Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 15.05.2026 16:23:49
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физические основы электроники

Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль

Роботы и робототехнические комплексы

Квалификация

Бакалавр

Формы обучения

очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):
Профессор кафедры «Автоматика и управление»,
д.т.н., доцент  /В.Р. Гасияров/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
Профессор кафедры «Автоматика и управление»,
д.т.н., доцент  /В.Р. Гасияров/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3 Структура и содержание дисциплины 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
3.3 Содержание дисциплины 8
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 9
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 9
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 9
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 9
4.2 Основная литература 10
4.3 Дополнительная литература 10
4.4 Электронные образовательные ресурсы 10
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 10
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 11
5 Материально-техническое обеспечение 11
6 Методические рекомендации 11
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 11
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 12
7 Фонд оценочных средств 13
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 13
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 14
7.3 Оценочные средства 18

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целями преподавания дисциплины является формирование у студентов теоретической и практической базы по вопросам строения основных компонентов электронных устройств, их характеристик и принципов функционирования.

К основным задачам изучения дисциплины следует отнести приобретение студентами практических навыков и умений, необходимых для принятия технически грамотных и обоснованных решений при наладке и эксплуатации электронных модулей в будущей профессиональной деятельности.

Обучение по дисциплине «Физические основы электроники» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**	**Наименование показателя оценивания**
ОПК-1. Применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИОПК-1.1. Понимает теоретические основы естественнонаучных и технических дисциплин, основные законы функционирования объектов профессиональной деятельности; ИОПК-1.2. Применяет на практике математические методы для анализа и моделирования различных аспектов функционирования объектов профессиональной деятельности; ИОПК-1.3. Владеет навыками анализа и синтеза автоматизированных систем и их элементов с учетом их специфики.	**Знать:** Терминологию, основные определения электронной техники; суть физических процессов, лежащих в основе принципа действия электронных полупроводниковых приборов; свойства различных полупроводниковых приборов и их характеристики; принципы создания моделей полупроводниковых приборов для решения задач профессиональной деятельности. **Уметь:** Выбирать элементы электронных схем для решения поставленной задачи; анализировать и описывать физические процессы, протекающие в полупроводниковых приборах; правильно интерпретировать экспериментальные данные с теоретическими положениями; подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной дисциплины; использовать компьютерную технику при оформлении отчетов лабораторных работ; моделировать принципиальные электронные схемы с помощью компьютерной техники **Владеть:** Навыками экспериментального исследования характеристик и правильного выбора полупроводниковых приборов; способами управления электронными устройствами; основными методами

		организации самостоятельного обучения и самоконтроля; современными техническими средствами и информационными технологиями в профессиональной области; прикладными программами для решения инженерных задач электроники и моделирования электронных схем

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».
Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:
Линейная алгебра;
Математический анализ;
Материаловедение;
Физика;
Электронные устройства;
Электротехника.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**90**	**90**
	В том числе:		
2.1	Подготовка к защите лабораторных работ	18	18
2.2	Подготовка отчетов по лабораторным работам	18	18
2.3	Работа с конспектом лекций	18	18
2.4	Выполнение расчетно-графических работ	18	18
2.5	Подготовка к экзамену	18	18
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		Экзамен
	Итого	**144**	**144**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Физические основы работы полупроводниковых приборов**	**16**	**6**				**10**
1.1	Тема 1. Энергетические уровни и зоны.		0,5				1
1.2	Тема 2. Проводники, полупроводники и диэлектрики.		0,5				1
1.3	Тема 3. Собственная электропроводность полупроводников.		0,5				1
1.4	Тема 4. Примесная электропроводность полупроводников. Процессы переноса зарядов		0,5				1
1.5	Тема 5. Электрические переходы		4				6
2	**Раздел 2. Полупроводниковые диоды**	**30**	**6**		**6**		**18**
2.1	Тема 1. Выпрямительные диоды		2				3
2.2	Тема 2. Специальные диоды		2				3
2.3	Тема 3. Применение полупроводниковых диодов		2				3
2.4	Лабораторная работа №1 Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах				2		3
2.5	Лабораторная работа №2 Определение основных характеристик стабилитрона и исследование параметрического стабилизатора напряжения				2		3
2.6	Лабораторная работа №3 Исследование однополупериодной и мостовой схем выпрямления				2		3
3	**Раздел 3. Биполярные транзисторы**	**44**	**12**		**4**		**28**
3.1	Тема 1. Классификация транзисторов		0,5				1
3.2	Тема 2. Структура и основные режимы работы		0,5				1
3.3	Тема 3. Физические процессы в биполярном транзисторе		1				2

3.4	Тема 4. Схемы включения транзистора		1				2
3.5	Тема 5. Статические характеристики биполярного транзистора		1				2
3.6	Тема 6. Эквивалентные схемы транзистора		1				2
3.7	Тема 7. Режимы работы транзистора		1				2
3.8	Тема 8. Расчет рабочего режима		0,5				1
3.9	Тема 9. Динамические характеристики транзистора		0,5				1
3.10	Тема 10. Влияние температуры на работу усилительных каскадов		1				2
3.11	Тема 11. Составной транзистор		1				2
3.12	Тема 12. Операционный усилитель и основные схемы на его основе		3				6
3.13	Лабораторная работа №4 Снятие статических характеристик транзистора на постоянном токе				4		4
4	**Раздел 4. Полевые транзисторы**	**22**	**4**		**4**		**14**
4.1	Тема 1. Полевой транзистор с управляющим p–n-переходом		1				2
4.2	Тема 2. Схемы включения полевых транзисторов		0,5				1
4.3	Тема 3. Статические характеристики полевых транзисторов		0,5				1
4.4	Тема 4. Полевые транзисторы с изолированным затвором		2				2
4.5	Лабораторная работа №5 Снятие статических характеристик полевого транзистора с p-n переходом				2		4
4.6	Лабораторная работа №6 Снятие статических характеристик полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом				2		4
5	**Раздел 5. Тиристоры**	**17**	**4**		**2**		**11**
5.1	Тема 1. Динисторы		0,5				1
5.2	Тема 2. Триодные тиристоры		0,5				1
5.3	Тема 3. Симметричные тиристоры		0,5				1
5.4	Тема 4. способы запирания тиристоров		0,5				1
5.5	Тема 5. Запираемые тиристоры		0,5				1
5.6	Тема 6. Основные параметры тиристоров		0,5				1
5.7	Тема 7. Применение тиристоров		1				2
5.8	Лабораторная работа № 7 Экспериментальное определение основных характеристик тиристоров				2		3

6	**Раздел 6. Оптоэлектронные приборы**	**15**	**4**		**2**		**9**
6.1	Тема 1. Индикаторные приборы		1				1
6.2	Тема 2. Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта		1				1
6.3	Тема 3. Фотоэлектрические приборы на основе внутреннего фотоэффекта		1				1
6.4	Тема 4. Оптоэлектронные устройства.		1				2
6.5	Лабораторная работа № 8 Экспериментальное определение основных характеристик и параметров оптопар				2		4
	Итого	**144**	**36**	**0**	**18**	**0**	**90**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Физические основы работы полупроводниковых приборов.

Роль и место электроники в современной электротехнике и электроэнергетике. Краткие сведения о теории строения атома Собственная электронная и дырочная электропроводность. Дрейфовый ток. Примесная электропроводность полупроводника. Диффузия носителей заряда в полупроводниках. Электрические переходы: p-n-переход; переход «металл – полупроводник»; переход между полупроводниками одного типа электропроводимости, отличающиеся различной концентрацией примесей, гетеропереходы.

Раздел 2. Полупроводниковые диоды

Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода. Емкость полупроводникового диода. Температурные свойства полупроводниковых диодов. Выпрямительные диоды, импульсные диоды, стабилитроны, варикапы, туннельные и обращенные диоды. Статические и динамические параметры диодов. Применение диодов в выпрямительных устройствах. Однофазная однополупериодная схема выпрямления. Двухполупериодная схема выпрямления со средней точкой. Однофазная мостовая схема. Параметрический стабилизатор напряжения.

Раздел 3. Биполярные транзисторы

Биполярный транзистор: устройство, принцип действия, основные физические процессы. Схема с общей базой. Схема с общим эмиттером. Схема с общим коллектором. Статические характеристики для схемы с общей базой. Статические характеристики для схемы с общим эмиттером. Эквивалентные схемы замещения транзистора. Режимы работы биполярного транзистора. Влияние температуры на работу транзистора. Динамические характеристики транзистора. Схемы смещения рабочей точки транзистора. Частотные свойства транзисторов. Составной транзистор. Дифференциальные усилители. Операционный усилитель. Основные схемы на операционных усилителях.

Раздел 4. Полевые транзисторы

Полевые транзисторы (с управляющим p-n-переходом, с изолированным затвором со встроенным каналом и с индуцированным каналом): принцип действия, параметры, характеристики. Сравнение МДП- и биполярного транзистора: физические свойства и особенности. Основные параметры полевых транзисторов.

Раздел 5. Тиристоры

Устройство и принцип действия динистора и тиристора, основные характеристики. Естественная и принудительная коммутация тиристоров. GTO-тиристоры: физика процесса включения и выключения. Симисторы. Применения тиристоров в силовых схемах.

Раздел 6. Оптоэлектронные приборы

Индикаторные приборы (классификация, принцип действия). Основы фотоэлектроники. Приборы с внешним фотоэффектом: фотоэлемент, фотоэлектронный умножитель. Принцип действия, характеристики, параметры, область применения. Приборы с внутренним фотоэффектом: фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, фототиристоры. Элементы оптоэлектроники: светоизлучающие приборы, оптические каналы, приемники света, оптроны – принцип действия, основные параметры, характеристики и особенности применения.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Не предусмотрены

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторное занятие 1. Лабораторная работа №1 Исследование характеристик полупроводниковых диодов на постоянном и переменном токах.

Лабораторное занятие 2. Лабораторная работа №2 Определение основных характеристик стабилитрона и исследование параметрического стабилизатора напряжения.

Лабораторное занятие 3. Лабораторная работа №3 Исследование однополупериодной и мостовой схем выпрямления.

Лабораторное занятие 4-5. Лабораторная работа №4 Снятие статических характеристик транзистора на постоянном токе.

Лабораторное занятие 6. Лабораторная работа №5 Снятие статических характеристик полевого транзистора с p-n переходом.

Лабораторное занятие 7. Лабораторная работа №6 Снятие статических характеристик полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом.

Лабораторное занятие 8. Лабораторная работа № 7 Экспериментальное определение основных характеристик тиристоров.

Лабораторное занятие 9. Лабораторная работа № 8 Экспериментальное определение основных характеристик и параметров оптопар.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Миловзоров, О. В. Электроника : учебник для вузов / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19967-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/582746.

2. Аграфонов, Ю. В. Физическая электроника : практическое пособие для вузов / Ю. В. Аграфонов, И. С. Петрушин, Н. Л. Лазарева. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 103 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19781-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/589850.

3. Толмачёв В.В. Физические основы электроники / Толмачёв В.В., Скрипник Ф.В.. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 496 c. — ISBN 978-5-4344-0753-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/97376.html.

4. Тимофеев, А. Л. Физические основы электроники и наноэлектроники : учебное пособие / А. Л. Тимофеев. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 172 c. — ISBN 978-5-9729-1671-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/143274.html.

4.3 Дополнительная литература

1. Электроника : учебное пособие / В.И. Никулин [и др.].. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 198 c. — ISBN 978-5-4497-3757-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/143938.html.

2. Рег, Дж. Промышленная электроника / Дж. Рег. — 3-е изд. — Саратов : Профобразование, 2024. — 1136 c. — ISBN 978-5-4488-0058-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/145927.html.

3. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебное пособие для вузов / В. И. Старосельский. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 463 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21135-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/598386.

4. Основы электроники и электрические измерения : учебник и практикум для вузов / Э. В. Кузнецов, Е. А. Куликова, П. С. Культиасов, В. П. Лунин ; под общей редакцией В. П. Лунина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 275 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17767-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/583601.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Находится в разработке

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office
2. NI–Multisim
3. Microsoft-Windows

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru

2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» http://www.consultant.ru, «Гарант» http://www.garant.ru

3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru

4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru

5. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).

2. Специализированная аудитория для проведения лабораторных работ. Оборудование и аппаратура: осциллографы, комплект типового лабораторного оборудования "Основы электроники"; ОЭ1-С-Р (стендовое исполнение, ручная версия).

3. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к лекционным и лабораторным занятиям.

При подготовке к лабораторным работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенной лабораторной работы. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Методика преподавания дисциплины «Физические основы электроники» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению и защита лабораторных работ с помощью специализированного программного обеспечения;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов расчетно-графических работ;

– технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программе математического моделирования, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- выполнение расчетно-графических работ;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;
- подготовка к экзамену.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита лабораторных работ;
- выполнение и защита расчетно-графических работ;
- экзамен..

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**Наименование компетенции выпускника**
ОПК-1.	Применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Физические основы электроники»

№ п/п	Вид контроля результатов обучения	Наименование контроля результатов обучения	Краткая характеристика контроля результатов обучения
1	Текущий	Лабораторная работа	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
2	Текущий	Расчетно-графическая работа	Обучающийся в течение семестра самостоятельно выполняет ряд расчетно-графических работ по теме раздела. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. Далее проводится защита расчетно-

			графической работы каждого студента индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
3	Промежуточный	Экзамен	Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут). К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Физические основы электроники» (выполнили и успешно защитили лабораторные работы и расчетно-графические работы)

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: - Терминологию, основные определения электронной техники; суть физических процессов, лежащих в основе принципа действия электронных	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - Терминологию, основные определения электронной техники; суть	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: - Терминологию, основные определения электронной техники; суть физических	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: - Терминологию, основные определения электронной техники; суть физических	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: - Терминологию, основные определения электронной техники; суть физических

полупроводниковых приборов; свойства различных полупроводниковых приборов и их характеристики; принципы создания моделей полупроводниковых приборов для решения задач профессиональной деятельности.	физических процессов, лежащих в основе принципа действия электронных полупроводниковых приборов; свойства различных полупроводниковых приборов и их характеристики; принципы создания моделей полупроводниковых приборов для решения задач профессиональной деятельности.	процессов, лежащих в основе принципа действия электронных полупроводниковых приборов; свойства различных полупроводниковых приборов и их характеристики; принципы создания моделей полупроводниковых приборов для решения задач профессиональной деятельности. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	процессов, лежащих в основе принципа действия электронных полупроводниковых приборов; свойства различных полупроводниковых приборов и их характеристики; принципы создания моделей полупроводниковых приборов для решения задач профессиональной деятельности. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	процессов, лежащих в основе принципа действия электронных полупроводниковых приборов; свойства различных полупроводниковых приборов и их характеристики; принципы создания моделей полупроводниковых приборов для решения задач профессиональной деятельности. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: - Выбирать элементы электронных схем для решения поставленной задачи; анализировать и описывать физические процессы, протекающие в полупроводниковых приборах; правильно интерпретировать экспериментальные данные с теоретическими положениями; подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной дисциплины; использовать компьютерную технику при оформлении отчетов лабораторных работ; моделировать	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - Выбирать элементы электронных схем для решения поставленной задачи; анализировать и описывать физические процессы, протекающие в полупроводниковых приборах; правильно интерпретировать экспериментальные данные с теоретическими положениями; подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной дисциплины; использовать компьютерную технику при	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: - Выбирать элементы электронных схем для решения поставленной задачи; анализировать и описывать физические процессы, протекающие в полупроводниковых приборах; правильно интерпретировать экспериментальные данные с теоретическими положениями; подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной дисциплины; использовать компьютерную	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: - Выбирать элементы электронных схем для решения поставленной задачи; анализировать и описывать физические процессы, протекающие в полупроводниковых приборах; правильно интерпретировать экспериментальные данные с теоретическими положениями; подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной дисциплины; использовать компьютерную	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: - Выбирать элементы электронных схем для решения поставленной задачи; анализировать и описывать физические процессы, протекающие в полупроводниковых приборах; правильно интерпретировать экспериментальные данные с теоретическими положениями; подбирать литературные источники для решения задач по тематике данной учебной

принципиальные электронные схемы с помощью компьютерной техники.	оформлении отчетов лабораторных работ; моделировать принципиальные электронные схемы с помощью компьютерной техники.	технику при оформлении отчетов лабораторных работ; моделировать принципиальные электронные схемы с помощью компьютерной техники. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	технику при оформлении отчетов лабораторных работ; моделировать принципиальные электронные схемы с помощью компьютерной техники. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	дисциплины; использовать компьютерную технику при оформлении отчетов лабораторных работ; моделировать принципиальные электронные схемы с помощью компьютерной техники. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: - Навыками экспериментального исследования характеристик и правильного выбора полупроводниковых приборов; способами управления электронными устройствами; основными методами организации самостоятельного обучения и самоконтроля; современными техническими средствами и информационными технологиями в профессиональной области; прикладными программами для решения инженерных задач электроники и моделирования электронных схем.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет - Навыками экспериментального исследования характеристик и правильного выбора полупроводниковых приборов; способами управления электронными устройствами; основными методами организации самостоятельного обучения и самоконтроля; современными техническими средствами и информационными технологиями в профессиональной области; прикладными программами для решения инженерных задач электроники и моделирования электронных схем.	Обучающийся в недостаточной степени владеет: - Навыками экспериментального исследования характеристик и правильного выбора полупроводниковых приборов; способами управления электронными устройствами; основными методами организации самостоятельного обучения и самоконтроля; современными техническими средствами и информационными технологиями в профессиональной области; прикладными программами для решения инженерных задач электроники и моделирования электронных схем. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет: - Навыками экспериментального исследования характеристик и правильного выбора полупроводниковых приборов; способами управления электронными устройствами; основными методами организации самостоятельного обучения и самоконтроля; современными техническими средствами и информационными технологиями в профессиональной области; прикладными программами для решения инженерных задач электроники и моделирования электронных схем. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые,	Обучающийся в полном объеме владеет: - Навыками экспериментального исследования характеристик и правильного выбора полупроводниковых приборов; способами управления электронными устройствами; основными методами организации самостоятельного обучения и самоконтроля; современными техническими средствами и информационными технологиями в профессиональной области; прикладными программами для решения инженерных задач электроники и моделирования электронных схем. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях

			нестандартные ситуации.	повышенной сложности.

Шкала оценивания промежуточной аттестации: экзамена

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Выполнение и защита лабораторной работы по теме раздела	Зачтено: набрано 2 и более баллов Не зачтено: набрано 1 и менее баллов Критерии оценивания	В качестве форм текущего контроля знаний студентов используются отчеты по лабораторным работам. К выполнению экспериментальной части лабораторной работы допускаются студенты, подготовившие протоколы

	Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - приведены методики оценки технологических параметров – 1 балл - выводы логичны и обоснованы – 1 балл - оформление работы соответствует требованиям – 1 балл - расчетная и графическая части выполнены верно – 1 балл	выполнения лабораторной работы. Протоколы оформляются в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Отчет по лабораторной работе содержит протокол проведения лабораторной работы, расчеты, графическую часть, выводы. Защита отчета по лабораторной работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты, не выполнившие лабораторную работу, к защите не допускаются
Расчетно-графическая работа по теме раздела	Отлично - Работа сдана в срок, расчетная и графическая части выполнены верно, либо имеются недочеты, не влияющие на конечный результат. Хорошо - расчетная часть выполнена верно, в графической части есть замечания Удовлетворительно - в расчетной части есть замечания, метод выполнения графической части выбран верный; Неудовлетворительно - в расчетной и графической частях есть грубые замечания.	Задание на РГР выдается на первом занятии соответствующего раздела дисциплины и сдается по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Вопросы к защите лабораторной работы №1

Бригада 1

1. Что представляет собой p-n переход?
2. Какие носители заряда являются основными в n-области?
3. Какие носители заряда являются основными в p-области?
4. Что такое потенциальный барьер p-n перехода?
5. Как изменяется потенциальный барьер при прямом напряжении?

Бригада 2

1. Как изменяется потенциальный барьер при обратном напряжении?
2. Почему при прямом включении диод проводит ток?
3. Что ограничивает ток при прямом включении диода?
4. Что такое вольт-амперная характеристика (ВАХ)?
5. Какие участки выделяют на ВАХ диода?

Бригада 3
1. Что такое пороговое напряжение диода?
2. От чего зависит величина прямого падения напряжения?
3. Что такое дифференциальное сопротивление диода?
4. Как определяется дифференциальное сопротивление по ВАХ?
5. Что представляет собой обратный ток диода?

Бригада 4
1. Почему обратный ток мал по сравнению с прямым?
2. Что происходит при превышении допустимого обратного напряжения?
3. Какие виды пробоя существуют в диодах?
4. В чём отличие лавинного пробоя от теплового?
5. Что такое время включения?

Бригада 5
1. Почему диод не переключается мгновенно?
2. Что такое время включения диода?
3. Из каких составляющих состоит время выключения?
4. Почему при выключении возникает обратный ток?
5. Как влияет частота сигнала на работу диода?

Вопросы к защите лабораторной работы №2
Бригада 1
1. Что такое стабилитрон?
2. В каком режиме он работает?
3. Чем отличается от обычного диода?
4. Что такое напряжение стабилизации?
5. Как выглядит ВАХ стабилитрона?

Бригада 2
1. Что такое участок стабилизации?
2. Почему напряжение стабилизации почти постоянно?
3. Что такое ток стабилизации?
4. Каковы пределы тока стабилизации?
5. Что произойдет при превышении тока?

Бригада 3
1. Назначение балластного резистора?
2. Как рассчитывается балластный резистор?
3. Как влияет нагрузка на стабилизацию?
4. Что такое коэффициент стабилизации?
5. Как изменяется ВАХ с частотой?

Бригада 4
1. Почему ВАХ зависит от частоты?
2. Что такое дифференциальное сопротивление стабилитрона?
3. Как его определить?
4. Что происходит при малом входном напряжении?
5. Когда стабилизация прекращается?

Бригада 5

1. Как влияет температура?
2. Что такое параметрический стабилизатор?
3. Как работает стабилизатор без нагрузки?
4. Как изменяется вольтамперная характеристика стабилитрона при увеличении частоты и почему?
5. Напряжение питания параметрического стабилизатора напряжения 10 В, напряжение стабилизации стабилитрона 5,6 В, ток стабилизации - от 3 до 160 мА, сопротивление нагрузки – 100 Ом. Определите величину балластного сопротивления, так, чтобы в нормальном режиме ток через стабилитрон был равен 80 мА.

Вопросы к защите лабораторной работы №3

Бригада 1

1. Что такое однополупериодный выпрямитель? Нарисуйте его принципиальную схему и поясните принцип работы.
2. Нарисуйте схему мостового двухполупериодного выпрямителя. Обозначьте все диоды и направление тока в нагрузке при положительном и отрицательном полупериодах входного напряжения.
3. Что означают следующие обозначения: $u_{вх}$, $U_{вх}$, $U_{вх\ max}$, U_d, U_d^{max}, U_d^{min}?
4. Для чего в выпрямителях используется сглаживающий конденсатор, подключённый параллельно нагрузке?
5. В экспериментальной работе напряжение $U_{вх}$ измеряется мультиметром V1. Какое значение (амплитудное, действующее или среднее) показывает мультиметр при синусоидальном сигнале?

Бригада 2

1. Объясните, почему в однополупериодном выпрямителе без фильтра ток через нагрузку имеет пульсирующий характер, а не постоянный
2. Какие диоды открыты в мостовом выпрямителе при положительном полупериоде входного напряжения, а какие — при отрицательном?
3. Как определяется коэффициент пульсаций $k_{пульс}$ выпрямленного напряжения? Запишите формулу.
4. Объясните физический процесс заряда и разряда конденсатора в однополупериодном выпрямителе с фильтром. Как изменяется форма напряжения на нагрузке?
5. Зачем в схеме используются два мультиметра: V1 — на входе и V2 — на выходе выпрямителя? Что измеряет каждый из них?

Бригада 3

1. Каковы основные недостатки однополупериодного выпрямителя по сравнению с двухполупериодным?
2. Сколько диодов одновременно проводят ток в мостовом выпрямителе в любой момент времени? Почему?
3. Запишите формулы для среднего значения выпрямленного напряжения U_d в однополупериодном и двухполупериодном выпрямителях без фильтра.
4. Почему при увеличении ёмкости сглаживающего конденсатора пульсации выпрямленного напряжения уменьшаются, а среднее значение U_d возрастает?
5. Как по осциллограмме определить U_d^{max}, U_d^{min} и частоту пульсаций?

Бригада 4

1. Какую роль выполняют диоды в выпрямительных схемах? Что происходит с диодом при обратной полярности напряжения?

2. Чем отличается форма выпрямленного напряжения на нагрузке в однополупериодной и мостовой схемах без фильтра?

3. Что такое $m = f_{пульс} / f_{вх}$ и чему равно m для однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей?

4. Какие факторы ограничивают чрезмерное увеличение ёмкости сглаживающего конденсатора в реальных схемах?

5. Почему при снятии осциллограмм выпрямленного напряжения рекомендуется устанавливать развёртку осциллографа 5 мс/дел при частоте 50 Гц?

Бригада 5

1. Почему в двухполупериодном мостовом выпрямителе ток через нагрузку протекает в одном направлении в течение обоих полупериодов входного напряжения?

2. Как влияет увеличение ёмкости фильтра (1 мкФ, 10 мкФ, 100 мкФ) на коэффициент пульсаций и на форму кривой $u_d(t)$ в однополупериодной и мостовой схемах? Сделайте вывод.

3. Как изменится среднее значение выпрямленного напряжения U_d при переходе от однополупериодной схемы к мостовой при том же входном напряжении?

4. Почему при подключении электролитического конденсатора важно соблюдать полярность? К каким последствиям приводит неправильное подключение?

5. Сравните экспериментально полученные значения $U_d / U_{вх}$ с теоретическими для однополупериодного и мостового выпрямителей. Чем могут объясняться расхождения?

Вопросы к защите лабораторной работы №4

Бригада 1

1. Какие четыре семейства статических характеристик описывают свойства биполярного транзистора? Дайте краткое определение каждому.

2. Что такое область отсечки (cut-off) на выходных характеристиках транзистора? Какие значения токов $I_Б$, $I_К$ характерны для этой области?

3. Как влияет температура транзистора на его статические характеристики? Почему в методике рекомендуется выключать питание на 30 секунд перед измерением?

4. Какие пределы измерения мультиметров рекомендуются для измерения $I_Б$ и $U_{БЭ}$? Почему выбраны именно эти пределы?

5. Как по семейству выходных характеристик $I_К(U_{КЭ})$ построить характеристику управления $I_К(I_Б)$ для заданного $U_{КЭ} = const$?

Бригада 2

1. Что такое входная характеристика транзистора? Какой параметр откладывается по осям и какой параметр фиксирован?

2. Что такое область активного усиления (active region) на выходных характеристиках? Какие условия при этом выполняются для переходов эмиттер-база и коллектор-база?

3. Какое явление в транзисторе отражает характеристика обратной связи $U_{БЭ}(U_{КЭ})$ при фиксированном $I_Б$?

4. Для чего в цепи базы используются резисторы 100 кОм и 47 кОм? Каково их назначение?

5. Что такое статический коэффициент передачи тока базы $h_{21}(\beta)$? Как его определить по характеристике управления?

Бригада 3

1. Что такое выходная характеристика транзистора? Какой параметр откладывается по осям и какой параметр фиксирован?
2. Что такое область насыщения (saturation region) на выходных характеристиках? Как ведёт себя транзистор в этом режиме?
3. Объясните эффект Эрли (раннее напряжение) на выходных характеристиках транзистора. Как он проявляется?
4. Как регулируется ток базы в экспериментальной схеме? Какой элемент схемы для этого используется?

5. Как по входной характеристике $I_Б(U_{БЭ})$ определить входное дифференциальное сопротивление транзистора $r_{вх}$?

Бригада 4

1. Чем отличается характеристика управления от выходной характеристики? Какой физический процесс она отражает?

2. Как изменяется форма выходных характеристик при увеличении тока базы $I_Б$? Почему?

3. Почему при фиксированном токе базы $I_Б$ ток коллектора $I_К$ немного увеличивается с ростом $U_{КЭ}$ в активной области?
4. Почему при снятии характеристик важно быстро записывать показания приборов после включения питания?

Как по выходной характеристике определить выходное дифференциальное сопротивление транзистора $r_{вых}$? В какой области оно максимально?

Бригада 5

1. Что показывает характеристика обратной связи? Почему она важна для анализа работы транзистора в схеме с общим эмиттером?

2. Почему при $U_{КЭ} = 0$ ток коллектора $I_К$ близок к нулю даже при ненулевом токе базы? Объясните физическое явление.
3. Какую роль выполняют защитные диоды VD1 и VD2 в схеме эксперимента (рис. 2.6.1)?

4. Как переключаются амперметры для измерения $I_Б$ и $I_К$ в ходе эксперимента? Почему схема предусматривает перемычки?

5. Сравните входные характеристики $U_{БЭ}(I_Б)$ при $U_{КЭ} = 0$ и при $U_{КЭ} = 5$ В. Объясните причину их различия.

Вопросы к защите лабораторной работы №5

Бригада 1

1. Из каких трёх основных областей состоит полевой транзистор с управляющим p-n переходом? Как они называются и каковы их функции?

2. Что такое начальный ток стока? При каком напряжении $U_{ЗИ}$ он измеряется?

3. Что такое стоко-затворная характеристика $I_C(U_{ЗИ})$? Какой параметр из неё можно определить?

4. Для чего в схеме (рис. 2.8.2) используется диод? Какую функцию он выполняет?

5. Как влияет включение нагрузочного сопротивления в цепь стока на вид стоко-затворной характеристики?

Бригада 2

1. В чём принципиальное отличие полевого транзистора от биполярного по способу управления током?

2. Что такое напряжение отсечки $U_{ОТС}$? Что происходит с транзистором при $U_{ЗИ} = U_{ОТС}$?

3. Что такое крутизна S полевого транзистора? Запишите формулу и поясните её физический смысл.

4. Что измеряется мультиметром в режиме тестирования диодов при проверке p-n переходов полевого транзистора? Какие результаты считаются нормальными?

5. Почему коэффициент усиления по напряжению увеличивается при увеличении сопротивления нагрузки?

Бригада 3

1. Что такое канал n-типа и канал p-типа в полевом транзисторе? Как это влияет на полярность управляющего напряжения?

2. Объясните, почему на выходных характеристиках $I_C(U_{СИ})$ выделяют зону линейного изменения сопротивления (омическую область) и зону насыщения.

3. Как по стоко-затворной характеристике определить крутизну S в заданной рабочей точке?

4. Почему при измерении сопротивления «сток – исток» при $U_{ЗИ} = 0$ мультиметр показывает небольшое сопротивление, а при подаче запирающего напряжения сопротивление резко возрастает?

5. Как, зная крутизну S и сопротивление нагрузки $R_Н$, приближённо оценить коэффициент усиления каскада на полевом транзисторе?

Бригада 4

1. Почему полевой транзистор с p-n переходом называют униполярным?

2. В какой зоне выходных характеристик полевой транзистор обеспечивает линейное усиление сигналов? Почему?

3. Почему крутизна S не является постоянной величиной, а зависит от режима работы транзистора?

4. Как в эксперименте определяется начальный ток стока и напряжение отсечки?

5. Как можно построить стоко-затворную характеристику по семейству выходных характеристик при $R_Н = 0$ и при $R_Н \neq 0$? В чём разница?

Бригада 5

1. Как изменяется сопротивление канала при подаче отрицательного напряжения на затвор (для транзистора с n-каналом)? Объясните физический процесс.

2. Как изменяется ток стока I_C при увеличении $U_{СИ}$ в зоне насыщения? Почему характеристика становится почти горизонтальной?

3. Что такое выходное дифференциальное сопротивление полевого транзистора в зоне насыщения? Как оно влияет на усилительные свойства?

4. Почему при снятии выходных характеристик напряжение питания изменяют от 0 до максимального значения, а не наоборот?

5. Почему для транзистора с каналом p-типа полярность напряжений $U_{СИ}$ и $U_{ЗИ}$ должна быть противоположной по сравнению с транзистором n-типа?

Вопросы к защите лабораторной работы №6

Бригада 1

1. Что означает аббревиатура МОП (MOS)? Из каких слоёв состоит структура МОП-транзистора?

2. Объясните физический процесс образования индуцированного канала n-типа в подложке p-типа при подаче положительного напряжения на затвор.

3. Как по стоко-затворной характеристике определить крутизну S? Запишите формулу.

4. Какой вид имеют выходные характеристики $I_C\left(U_{СИ}\right)$ МОП-транзистора с индуцированным каналом? Нарисуйте качественно.

5. Для чего в схеме (рис. 2.9.3) используется диод Д226? Какую функцию он выполняет при снятии выходных характеристик?

Бригада 2

1. Чем отличается полевой транзистор с изолированным затвором от полевого транзистора с управляющим p-n переходом?

2. Что такое пороговое напряжение $U_{ЗИпор}$ в МОП-транзисторе с индуцированным каналом? Как оно определяется экспериментально?

3. Почему крутизна S МОП-транзистора зависит от напряжения на затворе? Где она максимальна?

4. Какие две основные зоны выделяют на выходных характеристиках МОП-транзистора? Чем они отличаются?

5. Почему в структуре МОП-транзистора IRFD024 присутствует паразитный диод (показан внутри микросхемы)? Как он образуется и на что влияет?

Бригада 3

1. Что такое встроенный канал и индуцированный (наведённый) канал в МОП-транзисторах? В чём их основное различие?

2. Почему в МОП-транзисторе с индуцированным каналом ток стока отсутствует при $U_{ЗИ}=0$?

3. Что такое стоко-затворная характеристика $I_C\left(U_{ЗИ}\right)$ для МОП-транзистора с индуцированным каналом? Чем она отличается от аналогичной характеристики транзистора с p-n переходом?

4. Почему при малых $U_{СИ}$ выходная характеристика имеет линейный участок (омическая зона)?

5. Как в эксперименте измеряется сопротивление транзистора в закрытом состоянии при $U_{ЗИ}=0$? Почему для этого требуется переключать мультиметр на минимальный предел тока?

Бригада 4

1. Почему МОП-транзисторы имеют очень большое входное сопротивление? Какие преимущества это даёт?

2. Как изменяется ток стока при увеличении напряжения $U_{ЗИ}$ выше порогового? Почему эта область называется режимом обогащения?

3. Что такое сопротивление канала в открытом состоянии $R_{СИоткр}$? Как оно определяется экспериментально?

4. Что происходит с каналом в зоне насыщения выходных характеристик? Почему ток I_C перестаёт расти с увеличением $U_{СИ}$?

5. Почему при снятии выходных характеристик напряжение питания изменяется от 0 до максимального значения, а не наоборот?

Бригада 5

1. Какую роль выполняет подложка в МОП-транзисторе с индуцированным каналом? Почему она имеет противоположный тип проводимости по отношению к каналу?

2. Какой тип канала (n или p) индуцируется в подложке p-типа при положительном напряжении на затворе? Почему?

3. Что такое сопротивление канала в закрытом состоянии $R_{СИзакр}$? Почему оно очень велико?

4. Как влияет увеличение напряжения $U_{ЗИ}$ на выходные характеристики? Почему кривые смещаются вверх?

5. Сравните МОП-транзистор с индуцированным каналом и полевой транзистор с p-n переходом по следующим параметрам: входное сопротивление, пороговое напряжение, возможность работы в режиме обогащения.

Вопросы к защите лабораторной работы №7

Бригада 1

1. Что такое тиристор? Из скольких слоёв полупроводника состоит его структура и какие основные состояния он имеет?

2. Объясните, как работает динистор при подаче прямого напряжения. Почему вначале ток через него очень мал?

3. Как управляющий электрод позволяет открыть тиристор при напряжении ниже $U_{ВКЛ}$?

4. Нарисуйте и объясните вольт-амперную характеристику динистора. Какие участки на ней можно выделить?

5. В эксперименте для определения $U_{ВКЛ}$ динистора предлагается несколько раз включать и выключать его тумблером. Почему это необходимо делать многократно?

Бригада 2

1. Чем отличается динистор от тринистора (управляемого тиристора)? Сколько выводов у каждого из них?

2. Что происходит в динисторе при достижении напряжения включения $U_{ВКЛ}$? Какие физические процессы приводят к лавинообразному нарастанию тока?

3. Что такое открывающий ток управления $I_{откр.у.}$? Как он определяется экспериментально?

4. Как изменяется ВАХ управляемого тиристора при подаче тока на управляющий электрод? Что происходит с напряжением включения?

5. Почему в схеме с тиристором (рис. 2.10.5) лампа загорается только после подачи тока на управляющий электрод, хотя анодное напряжение уже приложено?

Бригада 3

1. Что такое симистор? В чём его основное отличие от обычного тиристора и где он применяется?
2. Какую роль в работе тиристора играет средний p-n переход? Почему он закрыт при малых прямых напряжениях?
3. Почему после снятия управляющего сигнала тиристор остаётся включённым? Чем это отличается от работы транзистора?
4. Чем отличается ВАХ открытого тиристора от ВАХ обычного выпрямительного диода?
5. Как в эксперименте определяется ток удержания? Почему его измеряют при нулевом токе управления?

Бригада 4

1. Как обозначаются выводы тиристора? Расшифруйте аббревиатуры А, К, УЭ.
2. Как можно представить четырёхслойную структуру тиристора в виде двух транзисторов? Нарисуйте эквивалентную схему.
3. Как можно выключить (запереть) управляемый тиристор? Какие способы используются в эксперименте?
4. Как выглядит ВАХ симистора при положительном и отрицательном анодном напряжении? Почему она симметрична?
5. Для симистора в эксперименте изменяют полярность напряжения питания управляющего электрода. Зачем это нужно? Что происходит при отрицательном токе управления?

Бригада 5

1. Почему тиристор часто называют «четырёхслойным полупроводниковым прибором»? Нарисуйте его структуру.
2. Почему после включения тиристор остаётся в открытом состоянии даже при снижении напряжения? Что такое ток удержания $I_{уд}$?
3. Что такое время восстановления запирающих свойств тиристора? Почему оно важно при работе в импульсных схемах?
4. Что происходит с тиристором при снижении тока ниже тока удержания? Почему он закрывается не мгновенно?
5. Почему при снятии ВАХ тиристора значения тока и напряжения записываются при уменьшении напряжения (а не при увеличении)? Как это связано с гистерезисом характеристики?

Вопросы к защите лабораторной работы №8

Бригада 1

1. Что такое оптопара (оптрон)? Какой принцип положен в основу её работы?
2. Как устроена резисторная оптопара? Какой элемент используется в качестве фотоприёмника?
3. Что такое фотогенераторный режим работы диодной оптопары? Какая физическая величина измеряется на выходе?
4. Чем транзисторная оптопара отличается от диодной по своему устройству и характеристикам?
5. Какой элемент является выходным в симисторной оптопаре? Какими свойствами он обладает?

Бригада 2

1. Какие основные элементы входят в состав любой оптопары? Какую функцию выполняет каждый из них?
2. Как изменяется сопротивление фоторезистора при увеличении тока через светодиод? Почему?
3. Почему фото-ЭДС в фотогенераторном режиме не может превышать 0,7…0,8 В? С чем это связано?
4. Почему передаточная характеристика транзисторной оптопары $I_{ВЫХ}\left(I_{ВХ}\right)$ имеет большую крутизну, чем у диодной?
5. Что такое открывающий ток управления для симисторной оптопары? Как он определяется в эксперименте?

Бригада 3

1. Какие типы оптопар исследуются в данной лабораторной работе? Перечислите их.
2. Почему передаточная характеристика резисторной оптопары $R_{ВЫХ}\left(I_{ВХ}\right)$ строится в логарифмическом масштабе по оси сопротивления?
3. Что такое фотодиодный режим работы? Какое напряжение должно быть приложено к фотодиоду для этого режима?
4. На какие характеристики биполярного транзистора похожи выходные характеристики транзисторной оптопары?
5. Что такое остаточное напряжение на открытом симисторе? Почему оно не равно нулю?

Бригада 4

1. В чём преимущество оптопар перед обычными электрическими цепями (гальваническая развязка, помехоустойчивость и т.д.)?
2. Какие физические процессы в фоторезисторе приводят к изменению его сопротивления при облучении?
3. Почему в фотодиодном режиме выходной ток практически линейно зависит от входного тока светодиода?
4. Почему в эксперименте с транзисторной оптопарой пришлось изменить сопротивление нагрузки с 22 кОм на 10 кОм? О чём это говорит?
5. Почему для симисторной оптопары опыт повторяется при двух полярностях питания (+15 В и –15 В)?

Бригада 5

1. Какой элемент чаще всего используется в качестве излучателя света в оптопарах? Почему?
2. В каких двух режимах может работать диодная оптопара? Чем они отличаются?
3. Сравните передаточные характеристики диодной оптопары в фотогенераторном и фотодиодном режимах. Какая из них линейна и почему?
4. Какой физический процесс обеспечивает усиление фототока в транзисторной оптопаре?
5. Чем отличается управление симисторной оптопарой от управления обычным тиристором? Какое преимущество даёт симистор в цепях переменного тока?

Типовое задание по расчетно-графической работе №1

Рассчитать и построить ВАХ идеализированного кремниевого диода в пределах изменения напряжения от – 5 до + 0,7 В при T=300 К и обратном токе насыщения, равном I_0 . Значение теплового потенциала $\varphi_T = kT/q$ при T=300 К принять равным 0,026 В.

Определить дифференциальное $r_{диф}$ и статическое сопротивление R_0 диода для заданного значения $U_{пр}$. Величины I_0 , $U_{пр}$ приведены в табл.1.

Таблица 1.

Вторая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
I_0, нА	0,15	0,2	0,25	0,3	0,5	0,8	0,4	0,6	0,7	1,0
Первая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{ПР}$, В	0,2	0,3	0,45	0,5	0,35	0,55	0,6	0,25	0,4	0,35

Типовое задание по расчетно-графической работе №2

Стабилитрон подключён для стабилизации напряжения параллельно резистору нагрузки R_H см. рис. 1. Параметры стабилитрона $U_{ст}$; $I_{ст\ max}$ и сопротивление нагрузки R_H приведены в табл. 2. Определите величину сопротивления ограничительного резистора $R_{огр}$, если входное напряжение $U_{вх}$ изменяется от $U_{вх\ min}$ = 20 В до $U_{вх\ max}$ = 30 В. Будет ли обеспечена стабилизация во всём диапазоне изменения входного напряжения $U_{вх}$?

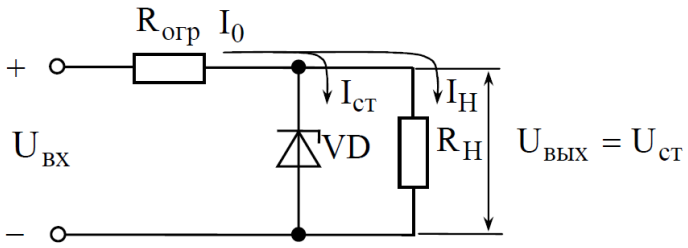


Рис. 1.

Таблица 2.

Вторая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$I_{ст\ min}$, мА	1	1	3	3	5	5	5	5	1	5
$I_{ст\ max}$, мА	20	20	25	25	25	25	30	30	20	30
Первая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R_H, кОм	1	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4
$U_{ст}$, В	8	9	10	11	12	13	14	8	9	7

Типовое задание по расчетно-графической работе №3

Усилительный каскад выполнен на ПТ 2П302Б в схеме с ОИ (рис. 2). Рабочая точка ПТ задается напряжением источника питания UИП и параметрами, приведенными в табл. 3.

1. Нарисуйте принципиальную схему усилителя.

2. На семействе статических ВАХ транзистора постройте нагрузочную прямую и определите положение рабочей точки.

3. Для найденной рабочей точки определите сопротивление резистора в цепи истока $R_И$ и малосигнальные параметры S, R_i и μ.

4. Графоаналитическим методом определите параметры режима усиления K_U и $P_{вых}$ при амплитуде входного сигнала $U_{зи\ m}$ = 0,25 В.

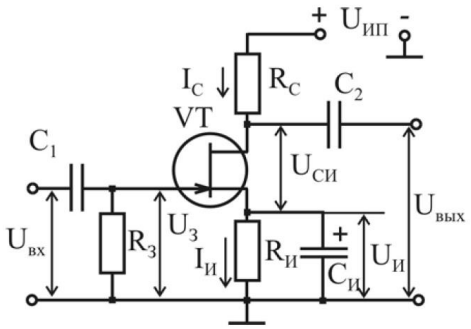


Рис. 2.

Таблица 3.

Вторая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R_c, кОм	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9
Первая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_{ЗИ0}$, В	-1,1	-1,2	-1,0	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	-1,8	-1,9
$U_{ИП}$, В	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Типовое задание по расчетно-графической работе №4

Нарисовать схему одиночного усилительного каскада на БТ с ОЭ и эмиттерной стабилизацией рис. 3 и выполнить расчет элементов схемы, задающих рабочую точку. Исходные данные для расчета приведены в табл. 4. Выполнить графоаналитический расчет усилительного каскада в режиме класса «А». При расчетах использовать выходные статические характеристики транзистора. Построить характеристику транзистора $U_{вых} = f(U_{вх})$. если сопротивление нагрузки $R_H = 5R_K$. Сопротивление резистора в цепи базы принять равным входному сопротивлению БТ $R_Б = h_{11э}$ рассчитанному для рабочей точки

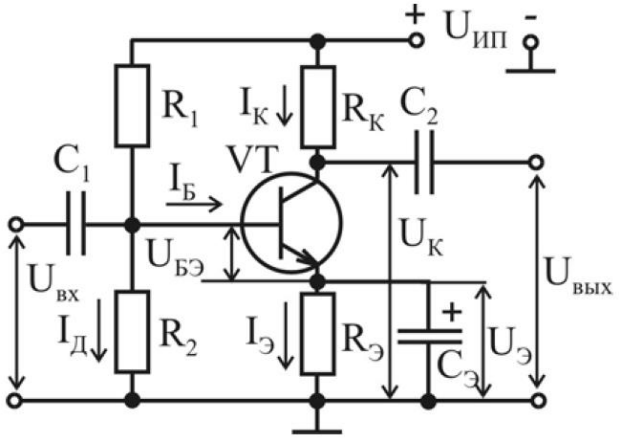


Рис. 3.

Таблица 4.

Вторая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тип транзистора	КТ603В	КТ325А	КТ301Б	КТ340А	КТ342А	КТ355А	КТ368А	КТ3127А	КТ608А	КТ646А
$U_{К0}$, В	6	5	8	4	5	6	8	6	4	2
Первая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$I_{К0}$, мА	80	6	3	10	2	10	8	8	100	300

Типовое задание по расчетно-графической работе №5

Изобразить принципиальные схемы инвертирующего и неинвертирующего усилителя на основе ОУ рис. 4 и рассчитать для каждого усилителя коэффициент усиления K_{OC} , входное $R_{вх.ОС}$ и выходное $R_{вых.ОС}$ сопротивление. Исходные данные приведены в табл. 5 и 6.

Таблица 5.

Вторая цифра варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R, кОм	10	10	20	25	25	20	20	10	15	20
R_{OC}, кОм	100	250	100	150	250	300	50	20	110	90

Таблица 6.

Первая цифра варианта	Коэффициент усиления ОУ K	Входное сопротивление ОУ $R_{вх}$, кОм	Выходное сопротивление ОУ $R_{вых}$, кОм
Нечетная	20000	300	0,8
Четная	40000	600	0,4

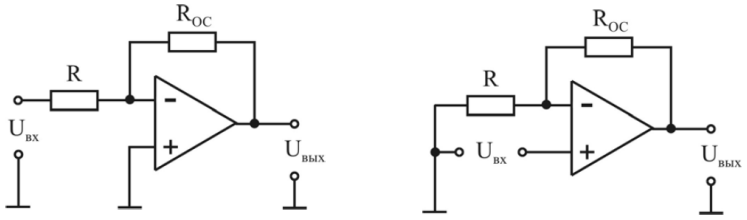


Рис. 4. Инвертирующий и неинвертирующий ОУ

7.3.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к экзамену

1. Дайте классификацию диодов по конструкции, технологии и их применению.	ОПК-1
2. Нарисуйте ВАХ германиевого и кремниевого выпрямительных диодов.	ОПК-1
3. Параметры выпрямительных диодов.	ОПК-1
4. Параметры импульсных диодов.	ОПК-1
5. Какие виды пробоя используются в стабилитронах?	ОПК-1
6. Параметры стабилитрона.	ОПК-1
7. От чего зависит напряжение стабилизации стабилитрона?	ОПК-1
8. Нарисуйте схему включения стабилитрона. На чём основано его стабилизирующее действие?	ОПК-1
9. Основные параметры варикапов.	ОПК-1
10. При каком смещении перехода используются варикапы?	ОПК-1
11. Что такое добротность варикапов? Чем она определяется? Её физический смысл.	ОПК-1
12. Пути повышения добротности варикапов.	ОПК-1
13. В чём заключается явление туннельного эффекта? При каких условиях имеет место туннельный механизм прохождения тока через p-n–переход?	ОПК-1
14. Параметры туннельного диода.	ОПК-1
15. Что такое обращённый туннельный диод?	ОПК-1
16. Приведите примеры туннельных диодов.	ОПК-1
17. Расскажите об устройстве и принципе действия биполярного транзистора.	ОПК-1

18. В какой из областей транзистора концентрация примеси выше: в области базы или в области эмиттера?	ОПК-1
19. С какой целью площадь коллекторного перехода обычно делают существенно большей по сравнению с площадью эмиттерного перехода?	ОПК-1
20. Назовите три основных режима работы транзистора.	ОПК-1
21. Что такое коэффициент инжекции (эффективность эмиттера)? Почему он должен быть как можно более близок к единице?	ОПК-1
22. Что такое коэффициент переноса? От каких параметров базы зависит его величина?	ОПК-1
23. Как связаны между собой коэффициент усиления по току, эффективность эмиттера и коэффициент переноса?	ОПК-1
24. Нарисуйте три схемы включения биполярного транзистора. Каковы особенности каждой из этих схем?	ОПК-1
25. Нарисуйте семейства входных и выходных характеристик транзистора в схеме с общей базой.	ОПК-1
26. Нарисуйте семейства входных и выходных характеристик транзистора в схеме с общим эмиттером.	ОПК-1
27. Определите h-параметры транзистора по статическим характеристикам.	ОПК-1
28. Что называется предельной частотой усиления по току?	ОПК-1
29. Как зависит коэффициент передачи тока от частоты в схеме с общей базой и в схеме с общим эмиттером?	ОПК-1
30. В какой схеме: с общей базой или с общим эмиттером – выше предельная частота коэффициента передачи тока и примерно во сколько раз?	ОПК-1
31. Как влияет время рассасывания носителей заряда в базе на частотные свойства транзистора?	ОПК-1
32. Чем характеризуется ключевой ражим работы транзистора?	ОПК-1
33. Поясните устройство и принцип действия полевого транзистора с управляющим p-n–переходом.	ОПК-1
34. Нарисуйте сток-затворную характеристику полевого транзистора с управляющим p-n–переходом и поясните её ход.	ОПК-1
35. Для чего канал полевого транзистора с управляющим p-n–переходом изготавливают из слаболегированного полупроводника?	ОПК-1
36. В чём состоит различие между МДП-транзистором с индуцированным и встроенным каналами?	ОПК-1
37. Почему входное дифференциальное сопротивление полевого транзистора с изолированным затвором больше, чем у полевого транзистора с управляющим p-n–переходом?	ОПК-1
38. Какие основные отличия стоковых характеристик МДП-транзистора с индуцированным каналом от аналогичных характеристик: a. полевого транзистора с управляющим p-n–переходом; b. МДП-транзистора со встроенным каналом?	ОПК-1
39. Назовите дифференциальные параметры полевого транзистора.	ОПК-1
40. Что такое режим обеднения и обогащения?	ОПК-1
41. Почему уровень шума полевых транзисторов меньше, чем биполярных?	ОПК-1
42. Принцип работы тиристора и его основные параметры. Особенности управления.	ОПК-1
43. Эффект di/dt в тиристоре.	ОПК-1
44. Эффект du/dt в тиристоре.	ОПК-1
45. Запираемые тиристоры GTO, GCT и IGCT. Особенности реализации управления.	ОПК-1

46. Область применения тиристоров.	ОПК-1
47. Отличие симистора от тиристора.	ОПК-1
48. Нарисовать и пояснить ВАХ тиристора.	ОПК-1
49. Нарисовать и пояснить ВАХ симистора.	ОПК-1
50. Укажите на ВАХ участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением.	ОПК-1
51. Основные параметры тиристоров.	ОПК-1
52. Условия включения и выключения тиристорного ключа	ОПК-1
53. Схема замещения тиристорного ключа.	ОПК-1