

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 08.09.2026 03:43:25

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb1356b26a150e5b1a11e11f73e943d64a48545a51e4089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова
« 21 » 08 2025 г.
(ЮЗГУ)



ЭЛЕКТРОНИКА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки: 12.03.04 «Биотехнические
системы и технологии»

Курск 2025

УДК 615.478

Составитель: С.Н. Родионова

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент *Т.Н. Конаныхина*

Электроника: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки: 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Н. Родионова. Курск, 2025. - 50 с.

Содержатся теоретические и практические о современной радиоэлементной базе, приводятся основные принципы построения электронных схем, методики их настройки.

Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Предназначены для студентов для студентов направления подготовки: 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 21.08.25. Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 2,9. Уч.-изд. л. 2,63. Тираж 30 экз. Заказ 901 .Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ЗНАКОМСТВО С РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БАЗОЙ.	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ МУЛЬТИТЕСТЕРОМ.....	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ПОСТРОЕНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ДИОДНОГО МОСТА.....	39
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ ПОСТОЯННОГО, ПЕРЕМЕННОГО И ИМПУЛЬСНОГО ТОКА	44

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. ЗНАКОМСТВО С РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БАЗОЙ.

Цель работы: научить студентов по внешнему виду и маркировке определять тип и назначение элементов, а также определять их характеристики.

Теоретическая часть:

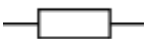
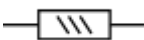
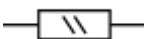
Резисторы

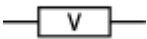
Рези́стор или сопротивление (англ. resistor, от лат. resisto — сопротивляюсь) — пассивный элемент электрических цепей, обладающий определённым или переменным значением электрического сопротивления, предназначенный для линейного преобразования силы тока в напряжение и напряжения в силу тока, ограничения тока, поглощения электрической энергии и др.

Обозначение резисторов на схемах.

По стандартам России условные графические обозначения резисторов на схемах должны соответствовать ГОСТ 2.728-74. В соответствии с ним, постоянные резисторы обозначаются следующим образом (таблица 1.1):

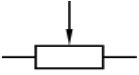
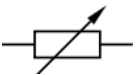
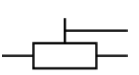
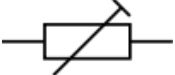
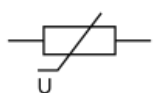
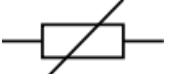
Таблица 1.1. Обозначение и описание резисторов

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Постоянный резистор без указания номинальной мощности рассеивания
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,05 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,125 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,25 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 0,5 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 1 Вт

	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 2 Вт
	Постоянный резистор номинальной мощностью рассеивания 5 Вт

Переменные, подстроечные и нелинейные резисторы обозначаются следующим образом (таблица 1.2):

Таблица 1.2. Подстроечные и нелинейные резисторы

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Переменный резистор (реостат).
	Переменный резистор, включенный как реостат (ползунок соединён с одним из крайних выводов).
	Подстроечный резистор.
	Подстроечный резистор, включенный как реостат (ползунок соединён с одним из крайних выводов).
	Варистор (сопротивление зависит от приложенного напряжения).
	Термистор (сопротивление зависит от температуры).
	Фоторезистор (сопротивление зависит от освещённости).

Маркировка резисторов

В зависимости от типа резисторов кодировка может различаться, она бывает: буквенно-цифровая, цифровая либо цветовыми полосами. В настоящее время используются резисторы советского производства с буквенно-цифровой маркировкой, современные с маркировкой цветными полосками и SMD резисторы.

Обозначение номинала буквами и цифрами

На сопротивлениях советского производства МЛТ применяется буквенно-цифровая маркировка резисторов и обозначение цветовыми полосами (кольцами). Резисторы до сотни Ом содержат в своей маркировке букву «R», или «E», или «Ω». Тысячи Ом маркируются буквой «K», миллионы букву М, т.е. по буквам определяют порядок величины. При этом целые единицы от дробных отделяются этими же буквами. Давайте рассмотрим несколько примеров.



Рисунок 1.1. Резистор МЛТ советского производства с буквенно-цифровой маркировкой.

На рисунке 1.1. сверху вниз:

- $2K4 = 2,4 \text{ кОм}$ или 2400 Ом ;
- $270R = 270 \text{ Ом}$;
- $K27 = 0,27 \text{ кОм}$ или 270 Ом .

На резисторах от 1 Вт может присутствовать маркировка по мощности. Маркировка довольно удобна и наглядна. Она может незначительно отличаться в зависимости от типа резисторов и года их производства. Также может присутствовать дополнительная буква, которая указывает класс точности (таблица 1.3).

Таблица 1.3. Класс точности резисторов.

Допуск, %	± 20	± 10	± 5	± 2	± 1	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$
Код	В	С	И	Л	Р	Д	У	Ж

Импортные сопротивления, в том числе китайские, тоже могут маркироваться буквами. Яркий пример – это керамические резисторы, представленные на рисунке 1.2.

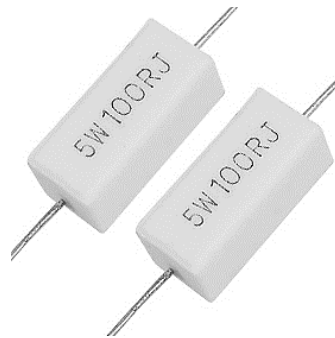


Рисунок 1.2. Резистор китайского производства с буквенно-цифровой маркировкой.

В первой части обозначения указано 5W – это мощность резистора равная 5 Вт. 100R – значит, что его сопротивление в 100 Ом. Буква J говорит о допуске отклонений от номинального значения равном 5% в обе стороны. Полный диапазон значений допусков приведен в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Диапазон значений допусков керамических резисторов.

Допуск, %	± 20	± 10	± 5	± 2	± 1	$\pm 0,5$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$
Код	M	K	J	G	F	D	C	B

Обозначение номинала по цветовым кольцам

В последнее время выводные сопротивления чаще обозначаются с помощью цветных полос и это относится как к отечественным, так и к зарубежным элементам. В зависимости от количества цветных полос меняется способ их расшифровки. В общем виде он собран в ГОСТ 175-72.

Цветовая маркировка резисторов может выглядеть в виде 3, 4, 5 и 6 цветных колец (рис. 1.3). При этом кольца могут быть смещены к одному из выводов. Тогда, кольцо, которое ближе всех к проволочному выводу, считают первым и расшифровку цветного кода начинают с него. Или одно из колец может отсутствовать, обычно предпоследнее. Тогда первое это то, возле которого есть пара.



Рисунок 1.3. Резистор с цветовой маркировкой.

Другой вариант, когда маркировочные кольца расположены равномерно, т.е. заполняют поверхность равномерно. Тогда первое кольцо определяют по цветам (таблица 1.5).

Таблица 1.5. Таблица маркировки цветных резисторов.



	1 кольцо	2 кольцо	3 кольцо	множитель	допуск
черный	0	0	0	1	
коричневый	1	1	1	10	1%
красный	2	2	2	100	2%
оранжевый	3	3	3	1000	
желтый	4	4	4	10000	
зеленый	5	5	5	100000	0,5%
голубой	6	6	6	1000000	0,25%
фиолетовый	7	7	7	10000000	0,1%
серый	8	8	8	0,1% золото	5% золото
белый	9	9	9	0,01% сереб	10% серебро



Обратите внимание при таком способе маркировки из 4-х колец третье кольцо – это множитель.

Например, возьмем верхний резистор первое кольцо красного цвета, это 2, второе фиолетового – это 7, третье, множитель красное – это 100, а допуск у нас коричневый – это 1%. Тогда: $27 \cdot 100 = 2700$ Ом или 2,7 кОм с допуском отклонения в 1% в обе стороны.

Второй резистор имеет цветовую маркировку из 5 полос. У нас: 2, 7, 2, 100, 1%, тогда: $272 \cdot 100 = 27200$ Ом или 27,2 кОм с допуском в 1%.

У резисторов из 3 полос цветовая маркировка производится по такой логике:

- 1 полоса – единицы;
- 2 полоса – сотни;
- 3 полоса – множитель.

Точность таких компонентов равна 20%.

Расшифровать цветовое обозначение можно с помощью программ: ElectroDroid, она доступна для Android в Play Market, в её бесплатной версии есть данная функция.

Маркировка SMD резисторов

В современной электронике один из ключевых факторов при разработке устройства – его миниатюризация. Этим вызвано создание безвыводных элементов. SMD-компоненты отличаются малыми размерами, за счет их безвыводной конструкции. Дословная расшифровка с переводом обозначает «устройство для поверхностного монтажа», они и монтируются на поверхность печатной платы.



Рисунок 1.4. SMD резистор.

Если на SMD-резисторе нанесено 3 цифры тогда расшифровка производится следующим образом: XYZ, где X и Y – это первые две цифры номинала, а Z количество нулей. Рассмотрим на примере.



$$47 \cdot 1000 = 47 \text{ КОм}$$

Возможно обозначение 4-мя цифрами, тогда всё таким же образом, только первые три цифры, это сотни, десятки и единицы, а последняя – нули.



$$470 * 100 = 47 \text{ КОм}$$

Если в маркировку введены буквы, то расшифровка подобна отечественным резисторам МЛТ.



$$0.47 * 1 = 0.47 \text{ Ом}$$

И целые отделяются от дробных значений.



$$\begin{array}{l} 4R7 \\ = 4.7 \text{ Ом} \end{array}$$

В случае, когда используется буквенно-цифровая кодировка, резисторы расшифровываются по таблицам.



При этом буквой обозначается множитель. В таблице, что приведена ниже, они обведены красным цветом (таблица 3.6).

Исходя из таблицы 3.6, шифр 01С значит:

- 01 = 100 Ом;
- С – множитель 10^2 , это 100;
- $100 * 100 = 10000$ Ом или 10 кОм.

Такой вариант обозначений называется EIA-96.

Таблица 1.6. Маркировка SMD резисторов.

Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение	Код	Значение
01	100	13	133	25	178	37	237
02	102	14	137	26	182	38	243
03	105	15	140	27	187	39	249
04	107	16	143	28	191	40	255
05	110	17	147	29	196	41	261
06	113	18	150	30	200	42	267
07	115	19	154	31	205	43	274
08	118	20	158	32	210	44	280
09	121	21	162	33	215	45	287
10	124	22	165	34	221	46	294
11	127	23	169	35	226	47	301
12	130	24	174	36	232	48	309
S	10^{-2}	R	10^{-1}	A	10^0	B	10^{+1}
49	316	61	422	73	562	85	750
50	324	62	432	74	576	86	768
51	332	63	442	75	590	87	787
52	340	64	453	76	604	88	806
53	348	65	464	77	619	89	825
54	357	66	475	78	634	90	845
55	365	67	487	79	649	91	866
56	374	68	499	80	665	92	887
57	383	69	511	81	681	93	909
58	392	70	523	82	698	94	931
59	402	71	536	83	715	95	953
60	412	72	549	84	732	96	976
C	10^{-2}	D	10^{-3}	E	10^{-4}	F	10^{-5}

Конденсаторы

Электрический конденсатор — это элемент электрической цепи, предназначенный для использования его емкости. Конденсатор представляет собой систему из двух электродов (обкладок), разделенных диэлектриком, и обладает способностью накапливать электрическую энергию.

Емкость конденсатора — электрическая емкость между электродами конденсатора, определяемая отношением накапливаемого в нем электрического заряда к приложенному напряжению. Емкость конденсатора зависит от материала диэлектрика, формы и взаимного расположения электродов $C=q/U$, где C —емкость, Ф; q — заряд, Кл; U — разность потенциалов на обкладках конденсатора, В.

В основу классификации конденсаторов положено деление их на группы по виду применяемого диэлектрика и по конструктивным особенностям, определяющим использование их в конкретных цепях аппаратуры.

Вид диэлектрика определяет основные электрические параметры конденсаторов: сопротивление изоляции, стабильность емкости, величину потерь и др. Конструктивные особенности определяют характерные области применения: помехоподавляющие, подстроечные, дозиметрические, импульсные и др.

По виду диэлектрика различают:

- Конденсаторы вакуумные.
- Конденсаторы с газообразным диэлектриком.
- Конденсаторы с жидким диэлектриком.
- Конденсаторы с твёрдым неорганическим диэлектриком: стеклянные (стеклоэмалевые, стеклокерамические, стеклоплёночные), слюдяные, керамические, тонкослойные из неорганических плёнок.
- Конденсаторы с твёрдым органическим диэлектриком: бумажные, металлобумажные, плёночные, комбинированные — бумажноплёночные, тонкослойные из органических синтетических плёнок.
- Электролитические и оксидно-полупроводниковые конденсаторы.

По возможности изменения ёмкости:

- Постоянные конденсаторы — основной класс конденсаторов, не меняющие своей ёмкости (кроме как в течение срока службы).
- Переменные конденсаторы — конденсаторы, которые допускают изменение ёмкости в процессе функционирования аппаратуры. Управление ёмкостью может осуществляться механически, электрическим напряжением (вариконды, варикапы) и температурой (термоконденсаторы). Применяются, например, в радиоприёмниках для перестройки частоты резонансного контура.
- Подстроечные конденсаторы — конденсаторы, ёмкость которых изменяется при разовой или периодической регулировке и не изменяется в процессе функционирования аппаратуры.

В России для условных графических обозначений конденсаторов на схемах рекомендуется использовать ГОСТ 2.728-74 (см таблицу 1.7).

Таблица 1.7. Обозначение и описание конденсаторов.

Обозначение по ГОСТ 2.728-74	Описание
	Конденсатор постоянной ёмкости
	Поляризованный (полярный) конденсатор
	Подстроечный конденсатор переменной ёмкости
	Варикап

Маркировка конденсаторов

Маркировка конденсаторов включает в себя следующее:

- собственно, ёмкость – основная характеристика;
- максимально допустимое значение напряжения;
- температурный коэффициент ёмкости;
- допустимое отклонение ёмкости от номинального значения;
- полярность;
- год выпуска.

Максимальное значение напряжения важно тем, что при превышении его значения происходят необратимые изменения в элементе, вплоть до его разрушения.

Температурный коэффициент ёмкости (ТКЕ) характеризует изменение ёмкости при колебаниях температуры окружающей среды или корпуса элемента. Данный параметр крайне важен, когда конденсатор используется в частотоподающих цепях или в качестве элемента фильтра.

Допустимое отклонение означает точность, с которой возможно отклонение номинальной ёмкости конденсаторов.

Полярность подключения в основном характерна для электролитических конденсаторов. Несоблюдение полярности включения, в лучшем случае, приведет к тому, что реальная ёмкость элемента будет сильно занижена, а в реальности элемент практически

мгновенно выйдет из строя из-за механического разрушения в результате перегрева или электрического пробоя.

Наибольшее отличие в принципах маркировки конденсаторов наблюдается в радиоэлементах, выпущенных за рубежом и предприятиями на постсоветском пространстве. Все предприятия бывшего СССР и те, что продолжают работать сейчас, кодируют выпускаемую продукцию по единому стандарту с небольшими отличиями.

Маркировка отечественных конденсаторов

Многие отечественные радиоэлементы отличаются максимально полной маркировкой, при чтении которой можно почерпнуть большинство возможных характеристик элемента.

Емкость

На первом месте стоит основная характеристика – электрическая емкость. Она имеет буквенно-цифровое обозначение. Для букв применяются следующие символы латинского, греческого или русского алфавита:

- р или П – пикофарада, $1 \text{ pF} = 10^{-3} \text{ nF} = 10^{-6} \mu\text{F} = 10^{-9} \text{ mF} = 10^{-12} \text{ F}$;
- n или Н – нанофарада, $1 \text{ nF} = 10^{-3} \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ mF} = 10^{-9} \text{ F}$;
- μ или М – микрофарада, $1 \mu\text{F} = 10^{-3} \text{ mF} = 10^{-6} \text{ F}$;
- m или И – миллифарада, $1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$;
- F или Ф – фарада.

Буква, обозначающая величину, ставится на месте запятой в дробном обозначении. Например:

- $2\text{n}2 = 2.2$ нанофарад или 2200 пикофарад;
- $68\text{n} = 68$ нанофарад или 0,068 микрофарад;
- 680n или $\mu 68 = 0.68$ микрофарад.

Номиналы конденсаторов в пикофарадах или микрофарадах могут не иметь буквенных обозначений. К примеру, 2200 может обозначать как 2200 pF так и 2200 μF . Здесь на помощь приходят габариты конденсатора и здравый смысл.



Рисунок 1.5 – Пример обозначения

Обозначение емкости в миллифарадах встречается крайне редко, а такая величина как фарада является очень большой и также не имеет особого распространения.

Допустимое отклонение

Значения ёмкостей, указанные на корпусе, не всегда соответствует реальному значению. Это отклонение характеризует точность изготовления детали и определения его номинала. Величина разброса параметров может быть от тысячных долей процента у прецизионных деталей до десятков процентов у электролитических конденсаторов, предназначенных для фильтрации пульсаций в цепях питания, где точные цифры не имеют особого значения.

Величина допустимого отклонения обозначается буквами латинского алфавита или русскими буквами у радиодеталей старых годов выпуска.

Температурный коэффициент емкости

Маркировка ТКЕ довольно сложна, а поскольку данная величина критична в основном для малогабаритных элементов времязадающих цепей, то возможна как цветная кодировка, так и использование буквенных обозначений или комбинации обоих типов. Таблица возможных вариантов значений встречается в любом справочнике по отечественным радиокомпонентам.

Многие керамические конденсаторы, как и плёночные, имеют определенные нюансы в маркировке ТКЕ. Данные случаи оговариваются ГОСТами на соответствующие элементы.

Номинальное напряжение

Напряжение, при котором сохраняется работоспособность элемента с сохранением характеристик в заданных пределах, называется номинальным (рис. 1.6). Обычно обозначается верхний порог номинального напряжения, превышать который запрещается ввиду возможного выхода элемента из строя.

В зависимости от габаритов, возможны варианты как цифрового, так и буквенного обозначения номинального напряжения. Если позволяют габариты корпуса, то напряжение до 800 В обозначается в единицах вольт с символом V (или В для старых конденсаторов) или без него. Более высокие значения наносятся на корпус в виде единиц киловольт с обозначением символами kV или кВ.

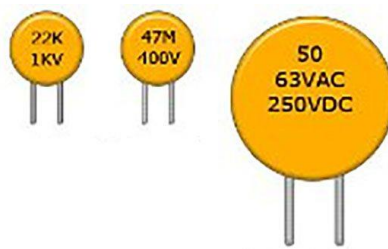


Рисунок 1.6 – Пример обозначения напряжения

Малогабаритные конденсаторы имеют кодированное буквенное обозначение напряжения, для чего используются буквы латинского алфавита, каждая из которых соответствует определенной величине напряжения.

Год и месяц выпуска

Дата производства также имеет буквенное обозначение. Каждому году соответствует буква латинского алфавита. Месяцы с января по сентябрь обозначаются цифрой, соответственно, от 1 до 9, октябрю соответствует 0, ноябрю буква N, декабрю – D.

Кодированное обозначение года выпуска одинаково с другими радиоэлементами.

Расположение маркировки на корпусе

Маркировка керамических конденсаторов в первой строке на корпусе имеет значение емкости. В той же строке без каких-либо разделительных знаков или, если не позволяют габариты, под обозначением емкости наносится значение допуска.

Подобным же методом наносится маркировка пленочных конденсаторов (рис. 1.7).

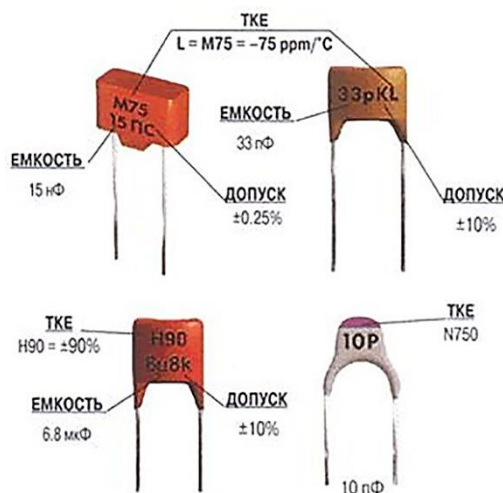


Рисунок 1.7 – Пример маркировки различных характеристик

Дальнейшее расположение элементов регламентируется ГОСТ или ТУ на каждый конкретный тип элементов.

Цветовая маркировка отечественных радиоэлементов.

С распространением линий автоматического монтажа нашла применение цветовая маркировка конденсаторов. Наибольшее распространение получила четырехцветная маркировка при помощи цветных полос.

Первые две полосы означают номинальную емкость в пикофарадах и множитель, третья полоса – допустимое отклонение, четвертая – номинальное напряжение. Например, на корпусе имеется желтая, голубая, зеленая и фиолетовая полосы. Следовательно, элемент имеет такие характеристики: емкость – $22 \cdot 10^6$ пикофарад ($22 \mu\text{F}$), допустимое отклонение от номинала – $\pm 5\%$, номинальное напряжение – 50 В (рис. 1.8).

Конденсаторы. Цветовая маркировка						
Цвет полосы (цифры)	1-й знач. циф.	2-й знач. циф.	3-й знач. циф.	Множитель	Допуск, рад.	ТКЕ
Золотой				0,01pF	5%, E24	Корпус оранжевый
Серебряный				0,1pF	10%, E12	
Черный		0	0	1pF	20%, E6	ПМ0 Н10
Коричневый	1	1	1	10pF	1%, E96	M33
Красный	2	2	2	100pF	2%, E48	M75 Н20
Оранжевый	3	3	3	1nF		M150
Желтый	4	4	4	10nF		M220
Зеленый	5	5	5	100nF	0,5%, E192	M330 Н30
Голубой	6	6	6	1μF	0,25%	M470 Н50
Фиолетовый	7	7	7	10μF	0,1%	M750 Н70
Серый	8	8	8	0,01pF	0,05%	
Белый	9	9	9	0,1pF		Н90

Пример обозначения	
2 пФ, ±2%, M33	
18 пФ, ±5%, МПО	
22 нФ, Н90	
0,1 мкФ	

Рисунок 1.8 – Цветовая маркировка

Первая цветная полоса (в данном случае, которая имеет желтый цвет) делается более широкой или располагается ближе к одному из выводов. Также следует ориентироваться по цвету крайних полос. Такой цвет, как серебряный, золотой и черный, не может быть первым, поскольку обозначает множитель или ТКЕ.

Маркировка конденсаторов импортного производства

Для обозначения импортных, а в последние годы и отечественных радиоэлементов приняты рекомендации стандарта IEC, согласно которому на корпусе радиоэлемента наносится кодовая маркировка из трех цифр. Первые две цифры кода обозначают емкость в пикофарадах, третья цифра – число нулей. Например, цифры 476 означают емкость 47000000 pF (47 μF). Если емкость меньше 1 pF, то первая цифра 0, а символ R ставится вместо запятой. Например, 0R5 – 0,5 pF (рис.1.9).

			
$104 = 10 \times 10^4 = 100000 \text{ pF} = 100 \text{ nF} = 0,1 \text{ μF}$			
$303 = 30 \times 10^3 = 30000 \text{ pF} = 30 \text{ nF} = 0,03 \text{ μF}$			
$152 = 15 \times 10^2 = 1500 \text{ pF} = 1,5 \text{ nF}$			
$470 = 47 \times 10^0 = 47 \text{ pF}$			

Рисунок 1.9 – Трехзначная кодировка

Для высокоточных деталей применяется четырехзначная кодировка, где первые три знака определяют емкость, а четвертый – количество нулей. Обозначение допуска, напряжения и прочих характеристик определяется фирмой-производителем.

Цветовая маркировка импортных конденсаторов

Цветовое обозначение конденсаторов строится по тому же принципу, что и у резисторов. Первые две полосы означают емкость в пикофарадах, третья полоса – количество нулей, четвертая –

допустимое отклонение, пятая — номинальное напряжение. Полос может быть и меньше, если нет необходимости в обозначении напряжения или допуска. Первая полоса делается шире или у одного из выводов. Синие цвета отсутствуют. Вместо них используются голубые полосы. Две соседние полосы одинакового цвета могут не иметь между собой промежутка, сливаясь в широкую полосу.

На корпусе конденсатора, слева — направо, или сверху — вниз наносятся цветные полосы. Как правило, номинал емкости оказывается закодирован первыми тремя полосками. Каждому цвету, в первых двух полосках, соответствует своя цифра: черный — цифра 0; коричневый — 1; красный — 2; оранжевый — 3; желтый — 4; зеленый — 5; голубой — 6; фиолетовый — 7; серый — 8; белый — 9. Таким образом, если например, первая полоска коричневая а вторая желтая, то это соответствует числу -14. Но это число не будет величиной номинальной емкости конденсатора, его еще необходимо умножить на множитель, закодированный третьей полоской.

В третьей полоске цвета имеют следующие значение: оранжевый — 1000; желтый — 10000; зеленый — 100000. Допустим, что цвет третьей полоски нашего конденсатора — желтый. Умножаем 14 на 10000, получаем емкость в пикофарадах -140000, иначе, 140 нанофарад или 0,14 микрофарад. Четвертая полоска обозначает допустимые отклонения от номинала емкости(точность), в процентах: белый — $\pm 10\%$; черный — $\pm 20\%$. Пятая полоска — номинальное рабочее напряжение. Красный цвет — 250 Вольт, желтый — 400 (рис 1.10).

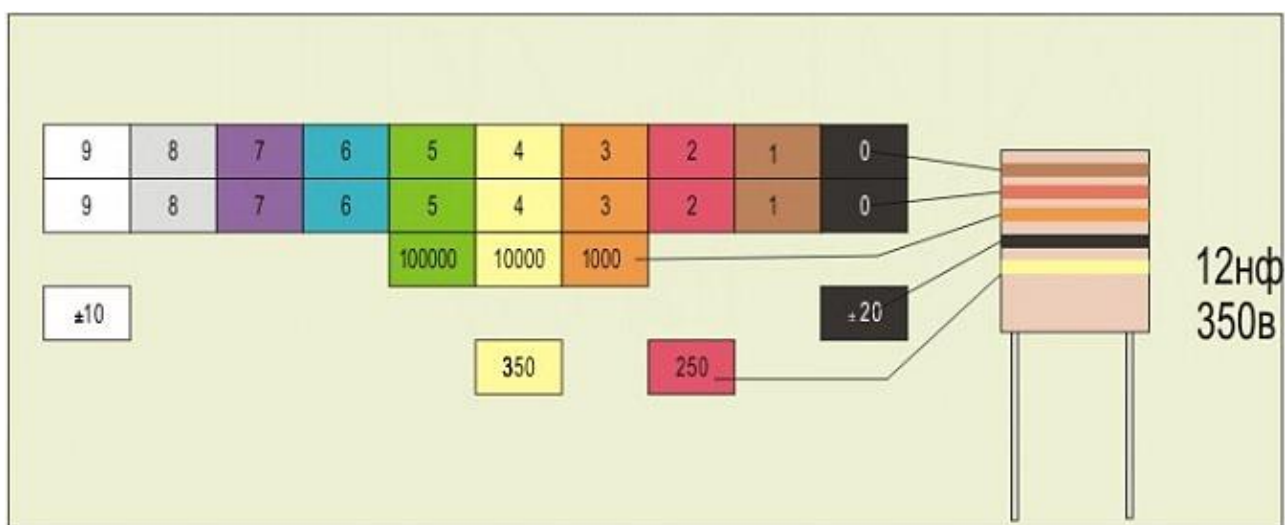


Рисунок 1.10 – Маркировка керамических конденсаторов

Маркировка SMD компонентов

SMD компоненты для поверхностного монтажа имеют очень малые размеры, поэтому для них разработана сокращенная буквенно-цифровая кодировка. Буква означает значение емкости в пикофарадах, цифра – множитель в виде степени десяти, например G4 – $1.8 \cdot 10^5$ пикофарад (180 pF). Если спереди две буквы, то первая означает производителя компонента или рабочее напряжение (рис 1.11).



Рисунок 1.11 – Маркировка SMD

Электролитические конденсаторы SMD могут иметь на корпусе значение основного параметра в виде десятичной дроби, где вместо точки может быть вставлен символ μ (напряжение обозначается буквой V (5V5 – 5.5 вольт) или могут иметь кодированное значение, зависящее от производителя. Положительный вывод обозначается полосой на корпусе.

Маркировка конденсаторов имеет большое число вариантов. Особенно этим отличаются импортные конденсаторы. Часто можно встретить малогабаритные элементы, которые вовсе не имеют каких-либо обозначений.

Определить параметры можно только непосредственным измерением или, глядя на обозначение конденсаторов на электрической схеме.

Произведенные разными фирмами радиоэлементы могут иметь схожие обозначения, но различные параметры. Здесь расшифровка обозначений должна базироваться на том, какой производитель выпускает преимущественное количество подобных элементов в конкретном устройстве

Диоды

Под диодом обычно понимают электровакуумные или полупроводниковые приборы, которые пропускают переменный электрический ток только в одном направлении и имеют два контакта для включения в электрическую цепь. Односторонняя проводимость диода является его основным свойством. Это свойство и определяет назначение диода:

- преобразование высокочастотных модулированных колебаний в токи звуковой частоты (детектирование);
- выпрямление переменного тока в постоянный.

Под детектированием понимают еще кроме этого обнаружение сигнала.

Классификация диодов:

По исходному полупроводниковому материалу диоды делят на четыре группы:

- германиевые,
- кремниевые,
- из арсенида галлия,
- из фосфида индия.

Германиевые диоды используются широко в транзисторных приемниках, так как имеют выше коэффициент передачи, чем кремниевые.

Это связано с их большей проводимостью при небольшом напряжении (около 0,1...0,2 В) сигнала высокой частоты на входе детектора и сравнительно малом сопротивлении нагрузки (5...30 кОм).

По конструктивно-технологическому признаку различают диоды:

- точечные,
- плоскостные.

По назначению полупроводниковые диоды делят на следующие основные группы:

- выпрямительные,
- универсальные,
- импульсные,
- варикапы,
- стабилитроны (опорные диоды),

- стабисторы,
- туннельные диоды,
- обращенные диоды,
- лавинно-пролетные (ЛПД),
- тиристоры,
- фотодиоды, светодиоды и оптроны.

Диоды характеризуются такими основными электрическими параметрами:

- током, проходящим через диод в прямом направлении (прямой ток $I_{пр}$);
- током, проходящим через диод в обратном направлении (обратный ток $I_{обр}$);
- наибольшим допустимым выпрямленным ТОКОМ $I_{выпр.макс}$;
- наибольшим допустимым прямым током $I_{пр.доп.}$;
- прямым напряжением $U_{пр}$;
- обратным напряжением $U_{обр}$;
- наибольшим допустимым обратным напряжением $U_{обр.макс}$
- емкостью C_d между выводами диода;
- габаритами и диапазоном рабочих температур.

Старая система обозначений

В соответствии с системой обозначений, разработанной до 1964 г., сокращенное обозначение диодов состояло из двух или трех элементов.

Первый элемент буквенный, Д — диод.

Второй элемент — номер, соответствующий типу диода: 1...100 — точечные германиевые, 101...200 — точечные кремниевые, 201...300 — плоскостные кремниевые, 801...900 — стабилитроны, 901...950 — варикапы, 1001...1100 — выпрямительные столбы. Третий элемент — буква, указывающая разновидность прибора. Этот элемент может отсутствовать, если разновидностей диода нет.

В настоящее время существует система обозначений, соответствующая ГОСТ 10862-72. В новой, как и в старой системе, принято следующее разделение на группы по предельной (граничной) частоте усиления (передачи тока) на:

- низкочастотные НЧ (до 3 МГц),
- средней частоты СЧ (от 3 до 30 МГц),

- высокочастотные ВЧ (свыше 30 МГц),
- сверхвысокочастотные СВЧ;

По рассеиваемой мощности:

- маломощные (до 0,3 Вт),
- средней мощности (от 0,3 до 1,5 Вт),
- большой (свыше 1,5 Вт) мощности.

Новая система обозначений

Новая система маркировки диодов более совершенна. Она состоит из четырех элементов.

Первый элемент (буква или цифра) указывает исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен диод: Г или 1 — *германий** К или 2 — *кремний*, А или 3 — *арсенид галлия*, И или 4 — *фосфид индия*.

Второй элемент — буква, показывающая класс или группу диода.

Третий элемент — число, определяющее назначение или электрические свойства диода.

Четвертый элемент указывает порядковый номер технологической разработки диода и обозначается от А до Я.

Например:

- диод КД202А расшифровывается: К — материал, кремний, Д — диод выпрямительный, 202 — назначение и номер разработки, А — разновидность;
- 2С920 — кремниевый стабилитрон большой мощности разновидности типа А;
- АИ301Б — арсенид галлиевый туннельный диод переключающей разновидности типа Б.

Иногда встречаются диоды, обозначенные по устаревшим системам: ДГ-Ц21, Д7А, Д226Б, Д18. Диоды Д7 отличаются от диодов ДГ-Ц цельнометаллической конструкцией корпуса, вследствие чего они надежнее работают во влажной атмосфере.

Германиевые диоды типа ДГ-Ц21...ДГ-Ц27 и близкие к ним по характеристикам диоды Д7А...Д7Ж обычно используют в выпрямителях для питания радиоаппаратуры от сети переменного тока.

В условное обозначение диода не всегда входят некоторые технические данные, поэтому их необходимо искать в справочниках по полупроводниковым приборам.

Одним из исключений является обозначение для некоторых диодов с буквами КС или цифрой вместо К (например, 2С) — кремниевые стабилитроны и стабисторы.

После этих обозначений стоит три цифры, если это первые цифры: 1 или 4, то взяв последние две цифры и разделив их на 10 получим напряжение стабилизации $U_{ст}$.

Например:

- КС107А — стабистор, $U_{ст} = 0,7 \text{ В}$,
- 2С133А — стабилитрон, $U_{ст} = 3,3 \text{ В}$.

Если первая цифра 2 или 5, то последние две цифры показывают $U_{ст}$, например:

- КС 213Б — $U_{ст} = 13 \text{ В}$,
- 2С 291А — $U_{ст} = 91 \text{ В}$.

Если цифра 6, то к последним двум цифрам нужно прибавить 100 В, например: КС 680А - $U_{ст} = 180 \text{ В}$.

Маркировка диодов

Диоды считаются «клапанами» в электрической цепи. Это двухконтактный полупроводниковый элемент с двумя активными электродами, анодом и катодом, между которыми ток может протекать только однонаправленно. Применяются в различных электросхемах, где требуется односторонний эффект диода. Для изготовления приборов чаще всего применяется кремний, германий.

Типы диодов

Основанные на одном принципе действия диоды не одинаковы по способу функционирования. Известно несколько типов приборов, которые различаются обозначениями на схеме, а также внешним видом:

1. Светодиоды (LED). Когда этот элемент позволяет передавать ток между электродами, генерируется свет. Цветовой спектр зависит от энергетической щели полупроводника;

2. Лавинный диод. Работает в обратном смещении и использует лавинный эффект. Так как лавинным процессом достигается высокая степень чувствительности, применяется для фотодетекции и в других схемах;

3. Лазерный диод. Отличается от светодиода тем, что генерирует когерентный свет. Используется в лазерных указателях, CD и DVD проигрывателях;

4. Диоды Шоттки. Имеют низкое падение напряжения в прямом направлении по сравнению с кремниевыми диодами (0,15-0,4 В по сравнению с 0,6 В для кремниевых диодов). Они построены на контакте металла с полупроводником;

5. Зенеровский диод. Обеспечивает стабильное опорное напряжение;

6. Фотодиод. Используется для детекции света. Применяется также в фотометрии и при генерации электроэнергии в солнечных элементах;

7. Варикап. Действует как конденсатор, емкость которого меняется в зависимости от приложенного обратного напряжения;

8. Выпрямительные диоды;

9. Диоды Ганна. Выполнены из материалов GaAs или InP и имеют отрицательный диапазон дифференциального сопротивления;

10. Тиристоры, или управляемые диоды. Обладают тремя выводными контактами.

Существуют и другие разновидности диодных элементов: точечные, сигнальные, туннельные, легированные золотом и т.д.

Конструктивно диоды выполняются в металлических, стеклянных, пластиковых или керамических корпусах. Каждый диод имеет свои технические параметры по току, напряжению, температурам и т.д. Для идентификации элементов служат специальные обозначения.

SMD-диоды

SMD – это устройства для поверхностного монтажа, электронные компоненты микроскопических размеров, припаянные к медной стороне платы и не имеющие длинных соединительных выводов. Часто маркировку нанести на него невозможно, так как нет для этого места. Если размер чуть больше, на элемент наносятся цифры или буквы (рис. 3.15). Некоторые справочные данные можно найти в различных таблицах, но они являются неполными, не всегда можно найти нужный элемент.

Полярность SMD-диода

У радиолюбителей иногда вызывает трудность правильное определение полюсов элемента SMD.

Варианты обозначения полярности:

1. Часто встречается треугольник, вершина которого указывает на катод. Упрощенно этот же символ представляется горизонтальной линией с выступом, обращенным к катоду;

2. Если обозначена только одна полоса, она находится на отрицательном полюсе;

3. У устройств PLLC (в белом пластиковом покрытии) имеется паз на стороне катода.

Из представленных на рисунке 1.12 SMD-диодов крайний правый диод не подходит ни под одно описание. В таком случае помогает только просмотр в листе данных.

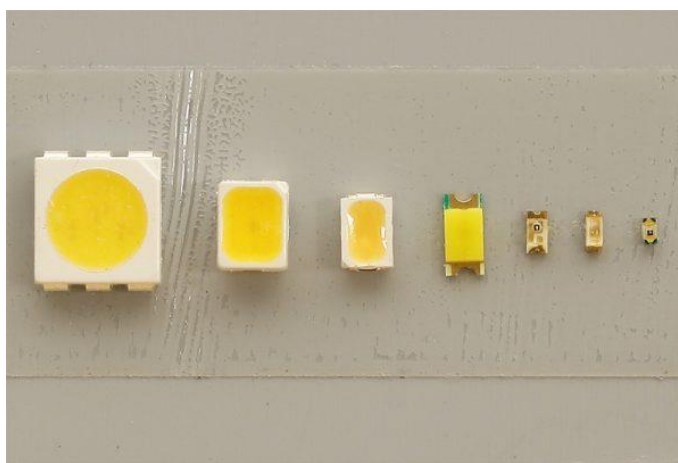


Рисунок 1.12 – Определение полярности SMD-диода

Маркировка светодиодов

Светодиод используется в полупроводниковых оптоэлектронных устройствах, имеющих излучение в диапазоне видимых, инфракрасных и ультрафиолетовых лучей.

Наиболее распространенные разновидности SMD светодиода:

1. RGB-LED. Многоцветный диод, имеющий структуры, позволяющие генерировать три основных цвета (R – красный, G – зеленый, B – синий). Смешивая эти цвета, можно получить любой спектр;

2. Warm White LED – теплый белый. Цветовая температура находится ниже 3300 K;

3. Нейтральный белый с цветовой температурой в диапазоне 3300-5300 K;

4. Холодный белый диод с температурой цвета выше 5300 K.

Цифровые символы обозначают размер диодного элемента:

1. 3528. Имеет размеры 3,5 x 2,8 мм. Это светодиод первого поколения;

2. 5050. Обладает габаритами 5,0 x 5,0 мм. Приобрел высокую популярность, благодаря хорошим параметрам;

3. 5630/5730. Размер – 5,6 x 3,0 мм. Приемник светодиода 5050. Генерирует большой световой поток. Используется для устройств с повышенной мощностью и яркостью;

4. 3014. Имеет размеры 3,0 x 1,4 мм. Не так давно появился на рынке. Небольшие размеры и высокая яркость гарантируют рост его использования;

5. 2835. Размер – 2,8 x 3,5 мм. Также продается недавно. Ярче светодиода 3014. Все чаще применяется в лампах с цоколем E27, E14;

6. COB-диод (чип на плате). Большой элемент, состоящий из маленьких. Достигает мощности до 200 Вт со световым потоком до 10000 лм. Обладает большим эксплуатационным сроком, применяется в прожекторах.

Обозначение 30 SMD, 60 SMD указывает, сколько светодиодов расположено на сегменте 1 м светодиодной ленты. В 5-метровых рулонах есть 150, 300 или 600 SMD, также и с лампочками. Надпись 16 SMD 5730 сообщает, что в лампе 16 светодиодов 5,7 x 3,0 мм.

Транзисторы

Транзистор (англ. transistor), полупроводниковый триод — радиоэлектронный компонент из полупроводникового материала, обычно с тремя выводами, способный от небольшого входного сигнала управлять значительным током в выходной цепи, что позволяет его использовать для усиления, генерирования, коммутации и преобразования электрических сигналов. В настоящее время транзистор является основой схемотехники подавляющего большинства электронных устройств и интегральных микросхем.

Транзисторами также называются дискретные электронные приборы, которые, выполняя функцию одиночного транзистора, имеют в своем составе много элементов, конструктивно являясь интегральной схемой, например составной транзистор или многие транзисторы большой мощности.

Транзисторы по структуре, принципу действия и параметрам делятся на два класса — биполярные и полевые (униполярные). В биполярном транзисторе используются полупроводники с обоими типами проводимости, он работает за счет взаимодействия двух, близко расположенных на кристалле, p-n переходов и управляется

изменением тока через база-эмиттерный переход, при этом вывод эмиттера всегда является общим для управляющего и выходного токов. В полевом транзисторе используется полупроводник только одного типа проводимости, расположенный в виде тонкого канала, на который воздействует электрическое поле изолированного от канала затвора, управление осуществляется изменением напряжения между затвором и истоком. Полевой транзистор, в отличие от биполярного, управляется напряжением, а не током.

При обозначении различных типов транзисторов используют буквенно-цифровой код. Первый элемент (цифра или буква) обозначает исходный полупроводниковый материал, из которого изготовлен транзистор, второй элемент (буква) определяет подкласс (группу) транзисторов, третий (цифра) – основные функциональные возможности транзистора, четвертый – число, обозначающее порядковый номер разработки технологического типа транзисторов, пятый элемент – буква – условно определяет классификацию по параметрам транзисторов, изготавливаемых по единой технологии (рис. 1.13).

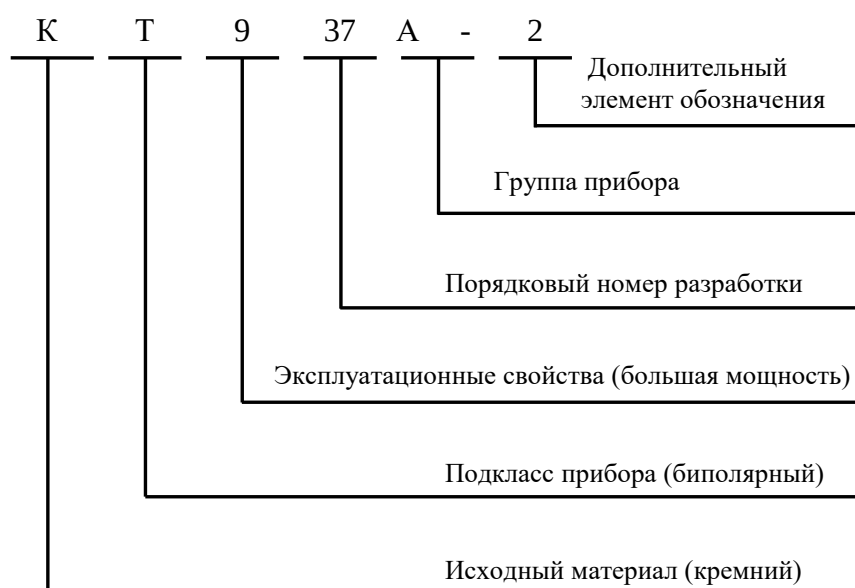


Рисунок 1.13 – Схема обозначения транзисторов

Устройство и обозначение биполярного транзистора.

Схематично биполярный транзистор можно представить в виде пластины полупроводника с чередующимися областями разной электропроводности, которые образуют два р-п перехода (рис. 1.14). Причем обе крайние области обладают электропроводностью одного

типа, а средняя область электропроводностью другого типа, и где каждая из областей имеет свой контактный вывод.

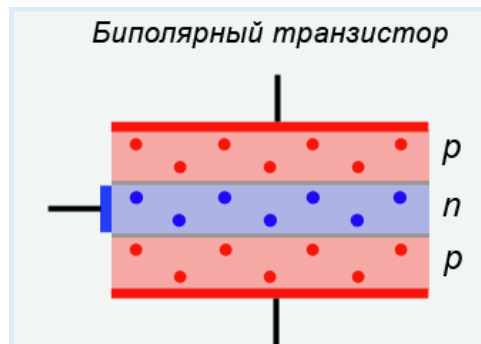


Рисунок 1.14 – Схема биполярного транзистора

Если в крайних областях полупроводника преобладает дырочная электропроводность, а в средней области электронная, то такой полупроводниковый прибор называют транзистором структуры р-п-р.

А если в крайних областях преобладает электронная электропроводность, а в средней дырочная, то такой транзистор имеет структуру п-р-п (рис 1.15).

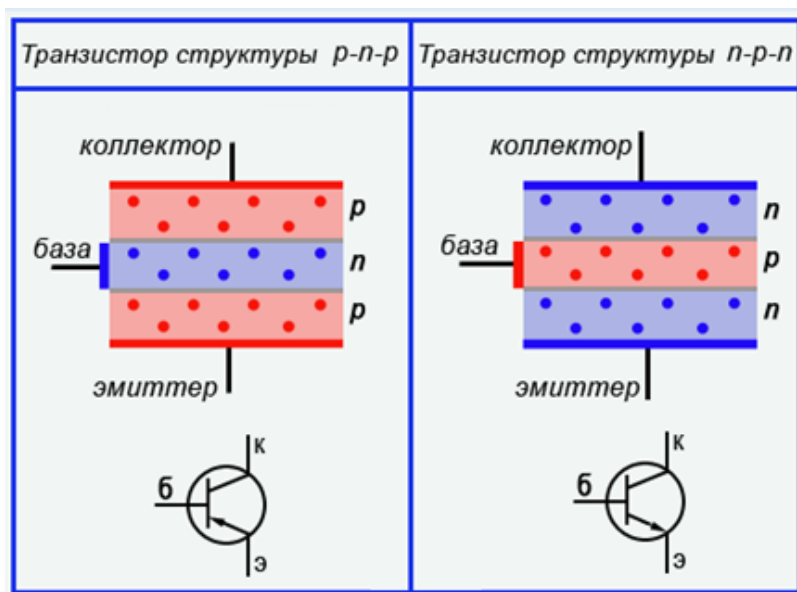


Рисунок 1.15 – Структура р-п-р и п-р-п перехода

Биполярный транзистор можно представить в виде двух диодов с одной общей областью, включенных навстречу друг другу. При этом общая (средняя) область называется базой, а примыкающие к базе области коллектором и эмиттером. Это и есть три электрода транзистора (рис. 1.16).

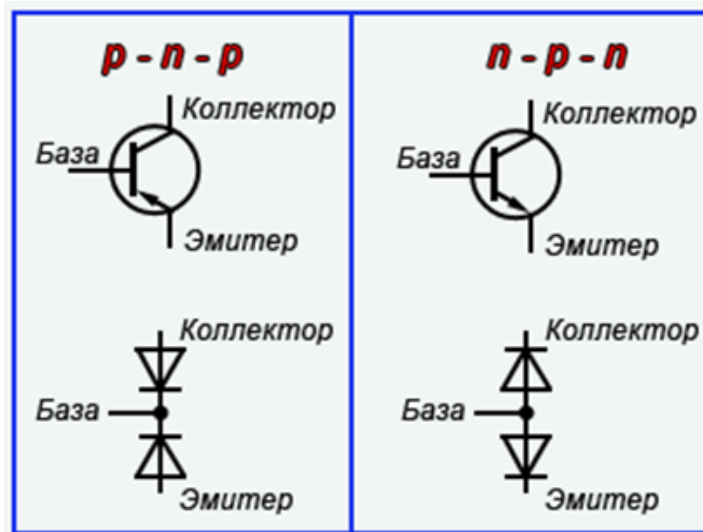


Рисунок 1.16 – Структура p-n-p и n-p-n транзисторов

Примыкающие к базе области делают неодинаковыми: одну из областей изготавливают так, чтобы из нее наиболее эффективно происходил ввод (инжекция) носителей заряда в базу, а другую область делают таким образом, чтобы в нее эффективно осуществлялся вывод (экстракция) носителей заряда из базы.

Отсюда получается:

- область транзистора, назначением которой является ввод (инжекция) носителей зарядов в базу называется эмиттером, и соответствующий p-n переход эмиттерным.
- область транзистора, назначением которой является вывод (экстракция) носителей из базы, называется коллектором, и соответствующий p-n переход коллекторным.

То есть получается, что эмиттер вводит электрические заряды в базу, а коллектор их забирает.

Различие в обозначениях транзисторов разных структур на принципиальных схемах заключается лишь в направлении стрелки эмиттера: в p-n-ртранзисторах она обращена в сторону базы, а в n-p-n транзисторах – от базы.

Маркировка биполярных транзисторов.

На сегодняшний день маркировка транзисторов, согласно которой их различают и выпускают на производствах, состоит из четырех элементов. Например: ГТ109А, ГТ328, 1Т310В, КТ203Б, КТ817А, 2Т903В.

Первый элемент — буква Г, К, А или цифра 1, 2, 3 — характеризует полупроводниковый материал и температурные условия работы транзистора.

1. Буква Г или цифра 1 присваивается германиевым транзисторам;

2. Буква К или цифра 2 присваивается кремниевым транзисторам;

3. Буква А или цифра 3 присваивается транзисторам, полупроводниковым материалом которых служит арсенид галлия.

Цифра, стоящая вместо буквы, указывает на то, что данный транзистор может работать при повышенных температурах: германий — выше 60°C, а кремний — выше 85°C.

Второй элемент — буква Т от начального слова «транзистор».

Третий элемент — трехзначное число от 101 до 999 — указывает порядковый заводской номер разработки и назначение транзистора. Эти параметры даны в справочнике по транзисторам.

Четвертый элемент — буква от А до К — указывает разновидность транзисторов данной серии.

Однако до сих пор еще можно встретить транзисторы, на которых стоит более ранняя система обозначения, например, П27, П213, П401, П416, МП39 и т.д. Такие транзисторы выпускались еще в 60 — 70-х годах до введения современной маркировки полупроводниковых приборов. Пусть эти транзисторы устарели, но они все еще пользуются популярностью и применяются в радиолюбительских схемах.

Практическая часть

Задание 1. Ознакомьтесь с информационными материалами к работе.

Задание 2. Из заданного набора радиоэлементов произведите сортировку сопротивлений, конденсаторов, диодов и транзисторов.

Задание 3. По имеющейся маркировке определите тип, параметры и номинальные значения (если они имеются на маркировке) всех заданных радиоэлементов.

Задание 4. У диодов и транзисторов по их рисунку определите электроды (у диодов — анод, катод; у транзисторов — эмиттер, база, коллектор).

Задание 5. Выполните контрольное задание преподавателя.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение резистора и расскажите об их классификационных признаках.
- 2 Как изображают различные типы резисторов на схемах?
- 3 Дайте определение конденсатора и расскажите об их классификационных признаках.
- 4 Как изображают различные типы конденсаторов на схемах?
- 5 Назовите основные электрические параметры конденсаторов.
- 6 Дайте определение диода и расскажите об их классификационных признаках.
- 7 Как изображают различные типы диодов на схемах?
- 8 Назовите основные электрические параметры диодов.
- 9 Дайте определение транзистора и расскажите об их классификационных признаках.
- 10 Как изображают различные типы транзисторов на схемах?
- 11 Назовите основные электрические параметры транзисторов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ РАДИОЭЛЕМЕНТОВ МУЛЬТИТЕСТЕРОМ.

Цель работы: Научиться с помощью мультитестера в режиме измерения сопротивления определять исправность таких радиоэлементов, как резисторы, конденсаторы, диоды и транзисторы и выделять неисправности типа разрыв и короткое замыкание, а также определять выводы анода и катода в диодах и выводы коллектор, база, эмиттер в биполярных транзисторах.

Теоретическая часть:

В электронных цепях биотехнических систем достаточно большую долю составляют сопротивления, конденсаторы, диоды и транзисторы, от исправности работы которых зависит работа биотехнических систем в целом.

Самыми распространенными неисправностями этих и ряда других радиоэлементов являются разрыв цепей и короткое замыкание. В первом случае внутри конструкции элементов при дефектах в исполнении или из-за нарушения условий эксплуатации возникает разрыв электрического контакта, сопротивление всего элемента становится очень большим и приборами, измеряющими сопротивление (омметрами), регистрируется как бесконечность. Во втором случае либо на этапе изготовления, либо в ходе неправильной эксплуатации (возникновение электрического пробоя из-за повышенных токов и(или) напряжений) возникает электрическая цепь практически с нулевым сопротивлением (короткое замыкание).

Таким образом, контролируя с помощью омметра сопротивления проверяемых радиоэлементов можно установить, по крайней мере, два типа их возможных неисправностей.

При контроле неисправности радиоэлементов с помощью мультитестеров следует учитывать, что измерение сопротивления R_x производится косвенным методом, а именно путем регистрации величины протекающего через измеряемое сопротивление тока. Схема измерительной цепи приведена на рисунке 2.1

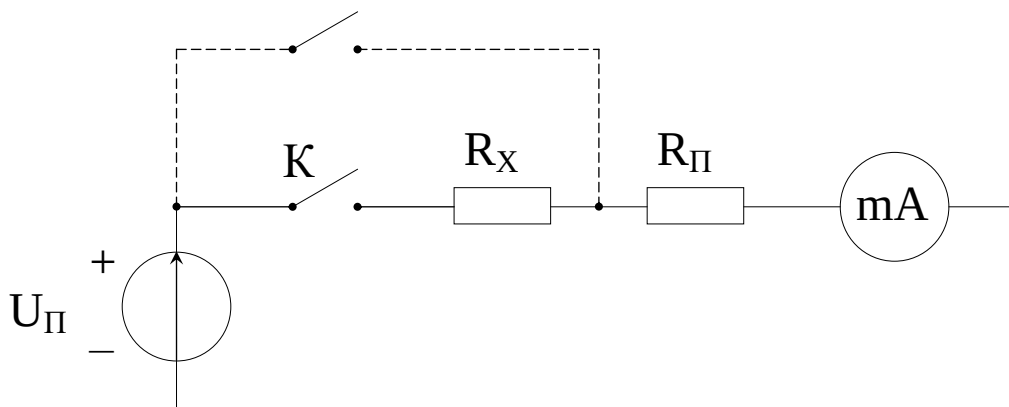


Рисунок 2.1 - Схема косвенного измерения сопротивления

В этой схеме измерение сопротивления осуществляется с использованием закона Ома в соответствии с выражением:

$$I = \frac{U_{\text{П}}}{R_{\text{X}} + R_{\text{П}}}.$$

Из этого выражения следует, что ток в измерительной цепи зависит от трех параметров $U_{\text{П}}$, R_{X} и $R_{\text{П}}$. В реальных приборах $U_{\text{П}}$ это батарейка с фиксированным напряжением. $R_{\text{П}}$ – сопротивление прибора, которое подбирается с тем расчетом, чтобы соответствовать измерительной шкале миллиамперметра.

Подбор сопротивления осуществляется переключателем мультитестера, на котором обозначены диапазоны измеряемого сопротивления. Когда измеряемое сопротивление R_{X} соответствует выбранному диапазону, точность измерения максимальна. Если $R_{\text{П}}$ слишком велико, стрелка прибора может показать большое сопротивление. Если $R_{\text{П}}$ слишком мало, стрелка прибора может показать нулевое сопротивление. После того как значение $R_{\text{П}}$ выбрано переключателем, оно так же зафиксировано. Причем, если замкнуть измерительные щупы между собой (пунктир на схеме 2.1), то стрелка прибора покажет нулевое сопротивление (короткое замыкание), а при включении измеряемого сопротивления R_{X} стрелка прибора отклонится на величину, пропорциональную R_{X} . Для удобства измерений шкала миллиамперметра проградуирована отдельной шкалой сопротивлений дополнительно к шкале токов и напряжений.

Рассмотрим далее подробно процесс контроля неисправности радиоэлементов мультитестером в режиме измерения сопротивлений.

Контроль исправности сопротивлений

Если номинальное значение сопротивления известно, то переключатель диапазонов измерения сопротивлений устанавливается на соответствующее деление шкалы и в случае исправного сопротивления на шкале прибора наблюдается измеряемое значение сопротивления с учетом погрешностей измерения и изготовления измеряемого резистора. При неисправности типа разрыв цепи прибор показывает бесконечное сопротивление.

При неизвестном номинальном сопротивлении контролируемого резистора измерения проводятся на всех диапазонах переключателя мультитестера.

В обоих случаях следует иметь в виду, что если прикасаться руками к металлическим измерительным щупам мультитестера, то в контур измерения будет включено сопротивление биообъекта, что может привести к неверным результатам, особенно при больших (более 50 кОм) измеряемых сопротивлениях.

Контроль исправности конденсаторов

Известно, что исправные конденсаторы не проводят постоянный ток. Поэтому короткое замыкание между обкладками конденсатора, возникающее, например, в результате его пробоя, можно проверить мультиметром в режиме омметра. Диапазон измерений рекомендуется выбрать для небольших сопротивлений. Если конденсатор, включенный в цепь измерений (руки следует убрать с металлических контактов), исправен, он покажет бесконечное сопротивление.

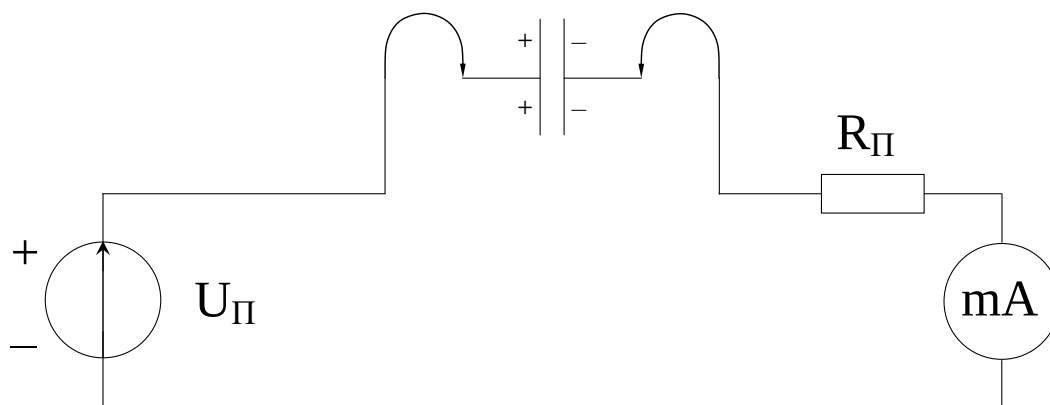


Рисунок 2.2 – Схема контроля неисправностей конденсатора

При измерении от батареи U_{Π} (рис. 2.2) обкладки конденсатора заряжаются. Если при этом конденсатор перевернуть и вновь включить в цепь омметра, то конденсатор начнет разряжаться и ток разряда заставит стрелку прибора отклониться, затем по мере перезаряда конденсатора она возвращается на место. Это говорит об исправности конденсатора. Но эффект отклонения стрелки будет замечен, только если конденсатор обладает достаточной емкостью (обычно от единиц микрофарад). Если конденсатор небольшой емкости, то с помощью омметра можно выявить только неисправность типа короткое замыкание. Для определения неисправности типа разрыв цепи и ряда других (например, потеря емкости) необходимо использовать специальные приборы.

Контроль исправности диодов

Наличие источника постоянного тока в мультитестере позволяет проверить работоспособность диода, который при подключении в прямом направлении проводит электрический ток, а при подключении в другом направлении его не проводит (размыкает цепь) (рис. 2.3).

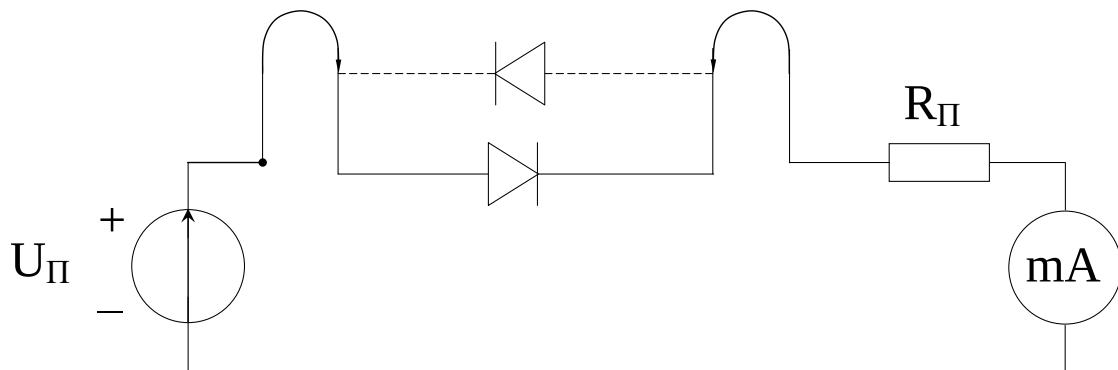


Рисунок 2.3 – Схема контроля диода

При включении диода в прямом направлении (плюс источника питания подключен к аноду диода) диод обладает малым сопротивлением (единицы Ом), что будет зафиксировано мультиметром. При включении в обратном направлении (пунктир на рис. 2.3) прибор покажет большое сопротивление. Это свидетельствует об исправной работе прибора.

Если при проверке диода его сопротивление мало в обоих направлениях, это говорит о неисправности типа короткое замыкание (пробой диода). Если при проверке диода его сопротивление велико

(мегаомы) в обоих направлениях, это говорит о неисправности типа разрыв цепи.

Мультитестер, включенный в режим омметра, может быть использован для определения вывода диода, подключенного к аноду и(или) катоду. Для этого необходимо знать, к какому проводу мультитестера подключен, например, плюс его внутреннего источника питания. Если заранее не известно, к какой клемме мультитестера подключены выводы внутреннего источника питания, то можно проверить это с помощью диода с известным заранее расположением анода и катода относительно выводов диода, учитывая, что р-область диода соответствует его аноду (+), а п-область катоду (–).

Контроль исправности транзисторов

Одной из эквивалентных схем транзистора является его представление в виде пары встречно включенных диодов (рис. 2.4)

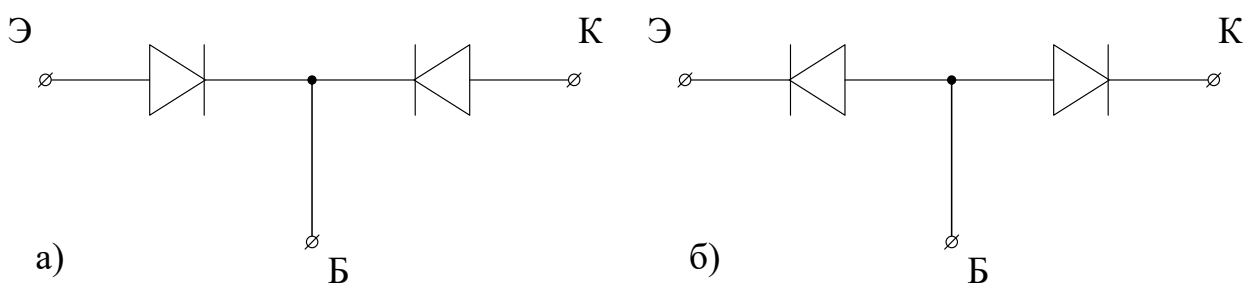


Рисунок 2.4 – Эквивалентные схемы транзисторов

а) р-п-р-типа; б) п-р-п-типа

Из приведенных эквивалентных схем транзисторов следует, что исправность каждого из переходов транзистора можно проверить относительно базы, последовательно проверяя наличие короткого замыкания или разрыва цепи по методике, изложенной в пункте «проверка исправности диодов».

Кроме этого может быть определен тип транзистора (р-п-р или п-р-п) или расположение его выводов на корпусе.

Практическая часть

Задание 1. Получите у преподавателя набор радиоэлементов (резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы).

Задание 2. Определите номинальные значения выданных радиоэлементов.

Задание 3. Задание 1. Изучите ручки управления мультитестера и выберите режим измерения сопротивлений.

Задание 4. Проверьте исправность всех выданных Вам элементов. дополнительно у диодов и транзисторов уточните их тип.

Задание 5. Сверьте Ваши выводы с данными справочников.

Контрольные вопросы.

1. Почему метод измерения сопротивлений относится к косвенным методам?

2. Какие типы неисправностей могут контролироваться мультитестером в режиме омметра?

3. Как проверить работоспособность резисторов, конденсаторов, диодов и транзисторов омметром?

4. Как с помощью диода с известным расположением его выводов проверить полярность подключения внутреннего источника питания к клеммам мультитестера?

5. Как с помощью омметра определить тип транзистора и расположение его выводов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ПОСТРОЕНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ДИОДНОГО МОСТА

Цель работы. Научиться проектировать выпрямитель с помощью диодного моста.

Теоретическая часть

Диоды относят к классу так называемых полупроводниковых приборов. Электрический переход в полупроводнике – это граничный слой между двумя областями, физические характеристики которых существенно различны. Переходы между двумя областями полупроводника с различным типом электропроводности называют электронно-дырочным, или р–п – переходами.

К диодам относят полупроводниковые приборы, пропускающие ток в одном направлении. В зависимости от технологических процессов, используемых при изготовлении, различают точечные диоды, сплавные диоды и диоды с диффузной базой. По конструктивным признакам их подразделяют на точечные, плоскостные, планарные и мезадиоды. По функциональному назначению диоды делят на выпрямительные, универсальные, импульсные, стабилитроны, туннельные и т.д. Большинство полупроводниковых диодов выполняют на основе несимметричных р–п – переходов. На рис. 3.1 показано условное обозначение диода, один из выводов которого называют анодом (А), второй – катодом (К). Аноду соответствует вывод полупроводника р–типа, катоду – п–типа.

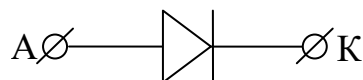


Рисунок 3.1 – Условное обозначение диода

Если к выводам диода приложить положительное напряжение $U_{AK} > 0$, сопротивление р–п – перехода становится небольшим, диод открывается и пропускает ток в прямом направлении. При отрицательном напряжении $U_{AK} < 0$ сопротивление резко возрастает, диод закрывается и через него протекает незначительный обратный ток. Этот ток на несколько порядков меньше прямого. Основное

назначение диодов переключение сигналов и их использование в выпрямителях переменного тока.

Простейшей выпрямительной схемой, использующей маломощные источники питания (до нескольких сотен ватт), является однополупериодная схема (рис. 3.2).

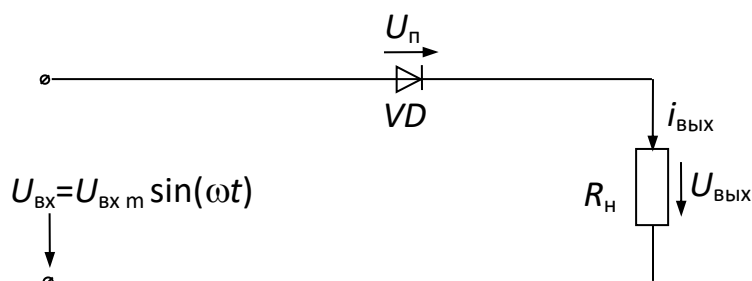


Рисунок 3.2 – Структурная схема однополупериодного выпрямителя

В этой схеме ток через нагрузку будет протекать только при открытом диоде, когда к его аноду приложено положительное напряжение, то есть в первый полупериод входного напряжения.

Временные диаграммы работы однополупериодного выпрямителя приведены на рис. 3.3.

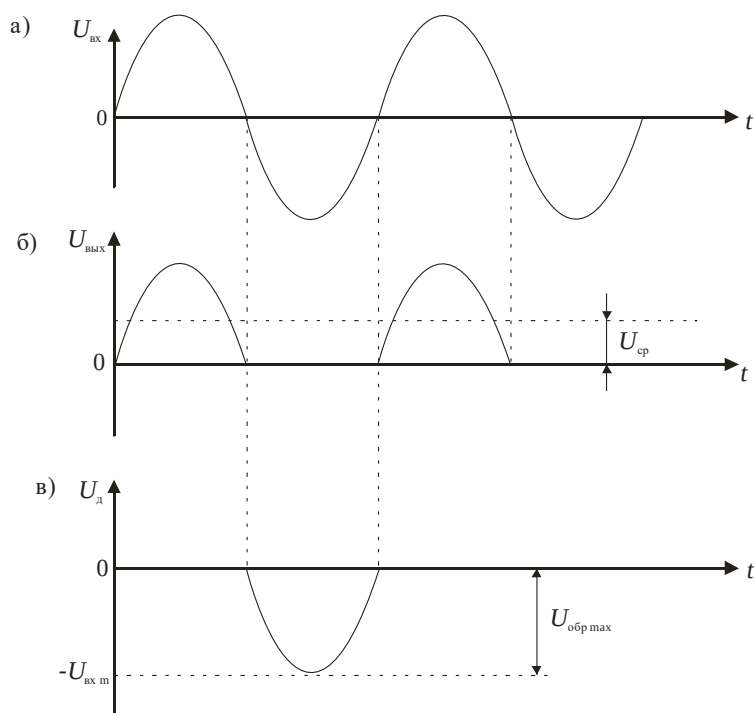


Рисунок 3.3 – Временные диаграммы работы однополупериодного выпрямителя: а)-входное напряжение; б)-выходное напряжение; г)-падение напряжения на диоде

Используя приведенные выше определения, можно показать, что:

$$U_{\text{ср}} = \sqrt{2} / \pi U_{\text{вх}} \approx 0,45 U_{\text{вх}}; \quad U_{\text{вх}} = 2,22 U_{\text{ср}}; \quad I_{\text{ср}} = U_{\text{ср}} / R_{\text{н}};$$

$$\varepsilon = \pi / 2 = 1,57; \quad U_{\text{обр max}} = \sqrt{2} U_{\text{вх}} = \pi U_{\text{ср}}; \quad I_{\text{д ср}} = I_{\text{ср}}; \quad I_{\text{д max}} = \pi I_{\text{ср}}.$$

Из этих соотношений видно, что обратное напряжение на диоде более чем в три раза превышает его среднее значение. Однополупериодная схема выпрямления в практических приложениях используется достаточно редко, поскольку она работает на выпрямление только половину периода, что снижает её коэффициент полезного действия. И кроме того, выпрямленное напряжение имеет высокий коэффициент пульсаций, что усложняет процедуру сглаживания.

Наиболее оптимальное использование диодов достигается в так называемой мостовой схеме однофазного выпрямителя (рис. 3.4).

В этой схеме диоды работают на включение и выключение парами: $VD1$ с $VD2$ и $VD3$ с $VD4$.

В первый полупериод напряжение в точке 1 положительное, а в точке 2 отрицательное, поэтому диоды $VD1$ и $VD2$ открыты, а $VD3$ и $VD4$ закрыты. При этом ток течет по цепи $1 \rightarrow 3 \rightarrow R_{\text{н}} \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$.

Во второй полупериод диоды $VD1$ и $VD2$ закрываются, а $VD3$ и $VD4$ открываются, и ток начинает протекать по цепи $2 \rightarrow 3 \rightarrow R_{\text{н}} \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$.

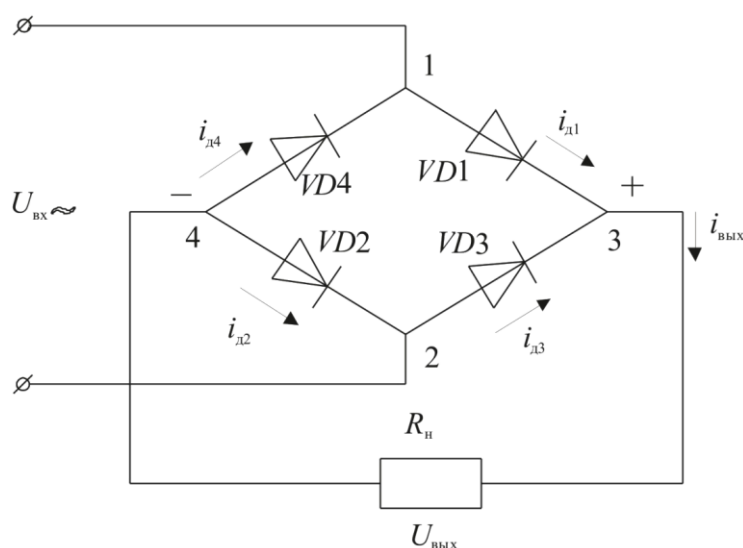


Рисунок 3.4 – Структурная схема однофазного мостового выпрямителя

Таким образом, ток через нагрузку R_H течет и в положительной, и в отрицательный полупериоды, то есть эта схема обеспечивает двухполупериодное выпрямление с временной диаграммой, аналогичной диаграмме $U_{\text{ВЫХ}}$, приведенной на рис. 3.5.

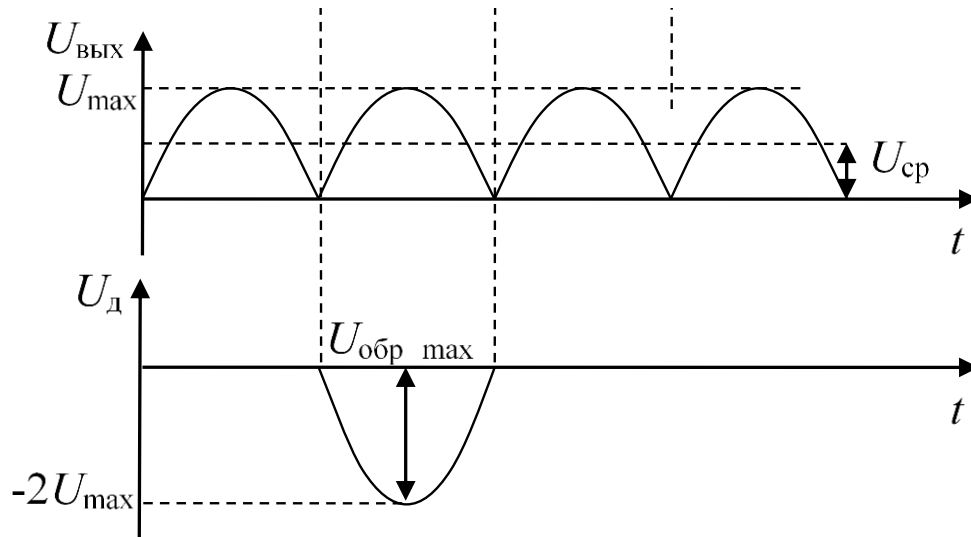


Рисунок 3.5 – Временная диаграмма работы диодного моста

Для мостовой схемы справедливы следующие соотношения:

$$U_{\text{ср}} \approx 0,9 U_{\text{ВХ}}; U_{\text{ВХ}} \approx 1,11 U_{\text{ср}}; I_{\text{ср}} = U_{\text{ср}} / R_H; \eta = 0,67;$$

$$U_{\text{обр max}} = \sqrt{2} U_{\text{ВХ}} = U_{\text{ср}} \pi / 2; I_{\text{д. ср}} = \frac{1}{2} I_{\text{ср}}; I_{\text{max}} = I_{\text{ср}} \frac{\pi}{2}.$$

Особенностью мостовой схемы является отсутствие среднего отвода во вторичной обмотке трансформатора. Поэтому для получения одного и того же выпрямленного напряжения в мостовой схеме требуется обмотка с числом витков вдвое меньше, чем у схемы со средним выводом. Вследствие этого обратное напряжение, действующее на каждый диод, в два раза меньше, чем у схемы с отводом от середины обмотки.

Практическая часть.

Задание 1. На макетной плате соберите схему диодного моста, добейтесь корректности ее работы.

Задание 2. Проанализируйте поведение сигнала на входе и выходе схемы. Как поменяется поведение выходного сигнала при изменении амплитуды и частоты входного сигнала?

Задание 3. Поменяйте сопротивление нагрузки в схеме. Как поведет себя сигнал?

Задание 3. Зафиксируйте полученные результаты, подготовьте отчет.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение полупроводникового диода.
2. Перечислите основные характеристики диодов
3. Что такое ВАХ?
4. Дайте определение выпрямителя. Каково его назначение?
5. Приведите схему выпрямителя на диодном мосте, расскажите о принципах его работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЬНЫХ КАСКАДОВ ПОСТОЯННОГО, ПЕРЕМЕННОГО И ИМПУЛЬСНОГО ТОКА

Цель работы. Приобретение навыков по сборке, проектированию и исследованию особенностей функционирования транзисторных усилительных каскадов, функционирующих в режимах усилителей постоянного, переменного и импульсного токов, транзисторы. Измерение режимов работы усилителей выполняются с помощью мультиметра (ток, напряжение, сопротивление) и осциллографа (напряжение), входные сигналы поступают с выхода мультимедийного генератора, способного формировать на своем выходе сигналы различной формы, частоты и амплитуды.

Теоретическая часть.

К транзисторам относят полупроводниковые приборы с тремя электродами, которые служат для усиления или переключения сигналов. Для изготовления транзисторов наиболее часто используют кремний и германий. В соответствии с этим различают кремниевые и германиевые транзисторы.

В отличие от биполярных транзисторов, управляемых током, класс полупроводниковых приборов, способных усиливать электрические сигналы и управляемых электрическим полем (практически без затрат мощности управляющего сигнала), называют полевыми транзисторами.

При подключении биполярного транзистора к одному переходу прикладывается прямое, к другому обратное напряжение. Переход, к которому при нормальном включении приложено прямое напряжение, называют эмиттерным, а его соответствующий вывод – эмиттером (э). Переход, к которому при нормальном включении приложено обратное напряжение, называют коллекторным, а вывод – коллектором (к). Средний слой называют базой (б). Допустимо обратное включение переходов, его называют инверсным включением. При инверсном включении параметры транзистора сильно изменяются. У полевого транзистора эквивалентом эмиттера является исток, коллектора – сток, а базы – затвор.

На рис. 4.1 показан вариант включения биполярного транзистора в режиме усиления сигнала.

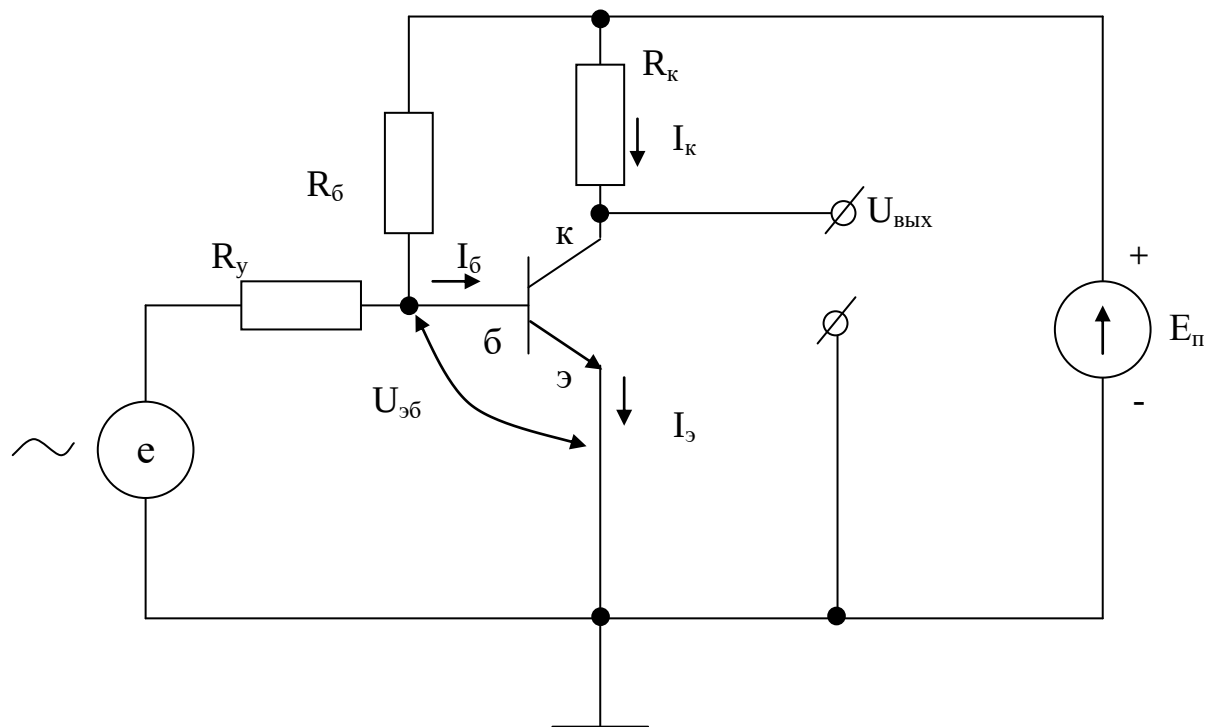


Рисунок 4.1 – Схема простейшего транзисторного усилителя

Транзистор обладает следующим основными свойствами: ток коллектора меньше тока эмиттера на величину коэффициента передачи эмиттерного тока $\alpha < 1$ и определяется соотношением $I_k = \alpha I_\varepsilon$, причем величина α не много меньше единицы, поэтому ток коллектора не сильно отличается от тока эмиттера; изменение напряжения перехода база-эмиттер ($U_{бэ}$), например за счет изменения напряжения e прилагаемого к этому переходу приводит к изменению I_ε , а следовательно и I_k ; ток коллектора связан с током базы соотношением $I_k = \beta I_\varepsilon$, где β - коэффициент усиления по току, и при $\beta \gg 1$ получается эффект усиления входного тока формируемого источником e и сопротивлением R_y от источника E_π .

Транзистор является нелинейным элементом содержащим участок линейности, когда выполняется линейное соотношение $I_k = \beta I_\varepsilon$ и два участка нелинейности. Первый участок формируется когда переход кэ под воздействием большого входного тока полностью откроется, его сопротивление становится практически постоянным и небольшим, что в ряде случаев позволяет считать потенциал коллектора практически равным нулевому потенциалу относительно общей точки E_π и e , обозначенной на схеме символом $\perp$.

Второй участок формируется при отрицательном или близком к нулю напряжении $U_{бэ}$. В этом случае переход $U_{кэ}$ закрывается, ток в базу практически не втекает и в ряде случаев можно считать разорванной цепь между коллектором и эмиттером. Работу транзисторов на участках нелинейности используют для построения ключевых схем с двумя состояниями типа включено – выключено, для построения логических и арифметических схем работающих с двоичными кодами (0, 1). Для этого договариваются, например что состоянию 0 соответствует открытый транзистор, когда напряжение на его коллекторе ($U_{вых}$) близко к нулевому потенциалу относительно общего провода ($\perp$), а состоянию «1» соответствует закрытый транзистор, когда напряжение на его коллекторе близко к напряжению питания - E_n . Такая логика работы многих транзисторов объединенных в одном устройстве позволяет строить сложные вычислительные и логические устройства включая современные вычислительные машины.

Практическая часть.

Задание 1. Собрать схему, как показано на рис. 4.2 (схема с общим эмиттером, транзистор р-п-р типа).

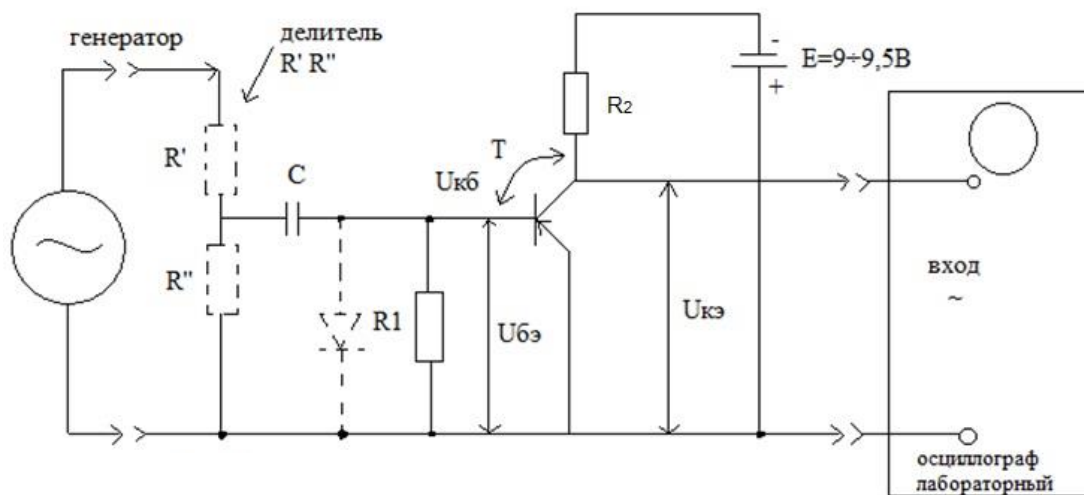


Рисунок 4.2 – Схема с общим эмиттером, транзистор р-п-р типа

Примечание. Если минимальное выходное напряжение генератора не позволяет реализовать ненасыщенный режим работы усилителя, то необходимо использовать делитель с соотношением $R'R''$ от $10 \div 1$ до $100:1$ (например: $R' = 300 \text{ кОм}$, $R'' = 300 \text{ Ом}$).

Детали:

транзистор типа 1Т308(кт 308) или 1Т321 (кт 321);

$C = 0,15 \text{ мкф}; 0.68 \text{ мкф}; 1 \text{ мкф};$

$R_1 = 9,1 \div 10 \text{ кОм};$

$R_2 = 1 \div 2 \text{ кОм};$

Подавать на вход усилителя напряжение синусоидального тока от генератора амплитуда $1 \div 50 \text{ мВ}$, контролировать с помощью осциллографа напряжение на выходе усилителя. Определить уровень насыщения и объяснить форму выходного напряжения усилителя (эпюры б и в) рис. 4.2б.

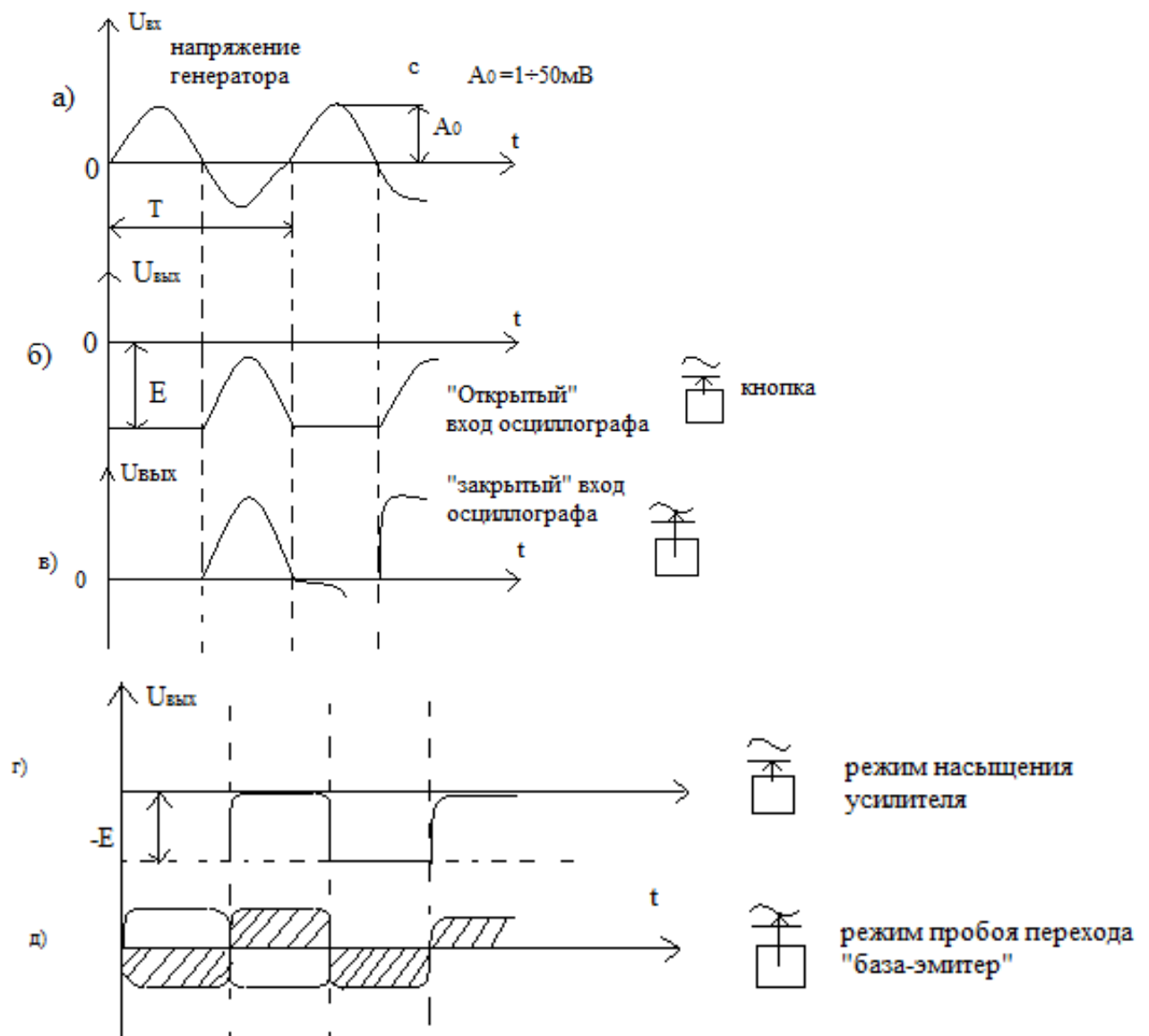


Рисунок 4.3. Эпюры напряжений

Увеличивая напряжение сигнала на входе усилителя, добавится явление электрического пробоя (перегрузки) участка база-эмиттер транзистора.

Зафиксировать осциллограф для отчета.

Задание 2. Собрать схему, как показано на рис. 4.4.

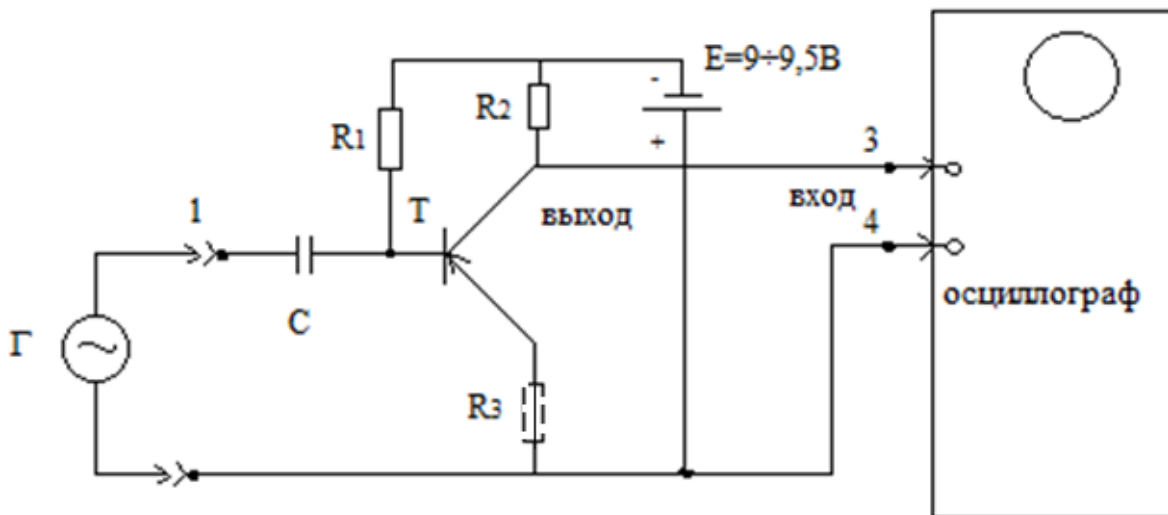


Рисунок 4.4 – Схема с общим эмиттером, транзистор р-п-р типа

Детали:

$C = 0,15 \div 1$ мкф;

$R1 = 100 \div 200$ кОм;

$R2 = 1 \div 2$ кОм;

$R3$ (вариант) - $100 \div 200$ Ом.

Выполнить операции аналогично заданию 1, предварительно измерить величины $U_{бэ}$ и $U_{кэ}$. Изменить напряжение генератора, определить диапазон усиления каскада, найти напряжение насыщения.

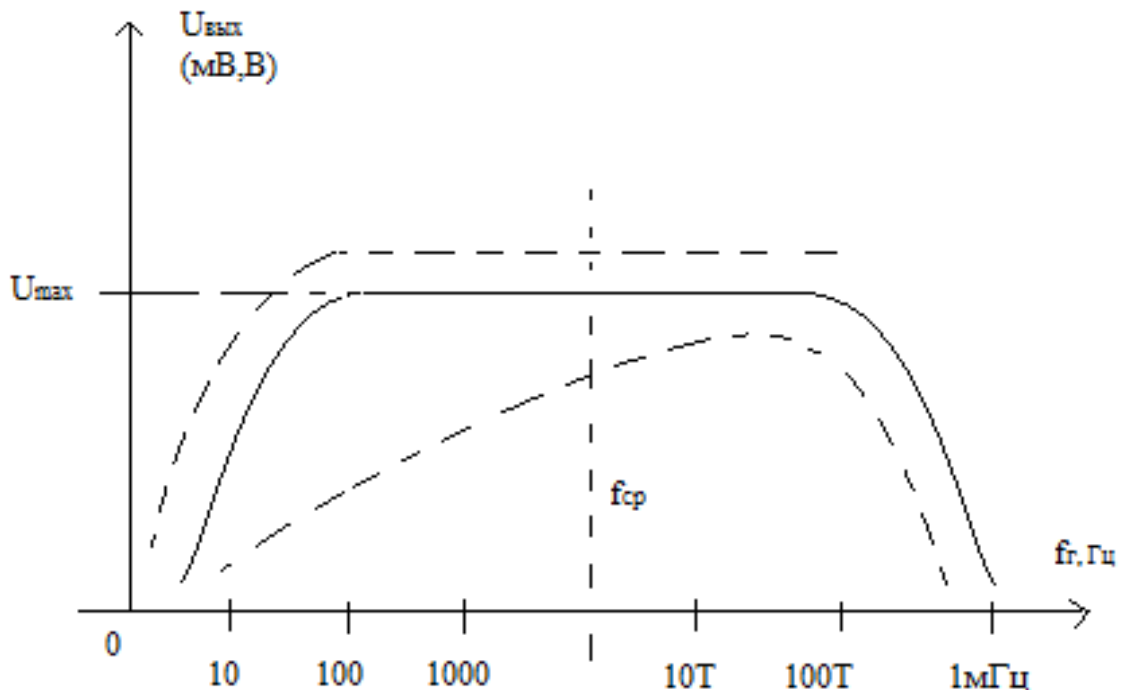
Выбрать напряжение генератора, соответствующее середине амплитудного диапазона усилителя (каскад на р-п-р транзисторе).

Изменяя частоту выходных колебаний генератора снять амплитудно-частотную (передаточную) характеристику усилителя в 3-х вариантах:

1) $C = 0,15$ мкф;

2) $C = 0,68 \div 1$ мкф;

3) $C = 1000$ пф.



Установив мультиметр в режим “мА” (не перепутать с омами!!!), Включив мультиметр в разрыв цепи коллектора (как показано пунктиром на рис. 4.1б) измерить ток, потребляемый каскадом в статическом и динамическом режимах (со входным сигналом с генератора и без него). Измеренные значения токов зафиксировать в отчете.

Подключить снова генератор (его выходной сигнал) ко входу усилителя через делитель $R_3 R_4$ с соотношением порядка 100:1.

Определить коэффициент усиления на средней частоте.

$$K_{yc} = \frac{U_{вых}(f_{cp})}{U_{вх}(f_a)}$$

Результат отметить в отчете.

Установить резистор R_5 в схему (рис. 4.3), повторить в статическом режиме измерения:

$I_{бэ}$, U_{R1} , $I_{кэ}$, U_{R2} , U_{R5} .

Результат отразить в отчете, объяснить разницу в показаниях при наличии R_5 и при его отсутствии.

Повторить действие при наличии R_5 , зафиксировать показания (результат измерения) K_{yc} . Объяснить разницу в измерениях коэффициента усиления. Объяснить в отчете положительный эффект подключения R_5 .

Установить импульсный режим генератора. В этом режиме выполнить все операции согласно предыдущим пунктам.

Задание 3. Собрать схему, как показано на рис. 4.5, но без R_3 .

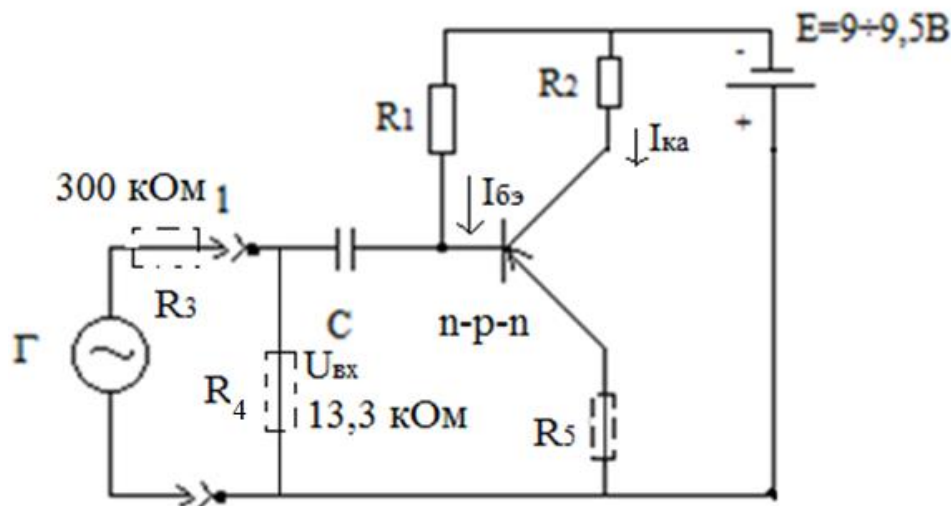


Рисунок 4.5. Схема усилителя мощности с заземленным эмиттером, транзистором n-p-n – типа.

$$R1 = 100 \div 200 \text{ кОм};$$

$$R2 = 3 \text{ кОм};$$

$$C = 0,15 \text{ мкф};$$

$$R3 \approx 300 \text{ кОм};$$

$$R4 \approx 3 \text{ кОм};$$

Выполнить все операции задания 2.

Результаты измерений отразить в отчете.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение транзистора.
2. Какие типы транзистора Вы знаете?
3. Расскажите о свойствах транзистора.
4. Каким образом транзистор может работать в режиме усилителя?
5. Расскажите об АЧХ транзисторов.