преподавателей и студентов Российских вузов. В связи с этим в СарФТИ для каждого из этих курсов разрабатывается и пополняется свой набор учебно-методических пособий и лабораторных практикумов.

Для информационно-методической поддержки курса "Периферийные устройства ЭВМ" было разработано и выпущено:

- **Учебное пособие: Павлов В.А. Периферийные устройства ЭВМ. Часть 1. СарФТИ, Саров 2001. -231 с.: ил., Часть 2. СарФТИ, Саров, 2001. -271 с.: ил.** Учебное пособие построено таким образом, что в нем в той или иной мере нашли отражение все основные компоненты СВВ, включая и периферийные устройства (ПУ). Акцент сделан на особенности построения СВВ персональных компьютеров класса IBM PC. В первой части рассмотрены состав, структура и логическая организация СВВ, интерфейсы, используемые для взаимодействия ее компонентов, подсистемы ввода-вывода аналоговых сигналов, связи с объектами управления, ввода-вывода речевой информации, а также подсистема ввода-вывода текстовой и графической информации. Во второй части рассмотрены подсистемы внешней памяти, а так же вопросы, связанные с организацией работы ПУ в вычислительных комплексах, системах и сетях. Достаточно большое внимание уделено таким специфическим устройствам, как модемы и сетевые принтеры. За основу было взято учебное пособие: Ларионов А.М., Горнец Н.Н. Периферийные устройства в вычислительных системах: Учебное пособие для вузов по спец. «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети». –М.: Высшая школа, 1991г. Основные изменения и дополнения материала касаются в основном современных персональных компьютеров и устройств, используемых совместно с ними. Каждый логический раздел пособия оканчивается перечнем контрольных вопросов.*¹⁾

- **Учебное пособие: Павлов В.А. Устройства отображения ПК. СарФТИ, Саров, 2003. -305 с.: ил.** В *первой главе* пособия 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 плоскостельных мониторов, сенсорных экранов и мультимедийных проекторов. 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. Каждый логический раздел пособия оканчивается перечнем контрольных вопросов. В конце пособия приводится перечень используемых терминов и сокращений, список использованной литературы, алфавитный указатель и WWW-адреса производителей видеомониторов.*¹⁾

- **Описания четырех лабораторных работ**, в которых изучаются принципы работы электронной клавиатуры ПК, монохромного видеомонитора ПК, накопителя на гибких магнитных дисках и знаковосинтезирующего последовательного печатающего устройства.

Для информационно-методической поддержки курса "Адаптеры и контроллеры ЭВМ" были разработаны и выпущены:

- **Учебное пособие: Павлов В.А. Чипсетов, материнские платы и BIOS. СарФТИ, Саров, 2002. -189 с.: ил.** Учебное пособие содержит: введение, три главы и приложение. Во введении рассмотрены общие вопросы, связанные с содержательной частью пособия. В первой главе приведена краткая характеристика основных параметров чипсетов и потоков информации, обеспечиваемых чипсетом при взаимодействии различных подсистем компьютера; дано описание чипсетов основных фирм-изготовителей, сравнение их основных характеристик и рекомендации по их применению и выбору. В конце главы приведены Web-адреса основных производителей чипсетов. Вторая глава посвящена материнским платам: их архитектуре, характеристикам, конструктивным особенностям. В ней приведен достаточно полный перечень материнских плат основных фирм-изготовителей, дан анализ их сравнительных характеристик и рекомендации по их выбору и эксплуатации. В конце главы приведены Web-адреса производителей материнских плат. Вопросы, связанные с рассмотрением роли BIOS в архитектуре персонального компьютера, рассмотрены в третьей главе и в Приложении 1. Показано, что все дополнительные функциональные возможности чипсетов, материнских плат и периферии, как правило, требуют соответствующей поддержки на уровне BIOS. Уделено большое внимание конфигурированию компьютера опциями программы BIOS Setup. Рассмотрены также вопросы, связанные с обновлением программного кода BIOS и т.д. В конце главы приведены Web-адреса производителей BIOS. Каждый логический раздел пособия оканчивается перечнем контрольных вопросов. В конце пособия приводится перечень используемых сокращений и список литературы.*¹⁾

- **Учебное пособие: Павлов В.А. Подсистема дисковой памяти ПК. СарФТИ, Саров, 2002. -275 с.: ил.** Это пособие посвящено одной из важнейших подсистем персональных (и не только персональных) компьютеров, под которыми подразумеваются самые распространенные — IBM PC-совместимые. В главе 1 дается общая характеристика внешней памяти и ее место в архитектуре ПК. В главе 2 рассмотрены вопросы логической организации дисковых накопителей, а в главе 3 - общие вопросы их системной поддержки. Довольно широкий спектр вопросов, связанных с подсистемой гибких дисков, рассмотрен в главе 4. Подсистеме жестких дисков посвящена глава 5. Особое внимание в ней уделено рассмотрению интерфейсов ATA и SCSI. В главе 6 рассмотрены особенности работы с устройствами, подключенными к шине PCI и режиму Ultra DMA. Глава 7 посвящена массовой памяти на сменных носителях. Особое внимание уделяется накопителям на оптических дисках. В последней восьмой главе обсуждаются вопросы обслуживания и тестирования накопителей на жестких дисках. В главах, посвященных гибким и жестким дискам, особое внимание уделяется вопросам программирования на уровнях регистров и с использованием сервисов BIOS. В них приведены примеры программ, написанных на ассемблере и реализующих взаимодействие с дисками через регистры контроллеров и через функции BIOS. Каждый логический раздел пособия заканчивается перечнем контрольных вопросов.*¹⁾

- **Учебное пособие: Павлов В.А. Видеоадаптеры ПК. СарФТИ, Саров, 2003. -291 с.: ил.** Данное учебное пособие посвящено одной из важнейших систем персональных компьютеров - видеосистеме, а именно её основной составляющей - видеоадаптерам. В первой главе приводятся сведения о структуре видеосистемы ПК, состоящей из двух основных компонент - видеомонитора и видеоадаптера, о принципах ее функционирования в графическом и текстовом режимах, а также об этапах ее развития от монохромной системы MDA до видеосистемы мультимедийного ПК. Во второй главе рассматривается устройство, регистровая архитектура и особенности работы стандартного видеоадаптера VGA, а также его системная поддержка на уровне VGA BIOS. Обсуждаются основные направления совершенствования видеосистемы: использование аппаратного ускорения графических функций, быстродействующей памяти, скоростных интерфейсов между видеоадаптером и материнской платой; унификация видеоадаптеров SVGA; реализация в видеоадаптерах мультимедийных функций и пр. Особое внимание во

второй главе уделено рассмотрению особенностей работы с видеоадаптером в различных режимах из среды MS DOS, включая работу с использованием режима линейной адресации. Приводится широкий набор программ на языке Ассемблер, иллюстрирующих эти особенности. Третья глава посвящена рассмотрению вопросов, связанных с использованием аппаратных средств ускорения трехмерной графики: основные технологии синтеза 3D-изображений; устройство и основные характеристики ускорителей 3D-графики; чипсеты для 3D-акселераторов. Каждый логический раздел пособия оканчивается перечнем контрольных вопросов. В конце пособия приводится перечень используемых терминов и сокращений, список использованной литературы, алфавитный указатель и WWW-адреса производителей видеоадаптеров.*¹⁾

- **Сборник лабораторных работ по курсу "Адаптеры и контроллеры ЭВМ".** В сборнике приведено описание семи лабораторных работ: Программируемый таймер i8254 в подсистеме таймера ПК; Универсальный синхронно-асинхронный приемопередатчик i8251 в составе адаптера АПД ПК "ИСКРА 1031; Параллельный программируемый интерфейс i8255 в составе адаптера АПД ПК "ИСКРА" 1031; Параллельный порт IBM PC/AT; Последовательный порт IBM PC/AT; Подсистема клавиатуры IBM PC/AT; Подсистема RTC CMOS IBM PC/AT. Приведено также описание адаптера АПД, основных команд полноэкранного отладчика AFD и системы команд микропроцессора i8086.*¹⁾

- **Электронная версия отдельных разделов учебного пособия "Архитектура ПК типа IBM PC/AT".** В пособии рассмотрены основные подсистемы ПК, реализованные на материнских платах и устройствах расширения: основные интерфейсы материнской платы, вспомогательные компоненты (генераторы, шинные формирователи, системные контроллеры, контролер динамической памяти), подсистема аппаратных прерываний, подсистема прямого доступа к памяти, подсистема таймера, подсистема часов реального времени и памяти конфигурации, подсистема клавиатуры, параллельный порт, последовательный порт и ряд других вопросов.

*¹⁾ В 2004 году Учебно-методическое объединение вузов по университетскому техническому образованию (УМО) рекомендовал присвоение этим учебным пособиям грифа «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». При публикации рекомендовано указывать ссылки на этот гриф.

2. Требования к учебным пособиям

В процессе разработки выше упомянутых учебных пособий и использования их в учебном процессе СарФТИ был выработан ряд требований, которым должны отвечать подобные учебные пособия и, в общих чертах, определена методика их применения в учебном процессе.

На мой взгляд, учебные пособия по курсу "Периферийные устройства ЭВМ" должны содержать возможно полную информацию об архитектурных особенностях логической и физической организации СВВ компьютеров, их компонент и подсистем, включая физические и математические принципы, используемые в реализациях различных подсистем и периферийных устройств. В этих же пособиях должны рассматриваться общие принципы физической и логической организации внутренних и внешних аппаратных интерфейсов СВВ, параметры среды интерфейсов, используемых приемников и передатчиков, протоколы физического (сигнального) и канального уровней и приводиться описания стандартных интерфейсов, используемых СВВ конкретных компьютеров, например, ПК типа IBM PC/AT.

В учебных пособиях по циклу "Адаптеры и контроллеры ЭВМ" должна быть представлена возможно полная информация о конкретной подсистеме ввода-вывода начиная с физических и математических принципов работы устройств подсистемы и кончая

конкретными программными реализациями алгоритмов функционирования, управления и примеров использования в приложениях.

Разделы пособий должны оканчиваться перечнем контрольных вопросов, позволяющих студентам самостоятельно проконтролировать свой уровень освоения материала раздела. Помимо этого учебные пособия должны содержать:

- перечень используемых в пособии терминов, определений и сокращений, облегчающий понимание излагаемого материала;
- подробный алфавитный указатель, значительно облегчающий поиск нужной информации в пособии;
- список основных периодических изданий, в которых публикуются оперативные сведения, касающиеся развития конкретной подсистемы ввода-вывода в целом и ее отдельных составляющих;
- список адресов WWW-серверов разработчиков и производителей компонентов конкретных подсистем ввода-вывода, позволяющий в реальном времени получать сведения о последних новостях из первых рук;
- список рекомендуемой литературы.

Эти пособия используются:

- **преподавателями:** для подготовки лекций по отдельным аспектам системы ввода-вывода, для подготовки содержательной части обучающих и контролирующих компьютерных программ, для подготовки заданий по курсовому проектированию, УИРС, для разработки лабораторных работ по тематике курсов и т.д.;
- **студентами:** для самостоятельного изучения отдельных вопросов, для подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, для написания рефератов по тематикам курса по заданию преподавателей, для выполнения дипломных и курсовых работ, УИРС и т.п.

Наличие учебных пособий с интегрированным учебным материалом и с возможно полной информацией по отдельным подсистемам СВВ позволяет значительно активизировать эффективную самостоятельную работу студентов. Это отвечает требованиям современных учебных стандартов (в рамках специальности 220100 по спецкурсам и курсам специализации 50% времени выделяется на самостоятельную работу студентов!)

3. Лекции, практические занятия и лабораторный практикум.

На мой взгляд, в лекциях, на практических занятиях и в лабораторном практикуме следует делать следующие акценты по тематике курсов:

Лекции

1. Основные определения, основные допущения, правила и соглашения.
2. Проблематика реализации той или иной подсистемы.
3. Основные принципы физической и логической организации подсистем.
4. Физические принципы, лежащие в основе реализаций функциональных компонентов подсистем.
5. Физические, логические и программные архитектуры подсистем.
6. Спектр основных возможных реализаций подсистем.

Это рекомендации общего плана. Каждый преподаватель, основываясь на интегрированных пособиях, может разработать свой курс лекций в соответствии со своими представлениями о методике преподавания.

Практические занятия

1. Разбор конкретных реализаций функциональных компонентов подсистем на аппаратном, логическом и программном уровнях.
2. Изучение конкретных реализаций интерфейсов.
3. Изучение регистровых архитектур контроллеров подсистем ввода-вывода.

4. Изучение системной поддержки подсистем на уровне BIOS.
5. Изучение принципов организации интерфейсов между аппаратными средствами подсистем и операционными системами.
6. Изучение принципов организации драйверов устройств.

Это рекомендации общего плана. Каждый преподаватель, основываясь на интегрированных пособиях, может разработать свои тематики практических занятий в соответствии со своими представлениями о методике преподавания.

Лабораторный практикум.

Примерная тематика:

1. Изучение на аппаратном уровне функционирования периферийных устройств и их интерфейсов подключения к системе.
2. Изучение взаимодействия ПУ и контроллеров через аппаратные интерфейсы.
3. Изучение программного взаимодействия системы и контроллеров СВВ на физическом (регистровом) уровне.
4. Изучение программного взаимодействия системы с устройствами СВВ на основе сервисов BIOS.
5. Изучение работы подсистемы аппаратных прерываний и прямого доступа к памяти.
6. Эмуляция взаимодействия ПК - ПУ на системе ПК - ПК, подключенные через соответствующие интерфейсы.

Все лабораторные работы должны иметь учебно-исследовательскую направленность и проводиться на реально работающих ПК и соответствующих ПУ. Изучение программного взаимодействия системы и устройств СВВ рекомендуется проводить в среде полноэкранного отладчика, имеющего окно дизассемблера (например, AFD). В используемых в лабораторном практикуме ПК и ПУ должен быть обеспечен доступ к контрольным точкам электрических схем, участвующих в работе изучаемой подсистемы ввода-вывода, устройства или интерфейса. Состояние контрольных точек регистрируется осциллографом, анализатором или другими контролируемыми устройствами, включая виртуальные приборы, реализованные на этом же лабораторном компьютере.

4. Общие вопросы

На мой взгляд необходимо развернуть работы по созданию обширной базы знаний по предметным областям, используемым при реализации компонентов систем ввода-вывода:

- физические основы и принципы работы составных элементов аппаратных компонентов систем ввода-вывода (СВВ);
- технологические принципы, используемые при изготовлении элементов и самих аппаратных компонентов (СВВ);
- принципы логического проектирования устройств СВВ;
- схемотехника устройств СВВ;
- системотехника СВВ;
- математические основы функционирования устройств СВВ;
- операционные системы;
- принципы разработки драйверов устройств СВВ для различных ОС;
- прикладные программные интерфейсы;
- организация вычислений;
- процессорные устройства ПК;
- память
- и т.д.

Например, проводить работы по интеграции ссылок на используемые в СВВ физические, математические, технологические и пр. принципы или на примеры использования тех или иных физических, математических, технологических и пр. принципов в СВВ.

Для проведения этих работ необходима широкая кооперация специалистов в этих конкретных предметных областях, включая специалистов в области организации баз знаний.

Список литературы

1. Ларионов А.М., Горнец Н.Н. Периферийные устройства в вычислительных системах: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая шк., 1991 – 336 с., ил.
2. Мячев А.А. Системы ввода-вывода ЭВМ.-М.: Энергоатомиздат, 1983, 168с.
3. Павлов В.А. Учебные материалы по курсу "Периферийные устройства ЭВМ", Часть 1. СарФТИ, Саров. 2001. - 231 с.: ил.
4. Павлов В.А. Учебные материалы по курсу "Периферийные устройства ЭВМ", Часть 2. СарФТИ, Саров. 2001. - 271 с.: ил.

©В.А. Павлов
©СарФТИ, Саров, 2004г.