БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Филиал БНТУ "СОЛИГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-ХИМИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ"

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Методические рекомендации
по изучению учебного предмета,
задания для контрольной работы и
рекомендации по ее выполнению
для учащихся заочной формы получения образования
специальности 5-04-0714-11 «Техническая эксплуатация машин
и оборудования горнодобывающих производств»

Солигорск

Составитель: Цыбулько С.Н., преподаватель филиала БНТУ "СГГХК"

Методические указания и контрольные задания рассмотрены и одобрены на заседании цикловой комиссии естественно-математического модуля.

Протокол №_____ от « » _____20____г.

Председатель цикловой комиссии _____ С.Н. Цыбулько

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Учебный предмет «Основы электроники и микроэлектроники»
Специальность 5-04-0714-11 «Техническая эксплуатация машин и оборудования горнодобывающих производств»

Раздел, тема	Количество учебных часов			
	всего	в том числе		
	на предмет	на лекционные занятия	на лабораторные, практические работы	Домашняя контрольная работа
1	*2*	*3*	*4*	*5*
Введение	1			
Раздел 1. Пассивные элементы электронных устройств	**3**	**1**		
1.1 Резисторы, конденсаторы	1			
1.2 Катушки индуктивности	2			
Раздел 2. Полупроводниковые приборы	**14**	**4**		
2.1 Электрофизические свойства полупроводников	4			
2.2 Полупроводниковые диоды	2			
2.3 Биполярные транзисторы	2			
2.4 Полевые транзисторы	2			
2.5 Тиристоры	2			
2.6 Полупроводниковые оптоэлектронные приборы	2			
Раздел 3. Интегральные микросхемы (ИМС)	**6**	**1**		
3.1 Общие сведения об ИМС	1			
3.2 Полупроводниковые интегральные микросхемы	1			
3.3 Плёночные и гибридные ИМС	2			
3.4 Большие и сверхбольшие интегральные микросхемы	2			
Раздел 4. Приборы и устройства индикации	**2**	**1**		
Раздел 5. Электронные усилители	**24**	**2**	**2**	
5.1 Общие сведения об электронных усилителях	2			
5.2 Режимы работы усилителя по постоянному току	2			
5.3 Усилители синусоидальных сигналов	4			
Практическая работа №1 "Расчет предварительного усилителя на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмитером"			2	
5.4 Многокаскадные усилители	8			
5.5 Усилители с гальваническими связями	2			
5.6 Операционные усилители и их применение	6			
Раздел 6. Электронные генераторы гармонических колебаний	**10**	**2**		
6.1 Классификация, структурная схема, параметры и характеристики электронных генераторов	4			
6.2 LC- и RC-генераторы	6			
Раздел 7. Импульсные генераторы	**8**			
7.1 Общая характеристика импульсных устройств	2			
7.2 Мультивибраторы и одновибраторы	4			
7.3 Генераторы линейно-изменяющегося напряжения	2			

1	*2*	*3*	*4*	*5*
Раздел 8. Вторичные источники питания электронных устройств	**16**	**2**	**2**	
8.1 Общие сведения об источниках питания	2			
8.2 Однофазные и трёхфазные выпрямители	4			
Практическая работа №2 "Исследование однофазных неуправляемых и управляемых выпрямителей"			2	
8.3 Сглаживающие фильтры	2			
8.4 Преобразователи постоянного напряжения в переменное	4			
8.5 Электронные стабилизаторы постоянного напряжения	4			
Раздел 9. Логические устройства (цифровая микросхемотехника)	**2**	**1**		
9.1 Общие сведения	1			
9.2 Базовые логические (цифровые) элементы	1			
Раздел 10. Триггерные структуры	**4**	**1**		
10.1 Триггеры на биполярных транзисторах	2			
10.2 Триггеры на логических интегральных микросхемах	2			
Раздел 11. Цифровые и комбинированные электронные системы	**9**	**1**		
11.1 Шифраторы и дешифраторы	2			
11.2 Регистры	4			
11.3 Цифровые счётчики импульсов	2			
11.4 Цифроаналоговые преобразователи и аналоговоцифровые преобразователи	1			
Раздел 12. Применение электронных устройств в промышленности	**2**			
Итого	**100**	**16**	**4**	**1**

1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Электроника – наука, занимающаяся изучением взаимодействия электронов с электромагнитными полями и разработкой методов создания электронных приборов и устройств, используемых для передачи, обработки хранения информации. В электронике можно выделить области: физическую прикладную, информационную, энергетическую, промышленную, микроэлектронику.

Электроника находит все более широкое применение почти во всех областях науки и техники, что обусловлено высокой чувствительностью, быстродействием, универсальностью и малыми габаритными размерами электронных устройств.

По учебному предмету «Основы электроники и микроэлектроники» выполняется одна контрольная работа, которая содержит три теоретических вопроса и две задачи.

Для получения практических навыков программой учебного предмета предусматривается выполнение лабораторных работ во время лабораторно-экзаменационной сессии.

Изучать программный материал рекомендуется не только по предлагаемой литературе, но и используя соответствующие справочники и журналы. При изучении материала темы, его следует конспектировать с выполнением рисунков, схем, графиков, таблиц.

После усвоения темы следует устно ответить на вопросы для самопроверки.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Варианты заданий для выполнения лабораторных и домашних контрольных работ для каждого учащегося индивидуальные. Выбор номера варианта осуществляется по последним двум цифрам шифра. Первая из этих цифр определяет горизонтальную строку, а вторая - вертикальную. На их пересечении в соответствующей клетке будут указаны номера теоретических вопросов и задач (раздел 4). Например, если две последние цифры шифра 42, то учащийся должен ответить на вопросы № 33, 61, 78 и решить задачи № 108, 141.

Домашняя контрольная работа выполненная не по своему варианту, не засчитывается и возвращается учащемуся. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради. Условия задач (вопросов) переписываются полностью, оставляется поле шириной 25 мм для замечаний рецензента, а в конце тетради – 2-3 страницы для рецензии. Формулы и расчеты выполняют чернилами, а чертежи и схемы – карандашом и линейкой, на графиках указывают масштаб. Решение задач ведётся в Международной системе единиц (СИ). Страницы тетради нумеруют.

Если домашняя контрольная работа не зачтена, учащийся выполняет её повторно по старому или новому варианту в зависимости от указания преподавателя и отправляется на повторную проверку.

В случае возникновения затруднений при выполнении домашней контрольной работы учащийся может обратиться к преподавателю для получения соответствующей консультации.

Лабораторные и практические работы выполняются в период лабораторно-экзаменационной сессии. К этим работам учащиеся допускаются после сдачи домашней контрольной работы. По каждой лабораторной и практической работе составляется отчет по установленной форме.

Сдача экзамена разрешается учащимся, выполнившим все лабораторные и практические работы.

3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Введение

Содержание программы

Цели и задачи предмета, его связь с другими учебными предметами.

Краткие сведения по истории развития электроники микроэлектроники.

Важнейшие направления развития промышленной электроники. Пути микроминиатюризации электронных приборов и устройств, её значение.

Литература [1, с.4-6]; [2, с.4-6]; [3, с.5-6]; [4, с.4-9].

Методические указания

Промышленная электроника является частью более общего понятия электроника. Электроника представляет собой отрасль науки и техники, занимающуюся изучением принципов устройства, работы и применения различных электронных приборов.

Физическая электроника изучает явления в электровакуумных и полупроводниковых приборах, процессы на поверхности раздела между вакуумом или газом и твердыми или жидкими телами. В технической электронике изучается устройство электронных приборов, их электрические характеристики, параметры и применение в технике.

Промышленная электроника является одним из направлений технической электроники, которое связано с применением электронных приборов и устройств в различных отраслях промышленности и обслуживанием этих отраслей электронными устройствами измерения, контроля, управления, преобразования электрической энергии, а также электронными технологическими установками.

Различные области технической электроники базируются на единой основе использования электронных (полупроводниковых и электровакуумных) приборов. Они объединены общностью принципов действия и характеристик основных электронных функциональных устройств (усилителей, генераторов, логических элементов, выпрямителей и т.д.). Эти устройства являются составными частями электронных систем, например электронных регуляторов различных процессов, электронных вычислительных машин.

В промышленной электронике можно выделить три области: информационную электронику, и электронную технологию.

Информационная электроника составляет основу электронно-вычислительной и информационно-измерительной техники, устройств автоматики. К ней относятся электронные устройств получения, обработки, передачи, хранения и использования информации, устройства управления различными объектами и технологическими процессами.

Энергетическая электроника связана с устройствами и системами преобразования электрической энергии средней и большой мощности. Сюда относятся выпрямители, инверторы, мощные преобразователи частоты и другие устройства.

Электронная технология включает в себя методы и устройства, используемые в технологических процессах, основанных на действии электронных волн различной длины.

Развитие электроники характеризуется постоянным увеличением сложности электронных устройств. В настоящее время принято считать, что сложность электронной аппаратуры через каждые пять лет возрастает примерно в 10 раз.

Недостатками электронных ламп оказались небольшой срок службы и большое потребление энергии. Эти недостатки и усложнение электронных устройств заставили специалистов разрабатывать электронные приборы с другими принципами действия. Ими оказались полупроводниковые приборы.

Применение полупроводниковых приборов в электронике, вычислительной технике, энергетике приобрело массовый характер, что определялось их большими достоинствами: высокими КПД, долговечностью, надежностью, небольшими габаритами, массой и т.д.

В конце 60-х годов появились первые изделия микроэлектроники – интегральные схемы, которые быстро совершенствовались и стали основными изделиями электроники.

Полупроводниковая интегральная микросхема (ИМС)- микроминиатюрный функциональный узел электронной аппаратуры, в котором элементы и соединительные проводники изготавливаются в едином технологическом цикле на поверхности или в объеме полупроводникового материала.

Важной особенностью микроэлектроники является разработка и внедрение методов предельного уменьшения размеров элементов микросхемы: микрорезисторов, диодов, транзисторов. Это приводит к увеличению функциональных возможностей микросхем, повышению их надежности и быстродействия, снижению потребляемой энергии.

В перспективе развития микроэлектроники намечается функциональное укрупнение ИМС за счет использования новых физических явлений, позволяющих с помощью простых не расчленяемых структур осуществлять функции, обычно реализуемые с помощью многоэлементной сложности цепи или устройства. Реализация такого принципа соответствует появлению новых изделий микроэлектроники, которые называют функциональными. Они представляют собой новый этап развития электроники- функциональную микроэлектронику, которая будет создаваться на основе физической интеграции в отличие от технологической интеграции, по которой изготавливаются современные микросхемы. Особенностью схем с физической интеграцией является то, что в них невозможно выделить область в твердом теле микросхемы, выполняющую роль транзистора, диода, резистора и т.д. Подобные функциональные свойства реализуются за счет атомарных, молекулярных и других связей, создающих различные эффекты. Примером функционального прибора является пьезокристалл.

Полупроводниковые приборы. Электрофизические свойства полупроводников

Содержание программы

Полупроводниковые материалы. Собственная, электронная и дырочная электропроводности. Примесные полупроводники и их электропроводность. Электронно- дырочный переход (ЭДП) при отсутствии внешнего напряжения при прямом и обратном напряжении. Вольт - амперная характеристика p-n –перехода. Переход металл - полупроводник.

Литература: [1, с. 7-18]; [2, с. 20-33]; [3, с. 25-33]; [4, с. 19-37]; [8, с.4-12]; [13, §1.1]

Методические указания

Почти во всех областях современной электроники основными приборами стали полупроводниковые. Подавляющее число полупроводниковых приборов изготавливается из германия и кремния, имеющих кристаллическую структуру и являющихся четырёхвалентными элементами.

Для придания полупроводниковым приборам требуемых свойств в чистые полупроводники добавляют дозированные примеси других элементов. При внесении в германий или кремний пятивалентных элементов (фосфора P или сурьмы Sb, или мышьяка As) четыре валентных электрона примесных атомов образуют устойчивые ковалентные связи с соседними атомами основных веществ. Пятые валентные электроны примесных атомов, не участвующие в ковалентных связях, добавляются к свободным электронам собственной электропроводности. Такие полупроводники называют полупроводниками n-типа, а пятивалентные примеси - донорными.

При введении в германий или кремний трёхвалентных примесей (In–индия и др.) три валентных электрона примесных атомов установят ковалентные связи с тремя соседними атомами основного вещества. Для образования четвертой ковалентной связи электронов получается за счёт разрыва ковалентных связей у других атомов германии или кремния. При этом на месте разрушенных ковалентных связей образуются дырки. В полупроводнике будет преобладать дырочная электропроводность. Такой полупроводник называют полупроводником p-типа, а входящие в него примеси - акцепторными.

Принцип действия большинства полупроводниковых приборов основан на явлениях, происходящих на границе двух полупроводников с различными типами электропроводности. Область на границе двух полупроводников с различными типами электропроводности называется p-n-переходом и обладает очень важным свойством – её сопротивление зависит от направления тока.

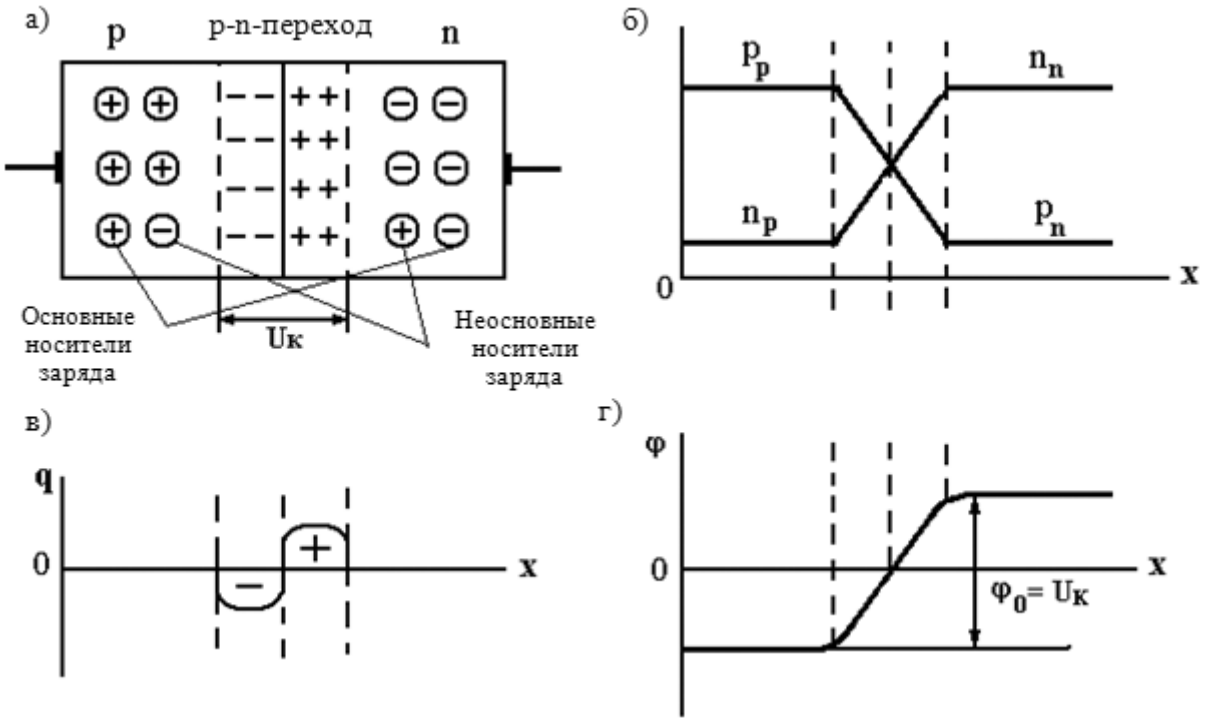


Рисунок 1 а. Электронно-дырочный переход (ЭДП) при отсутствии внешнего напряжения(а,б), скачкообразное изменение заряда (в) и контактная разность потенциалов (г).

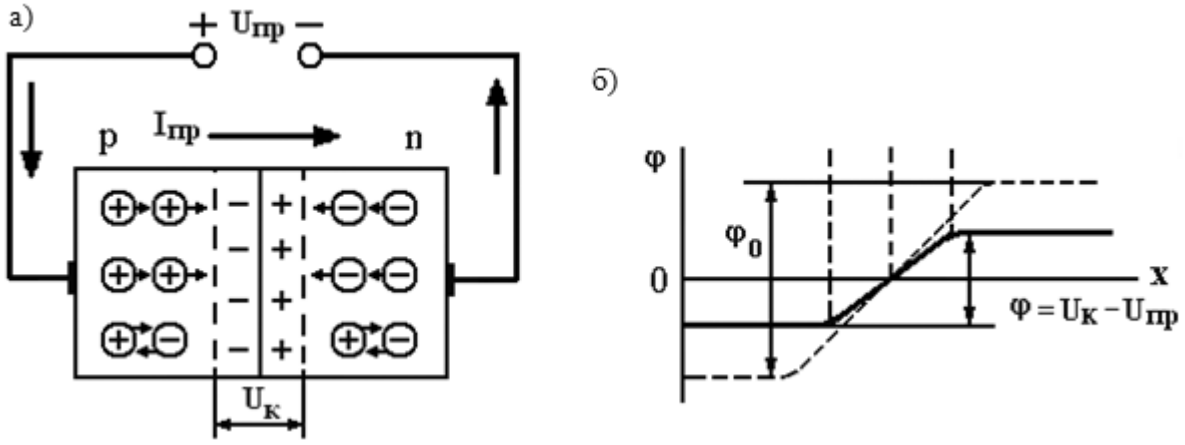


Рисунок 1б. Электронно-дырочный переход (ЭДП) при прямом включении (а) и потенциальный барьер (б).

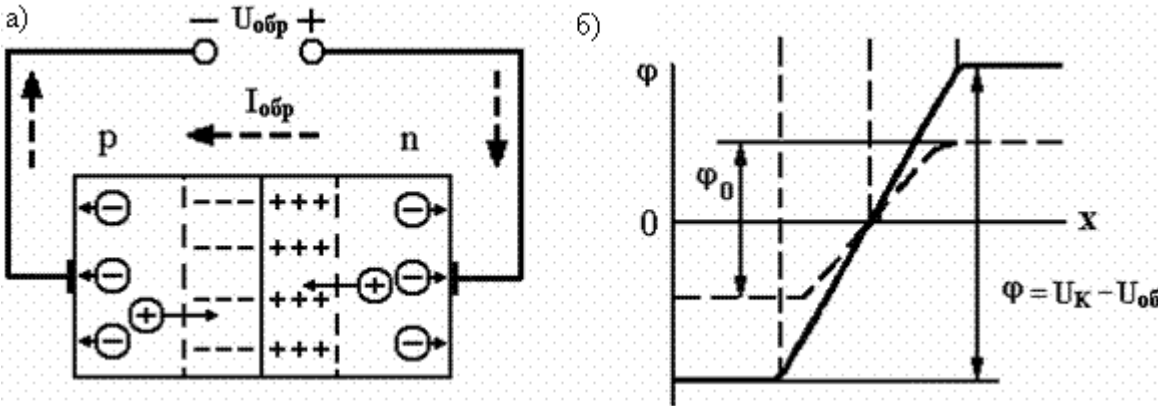


Рисунок 1 в. Электронно-дырочный переход (ЭДП) при обратном включении (а) и потенциальный барьер (б).

Концентрация электронов в n-области во много раз больше чем концентрации в p-области. Вследствие этого происходит диффузия (перемещение) электронов в область их низкой концентрации (в p-область). Здесь они рекомбинируют с дырками и таким путём создают пространственный отрицательный заряд ионизированных атомов акцептора не скомпенсированный положительным зарядом дырок. Аналогично дырки из p-области перемещаются в n-области. В результате встречного движении противоположных зарядов возникает диффузный ток. По обе стороны границы раздела двух полупроводников создаются объёмные заряды различных знаков, рисунок 1а. Между образовавшимися объёмными зарядами возникает так называемая контактная разность потенциалов U_k и электрическое поле E_k. Напряжённость этого поля максимальная на границе раздела, где происходит скачкообразное изменение объёмного разряда(рисунок 1в).

На некотором удалении от границы раздела объёмной заряд отсутствует и полупроводник является нейтральным. При замыкании n- и p- областей ток в цепи не протекает.

Контактная разность потенциалов U_k, или высота потенциального барьера, зависит от концентрации примесей (степени легирования) в областях ЭДП. Для большинства германиевых ЭДП контактная разность потенциалов имеет значение 0,25…0,45В, а для кремниевых 0,5…0,9В.

Высоту потенциального барьера можно изменить приложением внешнего напряжения к p-n-переходу. Приложение внешнего напряжения называют смещением ЭДП. Различают смещение ЭДП в прямом и обратном направлениях.

Прямое смещение получается при подключении источника внешнего напряжения плюсом к p-области, а минусом к n-области (рисунок 1 б). В этом случае высота потенциального барьера и сопротивление n-p-перехода уменьшается. Если приложенное напряжение равно контактной разности потенциалов, то потенциальный барьер исчезает полностью.

Если внешнее электрическое напряжение приложено к ЭДП плюсом к n-области, а минусом к p-области (рисунок 1 в), то напряжённость Еобр внешнего электрического поля совпадает с направлением напряжённости Едиф (Ек)

диффузного (внутреннего) поля ЭДП. Это вызовет увеличение потенциального барьера p-n-перехода.

При достаточно большом обратном напряжении диффузия основных носителей через ЭДП прекращается, и протекающий через него ток будет определятся лишь дрейфовым током неосновных носителей. Этот ток называется обратным. Сила его настолько мала, что в большинстве случаев им можно пренебречь и считать, что ток через ЭДП не протекает, т.е. сопротивление ЭДП при обратном включении велико.

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p-n-перехода представляет собой зависимость тока через переход при изменении на нем значения и полярности приложенного напряжения (рисунок 2).

Предельное значение напряжения на p-n- перехода при прямом смещении не превышает контактной разности потенциалов U_K. Обратное напряжение ограничивается пробоем p-n-переходом. Пробой p-n-перехода возникает за счёт лавинного размножения неосновных носителей и называется лавинным пробоем.

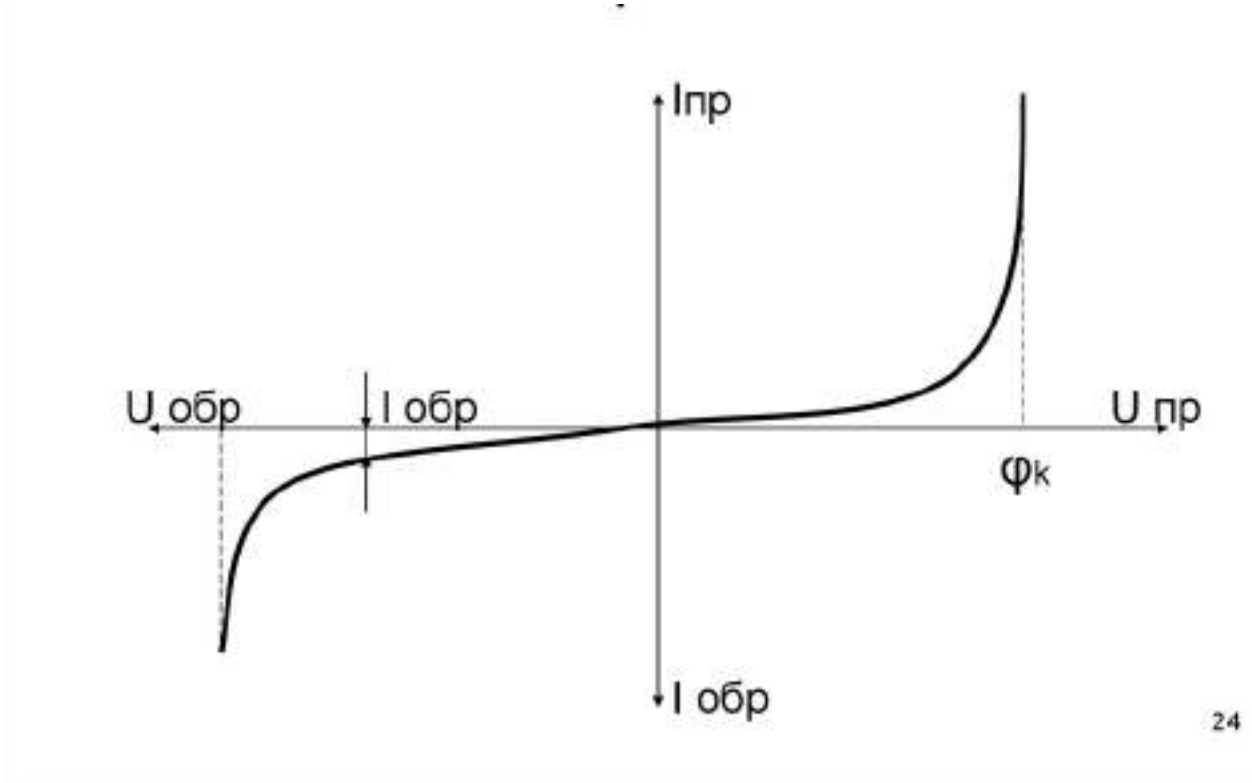


Рисунок 2. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) p-n- перехода.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие материалы относятся к полупроводникам ?
2. Как объясняется механизм электропроводности полупроводников ?
3. Какие примеси называются донорными, акцепторными ?

Какие полупроводники называются полупроводниками с электропроводностью n – типа, p – типа?

4. Дайте определение электронно-дырочному переходу (p-n-переходу).

Поясните механизм его образования.

5. В чем сущность явления односторонней проводимости p-n-перехода?
6. Объясните вольт- амперную характеристику p-n - перехода.

Общая характеристика полупроводниковых приборов

Введение

Содержание программы

Классификация полупроводниковых приборов. Полупроводниковые резисторы, терморезисторы, варисторы, тензорезисторы. Принцип работы. Маркировка. Условные графические обозначения на схемах.

Литература: [1, с. 18-19; с. 55-58]; [2, с. 10-11]; [11, с. 3-63]; [13, § 1.2]

Методические указания

Полупроводниковыми называют приборы, действие которых основано на использовании свойств полупроводников. Классификация полупроводниковых приборов представлена на рисунке 3.

Полупроводниковым резистором называют полупроводниковый прибор с двумя выводами, в котором используется зависимость электрического сопротивления полупроводника от напряжения, температуры, освещенности других управляющих параметров.

Линейный резистор – полупроводниковый резистор, в котором применяется слаболегированный материал типа кремния или арсенида галлия.

Варистор - полупроводниковый резистор, сопротивление которого зависит от приложенного напряжения, поэтому его вольт-амперная характеристика нелинейная.

Терморезистор - полупроводниковый резистор, в котором используется зависимость электрического сопротивления от механических деформаций.

Фоторезистор - полупроводниковый резистор, сопротивление которого зависит от освещенности.

Вопросы для самопроверки:

1. На чем основаны принципы действия полупроводниковых приборов?
2. Классификация полупроводниковых приборов.
3. Назовите основные параметры и характеристики полупроводниковых резисторов.
4. Нарисуйте условные графические обозначения полупроводниковых резисторов.

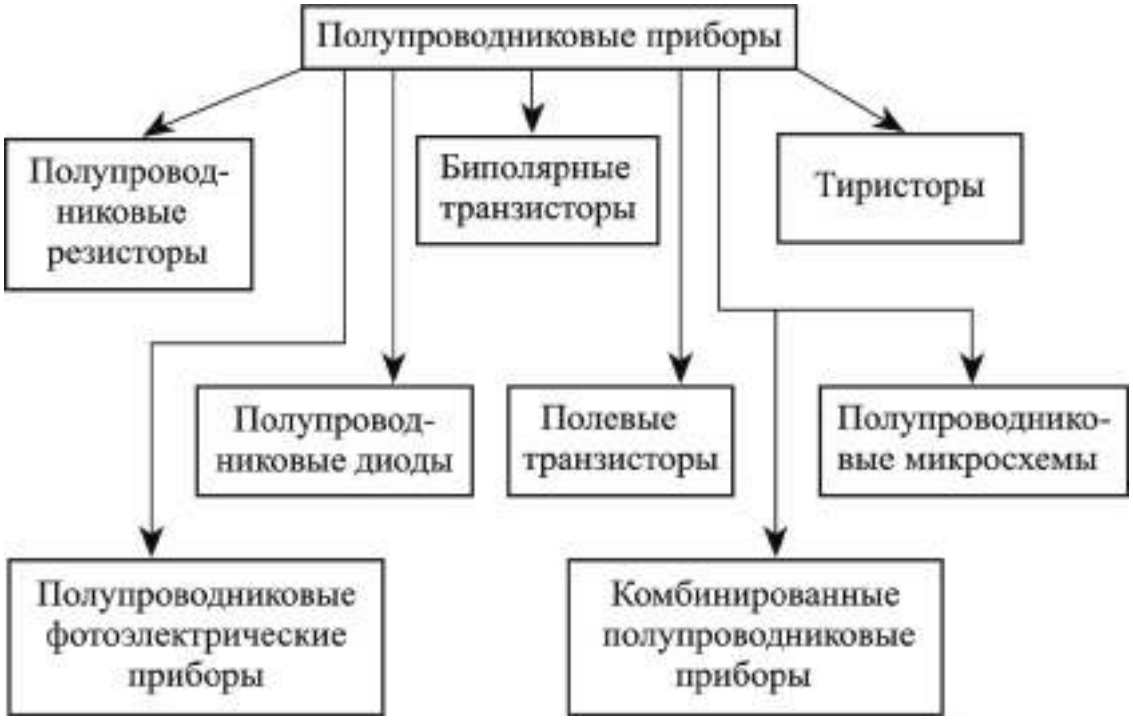


Рисунок 3. Классификация полупроводниковых приборов.

Полупроводниковые диоды

Содержание программы

Классификация диодов. Устройство и назначение диодов. Вольт – амперная характеристика. Основные параметры. Стабилитроны, варикапы, условные графические обозначения на схемах. Буквенною–цифровые обозначения, маркировка.

Литература: [1, с. 19-31; 312, с. 37-46]; [6, с. 3-48]; [7, с. 46-59]; [8, с. 20-32]; [13, § 1.4].

Методические указания

Полупроводниковым диодом называется полупроводниковый прибор с одним p-n переходом и двумя выводами. Классификация и условные обозначения полупроводниковых диодов представлены на рисунке 4.

Выпрямительный диод предназначен для преобразования переменного тока в ток одного направления (постоянный ток).

Для получения больших значений выпрямленного тока выпрямительные диоды выполняются плоскостными, поскольку для нормальной работы диода плотность тока через переход не должна превышать 1-2 А/мм^2.

Полупроводниковый стабилитрон – это диод, напряжение на котором в области электрического пробоя зависит от тока и который предназначен для стабилизации напряжения.

Вопросы для самопроверки:

1. Как классифицируются полупроводниковые диоды?
2. Опишите устройство полупроводникового диода.
3. Какими параметрами характеризуются выпрямительные, импульсные, СВЧ - диоды, варикапы?

4. Нарисуйте условные графические обозначения полупроводниковых диодов.

5. Проанализируйте вольт-амперную характеристику диода.

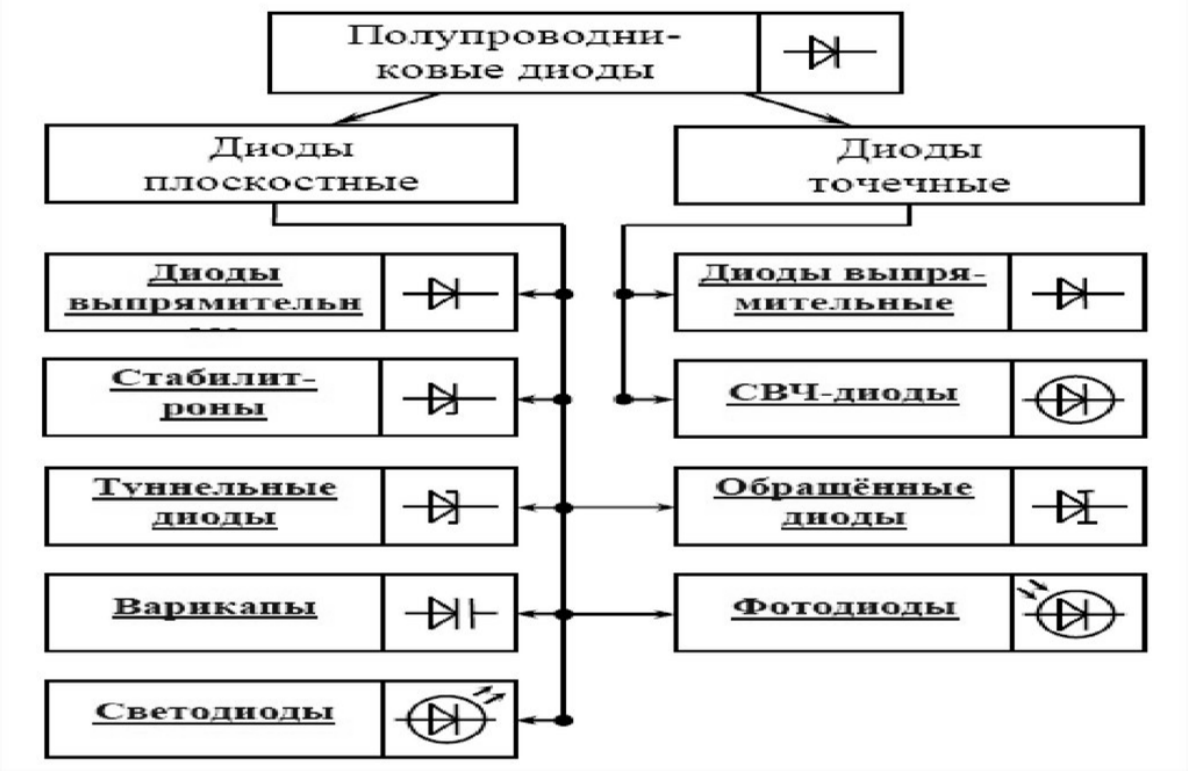


Рисунок 4. Классификация и условные обозначения полупроводниковых диодов.

Биполярные транзисторы (БТ)

Содержание программы

Классификация, устройства и назначение биполярных транзисторов, физические процессы в биполярных транзисторах. Усилительные свойства транзистора. Основные схемы включения. Статические характеристики.

Параметры статического режима и эквивалентные схемы. Биполярный транзистор в динамическом режиме. Влияние температуры Частотные свойства. Режимы работы транзистора. Условные графические обозначения, маркировка. Буквенно-цифровые обозначения.

Литература: [1, с. 31-44]; [2, с. 46-57]; [3, с. 45-55]; [4, с. 59-82]; [6, с. 65-74]; [13, § 1.5];

ГОСТ 20003-74-Транзисторы биполярные.

Электрические параметры. Термины, определения, буквенные обозначения.

Методические указания

Биполярным транзистором (БТ) или просто транзистором называется полупроводниковый прибор, имеющий два взаимодействующих между собой p-n-перехода и три или более вывода. Основное назначение БТ- усиление электрических сигналов. Классификация биполярных транзисторов представлена на рисунке 5.

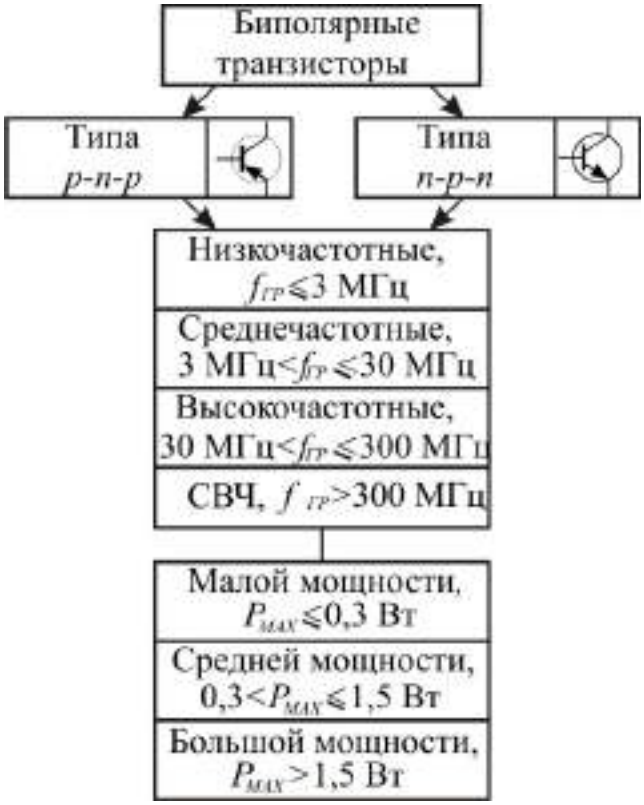


Рисунок 5. Классификация биполярных транзисторов.

Для того, чтобы понять какие процессы происходят в биполярных транзисторах, как они усиливают сигналы и как их использовать в различным усилительных каскадах и других электронных устройствах необходимо уяснить устройство транзисторов, схемы включения, входные и выходным характеристики, основные параметры, в чём заключаются усилительные свойства транзисторов и в каких режимах по току могут работать биполярные транзисторы.

В зависимости от последовательности чередования областей с различным типом электропроводности различают n-p-n транзисторы и p-n-p транзисторы. Устройство плоскостного n-p-n транзистора , его условие графическое обозначение представлена на рисунке 6.

Средняя часть рассматриваемых структур называется базой, одна крайняя область- коллектором, а другая-эмиттером. Переход между базой и эмиттером называют эмиттерным переходом, а между базой и коллектором – коллекторным переходом. На условном графическом обозначении транзисторов n-p-n и p-n-p стрелка показывает условное (от плюса к минусу) направление тока в проводе эмиттера при прямом напряжении на эмиттерном переходе. В зависимости от полярности напряжений, приложенных к электродам транзистора, он может работать в трёх основных режимах: линейном (усилительном), отсечки и насыщения.

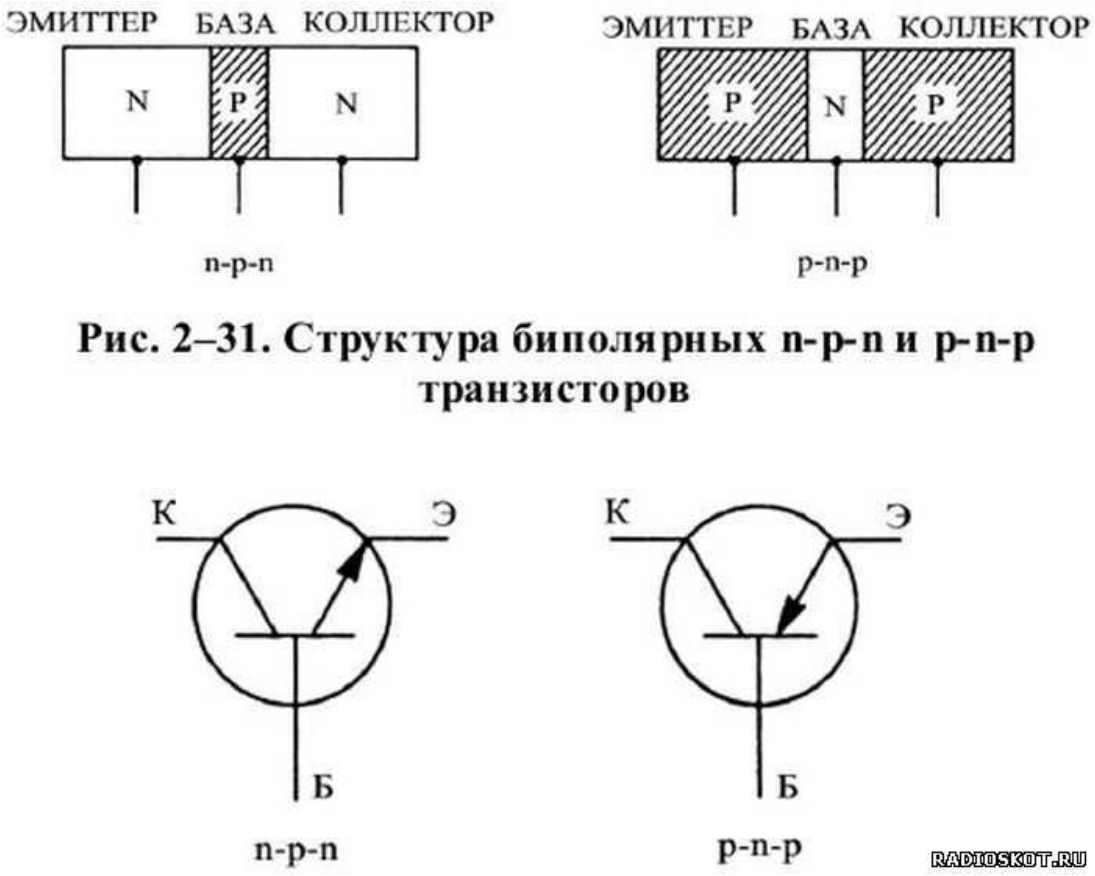


Рисунок 6. Устройство и обозначение биполярных транзисторов.

В линейном режиме работы эмиттерный переход смещён в прямом направлении, а коллекторный - в обратном. В режиме отсечки (запирания) оба перехода смещены в обратном направлении, а в режиме насыщения - в прямом.

Линейный (усилительный) режим является основным. Он используется в большинстве усилителей и генераторов.

В схемах с транзисторами обычно образуется две цепи. Входная, или управляющая, цепь служит для управления работой транзистора. В выходной, или управляемой, цепи получаются усиленные сигналы. Источник управляемых сигналов включается во входную цепь, а в выходную включается нагрузка.

Принцип работы транзистора заключается в том, что прямое напряжение эмиттерного перехода, т.е. участка база-эмиттер (Uбэ), существенно влияет на токи эмиттера и коллектора: чем больше это напряжение (ток базы), тем больше токи эмиттера и коллектора. При этом изменения тока коллектора лишь незначительно меньше изменений тока эмиттера. Таким образом, небольшое напряжение Uбэ, т.е. входное напряжение, управляет большим током коллектора. Именно на этом явлении основано усиление электрических сигналов с помощью транзистора.

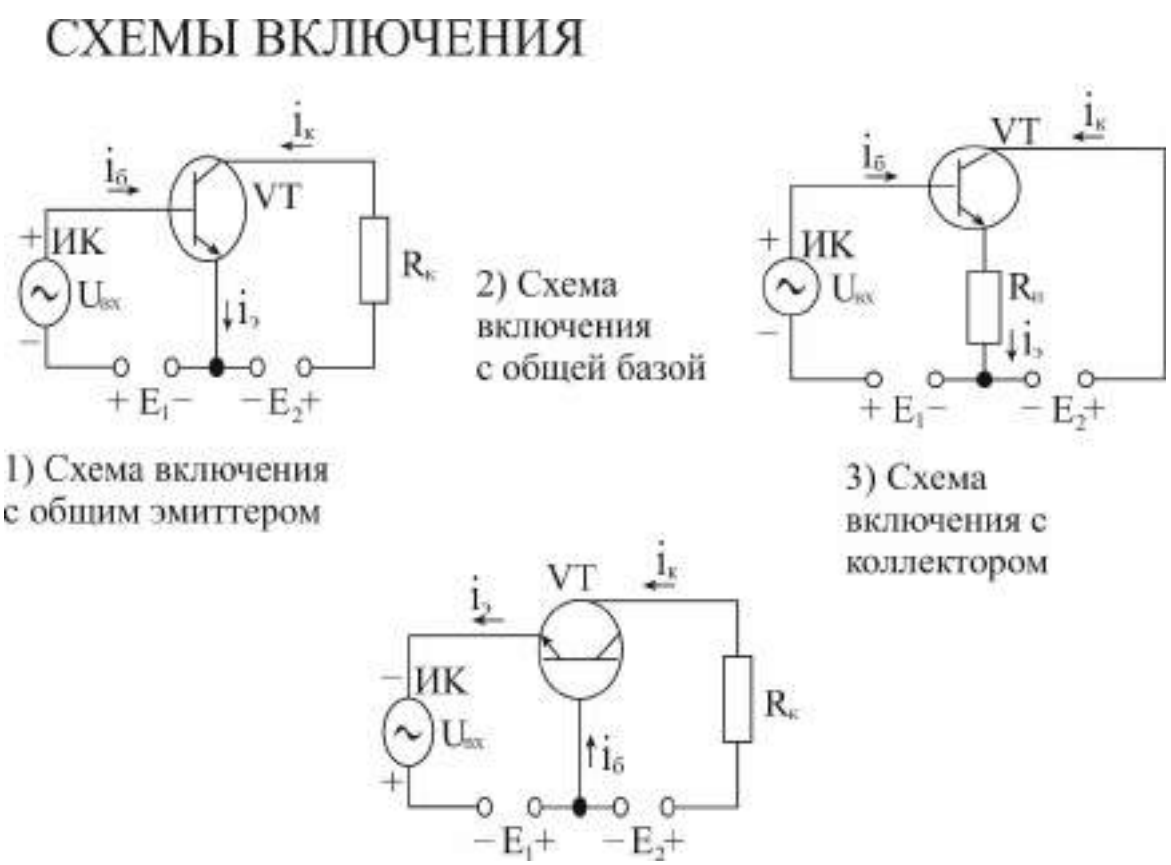


Рисунок 7. Схемы включения биполярного транзистора.

В усилительных или иных каскадах применяют три схемы включения транзисторов: с общим эмиттером (ОЭ), рисунок7 (1), с общей базой (ОБ), рисунок 7 (2) и общим коллектором (ОК), рисунок 7 (3) - между входной и выходной цепями имеется общая точка. Схема ОЭ является наиболее распространённой, т.к. она даёт наибольшее усилие по мощности.

В транзисторах взаимно связаны всегда четыре величины Iвх, Iвых, Uвх,Uвых - входные и выходные токи и напряжения. Взаимосвязи между токами и напряжениями выражаются статическими характеристиками, которые зависят от схемы его включения.

Статические характеристики биполярного транзистора в схеме с ОЭ представлены на рисунке 8.

На рисунке 8(а) показано семейство входных характеристик БТ типа n-p-n, включенного, по схеме ОЭ, которые выражают зависимость $I_Б = f(Uбэ)$ при Uкэ =const. При Uкэ = 0 входная характеристика представляет собой прямую ветвь ВАХ эмиттерного ЭДП. При положительном напряжении коллектора входная характеристика смещается в право.

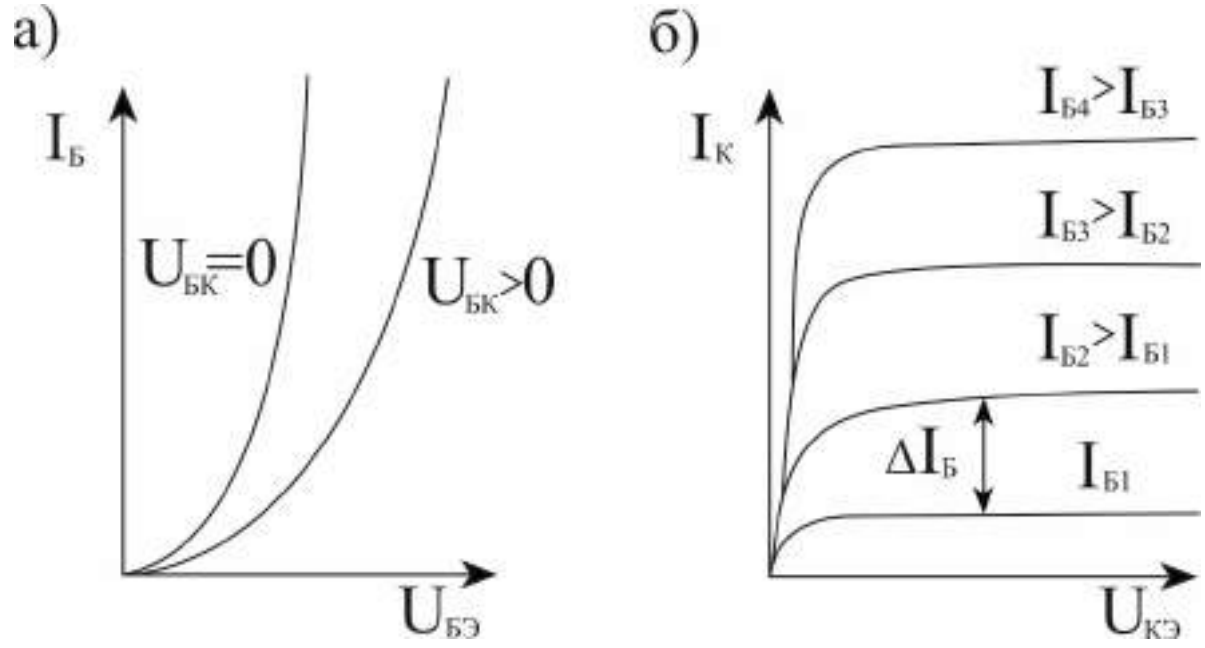


Рисунок 8.Статические характеристики биполярного транзистора в схеме с ОЭ: а) входные характеристики; б) выходные характеристики.

Выходные характеристики, рисунок 8б, отражают зависимость Iк=f(Uкэ) при $I_Б$ = const. Крутой участок характеристик соответствует режиму насыщения, а пологий-активному режиму.На практике наибольшее применение получили гибридные или h-параметры. Токи напряжения при малых амплитудах переменных составляющих в системе h-параметров связаны следующими соотношениями

$$U_{вх} = h_{11}I_{вх} + h_{12}U_{вых}$$

$$I_{вых} = h_{21}I_{вх} + h_{22}U_{вых} \qquad (1)$$

где $h_{11}= U_{вх} / I_{вх}$ при$U_{вых}$ =0 – входное сопротивление;
$h_{12}= U_{вх} / I_{вх}$ при $I_{вх}$ =0 коэффициент обратной связи по напряжению;
$h_{12}= I_{вых}/I_{вх}$при$U_{вых}$ =0 – коэффициент прямой передачи по току;
$h_{22}= I_{вых}/U_{вых}$ при $I_{вх}$ =0 – выходная проводимость.

Значения h-параметров зависят от способа включения транзистора и на низких частотах могут быть определены по статическим характеристикам. При этом амплитуды малых токов и напряжений заменяются приращениями.

Параметры $h_{21э}$ и $h_{22э}$, определяются по выходным характеристикам по формуле :

$$h_{21э}= \Delta Ik/\Delta Iб|\ U_{кэ=}\ \text{const} \qquad (2)$$

$$h_{22э}= \Delta Ik/\Delta\ U_{кэ}|\ Iб_{=}\ \text{const} \qquad (3)$$

Аналогично определяются h- параметры при включении транзистора по схеме с ОБ.

Параметры $h_{21б}$ и $h_{21э}$ соответственно называются коэффициентами передачи тока эмиттера и тока базы. Они характеризуют усилительные свойства транзистора

по току для переменных сигналов, а их значения зависят от режима работы транзистора и частоты усиливаемых сигналов.

Они связаны между собой соотношением

$$h_{21э} = h_{21б}/(1 - h_{21б}) \qquad (4)$$

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируется биполярные транзисторы
2. Каков принцип действия биполярных транзисторов?
3. Назовите схемы включения транзисторов. Каковы их особенности?
4. Какие режимы работы транзисторов вы знаете?
5. Приведите семейства входных и выходных характеристик транзистора для схемы с общим эмиттером и поясните ход характеристик.
6. Нарисуйте условные графические обозначения биполярных транзисторов.

Полевые транзисторы

Содержание программы

Структура и классификация полевых транзисторов. Полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом, их устройство, статические характеристики. Полевые транзисторы с изолированным затвором, с индуцированным и встроенным каналом, их устройство, статические характеристики.

Схемы включения полевых транзисторов. Дифференциальные параметры полевых транзисторов. Маркировка. Условные графические обозначения на схемах.

Литература: [2; §2.9]; [3, §2.7]; [4, с. 114-123]; [6, § 7.1; 7.2]; [8, с. 43-55]; [13, § 1.6];

ГОСТ 19095-73.- Транзисторы полевые. Электрические параметры. Термины, определения, буквенные обозначения.

Методические указания

Полевой транзистор (ПТ) - это полупроводниковый прибор, усилительные свойства которого обусловлены движением основных носителей заряда одного знака через проводящий канал и который управляется электрическим полем, создаваемым входным напряжением.

Управляющий электрод ПТ называется затвором. Он должен быть изолирован от канала. По способу изоляции затвора ПТ делятся на три типа:

1) с управляющим p-n-переходом, или с p-n-затвором;
2) с металло-полупроводниковым затвором, или с затвором Шоттки;
3) с изолированным затвором.

Классификация полевых (униполярных) транзисторов представлена на рисунке 9.

Основу ПТ с p-n-затвором и каналом n-типа составляет полупроводник n- типа (затвор). На границе p- и n- областей образуется ЭДП (электроно-дырочный переход). Слой полупроводника, лежащий справа от ЭДП, называется каналом. Если между p и n- областями включить источник напряжения Uзи, как показано на

рисунке 10, то ЭДП окажется включенным в обратном направлении и его толщина увеличится, что приведет к уменьшению толщины канала.

Сопротивление канала при этом увеличится. Следовательно, изменяя напряжение Uзи, можно управлять толщиной канала и его сопротивлением.

Если теперь к каналу подключить второй источник напряжения, рисунок 10, то через канал потечет ток, образованный движением электронов (основных носителей).

Режим работы, схемы включения, характеристики ПТ подобны этим показателям биполярных транзисторов, если представить, что затвор – это база, исток –эмиттер, сток – коллектор (рисунок 11).

Свойства ПТ характеризуются дифференциальными параметрами: крутизна $S=\Delta Ic/\Delta Iзи$ при Uси=const, характеризует усилительные свойства;

дифференциальное сопротивление $r_i=\Delta Uси/\Delta Iси$ при Uзи=const представляет собой сопротивление ПТ по переменному току;

статический коэффициент усиления $u= \Delta Uси/\Delta Uзи$ при Ic=const связан с параметрами Sir_iформулой $u=Sr_i$.

Пользуясь литературой изучить полевые транзисторы с изолированным затвором.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие ПТ называются униполярными и какой принцип их действия?
2. Что такое МОП – транзисторы?
3. Какими параметрами описывают свойства полевых транзисторов?
4. Поясните принцип управления током стока в полевом транзисторе с р-п-затвором и в МДП – транзисторе с индуцированным каналом.
5. Нарисуйте условные графические обозначения полевых транзисторов.

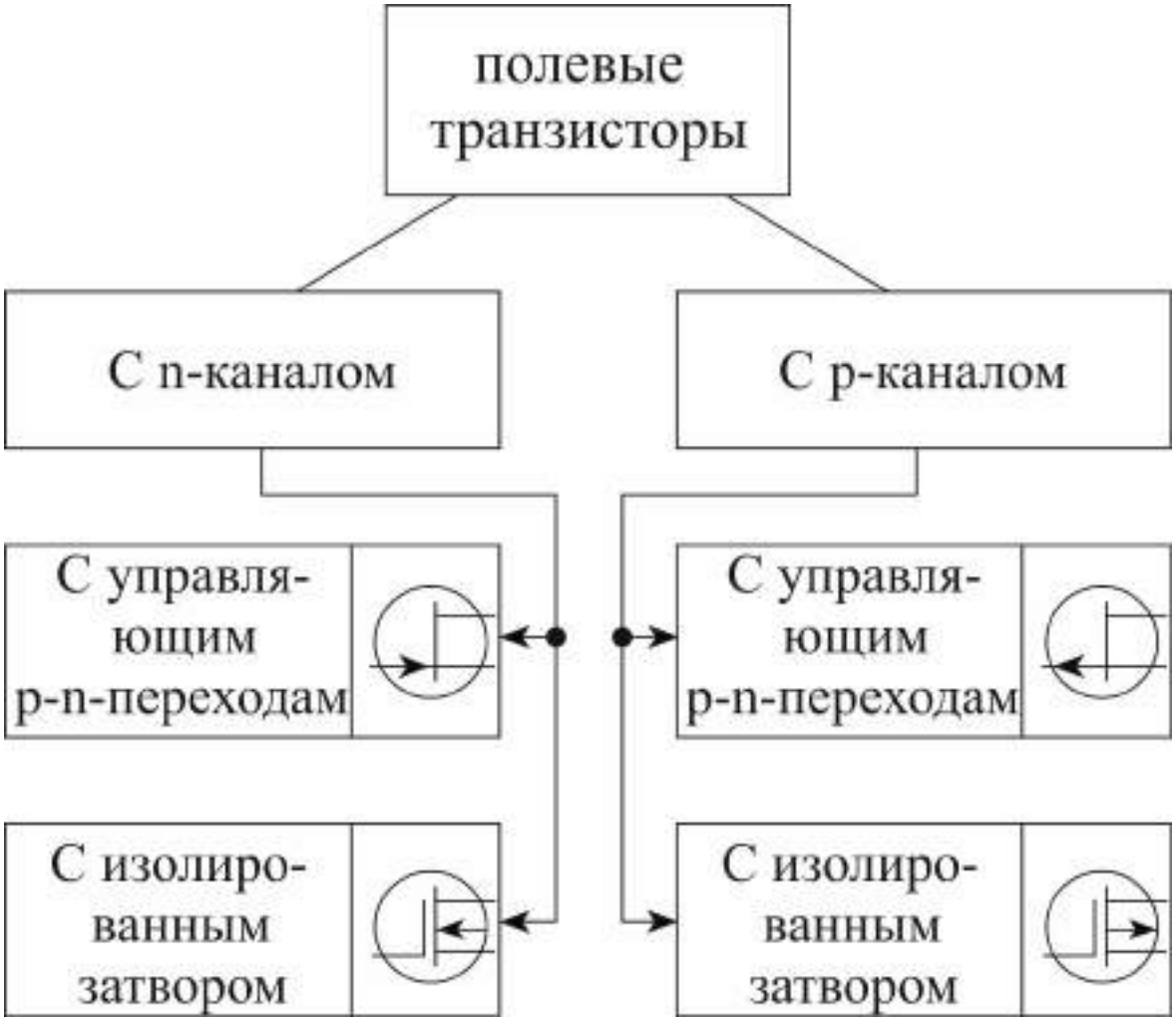


Рисунок 9. Классификация полевых (униполярных) транзисторов.

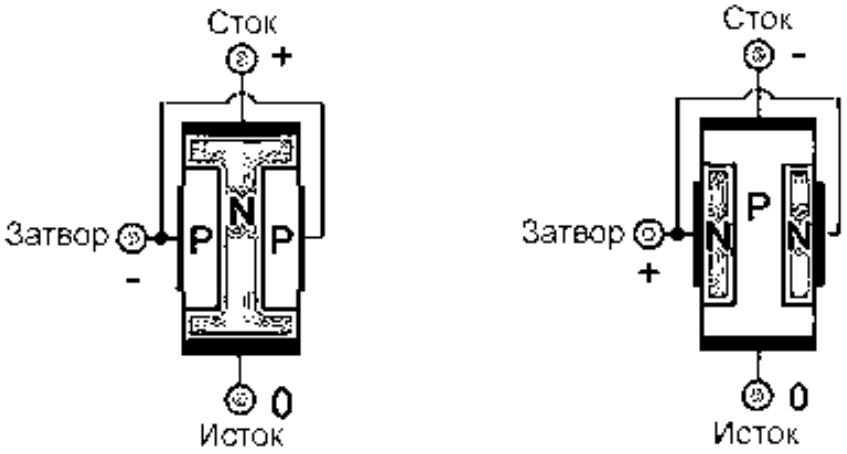


Рисунок 10. Устройство полевых транзисторов.

Схемы включения полевых транзисторов

Функциональное назначение полевого транзистора такое же, что и биполярного. Различают три схемы включения полевого транзистора:

- с общим истоком **(ОИ)**
- общим стоком **(ОС)**
- общим затвором **(ОЗ).**

Наиболее распространены схемы включения транзистора с общим истоком (ОИ).

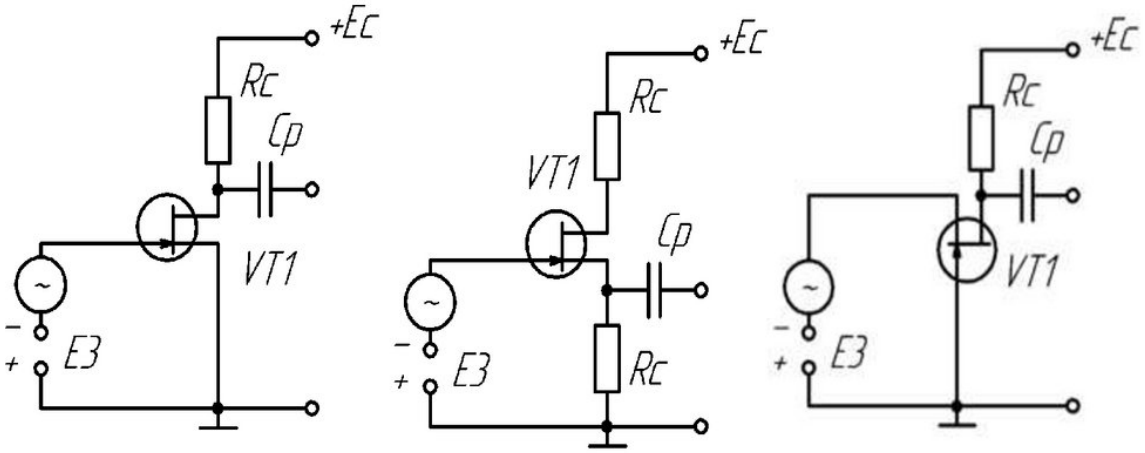


Рисунок 11. Схемы включения полевых транзисторов.

Тиристоры

Содержание программы

Устройство, назначение и принцип работы. Разновидности тиристоров. Основные характеристики и параметры. Схемы включения. Маркировка. Условные обозначения на схемах.

Литература: [1, §2.7]; [2, § 2.8]; [4,§8.1]; [5, §12.5]; [7, §14]; [13, § 1.7].

ГОСТ 20332-74.- Тиристоры. Электрические параметры. Термины. Определения и буквенные обозначения.

Методические указания

Тиристором называют полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями, который имеет три p-n перехода и может переключатся из закрытого состояния в открытое и наоборот.

Тиристоры с двумя выводами называют диодными или динисторами, а с тремя выводами - триодными или тринисторами.

Классификация тиристоров и условные графические обозначения представлены на рисунке 12.



Рисунок 12. Классификация тиристоров и условные графические обозначения.

Как диодный, так и триодный тиристоры имеют четырехслойную структуру с тремя p-n- переходами.

Структура (рисунок 13) и ВАХ (рисунок 15) динистора представлены на рисунках 13 и 15. Структура динистора показана на рисунке 13.

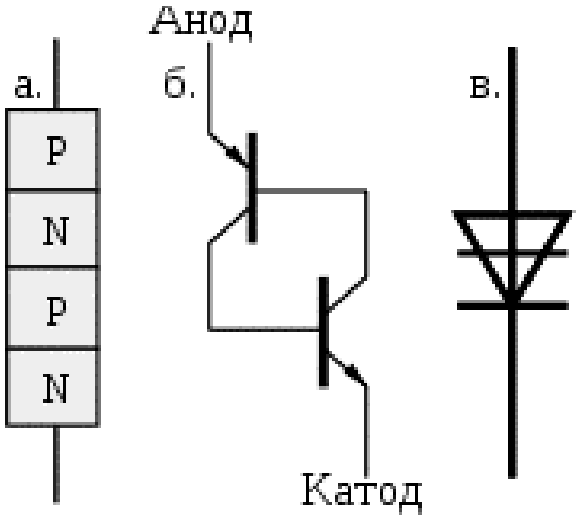


Рисунок 13. Структура динистора.

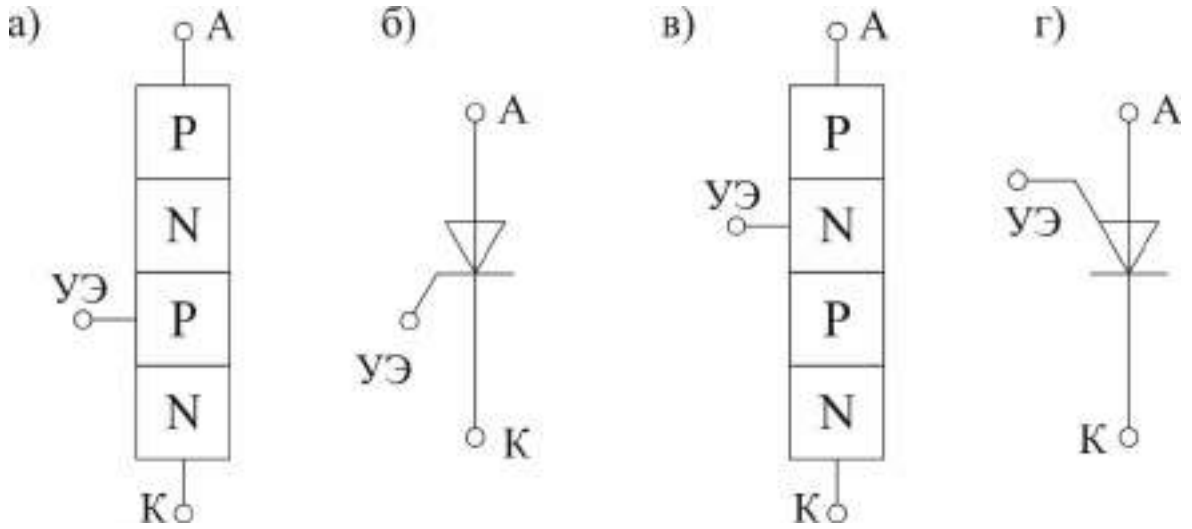


Рисунок 14. Структура тринистора и условное обозначение.

Структура тринистора с катодным управление (а) и его условное схематическое обозначение (б), структура тринистора с анодным управлением (в) и его условное схематическое обозначение (г)

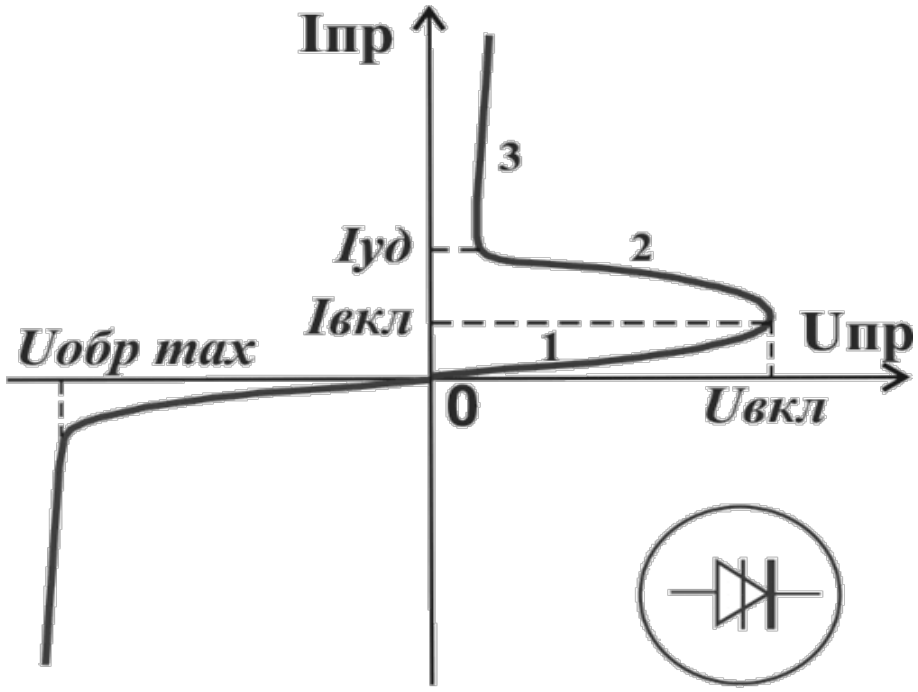


Рисунок15. Вольт-амперная характеристика (ВАХ) динистора.

Тиристоры как управляемые переключатели, обладающие выпрямительными свойствами, нашли широкое применение в управляемых выпрямителях, инверторах, коммутационной аппаратуре.

Вопросы для самопроверки:

1. Что представляет собой тиристор?
2. Назовите виды тиристоров.
3. Что происходит в динисторе при напряжении включения? Покажите это на вольтамперной характеристике.
4. Как перевести динистор в состояние низкой проводимости?
5. Чем триодный тиристор отличается от динистора?
6. Можно ли с помощью тока управления закрыть тиристор?
7. Как расшифровать обозначения 2Н102А, КУ208А,2У205В?

Полупроводниковые оптоэлектронные приборы

Содержание программы

Общие сведения. Излучающие полупроводниковые приборы.

Полупроводниковые приемники излучения. Фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры. Устройство и схема включения; параметры и характеристики.

Светоизлучающие диоды: принцип работ, основные параметры.

Оптроны: общие сведения, назначение и принцип работы, разновидности.

Маркировка и условные обозначения оптоэлектронных приборов.

Литература: [1, с. 57-62]; [2, §3]; [4, с. 186-197]; [5, с. 266-277]; [6, Гл. 5]; [8, § 19-22]; [13, гл.4].

ГОСТ 23562-79. – Оптопары. Термины, определения и буквенные обозначения параметров.

Методические указания

Полупроводниковые приборы широко используются в электронике в качестве устройств, взаимодействующих со световой энергией в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах. Классификация оптоэлектронных полупроводниковых устройств представлена на рисунке 16.

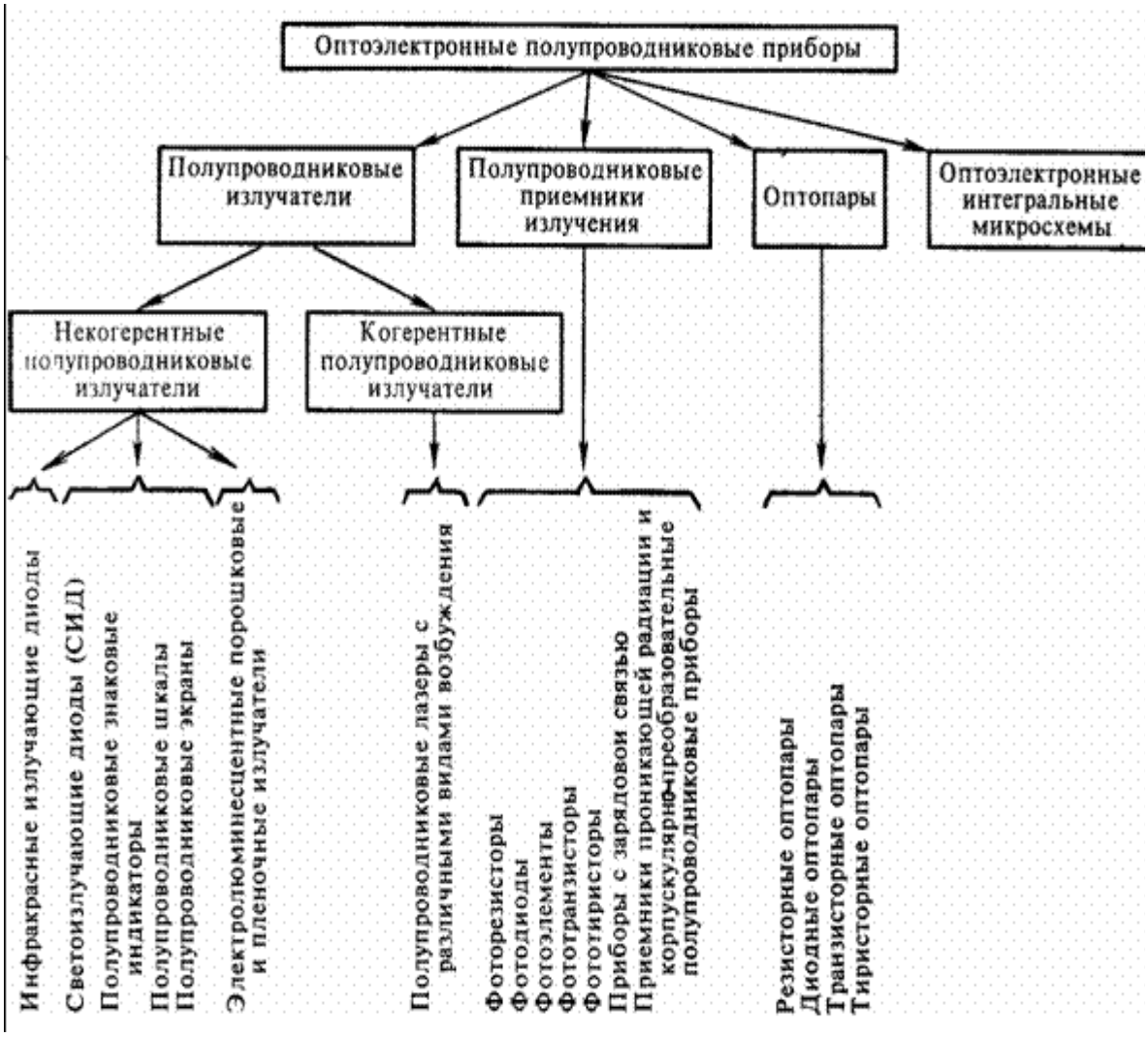


Рисунок 16. Классификация оптоэлектронных полупроводниковых устройств.

Полупроводниковый материал и техника легирования определяют длину световой волны для каждого конкретного устройства. Работа полупроводниковых приемников изучения (фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры) основана на использовании внутреннего фотоэффекта, который состоит в том, что под действием излучения в полупроводниках происходит генерация пар носителей заряда – электронов и дырок. Эти дополнительные носители увеличивают электрическую проводимость. В некоторых приборах за счет фотогенерации электронов и дырок возникает ЭДС, которую принято называть фото- ЭДС, и тогда эти приборы работают как источник тока (фотогальванические или солнечные батареи).

В результате рекомбинации электронов и дырок в полупроводниках образуются фотоны и при некоторых условиях полупроводниковые приборы могут работать в качестве источников излучения. Наиболее распространение получили светоизлучающие диоды (СИД).

Полупроводниковый прибор, содержащий излучающий и фотоприемный элементы, между которыми имеется оптическая связь и обеспечена электрическая изоляция, называют оптопарой или оптроном.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие физические процессы лежат в основе работы светоизлучающего диода (СИД)?
2. Назовите основные характеристики СИД и изобразите их вид.
3. Дайте определение основных параметров СИД.
4. Конструктивное выполнение СИД?
5. На каком физическом эффекте основана работа фоторезисторов?
6. Как изменятся сопротивление фоторезистора при изменении светового потока?
7. Что понимают под оптопарой? Изобразите ее структурную схему.
8. Нарисуйте условные графические обозначения резисторной, диодной, транзистороной и тиристорной оптопар.

Интегральные микросхемы

Содержание программы

Особенности микроэлектроники. Классификация и степень интеграции интегральных микросхем (ИМС). Аналоговые и цифровые ИМС.

Литература: [1, § 3.1; 3.2; 3.6]; [4, гл.9]; [5, с. 251-255]; [7, гл.6]; [8, гл.6], [12, с. 18-22; с. 32-33; с. 90-98]; [13, §2.1]

ГОСТ 17021-88. Микросхемы интегральные. Термины и определения.

ГОСТ 19480-89. Микросхемы интегральные. Термины определения и буквенные обозначения электрических параметров.

Вопросы для самопроверки:

1. Какую аппаратуру называют микроэлектронной?
2. По каким признакам классифицируются ИМС?
3. Как определяют степень интеграции ИМС?
4. Какие функции реализуют аналоговые интегральные микросхемы?
5. Какие функции выполняют логические элементы?

Полупроводниковые ИМС

Содержание программ

Общие сведения о полупроводниковых ИМС. Элементы полупроводниковых ИМС и их формирование, биполярные транзисторы, диоды, полевые транзисторы, резисторы, конденсаторы.

Литература: [1, § 3.2; 3.3; 3.5]; [2, § 4.2]; [4, с.147-159]; [8, гл.6]; [8, § 25-31]; [12, с. 6-15]; [13, §2.4].

Вопросы самопроверки:

1. Какие ИМС называют полупроводниковыми?
2. Каковы особенности резисторов и конденсаторов ИМС?
3. Какими способами изолируют биполярные транзисторы ИМС?
4. Что вы знаете о корпусах ИМС? Поясните рисунками.

Пленочные и гибридные ИМС

Содержание программы

Общие сведения. Элементы пленочных и гибридных ИМС: подложки, пленки, компоненты. Монтаж в корпусе. Бескорпусные ИМС. Система обозначений ИМС.

Литература: Л1, § 3.4; Л2,§ 4.5; 4.6; Л7, § 28; Л12,с 15-22; Л13,§ 2.3.

Вопросы для самопроверки:

1. Как подразделяются плёночные ИМС?
2. Что называют элементом и компонентом в ИМС?
3. Какие компоненты используют при создании гибридных интегральных микросхем?
4. В чем разница между совмещенными и гибридными ИМС?
5. Как расшифровать следующие обозначения микросхем: К155тм5, К237УН2. К142ЕН1?

Большие и сверхбольшие интегральные микросхемы

Содержание программы

Общие сведения. Особенности проектирования и изготовления больших интегральных микросхем (БИС). Элементы сверхбольших интегральных микросхем (СБИС).

Литература: [12, с. 21-26].

Вопросы для самопроверки:

1. В чем заключаются особенности БИС (СБИС), характеризующие достижения современной микроэлектронной элементной базы?
2. Как достигается высокая степень интеграции полупроводниковых БИС (СБИС)?
3. Что такое ПЛМ?

Методические указания

Интегральной микросхемой (ИМС) называется микроэлектронное изделие, состоящее из комплекса электрически связанных активных и пассивных элементов, объединенных в кристалле или на общей подложке в виде функционального завершенного узла. Технология изготовления, при которой совмещаются процессы изготовления электро-радиодеталей и соединений между ними, называется интегральной.

Микросхемы разделяют по технологическим методам их изготовления на полупроводниковые и гибридные.

С точки зрения интеграции основными параметрами ИМС является степень интеграции и плотность упаковки.

Классификация ИМС представлена на рисунке 17.

По характеру выполняемых функций различают аналоговые и цифровые ИМС.

Аналоговая интегральная схема выполняет функции преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону непрерывных функций. Такие ИМС применяются в качестве усилителей, генераторов, фильтров, детекторов и д.р.

Цифровая интегральная схема предназначена для преобразования и обработки сигналов изменяющихся по закону дискретной функции (двоичный и другой код).

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ И СИСТЕМА ИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

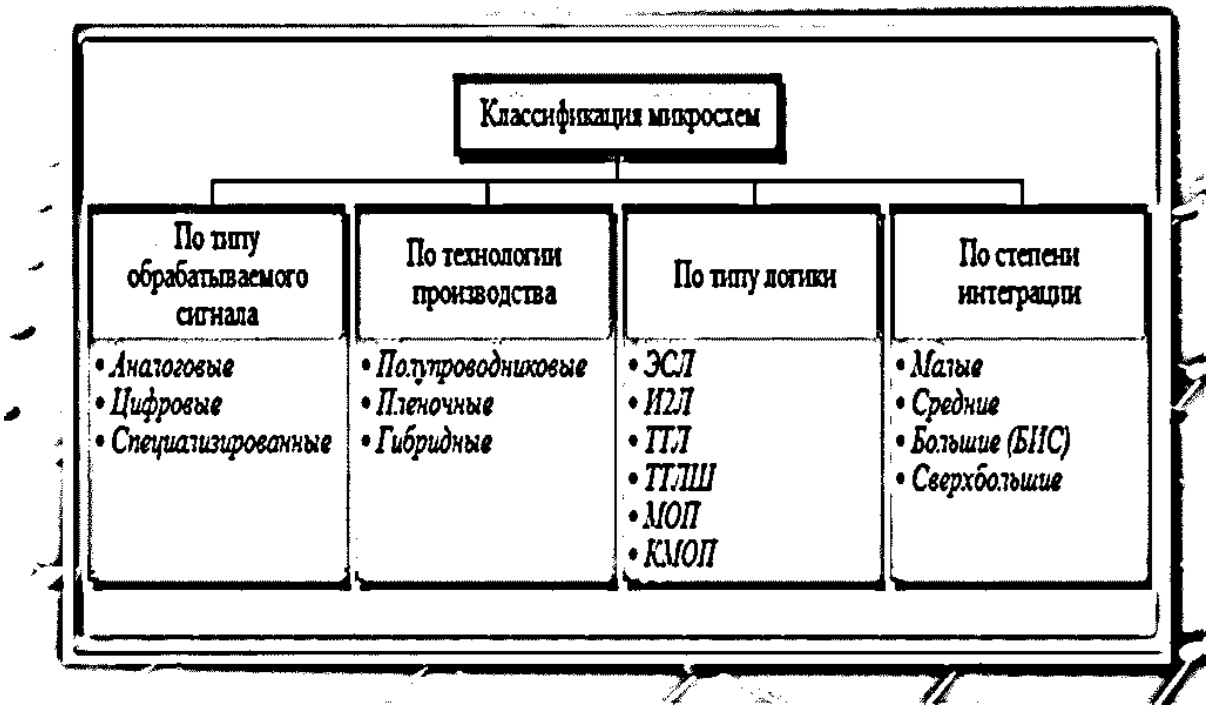


Рисунок 17. Классификация интегральных микросхем(ИМС).

Цифровой ИМС называют еще логическими ИМС

Устройства индикации

Содержание программы

Электронно-лучевые индикаторы (ЭЛИ). Конструкции. Принцип действия. Основные параметры. Особенности ЭЛИ различного назначения.

Литература: [1, § 7.1]; [4, гл.20; § 21.5]; [5, с. 261-264]; [7, § 25]; [12, § 7.2]; [13, § 31].

Вопросы для самопроверки:

1. Какую роль в электронно-лучевой трубе выполняет модулятор?
2. Как изменить фокусировку электронного луча?
3. Как работают трубки со звуковой индикации?
4. Что обозначает 59ЛК2Б?

Газоразрядные и вакуумно-люминесцентные индикаторы

Содержание программы

Конструкция газоразрядных и вакуумно-люминесцентных индикаторов. Принцип их действия, основные параметры, достоинства и недостатки.

Литература: [1, § 7.2; 7.3]; [4, § 21.1, 21.5]; [5, § 13.3]; [12, § 7.2]; [13, § 3.3; 3.5].

Вопросы для самопроверки:

1. Какие существуют приборы для отображения цифровых, буквенных и знаковых сигналов?

2. Как устроены накальные и катодолюминесцентные индикаторы?
3. Какие процессы лежат в основе работы газоразрядных приборов?
4. Как работает цифровой вакуумный люминесцентный индикатор?
5. Какие индикаторы требуют большего рабочего напряжения?

Полупроводниковые и жидкокристаллические индикаторы

Содержание программы

Конструкция полупроводниковых и жидкокристаллических индикаторов. Принцип их действия, основные параметры, достоинства и недостатки. Система обозначения индикаторных приборов.

Литература: [1, § 7.4; 7.5]; [4, с.300-301]; [5, § 14.3]; [7, § 23]; [12,§ 7.2]; [3, § 3.4].

Вопросы для самопроверки:

1. На чём основана работа светодиодов?
2. Как устроены знаковые индикаторы на основе светодиодов?
3. Что представляют собой жидкокристаллические индикаторы?
4. Как расшифровать следующие обозначения АЛ304А, АОТ102?

Методические указания

Практически во всех областях промышленной электроники используются приборы и устройства для отображения информации в виде цифр, букв, геометрических фигур, условных знаков, цветных тонов, зависимости величин в виде графиков и т.п.

Индикаторные приборы удобно классифицировать по физическим явлениям, на которых основаны их принципы действия. В соответствии с этим различают:

1) Накальные индикаторы, в которых используются свечение разогретой электрическим током металлической нити накаливания;
2) Электролюминесцентные индикаторы, в которых применяется свечение некоторых кристаллических веществ под воздействием электрического поля;
3) Электронно-лучевые и вакуумно-люминесцентные индикаторы, основаны на свечении люминофора при бомбардировке электронами;
4) Газоразрядные индикаторы, в которых используется свечение газа при электрическом разряде;
5) Полупроводниковые индикаторы, в которых происходит излучение квантов света рекомбинации неосновных носителей заряда в p-n- переходе при подаче на переход внешнего напряжения;
6) Жидкокристаллические индикаторы, основанные на изменении оптических свойств жидких кристаллов под воздействием электрического поля.

В настоящее время для отображения знаковой информации чаще всего применяются полупроводниковые, вакуумно-люминесцентные, газоразрядные и жидкокристаллические индикаторы; для отображения знаковой и графической информации – электронно-лучевые индикаторы, более сложные приборы с широкими возможностями (например, дисплей).

Изучить материал по рекомендованной литературе и ответить на поставленные вопросы.

Электронные усилители

Общие сведения об электронных усилителях

Содержание программы

Понятие об электронных усилителях. Обобщённая функциональная схема усилительного каскада. Классификация усилителей. Виды усиливаемых сигналов. Гармонические и импульсные сигналы и их параметры.

Виды обратных связей в усилителях. Влияние обратной связи на параметры усилителя. Паразитная обратная связь.

Литература: [1, § 4.1, 4.3]; [2. гл.5]; [3, гл. 3]; [5, гл. 16]; [7, гл.8]; [10, гл. IX]; [13,§ 5.1; 5.2; 6.2].

Вопросы для самопроверки:

1. Для какой цели предназначен усилитель?
2. Какие основные элементы содержат усилитель?
3. По каким признакам классифицируются усилители?
4. Назовите основные характеристики усилителей.
5. Для какой цели в усилителях вводится обратная связь?
6. Какие сигналы называются гармоничными?
7. Назовите виды и параметры импульсных сигналов.

Режимы работы усилительного каскада по постоянному току

Содержание программы

Рабочая точка усилительного каскада. Характеристика режимов работы каскада в зависимости от положения рабочей точки. Линейные и нелинейные искажения сигнала. Методы обеспечения режима работы транзистора в каскаде усилителя и его термостабилизация.

Литература: [1, § 4.2; § 4.4]; [2, гл.8]; [7, §4.2]; [10, § 29]; [13, §5.6].

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите особенности работы усилителя в разных режимах.
2. Как выбирают точку покоя и как обеспечивают заданное её положение?
3. Дайте характеристику искажениям сигнала.
4. Как обеспечить температурную стабилизацию точки покоя?

Усилители синусоидальных сигналов

Содержание программы

Каскады предварительного усиления. Усилительные каскады на биполярных транзисторах. Динамические параметры и характеристики.

Эквивалентные схемы. Анализ частотных свойств усилителей синусоидальных сигналов. Усилительные каскады на полевых транзисторах.

Выходные каскады усиления (усилители мощности).

Однотактные и двухтактные выходные каскады (трансформаторные и бестрансформаторные).

Повторители напряжения. Избирательные усилители.

Литература: [1, § 4.5; 4.6; 4.7; 4.13]; [2, гл.6]; [3, § 3.2; 3.3;3.5]; [5, гл.16 (16.2; 16.3)]; [13, § 5.5; 6.1].

Вопросы для самопроверки:

1. Какие элемент образуют входную выходную цепи усилителя?

2. За счет каких элементов обеспечиваются режим начального смещения?

3. Как влияют параметры схемы усилителя на коэффициенты Ku, Ki?

4. Каково назначение конденсаторов, шунтирующих резисторов в цепях источника и эмиттера транзисторных усилителей?

5. Поясните принцип усиления переменного напряжения в простейших усилителях на полевых и биполярных транзистора.

6. В чем особенности работы усилительной мощности?

Методические указания

Электронным усилителем называют устройство, обеспечивающее увеличение мощности электрических сигналов, поступающих на его вход, увеличение мощности сигнала в усилителе происходит за счет преобразования энергии источника питания. Это преобразование осуществляется с помощью активных элементов обладающих управляющими свойствами: биполярных и полевых транзисторов, обобщенная схема простейшего усилителя изображена на рисунке 18. Ко входу усилителя (точки 1-2) подключен источник входного сигнала с действующим значением ЭДС и внутренним сопротивлением Ru.

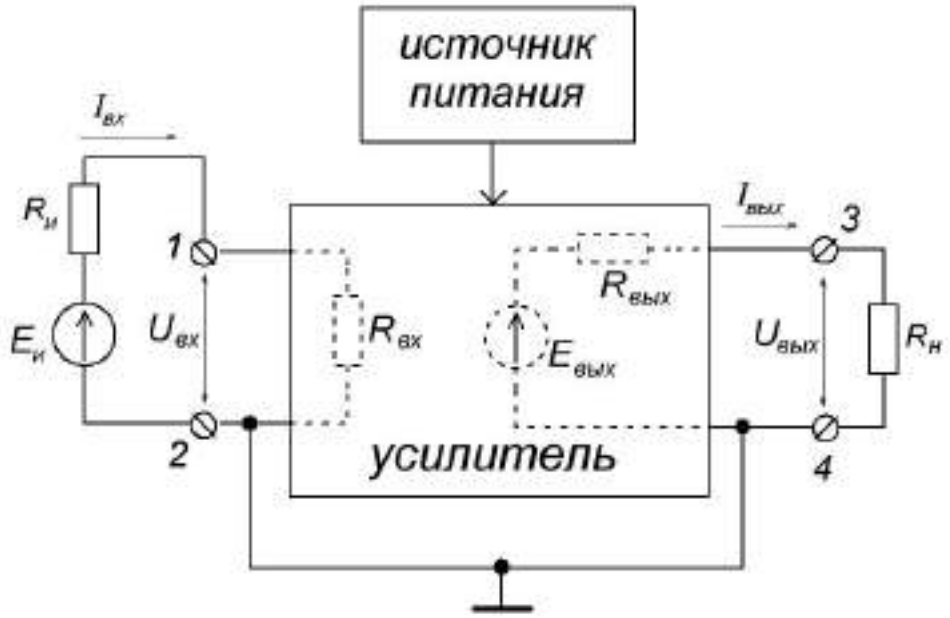


Рисунок 18. Обобщенная схема простейшего усилителя.

Маломощный входной сигнал управляет расходом энергии источника питания значительно больше уровня мощности. Таким образом, благодаря использованию управляющего (активного) элемента и более мощного источника питания, представляется возможность усиления мощности входных сигналов.

В выходной цепи усилителя действует, усилительный сигнал, что отображено на схеме наличием источника напряжения $K_{Uвх}$с выходным сопротивлением $R_{вых}$. Для выделения усиленного сигнала в выходную цепь включается нагрузка $R_н$ (точки 3-4).

К основным техническим показателям и характеристикам электронных усилителей относятся: коэффициент усиления, амплитудно- частотная, фазо-частотная и амплитудная характеристики, линейные и нелинейные искажения,

динамический диапазон, входное и выходное сопротивления, коэффициент полезного действия, выходная полезная мощность и некоторые другие.

При работе электронных устройств в их цепях протекают постоянные и переменные токи, создаваемые различными электрическими сигналами. Законы изменения сигналов во время могут быть самыми разнообразными. Чаще всего приходится иметь дело гармоническими и импульсными сигналами.

На рисунке 19 показана схема простейшего усилителя на биполярном транзисторе, включенном с ОЭ.

При отсутствии входного сигнала усилитель находится в исходном режиме покоя, который определяется напряжением на базе и коллекторе и током коллектора.

Ток покоя протекает через резистор нагрузки и создаёт на его сопротивлении напряжение.

В момент времени t_1 на базу подается сигнал и напряжение базы начинает изменяться по закону $U_{вх} = U_{max}\sin\omega t$. Это вызывает изменения $I_к$ и $U_{Rк}$ и появление усиленного выходного напряжения $U_{mвых}$ приблизительно равного по абсолютной величине $U_{mкэ.}$

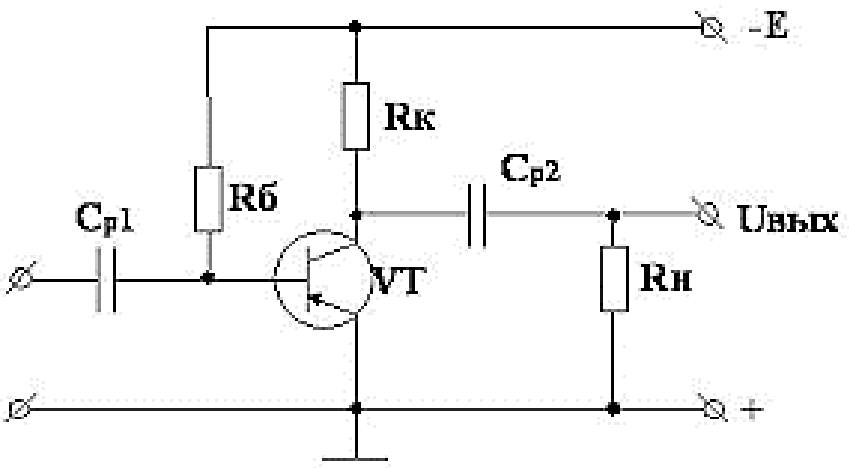


Рисунок 19. Схема простейшего усилителя на биполярном транзисторе, включенном с ОЭ.

В усилителе, рисунок 19, ток коллектора $I_к$ и напряжение на коллекторе Uкэ связаны уравнением:

$$Uкэ = Eк - IкRк$$

Это уравнение учитывает наличие нагрузки в выходной цепи и в координатах Iк и Uкэ на входных характеристиках транзистора, рисунок 20, отображается прямой линией, которую называют выходной нагрузочной характеристикой.

В зависимости от положения рабочей точки покоя на нагрузочной характеристике различают два основных режима работы усилительного каскада: режимы классов А (точка 1), В (точка 2).

Режимы задаются способами смещения эмиттерного перехода. Смещение может осуществляться отдельными источниками питания или специальными цепями смещения (с фиксированным током базы, с фиксированным напряжением база-эмиттер и с цепью смещения отрицательной обратной связью).

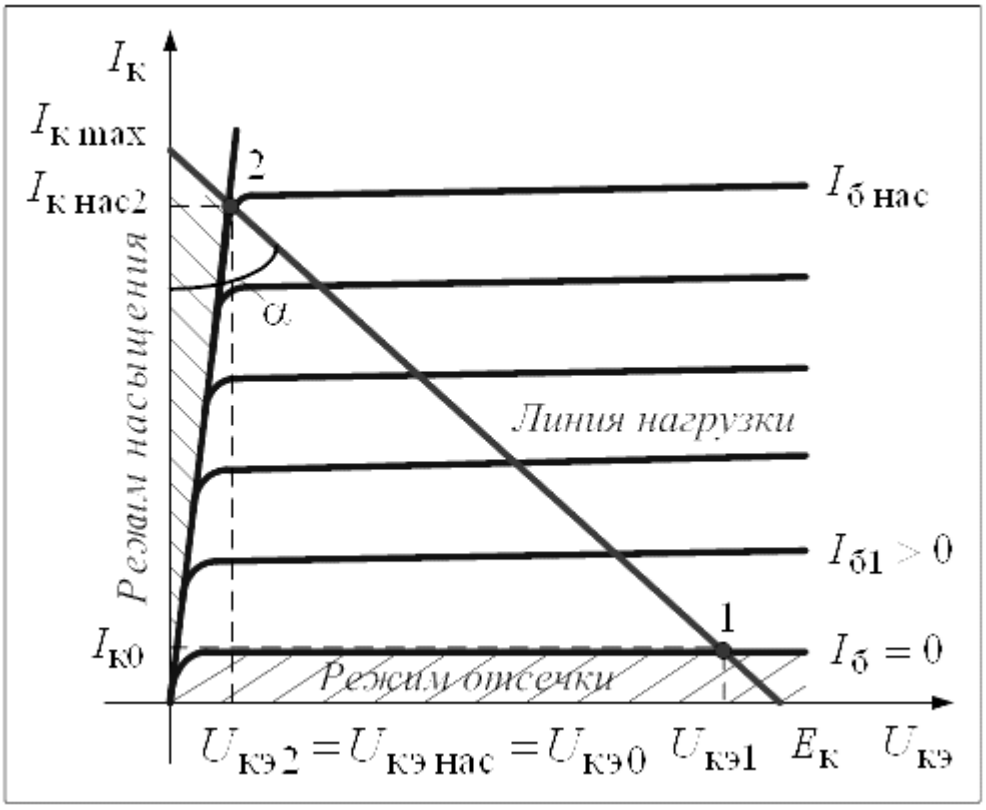


Рисунок 20. Выходные характеристики транзистора.

Многокаскадные усилители

Содержание программы

Разновидности связей многокаскадных усилителей. Характеристики многокаскадных усилителей. Составные транзисторы.

Литература: [1, § 4.8]; [7, § 44]; [13, §6.1].

Вопросы для самопроверки:

1. В каких случаях применяются схемы многокаскадных усилителей?
2. Назовите виды межкаскадных связей.
3. Нарисуйте схему двухкаскадного усилителя с резистивно-ёмкостной межкаскадной связью на микросхемах.

Усилители с гальваническими связями

Содержание программы

Общие сведения об усилителях с гальваническими связями.

Простейшие усилители постоянного тока. Дрейф нуля. Балансные усилители. Дифференциальные усилители.

Литература: [1, § 4.9; 4.10]; [2, гл. 7]; [3, § 3.6, 3.7]; [5, с. 315-319]; [7, §45].

Вопросы для самопроверки:

1. В каких схемах применяются гальванические связи?
2. Нарисуйте схему простейшего усилителя постоянного тока.
3. Поясните явление дрейф нуля. Как уменьшить дрейф нуля в усилителях постоянного тока?
4. По какому принципу строятся балансные (мостовые) схемы?
5. Как построен дифференциальный усилительный каскад?

Методические указания

В тех случаях, когда одиночный каскад не обеспечивает заданного усиления, применяются многокаскадные усилители.

Структурная схема многокаскадного усилителя представлена на рисунке 21.

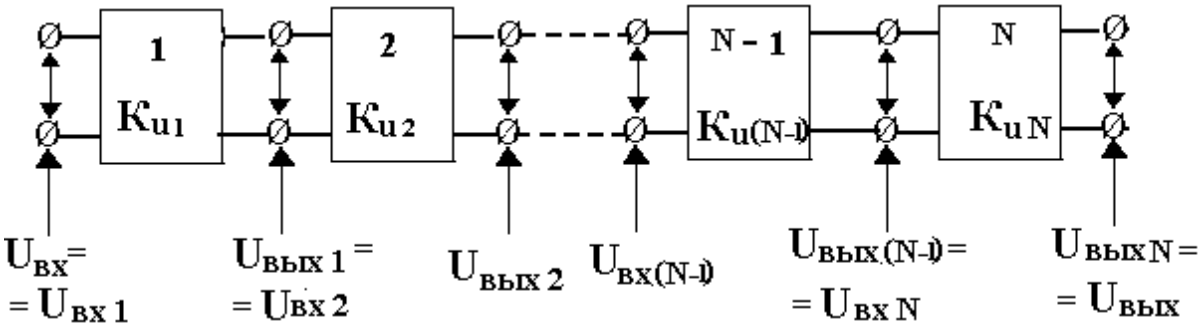


Рисунок 21. Структурная схема многокаскадного усилителя.

При выполнении условий $U_{вых1}=U_{вх2}$, $U_{вых2}=U_{вх3}$,….,

$U_{выхn-1}=U_{вхn}$ коэффициент усиления многокаскадного усилителя равен произведению коэффициентов усиления всех каскадов:

$$K_U=\frac{U_{выхn}}{U_{вх1}} K_1 \bullet K_2 \bullet \ldots K_n \quad (5)$$

Связь между каскадами осуществляется с помощью специальных схем междукаскадной связи. Основными видами междукаскадных связей являются: резистивно-ёмкостная, трансформаторная и непосредственная (гальваническая).

Усилители мощности (УМ) являются оконечными, т.е. выходными, каскадами многокаскадного усилителя и служат для передачи потребителю заданной или максимально возможной мощности. Основными параметрами УМ являются: выходная мощность, отдаваемая усилителем в нагрузку; коэффициент полезного действия (КПД); коэффициент гармоник. Эти параметры существенно зависят от режима работы выходного каскада.

Различают три основных режима усилительного каскада: режимы классов А, В и С. В режиме А обычно используется однотактные усилители мощности. В режиме В и С применяют двухтактные усилители мощности (УМ), которые могут быть трансформаторными или бестрансформаторными.

Операционные усилители

Содержание программы

Общие сведения об операционных усилителях (ОУ). Структура операционных усилителей. Параметры и характеристики ОУ. Схемотехника интегральных ОУ.

Инвертирующие и не инвертирующее включение ОУ.

Типовое применение ОУ: сумматор, вычитающее устройство, интегрирующий усилитель, дифференцирующий усилитель.

Литература: [1, § 4.12]; [2, гл.7(7.5)]; [3, §3.8]; [7, §47]; [13, §6.4].

Методические указания

При усилении медленно изменяющихся напряжений и токов, а также в тех случаях, когда требуется усиливать не только переменные, но и постоянные составляющие сигналов, применяются гальванические связи. Элементами гальванических связей могут быть резисторы, диоды и просто проводники. В последнем случае связь называется непосредственной,

В усилителях с гальваническими связями (УГС)fн=0. Такие усилители часто называют усилители постоянного тока (УПТ), хотя это название довольно неточно отражает их свойства. Отсутствие разделительных конденсаторов и трансформаторов в УГС исключает наличие фазового сдвига на частоте fн=0.

Схема усилителя с непосредственными связями представлена на рисунке 22.

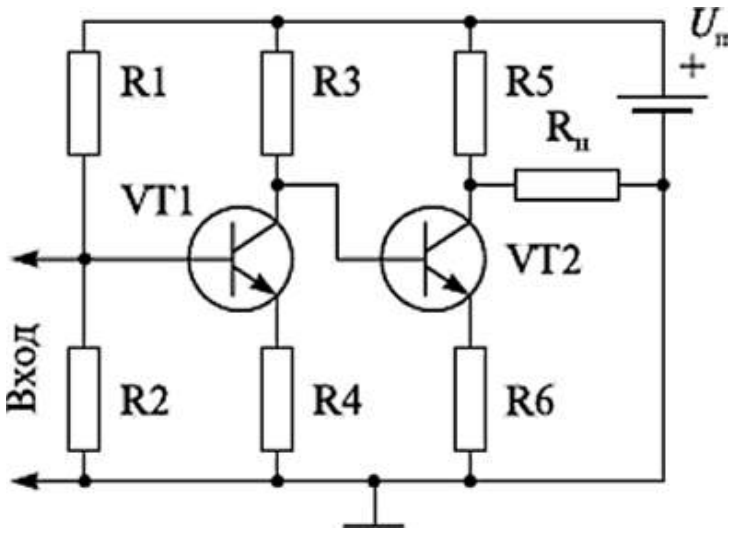


Рисунок 22. Схема усилителя с непосредственными связями.

Недостатком рассмотренных УГС является то, что изменение режима одного из каскадов под действием различных дестабилизирующих факторов вызывает изменение тока или напряжения выходного каскада. Это явление называется дрейфом нуля. Наибольшее влияние на дрейф нуля в УГС оказывает первый каскад, так как изменение тока или напряжения на его выходе усиливается последующими каскадами.

Основные причины, вызывающие дрейф нуля УГС:

- изменение температуры окружающей среды;

-изменение давления и влажности окружающей среды;

-изменение напряжения источника питания;

-старение активных и пассивных элементов усилителя;

-шумы, создаваемые активными и пассивными элементами.

Одним из основных методов уменьшения дрейфа является использование балансных (мостовых) схем.

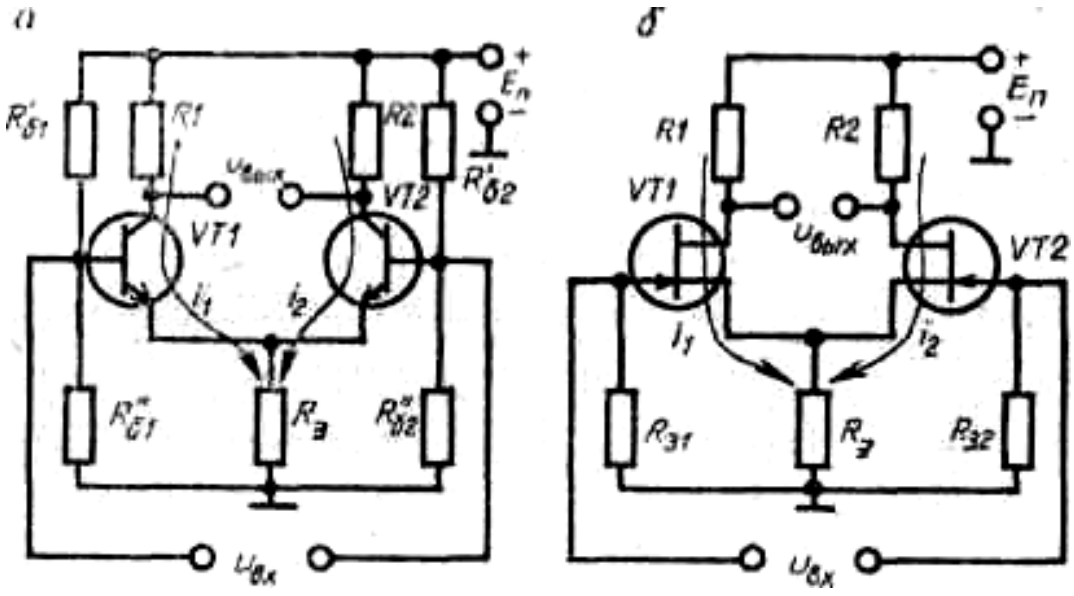
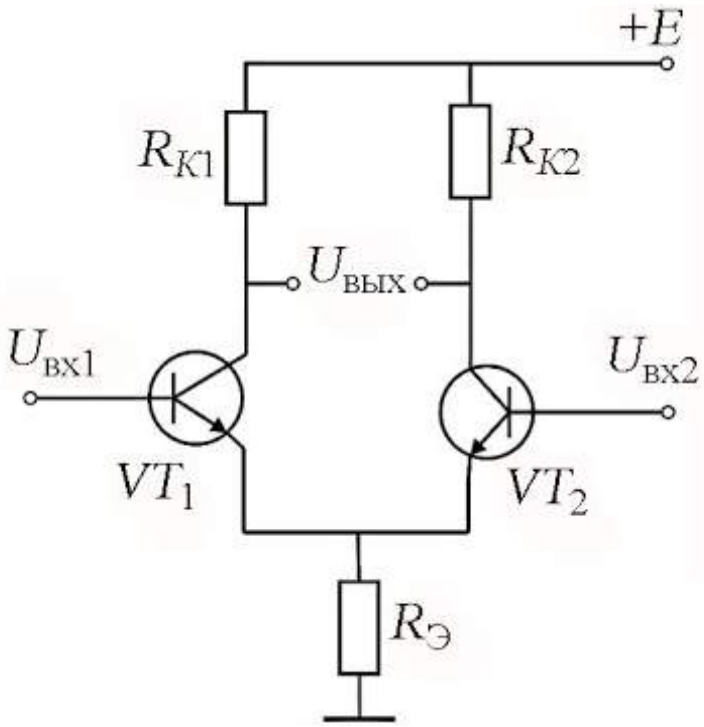
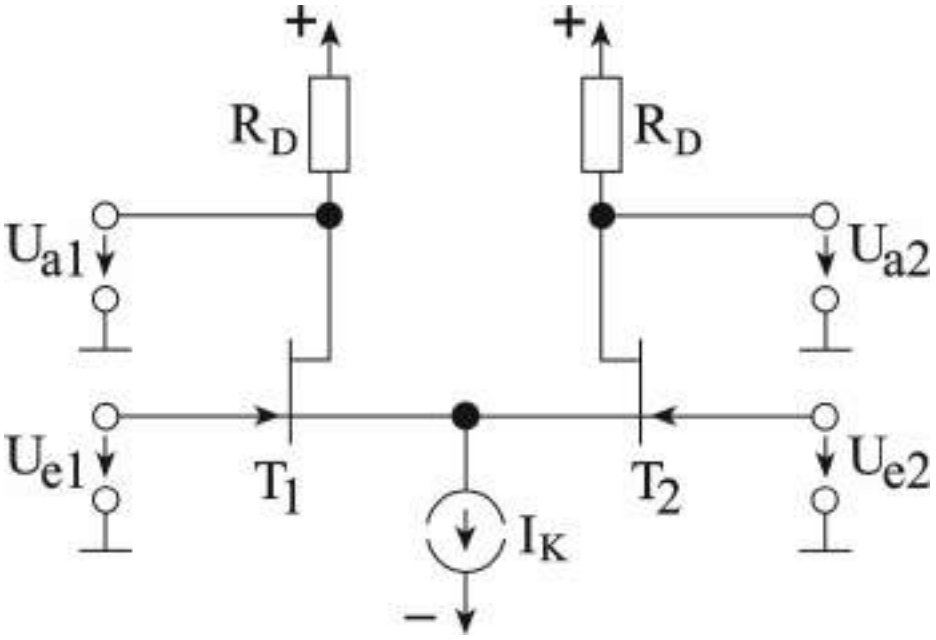


Рисунок 23. Схема усилителей параллельного баланса с симметричными входами на биполярных (а) и полевых (б) транзисторах.

Дифференциальные усилители (ДУ) на биполярных и полевых транзисторах отличаются от балансных усилителей, показанных на рисунке 23, наличием двух несимметричных входов, рисунок 24.



а)



б)

Рисунок 24. Схемы дифференциальных усилителей на биполярных (а) и полевых (б) транзисторах.

Дифференциальный усилитель усиливает разность входных сигналов.

Операционными усилителями (ОУ) называют широкий класс усилителей с гальваническими связями, работающих при наличии глубокой обратной связи. Эта обратная связь настолько велика, что параметры и характеристики устройства на ОУ практически полностью определяется видом и характеристиками элементов,

входящих в цепь ОУ. Независимо от сложности принципиальной схемы почти все ОУ имеют структурную схему,показанную на рисунке 25. Операционные усилители, построенные по такой структурной схеме, имеют два и один выход. По отношению к выходу один из входов является инвертирующим, другой – неинвертирующим. Наличием в ОУ инвертирующего и неинвертирующего входа значительно облегчает введение в него различных ОС и с их помощью реализацию различных функций.

Отклонения от данной структурной схемы носят непринципиальный характер.

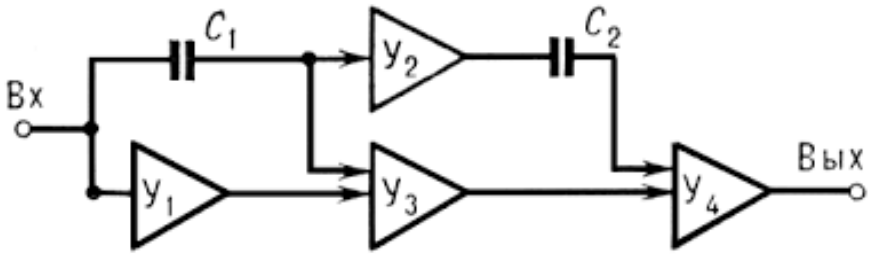


Рисунок 25. Структурная схема операционного усилителя.

Представляя ОУ идеальной моделью, что $K_U \to \infty$, $R_{BX} \to \infty$, $R_{ВЫХ} \to 0$. Кроме того, к основным признакам идеального ОУ следует также отнести бесконечно широкую полосу частот усиливаемых сигналов, начиная с частоты f=0, постоянство амплитуды усиливаемого сигнала во всем диапазоне частот, отсутствие дрейфа нуля, высокое подавление синфазных сигналов (отсутствие статических и шумовых ошибок). Основными характеристиками ОУ являются амплитудная и амплитудно-частотная.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие усилители постоянного тока называют операционными?
2. Какие основные требования предъявляют к операционным усилителям?
3. Какова структура интегрального ОУ? Какие функции выполняют входные каскады СУ?
4. Поясните, как осуществляется защита от перегрузок но току в выходных каскадах интегральных ОУ?
5. Назовите основные параметры микросхемы К140УД1Б?
6. какой операционный усилитель называется дифференцирующим?

Электронные генераторы гармонических колебаний

Содержание программы

Назначение и классификация генераторов гармонических колебаний.

LC-и RC- генераторы. Условия самовозбуждения и режимы работы автогенераторов.

Стабилизация частоты колебаний автогенераторов.

Литература: [1, гл.5]; [2, гл.12]; [3, гл.4]; [5, гл.13, § 7.3; § 7.4].

Методические указания

Генераторами называют электронные устройства, преобразующие электрическую энергию источника постоянного тока в энергию незатухающих электрических колебаний.

Любой автогенератор электрических колебаний представляет собой усилитель, охваченный цепью положительной обратной связи (ПОС), рисунок 26.При этом часть выходного напряжения *Uос* через цепь ПОС поступает на вход усилителя в фазе входным напряжением, обеспечивающим заданное значение *Uвых.* Чтобы амплитуда выходного напряжения не изменилась, должно быть выполнено условие *Uос= Uвх.* Так как *Uвх=Uвых/Ки* и *Uос= βUвых,* то из равенства *Uос= Uвх* следует *βUвых=Uвых/Ки* или *Киβ=1* (10).

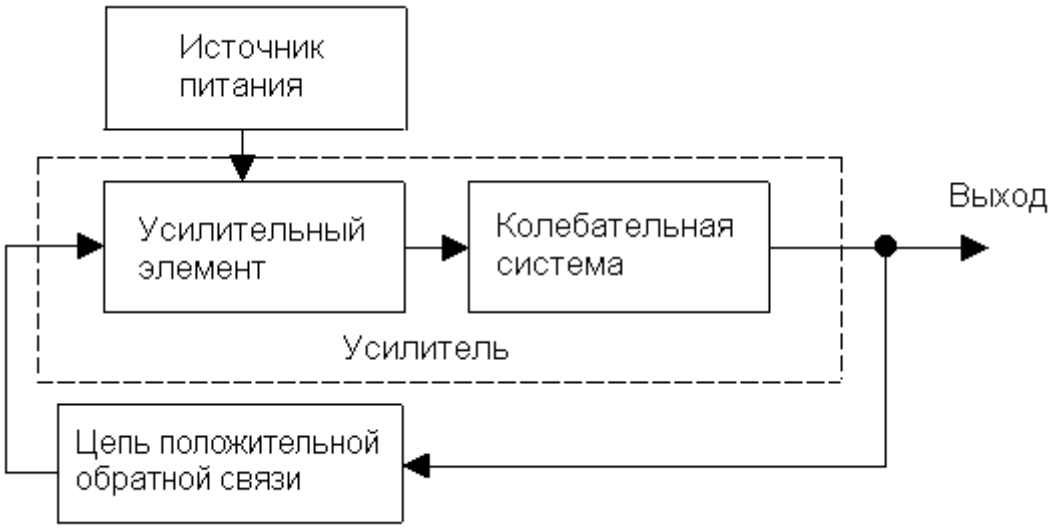


Рисунок 26. Структурная схема автогенератора.

Уравнение (10) является условием существования в генераторе незатухающих электрических колебаний. Ему соответствуют два уравнения отражающее баланс амплитуды в автогенераторе

$$K_u\beta=1 \qquad (11)$$

и отражающее баланс фаз,

$$\varphi_u+\varphi_\beta=2\pi n \qquad (12)$$

где n=0,1,2,3…

существует много разновидностей схем генераторов гармонических колебаний. LC-контуры и RC-четырёхполюсники.

Автогенераторы по виду элементов, входящих в звенья обратной связи, подразделяются на LCи RC.

Вопросы для самопроверки:

1. Какое электронное устройство называют автогенератором гармонических колебаний?

2. Как классифицируется автогенераторы в зависимости от генерируемых частот?

3. В чем заключается условия баланса амплитуд и фаз в автогенераторе гармонических колебаний?

4. Какие виды частотно-избирательных используют при построении схем LC и RC генераторов?

5. Чем отличается режим мягкого самовозбуждения от режима жесткого самовозбуждения автогенератора?

6. Поясните принцип работы кварцевого резонатора?

Электронные ключи

Содержание программы

Общие сведения об электронных ключах. Диодные ключи. Ключи на биполярных транзисторах. Ключи на МДП – транзисторах.

Литература: [1, с. 160-164]; [2, с. 202-203]; [3, гл. 5(§5,1; 5,2)]; [13, § 8,2].

Методические указания

Импульсными называют устройства, работающие в прерывистом режиме. В таком режиме кратковременное воздействие чередуется с паузой, длительность которых соизмерима с длительностью переходных процессов. Основными задачами, решаемыми с помощью импульсных устройств, являются: формирование и генерирование импульсов заданных форм и параметров, а также управление импульсами. Импульсный режим работы лежит в основе работы многих устройств промышленной электроники.

Схемы формирования и генерирования импульсов чаще всего содержат нелинейные RC-цепи, вводимые искусственно (дифференцирующие цепи, интегрирующие цепи и др.) или самостоятельно существующие в схеме (емкости p-n-переходов, паразитные емкости и т.п.)

Дифференцирующими называют цепи, у которых напряжение на выходе пропорционально производной входного напряжения, рисунок 27.

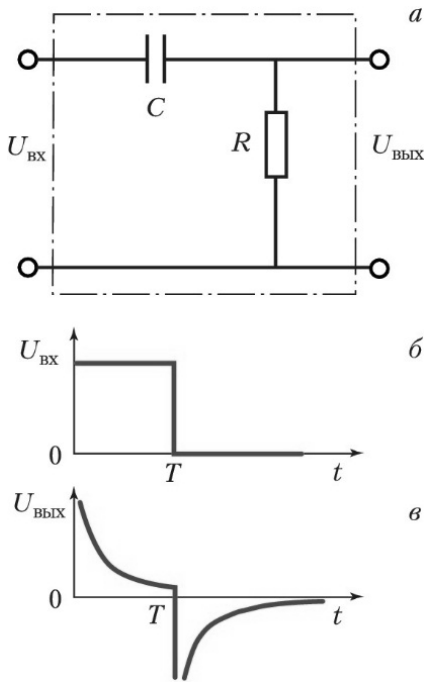


Рисунок 27. Дифференцирующая цепь.

Для RC– дифференцирующей цепи Uвых=RCdUвх/dt.Если на вход дифференцирующей цепи подавать прямоугольные импульсы , тодифференцирование сопровождается укорочением длительности импульсов.

Интегрирующей называют цепь, у которой выходное напряжение пропорционально интегралу по времени от входного напряжения.

Отличие схемы интегрирующей цепи, рисунок 28, от схемы дифференцирующей цепи состоит в том, что выходное напряжение снимается с конденсатора.

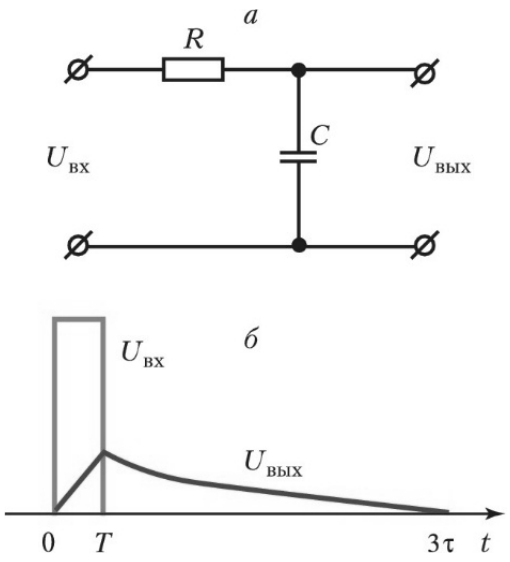


Рисунок 28. Интегрирующая цепь.

Применяются интегрирующие цепи чаще всего для получения линейно измеряющихся (пилообразных) напряжений.

Электронный ключ – это устройство, которое может находится в одном из двух устойчивых состояний: замкнутом или разомкнутом. Переход из одного состояния в другое в идеальном электронном ключе происходит скачком под воздействием управляющего напряжения или тока. По типу используемого нелинейного элемента электронные ключи делят на диодные, транзисторные, тиристорные и т.д.

Простейшая схема транзисторного ключа, рисунок 29, подобна схеме транзисторного усилителя, однако она отличается режимом работы транзистора. При работе в ключевом режиме рабочая точка транзистора может находится только в двух положениях: в области отсечки (точка1, транзистор закрыт) и в области насыщения (точка 2 или около, транзистор открыт и насыщен). Ключи очень широко применяются в логических элементах электронных устройств.

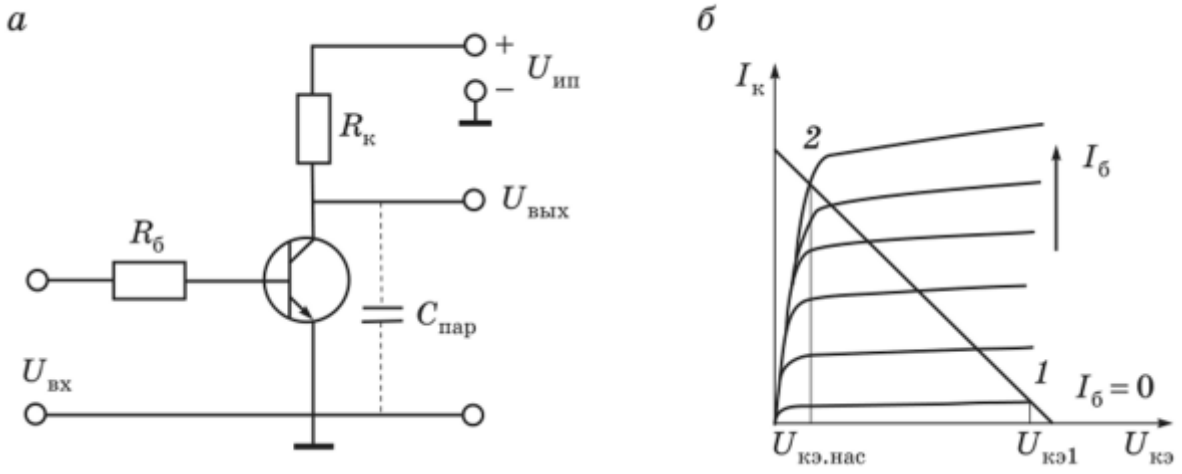


Рисунок 29. Схема транзисторного ключа (а) и характеристики (б), иллюстрирующие изменение режима при переходе из закрытого состояния (точка1) в открытое состояние (точка 2).

Вопросы для самопроверки:

1. Какое основное назначение электронных ключей?
2. Какие активные элементы используются в виде ключа?
3. Приведите схему ключа на биполярных транзисторах, полевых транзисторах. Поясните эти схемы.
4. Проиллюстрируйте переходные процессы в транзисторе при включении и выключении ключа.

Импульсные генераторы и компараторы. Мультивибраторы и одновибраторы

Содержание программы

Мультивибраторы на дискретных элементах. Мультивибраторы на ИМС. Одновибраторы на дискретных элементах. Одновибраторы на логических элементах и операционных усилителях.

Литература: [1, § 6.6; с. 252-262]; [3, §6.3]; [5, с. 328-331]; [13, §8.8].

Методические указания

Мультивибратор применяется для генерирования прямоугольных импульсов.

Он представляет собой, рисунок 30, двухкаскадный усилитель с положительной обратной связью, замкнутый в кольцевую схему: выход первого усилителя через цепочку C_1, $R_{б2}$ соединен со входом второго, а выход второго через цепочкуC_2, $R_{б1}$- со входом первого. Если $R_{к1}=R_{к2}$, $R_{б1}=R_{б2}$ и $C_1=C_2$, то мультивибратор называется симметричным. Время закрытого состояния транзистора VT1 или длительность положительного импульса, снимаемого с выхода 1, определяется перезарядкой конденсатора C_2.

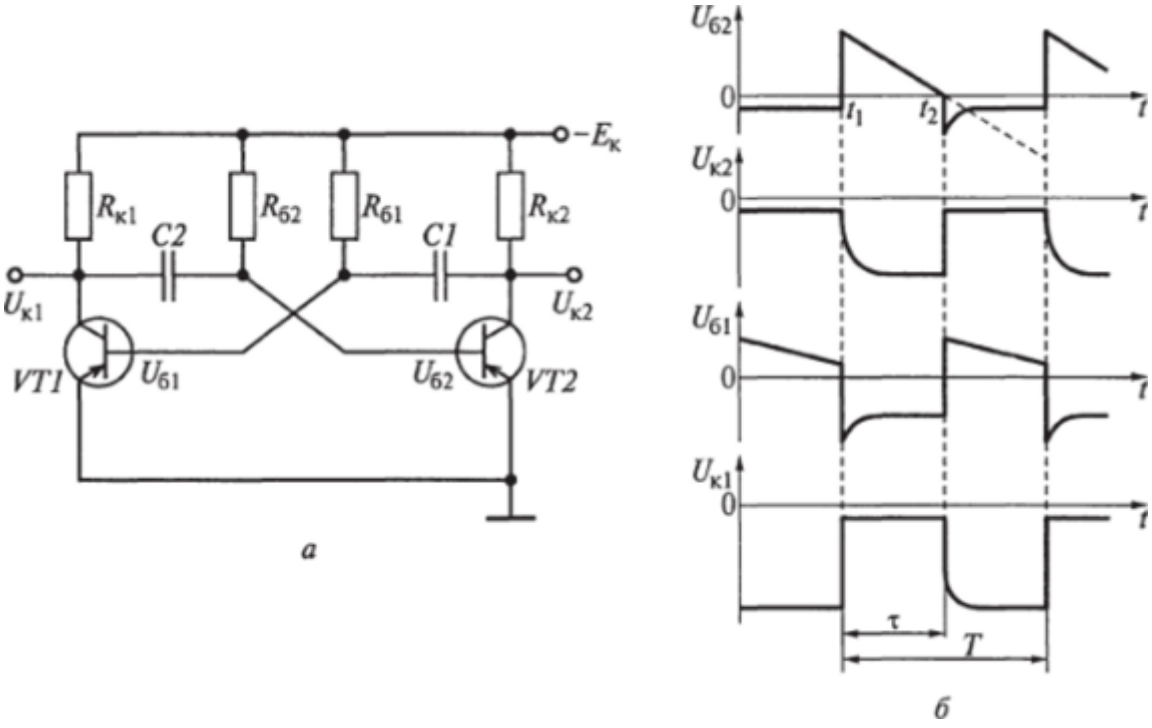


Рисунок 30. Схема мультивибратора с коллекторно-базовыми связями(а) и графики напряжений на электродах транзисторов(б).

Одновибратор или ждущий мультивибратор может быть получен из мультивибратора, если его принудительно запереть в одном из временно устойчивых состояний.

ов 85