

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

Писецкий В.В., Дорохина Т.Е., Гончаров С.Н.

Цифровая схемотехника

Учебно-методическое пособие

2019г.

УДК 621.382
ПЗ4
ББК 32.853

Писецкий В.В., Дорохина Т.Е., Гончаров С.Н.
ПЗ4 Цифровая схемотехника Учебно-методическое пособие. - Саров:
СарФТИ, 2019г.
Пособие представляет собой набор справочных материалов, описание практических навыков и руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплинам, изучающих цифровую электронику.

© СарФТИ НИЯУ «МИФИ», 2019 г.
© Писецкий В.В., Дорохина Т.Е., Гончаров С.Н. 2019 г.



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт - филиал НИЯУ МИФИ

Факультет информационных технологий и электроники

Кафедра общетехнических дисциплин и электроники

Писецкий В.В., Дорохина Т.Е., Гончаров С.Н.

Цифровая схемотехника

Учебно-методическое пособие

УТВЕРЖДЕНО:

Заседанием кафедр ОТДЭ

Протокол № _____ от « ____ » 2019 г

Зав. кафедры ОТДЭ

_____ Ю.В. Батьков

Научно-методическим советом СарФТИ

_____ А.П. Скрипник

г.Саров, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Описание экспериментального стенда	5
Лабораторная работа № 1. Исследование цифровых интегральных микросхем	9
Цель работы	10
Порядок выполнения работы	10
Методические рекомендации	12
Лабораторная работа № 2. Исследование триггеров	21
Цель работы	22
Порядок выполнения работы	23
Методические рекомендации	23
Лабораторная работа № 3. Исследование релаксационных генераторов на базе таймера	24
Цель работы	25
Порядок выполнения работы	25
Методические рекомендации	26
Прецизионный таймер NE555	26
1 Особенности.....	26
2 Назначение выводов.....	26
Лабораторная работа № 4. Исследование мультивибратора на транзисторах	29
Цель работы	30
Порядок выполнения работы	30
Методические указания	30
Работа симметричного мультивибратора в «установившемся» режиме генерации.....	31
Расчёт мультивибратора на транзисторах.....	32

Описание экспериментального стенда

Состав

1. Базовый блок.
2. Сменные модули №1...№22.

Основные характеристики базового блока

Напряжение питающей сети переменного тока, В:	220
Частота питающей сети, Гц:	50.
Мощность, потребляемая от сети, В*А:	100.
Масса базового блока, кг	6,0.
Габаритные размеры базового блока, мм	455x325x155.
Масса сменного модуля, г:	200.
Габаритные размеры сменного модуля, мм	200x150x30.

Параметры генератора прямоугольных импульсов ГПИ:

Частота выходного сигнала	1кГц.
Амплитуда выходного сигнала	0 ... 4,5В.
Коэффициент заполнения прямоугольного сигнала	10%.
Защита от перегрузки:	Да.

Параметры генератора сигналов специальной формы ГСС:

Частота выходного сигнала:	2Гц ... 100кГц.
Амплитуда (размах) выходного сигнала:	10 В.
Форма выходного сигнала:	Синус, прямоугольник, треугольник.
Коэффициент заполнения прямоугольного сигнала:	50 %.
Защита от перегрузки:	Да.

Параметры источника постоянного тока ИТ:

Выходной ток поддиапазона 0 ... 100мкА:	5 ... 100мкА.
Выходной ток поддиапазона 0 ... 10мА:	10мкА ... 10мА.
Стабилизация выходного тока:	Да.

Параметры источника постоянного напряжения ИН1:

Выходное напряжение	0,2 ... 15В.
Стабилизация выходного напряжения:	Да.
Защита от перегрузки:	Да.

Параметры источника постоянного напряжения ИН2:

Выходное напряжение	0,2 ... 15В.
Стабилизация выходного напряжения:	Да.
Защита от перегрузки:	Да.

Параметры источника постоянного напряжения ИН3:

Выходное напряжение:	0 ... 5В.
Стабилизация выходного напряжения:	Да.
Защита от перегрузки:	Да.

Параметры источника постоянного напряжения ИН4:

Выходное напряжение:	+5В.
Стабилизация выходного напряжения:	Да.
Защита от перегрузки:	Да.

Параметры источника постоянного напряжения ИН5:

Выходное напряжение:	±15В.
Стабилизация выходного напряжения:	Да.
Защита от перегрузки:	Да.

Параметры источника постоянного напряжения ИН6:

Выходное напряжение:	~15В.
Стабилизация выходного напряжения:	Нет.
Защита от перегрузки:	Нет.
Параметры вольтметров	PV1, PV2:
Дисплей:	3 ^{3/4} -разрядный, жидкокристаллический.
Постоянное напряжение:	400мВ / 4 / 40 / 400 / 1000В.
Погрешность измерения постоянного напряжения	± 0,5%
Переменное напряжение	4 / 40 / 400 / 1000В:
Погрешность измерения переменного напряжения	±1,0%
Частотный диапазон	40 Гц ... 500 Гц:
Отклик: среднее значение, откалиброван как среднеквадратичное значение напряжения синусоидальной формы.	

Параметры амперметров PA1, PA2:

Дисплей	3 ^{3/4} -разрядный, жидкокристаллический.
Постоянный ток:	400 / 4000мкА / 40 / 400мА.
Погрешность измерения постоянного тока:	± 1,5%
Защита от перегрузки:	самовосстанавливающийся предохранитель.
Частотный диапазон:	40 Гц ... 200 Гц.
Отклик:	среднее значение, откалиброван как среднеквадратичное значение тока синусоидальной формы.

Базовый блок содержит следующие устройства:

1. генератор прямоугольных импульсов;
2. генератор сигналов специальной формы (форма выходного сигнала: синус, прямоугольник, треугольник);
3. источник постоянного тока;
4. источники напряжения;
5. 2 вольтметра;
6. 2 амперметра.

На базовом блоке имеется посадочное гнездо для установки сменного модуля.

На макетных модулях имеются выводы всех источников сигналов стенда для контроля их работы и возможности сборки собственных схем для исследования.

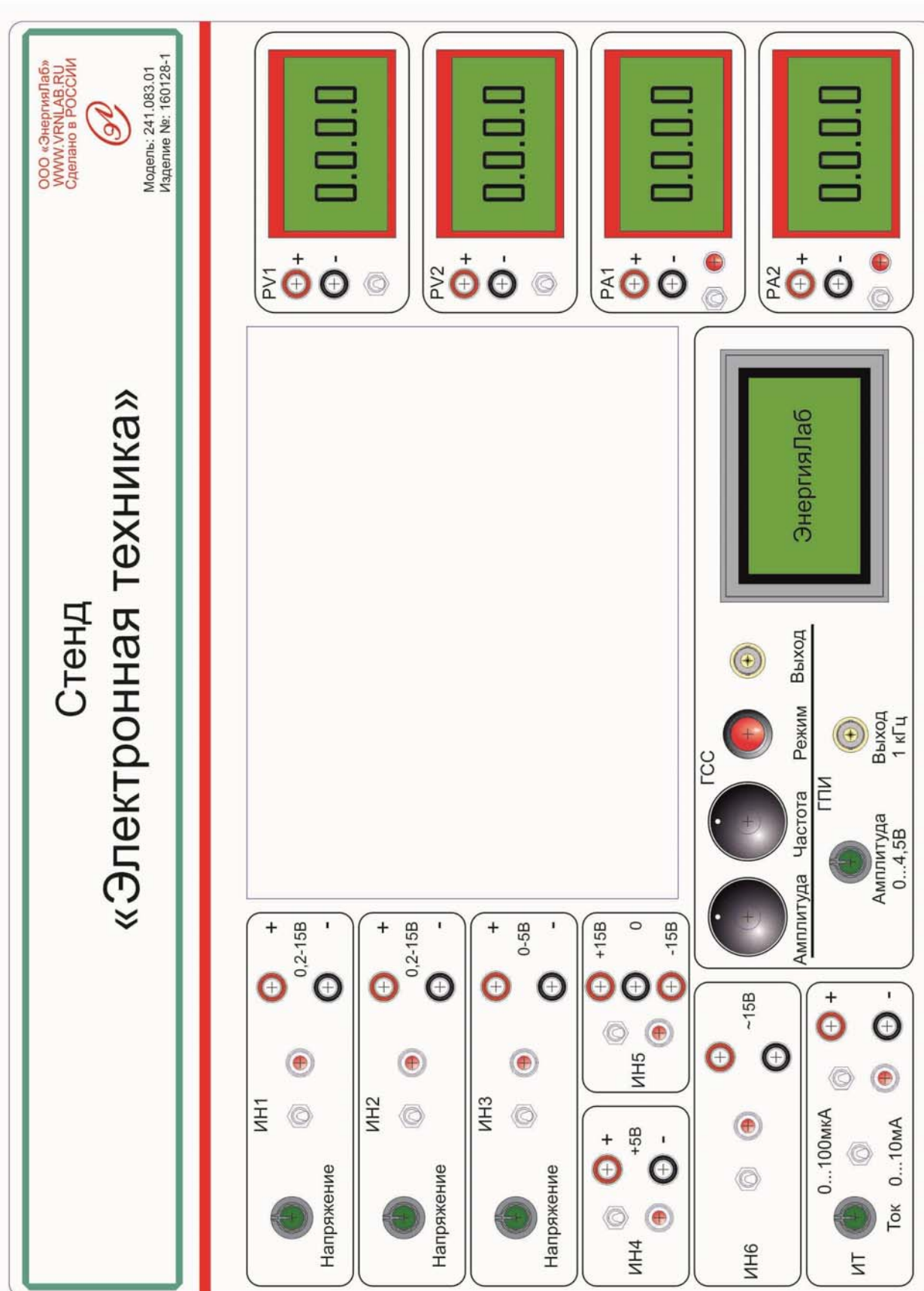
Характеристики сменных модулей

Габаритные размеры сменного модуля, мм	200x150x30.
Масса сменного модуля, г	200.

В корпусе сменного модуля установлена печатная плата с собранной на ней исследуемой схемой и ответная часть разъема, с которой на исследуемую схему поступают необходимые сигналы от источников базового блока.

На лицевые панели сменных модулей нанесены изображения исследуемых электрических схем. Все элементы схемы и контакты контрольных точек KT установлены сверху лицевой панели модуля и доступны для наблюдения и подключения измерительных приборов. Для изменения номинальных значений элементов схем на модулях имеются гнезда X , в которые при необходимости устанавливаются перемычки из изолированного луженого провода.

Структура лабораторного оборудования



Лабораторная работа № 1.
Исследование цифровых интегральных микросхем

Цель работы

1. Снятие передаточных характеристик логических элементов ТТЛ и КМОП.
1. Определение параметров и сравнение логических элементов ТТЛ и КМОП.
1. Сравнение логических элементов ТТЛ и КМОП.

Схема электрических соединений - 1

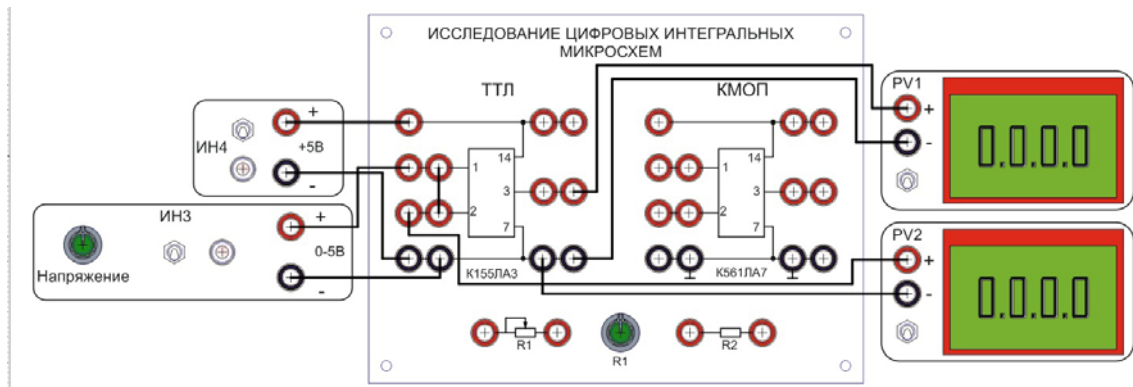
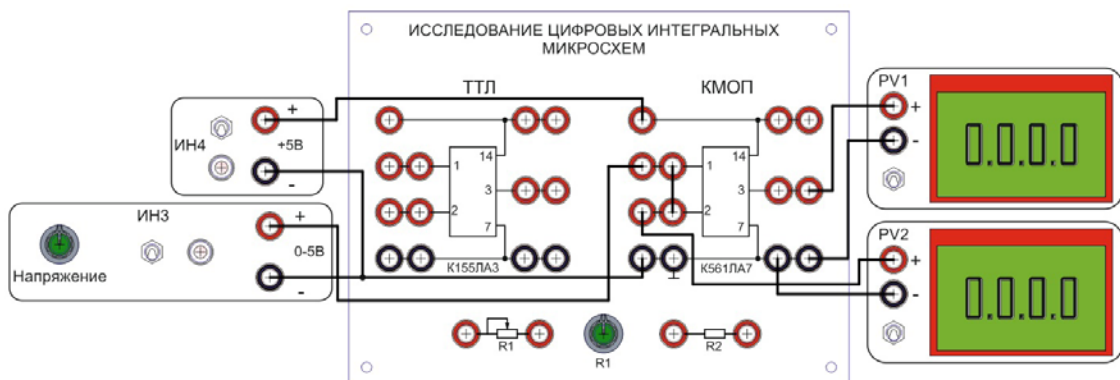


Схема электрических соединений – 2



Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите техническое описание оборудования.
2. Подключите стенд к сети питания 220 В, 50 Гц.
3. Убедитесь, что все источники питания выключены (тумблеры вниз).
4. Включите питание стенда, клавиша Вкл.
5. Исследование цифровых интегральных микросхем ТТЛ.
 - 5.1. Соберите схему электрических соединений - 1
 - 5.2. Включите ИН3, ИН4.
 - 5.3. Плавно регулирую напряжение ИН3, определите порог срабатывания, порог выключения.

- 5.4. Определите зону нечувствительности.
- 5.5. Отключите ИН3, ИН4.
- 5.4. Разберите схему электрических соединений.
- 6. Исследование цифровых интегральных микросхем КМОП.**
- 6.1. Соберите схему электрических соединений – 2.
- 6.2. Включите ИН3, ИН4.
- 6.3. Плавно регулирую напряжение ИН3, определите порог срабатывания, порог выключения.
- 6.4. Определите зону нечувствительности.
- 6.5. Отключите ИН3, ИН4.
- 6.4. Разберите схему электрических соединений.
- 7. Отключите питание базового блока.
- 8. Разберите схему электрических соединений.
- 9. Сделайте вывод.

Методические рекомендации

Перед выполнением работы целесообразно вспомнить основы устройства и работы микросхем ТТЛ и КМОП

Микросхемы ТТЛ

Базовый элемент ТТЛ состоит из биполярных транзисторов. На рисунке 1 представлена упрощённая схема 2-х входного элемента И-НЕ.

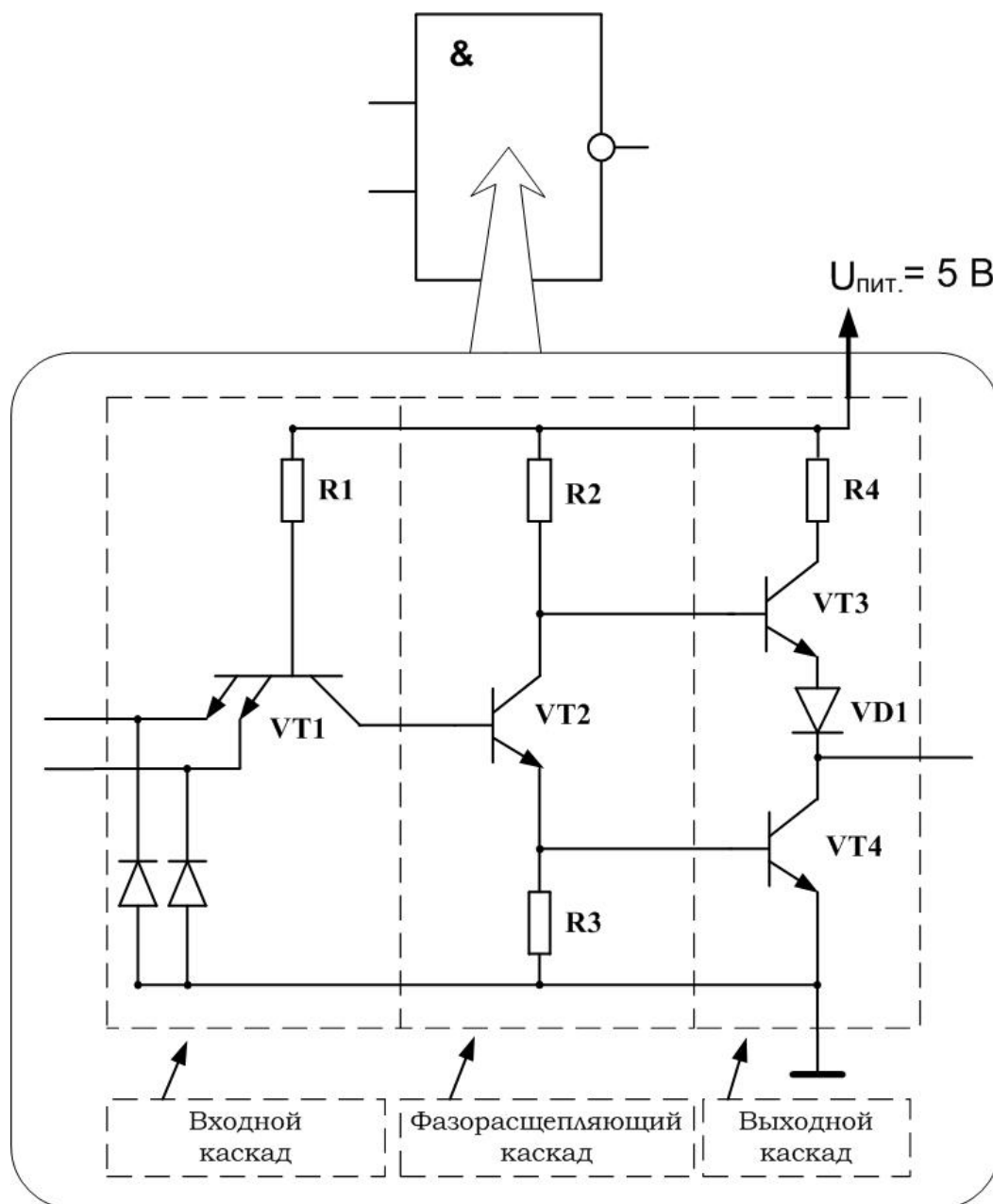


Рис.1. Схема двухвходового ТТЛ элемента И-НЕ.

Схема состоит из следующих каскадов:

- Входной многоэмиттерный транзистор (М.Э.Т.) VT1;
- Фазорасщепляющий каскад на транзисторе VT2;
- Двухтактный выходной каскад на транзисторах VT3 и VT4.

Многоэмиттерный транзистор представляет собой интегральный элемент, объединяющий свойства диодной схемы (два перехода ЭМИТТЕР-БАЗА можно рассматривать как два параллельно включенных диода) и транзисторный усилитель с малым инверсным коэффициентом усиления по току. Функция "И" выполняется в общих (для нескольких эмиттеров транзистора VT1) областях: базе и коллекторе.

Основное отличие МЭТ от обычных транзисторов: эмиттеры расположены таким образом, что прямое взаимодействие между ними через разъединяющий их участок пассивной базы практически исключается.

Рассмотрим принцип работы ЛЭ И-НЕ, используя передаточную характеристику элемента стандартной серии ТТЛ (рисунок 2):

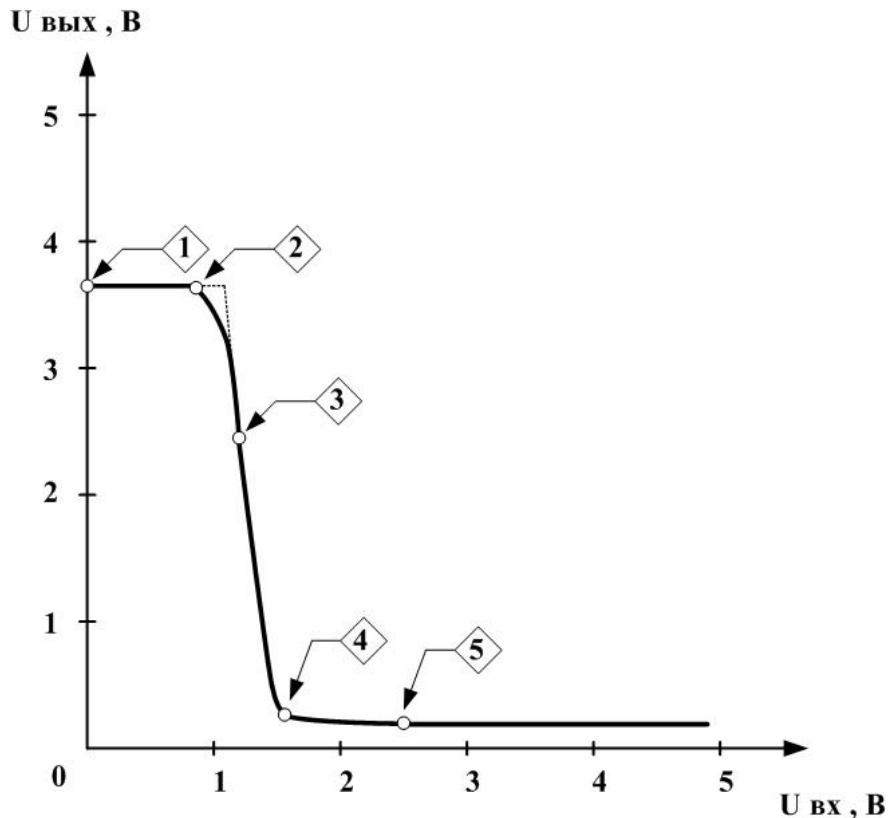


Рис.2. Передаточная характеристика инвертора стандартной серии ТТЛ.

Если $U_{вх} = "0"$ (уровень логического нуля подан на любой из эмиттеров - входов МЭТ), то переход Б-Э транзистора VT1 открыт. Ток $I_{вх}^0$ определяется:

$$I_{вх}^0 \approx \frac{U_{пит} - 0.7}{R1}.$$

При этом потенциала на базе VT1 недостаточно, чтобы открыть три P-N перехода:

- Б-К транзистора VT1;
- Б-Э транзистора VT2;
- Б-Э транзистора VT4.

Для открывания трёх P-N переходов необходим потенциал $U_{БVT1} \approx 0.6 \times 3 = 1.8 \text{ В}$. Но потенциал на базе VT1 примерно 0.7 В.

Следовательно, транзисторы VT2, VT4 закрыты. Транзистор VT3 открыт и уровень напряжения на выходе Y соответствует уровню логической “1” $U_{\text{ВЫХ}}^1 \approx 3.85 \text{ В}$

При увеличении $U_{\text{ВХ}}$ (на обоих входах МЭТ VT1) до порогового значения $U_{\text{ПОР}1} = 0.8 \text{ В}$ (точка 2 на передаточной характеристике) транзистор VT2 начинает открываться, но транзистор VT4 ещё закрыт. При дальнейшем увеличении $U_{\text{ВХ}}$ до порогового значения $U_{\text{ПОР}2} = 1.25 \text{ В}$ транзистор VT2 открывается, а транзистор VT4 только начинает открываться (точка 3 на передаточной характеристике).

Дальнейшее увеличение $U_{\text{ВХ}}$ приводит к увеличению потенциала на базе транзистора VT1 до 1.2 В. Этого вполне достаточно, чтобы открыть два перехода:

- Б-К транзистора VT1;
- Б-Э транзистора VT2.

Транзистор VT2 открывается, ток через резистор R2 увеличивается, что вызывает уменьшение напряжения $U_{\text{К}}$ транзистора VT2. Увеличение тока через R3 вызывает увеличение потенциала на базе транзистора VT4 и приводит к его открыванию. Открытый транзистор VT4 (участок 3-4 передаточной характеристики) шунтирует R3, что резко увеличивает коэффициент передачи транзистора VT2 и вызывает дальнейшее уменьшение напряжения $U_{\text{К}}$ транзистора VT2.

Однако некоторое время транзистор VT4 уже открыт, а транзистор VT3 ещё не закрыт. Это приводит к протеканию “сквозного тока” через выходные транзисторы VT3 и VT4, ток потребления при этом ограничивается R4 и объёмными сопротивлениями транзисторов и диода VD1.

При дальнейшем увеличении $U_{\text{ВХ}}$ транзисторы VT2 и VT4 переходят в режим насыщения (участок 4-5 передаточной характеристики). Потенциал $U_{\text{К}}$ транзистора VT2 равен 0.9 В (такой же потенциал базы транзистора VT3), чего недостаточно чтобы открыть два перехода:

- Б-Э транзистора VT3;
- Диод VD1.

Наличие диода VD1 обеспечивает надёжное закрытие транзистора VT3 при “0” на выходе ЛЭ ($U_{\text{ВЫХ}}^0 \approx 0.3 \text{ В}$).

В некоторых схемах ТТЛ в базу выходного транзистора VT4 введена корректирующая цепочка, состоящая из резисторов R3, R4 и транзистора VT3 (см. рисунок 3).

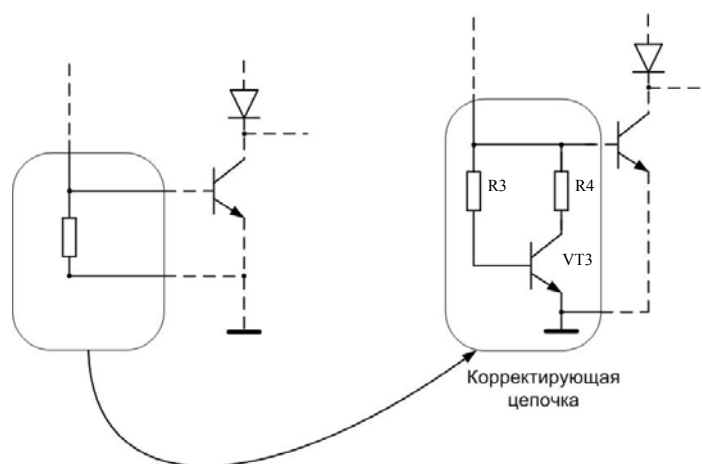


Рис. 3. Корректирующая цепочка.

Эта цепочка позволяет получить передаточную характеристику, по форме близкую к прямоугольной (см. штриховую линию на рис.2).

Реальные сигналы в цифровых устройствах не имеют строгой прямоугольной формы. В моменты “окончания сигнала” в монтажных цепях могут возникать затухающие колебания, следствием чего может быть ложное срабатывание схемы, на вход которой они попадают. Для исключения этого явления схемы ТТЛ подвергались доработке, в результате к каждому входу МЭТ были подключены так называемые демпфирующие диоды VD1, VD2 (см. рисунок 4).

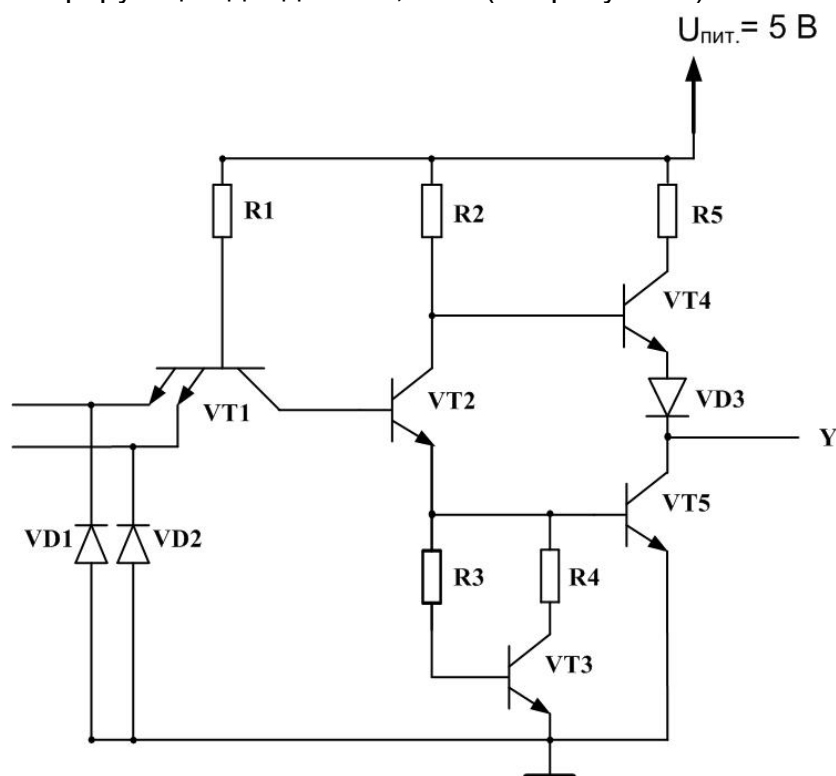


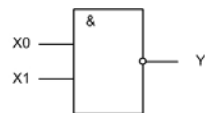
Рис. 4. ЛЭ стандартной серии ТТЛ.

Широкое применение получили микросхемы, в которых используются диоды и транзисторы с переходами Шотки. ТТЛШ является усовершенствованным вариантом ТТЛ - технологии. Эффект Шотки создается, когда во внутреннюю структуру P-N перехода встраивают тонкий слой металла. За счёт применения переходов Шотки, шунтирующих переход К-Б насыщенного транзистора, получено снижение степени насыщения транзисторов и повышение быстродействия.

Диоды Шотки имеют существенно меньшее пороговое напряжение открывания (падение напряжения на диоде Шотки в прямом смещении 0.2 ... 0.3 В), чем переход К-Б, поэтому во время действия входного импульса диоды Шотки открываются раньше, т.о. предотвращается накопление избыточных зарядов в базовой области транзисторов.

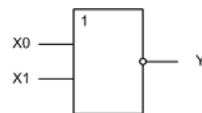
Микросхемы КМОП.

КМОП - логические схемы, выполненные с использованием Комплементарных (взаимодополняющих) МОП (МДП) транзисторов.



Элемент И-НЕ

X0	X1	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0



Элемент ИЛИ-НЕ

X0	X1	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Схемы для транзисторов:



Устройство логических элементов КМОП:

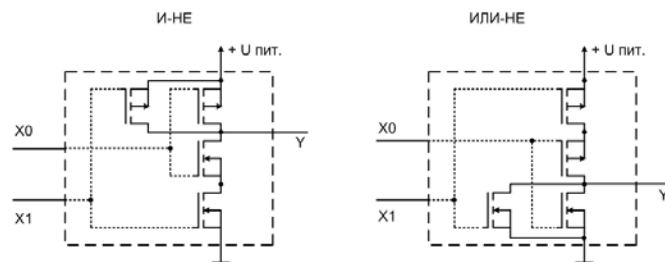
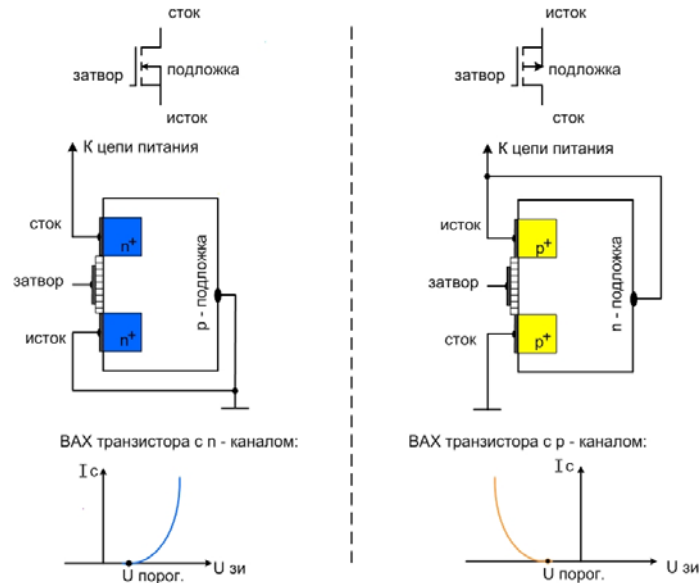


Рис.5а. Логические элементы КМОП.



Работа транзисторов (образование проводящих каналов):

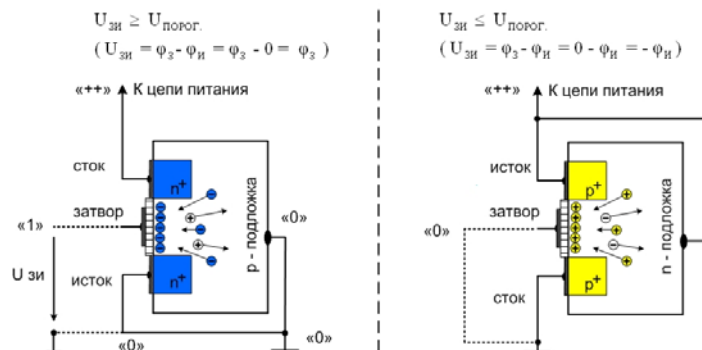


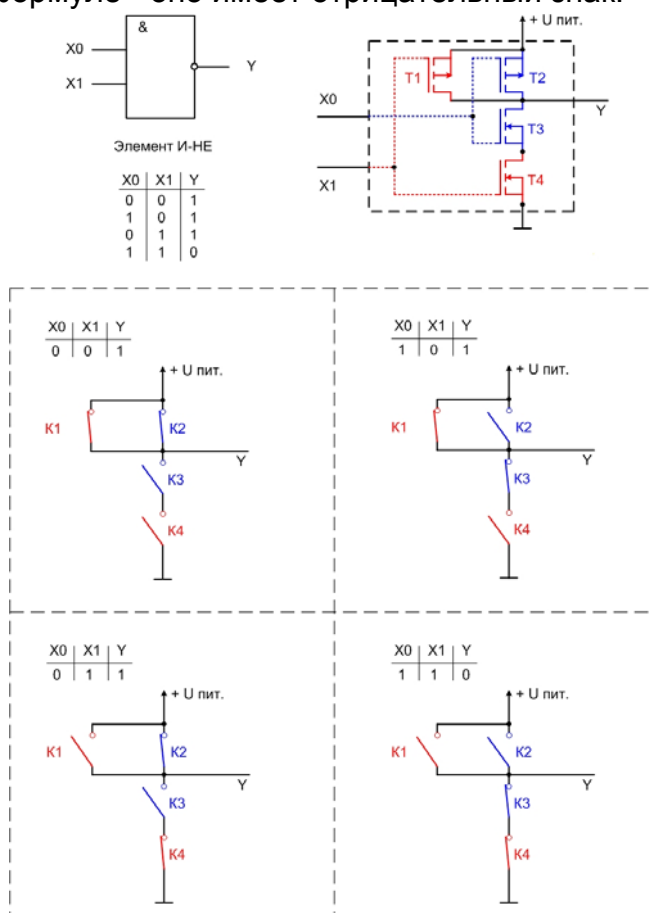
Рис.5б. Логические элементы КМОП.

Теперь рассмотрим работу двух пар транзисторов. Как видно из рисунка 5а, для каждой пары (один транзистор с каналом n-типа, другой с каналом р-типа) затворы объединены.

Для примера выберем логический элемент “И-НЕ”, принцип работы элемента “ИЛИ-НЕ” - можете рассмотреть по аналогии самостоятельно.

Так как у выбранного элемента два входа, следовательно, возможных комбинаций состояний на входах - четыре (составляется таблица истинности, см. рисунок 17.а). Высокий уровень напряжения кодируется “1”, низкий - “0” .

Нужно обратить внимание на то, что показанное на рисунке 5б для транзистора с каналом р-типа напряжение меньше нуля, но в реальности уровень напряжения на затворе этого транзистора совпадает с потенциалом “земли” - “0” !!! А так как исток в данной схеме, в отличие от схемы с n-канальным транзистором, подключается к цепям питания (наиболее высокому потенциалу в схеме), то напряжение на затворе транзистора относительно истока, конечно же, будет меньше, поэтому в формуле - оно имеет отрицательный знак.



На рисунке 5в подробно показаны состояния транзисторов при всех возможных входных комбинациях, но при условии, что транзисторы работают в качестве идеализированных “ключей”. Когда транзистор “открыт” - ключ замкнут, если же транзистор в режиме отсечки (“закрыт”) - соответствующий ключ разомкнут. Для удобства пронумеруем транзисторы и соответствующие им на схемах замещения ключи одинаково (Т1 и К1, Т2 и К2, Т3 и К3, Т4 и К4). Дополнительно пары транзисторов (один транзистор с каналом n-типа, другой с каналом р-типа), у которых затворы объединены - выделены цветом.

Цифровые микросхемы на КМОП - транзисторах отличаются рядом преимуществ по сравнению с микросхемами ТТЛ, ТТЛШ:

- малая мощность потребления в статическом режиме;
- относительно высокое быстродействие (серия 1554);
- достаточно большая нагрузочная способность (серия 1554);
- более широкий диапазон напряжений питания.

Мощность, потребляемая схемой на КМОП - транзисторах расходуется в основном во время переходного процесса на заряд выходных ёмкостей схемы и во время переключений из-за протекания сквозных токов.

Если внимательно изучить ВАХ полевых транзисторов, то заметно, что пороговые напряжения транзисторов с различным типом каналов не одинаковы (видно, что для р-канального транзистора пороговое напряжение больше, чем для n-канального), см. рисунок.6.

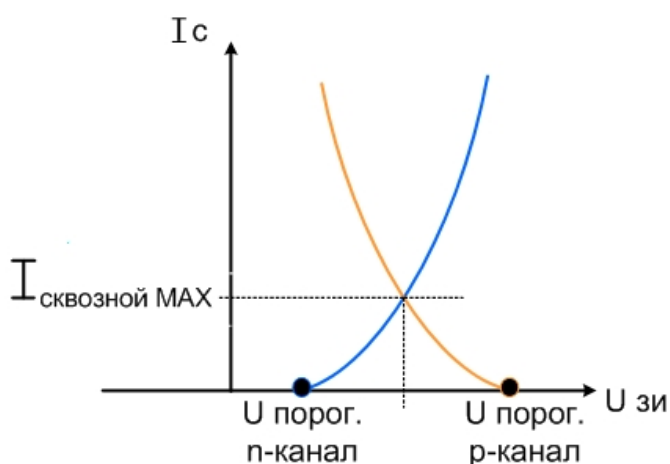


Рис.6. ВАХ полевых транзисторов с различным типом проводящих каналов.

Значит при переключениях логического элемента КМОП возможна ситуация, когда будут открыты оба транзистора и протекающий сквозной ток ограничен только собственным сопротивлением проводящих каналов. Поэтому для современных ИС КМОП существует ограничение для параметра t_{ϕ} входного импульса (для ИС серии 1554 - не более 15 нс).

Чем выше частота переключения, тем чаще за определённый интервал времени (например, за одну миллисекунду) будет протекать сквозной ток - по каждому фронту переключения (см. рисунок 7).

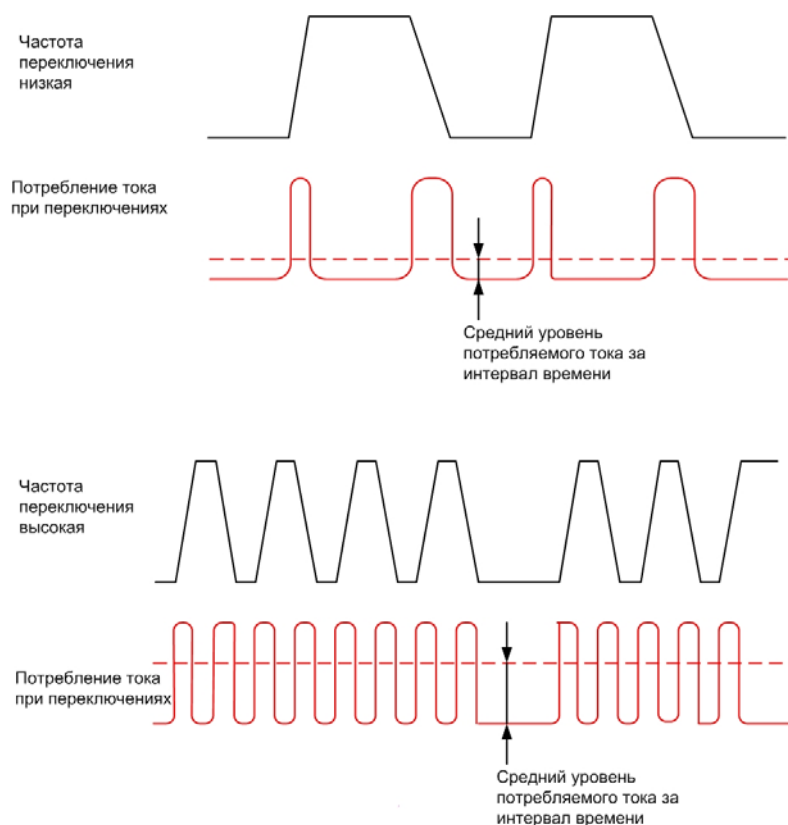


Рис.7. Ток потребления в динамическом режиме.

Соответственно с увеличением частоты переключений элемента возрастает потребляемая элементом мощность. На высоких частотах мощность потребления КМОП может превысить мощность потребления элемента ТТЛ, работающего на той же частоте.

В новых разработках принимаются меры, чтобы для ИС на МОП транзисторах потребляемая мощность не превышала параметров для ТТЛ схем, при работе на одинаковых частотах.

С увеличением частоты переключения схемы, а также при увеличении выходной эквивалентной ёмкостной нагрузки потребляемая мощность возрастает:

$$P_{\text{дин}} = 2C_n \times f_p \times U_{\text{ип}}^2, \text{ где}$$

C_n - эквивалентная ёмкость нагрузки,
 f_p - рабочая частота,
 $U_{\text{ип}}$ - напряжение источника питания.

В статическом режиме мощность определяется напряжением питания и токами утечки закрытого МОП - транзистора. Минимальное напряжение питания схем на КМОП - транзисторах определяется напряжением открывания (пороговое напряжение) р - канального МОП транзистора, так как оно больше, чем напряжение открывания (пороговое напряжение) n - канального МОП транзистора.

Значения уровней напряжений, соответствующих логическим "1" и "0", для ИС КМОП отличаются от значений для ИС ТТЛШ. Решающую роль играет величина $U_{\text{пит}}$ ИС КМОП.

Если для большинства ИС ТТЛШ $U_{\text{пит}} = 5 \text{ В} \pm 10\%$ (или для LVTTTL - 3.3 В), то для ИС КМОП диапазон напряжения питания намного шире.

Для современных ИС на МОП транзисторах питание может осуществляться от источников

- 1.2 В;
- 1.8 В;
- 2.5 В;
- 2.7 В;
- 3.3 В.

Для традиционных ИС КМОП питание - от 2 В до 6 В, и от 5 В до 15В.

Такой широкий диапазон позволяет использовать ИС КМОП практически во всех устройствах, начиная с мобильного телефона, MP3 - плеера, контроллера управляющего скоростью вращения электродвигателя, до контроллера управления системой впрыска автомобиля (для двигателя внутреннего сгорания). Кстати, почти все современные контроллеры выполняются по КМОП технологии.

Тенденция к замене элементной базы ТТЛШ на ИС КМОП и уменьшению величины напряжения питания связана с:

- возможностью использовать ИС в мобильных устройствах с автономным питанием в течении длительного времени;
- можно отказаться от схем стабилизации малых напряжений, т.к. современные качественные гальванические элементы по цене намного дешевле электронных схем стабилизации;
- технология изготовления дешевле;
- плотность упаковки на кристалле, а соответственно и степень интеграции выше;
- энергетические затраты на передачу единицы информации при одинаковом быстродействии ТТЛШ и КМОП - меньше;
- и другие причины, показывающие, что использование ИС на МОП транзисторах намного выгоднее, чем ТТЛШ.

На рисунке 8 показаны уровни напряжений для входов (слева) и выходов (справа) ИС КМОП, которые принято считать соответствующими логическим "0" и "1".

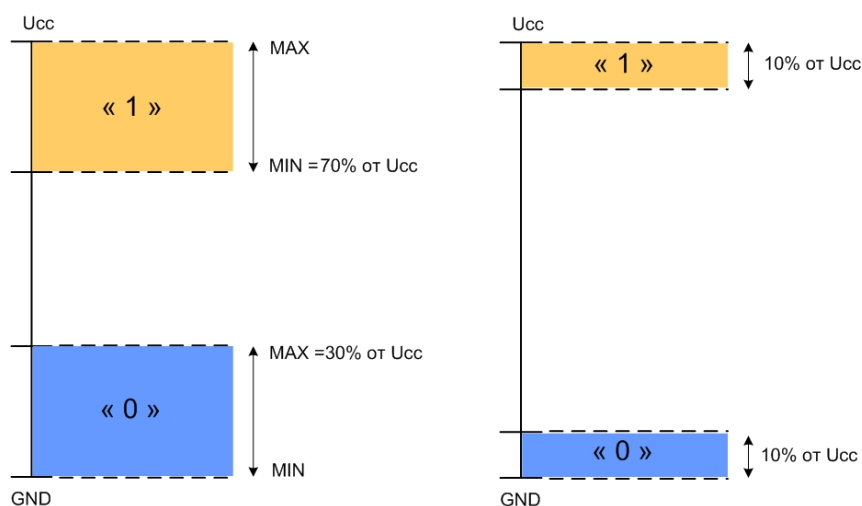


Рис.8. Уровни для входов и выходов КМОП.

Вопрос согласования передатчиков ТТЛШ и приёмников КМОП, а также передатчиков КМОП и приёмников ТТЛШ рассматривается далее.

Лабораторная работа № 2.
Исследование триггеров

Цель работы

1. Исследование работы триггера на транзисторах в режимах записи и хранения информации.
2. Исследование работы триггера в интегральном исполнении в режимах записи и хранения информации.
3. Исследование работы триггера в интегральном исполнении в режиме деления частоты.

Схема электрических соединений – 1

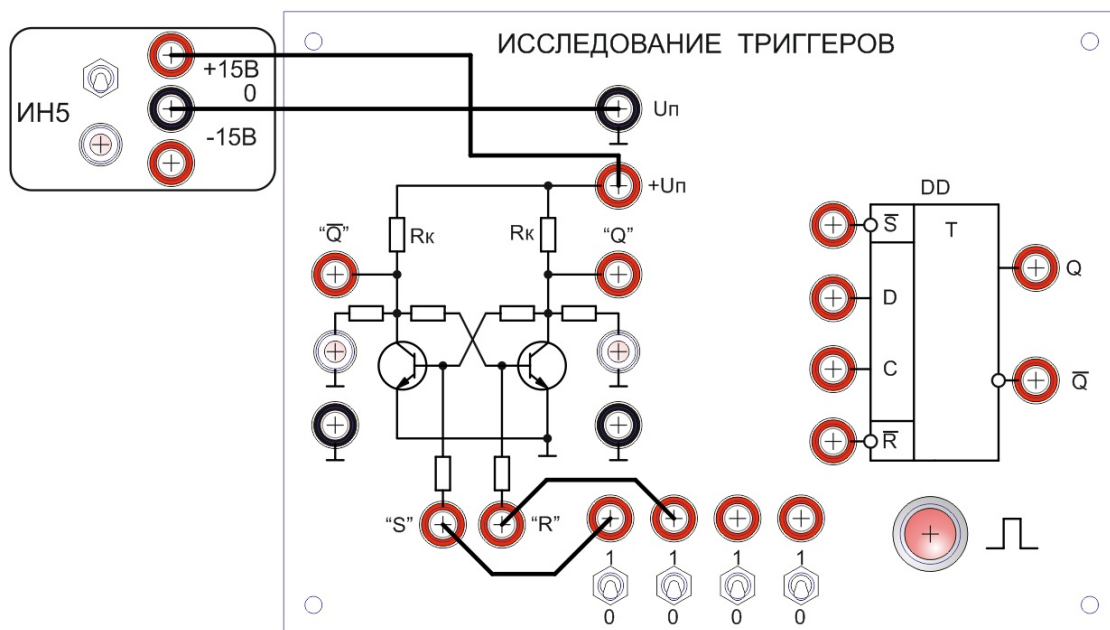
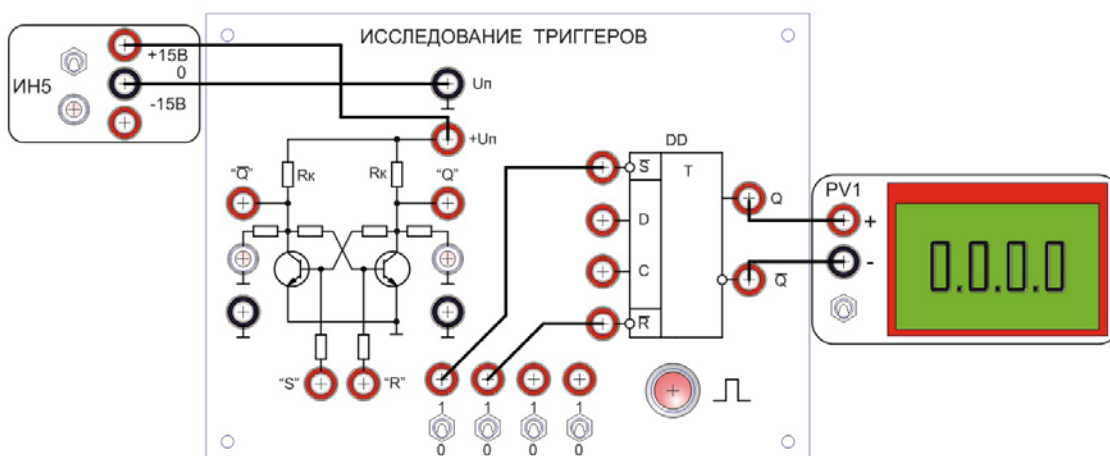


Схема электрических соединений – 2



Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите техническое описание оборудования.
2. Подключите стенд к сети питания 220 В, 50 Гц.
3. Убедитесь, что все источники питания выключены (тумблеры вниз).
4. Включите питание стенда, клавиша Вкл.
5. Соберите схему электрических соединений.

Примечание. Триггер на транзисторах – 1, триггер в интегральном исполнении – 2.

6. Включить ИН5.
7. Провести исследование триггера: проверить таблицу истинности.
8. Отключите питание источников и базового блока.
9. Разберите схему электрических соединений.
10. Сделайте вывод.

Методические рекомендации

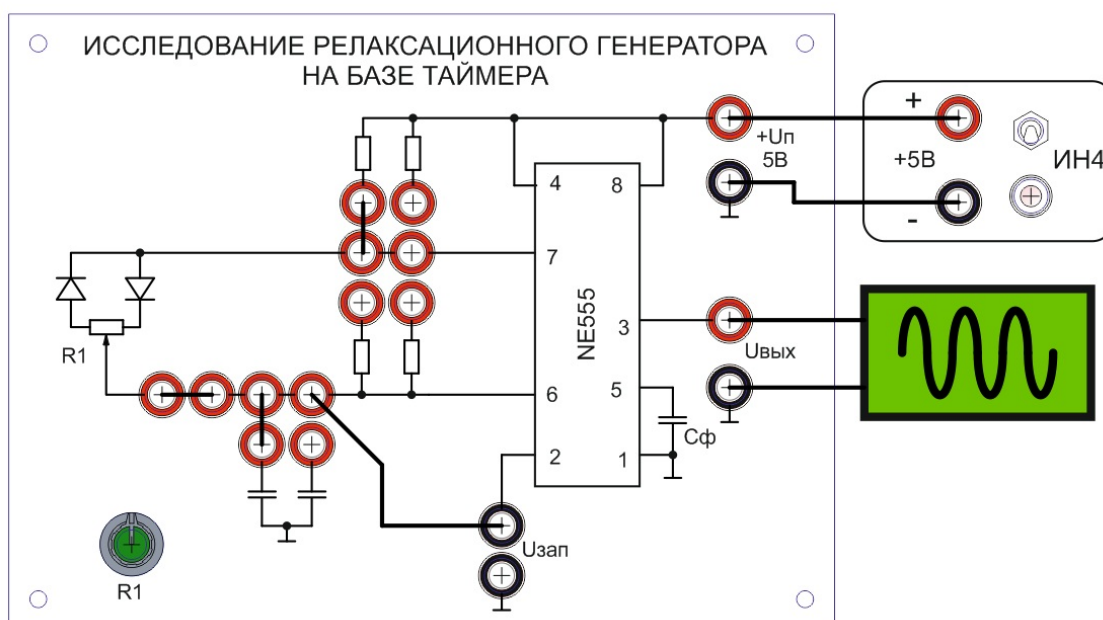
Перед выполнением работы рекомендуется освежить знания о работе триггера и его таблицы состояний.

Лабораторная работа № 3.
Исследование релаксационных генераторов на базе таймера

Цель работы

1. Исследование мультивибратора и одновибратора, построенных на базе интегрального таймера.
2. Расчет и экспериментальная проверка частоты генерации и длительности импульсов при разных параметрах времязадающих элементов схемы.
3. Снятие осциллограмм работы таймера.
4. Определение параметров таймера.

Схема электрических соединений



Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите техническое описание оборудования.
2. Подключите стенд к сети питания 220 В, 50 Гц.
3. Убедитесь, что все источники питания выключены (тумблеры вниз).
4. Включите питание стенда, клавиша Вкл.
5. Собрать схему электрических соединений.
6. Включить ИН4.
7. Изменяя $R1$, исследуйте осциллограмму выходного напряжения.
8. Исследование мультивибратора и одновибратора выполняется аналогично.
9. Отключите питание источников и базового блока.
10. Разберите схему электрических соединений.
11. Сделайте вывод.

Методические рекомендации

Прецизионный таймер NE555

1 Особенности

- Диапазон времени от микросекунд до часов
- Астабильный или моностабильный режимы
- Регулируемый коэффициент заполнения
- ТТЛ—совместимый выход может быть использован как токовый выход (до ± 200 мА)

2 Назначение выводов

НАЗВАНИЕ	Номер вывода	I/O	ОПИСАНИЕ
GND	1	—	Земля
TRIG	2	I	Запуск таймера. При подаче напряжения на TRIG < $\frac{1}{2}$ CONT на выводах OUT и DISCH устанавливается высокий уровень напряжения
OUT	3	O	Выход таймера для подключения нагрузки
RESET	4	I	При подаче напряжения низкого уровня на этот вывод таймер сбрасывается и на выводах OUT и DISCH устанавливается низкий уровень напряжения
CONT	5	I/O	Управляет пороговым напряжением компаратора, позволяет отказаться от подключения конденсатора.
THRES	6	I	Остановка работы таймера. Когда напряжение на THRES > CONT на выводах OUT и DISCH устанавливается низкий уровень напряжения
DISCH	7	O	При открытом транзисторе через него происходит разряд времязадающего конденсатора.
VCC	8	—	Напряжение питания, от 4.5 В до 16 В. (SE555 максимум 18 В)

3 Описание

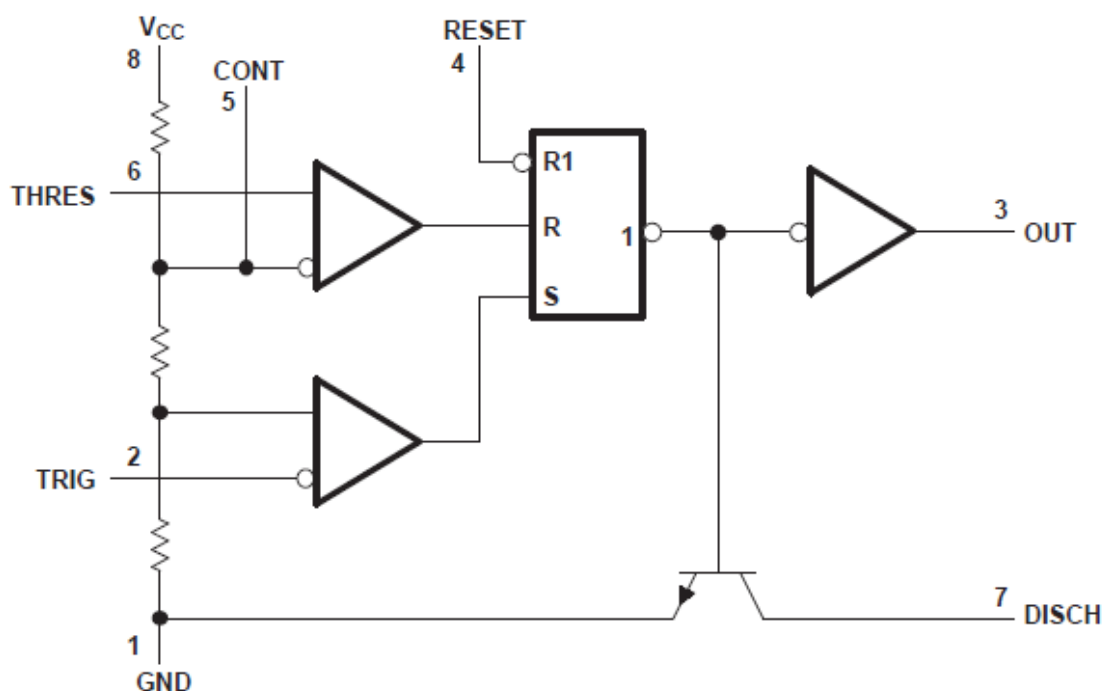
Эти устройства предназначены для работы в прецизионных времязадающих цепях и могут производить точные временные задержки или колебания. В режиме временной задержки или в моностабильном режиме временной интервал задается одним внешним резистором или конденсатором.

Пороговый уровень и уровень переключения располагаются в двух третях и одной трети от напряжения питания соответственно. Эти уровни могут быть изменены, путем изменения напряжения на выводе управления. Когда на вход trigger подается сигнал низкого уровня, таймер срабатывает и подает на вывод output высокий уровень напряжения. Если уровни сигналов на выводах trigger и threshold выше порогового уровня то триггер срабатывает и устанавливает низкий уровень напряжения на выводе output. Вывод reset (сброс) может переопределить значения напряжения на всех других выводах, чтобы запустить новый цикл синхронизации. Когда на вывод reset подается низкий уровень напряжения, триггер сбрасывается и устанавливает на выводе output тоже низкий уровень напряжения. Когда на выходе

устанавливается низкий уровень, вывод discharge (разряд) замыкается через низкоомный канал на землю.

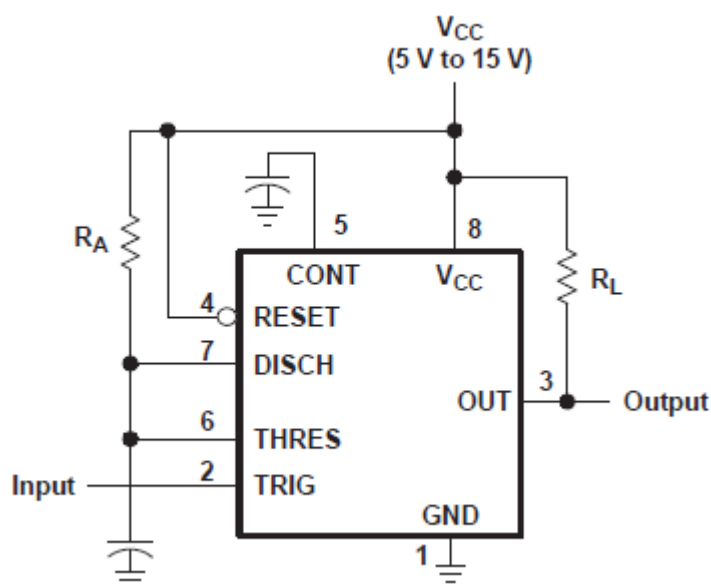
Выходная цепь способна поддерживать ток до 200 мА. Может работать с напряжением питания от 5 В до 15 В. При напряжении питания 5 В уровни напряжения на выходах совместимы с ТТЛ-входами.

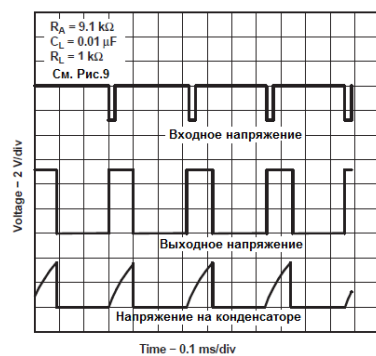
4. Функциональная блок-схема



5. Работа в режиме одновибратора

Для работы в качестве одновибратора таймер должен быть подключен, как показано на рисунке:





Осциллограмма напряжений для режима работы в качестве одновибратора.

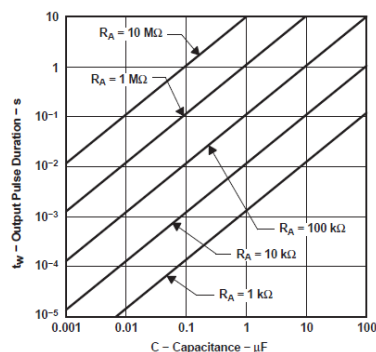
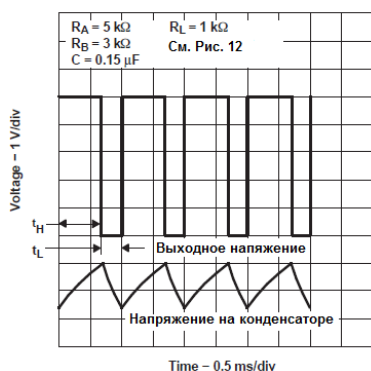
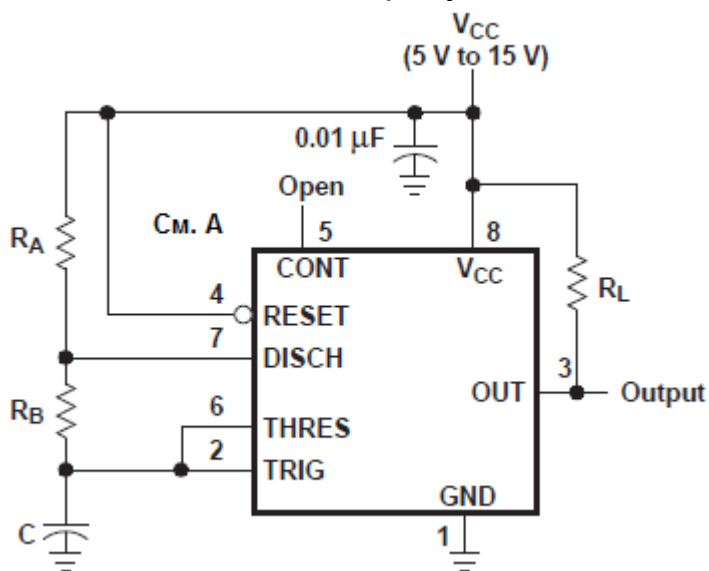


Рис 11 Длительность выходного импульса от емкости конденсатора

6. Работа в режиме мультивибратора

Для работы в качестве мультивибратора таймер должен быть подключен, как показано на рисунке:



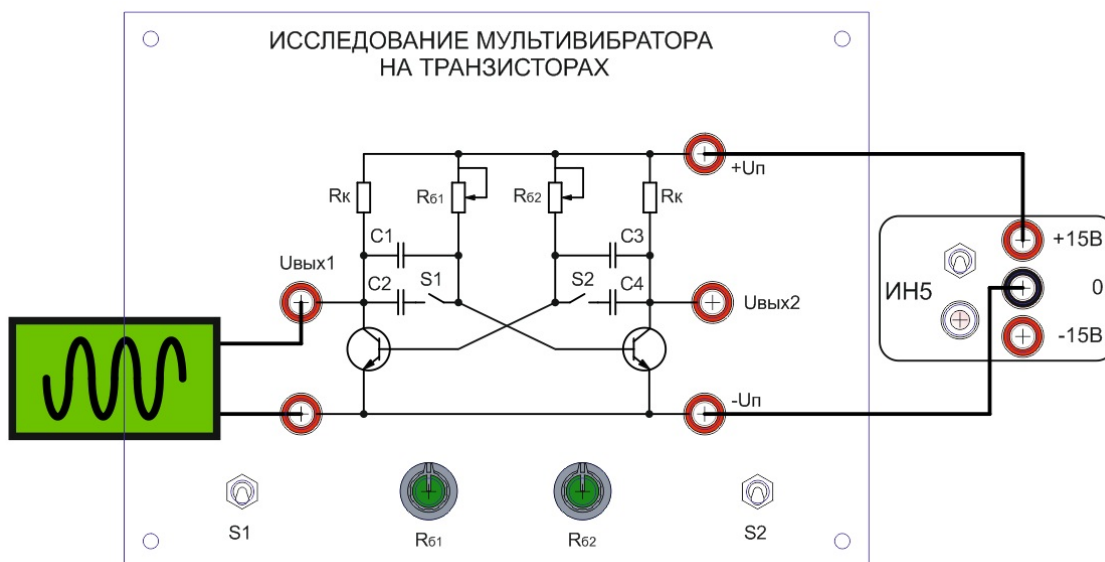
Осциллограмма напряжений для работы в режиме мультивибратора.

Лабораторная работа № 4.
Исследование мультивибратора на транзисторах

Цель работы

1. Расчет и экспериментальная проверка частоты генерации при разных параметрах времязадающих элементов схемы.
1. Снятие осциллограмм работы мультивибратора.

Схема электрических соединений

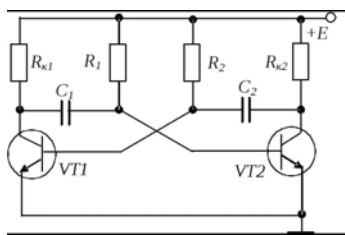


Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите техническое описание оборудования.
2. Подключите стенд к сети питания 220 В, 50 Гц.
3. Убедитесь, что все источники питания выключены (тумблеры вниз).
4. Включите питание стенда, клавиша Вкл.
5. Соберите схему электрических соединений.
6. Включите ИН5.
7. Проведите снятие осциллограмм работы мультивибратора.
8. Изучите влияние на частоту генерации параметров времязадающих элементов схемы.
9. Отключите питание источников и базового блока.
10. Разберите схему электрических соединений.
11. Сделайте вывод.

Методические указания

Мультивибратор — это простой генератор прямоугольных импульсов, который работает в режиме автогенератора. Для его работы необходимо лишь питание от батареи, или другого источника питания. Рассмотрим самый простой симметричный мультивибратор на транзисторах. Схема его представлена на рисунке.



Мультивибратор может быть усложнён в зависимости от необходимых выполняемых функций, но все элементы, представленные на рисунке, являются обязательными, без них мультивибратор работать не будет.

Работа симметричного мультивибратора основана на зарядно-разрядных процессах конденсаторов, образующих совместно с резисторами RC-цепочки.

Работа симметричного мультивибратора в «установившемся» режиме генерации

Начинается первый полупериод работы (колебания) мультивибратора.

При открытом транзисторе VT1 и закрытом VT2 происходит быстрый перезаряд конденсатора C2 (от напряжения 0,7...1,0 вольт одной полярности, до напряжения источника питания противоположной полярности) по цепи: «+ источника питания > резистор Rk2 > малое сопротивление C2 > базово-эмиттерный переход VT1 > — источника питания».

Кроме того, происходит медленный перезаряд конденсатора C1 (от напряжения источника питания одной полярности, до напряжения 0,7...1,0 вольт противоположной полярности) по цепи: «+ источника питания > резистор R1 > правая обкладка C1 > левая обкладка C1 > коллекторно-эмиттерный переход транзистора VT1 > — источника питания».

Когда, в результате перезаряда C1, напряжение на базе VT2 достигнет значения +0,6 вольт относительно эмиттера VT2, транзистор откроется.

Поэтому, напряжение заряженного конденсатора C2, через открытый коллекторно-эмиттерный переход VT2 окажется приложенным к эмиттерно-базовому переходу транзистора VT1 обратной полярностью. VT1 закроется.

Начинается второй полупериод работы (колебания) мультивибратора.

При открытом транзисторе VT2 и закрытом VT1 происходит быстрый перезаряд конденсатора C1 (от напряжения 0,7...1,0 вольт одной полярности, до напряжения источника питания противоположной полярности) по цепи: «+ источника питания > резистор Rk1 > малое сопротивление C1 > базово-эмиттерный переход VT2 > — источника питания».

Кроме того, происходит медленный перезаряд конденсатора C2 (от напряжения источника питания одной полярности, до напряжения 0,7...1,0 вольта противоположной полярности) по цепи: «правая обкладка C2 > коллекторно-эмиттерный переход транзистора VT2 > — источника питания > + источника питания > резистор R2 > левая обкладка C2». Когда напряжение на базе VT1 достигнет значения +0,6 вольта относительно эмиттера VT1, транзистор откроется.

Поэтому, напряжение заряженного конденсатора C1, через открытый коллекторно-эмиттерный переход VT1 окажется приложенным к эмиттерно-базовому переходу транзистора VT2 обратной полярностью. VT2 закроется. На этом, второй полупериод колебания мультивибратора заканчивается, и снова начинается первый полупериод.

Процесс повторяется до момента отключения мультивибратора от источника питания.

Расчёт мультивибратора на транзисторах

1. Расчёт резисторов R2 и R3, стоящих в цепи базы.

Их номинал находят исходя из коэффициента усиления транзисторов h_{21} . При этом, для надёжной работы мультивибратора значение сопротивления должно быть в пределах: в 5 раз больше сопротивления коллекторных резисторов, и меньше произведения $R_k * h_{21}$.

2. Расчёт ёмкости конденсаторов C1 и C2.

Значения ёмкости конденсатора C1 и сопротивления резистора R1 определяют длительность выходного импульса на коллекторе VT2.

Преобразовав формулу длительности перезаряда $\tau = RC$,

рассчитываем ёмкость конденсатора:
$$C1 = \frac{t_{имп}}{R1}$$

Значения ёмкости конденсатора C2 и сопротивления резистора R3 определяют длительность выходного импульса на коллекторе VT1. Именно во время действия этого импульса на коллекторе VT2

действует «пауза».

$$C2 = \frac{t_{паузы}}{R2}$$