



Министерство образования Республики Беларусь
Филиал Учреждения образования «Брестский
государственный технический университет»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора Филиала
BrGTU Политехнический колледж
по учебной работе

_____ С. В. Маркина

« ____ » _____ 2017г.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения домашней контрольной работы
для учащихся специальности

2-39 02-32 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств»

_____ для заочной формы обучения _____

(форма обучения ^{*})

Разработал: Щеперка В.Н., преподаватель Филиала Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» Политехнический колледж

Контрольные задания разработаны на основе типовой учебной программы, утвержденной Министерством образования Республики Беларусь 26.06.2008г года.

Контрольные задания обсуждены и рекомендованы к использованию на заседании цикловой комиссии радиотехнических дисциплин.

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2017г.

Председатель цикловой комиссии _____ Л.П. Бойко
(подпись) (инициалы, фамилия)

Содержание

Введение.....	4
1 Примерный тематический план учебной дисциплины.....	8
2 Перечень рекомендуемой литературы.....	10
3 Задания для домашней контрольной работы и методические указания по их выполнению.....	11
3.1 Задача 1.....	12
3.2 Методические указания по выполнению задачи 1.....	15
3.3 Задача 2.....	16
3.4 Методические указания по выполнению задачи 2.....	21
3.5 Задача 3.....	22
3.6 Методические указания по выполнению задачи 3.....	38
3.7 Задача 4.....	43
3.8 Методические указания по выполнению задачи 4.....	46
3.9 Задача 5.....	47
3.10 Методические указания по выполнению задачи 5.....	52
3.11 Задача 6.....	52
3.12 Методические указания по выполнению задачи 6.....	53
3.13 Задача 7.....	55
3.14 Методические указания по выполнению задачи 7.....	56
3.15 Задача 8.....	57
3.16 Методические указания по выполнению задачи 8.....	58
3.17 Задача 9.....	59
3.18 Методические указания по выполнению задачи 9.....	61
3.19 Задача 10.....	61
3.20 Методические указания по выполнению задачи 10.....	67
ПРИЛОЖЕНИЕ А Основные электрические параметры некоторых типов диодов.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Основные электрические параметры некоторых типов транзисторов.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ В Схемы включения полупроводниковых диодов транзисторов.....	71

Введение

Электроника представляет собой бурно развивающую область науки и техники. Это наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и о методах создания на основе этого взаимодействия электронных устройств. Она изучает принципы устройства электронных приборов и физические основы работы этих приборов, их характеристики, параметры и важнейшие свойства, определяющие возможность их применения в радиоэлектронной аппаратуре (РЭА). Электроника, изучающая электронные приборы, в которых протекают токи в единицы, десятки и даже в сотни ампер называется *силовой электроникой*.

Электроника прошла несколько этапов развития, за время которых сменилось несколько поколений элементной базы: дискретная электроника на электровакуумных приборах и полупроводниках, интегральная электроника микросхем, больших и сверхбольших интегральных схем (БИС, СБИС), микропроцессоров, микроконтроллеров, функциональная электроника.

Элементная база первого поколения (20 – 50 г.г. 20 века), была построена с использованием электровакуумных ламп, дискретных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), проводных электрических связей. Сложность технологии электровакуумных приборов, небольшой срок службы, значительные габаритные размеры и масса, большое потребление электроэнергии послужили стимулом к появлению второго поколения электроники.

Ко второму поколению (50 – 60 г.г.) относят конструкции РЭС на полупроводниковых приборах, которые по сравнению с электровакуумными приборами имеют меньшие габаритные размеры и массу потребляемую энергию, больший КПД, срок службы и надежность, меньшую стоимость.

Действие почти всех полупроводниковых приборов основано на использовании свойств $p - n$ перехода, представляющего собой границу полупроводников с электропроводностью $p -$ и $n -$ типа в монокристалле. В полупроводниковых приборах используют выпрямительные свойства $p - n$ перехода (выпрямительные диоды низко- и высокочастотные, а также силовые диоды), его управляемую напряжением емкость (варикапы, параметрические диоды), явление пробоя (стабилитроны), отрицательное сопротивление $p - n$ переходов с высокой концентрацией примеси (туннельные диоды).

Основным полупроводниковым прибором следует считать транзистор, обладающий усилительными свойствами. Появление транзистора в конце сороковых – начале пятидесятых годов послужило толчком к стремительному развитию полупроводниковой электроники. Промышленностью выпускаются преимущественно биполярные и полевые транзисторы. Биполярный транзистор содержит два близко (на расстоянии около 1 мкм и менее) расположенных друг к другу $p - n$ перехода, сопротивление одного из которых (коллекторного) зависит от прямого тока, протекающего через другой (эмиттерный). Работа полевых транзисторов основана на изменении сопротивления тонкого приповерхностного слоя полупроводника (канала) под действием

электрического поля (напряжения), подаваемого на изолированный от канала (р – п переходом или диэлектриком) электрод (затвор). Промышленность выпускает транзисторы, предназначенные для работы в широком диапазоне напряжений, токов и частот, в том числе в микроминиатюрном исполнении (бескорпусные). Выпускаются также приборы, содержащие три р – п перехода – тиристоры, эквивалентные по свойствам электрически управляемым ключам и используемые главным образом в устройствах автоматики.

К третьему поколению (60 – 70 г.г.) относят конструкции на печатных платах (ПП) и интегральных микросхемах (ИМС) малой степени интеграции. Технология изготовления аппаратуры на микросхемах упрощается, т.к. уменьшается общее число деталей и соединений между ними. Благодаря этому увеличивается надежность аппаратуры, уменьшаются ее габаритные размеры и масса.

Появление ИМС сыграло решающую роль в развитии электроники, положив начало новому этапу – микроэлектронике.

Полупроводниковая интегральная микросхема представляет собой множество полупроводниковых приборов (транзисторов, диодов) и других радио компонентов (резисторов, конденсаторов), изготовленных на небольшом кристалле полупроводника прямоугольной формы и соединенных друг с другом тонкопленочными металлическими проводниками. Получаемая сложная электрическая схема выполняет определенную функцию преобразования и обработки сигнала. Микросхему герметизируют в корпусе, имеющем внешние выводы.

Выпускаются интегральные микросхемы, предназначенные для обработки как аналоговых, т.е. плавно изменяющихся сигналов, так и цифровых сигналов, т.е. последовательностей импульсов определенной амплитуды, представляющих данные в виде чисел.

Аналоговые микросхемы применяют в измерительных устройствах, системах автоматического регулирования. *К универсальным элементам аналоговой электроники относится операционный усилитель*, позволяющий строить на его основе различные устройства — усилитель, генератор сигналов синусоидальной или другой формы, интегратор, дифференциатор, сумматор и множество других.

На цифровых интегральных микросхемах выполнены устройства и системы обработки больших потоков цифровой информации – системы автоматического регулирования, ЭВМ большой и малой производительности, а также микро – ЭВМ, предназначенные, как правило, для узкого применения. Почти все современное технологическое оборудование, в том числе оборудование полупроводникового и электровакуумного производства, оснащено встроенными автоматизированными системами управления технологическим процессом на основе микро – ЭВМ.

В конструкции РЭА четвертого поколения (70 – 80г.г.) применены большие интегральные схемы (БИС), многослойные ПП, гибкие печатные шлейфы, микрополосковые линии.

В конструкции РЭА пятого поколения (80 – 90 г.г. по настоящее время)

широкое применение нашли: чип ЭРЭ, приборы с переносом заряда, микропроцессоры и микроконтроллеры, а также такая область электроники, как функциональная микроэлектроника.

Основными тенденциями в современном производстве РЭА являются: уменьшение потребляемой мощности, повышение надежности и срока службы, упрощение технологии.

В последнее время все более эффективно внедряется микропроцессорная и микроконтроллерная техника. Это позволило создать, например, телевизоры с цифровой обработкой сигналов, что в значительной мере повысило качество изображения; миниатюрные сотовые телефоны, электронные записные книжки, переносные электронные игры и прочее.

Основными технологическими направлениями развития электроники и микроэлектроники являются:

- миниатюризация;
- повышение качества продукции;
- механизация и автоматизация производства;
- создание новых технологий, позволяющих упростить технологические процессы, сократить время изготовления, повысить качество, уменьшить отходы производства, а также уменьшить выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Целью изучения дисциплины «Основы электроники и микроэлектроники» является формирование знаний по полупроводниковой элементной базе и основам электронной схемотехники современных РЭС, а также навыков экспериментальных исследований полупроводниковых приборов, интегральных микросхем и электронных устройств.

Успешное освоение учебного материала базируется на знаниях физики, химии, теоретических основ электротехники, материаловедения.

В результате изучения дисциплины учащиеся должны *знать на уровне представления:*

- новые разработки структур электронных приборов и интегральных микросхем;
- особенности использования электронных приборов и интегральных микросхем;
- основные тенденции развития и современные достижения методов проектирования интегральных микросхем.

знать на уровне понимания:

- устройство, принцип действия, характеристики, области применения интегральных микросхем, полупроводниковых, фотоэлектронных и оптоэлектронных приборов;

- принципы построения типовых электронных схем, применяемых в телемеханике, автоматике и вычислительной технике;

- технологические методы, средства изготовления и особенности организации производства электронных приборов.

уметь:

- осуществлять расчет и конструирование полупроводниковых приборов

и базовых электронных схем;

– собирать схемы и выполнять эксперименты по исследованию полупроводниковых приборов и устройств;

– осуществлять анализ работы базовых электронных схем.

1 Примерный тематический план

Раздел, тема	Количество часов		
	Всего	Количество часов	
		на лабор. работы	на практич. работы
1	2	3	4
Введение	2		
Раздел 1. Физические основы Полупроводников	10		
1.1. Основы зонной теории твердого тела и собственные полупроводники	2		
1.2. Примесные полупроводники и их Проводимость	2		
1.3. Контактные явления и полупроволниковые Переходы	4		
1.4. Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках	2		
Раздел 2. Полупроводниковые Компоненты	33	8	4
2.1. Полупроводниковые резисторы	2		
2.2. Полупроводниковые диоды	10	2	2
2.3. Транзисторы	12	4	2
2.4. Четырехслойные полупроводниковые приборы (тиристоры)	6	2	
2.5. Шумы полупроводниковых Приборов	2		
<i>Обязательная контрольная работа №1</i>	1		
Раздел 3. Элементы и компоненты интегральных схем	10		
3.1. Интегральные схемы	2		
3.2. Элементы и компоненты гибридных интегральных схем	4		
3.3. Элементы и компоненты полупроводниковых интегральных схем	4		
Раздел 4. Основы электронной Схемотехники	41	10	2
4.1. Параметры и характеристики аналоговых и цифровых электронных Устройств	2		
4.2. Режимы работы усилительных элементов по постоянному току	2		

4.3. Обратная связь и ее влияние на показатели усилителей	2		
4.4. Каскады предварительного усиления	8	4	
4.5. Широкополосные и избирательные и усилители	2		
4.6. Оконечные каскады усиления	2		
4.7. Усилители постоянного тока	2		
4.8. Операционные усилители и их применение для создания устройств аналоговой обработки сигналов	6	2	
4.9. Генераторы синусоидальных колебаний	2	2	
4.10. Схемотехника цифровых интегральных схем	10	2	2
<i>Обязательная контрольная работа № 2</i>	1		
Раздел 5. Устройства отображения информации	4		
5.1. Устройства отображения информации на электронно-лучевых трубках	2		
5.2. Полупроводниковые индикаторы	2		
Итого	100	18	6

2 Перечень рекомендуемой литературы

2.1 Основная литература

1. **Галкин, В.И.** Промышленная электроника / В.И. Галкин. Мн., 1989.
2. **Гусев, В.Г.** Электроника / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. М., 1991.
3. **Жеребцов, И.П.** Основы электроники / И.П. Жеребцов, Л., 1989.
4. **Лачин, В.И.** Электроника / В.И. Лачин, Н.С. Савелов. Ростов-на Дону, 2005.
5. **Нефедов, В. И.** Основы радиоэлектроники / В.И. Нефедов, М., 2000.
6. **Федотов, В.И.** Основы электроники / В.И. Федотов. М., 1990.

2.2 Дополнительная литература

1. **Василенко, В.С.** Электроника и микроэлектроника / В.С. Василенко, М.С.Хандогин. Мн., 2003.
2. **Ворсин, Н.Н.** Основы радиоэлектроники / Н.Н. Ворсин, Н.М. Ляшко. Мн., 1992.
3. **Гольцев, В.Р.** Электронные усилители /В.Р. Гольцев [и др.]. М., 1990.
4. **Мокеев, О.К.** Полупроводниковые приборы и микросхемы / О.К. Мокеев. М., 1987.
5. **Нефедов, А.В.** Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: справочник: в 12 т. / А.В. Нефедов. М., 2002.
6. **Петухов, В.М.** Транзисторы и их зарубежные аналоги: справочник: в 4 т. / В.М. Петухов. М., 2000.
7. **Транзисторы** для аппаратуры широкого применения: справочник/ К.М. Брежнева [и др.]; под ред. Б.Л.Перельмана. М., 1981.
8. **Хрулев, А.К.** Диоды и их зарубежные аналоги: справочник: в 3 т. / А.К. Хрулев, В.П. Черепанов. М., 2002.
9. **Григорьев, О.П.** Тиристоры. Справочник / О.П. Григорьев [и др.]. М., 1990
10. **Богданович, М.И.** Цифровые интегральные микросхемы / М.И. Богданович [и др.]. М., 1991.

3 Задания для домашней контрольной работы и методические указания по их выполнению

Домашняя контрольная работа состоит из 10 задач. Перед решением каждой задачи необходимо изучить методические рекомендации. Ответы на вопросы задач должны быть достаточно полными, конкретными и четкими.

Вариант контрольного задания определяется по двум последним цифрам шифра (номера зачётной книжки) учащегося. Например, учащийся, имеющий шифр 321, выполняет вариант 21 (см. таблицу вариантов контрольной работы).

При оформлении работ следует придерживаться следующих требований:

1. Контрольная работа выполняется на стандартных листах формата А4 с пронумерованными страницами машинным способом с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

2. Контрольная работа включает:

- титульный лист;
- содержание;
- основную часть;
- список использованных источников.

3. Титульный лист является первым листом и оформляется в соответствии с приложением Д стандарта организации СТО ТУПК 001-2017.

4. Текстовая часть домашней контрольной работы также оформляется в соответствии со стандартом организации СТО ТУПК 001-2017.

5. Последовательность заполнения листов домашней контрольной работы должна выдерживаться в соответствии с заданием. Условие каждой задачи должно быть приведено полностью. После полной записи условия приводится таблица с исходными данными задачи своего варианта.

6. Все элементы схем и графики должны вычерчиваться в соответствии с ЕСКД. Обязательно обозначение координат осей с откладываемыми величинами и единицами их измерения.

7. Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы сквозной нумерацией.

8. После решения последней задачи должен быть приведен список использованной литературы.

9. Домашняя контрольная работа помещается в папку с верхним прозрачным листом.

10. Работа должна быть выполнена и предоставлена на рецензию своевременно, в соответствии с учебным графиком. После получения зачетной работы необходимо внести дополнения и исправления по замечаниям рецензии.

Если работа не зачтена, учащийся выполняет ее заново.

11. При затруднении в выполнении какого – либо задания учащийся может обратиться к преподавателю за консультацией.

3.1 Задача 1

1. Приведите условное изображение р-п перехода с подключением к нему источников питания (рисунок 1). Нанесите на изображенном р-п переходе заданные носители заряда с указанием направления их перемещения (таблица 1).

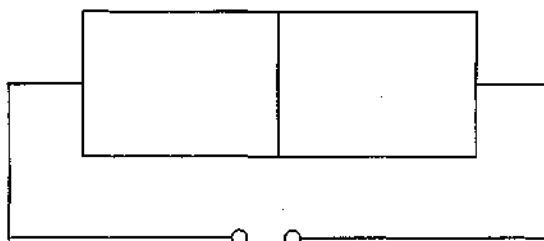


Рисунок 1 – Условное обозначение р-п – перехода с источником питания

2. Обозначьте на рисунке тип проводимости обеих областей (р или п) и полярность источника питания, соответствующую заданному перемещению носителей заряда.
3. Отметьте, в каком направлении включен р-п – переход (в прямом или обратном).
4. Приведите вольт-амперную характеристику, соответствующую такому включению р-п – перехода для двух разных температур.
5. Укажите порядок величин тока и напряжения, соответствующих полученному направлению включения р-п – перехода.

Таблица 1 – Варианты задачи 1

№ варианта	Тип носителей заряда	Знак перемещающихся носителей заряда (Н.З.)	Направление перемещения
00	О.Н.	–	Справа налево
01	О.Н.	+	Слева направо
02	Н.Н.	+	Справа налево
03	О.Н.	–	Справа налево
04	Н.Н.	+	Слева направо
05	О.Н.	+	Справа налево
06	Н.Н.	–	Справа налево
07	О.Н.	–	Слева направо
08	Н.Н.	+	Слева направо
09	О.Н.	+	Слева направо
10	Н.Н.	–	Справа налево
11	О.Н.	–	Слева направо
12	Н.Н.	+	Справа налево

Продолжение таблицы 1

13	О.Н.	+	Справа налево
14	Н.Н.	–	Слева направо
15	О.Н.	–	Справа налево
16	Н.Н.	+	Слева направо
17	О.Н.	+	Справа налево
18	Н.Н.	–	Слева направо
19	О.Н.	–	Слева направо
20	Н.Н.	–	Справа налево
21	Н.Н.	+	Слева направо
22	О.Н.	+	Справа налево
23	О.Н.	+	Слева направо
24	О.Н.	–	Справа налево
25	Н.Н.	–	Справа налево
26	Н.Н.	–	Слева направо
27	О.Н.	+	Слева направо
28	О.Н.	+	Слева направо
29	О.Н.	–	Справа налево
30	Н.Н.	–	Слева направо
31	Н.Н.	–	Справа налево
32	Н.Н.	+	Слева направо
33	О.Н.	+	Слева направо
34	О.Н.	+	Справа налево
35	Н.Н.	–	Слева направо
36	Н.Н.	–	Справа налево
37	О.Н.	–	Справа налево
38	О.Н.	–	Справа налево
39	Н.Н.	+	Справа налево
40	О.Н.	–	Слева направо
41	О.Н.	+	Слева направо
42	О.Н.	+	Слева направо
43	Н.Н.	+	Слева направо
44	О.Н.	+	Справа налево
45	Н.Н.	+	Справа налево
46	О.Н.	–	Слева направо
47	Н.Н.	–	Слева направо
48	О.Н.	–	Справа налево
49	Н.Н.	–	Справа налево
50	О.Н.	+	Слева направо
51	Н.Н.	–	Справа налево
52	О.Н.	+	Справа налево

Продолжение таблицы 1

53	Н.Н.	–	Слева направо
54	О.Н.	–	Слева направо
55	Н.Н.	+	Справа налево
56	О.Н.	–	Слева направо
57	Н.Н.	+	Слева направо
58	О.Н.	–	Справа налево
59	Н.Н.	–	Слева направо
60	О.Н.	+	Слева направо
61	Н.Н.	+	Справа налево
62	О.Н.	–	Справа налево
63	Н.Н.	+	Справа налево
64	О.Н.	–	Слева направо
65	Н.Н.	+	Слева направо
66	О.Н.	+	Справа налево
67	Н.Н.	–	Слева направо
68	О.Н.	+	Слева направо
69	Н.Н.	–	Справа налево
70	О.Н.	+	Справа налево
71	Н.Н.	–	Слева направо
72	О.Н.	+	Справа налево
73	Н.Н.	+	Справа налево
74	О.Н.	+	Слева направо
75	Н.Н.	–	Справа налево
76	О.Н.	–	Слева направо
77	Н.Н.	–	Слева направо
78	О.Н.	+	Справа налево
79	О.Н.	+	Слева направо
80	Н.Н.	+	Слева направо
81	Н.Н.	–	Слева направо
82	О.Н.	–	Справа налево
83	О.Н.	+	Справа налево
84	Н.Н.	–	Справа налево
85	Н.Н.	–	Слева направо
86	О.Н.	–	Слева направо
87	Н.Н.	+	Справа налево
88	О.Н.	+	Справа налево
89	Н.Н.	+	Справа налево
90	О.Н.	+	Слева направо
91	Н.Н.	–	Слева направо
92	О.Н.	–	Слева направо

Продолжение таблицы 1

93	Н.Н.	–	Справа налево
94	О.Н.	+	Справа налево
95	О.Н.	–	Слева направо
96	Н.Н.	+	Слева направо
97	Н.Н.	–	Справа налево
98	О.Н.	+	Слева направо
99	Н.Н.	+	Слева направо

3.2 Методические указания по выполнению задачи 1

3.2.1. Приведите таблицу с вариантом задания, аналогично таблице 1. Изобразите p-n – переход. Над изображением перехода сделайте надпись «О.Н.» или «Н.Н.» в зависимости от условия своего варианта. Нанесите заданный носитель заряда (+ или –) в той части p-n – перехода, откуда начинается его движение. Покажите вектором (\rightarrow), (\leftarrow) направление перемещения заданных зарядов.

3.2.2. В соответствии с заданием обратите внимание еще раз на то, какими для области, из которой начинается перемещение, являются изображенные заряды – основными или не основными. Далее, надо указать проводимости левой и правой областей, т.е. где p-, где n-область. P-область – та, для которой дырки являются основными (О.Н.), а электроны – не основными (Н.Н.); n-область – та, в которой электроны – О.Н., а дырки – Н.Н. Теперь укажите полярность подключенного к p-n – переходу источника питания. Понятно, что дырки, имеющие положительный заряд, будут двигаться в сторону той области, к которой подключен отрицательный полюс источника, а электроны – в область, к которой подключен положительный полюс.

3.2.3. Отметьте теперь на своем рисунке, какое вы получили включение источника питания $U_{пр}$ или $U_{обр}$ (рисунок 2).

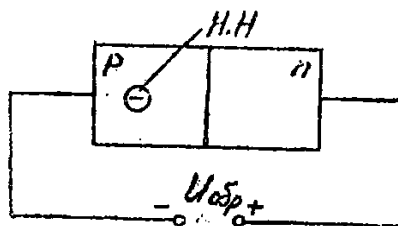


Рисунок 2 – Обратное включение p-n – перехода

3.2.4. Приведите график с изображением той части вольт-амперной характеристики p-n – перехода, которая соответствует полученному направлению его включения. Приведите на том же графике одну характеристику для большей температуры.

3.2.5. Для ответа на пятый вопрос задачи 1 обратитесь к материалам рекомендуемой литературы по теме 1.3 примерного тематического плана.

3.3 Задача 2

Выберите из приложения А полупроводниковый диод согласно своему варианту (таблица 2). Охарактеризуйте выбранный прибор и укажите физический смысл заданного в графе 4 таблицы 2 параметра. Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;
- таблицу с записью обозначения (маркировки) выбранного диода и его справочными данными;
- запись определения данного типа диода и его условное графическое обозначение (УГО);
- запись с расшифровкой маркировки выбранного диода;
- краткий ответ о том, какое свойство p-n – перехода используется в этом типе диодов;
- габаритный чертеж диода;
- схему включения;
- типовую вольт-амперную характеристику (для варикапа – зависимость емкости (заряда) от приложенного напряжения);
- ответ о физическом смысле параметра, заданного в таблице 2, графа 4;

Таблица 2 – Варианты задачи 2

№ варианта	Тип диодов	Условие выбора диодов	Параметр
00	Варикап	Постоянное обратное напряжение $U_{обр} = 25В$	$I_{обр}$
01	Выпрямительный	Максимальное постоянное прямое напряжение	$r_{дин}$
02	Варикап	Емкость $C = 100$ пФ	Q_B
03	Туннельный	Максимальный пиковый туннельный ток	U_B
04	Выпрямительный	Максимальный постоянный обратный ток	$I_{пр,д}$
05	Стабилитрон	Напряжение стабилизации $U_{ст} = 8,5В$	$r_{см}$
06	Варикап	Постоянное обратное напряжение $U_{обр} = 25В$	$P_{пр}$
07	Выпрямительный	Наибольшее предельное постоянное обратное напряжение	$P_{пр, ср}$
08	Стабилитрон	Напряжение стабилизации $U_{ст} = 8,6В$	$r_{диф}$
09	Туннельный	Наименьшая общая емкость	$U_{проб.}$
10	Выпрямительный	Наибольший допустимый постоянный ток	$I_{обр, ср}$

Продолжение таблицы 2

11	Светоизлучающие	Наименьший постоянный прямой ток	$U_{пр}$
12	Сверхвысокочастотные	Наибольшие потери преобразования	$I_{пот}$
13	Выпрямительный	Постоянное прямое напряжение	$U_{обр, и, п}$
14	Варикап	Наибольшая емкость	$f_{пред, в}$
15	Туннельный	Пиковый ток $I_{и} = 1,3 \div 1,7 \text{ мА}$	$U_{п}$
16	Стабилитрон	Напряжение стабилизации $U_{ст} = 5,6 \text{ В}$	$U_{ст}$
17	Выпрямительные блоки и сборки	Минимальное повторяющееся импульсное обратное напряжение	$U_{пр, и}$
18	Светоизлучающие	Постоянный прямой ток $I_{пр} = 10 \text{ мА}$	$P_{изл}$
19	Сверхвысокочастотные	Потери преобразования $L_{преоб} = 6 \text{ дБ}$	$\beta_{и}$
20	Варикап	Емкость $C = 30 \text{ пФ}$	$Q_{в}$
21	Туннельный	Пиковый ток $I_{п} = 4,5 \div 5,1 \text{ мА}$	$I_{п}$
22	Стабилитрон	Напряжение стабилизации $U_{ст} = 9 \text{ В}$	$H_{ст}$
23	Выпрямительный	Постоянное напряжение $U_{пр} = 12 \text{ В}$	$U_{обр, и, р}$
24	Светоизлучающий	Наибольшее постоянное прямое напряжение	λ_{max}
25	Сверхвысокочастотные	Наибольший нормированный коэффициент шума	η
26	Выпрямительные блоки и сборки	Максимальное повторяющееся импульсное обратное напряжение	$U_{обр}$
27	Сверхвысокочастотные	Наименьший нормированный коэффициент шума	$F_{норм}$
28	Светоизлучающие	Наименьшее постоянное прямое напряжение	L
29	Туннельный	Минимальное отношение пикового тока к току впадины	$I_{в}$

Продолжение таблицы 2

30	Стабилитрон	Наименьший средний температурный коэффициент напряжения	$I_{ст}$
31	Выпрямительный	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 0,4В$	$U_{пор}$
32	Светоизлучающий	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 3В$	L
33	Сверхвысокочастотный	Нормированный коэффициент шума $F_{норм} = 7,5$ дБ	Q
34	Выпрямительные блоки и сборки	Повторяющееся импульсное обратное напряжение $U_{обр, и, п, max} = 600В$	$U_{пр, ср}$
35	Туннельный	Отношение пикового тока к току впадины $I_n/I_v = 5$	I_n/I_v
36	Стабилитрон	Средний температурный коэффициент напряжения $k = 0,1\%$	$R_{ст}$
37	Варикап	Добротность $Q = 300$	αC_v
38	Выпрямительный	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 1В$	$I_{пр, и, п}$
39	Сверхвысокочастотный	Нормированный коэффициент шума $F_{норм} = 8,5$ дБ	N_m
40	Светоизлучающий	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 2В$	$P_{изл}$
41	Выпрямительные блоки и сборки	Повторяющееся импульсное обратное напряжение $U_{обр, и, п} = 50В$	$I_{пр}$
42	Туннельный	Отношение пикового тока к току впадины $I_n/I_v = 4$	U_n
43	Стабилитрон	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 700$ мкА	$I_{ст, и}$
44	Блоки и сборки выпрямительные	Максимальный ток перегрузки выпрямительного диода $I_{прг}$	$P_{пр}$
45	Светоизлучающий	Максимум спектрального распределения $\lambda_{max} = 0,69$ мкп	$P_{изл}$

Продолжение таблицы 2

46	Выпрямительный	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 5 \text{ мкА}$	$I_{пр, уд}$
47	Варикап	Добротность $Q = 180$	αQ_B
48	Туннельный	Сопротивление потерь $r_n = 40 \text{ Ом}$	U_B
49	Стабилитрон	Максимальное дифференциальное сопротивление	$\alpha U_{ст}$
50	Выпрямительный	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 400 \text{ мкА}$	$I_{пр, д.}$
51	Варикап	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 5 \text{ мкА}$	K_c
52	Туннельный	Сопротивление потерь $r_n = 60 \text{ Ом}$	U_{pp}
53	Выпрямительные блоки и сборки	Минимальный ток перегрузки	$P_{обр}$
54	Светоизлучающий	Максимум спектрального распределения $\lambda_{max} = 0,666 \text{ мкм}$	f_{max}
55	Сверхвысокочастотные	Коэффициент стоячей волны по напряжению $K_{стн} = 1,5$	$r_{выс}$
56	Выпрямительный	Предельное постоянное обратное напряжение $U_{обр, max} = 560 \text{ В}$	$I_{прг}$
57	Варикап	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 1 \text{ мкА}$	Q_B
58	Туннельный	Напряжение пика $U_n = 0,075 \text{ В}$	F_R
59	Стабилитрон	Дифференциальное сопротивление $r_{ст} = 100 \text{ Ом}$	$t_{вкл}$
60	Выпрямительный	Предельное постоянное обратное напряжение $U_{обр max} = 30 \text{ В}$	$I_{пр, уд}$
61	Варикап	Постоянное обратное напряжение $U_{обр} = 45 \text{ В}$	αC_B
62	Выпрямительные блоки и сборки	Ток перегрузки выпрямительного диода $I_{прг} = 28 \text{ А}$	$P_{ср}$
63	Сверхвысокочастотные	Выходное сопротивление $r_{вых} = 210 \text{ Ом}$	$r_{вых}$

Продолжение таблицы 2

64	Выпрямительный	Предельное постоянное обратное напряжение $U_{обр\ max} = 800В$	$I_{пр, д}$
65	Варикап	Постоянное обратное напряжение $U_{обр} = 25В$	$F_{пред}$
66	Туннельный	Напряжение впадины $U_{вп} = 0,75В$	I_n
67	Стабилитрон	Дифференциальное сопротивление $r_{ст} = 460\Omega$	$t_{вых}$
68	Выпрямительный	Предельное постоянное обратное напряжение $U_{обр\ max} = 800В$	$I_{прг}$
69	Варикап	Предельная постоянная рассеиваемая	αQ_V
70	Туннельный	Минимальное напряжение впадины	I_v
71	Стабилитрон	Максимальный ток стабилизации $I_{ст\ max} = 29\text{ мА}$	$H_{ст}$
72	Выпрямительный	Предельное постоянное обратное напряжение $U_{обр\ max} = 20В$	$U_{обр, и, р}$
73	Светоизлучающий	Максимальное импульсное обратное напряжение	$I_{хх}$
74	Сверхвысокочастотные	Выходное сопротивление $r_{вых} = 250\Omega$	$T_{выкл}$
75	Выпрямительные блоки и сборки	Ток перегрузки выпрямительного диода $I_{прг} = 1А$	P_u
76	Выпрямительный	Максимально допустимый постоянный прямой ток $I_{пр\ max} = 5А$	$U_{пор}$
77	Варикап	Постоянное обратное напряжение $U_{обр} = 45В$	K_c
78	Туннельный	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 5,5В$	I_n/I_v
79	Стабилитрон	Максимальный ток стабилизации $I_{ст\ max} = 55\text{ мА}$	$S_{ш}$

Окончание таблицы 2

80	Светоизлучающий	Постоянный прямой ток $I_{пр} = 5 \text{ мА}$	$U_{кз}$
81	Выпрямительные блоки и сборки	Средний максимальный прямой ток $I_{пр, ср max} = 0,6 \text{ мА}$	$r_{диф}$
82	Варикап	Емкость 17 пФ	Q_v
83	Выпрямительный	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 1,5 \text{ В}$	$I_{пр, и,п}$
84	Туннельный	Пиковый ток $I_n = 15 \text{ мА}$	U_n
85	Стабилитрон	Минимальный ток стабилизации $I_{ст min} = 3 \text{ мА}$	$U_{ст}$
86	Выпрямительный	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 100 \text{ мкА}$	$I_{пр, уд}$
87	Светоизлучающие	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 8 \text{ В}$	$I_{кз}$
88	Сверхвысокочастотные	Выходное сопротивление $r_{вых} = 270 \text{ Ом}$	$R_{пр}$
89	Выпрямительные блоки и сборки	Напряжение короткого замыкания $U_{кз} = 4 \text{ В}$	C_d
90	Варикап	Добротность $Q = 300$	αC_v
91	Выпрямительный	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 700 \text{ мкА}$	$I_{пр, д}$
92	Стабилитрон	Дифференциальное сопротивление $r_{ст} = 46 \text{ Ом}$	$I_{ст}$
93	Выпрямительный	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 0,4 \text{ В}$	$U_{обр, и,р}$
94	Светоизлучающий	Постоянное прямое напряжение $U_{пр} = 2 \text{ В}$	$t_{нар, изл}$
95	Сверхвысокочастотный	Потери преобразования $L_{прб} = 6 \text{ дБ}$	$R_{гр}$
96	Выпрямительные блоки и сборки	Напряжение короткого замыкания $U_{кз} = 2 \text{ В}$	C_d
97	Выпрямительный	Постоянный обратный ток $I_{обр} = 100 \text{ мкА}$	$I_{пр, д}$
98	Стабилитрон	Дифференциальное сопротивление $r_{ст} = 10 \text{ Ом}$	$I_{ст}$
99	Сверхвысокочастотный	Потери преобразования $L_{прб} = 6,5 \text{ дБ}$	$R_{гр}$

3.4 Методические указания по выполнению задачи 2

3.4.1. Приведите таблицу с вашим вариантом задания.

3.4.2. Изучите классификацию и систему условных обозначений,

приведенную в справочной литературе [8].

2.4.3. Обратитесь к приложению А. Найдите в приложении А диод, соответствующий по своему назначению вашему варианту. Из найденной группы выберите тот диод, который соответствует заданному условию выбора. Приведите таблицу с его обозначением и справочными данными.

2.4.3. Приведите запись определения данного типа диода и его условное графическое обозначение (УГО). УГО диодов приведены в дополнительной литературе [8]

2.4.4. Приведите запись с расшифровкой маркировки выбранного диода.

2.4.5. Используя материал основной литературы, разберитесь в принципе действия заданного диода и дайте краткий ответ о том, какое свойство р-п – перехода используется в этом типе диодов;

2.4.6. Используя справочную литературу [8], приведите габаритный чертеж диода;

2.4.7. Приведите вольт – амперную характеристику рассматриваемого диода. Если задан варикап, то приведите график зависимости барьерной емкости от величины приложенного внешнего обратного напряжения.

2.4.8. В приложении В приведены простейшие схемы включения диодов. Выберите соответствующую вашему варианту схему и приведите ее в контрольной работе. На схеме рядом с диодом запишите его обозначение (буквенно – цифровой код). Опишите принцип работы схемы.

2.4.9. В материалах справочной литературы [8] найдите и запишите ответ относительно физического смысла заданного параметра диода.

3.5 Задача 3

Из таблицы 3 выберите биполярный транзистор согласно условию своего варианта. Выполните необходимые вычисления, построения и сделайте выводы. Укажите физический смысл заданного в таблице 3 параметра.

Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;
- таблицу с обозначением выбранного транзистора и его справочными данными;
- запись определения биполярного транзистора;
- схему включения транзистора с общим эмиттером (ОЭ) в активном рабочем режиме;
- обозначение стрелками на схеме путей прохождения токов коллектора, базы, эмиттера и запись о том какие токи и напряжения являются для данной схемы входными и выходными;
- входные и выходные характеристики со всеми необходимыми построениями;
- расчет и построение нагрузочной прямой с обозначением на входных и выходных характеристиках напряжений, приложенных к транзистору, и токов во входной и выходной цепи транзистора;
- данные режима работы транзистора;

- таблицу расчета линии допустимых режимов и выводов о допустимости использования транзисторов в заданном режиме;
- обозначение на выходных характеристиках транзистора областей использования его в режимах отсечки и насыщения;
- расчет параметров и элементов схемы включения транзистора, используя данные таблицы 3, графа 9;
- ответ о физическом смысле параметра, заданного в графе 8, таблицы 3.

Таблица 3 – Варианты задачи 3

№ варианта	Данный транзистор	Данные для нахождения рабочей точки (Р.Т.) и построения нагрузочной прямой.					Параметр	Данные для расчета параметров транзистора
		$I_{кр.т}$	$U_{кЭр.т}$	$I_{бр.т}$	E_k	R_n		
1	П605А р-п-п	700 мА	8 В	найти	16 В	найти	$f_{гр}$	Определить $R_{вх}$, K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 2$ мА.
2	П607А р-п-п	найти	8В	2,75 мА	найти	22,8 Ом	$f_{h21э}$	Определить $U_{мк}$, $R_{вых}$, $P_{вых}$, если амплитуда входного сигнала $I_{мб} = 500$ мкА.
3	КТ608Б п-р-п	найти	5В	30мА	8В	Найти	$h_{22э}$	Определить коэффициент усиления по напряжению K_u и амплитуду переменного коллекторного тока $I_{мк}$, если $U_{мвх} = 0,5$ В.
4	П701А п-р-п	найти	7В	100 мА	40В	44Ом	$f_{h21э}$	Определить статические параметры β , $R_{вых}$ и рассеиваемую коллектором мощность P_k в рабочей точке.

Продолжение таблицы 3

5	ГТ806А р-п-р	найти	найти	500 мА	10В	0,63 Ом	$I_{КБ0}$	Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока $I_{мб} = 10$ мА.
6	П609А р-п-р	найти	10В	2мА	16В	22,8 Ом	$I_{КЭ0}$	Определить коэффициент усиления по току K_i и $R_{вых}$. при амплитуде входного тока $I_{мб} = 0,5$ мА.
7	П609А р-п-р	0,29 А	найти	2мА	16В	найти	$h_{21э}$	Определить параметры β , $h_{22э}$ и сделать вывод о наличии искажения сигнала.
8	КТ803А п-р-п	найти	найти	150 мА	50В	10 Ом	$U_{Кэmax}$	Определить выходную мощность $P_{вых}$ и $R_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
9	МП38А п-р-п	найти	5В	0,2 мА	14В	найти	f_{max}	Определить амплитуду выходного тока, напряжения и $P_{вых}$ при $I_{мб} = 150$ мкА.
10	МП42Б р-п-р	найти	5В	найти	12В	0,24 кОм	$h_{11э}$	Определить входное сопротивление и амплитуду входного напряжения $U_{мвх}$ при $I_{мб} = 100$ мкА.

Продолжение таблицы 3

11	КТ312А n-p-n	25мА	найти	0,4мА	15В	Найти	h_{116}	Определить K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 0,1$ мА.
12	ГТ321Д p-n-p	найти	7,5В	найти	15В	35Ом	$I_{к\ max}$	Определить выходную мощность $P_{в\ых}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
13	КТ201А n-p-n	17мА	8В	найти	найти	430 Ом	C_k	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{м\ в\ых}$, при $U_{м\ в\х} = 0,05$ В.
14	ГТ402Д p-n-p	220мА	найти	4мА	8В	найти	h_{226}	Определить параметр $h_{11э}$ при $U_{м\ в\х} = 0,05$ В.
15	К814А p-n-p	найти	3В	15мкА	найти	11 Ом	$U_{кэ\ нас}$	Определить параметр $h_{21э}$ при $I_{мб} = 10$ мкА.
16	КТ815А n-p-n	630мА	найти	15мкА	10В	Найти	$P_{к\ max}$	Определить коэффициент K_u , при $U_{м\ в\х} = 0,05$ В.
17	П605А p-n-p	найти	8В	5мА	найти	11,4 Ом	$f_{h_{21э}}$	Определить $R_{вк}$, K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 2$ мА.
18	П607А p-n-p	350 мА	найти	2,75 мА	найти	22,8 Ом	$f_{гр}$	Определить $U_{мк}$, $R_{в\ых}$, $P_{в\ых}$, если амплитуда входного сигнала $I_{мб} = 500$ мкА.

Продолжение таблицы 3

19	КТ608Б n-p-n	220 мА	5В	найти	8В	Найти	$h_{22э}$	Определить коэффициент усиления по напряжению K_u и амплитуду переменного коллекторного тока I_{mk} , если $U_{mвх} = 0,5В$.
20	П701А n-p-n	750 мА	7В	найти	40В	Найти	$h_{21э}$	Определить статические параметры β , $R_{ввых}$ и рассеиваемую коллектором мощность P_k в рабочей точке
21	ГТ806А p-n-p	9,5А	4В	найти	10В	Найти	$I_{кб0}$	Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока $I_{mб} = 10 мА$
22	П609А p-n-p	0,29А	найти	2мА	найти	22,8 Ом	$h_{21э}$	Определить коэффициент усиления по току K_i при амплитуде входного тока $I_{mб} = 0,5 мА$
23	П609А p-n-p	0,29А	10В	найти	найти	22,8 Ом	$I_{кэ0}$	Определить параметры β , $h_{22э}$ и сделать вывод о наличии искажения сигнала.

Продолжение таблицы 3

24	КТ803А n-p-n	3,4А	найти	150мА	50В	Найти	$U_{кэ\ max}$	Определить выходную мощность $P_{вых}$ и $R_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5\ мА$.
25	МП38А n-p-n	28мА	5В	найти	найти	310 Ом	f_{max}	Определить амплитуду выходного тока и напряжения и $P_{вых}$ при $I_{мб} = 150\ мкА$.
26	МП42Б p-n-p	p-n-p 28мА	найти	400 мкА	12В	Найти	$h_{11э}$	Определить входное сопротивление и амплитуду входного напряжения $U_{мвх}$ при $I_{мб} = 100\ мкА$
27	КТ312А n-p-n	найти	6В	0,4 мА	15В	Найти	$h_{11б}$	Определить K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 0,1\ мА$.
28	ГТ321Д p-n-p	0,2А	найти	2мА	найти	35 Ом	$I_{к\ max}$	Определить выходную мощность $P_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5\ мА$.
29	КТ201А n-p-n	найти	8В	2мА	найти	430 Ом	C_k	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{м\ вых}$, при $U_{м\ вх} = 0,05В$.
30	ГТ402Д p-n-p	найти	4В	4мА	8В	Найти	$h_{22б}$	Определить параметр $h_{11э}$ при $U_{м\ вх} = 0,05В$.
31	КТ814А p-n-p	630 мА	найти	15мкА	найти	11Ом	$U_{кэ\ нас}$	Определить параметр $h_{21э}$ при $I_{мб} = 10\ мкА$.

Продолжение таблицы 3

32	КТ815А п-р-п	найти	3В	15мкА	10В	Найти	$P_{к\max}$	Определить коэффициент K_u , при $U_{m\text{вх}} = 0,05В$.
33	П605А р-п-р	найти	8В	найти	16В	11,4 Ом	$f_{h21э}$	Определить $R_{вх}$, K_i при амплитуде входного сигнала $I_{mб} = 2\text{ мА}$.
34	П607А р-п-р	350мА	найти	2,75 мА	16В	Найти	$f_{гр}$	Определить $U_{mк}$, $R_{вых}$, $P_{ввых}$, если амплитуда входного сигнала $I_{mб} = 500\text{ мкА}$.
35	КТ608Б п-р-п	220 мА	найти	30мА	8В	Найти	$h_{22э}$	Определить коэффициент усиления по напряжению K_u и амплитуду переменного коллекторного тока $I_{mк}$, если $U_{mвх} = 0,5В$.
36	П701А п-р-п	найти	7В	100 мА	найти	44 Ом	$f_{h21э}$	Определить статические параметры β , $R_{ввых}$ и рассеиваемую коллектором мощность P_k в рабочей точке.

Продолжение таблицы 3

37	ГТ806А р-п-р	найти	найти	500 мА	10В	0,63 Ом	$I_{кб0}$	Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока $I_{мб} = 10$ мА.
38	П609А р-п-р	0,29А	найти	найти	16В	22,8 Ом	$h_{21э}$	Определить коэффициент усиления по току K_i при амплитуде входного тока $I_{мб} = 0,5$ мА и $R_{вых}$.
39	П609А р-п-р	0,29А	найти	2мА	16В	Найти	$I_{кэ0}$	Определить параметры β , $h_{22э}$ и сделать вывод о наличии искажения сигнала.
40	КТ803А п-р-п	3,4 А	найти	150мА	найти	10Ом	$U_{кэ\max}$	Определить выходную мощность $P_{вых}$ и $R_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
41	МП38А п-р-п	28мА	найти	0,2мА	14В	Найти	$h_{11э}$	Определить амплитуду выходного тока и напряжения и $R_{вых}$ при $I_{мб} = 150$ мкА
42	МП42Б р-п-р	28мА	5В	найти	12В	Найти	f_{\max}	Определить входное сопротивление и амплитуду входного напряжения $U_{мвх}$ при $I_{мб} = 100$ мкА.

Продолжение таблицы 3

43	КТ312А п-р-п	найти	6В	найти	15В	300 Ом	h_{116}	Определить K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 0,1$ мА.
44	ГТ321Д р-п-р	0,2А	7,5В	найти	15В	Найти	$I_{к\max}$	Определить выходную мощность $P_{\text{вых}}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
45	КТ201А п-р-п	найти	найти	2мА	14В	430 Ом	C_k	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{\text{м вых}}$, при $U_{\text{м вх}} = 0,05$ В.
46	ГТ402Д р-п-р	найти	4В	найти	8В	20 Ом	h_{226}	Определить параметр h_{119} при $U_{\text{мвх}} = 0,05$ В.
47	КТ312А п-р-п	25мА	6В	найти	15В	Найти	h_{116}	Определить параметр h_{219} при $I_{мб} = 10$ мкА
48	ГТ321Д р-п-р	0,2А	найти	найти	15В	35Ом	C_k	Определить выходную мощность $P_{\text{вых}}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
49	КТ201А п-р-п	найти	8В	найти	14В	430Ом	$I_{кэ0}$	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{\text{м вых}}$, при $U_{\text{м вх}} = 0,05$ В.
50	ГТ402Д р-п-р	найти	4В	найти	8В	20 Ом	h_{226}	Определить параметр h_{119} при $U_{\text{м вх}} = 0,05$ В.
51	КТ814А р-п-р	630мА	3В	найти	10В	Найти	$U_{кэ\text{нас}}$	Определить параметр h_{219} при $I_{мб} = 10$ мкА.

Продолжение таблицы 3

52	КТ815А п-р-п	найти	3В	найти	10В	11Ом	$P_{к\max}$	Определить коэффициент K_u , при $U_{мвх} = 0,05В$.
53	П-605А р-п-р	700 мА	найти	найти	16В	11,4 Ом	$f_{h21э}$	Определить $R_{вх}$, K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 2$ мА.
54	П607А р-п-р	найти	8В	найти	16В	22,8 Ом	$f_{гр}$	Определить $U_{мк}$, $R_{вых}$, $P_{вых}$, если амплитуда входного сигнала $I_{мб} = 500$ мкА.
55	КТ608Б п-р-п	найти	найти	30мА	8В	13Ом	$h_{22э}$	Определить коэффициент усиления по напряжению K_u и амплитуду переменного коллекторного тока $I_{мк}$, если $U_{мвх} = 0,5В$.
56	П701А п-р-п	найти	найти	100 мА	40В	44Ом	$f_{h21э}$	Определить статические параметры β , $R_{вых}$ и рассеиваемую коллектором мощность P_k в рабочей точке.

Продолжение таблицы 3

57	ГТ806А р-п-р	9,5А	найти	500 мА	найти	0,63 Ом	$I_{к60}$	Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока $I_{мб} = 10$ мА.
58	П609А р-п-р	найти	найти	2мА	16В	22,8 Ом	$h_{21э}$	Определить коэффициент усиления по току K_i и $R_{вых}$. при амплитуде входного тока $I_{мб} = 0,5$ мА.
59	П609А р-п-р	0,29А	найти	2мА	найти	22,8 Ом	$I_{кэ0}$	Определить параметры β , $h_{22э}$ и сделать вывод о наличии искажения сигнала
60	КТ803А п-п-п	найти	17В	найти	50В	100Ом	$U_{кэ\ max}$	Определить выходную мощность $P_{вых}$ и $R_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
61	МП38А п-п-п	найти	найти	0,2мА	14В	310Ом	f_{max}	Определить амплитуду выходного тока и напряжения и $P_{вых}$ при $I_{мб} = 150$ мкА.
62	МП42Б р-п-р	найти	найти	400 мкА	12В	0,24 кОм	$h_{11э}$	Используя выходную характеристику, определить входное сопротивление и амплитуду входного напряжения $U_{мвх}$ при $I_{мб} = 100$ мкА.

Продолжение таблицы 3

63	КТ312А n-p-n	найти	найти	0,4 мА	15В	300 Ом	h_{216}	Определить K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 0,1$ мА.
64	ГТ321Д p-n-p	найти	найти	2мА	15В	350Ом	C_k	Определить выходную мощность $P_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
65	КТ201А n-p-n	найти	найти	2мА	14В	430 Ом	$I_{k\max}$	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{m\text{ вых}}$, при $U_{m\text{ вх}} = 0,05$ В.
66	ГТ402Д p-n-p	найти	найти	4мА	8В	200Ом	h_{226}	Определить параметр h_{119} при $U_{m\text{ вх}} = 0,05$ В
67	КТ814А p-n-p	найти	найти	15мкА	10В	110Ом	$U_{кэ\text{ нас}}$	Определить параметр h_{219} при $I_{мб} = 10$ мкА.
68	П605А p-n-p	найти	8В	5мА	16В	Найти	f_{h219}	Определить $R_{вх}$, K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 2$ мА.
69	П607А p-n-p	найти	8В	2,75 мА	найти	22,8 Ом	$f_{гр}$	Определить $U_{мк}$, $R_{вых}$, $P_{вых}$, если амплитуда входного сигнала $I_{мб} = 500$ мкА.

Продолжение таблицы 3

70	КТ608Б n-p-n	найти	5В	30мА	найти	13Ом	$h_{22э}$	Определить коэффициент усиления по напряжению K_u и амплитуду переменного коллекторного тока I_{mk} , если $U_{мвх} = 0,5В$.
71	П701А n-p-n	750мА	найти	100 мА	40В	Найти	$f_{h21э}$	Определить статические параметры β , $R_{вых}$ и рассеиваемую коллектором мощность P_k в рабочей точке.
72	ГТ806А p-n-p	найти	4В	500 мА	10В	Найти	$I_{кэ0}$	Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока $I_{мб} = 10 мА$.
73	П609А p-n-p	найти	10В	2мА	найти	22,8 Ом	$h_{21э}$	Определить коэффициент усиления по току K_i и $R_{вых}$ при амплитуде входного тока $I_{мб} = 0,5 мА$.
74	П609А n-p-n	найти	10В	2мА	найти	22,8 Ом	$I_{кэ0}$	Определить параметры β , $h_{22э}$ и сделать вывод о наличии искажения сигнала.

Продолжение таблицы 3

75	КТ815А n-p-n	найти	3В	15мкА	найти	11 Ом	$U_{кэ\text{ нас}}$	Определить выходную мощность $P_{\text{вых}}$ и $R_{\text{вых}}$ при $I_{мб} = 0,5 \text{ мА}$.
76	КТ803А n-p-n	найти	17В	150 мА	50В	Найти	$U_{кэ\text{ max}}$	Определить амплитуду выходного тока и напряжения и $P_{\text{вых}}$ при $I_{мб} = 150 \text{ мкА}$.
77	МП38А n-p-n	найти	5В	0,2мА	найти	310 Ом	$h_{11э}$	Определить входное сопротивление и амплитуду входного напряжения $U_{\text{мвх}}$ при $I_{мб} = 100 \text{ мкА}$.
78	МП42Б p-n-p	найти	5В	400 мкА	12В	Найти	f_{max}	Определить K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 0,1 \text{ мА}$.
79	КТ312А n-p-n	найти	6В	0,47 мА	найти	300 Ом	$h_{11б}$	Определить выходную мощность $P_{\text{вых}}$ при $I_{мб} = 0,5 \text{ мА}$.
80	ГТ321Д p-n-p	найти	7,5В	2мА	15В	Найти	C_k	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{\text{м вых}}$, при $U_{\text{м вх}} = 0,05\text{В}$.
81	КТ201А n-p-n	найти	8В	2мА	14В	Найти	$I_{к\text{ max}}$	Определить параметр $h_{11э}$ при $U_{\text{м вх}} = 0,05\text{В}$.
82	ГТ402Д p-n-p	найти	4В	4мА	найти	8В	$h_{22б}$	Определить параметр $h_{21э}$ при $I_{мб} = 10 \text{ мкА}$.

Продолжение таблицы 3

83	КТ814А р-п-п	найти	3В	15мкА	10В	Найти	$U_{кз\text{ нас}}$	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{м\text{ вых}}$, при $U_{м\text{ вх}} = 0,05В$.
84	КТ815А п-р-п	найти	3В	15мкА	найти	11Ом	$P_{к\text{ max}}$	Определить коэффициент K_u , при $U_{м\text{ вх}} = 0,05В$.
85	П605А р-п-п	700 мА	найти	5мА	16В	Найти	$f_{h21э}$	Определить $R_{вх}$, K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 2$ мА.
86	П607А р-п-п	350 мА	найти	найти	16В	22,8 Ом	$f_{гр}$	Определить $U_{мк}$, $R_{ввых}$, $P_{ввых}$, если амплитуда входного сигнала $I_{мб} = 500$ мкА.
87	КТ608Б п-р-п	220мА	найти	30мА	найти	13 Ом	$h_{22э}$	Определить коэффициент усиления по напряжению K_u и амплитуду переменного коллекторного тока $I_{мк}$, если $U_{мвх} = 0,5В$.
88	П701А п-р-п	750 мА	найти	100 мА	40В	Найти	$f_{h21э}$	Определить статические параметры β , $R_{ввых}$ и рассеиваемую коллектором мощность P_k в рабочей точке

Продолжение таблицы 3

89	ГТ806А р-п-р	9,5А	найти	500 мА	10В	Найти	$I_{к60}$	Определить координаты Р.Т. и выходную мощность каскада, если амплитуда входного тока $I_{мб} = 10$ мА.
90	П609А р-п-р	0,29А	найти	2мА	16В	Найти	$h_{21э}$	Определить коэффициент усиления по току K_i и $R_{вых}$. при амплитуде входного тока $I_{мб} = 0,5$ мА.
91	КТ815А п-р-п	630мА	найти	найти	10В	110Ом	$R_{к\max}$	Определить параметры β , $h_{22э}$ и сделать вывод о наличии искажения сигнала.
92	КТ803А п-р-п	3,4А	найти	найти	50В	100Ом	$U_{кэ\max}$	Определить выходную мощность $P_{вых}$ и $R_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5$ мА.
93	МП38А п-р-п	28мА	найти	0,2мА	найти	310Ом	f_{\max}	Определить амплитуду выходного тока, напряжения и $P_{вых}$ при $I_{мб} = 150$ мкА.

Окончание таблицы 3

94	МП42Б р-п-р	28мА	найти	найти	12В	0,24кОм	$h_{11э}$	Определить входное сопротивление и амплитуду входного напряжения $U_{мвх}$ при $I_{мб} = 100\text{мкА}$.
95	КТ312А п-р-п	25мА	найти	найти	15В	300 Ом	$h_{11б}$	Определить K_i при амплитуде входного сигнала $I_{мб} = 0,1\text{ мА}$.
96	ГТ321Д р-п-р	0,2А	найти	найти	15В	350 Ом	C_k	Определить выходную мощность $P_{вых}$ при $I_{мб} = 0,5\text{ мА}$.
97	КТ201А п-р-п	17мА	найти	найти	14В	430 Ом	$I_{к\text{ max}}$	Определить амплитуду выходного напряжения $U_{м\text{ вых}}$, при $U_{мвх} = 0,05\text{В}$.
98	ГТ402Д р-п-р	220мА	найти	найти	8В	200 Ом	$h_{22б}$	Определить параметр $h_{11э}$ при $U_{м\text{ вх}} = 0,05\text{В}$.
99	КТ814А р-п-р	630мА	найти	найти	10В	110 Ом	$U_{кэ\text{ нас}}$	Определить параметр $h_{21э}$ при $I_{мб} = 10\text{ мкА}$.

3.6 Методические указания по выполнению задачи 3

3.6.1. Составьте таблицу с вариантом своего задания по типу таблицы 3.

3.6.2. Из приложения Б выпишите справочные данные указанного в варианте транзистора.

3.6.3. Запишите определение биполярного транзистора.

3.6.4. Выберите схему, соответствующую структуре вашего транзистора и приведите ее в работе. Укажите полярности источников питания. Схемы включения р-п-р и п-р-п транзисторов с двумя источниками питания даны в приложении Б.

3.6.5. Обозначьте пути прохождения токов I_3 , I_k , I_6 . Для этого требуется запись соотношения, связывающего три тока $I_3 = I_k + I_6$, из которого следует, что I_k и I_6 являются составляющими частями I_3 . Токи должны протекать по цепи своего электрода.

3.6.6. Найдите в справочнике [7] графики входной и выходной характеристик вашего транзистора. Постройте эти характеристики по точкам на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку и приведите их в работе.

3.6.7. Постройте на графике семейства выходных характеристик вашего транзистора нагрузочную прямую и найдите координаты рабочей точки. При этом транзистор рассматривается в активном нагрузочном режиме. Следовательно, в его выходной цепи включено сопротивление нагрузки.

Для выходной цепи есть соотношение $U_{кэ} = E_k - I_k R_n$, называемое уравнением нагрузочной прямой. Для ее построения нужны две точки.

Условием варианта могут быть заданы две из трех следующих точек: рабочая точка (р.т.), точка пересечения нагрузочной прямой с осью напряжения (М), точка пересечения нагрузочной прямой с осью токов (см. рисунок 3). Точка М имеет координаты: $U_{кэм} = E_k$; $I_{км} = 0$. Точка N имеет координаты:

$$U_{кэN} = 0; I_{кN} = \frac{E_k}{R_n}.$$

Следовательно, если известны E_k и R_n , то нагрузочная прямая строится по точкам М и N. Рабочая точка (р.т.) в этом случае находится на пересечении нагрузочной прямой со статической выходной характеристикой при заданном токе базы $I_{брт}$ или с перпендикуляром, восстановленным из точки на оси напряжения с $U_{кэ} = U_{кэрт}$. Рабочая точка может быть задана различными исходными данными в зависимости от варианта.

В целом рабочая точка характеризуется четырьмя величинами: $I_{крт}$; $U_{кэрт}$; $I_{бр.т.}$; $U_{бэ.т.}$. Однако достаточно двух из этих величин, чтобы определить ее положение на выходных характеристиках. Отметив р.т. на выходных характеристиках, определите из графика (или из исходных данных) и запишите значение $I_{крт}$ и $U_{кэрт}$.

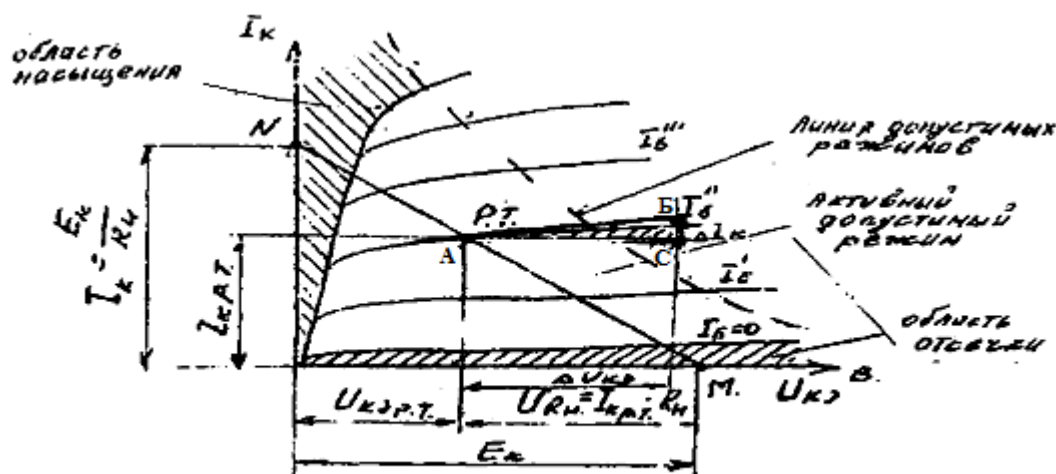


Рисунок 3 – Выходные характеристики транзистора

Если в таблице данных имеется величина E_k , нагрузочную прямую проводите через точку р.т и точку М. Если задано сопротивление нагрузки R_n , то сначала определите $E_k = U_{кэрт} + I_{крт} \cdot R_n$. После этого строите прямую по р.т. и т.М. Обратите внимание на то, что напряжение источника питания E_k распределяется между транзистором ($U_{кэрт.}$) и нагрузкой ($U_{Rн}$). Отметьте эти напряжения на графиках выходных характеристик.

3.6.8. Имея положение р.т. на выходных характеристиках и зная теперь величины $U_{кэрт}$ и $I_{брт}$ (рисунок 3), перенесите ее на входную характеристику при $U_{кэрт.} > 0$ (рисунок 4).

Даже если $U_{кэрт}$ не равно тому $U_{кэ}$, при котором приведена справочная входная характеристика, рабочую точку все равно расположите на имеющейся характеристике. Это допустимо с достаточной степенью точности. Рабочая точка будет находится на пересечении перпендикуляра, восстановленного из точки на оси токов базы с $I_b = I_{брт}$ с самой входной характеристикой.

Определите на графике $U_{бэрт}$. Координаты р.т. на входной и выходных характеристиках определяют режим работы транзистора. Выпишите величины $I_{крт.}$; $U_{кэрт.}$; $I_{брт.}$; $U_{бэрт.}$.

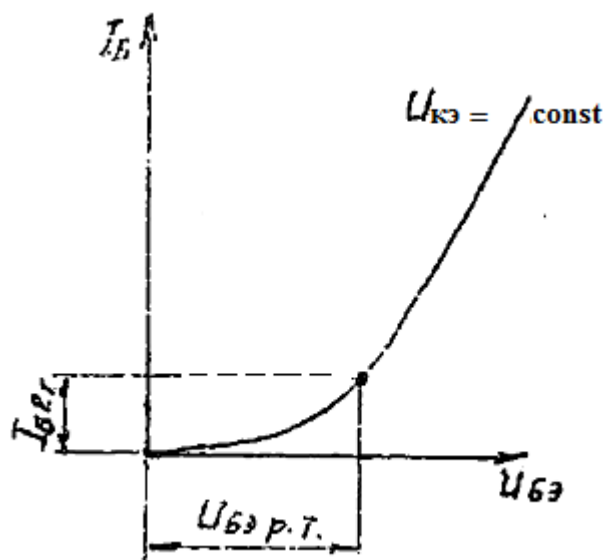


Рисунок 4 – Входная характеристика транзистора

3.6.9. Линия допустимых режимов соединяет все точки на выходных характеристиках, для которых справедливо соотношение $I_k \cdot U_{кэ} = P_{Kmax}$. Величина P_{Kmax} определяется из справочных данных приложения Б.

Для транзисторов, использующих теплоотводы расчеты допустимых режимов вести по формуле:

$$I_k = \frac{P_{k \max T}}{U_{кэ}}$$

При построении линии допустимых режимов составьте таблицу 4.

Таблица 4

$U_{кэ}, В$					
$I_{к}, мА$					

Задаваясь произвольно значениями $U_{кэ}$, рассчитайте соответствующую величину тока $I_{к}$ для пяти-семи точек. Заполните таблицу. По данным таблицы на выходных характеристиках постройте линию допустимых режимов.

Если рабочая точка находится ниже этой линии, то режим транзистора допустим для использования, если выше – недопустим. По графику сделайте вывод о допустимости использования заданного режима работы транзистора.

3.6.10. В импульсных устройствах транзисторы используются в режимах отсечки и насыщения. Режимом отсечки называется такой режим, при котором оба перехода транзистора смещены в обратном напряжении; режимом насыщения – такой, при котором оба перехода смещены в прямом направлении.

На рисунке 3 указаны области выходных характеристик, соответствующие режимам отсечки и насыщения. Обозначьте их на своем графике в контрольной работе.

3.6.11. Пользуясь данными таблицы 3 графа 9, произведите расчет параметров транзистора по статическим характеристикам транзистора.

В связи с тем, что основные параметры транзистора являются дифференциальными и сильно зависят от положения рабочей точки, их определяют по входным и выходным статическим характеристикам.

Входное сопротивление транзистора $R_{вх}$ при токе коллектора в десятки миллиампер находят графически, проводя касательную к входной статической характеристике через рабочую точку, как показано на рисунке 5.

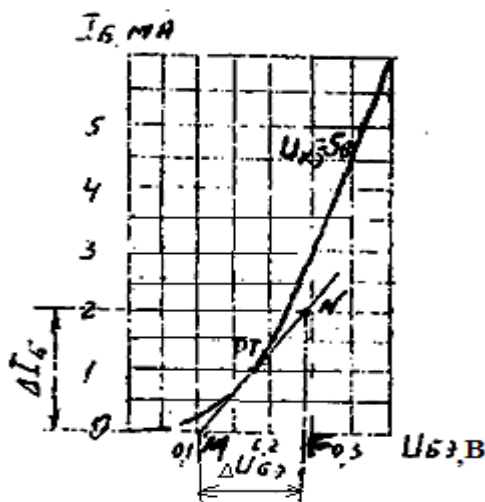


Рисунок 5 – Входная характеристика и способ определения $R_{вх}$ по ней

Котангенс угла наклона касательной с осью абсцисс пропорционален входному сопротивлению транзистора.

На этой касательной строят прямоугольный треугольник NMF и отмечают отрезки соответствующие $\Delta I_{Б}$ и $\Delta U_{БЭ}$.

Входное сопротивление вычисляется по формуле

$$R_{\text{вх}} = \frac{\Delta U_{\text{БЭ}}}{\Delta I_{\text{Б}}}$$

при $U_{\text{кэ}} = \text{const}$.

Выходное сопротивление определяется классически по касательной, проведенной к выходной статической характеристике через рабочую точку, как показано на рисунке 3. Котангенс угла наклона касательной с осью абсцисс пропорционален выходному сопротивлению транзистора. На этой касательной строят прямоугольный треугольник ABC и отмечают соответствующие отрезки $\Delta U_{\text{кэ}}$ и $\Delta I_{\text{к}}$.

Выходное сопротивление транзистора вычисляют по формуле:

$$R_{\text{вых}} = \Delta U_{\text{кэ}} / \Delta I_{\text{к}}$$

при $I_{\text{б}} = \text{const}$.

Амплитуды выходных напряжений $U_{\text{выхм}} = U_{\text{кэм}}$ и токов $I_{\text{выхм}} = I_{\text{км}}$ находятся графическим методом на основании данных об амплитудах входных напряжений $U_{\text{бэм}}$ или токов $I_{\text{бм}}$ (см. рисунок 6). На рисунке 6 рабочая точка (точка покоя) обозначена буквой П.

Появление на входе транзистора переменного напряжения сигнала $u_{\text{вх}}$ (рисунок 6, б) вызывает изменение тока базы, т.е. появление переменной составляющей тока базы за счёт перемещения рабочей точки на входной характеристике.

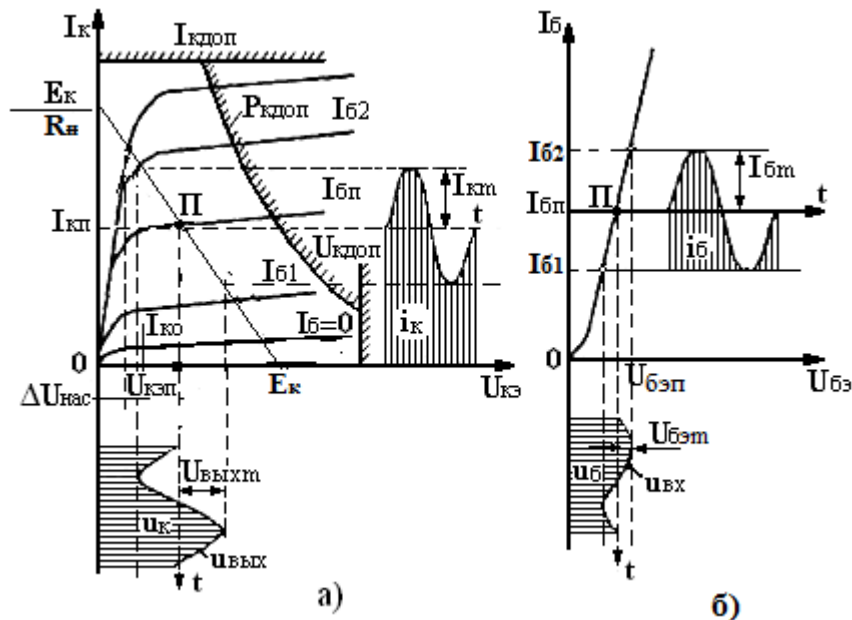


Рисунок 6 – Графический анализ работы каскада ОЭ с помощью характеристик транзистора: а – выходных; б – входной

С появлением в цепи базы переменного тока в цепи коллектора возникает переменная составляющая коллекторного тока, создающая на резисторе нагрузки $R_{\text{н}}$ переменное падение напряжения $u_{\text{вых}}$.

Найдя амплитуды входных и выходных напряжений и токов,

рассчитываются входная $P_{вх}$ и выходная $P_{вых}$ мощности по переменному току, коэффициенты усиления по току k_i , напряжению k_u , мощности k_p , а также малосигнальные, низкочастотные h – параметры по следующим соотношениям:

$$\begin{aligned} P_{вх} &= 0,5 I_{вхм} U_{вхм} = 0,5 U_{бэм} I_{бм}; \\ P_{вых} &= 0,5 I_{м\text{ вых}} U_{м\text{ вых}} = 0,5 U_{кэм} I_{км}; \\ k_i &= I_{км} / I_{бм}; k_u = U_{кэм} / U_{бэм}; k_p = k_i k_u; \\ h_{11} &= U_{бэм} / I_{бм} = R_{вх}; \\ h_{12} &= U_{бэм} / U_{кэм}; \\ h_{21} &= I_{км} / I_{бм} = k_i = \beta; \\ h_{22} &= I_{км} / U_{кэм} = 1 / R_{вых}; \end{aligned}$$

Статические параметры β , $R_{вых}$ и рассеиваемая коллектором мощность P_k определяются по соответствующим значениям токов и напряжений в рабочей точке:

$$\begin{aligned} \beta &= I_{крт} / I_{брт}; \\ R_{вых} &= U_{кэрт} / I_{крт}; \\ P_k &= U_{кэрт} I_{крт}. \end{aligned}$$

3.7 Задача 4

Из таблицы 5 выберите ИМС согласно номеру своего варианта и определите параметры аналоговых и цифровых ИМС с использованием справочной литературы.

Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;
- запись с определением ИМС и назначением данной микросхемы;
- расшифровку буквенно – цифрового кода (маркировки) микросхемы;
- условное графическое обозначение микросхемы с нумерацией выводов;
- принципиальную или функциональную схему ИМС;
- таблицу истинности для логического элемента;
- справочные данные микросхемы (параметры, характеристики и их определения);
 - чертеж корпуса микросхемы ;
 - расшифровку буквенно – цифрового кода (маркировки) корпуса микросхемы;
 - описание принципа работы логического элемента, функционального узла, устройства, отражающих назначение ИМС.

Таблица 5 – Варианты заданий

№ варианта	Тип логики, № серии	Функциональное назначение
00	ТТЛ	Два логических элемента 4И

Продолжение таблицы 5

01	К140	Операционный усилитель средней точности
02	ТТЛ	Три логических элемента 3И-НЕ
03	К142	Мощный стабилизатор напряжения с $U_{\text{вых}} = 8,73...9,27\text{В}$
04	ТТЛ	Три логических элемента 3И
05	К175	Детектор АМ сигналов
06	КМДП	Четыре логических элемента 2 И-НЕ
07	К224	Усилитель со стандартной частотной характеристикой
08	КМДП	Два элемента 3ИЛИ - НЕ и один НЕ
09	К574	Быстродействующий операционный усилитель
10	КМДП	Три элемента 3ИЛИ - НЕ
11	К574	Малошумящий операционный усилитель
12	КМДП	Три элемента 3И - НЕ
13	К513	Усилитель-повторитель
14	КМДП	Пять преобразователей уровней КМОП - ТТЛ
15	К521	Компаратор напряжения средней точности
16	ЭЛС	Два элемента 2И/2И - НЕ и один элемент 3И/3И - НЕ
17	КР1005	Сдвоенный операционный усилитель
18	ТТЛ	Три элемента 2И - НЕ и один элемент 2И/2И - НЕ
19	К1021	Усилитель низкой частоты
20	ТТЛ	Четыре 2-ух входных элемента "Исключающие - ИЛИ"
21	КР1054	Двухканальный усилитель низкой частоты
22	ТТЛ	Четыре элемента 2И-НЕ
23	КР1054	Усилитель ПЧ в канале записи сигналов
24	ТТЛ	Два элемента 4И-НЕ
25	К1156	Стабилизатор напряжения с $U_{\text{вых}} = 5\text{В}$
26	КМДП	Шесть преобразователей уровней КМОП - ТТЛ
27	К1156	Регулируемый стабилизатор с $U_{\text{вых}} = 2...15\text{В}$
28	ТТЛ	Шесть элементов НЕ
29	К1834	Восьмиканальный аналоговый коммутатор
30	КМДП	Шесть элементов НЕ
31	КМДП	Три комплементарные пары МОП транзисторов
32	К140	Быстродействующий операционный усилитель
33	К142	Двухполярный стабилизатор напряжения
34	ЭСЛ	Два элемента 3И-НЕ
35	К175	Широкополосный усилитель высокой частоты
36	ЭСЛ	Два элемента 3И-НЕ и один элемент И-НЕ

Продолжение таблицы 5

37	К224	Усилитель мощности низкой частоты
38	ЭСЛ	Два элемента 3И с тремя прямыми выводами
39	К574	Сдвоенный операционный усилитель
40	КМДП	Два (4И-НЕ) и один НЕ
41	К574	Операционный усилитель с малыми $I_{вх}$
42	КМДП	Четыре (2И- ИЛИ) с объединенными входами
43	К522	Усилитель релейного типа
44	К522	Коммутатор напряжения
45	ТТЛ	Два логических элемента 2И с мощным открытым коллекторным выходом
46	ТТЛ	Четыре логических элемента 2ИЛИ-НЕ
47	КР1005	Предварительный усилитель видеосигналов
48	ЭСЛ	Пять элементов 3И/3И-НЕ с общим стробирующим входом
49	КР1021	Усилитель промежуточной частоты
50	ЭСЛ	Четыре элемента 2И/2И-НЕ с двойными выходами
51	КР1054	Приемник сигнала дистанционного управления
52	КМДП	Один(9И) и один (НЕ)
53	К1055	Четырехканальный стабилизатор напряжения
54	КМДП	Шесть преобразователей уровня с инверсией (КМОП-ТТЛ)
55	К1156	Стабилизатор напряжения
56	ТТЛ	Шесть буферных логических элементов НЕ
57	ТТЛ	Два логических элемента 4И
58	К1156	Регулируемый стабилизатор с $U_{вых} = 1,5...30 В$
59	К1834	16-ти канальный аналоговый коммутатор
60	ТТЛ	Два логических элемента 4И
61	К574	Быстродействующий операционный усилитель
62	К140	Операционный усилитель средней точности
63	ТТЛ	Три логических элемента 3И-НЕ
64	КМДП	Три элемента 3ИЛИ - НЕ
65	К175	Детектор АМ сигналов
66	КМДП	Три элемента 3И - НЕ
67	К175	Детектор АМ сигналов
68	КМДП	Четыре логических элемента 2 И-НЕ
69	К513	Усилитель-повторитель
70	КМДП	Пять преобразователей уровней КМОП - ТТЛ
71	ЭЛС	Два элемента 2И/2И - НЕ и один элемент 3И/3И - НЕ
72	КР1005	Сдвоенный операционный усилитель

Окончание таблицы 5

73	К224	Усилитель со стандартной частотной характеристикой
74	КМДП	Два элемента 3ИЛИ - НЕ и один НЕ
75	КР1005	Сдвоенный операционный усилитель
76	ТТЛ	Три элемента 2И - НЕ и один элемент 2И/2И - НЕ
77	К1021	Усилитель низкой частоты
78	ТТЛ	Четыре 2-ух входовых элемента "Исключающие - ИЛИ"
79	КР1054	Двухканальный усилитель низкой частоты
80	ТТЛ	Четыре элемента 2И-НЕ
81	КМДП	Три комплементарные пары МОП транзисторов
82	К140	Быстродействующий операционный усилитель
83	КМДП	Два (4И-НЕ) и один НЕ
84	К574	Операционный усилитель с малыми $I_{вх}$
85	КР1054	Приемник сигнала дистанционного управления
86	КМДП	Один(9И) и один (НЕ)
87	ТТЛ	Четыре элемента 2И-НЕ
88	КР1054	Усилитель ПЧ в канале записи сигналов
89	К142	Двухполярный стабилизатор напряжения
90	ЭСЛ	Два элемента 3И-НЕ
91	КМДП	Четыре (2И- ИЛИ) с объединенными входами
92	К522	Усилитель релейного типа
93	К1055	Четырехканальный стабилизатор напряжения
94	КМДП	Шесть преобразователей уровня с инверсией (КМОП-ТТЛ)
95	К1055	Четырехканальный стабилизатор напряжения
96	КМДП	Шесть преобразователей уровня с инверсией (КМОП-ТТЛ)
97	К175	Широкополосный усилитель высокой частоты
98	ЭСЛ	Два элемента 3И-НЕ и один элемент И-НЕ
99	ТТЛ	Два логических элемента 4И

3.8 Методические указания по выполнению задачи 4

3.8.1. Для работы с цифровыми интегральными микросхемами целесообразно воспользоваться справочником авторов Богданович М.И. и др. «Цифровые интегральные микросхемы» [10], а для работы с аналоговыми интегральными микросхемами целесообразно воспользоваться справочниками автора Нефедова А. В. «Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги» в 12 томах [5] с указанием номера серии ИМС.

3.8.2. Для облегчения задачи поиска нужной ИМС, необходимо воспользоваться «Содержанием (Оглавлением)» и «Алфавитно-цифровым указателем микросхем», расположенными в конце справочника.

Для нахождения цифровой интегральной микросхемы, кроме того, необходимо воспользоваться функциональными рядами ТТЛ и КМДП логик.

3.8.3. Изучить содержание справочника и разобраться в системе условных обозначений (маркировке) цифровых и аналоговых ИМС и их корпусов.

3.8.4. Записать определение ИМС и ее назначение, расшифровку буквенно – цифрового кода (маркировки) микросхемы;

3.8.5. Выписать справочные данные микросхемы (параметры, характеристики и их определения);

3.8.6. Привести таблицу истинности для логического элемента.

3.8.7. Поместить условное графическое обозначение микросхемы с нумерацией выводов и чертеж корпуса микросхемы с расшифровкой его буквенно – цифрового кода (маркировки).

3.8.8. Перечертить схему (принципиальную или функциональную).

3.8.9. Поместить описание принципа работы логического элемента, функционального узла, устройства, отражающих назначение ИМС.

3.9 Задача 5

В задаче 5 предусматривается для каждого варианта дать ответы на 4 вопроса по материалу, не вошедшему в задачи 1,2,3,4. Вопросы и их номера в соответствии с вариантами (таблица 6) приведены ниже.

1. В чем заключается преимущество полевых транзисторов над биполярными, и в свою очередь, МДП транзисторов над полевыми с управляющим p-n- переходом?

2. Чем обусловлен выбор той или иной схемы включения транзисторов?

3. Чем объяснить значительное усиление по мощности в схеме с общим эмиттером по сравнению со схемой с общей базой?

4. На чем основана работа различных полупроводниковых приемников излучения?

5. Дайте определение понятию фото-ЭДС и объясните причины ее возникновения.

6. Объясните принцип работы излучающих p-n переходов.

7. Почему германий и кремний не пригодны для изготовления излучающих p-n переходов?

8. В чем состоит метод формовки?

9. Какой процесс называют вплавлением?

10. В чем состоит сущность электрохимического метода?

11. Какой процесс называется диффузией?

12. Какой процесс называют эпитаксией?

13. В чем сущность ионного легирования?

14. В чем заключается вакуумное напыление?

15. Для чего используют оксидное маскирование?

16. Охарактеризуйте технологический процесс под названием

фотолитография?

17. Приведите схему включения фоторезисторов и поясните ее работу.
18. Приведите схему включения фотодиодов и поясните ее работу.
19. Какие физические процессы положены в основу работы терморезистора и варистора. Как устроены эти приборы?
20. В чем состоит тензорезистивный эффект?
21. Поясните особенности цветной маркировки диодов.
22. Объясните принцип планарного метода изготовления n-p- перехода.
23. Как устроен диод Шоттки?
24. Какие преимущества имеют кремневые выпрямительные диоды по сравнению с германиевыми?
25. По каким причинам в диодах, работающих в выпрямительном режиме, при перемене полярности напряжения, могут наблюдаться значительные импульсы обратного тока?
26. Почему при выпрямлении более высоких напряжений приходится соединять диоды последовательно?
27. Дайте определение понятию «Время восстановления обратного сопротивления».
28. Запишите формулу для нахождения дифференциального сопротивления диода и поясните ее.
29. Какие диоды называют полупроводниковыми ограничителями напряжения?
30. Какую роль в туннельных диодах играет туннельный эффект и в чем он состоит?
31. Поясните работу туннельного диода в режиме усиления.
32. Почему полупроводниковые диоды СВЧ имеют коаксиальную конструкцию?
33. Какие процессы происходят в переключаемых диодах при переключениях в цепях СВЧ?
34. Поясните принцип работы однопереходного транзистора.
35. В связи с чем транзистор с индуцированным (инверсным) каналом может работать только в режиме обогащения?
36. Дайте понятие о режимах обеднения и обогащения в полевых транзисторах?
37. Как устроен полевой транзистор с изолированным затвором?
38. Поясните принцип устройства и включения полевого транзистора с управляющим n- p-переходом.
39. Какие величины входят в систему h-параметров?
40. Почему транзисторы типа n-p-n при прочих равных условиях являются более высокочастотными, нежели транзисторы типа p – n – p?
41. Какой режим работы транзистора называют импульсным режимом?
42. Поясните работу транзистора в импульсном режиме, при включении его в схему с ОЭ.
43. Какие полупроводниковые приборы называют тиристорами и для чего они используются?

44. На какие группы делят тиристоры в зависимости от конструктивных особенностей и свойств?
45. Расшифруйте маркировку тиристора 2У229К.
46. Расшифруйте маркировку тиристора КУ104Г.
47. Обоснуйте вольт-амперную характеристику тиристора (динистора).
48. Какой полупроводниковый прибор называют триодным тиристором или тринистором и каковы особенности его работы?
49. Какой полупроводниковый прибор называют симметричным тиристором или симистором и каковы особенности его работы?
50. Раскройте особенности работы тиристора в цепях регулирования мощности и генерации импульсов.
51. Каковы причины возникновения собственных шумов в диодах?
52. Приведите выражение для коэффициента шума полупроводниковых приборов и поясните его.
53. Как уменьшить шумы в транзисторе?
54. Каким выражением определяется действующее значение шумовой ЭДС в резисторах?
55. Объясните природу происхождения электрических флуктуаций.
56. Как влияют собственные шумы транзисторов на их работу?
57. Как защитить микросхемы от статического электричества?
58. Как обозначаются аналоговые и цифровые интегральные микросхемы на принципиальных схемах?
59. Что такое серия интегральных микросхем?
60. Дайте определение элемента и компонента интегральной микросхемы.
61. В чём состоят преимущества и недостатки ИМС?
62. Дайте понятие об интенсивности отказов ИМС.
63. Как подразделяются ИМС по функциональному назначению?
64. Определите назначение аналоговых и цифровых ИМС.
65. На какие подгруппы подразделяются ИМС по числу элементов?
66. Дайте определение интегральной микросхеме?
67. Как классифицируются интегральные микросхемы по технологии изготовления?
68. Охарактеризуйте полные и постепенные отказы ИМС.
69. Расшифруйте маркировку микросхемы КР1118ПА1Б.
70. В чём состоят особенности практического применения микросхем?
71. Дайте определение бескорпусной интегральной схемы, МИС, СИС, БИС,
72. Из справочника [7] возьмите выходные характеристики полевого транзистора КП103И. Нанесите на них рабочую точку, если задан ток стока в рабочей точке $I_{с\ p.т} = 0,75$ мА и напряжение на затворе $U_{зп.т.} = 0,5$ В. Рассчитайте статические параметры транзистора S , R_i и μ в рабочей точке.
73. Определить полную удельную электропроводность германия при комнатной температуре, если концентрация носителей $n_i = p_i = 10^{13}$, а подвижности электронов и дырок соответственно равны $\mu_n = 3600$ см²/(в·с),

$\mu_p = 1820 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

74. Определить полную удельную проводимость германия при комнатной температуре, если концентрация донорных атомов $N_d = 10^{17} \text{ см}^{-3}$, а подвижность электронов $\mu_n = 3600 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

75. Определить концентрацию неосновных носителей заряда для кремния n-типа, если концентрация донорных атомов $N_d = 10^{16} \text{ см}^{-3}$, а концентрации собственных дырок и электронов $p_i = n_i = 10^{10}$.

76. В p-n переходе при прямом напряжении, близком к нулю, сопротивление p-n перехода $R_{p-n} = 300 \text{ Ом}$, а сопротивления p и n областей равно $R_p = R_n = 8 \text{ Ом}$. Определить сопротивление полной полупроводниковой структуры при прямом напряжении, близком к нулю и прямом напряжении, равном десятой доли вольта.

77. Составьте таблицу по свойствам структур металл-полупроводник, где укажите тип проводимости (дырочная или электронная), соотношение работ ($A_p < > A_m$, $A_n < > A_m$), характер структуры (выпрямляющая, невыпрямляющая)

78. Источник питания имеет действующее напряжение ЭДС $E = 200 \text{ В}$. Определить максимальное значение напряжения на нагрузке $U_{R_{\max}}$, и тока через нагрузку I_{\max} , если максимальное значение прямого напряжения на диоде однофазного однополупериодного выпрямителя, работающего на нагрузку равно $U_{\text{прmax}} = 2,5 \text{ В}$, а сопротивление нагрузки $R_n = 1 \text{ кОм}$. Чему равно максимально значение обратного напряжения на диоде $U_{\text{обрmax}}$, если обратное сопротивление диода $R_{\text{обр}} = 1,5 \text{ мОм}$. Зарисуйте схему выпрямителя и приведите графики напряжений и токов, соответствующие расчетным данным.

79. Источник постоянного напряжения с ЭДС $E = 1 \text{ В}$ подключен к последовательно соединенным диоду КД105Б и сопротивлению нагрузки $R_n = 5 \text{ Ом}$. Температура рабочего режима $t = 25^\circ\text{С}$. Требуется определить ток в цепи и напряжение на диоде.

80. Определить напряжение на диоде КД105Б в рабочем режиме при температуре $t^\circ = 85^\circ\text{С}$ и напряжение на резисторе нагрузки, если диод и нагрузка подключены к источнику постоянного тока с ЭДС $E = 1 \text{ В}$, создающего ток в цепи $I_{\text{пр}} = 250 \text{ мА}$.

81. Определить падение напряжения на выпрямительном диоде в рабочем режиме, если сопротивление нагрузки $R_n = 500 \text{ Ом}$, ток в цепи $I = 100 \text{ мА}$, а постоянное напряжение источника ЭДС $E = 51,5 \text{ В}$. Зарисуйте схему включения диода в рабочий режим.

82. Рассчитайте ограничительное сопротивление $R_{\text{огр}}$ для рабочего режима стабилитрона, если напряжение источника питания меняется от $E_{\min} = 5 \text{ В}$ до $E_{\max} = 10 \text{ В}$, ток стабилитрона меняется от $I_{\min} = 10 \text{ мА}$ до $I_{\max} = 100 \text{ мА}$, напряжение стабилизации $U_{\text{ст}} = 3 \text{ В}$, сопротивление нагрузки $R_n = 100 \text{ Ом}$. Зарисуйте схему включения стабилитрона в рабочий режим.

83. Определите, будет ли осуществляться стабилизация напряжения в схеме включения стабилитрона в рабочий режим, если наибольшее изменение напряжения источника питания $\Delta E_{\max} = 5 \text{ В}$, ток стабилитрона меняется от $I_{\min} = 10 \text{ мА}$ до $I_{\max} = 100 \text{ мА}$, ток нагрузки $I_n = 30 \text{ мА}$, а ограничительное сопротивление $R_{\text{огр}} = 10 \text{ Ом}$. Зарисуйте схему включения стабилитрона в

рабочий режим.

84. Рассчитайте ограничительное сопротивление $R_{огр}$ для рабочего режима стабилизатора, когда напряжение источника питания стабильно и равно $E=5В$, а сопротивление нагрузки R_H изменяется в пределах от $R_{Hmin}=10$ Ом, до $R_{Hmax}=100$ Ом. При этом напряжение стабилизации $U_{ст}=3В$, а средний ток стабилизатора $I_{ст.ср.} = 45$ мА.

85. Рассчитайте коэффициент стабилизации напряжения $K_{ст}$ двухкаскадного устройства на основе стабилизаторов, если относительное изменение напряжения на выходах первого и второго каскадов соответственно равны $\Delta U_{ст1}/U_{ст1}=0,1$; $\Delta U_{ст2}/U_{ст2}=0,01$, а относительное изменение напряжения на входе первого каскада равно $\Delta E/E=1$.

86. Зарисуйте схему включения варикапа и определите резонансную частоту колебательного контура, если индуктивность контура $L=10$ мкГн, емкость разделительного конденсатора $C_p=100$ пФ, емкость варикапа $C_B=10$ пФ.

Таблица 6 – Варианты заданий

№ варианта	№ вопросов	№ варианта	№ вопросов	№ варианта	№ вопросов
00	1, 30, 60, 75	34	7, 37, 65, 85	67	2, 20, 47, 83
01	2, 25, 65, 79				
02	3, 19, 48, 72	35	5, 25, 60, 86	68	3, 29, 48, 82
03	4, 20, 49, 73	36	6, 29, 61, 77	69	4, 18, 37, 81
04	5, 28, 62, 84	37	10, 37, 58, 79	70	5, 17, 36, 80
05	6, 21, 54, 74	38	11, 38, 59, 72	71	6, 20, 47, 79
06	7, 31, 47, 75	39	16, 24, 41, 73	72	8, 36, 51, 78
07	8, 32, 63, 74	40	7, 25, 50, 74	73	9, 25, 52, 77
08	9, 33, 52, 75	41	18, 26, 69, 75	74	10, 34, 53, 76
09	10, 44, 61, 76	42	9, 27, 38, 76	75	11, 35, 54, 75
10	11, 35, 51, 77	43	1, 18, 47, 77	76	12, 31, 55, 76
11	12, 23, 41, 78	44	2, 21, 40, 86	77	13, 32, 56, 75
12	13, 34, 42, 79	45	3, 31, 50, 85	78	14, 27, 58, 74
13	14, 35, 59, 80	46	4, 32, 51, 84	79	15, 24, 59, 79
14	15, 45, 66, 81	47	5, 33, 52, 83	80	16, 25, 60, 73
15	16, 37, 52, 82	48	4, 22, 34, 82	81	6, 20, 61, 72
16	17, 47, 68, 83	49	5, 34, 44, 81	82	7, 21, 62, 86
17	18, 39, 54, 84	50	6, 23, 42, 80	83	9, 22, 63, 85
18	19, 30, 55, 85	51	7, 25, 43, 79	84	10, 23, 63, 84
19	20, 41, 67, 86	52	8, 36, 63, 78	85	11, 24, 64, 83
20	21, 36, 53, 72	53	9, 37, 64, 77	86	1, 27, 64, 82
21	22, 38, 57, 78	54	10, 28, 55, 76	87	19, 36, 65, 81
22	24, 44, 65, 81	55	11, 29, 56, 75	88	18, 34, 66, 80
23	25, 46, 60, 73	56	12, 38, 57, 74	89	17, 33, 68, 79

Окончание таблицы 6

24	6, 35, 69, 83	57	13, 39, 58, 73	90	6, 28, 69, 78
25	7, 26, 68, 82	58	14, 23, 61, 79	91	5, 21, 70, 72
26	8, 27, 58, 73	59	15, 24, 62, 72	92	4, 22, 71, 83
27	9, 28, 59, 74	60	16, 25, 63, 73	93	3, 23, 48, 82
28	10, 29, 40, 75	61	17, 26, 64, 75	94	2, 24, 30, 81
29	11, 30, 41, 76	62	18, 27, 65, 76	95	1, 18, 44, 80
30	1, 31, 42, 77	63	19, 28, 66, 77	96	12, 37, 55, 79
31	2, 32, 51, 81	64	10, 29, 67, 86	97	13, 26, 57, 78
32	3, 33, 52, 78	65	11, 30, 68, 85	98	14, 25, 58, 77
33	4, 36, 53, 84	66	1, 31, 69, 84	99	15, 34, 59, 76

3.10 Методические указания по выполнению задачи 5

Для ответа на вопросы задачи 5 обратитесь к материалам рекомендуемой литературы по темам 1.1 – 1.4, 2.1 – 2.5, 3.1 – 3.3 примерного тематического плана.

3.11 Задача 6

Рассчитать каскад усилителя переменного напряжения с ОЭ в соответствии номером варианта и типом транзистора, представленным в таблице 3, который в частотном диапазоне от 20 Гц до 10 кГц должен обеспечить на нагрузке $R_H = 300$ Ом амплитуду выходного напряжения $U_{m\text{вых}} = 4$ В.

Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;
- схему принципиальную электрическую усилительного каскада, приведенную на рисунке 7;

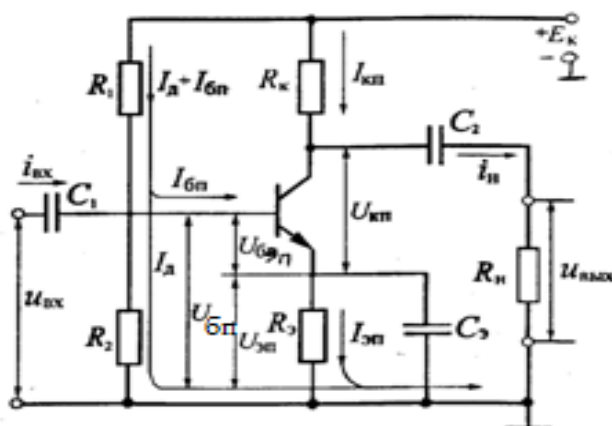


Рисунок 7 – Схема усилительного каскада ОЭ

- выходную и входную характеристики со всеми необходимыми построениями;
- расчётные соотношения и результаты расчетов режимов работы

транзистора
и элементов схемы усилителя.

3.12 Методические указания по выполнению задачи 6

3.12.1. На выходных характеристиках заданного в таблице 3 в соответствии с номером варианта транзистора построить линии допустимых параметров: $U_{к доп}$, $I_{к доп}$ и $P_{к доп}$ (см. рисунок 6).

3.12.2. Определить напряжение источника питания $E_к$ из условия $E_к = (2,5...3)U_{м вых}$.

3.12.3. Определить ток короткого замыкания $I_{кз} = \frac{E_к}{R_к + R_э}$.

Однако сопротивления резисторов $R_к$ и $R_э$ не известны. Поэтому значением тока $I_{кз}$ необходимо задаться. Основное условие: $I_{к max} < I_{кз} < I_{к доп}$, где $I_{к max} = I_{кп} + I_{км max}$, а $I_{кп}$ – коллекторный ток покоя, $I_{км max}$ – максимально возможная амплитуда коллекторного тока.

Значение $I_{к max}$ приблизительно соответствует коллекторному току на выходных характеристиках при значении тока базы, равного $I_{б max}$.

Через точку $I_{кз}$ и точку $E_к$ проводится линия нагрузки по постоянному току.

3.12.4. Определить напряжение $U_{кэп}$ из условия

$$U_{кэ нас} + U_{кэм max} \leq U_{кэп} \leq E_к - U_{кэм max},$$

где $U_{кэ нас}$ – напряжение насыщения ($U_{кэ нас} = 0,3...0,7В$);

$U_{кэм max}$ – максимально возможная амплитуда выходного напряжения.

Поскольку необходимо обеспечить без искаженное усиление входного переменного напряжения, то рабочую точку целесообразно выбирать приблизительно на середине линии нагрузки, т.е. $U_{кэп} \approx \frac{1}{2}E_к$.

3.12.5. На пересечении перпендикуляра к оси абсцисс выходной характеристики, опущенного в точку $U_{кэп}$, и линии нагрузки по постоянному току определяется точка покоя Π и коллекторный ток покоя $I_{кп}$, который приблизительно равен $I_{кп} \approx \frac{I_{кз}}{2}$.

3.12.6. Определить мощность, рассеиваемую на коллекторе $P_к = I_{кп} \cdot U_{кэп}$. Она должна быть меньше допустимой мощности ($P_к < P_{к доп}$). В противном случае необходимо изменить координаты точки покоя.

3.12.7. Определить сопротивление резистора $R_э$. В практических схемах напряжение $U_{эп} = (0,1...0,2)E_к \approx I_{кп} \cdot R_э$. Отсюда $R_э = \frac{(0,1 \div 0,2)E_к}{I_{кп}}$.

3.12.8. Определить сопротивление резистора $R_к$ из выражения:

$$E_к = U_{кэп} + I_{кп}(R_к + R_э).$$

$$R_k = \frac{E_k - U_{кэп} - I_{кп} \cdot R_э}{I_{кп}}.$$

3.12.9. Найти сопротивление базового делителя R_2 из выражения $R_2 = \frac{U_{бп}}{I_о}$.

Обычно $I_д = (3...5)I_{бп}$. Ток базы покоя равен $I_{бп} = \frac{I_{кп}}{h_{21э}}$, где $h_{21э}$ – статический коэффициент передачи тока базы (определяется из справочной литературы для соответствующего транзистора).

Напряжение $U_{бп}$ определяется из уравнения (см. рисунок 7).

$$U_{бп} = U_{эп} + U_{бэп}.$$

Напряжение $U_{бэп}$ находится по входным статическим характеристикам транзистора, то есть по входной характеристике для найденного тока $I_{бп}$ определяется напряжение $U_{бэп}$ (см. рисунок 6).

3.12.10. Найти сопротивление базового делителя R_1 из выражения

$$R_1 = \frac{E_k - U_{бп}}{I_о + I_{бп}}.$$

3.12.11. Определить сопротивление нагрузки по переменному току из выражения

$$R_{кп} = \frac{R_k \cdot R_n}{R_k + R_n}.$$

3.12.12. Рассчитать емкости конденсаторов C_1 , $C_э$, C_2 (см. рисунок 7) из выражений:

$$C_1 \geq \frac{(20...50)}{2\pi f_n R_{эк}},$$

$$\text{где } R_{эк} = \frac{R_б \cdot h_{11э}}{R_б + h_{11э}}; \quad R_б = R_1 R_2 / (R_1 + R_2);$$

$h_{11э}$ – входное сопротивление транзистора (определяется по входным статическим характеристикам транзистора по методике, приведенной в п.3.6.11),

$$C_2 \geq \frac{(20...50)}{2\pi f_n R_n};$$

$$C_э \geq \frac{(20...50)}{2\pi f_n R_э}.$$

3.12.13. Рассчитать коэффициент усиления по напряжению:

$$K_u = \frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot R_{кп}.$$

3.13 Задача 7

Определить основные параметры без трансформаторного выходного каскада на комплементарных транзисторах, если выходная мощность, выделяемая на нагрузке R_H равна $P_{\text{вых}}$.

Исходные данные приведены в таблице 7.

Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;
- схему без трансформаторного выходного каскада на комплементарных транзисторах (см. рисунок 8);
- диаграммы работы транзистора в режиме В (см. рисунок 8);
- расчётные соотношения и результаты расчетов режимов работы выходного каскада.

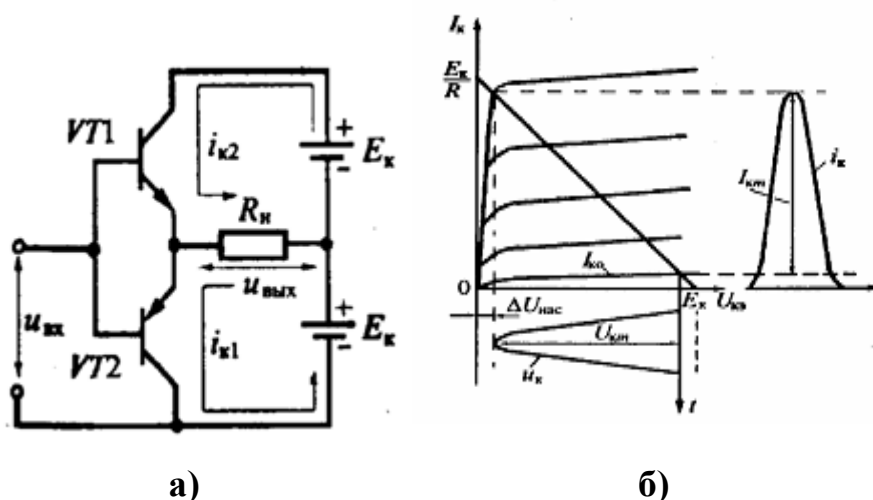


Рисунок 8 – Без трансформаторный выходной каскад на комплементарных транзисторах: а – схема; б – диаграмма работы транзистора в режиме В

Таблица 7 – Варианты заданий

параметр	R_H	$P_{\text{вых}}$	параметр	R_H	$P_{\text{вых}}$	параметр	R_H	$P_{\text{вых}}$
№ вар.	(Ом)	(Вт)	№ вар.	(Ом)	(Вт)	№ вар.	(Ом)	(Вт)
00	12	3,2	34	10,1	1,55	68	14,3	2,39
01	10	3	35	9,1	1,57	69	15,3	2,41
02	9,5	1,5	36	8,1	1,59	70	16,3	2,43
03	8	1,6	37	7,1	1,61	71	17,3	2,45
04	7,5	1,7	38	6,1	1,63	72	18,3	2,47
05	7	1,8	39	5,1	1,65	73	19,3	2,49
06	6,5	1,9	40	4,1	1,67	74	20,3	2,51
07	6	2	41	3,1	1,69	75	10,4	3,15
08	5,5	2,1	42	2,1	1,71	76	9,4	3,17
09	5	2,2	43	9,2	1,73	77	8,4	3,19
10	4,5	2,3	44	10,2	1,75	78	7,4	2,31

Окончание таблицы 7

11	4	2,4	45	11,2	2,31	79	6,4	3,23
12	3,5	2,5	46	12,2	1,77	80	5,4	3,25
13	3	2,6	47	13,2	2,28	81	4,4	3,27
14	2,5	2,7	48	14,2	1,79	82	3,4	3,29
15	2	2,8	49	15,2	1,81	83	2,4	3,31
16	10,5	2,9	50	16,2	1,83	84	11,4	1,33
17	11	3,1	51	17,2	1,85	85	12,4	3,35
18	11,5	4,2	52	18,2	1,87	86	13,4	3,37
19	12	3,3	53	19,2	1,89	87	14,4	3,39
20	12,5	3,4	54	20,2	1,91	88	15,4	3,41
21	13	3,5	55	10,3	1,93	89	16,4	3,43
22	13,5	3,6	56	9,3	1,95	90	17,4	3,45
23	14	3,7	57	8,3	1,97	91	18,4	3,47
24	14,5	3,8	58	7,3	2,15	92	14,4	3,49
25	15	3,9	59	7,2	2,17	93	20,4	3,51
26	15,5	4	60	6,2	2,19	94	2,45	3,53
27	16	4,1	61	5,2	2,21	95	3,45	3,55
28	16,5	4,2	62	4,2	2,23	96	4,45	3,57
29	17	4,3	63	3,2	2,25	97	5,45	3,59
30	17,5	4,4	64	2,2	2,27	98	6,45	3,61
31	18	4,5	65	11,3	2,29	99	7,45	3,63
32	18,5	4,6	66	12,3	2,33			
33	19	4,7	67	4,5	2,35			

3.14. Методические указания по выполнению задачи 7

3.14.1. Зарисовать схему без трансформаторного выходного каскада.

3.14.2. Задать небольшой запас мощности, которую должны выделить оба транзистора на нагрузке

$$P_{к1} = P_{к2} \geq 1,1 P_{\text{вых.}}$$

3.14.3. Определить максимальное значение тока коллектора

$$I_{км} = \sqrt{2P_{к1} / R_n}.$$

3.14.4. Рассчитать амплитуду выходного напряжения на нагрузке из выражения

$$U_{кэм} = I_{км} \cdot R_n.$$

3.14.5. Зарисовать диаграммы напряжений выходного каскада.

3.14.6. Для исключения нелинейных искажений выходного сигнала напряжения источников питания выбрать из условия.

$$E_k \geq U_{кэм} + \Delta U_{нас},$$

где $\Delta U_{нас} = 0,3...0,5V$.

3.14.7. Исходя из расчетов, по справочной литературе [7] выбрать мощную комплементарную пару транзисторов p-n-p и n-p-n типов.

3.14.8. По справочной литературе для выбранных транзисторов определить среднее значение коэффициента усиления по току h_{21} .

3.14.9. Рассчитать входной ток $I_{бм}$ из выражения

$$I_{бм} = I_{км} / h_{21}.$$

3.15 Задача 8

На основе операционного усилителя (ОУ) К140УД23 рассчитать усилитель, обеспечивающий коэффициент усиления K_u , при работе на нагрузку R_n . Усилитель должен иметь входное сопротивление $R_{вх}$ не менее 15кОм при амплитуде входного сигнала $U_{вх}$. Исходные данные в соответствии с номером своего варианта, приведенным в таблице 8.

Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;
- схему усилителя;
- формулы и результаты вычислений элементов и параметров схемы усилителя;
- направления токов в схеме усилителя.

Таблица 8 – Варианты заданий

Пара метр	K_u	R_n (кОм)	$U_{вх}$ (В)	пара метр	K_u	R_n (кОм)	$U_{вх}$ (В)	пара метр	K_u	R_n (кОм)	$U_{вх}$ (В)
№ вар.				№ вар.				№ вар.			
00	11	11	0,12	34	7	38	0,37	68	39,5	17,5	0,055
01	10	5	0,1	35	5	39	0,38	69	40,5	18,5	0,045
02	11	6	0,2	36	4	40	0,39	70	41	19,5	0,035
03	12	7	0,3	37	3	41	0,41	71	42	20,5	0,025
04	13	8	0,4	38	2	42	0,42	72	43	21,5	0,015
05	14	9	0,5	39	10,5	43	0,43	73	44	22,5	0,61
06	15	10	0,6	40	11,5	44	0,44	74	45	23,5	0,62
07	16	11	0,7	41	12,5	45	0,45	75	46	24,5	0,63
08	17	12	0,8	42	13,5	46	0,46	76	47	25,5	0,64
09	18	13	0,9	43	14,5	47	0,47	77	48	26,5	0,65
10	19	14	1	44	15,5	48	0,48	78	49	27,5	0,66

Окончание таблицы 8

11	20	15	0,11	45	16,5	49	0,49	79	50	28,5	0,67
12	21	16	0,12	46	17,5	50	0,51	80	9,5	29,5	0,68
13	22	17	0,13	47	18,5	4	0,52	81	8,5	30,5	0,69
14	23	18	0,14	48	19,5	3	0,53	82	7,5	31,5	0,71
15	24	19	0,15	49	20,5	2	0,54	83	6,5	32,5	0,72
16	25	20	0,16	50	21,5	1	0,55	84	5,5	33,5	0,73
17	26	21	0,17	51	22,5	0,5	0,56	85	4,5	34,5	0,74
18	27	22	0,18	52	23,5	0,4	0,57	86	3,5	35,5	0,75
19	28	23	0,19	53	24,5	0,3	0,58	87	2,5	36,5	0,76
20	29	24	0,21	54	25,5	0,2	0,59	88	41,5	37,5	0,77
21	30	25	0,22	55	26,5	0,1	0,09	89	42,5	38,5	0,78
22	31	26	0,23	56	27,5	5,5	0,08	90	43,5	39,5	0,79
23	32	27	0,24	57	28,5	6,5	0,07	91	44,5	40,5	0,015
24	33	28	0,25	58	29,5	7,5	0,06	92	45,5	41,5	0,025
25	34	29	0,26	59	30,5	8,5	0,05	93	46,5	42,5	0,035
26	35	30	0,27	60	31,5	9,5	0,04	94	47,5	43,5	0,045
27	36	31	0,28	61	32,5	10,5	0,03	95	48,5	44,5	0,055
28	37	32	0,29	62	33,5	11,5	0,02	96	49,5	45,5	0,065
29	38	33	0,31	63	34,5	12,5	0,01	97	50,5	46,5	0,075
30	39	34	0,32	64	35,5	13,5	0,095	98	10,2	47,5	0,085
31	40	35	0,33	65	36,5	14,5	0,085	99	11,2	48,5	0,095
32	9	36	0,34	66	37,5	15,5	0,075				
33	8	37	0,36	67	38,5	16,5	0,065				

3.16 Методические указания по выполнению задачи 8

3.16.1. Определить из справочника [5, т.1] собственный коэффициент усиления ОУ по напряжению K_0 , потребляемый ток ОУ $I_{п.}$

3.16.2. Выбрать и отобразить схему усилителя.

Поскольку требуемое входное сопротивление велико, то необходимо использовать схему инвертирующего усилителя, представленную на рисунке 9.

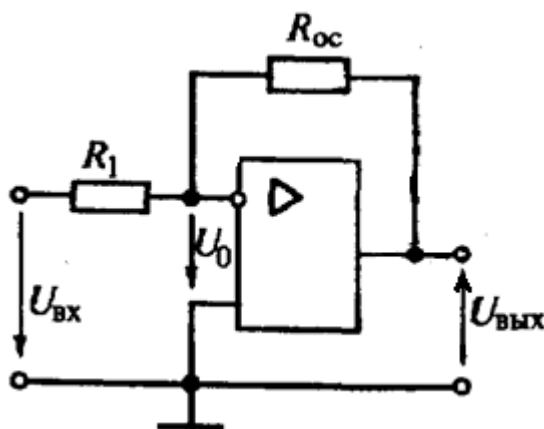


Рисунок 9 – Схема инвертирующего усилителя

Сопротивление R_1 выбирается равным $R_{вх.}$

3.16.3. Определить сопротивление обратной связи из выражения

$$R_{oc} = K_u \cdot R_1.$$

3.16.4. Рассчитать ток выходной цепи из выражения

$$I_{вых} = I_{oc} + I_H = \frac{U_{вых} - U_0}{R_{oc}} + \frac{U_{вых}}{R_H} = \frac{K_u \cdot U_{вх}}{R_{oc}} + \frac{K_u U_{вх}}{R_H}.$$

3.16.5. Сравнить токи $I_{вых}$ и I_H . При этом необходимо, чтобы $I_{вых} \leq I_H$.

3.16.6. Определить выходное сопротивление схемы из выражения

$$R_{вых} = \frac{R_{вых0} \cdot K_u}{K_0},$$

где собственное выходное сопротивление ОУ $R_{вых0} = 50 \text{ Ом}$.

3.16.7. Показать стрелочками на схеме усилителя направления токов $I_{вх}$, $I_{вых}$, I_{oc} , I_H .

3.17 Задача 9

Задана схема LC – автогенератора на операционном усилителе, работающего в стационарном режиме с частотой выходных колебаний f_0 (см. рисунок 10). Определить параметры схемы, если добротность LC контура Q , индуктивность L , коэффициент усиления усилителя K_u , сопротивление R_1 , приведены для соответствующего номера варианта в таблице 9.

Ответ должен содержать:

- таблицу с выписанным заданием своего варианта;
- схему автогенератора гармонических колебаний;
- объяснение принципа её работы;
- формулы и результаты вычислений элементов и параметров схемы генератора.

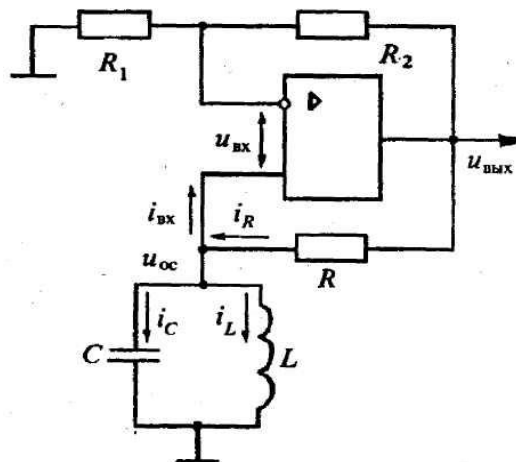


Рисунок 18 – Схема LC-генератора на ОУ

Таблица 9 – Варианты заданий

парам №вар.	f_0 (МГц)	Q	L мкГн	K_u	R_1 (кОм)	парам №вар.	f_0 (МГц)	Q	L мкГн	K_u	R_1 (кОм)
01	1	50	75	1,1	10	51	10,4	68,5	93,5	7,7	19,5
02	1,5	49	77	1,2	9	52	11,1	69,5	94,5	7,8	20,5
03	1,7	48	78	1,3	8	53	11,3	70,5	95	7,9	21,5
04	1,9	47	79	11,4	7	54	11,5	71,5	96,5	8	23,5
05	2,1	45	80	1,5	6	55	11,7	72,5	97	8,1	24
06	2,3	43	82	1,6	5	56	11,9	73,5	98,5	8,2	24,5
07	2,5	41	84	1,7	4	57	12,1	74,5	99	8,3	25,5
08	2,7	39	85	1,8	3	58	12,3	75,5	100,5	8,4	26
09	2,9	37	86	1,9	2	59	12,5	76,5	101	8,5	26,5
10	3,1	35	88	2	1	60	12,7	77,5	102,5	8,6	27
11	3,3	33	90	2,1	11	61	12,9	78,5	73,5	8,7	27,5
12	3,5	31	91	2,2	12	62	13,1	79,5	71,5	8,8	28
13	3,7	29	92	2,3	12,5	63	13,3	80,5	69,5	8,9	28,5
14	3,9	27	94	2,5	13	64	13,5	81,5	67,5	9	29
15	4,1	25	96	2,7	13,5	65	13,7	82,5	65,5	9,1	29,5
16	4,3	23	98	2,9	14	66	14	83,5	63,5	90,2	30
17	4,5	21	100	3,1	14,5	67	14,5	49,5	74,5	1,15	10,6
18	4,7	19	102	3,3	15	68	15	48,5	73,5	1,25	9,6
19	4,9	51	73	3,5	15,5	69	15,5	47,5	72,5	1,35	8,6
20	5,1	53	71	3,7	16	70	16	45,5	71,5	1,45	7,7
21	5,3	55	69	3,9	16,5	71	16,5	44,5	70,5	1,55	6,7
22	5,5	57	67	4,1	17	72	17	43,5	69,5	1,65	5,7
23	5,7	59	65	4,3	17,5	73	17,5	42,5	68,5	1,75	4,7
24	5,9	61	63	4,5	18	74	18	41,5	67,5	1,85	3,7
25	6,1	63	62	4,7	18,5	75	18,5	40,5	66,5	1,95	2,7
26	6,3	65	60	4,8	19	76	19	39,5	65,5	2,05	11,7
27	6,5	67	58	4,9	19,5	77	19,5	38,5	64,5	2,15	12,7
28	6,7	69	56	5	20	78	20	37,5	63,5	2,25	13,7
29	6,9	71	55	5,1	20,5	79	20,5	36,5	62,5	2,35	14,7
30	7,1	73	53	63	21	80	21	35,5	61,5	2,55	15,8
31	7,3	75	52	5,5	21,5	81	21,5	34,5	60,5	2,75	16,8
32	7,5	77	50	5,7	22	82	15	25,3	68,4	3,05	13,5
33	7,7	79	48	5,9	22,5	83	22,5	32,5	58,5	3,15	18,8
34	7,8	50,5	76	6	9,5	84	23	31,5	57,5	3,35	19,8
35	7,9	52,5	76,5	6,1	8,5	85	23,5	29,5	56,5	3,55	1,7
36	8	53,5	78,5	6,2	7,5	86	24	28,5	55,5	3,75	20,8
37	8,1	54,5	79,5	6,3	6,5	87	24,5	27,5	54,5	3,95	21,8
38	8,3	55,5	80,5	6,4	5,5	88	25	26,5	53,5	4,15	22,8
39	8,5	56,5	81	6,5	4,5	89	25,5	25,5	52,5	4,35	23,7
40	8,7	57,5	82,5	82,5	6,6	90	26	24,5	51,5	4,55	24,7
41	8,9	58,5	83	6,7	2,5	91	26,5	23,5	50,5	4,75	25,7
42	9,1	59,5	84,5	6,8	1,5	192	27	22,5	49,5	4,85	26,7
43	9,3	60,5	85,5	6,9	10,5	93	27,5	21,5	48,5	4,95	27,7
44	9,5	61,5	86,5	7	11,5	94	28	20,5	47,5	5,5	28,7

Окончание таблицы 9

45	9,7	62,5	87	7,1	13,5	95	28,5	19,5	46,5	5,15	29,7
46	9,9	63,5	88,5	7,2	14,5	96	29	18,5	45,5	5,35	30,7
47	10,1	64,5	89,5	7,3	15,5	97	29,5	17,5	44,5	5,55	31,7
48	10,3	65,5	90,5	7,4	16,5	98	30	16,5	43,5	5,75	32,7
49	10,5	66,5	91,5	7,5	17,5	99	30,5	15	42,5	5,95	33,7

3.18 Методические указания по выполнению задачи 9

3.18.1. Зарисовать схему LC – автогенератора гармонических колебаний на операционном усилителе.

3.18.2. Определить коэффициент передачи цепи обратной связи β из условия баланса амплитуд

$$K_u \cdot \beta = 1.$$

3.18.3. Определить параметры контура из соотношений:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_0^2 L};$$

$$\rho = 2\pi f_0 L;$$

$$R_{ex} = \rho Q.$$

3.18.4. Определить сопротивление резистора R из выражения

$$\beta = \frac{R_{ex}}{R_{ex} + R}.$$

3.18.5. Рассчитать сопротивление резистора R_2 из соотношения

$$R_2 = |K_u| \cdot R_1.$$

3.19 Задача 10

В задаче 10 предусматривается для каждого варианта дать ответ на вопросы по материалу, не вошедшему в задачи 6, 7, 8, 9.

Вопросы и их номера в соответствии с вариантами (таблица 10) приведены ниже.

1. Почему дифференциальный усилитель имеет различные коэффициенты усиления синфазного и дифференциального сигналов?

2. Сформулируйте условие стационарности режима автогенератора. Поясните физический смысл понятий баланса фаз и баланса амплитуд.

3. Какова структура интегрального операционного усилителя? Какие функции выполняют входные каскады операционных усилителей?

4. В чем принципиальная разница между электронно-лучевыми трубками с электрическим и электромагнитным управлением?

5. В каких случаях самовозбуждение автогенератора называют «мягким», а в каких – «жестким»?

6. Как определяется чувствительность электронно-лучевой трубки с электростатическим отклонением луча? Какими способами можно улучшить чувствительность?

7. Каковы особенности усилителей постоянного тока? Можно ли применять обычный резисторный каскад в качестве усилителя постоянного тока?

8. Поясните принцип работы простейшего логического элемента на базе полевого транзистора в качестве инвертора.

9. Какие усилители называют повторителями напряжения? Какими свойствами они обладают?

10. Поясните особенности КМОП логики.

11. Какие усилители относят к усилителям мощности? Как следует подбирать сопротивление нагрузки, чтобы выходная мощность была больше?

12. Какие основные логические операции лежат в основе цифровых интегральных микросхем?

13. Изобразите схемы инвертирующего, не инвертирующего, суммирующего, вычитающего, дифференцирующего и интегрирующего устройств, выполненных на основе интегральных операционных усилителей.

14. В чем отличие резонансного усилителя от резисторного? Для какой цели применяют резонансные усилители?

15. Пояснить, в чем заключается разница в принципе электромагнитного и электростатического отклонения луча?

16. Перечислите, какие усилители различают среди усилителей переменного тока.

17. Какие усилители называют широкополосными?

18. Перечислите основные технические показатели и характеристики электронных усилителей.

19. Дайте определение понятию «линейные искажения».

20. Приведите выражение для коэффициента гармоник и поясните его.

21. Рассчитайте динамический диапазон усилителя, если $U_{\text{вых max}} = 5\text{В}$, а $U_{\text{вых min}} = 50\text{мВ}$.

22. Почему в усилителях возникает внешняя и внутренняя паразитные обратные связи и как они влияют на работу усилителя?

23. Какую обратную связь в усилителе называют положительной, а какую – отрицательной?

24. Пусть дана схема усилительного каскада с сопротивлениями $R_{\text{вх}} = 7\text{кОм}$, $R_{\text{вых}} = 0,5\text{кОм}$ и коэффициентом усиления по напряжению $K = 35$. Как изменятся эти параметры при введении в данный усилительный каскад цепи последовательной отрицательной обратной связи (ООС) по напряжению с коэффициентом передачи ОС $\beta = 0,05$?

25. Как влияет частотно-независимая отрицательная обратная связь на работу усилителя?

26. Дайте определение режиму работы усилительного элемента?

27. Чем определяется положение рабочей точки на характеристике усилительного элемента в исходном состоянии?
28. Какие вы знаете классы режима усиления? Охарактеризуйте каждый из них.
29. Каковы причины неустойчивого режима работы усилительного элемента?
30. Какими способами осуществляется стабилизация исходного положения рабочей точки в транзисторных усилителях?
31. В чём преимущества и недостатки способов стабилизации положения рабочей точки в транзисторных усилителях?
32. Каковы особенности усилителей в интегральном исполнении?
33. Дайте определение амплитудно – частотной характеристике усилителя.
34. Почему усилительный каскад с отрицательной обратной связью обеспечивает хорошую стабильность коэффициента усиления?
35. Приведите схему и опишите принцип работы схемы усилительного каскада с общим истоком на МДП-транзисторе с собственным каналом n-типа.
36. Почему усилительный каскад с общим коллектором называют эмиттерным повторителем?
37. По какой причине каскады с общим коллектором или с общим стоком используются как согласующие устройства во входной и выходной цепях усилителя и между его каскадами?
38. Почему транзисторный каскад с общей базой имеет коэффициент усиления по току меньше единицы?
39. Приведите схему и опишите работу избирательного усилителя с двойным T-образным мостом.
40. Каким образом достигается уменьшение полосы пропускания в избирательных усилителях?
41. Каким обобщенным параметром оценивается эффективность резистивного усилителя и как он определяется?
42. Определите относительный спад вершины импульса δ и постоянную времени в области нижних частот усилителя τ_n , если нижняя граничная частота $f_n = 200 \text{ Гц}$, а длительность импульса $\tau_n = 1.5 \text{ мкс}$.
43. Определите верхнюю граничную частоту полосы пропускания f_v ВУС на биполярном транзисторе и время установления t_y , если постоянная времени в области верхних частот $\tau_v = 0,01 \text{ мкс}$, а граничная частота биполярного транзистора $f_\beta = 1 \text{ МГц}$.
44. Определите верхнюю граничную частоту полосы пропускания f_v ВУС на полевом транзисторе и время установления t_y , если постоянная времени в области верхних частот $\tau_v = 0,1 \text{ мкс}$.
45. В чем проявляются различия выходного импульса широкополосного усилителя от входного прямоугольного импульса?
46. Объясните работу усилителя мощности с параллельным возбуждением однофазным напряжением составных оконечных транзисторов.
47. Рассчитайте КПД двухтактного однофазного бестрансформаторного

выходного каскада на комплементарных транзисторах, если амплитуда напряжения $U_{\text{мкэ}}=0,99E_{\text{к}}$.

48. Объясните работу усилителя мощности с параллельным возбуждением однофазным напряжением одиночных оконечных комплементарных транзисторов?

49. Рассчитайте нагрузку по переменному току трансформаторного однотактного выходного каскада, если число витков в первичной и вторичной обмотках трансформатора соответственно равны $W_1=50$, $W_2=12$, а сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}=10$ Ом.

50. В чем преимущества двухтактных бестрансформаторных усилителей мощности перед трансформаторными?

51. Какова причина появления нелинейных искажений типа «ступенька» в двухтактных усилителях мощности? Каким способом устраняют эти искажения?

52. В чем заключается принцип модуляции – демодуляции, использующийся в УПТ с преобразованием?

53. Почему усилители с не симметричным входом получили название «дифференциальные» усилители?

54. В чем заключается особенность дифференциальных усилителей и чем они отличаются от балансных усилителей?

55. Перечислите основные причины, вызывающие дрейф нуля в усилителях с гальваническими связями.

56. Какими мерами достигается уменьшение дрейфа нуля в усилителях с гальваническими связями?

57. Дайте определение понятию операционный усилитель.

58. Какой вход операционного усилителя называют инвертирующим, а какой не инвертирующим?

59. Перечислите статические параметры интегральных операционных усилителей.

60. Какие параметры операционных усилителей называют динамическими?

61. В каких целях вводят понятие «идеальный» операционный усилитель?

62. Чем определяется высокая точность выполнения той или иной функции устройством на основе операционного усилителя?

63. В связи с чем питание операционного усилителя осуществляется от двухполярных источников?

64. В связи с чем в большинстве операционных усилителей применяются двухтактные выходные каскады, работающие в режиме В?

65. Приведите выражение для нахождения коэффициента усиления инвертирующего усилителя и поясните его работу.

66. Как с помощью операционного усилителя можно получить инвертирующий сумматор?

68. Приведите выражение для нахождения коэффициента усиления не инвертирующего усилителя и поясните его работу.

69. В каких целях используется не инвертирующий сумматор?

70. Как работает и где применяется дифференцирующее устройство на основе операционного усилителя?
71. Как работает и где используется интегрирующее устройство на основе операционного усилителя?
72. Поясните работу компаратора напряжений на операционном усилителе.
73. Поясните работу стабилизатора напряжения на операционном усилителе.
74. Как работает фильтр нижних частот на операционном усилителе?
75. Поясните особенности построения перемножителей прямого и косвенного умножений на основе операционных усилителей.
76. Поясните работу устройства для возведения входного сигнала в квадрат на основе операционных усилителей.
77. Поясните работу делителя напряжений на основе операционных усилителей.
78. Какую функцию выполняет кварцевый резонатор, включаемый в автогенератор?
79. Частота колебаний в RC-генераторе с мостом Вина $f_k = 750$ Гц. Определите параметры схемы, обеспечивающие требуемую частоту.
80. Почему на низких частотах вместо LC-автогенераторов обычно используют RC-автогенераторы?
81. Что собой представляет мост Вина? Какие должны соблюдаться условия для осуществления в нем баланса фаз и баланса амплитуд?
82. Какую схему автогенератора называют индуктивной трехточечной схемой, или индуктивной трехточкой (схемой Хартли)?
83. Какую схему автогенератора называют емкостной трехточечной схемой, или емкостной трехточкой (схемой Колпитца)?
84. В чем заключаются условия баланса амплитуд и фаз в автогенераторе гармонических колебаний?
85. Что представляет собой любой автогенератор электрических колебаний?
86. Дайте понятие о логическом элементе и его передаточной характеристике.
87. Приведите основные статические параметры логических элементов.
88. Приведите основные параметры, характеризующие инерционность процессов передачи сигнала через логический элемент?
89. В чем разница между логическими элементами и логическими микросхемами?
90. Чем ограничено быстродействие логических интегральных схем ТТЛ?
91. Дайте понятие о серии интегральных микросхем.
92. Сравните логические элементы серий микросхем К155 (ТТЛ), К500 (ЭСЛ) и К176 (КМОП) по быстродействию и току потребления.
93. Поясните принцип действия двухвходового КМОП-элемента ИЛИ-НЕ.

94. Поясните принцип действия КМОП инвертора.
95. Приведите упрощенную электрическую схему трехвходового логического элемента И-НЕ типа ТТЛ и поясните ее работу.
96. Приведите электрическую схему двухвходового элемента И-НЕ типа И²Л и поясните ее работу.
97. Приведите упрощенную электрическую схему инвертора ЭСЛ и поясните ее работу.
98. Дайте понятие об электронно-лучевой трубке?
99. Чем объясняется свечение люминесцентного экрана в электронно-лучевом приборе?
100. Как регулируют фокусировку луча в электронно-лучевом приборе?
101. В каких случаях в электростатических трубках наблюдаются искажения осциллограмм?
102. Что собой представляют магнитные электронно-лучевые трубки?
103. Дайте определение чувствительности магнитной трубки.
104. В чем конструктивная разница между одноцветными и цветными ЭЛТ?
105. Что собой представляет электростатическая отклоняющая система?
106. Что собой представляет электронный прожектор?
107. Из каких элементов состоит система буквенно – цифровых обозначений ЭЛТ?
108. На чем основан принцип действия полупроводниковых приборов, предназначенных для отображения информации?
109. Объясните принцип действия жидкокристаллических приборов для отображения информации.
110. В чем заключается принцип действия плазменной панели?

Таблица 10 – Варианты заданий

№ вариант а	№ вопросов	№ варианта	№ вопросов	№ варианта	№ вопросов
00	1, 20, 83,100	34	14,27,50,106	67	9, 25, 43,98
01	4, 50, 96,110				
02	7, 28, 59, 102	35	17,20,53,105	68	12,53,76,102
03	10, 31, 62, 103	36	20,23,46,104	69	15,36,69,103
04	13, 24, 75, 104	37	1,23,56, 103	70	18,39,62,104
05	16, 37, 88, 105	38	2,26, 59, 102	71	19,50,25,105
06	19, 60, 84, 106	39	3, 44, 55,101	72	22,23,28,106
07	22, 43, 74, 107	40	6, 27, 58,100	73	5, 26, 50,97
08	25, 56, 77, 108	41	9, 40, 71,99	74	4, 18, 33,88
09	28, 49, 80, 109	42	12,33,64,98	75	7, 21, 56, 94
10	2, 34, 61, 90	43	5, 16, 47,97	76	10,34, 49, 93

Окончание таблицы 10

11	5, 27, 69, 91	44	4,18, 49, 96	77	13,27, 52, 92
12	8, 30, 72, 92	45	7,21, 42, 93	78	17,40, 55, 91
13	11, 33, 65, 93	46	8,24, 45, 95	79	20, 33,58, 90
14	14, 36 ,68, 94	47	10,37, 68, 94	80	23,46,70,109
15	17, 39, 64, 95	48	11,44, 77, 88	81	4, 38, 73,110
16	20, 32, 73, 96	49	17,40, 71,92	82	7, 41, 76,108
17	23, 35, 87, 97	50	10, 23,73,91	83	10,41,59,107
18	26, 47, 60, 98	51	13, 26, 67,90	84	13,30,62,106
19	15, 29, 82, 99	52	16, 29, 50,80	85	16,31,25,105
20	1, 13, 44, 81	53	19, 32, 53,81	86	19,43,68,104
21	4, 16, 57, 82	54	22, 45, 76,82	87	1,22, 46, 103
22	7, 19, 58, 83	55	25, 38, 69,83	88	2,25, 52, 102
23	10, 22, 53, 84	56	1,30, 64, 84	89	3,23, 57, 101
24	13, 29, 46, 85	57	2, 26,59, 85	90	4,21, 62, 100
25	16, 38, 55, 86	58	5, 19, 52, 86	91	5,29, 65, 99
26	19, 51, 62, 87	59	8, 22,45, 87	92	6,26,77, 98
27	22, 44,65, 88	60	11,35, 58,88	93	7,39,71, 97
28	25, 57, 68, 89	61	13, 28, 61,89	94	8,22, 74,96
29	28, 60, 71,90	62	16, 31, 54,90	95	9,36, 67, 95
30	2, 35, 78, 110	63	19, 34, 77,99	96	10,28, 50, 94
31	5, 28, 61,109	64	21, 37, 60,98	97	11,38, 72, 93
32	8, 21, 54, 108	65	3, 24, 57,97	98	12, 45, 70,92
33	11, 44, 77, 107	66	6, 27, 70,96	99	14, 48, 73,91

3.20 Методические указания по выполнению задачи 10

Для ответа на вопросы задачи 10 обратитесь к материалам рекомендуемой литературы по темам 4.1 – 4.10, 5.1, 5.2 примерного тематического плана.

Приложение А

Основные электрические параметры некоторых типов диодов

Таблица А.1

Тип диодов	Параметры				
	Постоянное прямое напряжение $U_{пр}$, В	Постоянный обратный ток $I_{обр}$ мкА	Предельное постоянное обратное напряжение $U_{обр, max}$, В	Максимально допустимый постоянный прямой ток $I_{пр, max}$, МА	
Выпрямительный 2Д206Б АД110А КД209В ГД107Б	1,2 1,5 1 0,4	700 5 100 100	500 30 800 20	5000 10 500 20	
Варикап	Емкость C , пФ	Добротность Q	Постоянный обратный ток $I_{обр}$, мкА	Постоянное обратное напряжение $U_{обр}$, В	Предельная постоянная рассеиваемая мощность $P_{пред}$, мВт
2В104А КВ110В КВ117Б	90 ÷ 120 12 ÷ 18 26 ÷ 40	100 300 180	5 1 1	45 45 25	100 100 100
Туннельный диод	Пиковый ток $I_{п}$, МА	Отношение пикового тока к току впадины $I_{п}/I_{в}$	Сопротивление потерь $\Gamma_{п}$, Ом.	Напряжение Пика $U_{п}$, В Впадины $U_{вп}$, В	Общая емкость диода $C_{д}$, пФ
ГИ304А ГИ103А	4,5 ÷ 5,1 1,3 ÷ 17	5 4	4 6	0,075 0,075	0,75 0,35
Стабилитрон	Напряжение стабилизации $U_{ст}$, В	Средний температурный коэффициент напряжения $\alpha\%$, К	Дифференциальное сопротивление r_i , Ом	Максимальный ток стабилизации $I_{ст max}$, МА	Минимальный ток стабилизации $I_{ст. м}$, МА
Д809 КС156А	8 ÷ 9,5 5,6	0,1 0,05	10 46	29 55	3 3
Блоки и сборки выпрямительные	средний максимальный прямой ток $I_{пр, ср. max.}$, МА	Повторяющееся импульсное обратное напряжение $U_{обр, и, п, max}$, В	Ток перегрузки выпрямительного диода $I_{прг}$, А	Напряжение короткого замыкания $U_{кз}$, В	Ток холостого хода $I_{хх}$, мкА
КЦ405Ж 2Ц301Б	0,6 0,2	600 50	28 1	4 2	125 0,5

Окончание таблицы А.1

Диоды свето-излучающие	Постоянный прямой ток $I_{пр}$, мА	Постоянное прямое напряжение $U_{пр}$, В	Максимум спектрально-го распределения λ_{max} , мкм	Максималь-ный постоян-ный прямой ток $I_{пр max}$, мА	Максималь-ное импульс-ное обратное напряжение $U_{обр, и max}$ В
ЗЛ102А	5	3	0,69	20	2
АЛ307Б	10	2	0,666	20	2
Диоды СВЧ	Потери преобразова-ния $L_{прб}$, дБ	Нормирован-ный коэффи-циент шума $F_{норм}$, дБ	Коэффициент стоячей вол-ны по напря-жению $K_{ст и}$	Выходное сопротивление $r_{вых}$, Ом	Выпрямлен-ный ток, $I_{вп}$, мА
ЗА110Б	6	7,5	1,6	210...490	0,9...2,2 мА
КА104А	6,5	8,5	1,5	340...560	0,5

Приложение Б

Основные электрические параметры некоторых типов транзисторов

Таблица Б.1

Тип транзистора	Структура транзистора	$f_{гр}$ (МГц)	$h_{21Э min}$	$h_{21Э max}$	Максимально допустимые значения					$I_{КБ0}$ (мкА)	$C_{К max}$ (пФ)	$P_{К max r}$ (Вт)
					$P_{к max}$ (МВт)	$U_{кб}$	$U_{кэ max}$ (В)	$I_{к max}$ (мА)	$T_{доп max}$ (°С)			
КТ318А	n-p-n	80	10	100	225	20	20	30	120	10	5	
ГТ321Д	p-n-p	60	40	120	160	40	45	200	60	500	80	
КТ201А	n-p-n	40	20	60	60	20	20	20	125	10	20	
ГТ402Д	p-n-p	1	30	80	600	25	25	500	55	25		
П605А	p-n-p	30	50	120	500	45	40	1000	85	2000	130	3
П607А	p-n-p	60	60	200		30	25	300	85	300	50	1,5
КТ608Б	n-p-n	150	40	160	500	60	60	400	85	10	15	
П701А	n-p-n	7,5	10	40	1000	40	40	500	150	100	50	10
КТ803А	n-p-n	20	10	70		80	60	10000	150	500		60
ГТ806А	p-n-p	6	10	100	2000	75	75	15000	85	1500		30
П609А	p-n-p	120	80	240		30	25	300	85	300	50	1,5
КТ814А	p-n-p	3	40	70	1000	25	25	1500	100	50	60	10
КТ815А	n-p-n	3	40	70	1000	25	25	1500	100	50	60	10
МП38А	n-p-n	1,65	45	100	150	15	15	20	85	30	50	
МП42Б	p-n-p	0,83	45	100	200	15	15	30	85	25	60	

Приложение В

Схемы включения полупроводниковых диодов и транзисторов

