



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»
И.о. проректора
_____ А.В. Троицкий
« ____ » _____ 2023 г.

**ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И
ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ
СИСТЕМ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭЛЕКТРОНИКА И СХЕМОТЕХНИКА»

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления технологическими процессами

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Королев
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Авторы: к.т.н., доцент Хуртин Е. А. Рабочая программа дисциплины: Электроника и схемотехника. – Королев МО: «Технологический университет», 2023 г.

Рецензент: к.т.н., доцент Аббасова Т.С.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.03.04 «Управление в технических системах» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом МГОТУ. Протокол № 9 от 11 апреля 2023 г..

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Артюшенко В.М. д.т.н. профессор 			
Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 12 от 05.04.2023			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  к.т.н., доц. Е.Н. Дмитренко

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Целью изучения дисциплины «Электроника и схемотехника» является формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам физических процессов в элементах электронной и полупроводниковой техники, их основных параметров и характеристик; схемотехнических основ микроэлектроники; принципов построения и функционирования аналоговых и цифровых интегральных схем.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции.

Профессиональные компетенции

- ПК-2 - способность осуществлять проектирование электронных средств и электронных систем БКУ и контроль над их изготовлением;
- ПК-3 - способность проводить испытания опытных образцов и модернизацию электронных средств и электронных систем БКУ.

Основными **задачами** изучения дисциплины являются:

- получение знаний о принципах действия и характеристиках функциональных узлов аналоговой и цифровой электроники;
- получение навыков самостоятельного моделирования систем аналоговой и цифровой электроники.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

- осуществляет проектирование электрических цепей, расчет параметров компонентов цепи, контроль над их изготовлением;
- проводит испытания опытных образцов и модернизацию разработанных электрических цепей.

Необходимые умения:

Умеет:

Выявлять причины неисправностей и отказов в работе оборудования.

Использовать нормативные правовые акты, справочные материалы для корректного проектирования электронных средств и электронных систем.

На научной основе организовывать свой труд самостоятельно оценивать результаты своей деятельности.

Осваивать новые образцы программных, технических средств и информационных технологий.

Работать с измерительным и испытательным оборудованием в пределах выполняемой функции.

Работать с конструкторской документацией.

Необходимые знания

Знает:

Стандарты Единой системы программной документации (ЕСПД), ЕСКД и ЕСТД.

Межгосударственные и национальные стандарты РКТ, стандарты организации.

Электротехнику и электронику.

Технические характеристики испытательного оборудования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Электроника и схемотехника» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах».

Изучение данной дисциплины базируется на ранее изученных дисциплинах: «Физика», «Математическая логика и теория алгоритмов» и компетенциях УК-1, ОПК-1,2,4.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы обучения составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

Виды занятий	Всего часов	Семестр шестой	Семестр седьмой
Общая трудоемкость	288	144	144
Аудиторные занятия	96	48	48
Лекции (Л)	32	16	16
Практические занятия (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	32	16	16
Самостоятельная работа	192	96	96
Курсовые работы, проекты	-	-	-
Контрольная работа, домашнее задание	+ -	+ -	+ -
Текущий контроль знаний (7 - 8, 15 - 16 недели)	Тест	Тест	Тест
Вид итогового контроля	Зачет / Экзамен	Зачет	Экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час	Практические занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Код компетенций
Тема 1. Амплитудные ограничители и выпрямители.	2	4	2	ПК-2 ПК-3
Тема 2. Биполярные и полевые транзисторы.	2	4	2	ПК-2 ПК-3
Тема 3. Усилительные устройства	6	12	2	ПК-2 ПК-3
Тема 4. Генераторы сигналов.	6	12	2	ПК-2 ПК-3
Тема 5 Модуляторы.	2	4	2	ПК-2 ПК-3
Тема 6. Детекторы.	2	4	-	ПК-3
Тема 7. Работа полупроводниковых устройств в ключевом режиме.	2	4	-	ПК-2 ПК-3
Тема 8 Комбинационные логические устройства.	4	8	2	ПК-2 ПК-3
Тема 9 Последовательностные логические устройства.	4	8	2	ПК-2 ПК-3
Тема 10 Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.	2	4	2	ПК-2 ПК-3
Итого	32	64	16	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Амплитудные ограничители и выпрямители.

Полупроводниковый диод. Принцип работы полупроводникового диода и протекающие в нем физические процессы. Вольтамперные характеристики полупроводниковых диодов. Схемы замещения.

Последовательное соединение полупроводникового диода и резистора. Напряжения на диоде и на резисторе при воздействии синусоидального сигнала. Схемы замещения при слабых и сильных сигналах.

Однополупериодное и двухполупериодное выпрямление. Сглаживающие фильтры и оценка эффективности их работы.

Тема 2. Биполярные и полевые транзисторы

Биполярные транзисторы. Принцип работы биполярного транзистора и протекающие в нем физические процессы. Вольтамперные характеристики биполярного транзистора.

Полевые транзисторы. Принцип работы полевого транзистора и протекающие в нем физические процессы. Вольтамперные характеристики полевого транзистора.

Тема 3. Усилительные устройства

Основные характеристики усилителя: коэффициент усиления, полоса пропускания, входное и выходное сопротивления, выходная мощность, коэффициент нелинейных искажений.

Обратная связь в усилительных каскадах. Влияние обратной связи на характеристики усилителя.

Усилитель на биполярном транзисторе по схеме с общим эмиттером. Режим слабых сигналов. Схемы замещения усилителя на низких, средних и высоких частотах. Амплитудно-частотная характеристика усилителя. Линеинные искажения сигнала.

Нелинейные искажения сигнала. Коэффициент гармоник. Двухтактные усилители.

Особенности усилителя низкой частоты на полевом транзисторе. Автоматическое смещение в усилителях на полевых транзисторах.

Операционный усилитель. Преобразователи аналоговых сигналов на операционных усилителях: неинвертирующий усилитель, инвертирующий усилитель, усилитель с дифференциальным входом, схема сложения-вычитания, неинвертирующий сумматор, интегратор, дифференциатор.

Способы обеспечения режима по постоянному току. Коэффициент усиления и амплитудно-частотная характеристика усилителя при слабых входных сигналах. Автоматическое смещение в усилителе на полевом транзисторе.

Нелинейные режимы работы усилителя. Умножитель частоты.

Тема 4. Генераторы на транзисторах

Основы теории автогенераторов. Баланс амплитуд и баланс фаз. Принципы обеспечения баланса фаз в автогенераторах. Автогенераторы RC- и LC-типов.

Методы стабилизации частоты автогенераторов.

Тема 5 Модуляторы.

Амплитудный модулятор на биполярном транзисторе. Модуляционная характеристика. Выбор режима работы модулятора.

Варикап. Вольт-фарадная характеристика варикапа Частотный модулятор на полевом транзисторе.

Тема 6. Детекторы.

Диодный детектор АМ сигнала. Характеристика детектирования. Искажения сигнала при диодном детектировании.

Принципы частотного детектирования. Одноконтурный частотный детектор. Частотный детектор на расстроенных контурах.

Диодный фазовый детектор. Фазовый детектор на биполярном транзисторе.

Тема 7. Работа полупроводниковых устройств в ключевом режиме.

Работа полупроводниковых приборов в ключевом режиме. Последовательные и параллельные диодные ключи. Ключи на биполярных и полевых транзисторах.

Преобразователи аналоговых сигналов на операционных усилителях. Нелинейные преобразователи. Ограничители уровня. Источники напряжения и источники тока. Активные фильтры.

Тема 8. Комбинационные логические устройства.

Особенности построения логических устройств на реальной элементной базе. Мультиплексоры и демультимплексоры. Преобразователи кодов. Шифраторы и дешифраторы. Цифровые компараторы.

Тема 9. Последовательностные логические устройства.

Синхронные и асинхронные триггеры. Обобщенная структурная схема и описание цифровых автоматов. Регистры, счетчики, распределители тактов.

Автогенераторы на базовых логических элементах. Одновибраторы и интегральные таймеры.

Тема 10. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.

ЦАП с суммированием токов. АЦП последовательного счета. АЦП поразрядного кодирования. АЦП параллельного преобразования.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине

- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
- Методические указания для обучающихся по выполнению контрольных работ.
- Практикум.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведена в Приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Гальперин М. В. Электротехника и электроника: Учебник / Гальперин М.В. - М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2021.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=553180>
2. Комиссаров Ю. А. Общая электротехника и электроника: учебник / Ю.А. Комиссаров, Г.И. Бабокин. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2020.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=487480>
3. Иванов И.И., Соловьев Г.И., Фролов В.Я. Электротехника и основы электроники: Учебник. –М, Издательство «Лань», 2019,
<https://e.lanbook.com/book/93764#authors>

Дополнительная литература:

1. Полевский, В. И. Операционные усилители : учеб. пособие / Е. Г. Касаткина, В. И. Полевский .— Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013 .— ISBN 978-5-7782-2310-3. ЭБС РУКОНТ: <http://rucont.ru/efd/246652?cldren=0>
2. Бурков А. Т.Электроника и преобразовательная техника: Учебник для специалистов: В 2 томах Том 1: Электроника / Бурков А.Т. - М.:УМЦ ЖДТ, 2015, <http://znanium.com/bookread2.php?book=528086>
3. Водовозов А. М. Основы электроники: Учебное пособие / Водовозов А.М. - Вологда:Инфра-Инженерия,
<http://znanium.com/catalog.php?item=booksearch&code=электроника&page=3>

Электронные книги:

1. Multisim 9 для преподавателей. Электронный ресурс <http://www.twirpx.com/file/623769/>.
1. Инструментальная система графического программирования Lab View. Методические указания к лабораторным работам. Санкт-Петербург, 2005. Электронный ресурс:
<http://gturp.spb.ru/fkl/fasutp/kaf/kpm/kpm.files/LabVIEW.pdf>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Сайт National Instruments Россия, СНГ и Балтия - <http://www.ni.com/>.
2. Основы Электротехники и Электроники - <http://eleczon.ru/ucheba/osnovi.html>
3. Ответы на вопросы по электротехнике и электронике - http://moyuniver.ru/otvety-po-Obshchej_elektrotekhnike_i_elektronike/

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) приведены в Приложении 2

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения: LibreOffice, Multisim

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины

Ресурсы информационно-образовательной среды Университета:
Рабочая программа и методическое обеспечение по курсу «Электроника и схемотехника».

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран), интерактивной доской Smart Board;
- комплект электронных презентаций / слайдов на темы:
 - 1) Полупроводниковые приборы
 - 2) Полупроводниковые транзисторы
 - 3) Элементы цифровой техники
 - 4) Линейные усилители электрических сигналов

Практические занятия:

- учебный класс, оснащенный вычислительной техникой (ПК), программами для компьютерного моделирования: Multi Sim, Lab View.
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине**

***ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ
СИСТЕМ***

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
« ЭЛЕКТРОНИКА И СХЕМОТЕХНИКА »
(Приложение 1 к рабочей программе)**

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся приобретает		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	ПК-2	способность осуществлять проектирование электронных средств и электронных систем БКУ и контроль над их изготовлением	Темы 1 - 10	осуществляет проектирование электрических цепей, расчет параметров компонентов цепи, контроль над их изготовлением;	Выявлять причины неисправностей и отказов в работе оборудования. Использовать нормативные правовые акты, справочные материалы для корректного проектирования электронных средств и электронных систем. На научной основе организовывать свой труд самостоятельно оценивать результаты своей деятельности.	Стандарты Единой системы программной документации (ЕСПД), ЕСКД и ЕСТД. Межгосударственные и национальные стандарты РКТ, стандарты организации.
2	ПК-3	- способность проводить испытания опытных образцов и модернизацию электронных средств и электронных систем БКУ	Темы 1-10	проводит испытания опытных образцов и модернизацию разработанных электрических цепей.	Осваивать новые образцы программных, технических средств и информационных технологий. Работать с измерительным и испытательным оборудованием в пределах выполняемой функции. Работать с конструкторской документацией.	Электротехнику и электронику. Технические характеристики испытательного оборудования.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-2	Тест	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 90% правильных ответов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <p>1. компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 70% правильных ответов;</p> <p>2. компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – от 51% правильных ответов;</p> <p>В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – менее 50% правильных ответов</p>	<p>Проводится путем ответов на вопросы. Время, отведенное на процедуру - 30 минут. Неявка – 0 баллов.</p> <p>Критерии оценки определяются процентным соотношением. Неудовлетворительно – менее 50% правильных ответов. Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%. Максимальная оценка – 5 баллов.</p>
ПК-3	Тест	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 90% правильных ответов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <p>3. компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 70% правильных</p>	<p>Проводится путем ответов на вопросы. Время, отведенное на процедуру - 30 минут. Неявка – 0 баллов.</p> <p>Критерии оценки определяются процентным соотношением. Неудовлетворительно – менее 50% правильных ответов. Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%. Максимальная оценка – 5 баллов.</p>

		<p>ответов; 4. компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – от 51% правильных ответов; В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – менее 50% правильных ответов</p>	
ПК-2, ПК-3	Лабораторная работа	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 90% правильных ответов Б) частично сформирована: 5. компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 70% правильных ответов; 6. компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – от 51% правильных ответов; В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – менее 50% правильных ответов</p>	<p>1. Оформление в соответствии с требованиями (1 балл). 2. Выбор методов измерений и вычислений (1 балл). 3. Умение применять выбранные методы (1 балл). 4. Анализ и выводы, отражающие суть изучаемого явления с указанием конкретных результатов (2 балла). Максимальная оценка – 5 баллов.</p>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

В усилителе (рисунок 5.1, в) транзистор работает в ключевом режиме. Форма входного сигнала приведена на рисунке 5.1, а.

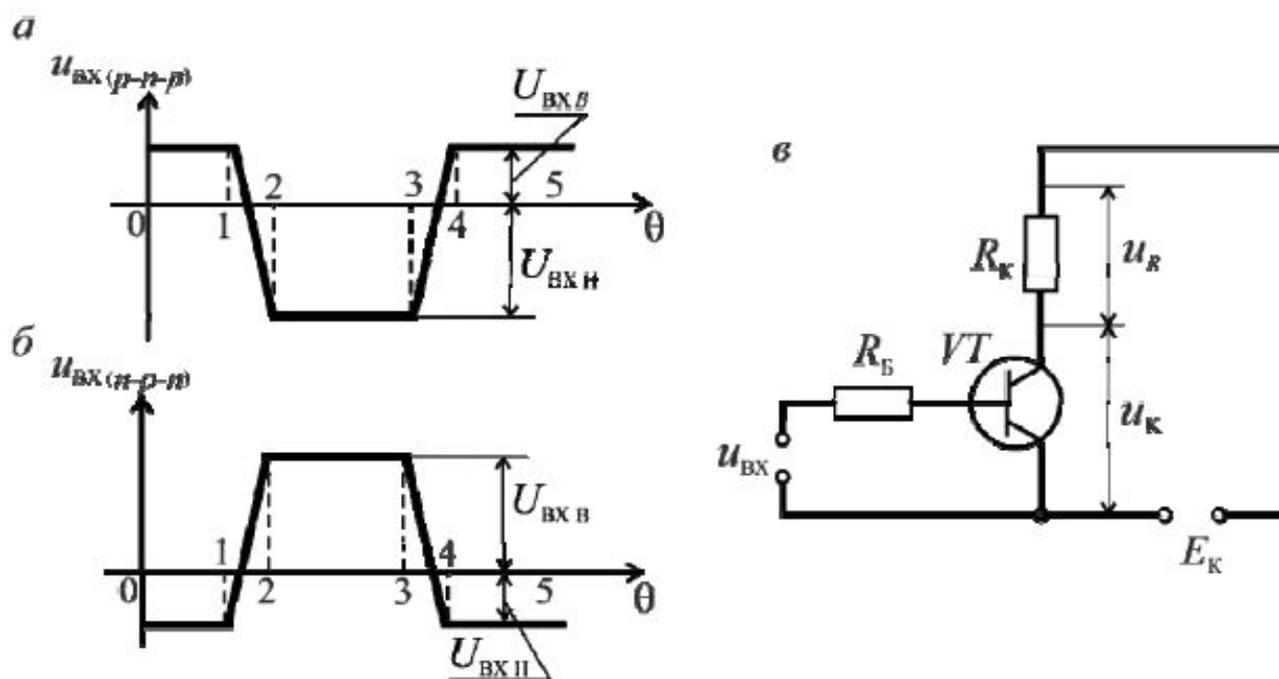


Рисунок 5.1 — Входные импульсы (а, б) и схема (в) однокаскадного импульсного усилителя

Параметры входного импульса и схемы приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 — Исходные данные для решения задачи

$U_{BX В} (p-n-p)$ ($U_{BX Н} (n-p-n)$), В	$U_{BX Н} (p-n-p)$ ($U_{BX В} (n-p-n)$), В	E_K , В	R_K , кОм	f_{MAX} , МГц	t_{MAX} , с°
$2,7 - 0,02 \cdot N \cdot G$	$3 + 0,1 \cdot N / G$	$2,2 \cdot (N + 5 \cdot G)$	$0,1 \cdot N \cdot G$	$0,3 \cdot N / G$	$100 - N / G$

В таблице 5.1 обозначено: G – номер группы студента, N – номер студента по журналу деканата.

Необходимо:

- 1) нарисовать схему импульсного усилителя (тип транзистора: $p-n-p$ — для нечетных N , $n-p-n$ — для четных N);
- 2) выбрать тип транзистора;

- 3) рассчитать величину сопротивления резистора R_B по условию надежного открытия транзистора;
- 4) рассчитать величину сопротивления резистора R_B по условию надежного закрытия транзистора;
- 5) построить временные диаграммы следующих величин импульсного усилителя:
 - входного напряжения u_{BX} ;
 - областей работы транзистора;
 - напряжения на R_K u_R ;
 - напряжения на коллекторе транзистора u_K ;
- 6) определить коэффициенты усиления k_I, k_U, k_P .

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине являются две текущие аттестации в виде тестов и одна промежуточная аттестация в виде зачета в устной форме.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Согласно учебному плану	тестирование	ПК-2 ПК-3	25 вопросов	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру -30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 61%. Отлично – от 81%.
Согласно учебному плану	тестирование	ПК-2 ПК-3	25 вопросов	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру – 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 61%. Отлично – от 81%. Максимальная оценка – 5 баллов.

Согласн о учебного плана	Зачет	ПК-2 ПК-3	1 вопрос, 1 практическо е задание	Зачет проводится в письменной форме, путем ответа на вопрос и решения практического задания. Время отведенное на процедуру – 0,25 часа на студента.	Результаты предоставляю тс я в день проведения зачета	Критерии оценки: «Зачтено»: <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на семинарских занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответ на вопросы билета. «Не зачтено»: <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на семинарских занятиях; • не отвечает на вопросы.
Согласн о учебного плана	Экзамен	ПК-2 ПК-3	2 вопроса, 1 практическо е задание	Экзамен проводится в письменной форме, путем ответа на вопросы и решения практического задания. Время отведенное на процедуру –	Результаты предоставляю тс я в день проведения зачета	Критерии оценки: «Отлично»: <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике;

				0,35 часа на студента.		<ul style="list-style-type: none"> • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответ на вопросы билета. <p>«Хорошо»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответы на вопросы билета • неправильно решено практическое задание <p>«Удовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; <p>«Неудовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин;
--	--	--	--	------------------------	--	--

						<ul style="list-style-type: none"> • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; • не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--	--

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

4.1. Типовые задания на тестирование

Тесты используются как в режиме контроля. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом). Каждому вопросу соответствует один вариант ответа. Ниже приведен примерный перечень тестов.

1. Какой полупроводниковый прибор имеет, вследствие органического соединения структур, обозначение выводов- затвор, эмиттер и коллектор:
 - (?) тиристор
 - (?) полевой транзистор с каналом обедненного типа
 - (?) биполярный транзистор с изолированным затвором
 - (?) полевой транзистор с каналом обогащенного типа

2. Какая величина коэффициента петлевого усиления обеспечивает условие возникновения процесса генерации сигналов в усилителе с положительной обратной связью:
 - (?) равной нулю
 - (?) меньшей нуля
 - (?) больше единицы
 - (?) меньше единицы

3. Какой функциональный элемент не входит в класс двухступенчатой логики:
 - (?) НЕ-И-ИЛИ
 - (?) И-ИЛИ

(?) И-ИЛИ-И

(?) И-НЕ

4. В каких единицах обычно измеряется интенсивность отказов электронных изделий:

(?) в часах

(?) в ваттах

(?) в единицах, деленных на часы

(?) в вольтах

5. С использованием какой математической модели обычно осуществляется расчет параметров полупроводниковых элементов:

(?) параболической

(?) синусоидальной

(?) кусочно-линейной

(?) преобразования Фурье

6. Какой ток в биполярном транзисторе настолько сильно зависит от температуры, что является неуправляемым током:

(?) ток в базе

(?) обратный ток через эмиттер

(?) обратный коллекторный ток

(?) эмиттерный ток

7. В чем измеряется работа выхода электронов:

(?) в амперах

(?) в кулонах

(?) в электронвольтах

(?) в вольтах

8. Какими параметрами не обладает полупроводниковый диод:

(?) дифференциальным сопротивлением

(?) внутренним сопротивлением

(?) коэффициентом усиления

(?) барьерной емкостью

9. Полупроводник называется невырожденным: если в нем и электронный, и дырочный газ можно считать невырожденным (классическим)

(?) если в нем дырочный газ можно считать вырожденным

(?) если в нем дырочный газ можно считать невырожденным (классическим)

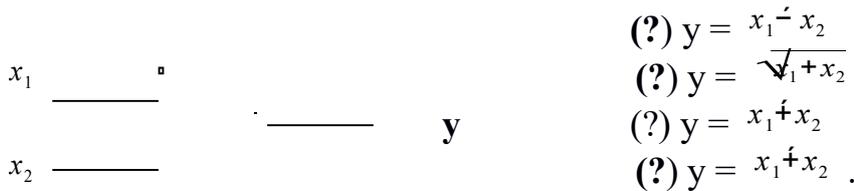
(?) если в нем и электронный, и дырочный газ можно считать невырожденным (классическим)

(?) если в нем электронный газ можно считать невырожденным (классическим)

10. Как называют полупроводники, у которых валентные зоны и зоны проводимости слабо перекрываются:

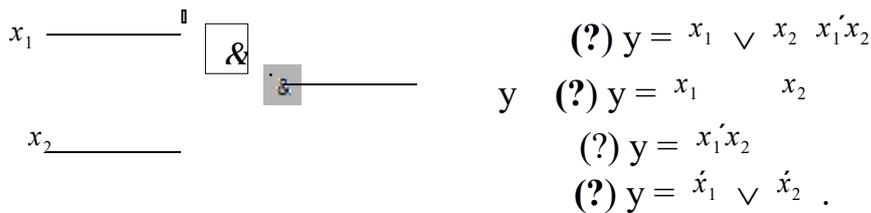
- (?) сверхпроводниками
- (?) бесщелевыми полупроводниками
- (?) полуметаллами
- (?) диэлектриками

11. Схема выполняет операцию ...



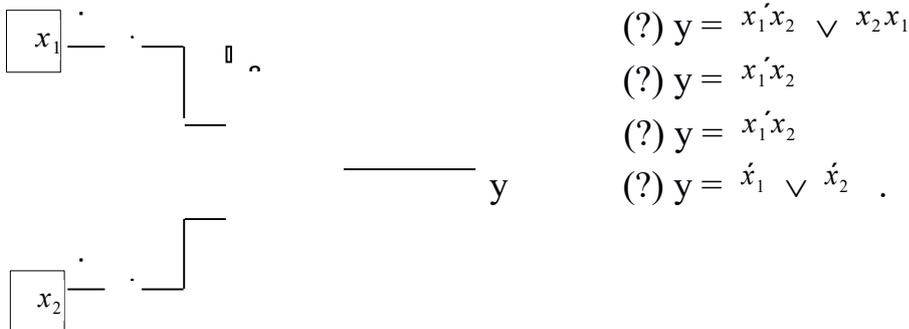
- (?) $y = x_1 \cdot x_2$
- (?) $y = \sqrt{x_1 + x_2}$
- (?) $y = x_1 + x_2$
- (?) $y = x_1 \cdot x_2$

12. Схема выполняет операцию ...



- (?) $y = x_1 \vee x_2 \cdot x_1 x_2$
- (?) $y = x_1 \cdot x_2$
- (?) $y = x_1 x_2$
- (?) $y = x_1 \vee x_2$

13. Устройство работает по формуле ...

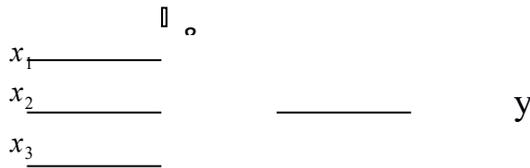


- (?) $y = x_1 x_2 \vee x_2 x_1$
- (?) $y = x_1 x_2$
- (?) $y = x_1 x_2$
- (?) $y = x_1 \vee x_2$

14. Работу схемы (выход Y) отражает столбец таблицы (а...г) ...

X ₁	X ₂	а	б	в	г
0	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0
1	1	1	0	0	1

15. Логический элемент 3 И — НЕ работает по формуле ...



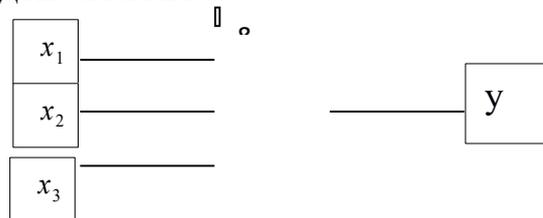
(?) $y = x_1 \dot{x}_2 x_3$
 $x_1 \dot{x}_2 x_1$.

(?) $y = x_2 \dot{x}_2 x_3$

(?) $y = x_1 \dot{x}_3 x_3$

(?) $y =$

16. На схеме приведён элемент ...



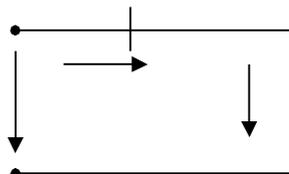
(?) 3 И — НЕ

(?) И — 3 НЕ

(?) 3 ИЛИ — НЕ

(?) 3 И

17. Относительно напряжения на диоде справедливо утверждение, что...



(?) максимальное значение напряжения на диоде равно амплитудному значению входного напряжения

(?) максимальное значение напряжения на диоде равно половине амплитудного значения входного напряжения

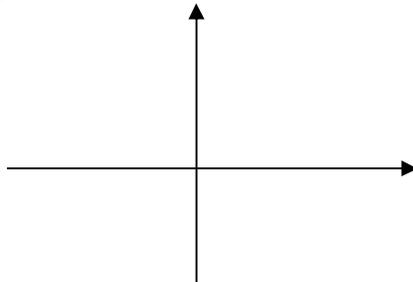
(?) напряжение на диоде отсутствует

(?) максимальное значение напряжения на диоде зависит от сопротивления резистора

18. Полупроводниковый стабилитрон – это полупроводниковый диод, напряжение на котором в области электрического пробоя слабо зависит от тока и который служит для...

- (?) индикации наличия электромагнитных полей
- (?) генерации переменного напряжения
- (?) усиления напряжения
- (?) стабилизации напряжения

19. На рисунке изображена вольт-амперная характеристика...



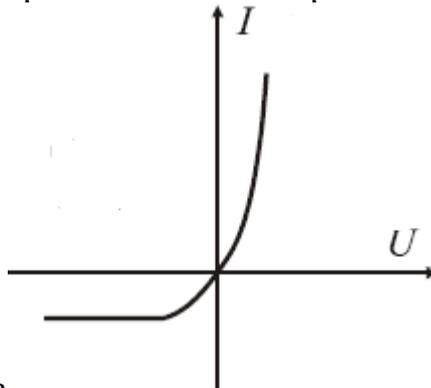
- (?) тиристора
- (?) выпрямительного диода
- (?) биполярного транзистора
- (?) полевого транзистора

20. На рисунке изображено условно-графическое обозначение...



- (?) биполярного транзистора
- (?) полевого транзистора
- (?) тиристора
- (?) выпрямительного диода

21. На рисунке изображена вольтамперная характеристика

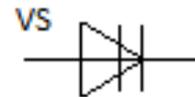


характеристика

- (?) биполярного транзистора
- (?) полевого транзистора
- (?) тиристора
- (?) диода

22. Четырехслойный полупроводниковый прибор, обладающий двумя устойчивыми состояниями, называется

- (?) диод
- (?) полевой транзистор
- (?) тиристор
- (?) биполярный транзистор



23. На рисунке показано схемное изображение

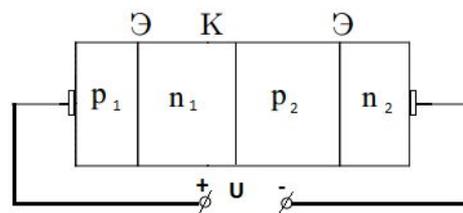
- (?) однооперационного тиристора
- (?) двухоперационного тиристора
- (?) симистора
- (?) динистора

24. Четырехслойный полупроводниковый прибор, обладающий двумя устойчивыми состояниями, называется

- (?) биполярный транзистор
- (?) полевой транзистор
- (?) диод
- (?) тиристор

25. Тиристоры, в которых переход прибора из закрытого состояния в открытое происходит при достижении напряжения между анодом и катодом некоторой граничной величины, называются

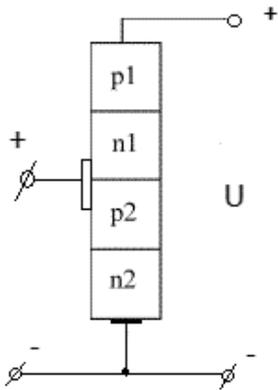
- (?) динисторы
- (?) однооперационные тиристоры
- (?) двухоперационные тиристоры
- (?) симисторы



26. На рисунке изображена структурная схема

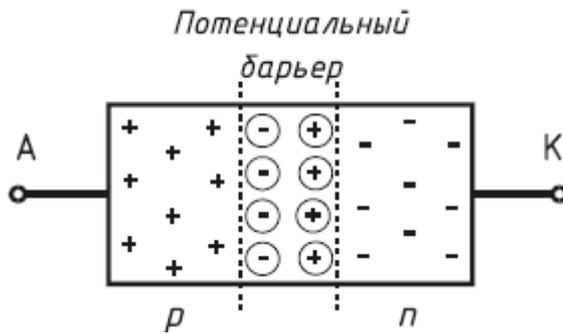
- (?) транзистора
- (?) диода
- (?) симистора
- (?) динистора

27. На рисунке изображена структурная схема

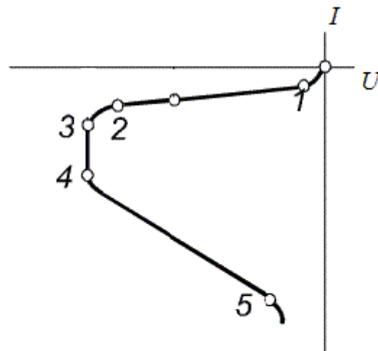


- (?) транзистора
 - (?) диода
 - (?) тиристора
 - (?) симистора
28. Вывод, подсоединяемый к внешнему p-слою тиристора, называется
- (?) анод
 - (?) катод
 - (?) база
 - (?) управляющий электрод
29. Вывод, подсоединяемый к внешнему n-слою тиристора, называется
- (?) анод
 - (?) катод
 - (?) база
 - (?) управляющий электрод
30. Вывод, подсоединяемый к внутреннему p-слою (n-слою) тиристора, называется
- (?) анод
 - (?) катод
 - (?) база
 - (?) управляющий электрод
31. Для того, чтобы открыть тиристор, необходимо подать следующие сигналы
- (?) плюс на катод, импульс на управляющий электрод
 - (?) минус на анод, импульс на управляющий электрод
 - (?) плюс на анод, минус на катод, импульс на управляющий электрод
 - (?) плюс на анод, минус на катод

32. На рисунке изображена структурная схема



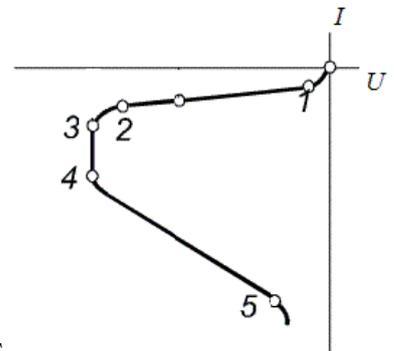
- (?) транзистора
- (?) диода
- (?) тиристора
- (?) симистора



33. На рисунке изображена

- (?) прямая ветвь вольтамперной характеристики диода
- (?) обратная ветвь вольтамперной характеристики диода
- (?) входная характеристика биполярного транзистора
- (?) выходная характеристика биполярного транзистора

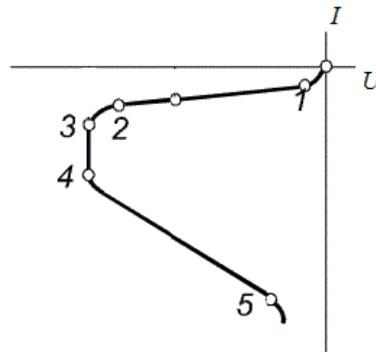
34. Участок 3-4 на обратной ветви вольтамперной характеристики



диода изображенной на рисунке, характеризует

- (?) режим стабилизации обратного напряжения на диоде
- (?) рабочий режим диода
- (?) электрический пробой диода
- (?) тепловой пробой диода

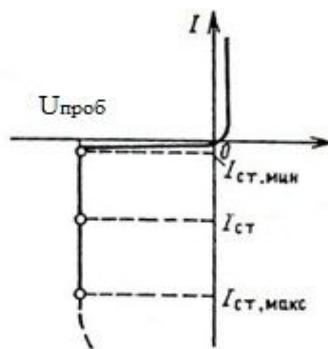
35. Участок 4-5 на обратной ветви вольтамперной характеристики диода,



изображенной на рисунке, характеризует

- (?) режим стабилизации обратного напряжения на диоде
- (?) рабочий режим диода
- (?) электрический пробой диода
- (?) тепловой пробой диода

36. На рисунке изображена вольтамперная



характеристика

- (?) выпрямительного диода
- (?) стабилитрона
- (?) биполярного транзистора
- (?) тиристора

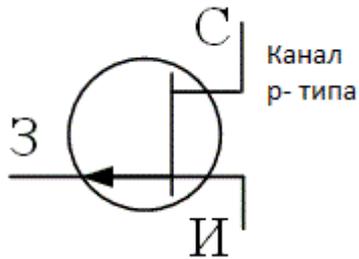
37. Диод, предназначенный для преобразования переменного тока в постоянный, называется

- (?) туннельный
- (?) обратный
- (?) выпрямительный
- (?) импульсный

38. На рисунке показано схемное изображение

- (?) Полевого транзистора с каналом р-типа
- (?) Полевого транзистора с каналом n-типа
- (?) Биполярного транзистора р-п-р типа

(?) Биполярного транзистора n-p-n типа



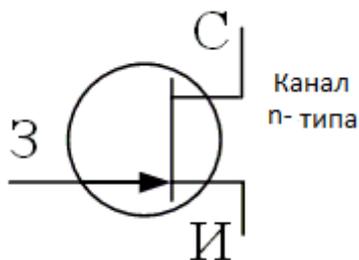
39. На рисунке показано схемное изображение

(?) Полевого транзистора с каналом p-типа

(?) Полевого транзистора с каналом n-типа

(?) Биполярного транзистора p-n-p типа

(?) Биполярного транзистора n-p-n типа



40. В полевом транзисторе, электрод от которого начинают движение носители заряда, называется

(?) эмиттер

(?) исток

(?) база

(?) затвор

41. В полевом транзисторе, электрод к которому движутся носители заряда, называется

(?) коллектор

(?) база

(?) затвор

(?) сток

42. В полевом транзисторе, электрод которым регулируют движение носителей заряда, называется

(?) затвор

(?) база

(?) коллектор

(?) сток

43. Входной вольтамперной характеристикой полевого транзистора является зависимость

(?) тока затвора от напряжения затвор-исток

(?) тока затвора от напряжения сток-исток

(?) тока истока от напряжения затвор-исток

(?) тока истока от напряжения сток-исток

44. Выходной вольтамперной характеристикой полевого транзистора является зависимость

(?) тока затвора от напряжения затвор-исток

(?) тока затвора от напряжения сток-исток

(?) тока истока от напряжения затвор-исток

(?) тока истока от напряжения сток-исток

45. Входная вольтамперная характеристика полевого транзистора называется

(?) истоковой характеристикой

(?) стоковой характеристикой

(?) затворной характеристикой

(?) стоко-затворной характеристикой

46. Выходная вольтамперная характеристика полевого транзистора называется

(?) истоковой характеристикой

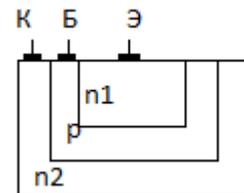
(?) стоковой характеристикой

(?) затворной характеристикой

(?) стоко-затворной характеристикой

47. Полупроводниковый прибор, принцип действия которого основан на эффекте изменения проводимости приповерхностного слоя полупроводника на границе с диэлектриком, называется

- (?) диод
- (?) биполярный транзистор
- (?) тиристор
- (?) МДП-транзистор



48. На рисунке изображена структурная схема

- (?) полевого транзистора
- (?) тиристора
- (?) биполярного транзистора
- (?) диода



49. На рисунке показано схемное изображение

- (?) биполярного транзистора
- (?) полевого транзистора
- (?) тиристора
- (?) диода

50. Зона уровней энергии, на которых находятся электроны атомов, называется

- (?) разрешенная зона
- (?) зона проводимости
- (?) запрещенная зона
- (?) валентная зона

51. Зона уровней энергии, на которых находятся свободные электроны, называется

- (?) зона проводимости
- (?) запрещенная зона
- (?) валентная зона
- (?) разрешенная зона

52. Зона уровней энергии, разделяющая зоны, на которых находятся электроны атомов, называется

- (?) зона проводимости
- (?) запрещенная зона
- (?) валентная зона
- (?) разрешенная зона

53. Ширина запрещенной зоны полупроводника составляет

- (?) 0,5 – 3 эВ
- (?) 6 – 10 эВ
- (?) 12 – 15 эВ
- (?) 20 – 25 эВ

54. Носитель положительного заряда полупроводника называется

- (?) фонон
- (?) ион
- (?) дырка
- (?) фотон

55. Примесь, вводимая в чистый полупроводник для создания свободных электронов, называется

- (?) акцепторная
- (?) добавочная
- (?) донорная
- (?) основная

56. Примесь, вводимая в чистый полупроводник для повышения в нем концентрации дырок, называется

- (?) акцепторная
- (?) добавочная
- (?) донорная
- (?) основная

57. Электрический ток, протекающий через р-п переход под действием электрического поля, называется

- (?) диффузионным
- (?) дрейфовым
- (?) ионным
- (?) электронным

58. Электрический ток, протекающий через р-п переход под действием разности концентраций носителей заряда, называется

- (?) диффузионным

- (?) дрейфовым
- (?) ионным
- (?) электронным

59. Как соотносятся количество электронов и дырок в чистых полупроводниках без примесей

- (?) электронов больше, чем дырок
- (?) дырок больше, чем электронов
- (?) свободные носители заряда отсутствуют
- (?) количество дырок равно количеству электронов

60. При тепловом пробое полупроводникового диода

- (?) ток возрастает, напряжение остается постоянным
- (?) ток уменьшается, напряжение остается постоянным
- (?) напряжение уменьшается, ток остается постоянным
- (?) напряжение уменьшается, ток возрастает

4.2. Типовые вопросы, выносимые на зачеты и экзамены

4.2.1. Типовые вопросы, выносимые на зачет за 6-й семестр

1. Области, основные разделы и направления электроники. Перспективы развития электроники.
2. Элементы электронных схем.
3. Полупроводниковые диоды. Вольт-амперная характеристика, основные параметры.
4. Стабилитрон. Назначение, типы, основные параметры.
5. Параметрический стабилизатор напряжения. Схема, принцип действия, основные характеристики.
6. Стабистор, диод Шоттки, варикап. Основные характеристики.
7. Туннельный диод. Основные параметры, вольт-амперная характеристика.
8. Обращенный диод. Основные параметры, вольт-амперная характеристика.
9. Биполярные транзисторы. Устройство, физические основы работы. Основные параметры, вольт-амперная характеристика.
10. Три схемы включения биполярного транзистора с ненулевым сопротивлением нагрузки.
11. h — параметры транзистора. Транзистор в виде четырехполюсника.

12. Полевые транзисторы. Устройство. Графическое изображение. Стокозатворные характеристики (характеристики передачи, передаточные, переходные, проходные характеристики).
13. Тиристоры. Структурная схема, графическое изображение. Система управления тиристором. Симметричные тиристоры.
14. Оптоэлектронные приборы. Излучающий диод (светодиод): устройство, характеристики и параметры.
15. Фоторезистор. Физические принципы работы, устройство, люкс-амперная характеристика.
16. Фотодиод. Устройство и основные физические процессы. Характеристики и параметры.
17. Оптрон (оптопара). Передаточная характеристика. Устройство.
18. Фототранзистор и фототиристор. Управление. Основные характеристики.
19. Операционные усилители. Определение. Графическое обозначение. Передаточная характеристика.
20. Интегральные микросхемы. Определение. Область применения.
21. Аналоговые электронные устройства. Усилители. Классификация. Основные параметры.
22. Основные характеристики аналогового усилителя: амплитудная, АЧХ, ФЧХ, переходная.
23. Обратная связь в усилителях. Классификация обратных связей.
24. Усилители на биполярных транзисторах. Схема с фиксированным током базы. Выходные характеристики транзистора с линией нагрузки.
25. Схема аналогового усилителя с коллекторной стабилизацией. Основные зависимости.

4.1.2. Типовые вопросы, выносимые на экзамен за 7 семестр

1. Схема с эмиттерной стабилизацией. Основные зависимости.
2. Режимы работы транзистора (классы работы).
3. Усилители на полевых транзисторах. Схема, основные соотношения.
4. Линейные схемы на основе операционных усилителей. Допущения, принимаемые при разработке схем на основе операционных усилителей.
5. Инвертирующий усилитель на основе ОУ с параллельной обратной связью по напряжению.
6. Неинвертирующий усилитель на основе ОУ с обратной связью. Основные зависимости.
7. Повторитель напряжения на основе ОУ. Основные зависимости.
8. Сумматор напряжения (инвертирующий сумматор). Принцип работы.
9. Вычитающий усилитель (усилитель с дифференциальным входом). Принцип работы.
10. Схемы с диодами и стабилитронами на основе ОУ: усилитель на ОУ с диодами, эквивалентная схема усилителя с обратной связью.

11. Усилители постоянного тока: дифференциальный усилитель на биполярных транзисторах, усилитель постоянного тока с модуляцией и демодуляцией (усилитель типа МДМ).
12. Усилители мощности (мощные выходные усилители). Согласования усилителя с нагрузкой. Двухтактный усилитель мощности.
13. Бестрансформаторные усилители мощности. Двухтактный усилитель мощности с операционным усилителем.
14. Активные фильтры. Классификация фильтров по виду их амплитудно-частотных характеристик: фильтры нижних частот, фильтры верхних частот, полосовые фильтры (полосно-пропускающие), режекторные фильтры (полосно-заграждающие), всепропускающие фильтры (фазовые корректоры).
15. Классификация фильтров по передаточным (амплитудно-частотным) функциям.
16. Активные фильтры: ФНЧ, ФВЧ, фильтры на переключаемых конденсаторах.
17. Генераторы гармонических колебаний: RC-генераторы с мостом Вина, кварцевые генераторы.
18. Вторичные источники питания. Структурная схема вторичного источника питания с преобразователем частоты. Однополупериодный выпрямитель. Двухполупериодный выпрямитель со средней точкой. Однофазный мостовой выпрямитель.
19. Вторичные источники питания. Сглаживающие фильтры (схемы фильтров, применяемых в выпрямителях).
20. Инверторы. Управляемые выпрямители. Схемы, принцип работы.
21. Цифровая и импульсная электроника. Импульсные сигналы. Основные термины. Цифровое представление преобразуемой информации.
22. Транзисторные ключи. Ключи на биполярных транзисторах. Ключи на полевых транзисторах.
23. Логические элементы. Классификация логических элементов. Особенности логических элементов различных логик: ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ, КМОП.
24. Комбинационные цифровые устройства: шифратор, дешифратор, преобразователь кодов, мультиплексор, демультиплексор, сумматоры.
25. Последовательностные цифровые устройства: триггер, счетчик импульсов, регистр.
26. Цифровые запоминающие устройства: ОЗУ, ПЗУ.
27. Устройства для формирования и аналого-цифрового преобразования сигналов: односторонний амплитудный ограничитель, двусторонние ограничители.
28. Цифроаналоговые преобразователи: ЦАП с суммированием токов, ЦАП на основе резистивной матрицы, ЦАП для преобразования двоично-десятичных чисел.

29. Аналого-цифровые преобразователи. Квантование аналогового сигнала. АЦП с параллельным преобразованием. АЦП с последовательным преобразованием входного сигнала. Последовательное АЦП с время-импульсным преобразованием.
30. Генераторы импульсных сигналов. Генераторы прямоугольных импульсов. Автоколебательные мультивибраторы. Блокинг-генераторы. Генератор линейно изменяющегося напряжения.

ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
« ЭЛЕКТРОНИКА И СХЕМОТЕХНИКА »
(Приложение 2 к рабочей программе)

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Общие положения

Цель дисциплины: формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам анализа электрических цепей; знаний и умений по эксплуатации электрооборудования и электронных устройств; представлений о технологиях электрообеспечения производства; приобретения навыков самостоятельной работы с электромагнитными и электронными измерительными приборами, используемых при проведении лабораторных и практических занятий.

Задачи дисциплины:

- получение знаний в области теории линейных и нелинейных электрических цепей;
- получение знаний о принципах действия и характеристиках функциональных узлов аналоговой и цифровой электроники;
- получение навыков самостоятельного моделирования систем аналоговой и цифровой электроники.

2. Указания по проведению практических занятий

Практические занятия 1

Полупроводниковый диод, стабилитрон, тиристор

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: снятие и анализ вольтамперных характеристик полупроводникового выпрямительного диода, стабилитрона и тиристора; определение их параметров по характеристикам

Основные положения темы занятия

1. Анализ типовых ВАХ диодов
2. Основные параметры выпрямительного диода
3. Построитель ВАХ диодов и транзисторов (IV ANALYZER) в среде MultiSim

Вопросы для обсуждения

1. Примесный полупроводник. Токи в полупроводниках. Полупроводниковый диод.
2. Контактные явления. P-n-переход и его свойства.
3. Особенности расчёта схем с диодами и упрощённые модели диодов.
4. Параметры полупроводниковых диодов. Разновидности диодов.

Продолжительность занятия 4ч.

Практическое занятие 2

Однофазные полупроводниковые выпрямители

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: исследование однофазных одно- и двухполупериодных схем выпрямления и сглаживающих LC-фильтров; построение вольтамперных характеристик неуправляемого и управляемого выпрямителей

Основные положения темы занятия

1. Обобщённая структурная схема однофазного выпрямителя на полупроводниковых приборах
2. Классификационные признаки выпрямителей
3. Однофазная однополупериодная схема выпрямления
4. Мостовая схема двухполупериодного выпрямителя

Вопросы для обсуждения

1. Тиристорные выпрямители
2. Сглаживающие фильтры и коэффициент сглаживания
3. Пассивные и активные сглаживающие фильтры

Продолжительность занятия 4 часа.

Практическое занятие 3

Биполярные и полевые транзисторы

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: анализ входных и выходных характеристик биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером и определение по ним его h -параметров; исследование выходных характеристик полевого транзистора в схеме с общим истоком и построение его стоко-затворной характеристики.

Основные положения темы занятия

1. Физические процессы в транзисторах р-п-р-типа и п-р-п-типа
2. Три режима работы транзистора
3. Основные свойства транзистора
4. Схематичная структура транзистора

Вопросы для обсуждения

1. Основные схемы включения биполярного и полевого транзистора.
2. Основные параметры биполярных транзисторов.
3. Основные параметры полевых транзисторов.

Продолжительность занятия 4ч.

Практическое занятие 4

Современные силовые транзисторы

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: анализ входных и выходных характеристик силового транзистора в среде Multi Sim

Основные положения темы занятия

1. Разновидности силовых биполярных транзисторов и их особенности.

2. Свойства силовых полевых транзисторов, структуры DMДП-транзистора, VMДП-транзистора.
3. Структура и особенности IGBT-транзистора.
4. Структура и особенности SIT-транзистора.

Вопросы для обсуждения

1. Физические принципы действия силовых транзисторов
 2. Эквивалентные схемы силовых транзисторов
 3. Области применения силовых транзисторов
- Продолжительность занятия 4 часа.

Практическое занятие 5

Логические элементы и схемы

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: ознакомление с основными характеристиками логических элементов и основами синтеза логических схем

Основные положения темы занятия

1. Устройства, реализующие функции алгебры логики
2. Анализ комбинационных логических устройств
3. Универсальные (базовые) логические элементы

Вопросы для обсуждения

1. Разновидности интегральных микросхем, их основные характеристики.
 2. Основные технологические операции изготовления изделий микроэлектроники, преимущества современной технологии МДП.
 3. Разновидности цифровых интегральных микросхем, их особенности.
- Продолжительность занятия 4ч.

Практическое занятие 6

Преобразователи кодов

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: ознакомление с основными характеристиками и испытание интегральных преобразователей кодов (дешифратора, шифратора, демультиплексора и мультиплексора).

Основные положения темы занятия

1. Виды преобразователей кодов, общий принцип их действия
2. Дешифраторы и шифраторы
3. Демультиплексоры и мультиплексоры

Вопросы для обсуждения

1. Перечень приборов, использованных в экспериментах Multi Sim, с их краткими характеристиками.

2. Изображения электрических схем для испытания дешифратора, шифратора, демультимплексора и мультимплексора.

3. Временные диаграммы и таблицы переключений, отображающие работу исследуемых преобразователей кодов.

Продолжительность занятия 4 ч.

Практическое занятие 7

Простейшие транзисторные усилители

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: изучение принципа работы и исследование характеристик усилительных каскадов напряжения на биполярных и полевых транзисторах, включенных по схеме с общим эмиттером (стоком) и общим коллектором.

Основные положения темы занятия

1. Понятие электронного усилителя
2. Структурная схема включения усилителя в цепь усиления электрического сигнала
3. Условное обозначение усилителей на схемах
4. Основные параметры транзисторных усилителей

Вопросы для обсуждения

1. Важнейшие характеристики усилителя
2. Схемы замещения биполярного усилителя по постоянному и переменному току
3. Дифференциальный усилитель и его особенности

Продолжительность занятия 4 ч.

Практическое занятие 8

Электронные устройства на операционных усилителях

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: практическая работа в группах.

Цель занятия: изучение принципа работы операционных усилителей и исследование характеристик устройств на их основе: инвертирующего усилителя, интегратора, дифференциатора и избирательного усилителя.

Основные положения темы занятия

1. Функциональная схема типового операционного усилителя ОУ
2. Характеристики и параметры ОУ
3. Линейные и нелинейные модели операционных усилителей с тремя, пятью и более выводами для подключения источников напряжения, входных и выходного сигналов, цепей обратной связи и корректирующих цепей в среде Multi Sim

Вопросы для обсуждения

1. Области применения ОУ

2. Функциональные узлы на основе ОУ
 3. Применение ОУ в аналоговой вычислительной машине АВМ
- Продолжительность занятия 4 ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Лабораторная работа №1

Усилитель на биполярном транзисторе

Цель работы – экспериментальное исследование характеристик резистивного усилителя на биполярном транзисторе.

Контрольные вопросы

1. Поясните назначение конденсаторов С1 и С2 в исследуемом усилителе.
2. Как нужно выбирать режим по постоянному току для неискаженного усиления сигнала?
3. Какими элементами схемы формируется амплитудно-частотная характеристика усилителя в области низких частот?
4. Какими элементами схемы формируется амплитудно-частотная характеристика усилителя в области высоких частот?
5. Почему при увеличении входного сигнала выходной сигнал начинает искажаться?
6. Какими элементами схемы обусловлены искажения выходного сигнала при усилении прямоугольного сигнала?
7. Какие характеристики усилителя и как изменяются при введении отрицательной обратной связи?

Продолжительность занятия 4 часа

Лабораторная работа №2.

Исследование схем на операционных усилителях

Цель работы – приобретение навыков экспериментального исследования электрических характеристик и свойств электронных функциональных узлов на операционных усилителях.

Контрольные вопросы

1. Какое устройство и почему называют операционным усилителем?
2. Начертите амплитудную характеристику идеального усилителя.
3. Начертите амплитудную характеристику инвертирующего усилителя.
4. Начертите амплитудную характеристику неинвертирующего усилителя.
5. По заданной амплитудной характеристике определите коэффициент усиления усилителя.
6. Запишите выражение для определения коэффициента усиления инвертирующего усилителя.

7. Запишите выражение для определения коэффициента усиления неинвертирующего усилителя.
8. Начертите АЧХ и ФЧХ инвертирующего и неинвертирующего усилителей.
9. Как меняются АЧХ и ФЧХ усилителей при увеличении коэффициента усиления?

Продолжительность занятия 4 часа.

Лабораторная работа №3 **Функциональное применение операционных усилителей**

Цель работы – знакомство с практическими устройствами линейного и нелинейного преобразования сигналов.

Контрольные вопросы

1. Какие функциональные преобразования называют линейными?
2. Запишите выражение для выходного сигнала весового сумматора схемы Рис.14.2.
3. Каковы должны быть значения входных сигналов в схеме Рис.14.2, чтобы устройство реализовывало бы функцию весового суммирования?
4. Начертите АЧХ идеального интегратора.
5. Как выглядит сигнал на выходе интегратора при действии на его входе синусоидального напряжения?
6. Начертите АЧХ и ФЧХ фильтров нижних и верхних частот.
7. Начертите качественную амплитудную характеристику усилителя-ограничителя.
8. По амплитудной характеристике определите напряжения ограничения.
9. Начертите выходной сигнал усилителя-ограничителя, если на входе действует синусоидальный сигнал, а амплитудная характеристика усилителя известна.

Продолжительность занятия 4 часа.

Лабораторная работа №4. **Исследование генератора гармонических сигналов**

Цель лабораторной работы – определить резонансную частоту контура и численное значение коэффициента обратной связи.

Контрольные вопросы

1. Запишите условия существования колебаний в схеме исследуемого генератора.
2. Запишите условия возникновения колебаний в исследуемой схеме.

3. Какие параметры транзистора влияют на условия возникновения колебаний в генераторе?
4. Какими параметрами схемы определяется амплитуда установившихся колебаний?
5. Как изменится коэффициент обратной связи при увеличении емкости конденсатора C_2 ?
6. Как изменится частота генерации при увеличении емкости конденсатора C_2 ?
7. Как изменится амплитуда выходного сигнала при увеличении емкости конденсатора C_2 ?

Продолжительность занятия 4 часа.

Лабораторная работа №5.

Исследование амплитудного модулятора

Цель работы исследовать временные характеристики модулированного сигнала.

Контрольные вопросы

1. Поясните назначение резисторов в схеме.
2. Какие функции выполняют конденсаторы C_1 и C_2 ?
3. Можно ли на линейном элементе осуществить амплитудную модуляцию?
4. Какой участок проходной характеристики транзистора следует использовать для осуществления амплитудной модуляции?
5. Какую зависимость представляет собой модуляционная характеристика?
6. Как выбрать напряжение смещения и допустимую амплитуду модулирующего сигнала, чтобы модуляция осуществлялась с минимальными искажениями?
7. Можно ли по модуляционной характеристике определить ожидаемый коэффициент модуляции?

Продолжительность занятия 4 часа.

Лабораторная работа №6.

Исследование ОУ в схемах с положительной обратной связью

Цель работы исследовать ОУ в схемах с положительной обратной связью.

Контрольные вопросы:

1. Что изменится на выходе ОУ (см. рис. 4.2, *a*), если последовательно увеличить вдвое номинал резистора R_1 , а потом увеличить вдвое номинал резистора R_2 , возвратив номинал R_1 в исходное состояние?
2. Что необходимо выполнить для получения выходного напряжения схемы (см. рис. 4.2, *a*) с амплитудой в 5 В?

3. Что изменится на втором выходе схемы (см. рис. 4.5), если увеличить вдвое номинал резистора R_1 .

Продолжительность занятия 4 часа.

Лабораторная работа №7.

Исследование ОУ в схемах с отрицательной обратной связью

Цель работы исследовать ОУ в схемах с отрицательной обратной связью

Контрольные вопросы

1. Назовите условия, необходимые для возникновения колебательного процесса в электрической схеме.

2. Что изменится на выходе схемы (см. рис. 5.1, а), если полярность опорно-го напряжения изменить на противоположную?

3. Что изменится на выходе схемы (см. рис. 5.1, а), если номинал резистора R_1 уменьшить вдвое?

4. Что необходимо выполнить для получения выходного напряжения схемы (см. рис. 5.3, а) с амплитудой в 15 В?

5. Для каких целей используется ждущий мультивибратор?

6. Укажите области применения генератора синусоидальных колебаний.

Продолжительность занятия 4 часа.

Лабораторная работа №8.

Исследование пассивных и активных фильтров

Целью работы является практическое получение АЧХ фильтров различного типа и определение мер по их улучшению. При снятии характеристик фильтров значения частот в таблицах ФНЧ и отдельно в таблицах ФВЧ, при которых измеряются выходные параметры, целесообразно для последующего анализа брать одинаковыми.

Контрольные вопросы

1. В каких электронных схемах наиболее широко используются фильтры нижних частот?

2. Что такое полосовые фильтры, где они находят наиболее широкое применение?

3. Укажите область наиболее широкого применения фильтров верхних частот второго порядка.

4. В чем преимущества активных фильтров перед пассивными?

Продолжительность занятия 4 часа.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Амплитудные ограничители и выпрямители.	Подготовка докладов по темам: 1. Однополупериодное и двухполупериодное выпрямление. 2. Сглаживающие фильтры и оценка эффективности их работы.
2.	Биполярные и полевые транзисторы.	Подготовка докладов по темам: 1. Применение полевых транзисторов в технике. 2. Применение биполярных транзисторов в технике.
3.	Усилительные устройства	Подготовка докладов по темам: Особенности усилителя низкой частоты на полевом транзисторе.
4.	Генераторы на транзисторах	Подготовка докладов по темам: Методы стабилизации частоты автогенераторов
5.	Модуляторы.	Подготовка докладов по темам: Варикап.
6.	Детекторы.	Подготовка докладов по темам: 1. Одноконтурный частотный детектор. 2. Частотный детектор на расстроенных контурах. 3. Диодный фазовый детектор. 4. Фазовый детектор на биполярном транзисторе.
7.	Работа полупроводниковых устройств в ключевом режиме.	Подготовка докладов по темам: 1. Нелинейные преобразователи. 2. Ограничители уровня. 3. Источники напряжения и источники тока. 4. Активные фильтры.
8.	Комбинационные логические устройства.	Подготовка докладов по темам: 1. Мультиплексоры и демультимплексоры. 1. Преобразователи кодов. 2. Шифраторы и дешифраторы. 3. Цифровые компараторы.
9.	Последовательные логические устройства.	Подготовка докладов по темам: 1. Автогенераторы на базовых логических элементах. 2. Одновибраторы и интегральные таймеры.

5. Указания по проведению контрольных работ

Требования к структуре

Цель контрольной работы: проверка теоретических знаний и решения практических задач.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Контрольное задание состоит из шести задач, каждая из них имеет несколько вариантов.

Студенты решают задачи с номером варианта, определяемым порядковым номером записи фамилии в журнале группы.

Задача 1.

Вычислить напряжение на p-n-переходе при прямом включении при заданной температуре и заданном прямом токе. Выяснить влияние температуры на величину прямого напряжения, при увеличении температуры на

указанное число градусов. Необходимые данные взять из таблицы 1.

Обозначение:

– m – поправочный коэффициент при вычислении температурного потенциала $\phi_T = kT/e$ для германия $m = 1$;

– S – площадь p-n-перехода;

– Шот, In, GaAs – диоды Шоттки, структуры на основе индия и арсенида галлия. Остальные обозначения ясны из пояснений к работе.

Для решения задачи рекомендуется предварительно определить ток насыщения I_0 и затем вычислить напряжение.

Задача 2.

Определить сопротивление диода постоянному току R_d , дифференциальное сопротивление $r_{диф}$, при прямом включении. Ток $I_{пр}$ и температура заданы в таблице 1. $R_{обр}$ вычислить для напряжения E таблицы 1 и тока I_0 , полученного в задаче 1.

Задача 3.

Определить ток идеализированного диода, текущий в цепи, представленной на рисунке 6.а. Вычислить напряжение, соответствующее этому току, определить дифференциальное сопротивление $r_{диф} = \Delta U / \Delta I$ в точке полученного тока и напряжения.

Диод включен в прямом направлении. Величину сопротивления R , напряжение E и температуру T_k взять из таблицы 1.

Табл. 1. Исходные данные для расчета.

№ варианта	S 10 ⁻⁴ см ²	n _i 10 ¹² см ⁻³	D _n см ² / с	Δ 10 ⁻³ см	N _д 10 ¹³ см ⁻³	N _a 10 ¹⁹ см ⁻³	Материал	m	T °K	I _{пр} мА	R кОм	E В
1,11, 21	1	3,6	28	1,5	2	9	Ge	1	290+50	12	1	5
2,12, 22	1,2	3,4	25	0,5	3	8	Шотт	1,6	280+60	15	1,5	6
3,13, 23	1,2	3,1	24	0,6	4	8	In	1,7	290+60	20	1	4
4,14, 24	1.1	2.8	25	0.8	5	7	Si	2	280+80	16	0.8	4
5,15, 25	1	3.8	18	0.7	6	6	GaAs	2,3	290+70	20	0.8	5
6,16, 26	0,9	4,0	24	1,2	4	9	Ge	1	300+50	24	1,2	6
7,17, 27	0,8	3,3	21	1,1	3	10	Шотт	1,6	300+60	16	1,0	5
8,18, 28	0,7	3,2	24	1,0	3	11	In	1,7	300+70	18	1,3	6
9,19, 29	0,8	2,9	20	0,9	2	12	Si	2	300+80	10	0,9	5
10,20,30	1,2	2,4	24	0,8	1	11	GaAs	2,3	300+90	10	0,9	4

Для решения задачи построить вольт-амперную характеристику диода рисунок 6. б). Расчет можно начинать для Ge с 0,1 В, для диода Шоттки с 0,2 В, для In с 0,3 В, для Si с 0,4 В, для AsGa с 0,5 В. Начало координат сдвинуть на указанное значение вольт. Ось напряжения "растянуть" так, чтобы вся она укладывалась в 0,2 В.

Напряжение задавать через 0,02 В пока ток не достигнет 1 мА, после этого напряжение задавать через 0,01 мА, пока ток не достигнет значения, указанного в таблице 1 для выбранного варианта. Для удобства построения и последующих расчетов данные следует свести в таблицу.

Перенести ВАХ в координаты $I_{пр} = f(U_{пр})$, как показано на рисунке 6. б) и провести нагрузочную прямую. Определить ток и напряжение.

Полученный ток отметить на ВАХ диода рисунок 6. в).

Задать изменение напряжения на 0,02 В, при этом $\Delta U = 0,02$ В. По графику или по таблице определить соответствующее изменение тока, которое даст ΔI .

Определить дифференциальное сопротивление $r_{диф}$.

Задача 4.

Определить параметры стабилизатора напряжения на основе диода – стабилитрона.

Справочные данные стабилитронов приведены в таблице 3.

Расчетная схема стабилизатора приведена на рис. 13.

Для вариантов 1 ÷ 6, 19 ÷ 24 определить допустимые пределы изменения питающего напряжения E для указанных параметров схемы.

Для вариантов 7 ÷ 12, 25 ÷ 30 определить допустимые пределы изменения ограничительного сопротивления при изменении питающего напряжения E для указанных параметров схемы.

Для вариантов 13 ÷ 18, 31 ÷ 36 определить допустимые пределы изменения сопротивления нагрузки при заданном напряжении E для указанных параметров схемы.

Табл. 2. Данные для выполнения задачи 4.

№ Вар.	Стабили- трон	R_H кОм	$R_{огр}$ кОм	№ Вар.	Стабил итрон	R_H кОм	$R_{огр}$ кОм	E_{mi} В	E_{max} В
1, 19	КС165	1	0,5	7, 25	КС165	1,8	0,5	14	20
2, 20	КС168	1,3	0,8	8, 26	КС168	2,0	0,8	15	22
3, 21	2С170Ж	1,6	1,1	9, 27	2С170Ж	2,2	1,1	16	24
4, 22	Д810	2,0	1,2	10, 28	Д810	2,3	1,2	17	25
5, 23	Д811	2,2	1,5	11, 29	Д811	2,5	1,5	18	26
6, 24	Д813	2,4	1,6	12, 30	Д813	2,6	1,6	19	27

№ Вар.	Стабилит рон	E В	$R_{огр}$ кОм
13, 31	КС165	16	0,6
14, 32	КС168	18	0,8
15, 33	2С170Ж	19	1,1
16, 34	Д809	24	1,2
17, 35	Д811	26	1,3
18, 36	Д813	28	1,5

После проведения расчетов определить:

1. Коэффициент стабилизации для среднего значения рассчитываемого параметра задачи. $K_{СТ} = (U_H/E) \cdot (R_{ОГР} / r_d)$.
2. Изменение выходного напряжения стабилизатора при изменении температуры на 60°C учитывая ТКН стабилитрона, указанный в таблице 3.
3. Проверить, не превышает ли мощность рассеяния на стабилитроне допустимую при максимальном токе стабилизации $P_{ДОП} = U_{СТ} \cdot I_{СТ \max}$.

Табл. 3. Справочные данные стабилитронов.

Тип стабилитрона	$U_{СТ}$ В	I_{\min} мА	I_{\max} мА	$P_{ДОП}$ мВт	ТКН $10^{-2} \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$	r_d Ом
КС147А	4,7	3	58	300	8	56
КС156Б	5,6	3	46	300	5	55
КС168Б	6,8	3	45	300	6	28
КС170А	7	2	20	280	7	6
2С170Ж	7,5	2	29	280	8	10
Д810	9	1	26	280	9	12
Д811	10	1	23	280	9,5	15
Д813	11	1	20	280	9,5	18
Д814Г	12	2	30	340	9,5	15

Задача 5.

Изобразить форму напряжения на выходе цепи. Вычислить значение максимального напряжения на резисторе R и диоде и максимальный ток в резисторе и диоде.

На входе действует напряжение U_1 синусоидальной формы

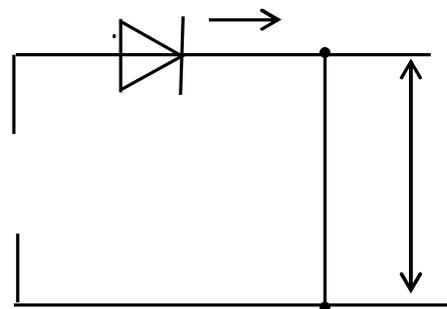
$U_1 = U_m \sin \omega t$. В таблице 4 указано действующее значение напряжения.

Вычертить в масштабе напряжение на выходе U_2 и входе цепи U_1 с учетом уровня фиксации и ограничения диодов.

Расчетные схемы рисунок 14, рисунок 15, рисунок 16 представлены рядом с таблицами вариантов и параметрами схемы.

Табл. 4. Данные для расчета.

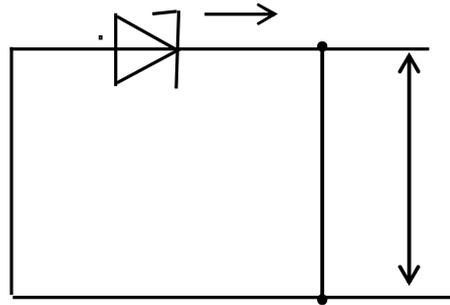
№ Вар	U_1 В	R Ом	Тип диода
1	2,0	400	Ge
2	2,2	500	Шоттки
3	2,3	600	In
4	2,4	600	Si
5	2,5	700	AsGa



Для контроля правильности решения задачи проверить: $U_1 = U_D + U_2$ для любого момента времени, где U_D – падение напряжения на диоде.

Табл. 4. Данные для расчета.

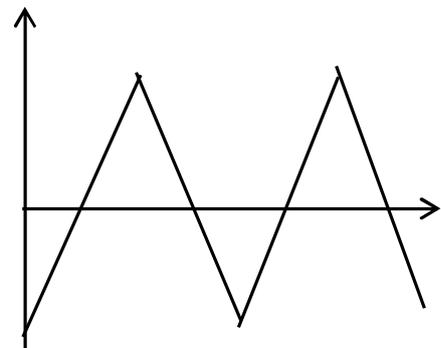
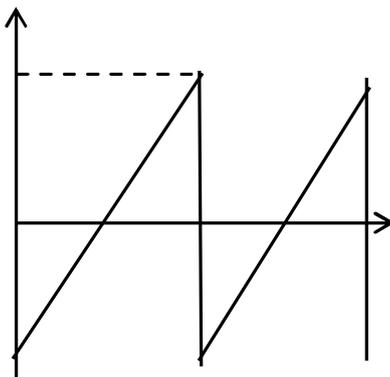
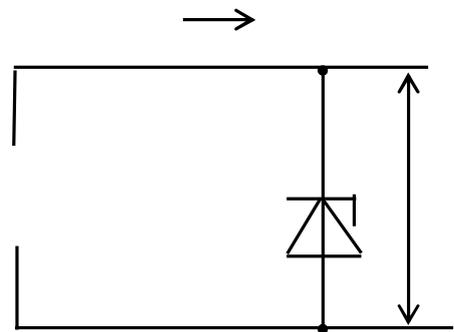
№ Вар	U_1 В	R Ом	Тип диода
6, 19	3.5	300	КС147
7, 20	4.4	400	КС156
8, 21	5.2	500	КС168
9, 22	6,8	600	Д808
10, 23	2,5	700	Д809
11, 24	8,2	800	Д810
12, 25	9.1	900	Д813



Для сигналов, представленных на рисунках 17 и 18 указано максимальное значение напряжения U_1 .

Табл. 4. Данные для расчета.

№ Вар.	U_1 В	R Ом	Тип диода
13, 26	4.4	400	КС156
14, 27	5.2	500	КС168
15, 28	6,0	600	Д808
16, 29	6,6	700	Д809
17, 30	7,2	800	Д810
18, 31	8,8	900	Д813



Задача 6.

Определить изменение барьерной емкости C_B при изменении обратного напряжения U_{OBR} .

Для вариантов 1 ÷ 15.

Построить характеристику зависимости $C_B = f(U_{обр})$ в указанном диапазоне изменения напряжения.

Вычислить C_B и построить характеристику зависимости $C_B = f(U_{обр})$ при изменении напряжения.

Для вариантов 16 ÷ 30.

Табл. 5. Данные для выполнения задачи 6.

№ Вар.	$C_{НАЧ}$ пФ	$U_{НА}$ ч В	$U_{КО}$ н В	№ Вар.	$C_{НАЧ}$ пФ	$U_{НА}$ ч В	$U_{КО}$ н В	№ Вар.	k_c 10^{-10}	S мм ²
1	80	0	5	9	180	0	6	16, 24	1	1
2	90	1	6	10	190	1	7	17, 25	0,9	1,2
3	100	2	7	11	180	2	9	18, 26	1,1	1,2
4	110	3	8	12	170	3	10	19, 27	1	1,1
5	90	4	9	13	160	4	9	20, 28	0,8	1
6	80	5	10	14	150	5	15	21, 29	0,9	0,9
7	70	6	11	15	140	6	16	22, 30	1,1	0,8
8	60	7	12					23	1	0,7

Данные для расчета взять из таблицы 1 для соответствующих вариантов.

Температуру для всех вариантов принять одинаковой и равной $T = 300$ К.

Постоянный коэффициент k_c имеет размерность $[пФ \cdot В^{1/2}]$, поэтому при введении в расчетную формулу напряжения в вольтах емкость C_B получается в пикофарадах. (Степень $1/2$ означает, что соответствующая величина находится под корнем квадратным).

$$C_B = k_c / (U + \phi_k)^{1/2}.$$

4. ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

В работе отразить:

- Номер варианта, указываемый на титульном листе работы.
- Исходные данные варианта для каждой задачи.

При расчетах указывается расчетная формула, затем подставляются числовые значения, записывается окончательный результат.

Обязательно проставляется размерность величин.

- Расчетная схема включения диода.

- В задаче 5 графики изменения напряжения на входе U_1 и на выходе U_2 один под другим в одном масштабе.
- Привести перечень использованной литературы и справочники.
- На титульном листе ставится подпись автора и дата.
- Оформление работы желательно компьютерным способом на листах А4, но допускается также в тетради школьного формата.

6. Указания по проведению курсовых работ

Не предусмотрено учебным планом

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Гальперин М. В. Электротехника и электроника: Учебник / Гальперин М.В. - М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2021.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=553180>
2. Комиссаров Ю. А. Общая электротехника и электроника: учебник / Ю.А. Комиссаров, Г.И. Бабокин. - 2-е изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2020.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=487480>
3. Иванов И.И., Соловьев Г.И., Фролов В.Я. Электротехника и основы электроники: Учебник. –М, Издательство «Лань», 2019,
<https://e.lanbook.com/book/93764#authors>

Дополнительная литература:

1. Полевский, В. И. Операционные усилители : учеб. пособие / Е. Г. Касаткина, В. И. Полевский .— Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013 .— ISBN 978-5-7782-2310-3. ЭБС РУКОНТ: <http://rucont.ru/efd/246652?children=0>
2. Бурков А. Т. Электроника и преобразовательная техника: Учебник для специалистов: В 2 томах Том 1: Электроника / Бурков А.Т. - М.:УМЦ ЖДТ, 2015, <http://znanium.com/bookread2.php?book=528086>
3. Водовозов А. М. Основы электроники: Учебное пособие / Водовозов А.М. - Вологда:Инфра-Инженерия,
<http://znanium.com/catalog.php?item=booksearch&code=электроника&page=3>

Электронные книги:

1. Multisim 9 для преподавателей. Электронный ресурс <http://www.twirpx.com/file/623769/>.

2. Инструментальная система графического программирования Lab View. Методические указания к лабораторным работам. Санкт-Петербург, 2005. Электронный ресурс:

<http://gturp.spb.ru/fkl/fasutp/kaf/kpm/kpm.files/LabVIEW.pdf>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Основы электротехники и электроники - <http://eleczon.ru/ucheba/osnovi.html>
2. Ответы на вопросы по электротехнике и электронике - http://moyuniver.ru/otvety-po-Obshchej_elektrotekhnike_i_elektronike/

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения: LibreOffice, Multisim.

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины

Ресурсы информационно-образовательной среды Университета:

Рабочая программа и методическое обеспечение по курсу «Электроника и схемотехника».