

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Страхов С. Ю.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Направление/специальность подготовки	12.03.01 Приборостроение
Специализация/профиль/программа подготовки	Технология приборостроения
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	О Естественнонаучный
Выпускающая кафедра	О2 ИНЖИНИРИНГ И МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	5	3	108	51	34	17	0	57	0	0	57	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**12.03.01 Приборостроение**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Ярыгин Дмитрий Михайлович, старший преподаватель

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**О2 ИНЖИНИРИНГ И МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА**

Заведующий кафедрой Тимченко В.В., к.пед.н., доц.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-2/23.3 — способность проводить анализ технических требований, осуществлять выбор средства контроля технических требований и подбирать основные материалы, используемые в производстве изделий микроэлектроники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-2/23.3**

*знания:*

принцип действия, физические процессы, конструкция, материалы электронной техники и их электрофизические свойства, технологии изготовления электронных приборов, характеристики и параметры полупроводниковых диодов, биполярных и полевых транзисторов, фотоэлектрических и излучательных приборов;

*умения:*

анализ работы схем, содержащих полупроводниковые электронные приборы, анализ характеристик полупроводниковых электронных приборов;

*навыки:*

определение основных характеристик электронных приборов, исследование различных схем включения электронных приборов, моделирование работы схем с электронными приборами в САПР.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.01 Приборостроение*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ТИПОВЫХ ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ, АСПП И САПР-Т В ПРИБОРОСТРОЕНИИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-2/23.3
3	5	<b>Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.</b> Особенности электропроводности твёрдых тел. Кристаллическая решетка полупроводников. Собственная, электронная и дырочная проводимость полупроводников. Классификация электрических переходов. Электрические процессы при отсутствии напряжения и при наличии внешнего напряжения в прямосмещённом и обратносмещённом р-п-переходе. Барьерная и диффузионная ёмкость. Электрический и тепловой пробой р-п-перехода. Вольт-амперная характеристика р-п-перехода.	18	10	10	0	8	25
3	5	<b>Раздел 2. Полупроводниковые диоды.</b> Общие сведения о полупроводниковых диодах. Вольт-амперные характеристики и параметры полупроводниковых диодов. Выпрямительные свойства полупроводниковых диодов. Стабилизирующие свойства полупроводниковых диодов.	36	15	8	7	21	25
3	5	<b>Раздел 3. Биполярные транзисторы.</b> Общие сведения о биполярных транзисторах. Устройство и принцип действия биполярного транзистора. Параметры схем включения биполярных транзисторов. Статический режим и статические характеристики и параметры биполярных транзисторов. Динамический режим и динамические характеристики и параметры биполярных транзисторов. Активный и ключевой режимы работы, усилительные свойства биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.	27	13	8	5	14	25
3	5	<b>Раздел 4. Полевые транзисторы.</b> Общие сведения о полевых транзисторах. Параметры схем включения полевых транзисторов. Устройство и принцип действия полевого транзистора с управляющим р-п-переходом. Устройство и принцип действия полевого транзистора с изолированным затвором со встроенным и индуцированным каналами. Статический режим и статические характеристики и параметры полевых транзисторов. Динамический режим и динамические характеристики и параметры полевых транзисторов. Активный и ключевой режимы работы, усилительные свойства полевого транзистора с управляющим р-п-переходом в схеме с общим истоком.	27	13	8	5	14	25
<b>Всего за 5 семестр</b>			108	51	34	17	57	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Полупроводниковые диоды.	Лабораторная работа №1. Исследование характеристик и параметров полупроводниковых диодов.	3
2		Лабораторная работа №2. Исследование выпрямительных свойств диода.	2
3		Лабораторная работа №3. Исследование стабилизирующих свойств диода.	2
4	Раздел 3. Биполярные транзисторы.	Лабораторная работа №4. Исследование статических характеристик и параметров биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером.	3
5		Лабораторная работа №5. Исследование усилительных свойств биполярного транзистор в схеме с общим эмиттером.	2
6	Раздел 4. Полевые транзисторы.	Лабораторная работа №6. Исследование статических характеристик и параметров полевого транзистора с управляющим р-п-переходом в схеме с общим истоком.	3
7		Лабораторная работа №7. Исследование усилительных свойств полевого транзистора с управляющим р-п-переходом в схеме с общим истоком.	2
Всего за 5 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№	Номер и наименование	Содержание учебного задания	Объем,
---	----------------------	-----------------------------	--------

п/п	раздела дисциплины		часов
1	Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.	Изучение материалов по разделу с использованием рекомендуемой литературы.	8
2	Раздел 2. Полупроводниковые диоды.	Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №1 с использованием рекомендуемой литературы.	5
3		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №1.	1
4		Выполнение теста №1.	1
5		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №2 с использованием рекомендуемой литературы.	5
6		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №2.	1
7		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №3.	1
8		Выполнение теста №3.	1
9		Выполнение теста №2.	1
10		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №3 с использованием рекомендуемой литературы.	5
11		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №4.	1
12	Раздел 3. Биполярные транзисторы.	Выполнение теста №4.	1
13		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №4 с использованием рекомендуемой литературы.	5
14		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №5.	1
15		Выполнение теста №5.	1
16	Раздел 4. Полевые транзисторы.	Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №5 с использованием рекомендуемой литературы.	5
17		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №6 с использованием рекомендуемой литературы.	5
18		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №6.	1
19		Выполнение теста №6.	1
20		Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №7 с использованием рекомендуемой литературы.	5
21		Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №6.	1
22		Выполнение теста №7.	1
<b>Всего за 5 семестр</b>			<b>57</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5			ЛР, Тест		ЛР, Тест	ДР	ЛР, Тест		ЛР, Тест	ДР	ЛР, Тест		ЛР, Тест		ЛР, Тест	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ЛР – лабораторная работа;
- Тест – тест;

- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022, эл. рес.
2. А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микросистемные приборы. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021, эл. рес.
3. А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника. Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021, эл. рес.
4. Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim. Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024, эл. рес.
5. Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом. Москва: ДМК Пресс, 2020, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <https://rudatasheet.ru/diodes/param/> — Буквенные обозначения параметров диодов, стабилитронов, варикапов и стабилитронов &#8212; DataSheet;
4. [chrome-extension://efaidnbmninnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lab127.karelia.ru/~psf/pc/multisim\\_rus.pdf](chrome-extension://efaidnbmninnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lab127.karelia.ru/~psf/pc/multisim_rus.pdf);
5. <https://rudatasheet.ru/guide/параметры-биполярных-транзисторов>;
6. [https://rudatasheet.ru/transistors/param\\_pol](https://rudatasheet.ru/transistors/param_pol) — Буквенные обозначения параметров полевых транзисторов &#8212; DataSheet.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Microsoft Office;
2. NI Multisim - академическая версия.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Microsoft Office;
2. NI Multisim - академическая версия.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *12.03.01 Приборостроение*. Дисциплина реализуется на факультете *И Информационных и управляющих систем* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ПСК-2/23.3 способность проводить анализ технических требований, осуществлять выбор средства контроля технических требований и подбирать основные материалы, используемые в производстве изделий микроэлектроники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами работы полупроводниковых приборов различного назначения.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- лабораторная работа;
- тест.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.		
Изучение материалов по разделу с использованием рекомендуемой литературы.	А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Полупроводники, Электрические переходы) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 1.1 – 1.4) А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 1.1 – 1.2) Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом: Москва: ДМК Пресс, 2020 (гл. 2; 1 – 10)	8
Итого по разделу 1		8
Раздел 2. Полупроводниковые диоды.		
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №1 с использованием рекомендуемой литературы.	Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (1; 2; 3) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Полупроводниковые диоды) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 2.1 – 2.5) Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом: Москва: ДМК Пресс, 2020 (гл. 9; 5 – 14) А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 1.3 – 1.6; гл. 2.2)	5
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №1.		1
Выполнение теста №1.		1
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №2 с использованием рекомендуемой литературы.		5
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №2.		1
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №3.		1
Выполнение теста №3.		1
Выполнение теста №2.		1
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №3 с использованием рекомендуемой литературы.		5
Итого по разделу 2		21

Раздел 3. Биполярные транзисторы.		
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №4.	Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (4; 5) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Транзисторы) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 3.1 – 3.4) А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 3.1 – 3.7; гл. 4.1 – 4.2) Р. А. Сворень. . Электроника шаг за шагом: Москва: ДМК Пресс, 2020 (гл. 9; 1 – 4; 15 – 18; гл. 10; 1 – 22)	1
Выполнение теста №4.		1
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №4 с использованием рекомендуемой литературы.		5
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №5.		1
Выполнение теста №5.		1
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №5 с использованием рекомендуемой литературы.		5
Итого по разделу 3		14
Раздел 4. Полевые транзисторы.		
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №6 с использованием рекомендуемой литературы.	Д. М. Ярыгин, Ю. В. Петров. . Исследование полупроводниковых приборов в САПР Multisim: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (6; 7) А. Н. Флёров, С. Ю. Страхов, А. А. Флёрова. . Электронные и микроэлектронные приборы: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2021 (Транзисторы) А. В. Кириллов, А. В. Костылев, Н. Д. Ясенев. . Основы электроники: Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2022 (гл. 4.1 – 4.2) А. С. Низов, А. Н. Штин, К. Г. Шумаков. . Электроника: Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2021 (гл. 6.1 – 6.3)	5
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №6.		1
Выполнение теста №6.		1
Изучение материалов по разделу и подготовка к лабораторной работе №7 с использованием рекомендуемой литературы.		5
Оформление отчёта о выполнении лабораторной работы №6.		1
Выполнение теста №7.		1
Итого по разделу 4		14

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- лабораторная работа;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Тест

Предусмотрено 7 тестов.

Условия проведения тестов:

Количество заданий: 5

Вариант задания: индивидуальный

Время и место проведения: не ограничено на платформе moodle.voenmeh

Разрешено попыток: не ограничено

Ограничение по времени: не ограничено

Критерии оценивания тестов:

- тест считается выполненным успешно, если выполнено не менее 100% заданий

#### Лабораторная работа

Предусмотрено 7 лабораторных работ.

Условия проведения лабораторных работ:

Вариант задания: по бригадам

Время и место проведения: по графику во время лабораторного занятия в компьютерном классе на платформе moodle.voenmeh

Разрешено попыток: не ограничено

Требования к выполнению: лабораторный практикум, размещённый на платформе moodle.voenmeh

Критерии оценивания лабораторных работ:

- лабораторная работа считается выполненной успешно, если сдан отчёт о выполнении лабораторной работы

#### Зачет

Оценка проставляется по сумме баллов, набранных на основании выполнения обучающимся контрольно-оценочных мероприятий в соответствии со шкалой перевода баллов. Основания и порядок начисления баллов за выполнение контрольно-оценочных мероприятий приведены в технологической карте дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум		ПСК-2/23.3	
3	5	Раздел 1. Физические основы электропроводности полупроводников.	18	10	10	0	8	25	Тест
3	5	Раздел 2. Полупроводниковые диоды.	36	15	8	7	21	25	Лабораторная работа, Тест
3	5	Раздел 3. Биполярные транзисторы.	27	13	8	5	14	25	Лабораторная работа, Тест
3	5	Раздел 4. Полевые транзисторы.	27	13	8	5	14	25	Лабораторная работа, Тест
Всего за 5 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-2/23.3

#### Вопросы открытого типа:

- № 1 Какое значение напряжения в милливольтмах отобразиться на дисплее вольтметра Ur1, если VD1 1N1199C, GB1=8V, R1=17Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 2 Какое значение напряжения в милливольтмах отобразиться на дисплее вольтметра Uvd1, если VD1 1N1199C, GB1=8V, R1=45Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 3 Каково значение тока через диод в амперах, если VD1 1N1199C, GB1=5V, R1=42Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 4 Каково значение тока через диод в миллиамперах, если VD1 LED\_red, GB1=8V, R1=366Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 5 Каково максимальное значение напряжения сигнала на выходе в вольтах , если VD1 1N1199C, R1=120Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=6V, Voltage offset=3V, Frequency(F)=43Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 6 Каково минимальное значение напряжения сигнала на выходе в вольтах , если VD1 1N1199C, R1=140Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=9V, Voltage offset=8V, Frequency(F)=26Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 7 Каков коэффициент пульсации на выходе в процентах, если VD1 1N1199C, R1=6,9kΩ, C1=17,1uF, а параметры G1: Voltage(Pk)=6V, Voltage offset=0V, Frequency(F)=60Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 8 Каков коэффициент пульсации на выходе в процентах, если входной сигнал (yellow) подан на канал Channel A/Scale: 7 V/Div, выходной сигнал (blue) подан на канал Channel B/Scale: 7 V/Div и Timebase/Scale: 4 ms/Div? Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 9 Каково максимальное значение напряжения сигнала на выходе в вольтах , если VD1 1N4728A, R1=100Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=5V, Voltage offset=-4V, Frequency(F)=98Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 10 Каково минимальное значение напряжения сигнала на выходе в вольтах , если VD1 1N4728A, R1=120Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=5V, Voltage offset=-6V, Frequency(F)=86Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 11 Каков коэффициент стабилизации на выходе, если VD1 1N4728A, R1=150Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=5V, Voltage offset=-14V, Frequency(F)=43Hz?







Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.

- № 12      Каков коэффициент стабилизации на выходе, если входной сигнал (yellow) подан на канал Channel A/Scale: 10 V/Div, выходной сигнал (blue) подан на канал Channel B/Scale: 5 V/Div и Timebase/Scale: 10 ms/Div? Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 13      Какое значение напряжения в вольтах отобразится на дисплее Ube, если VT1 2N2712, GB1=1,28V, GB2=12,6V, R1=1418Ω, R2=150Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 14      Какое значение тока в миллиамперах отобразится на дисплее Ib, если VT1 2N2712, GB1=1,43V, GB2=13,4V, R1=1311Ω, R2=137Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 15      Какое значение напряжения в вольтах отобразится на дисплее Uce, если VT1 2N2712, GB1=0,99V, GB2=13,6V, R1=1487Ω, R2=159Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 16      Каково значение тока коллектора в миллиамперах, если VT1 2N2712, GB1=1,27V, GB2=12,7V, R1=1400Ω, R2=177Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 17      Каково максимальное значение тока сигнала на выходе в миллиамперах, если VT1 2N3904, GB1=11,5V, R1=227Ω, R2=61Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=0,04V, Voltage offset=0,87V, Frequency(F)=91Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 18      Каково минимальное значение тока сигнала на выходе в миллиамперах, если VT1 2N3904, GB1=10,4V, R1=209Ω, R2=91Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=0,05V, Voltage offset=0,88V, Frequency(F)=20Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 19      Каков коэффициент усиления по напряжению на выходе, если VT1 2N3904, GB1=10,7V, R1=231Ω, R2=66Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=0,02V, Voltage offset=0,91V, Frequency(F)=55Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 20      Каков коэффициент усиления по току на выходе, если VT1 2N3904, GB1=11,4V, R1=224Ω, R2=57Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=0,02V, Voltage offset=0,86V, Frequency(F)=75Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 21      Какое значение напряжения в вольтах отобразится на дисплее Uds, если VT1 J211, GB1=-2,2V, GB2=16V, R1=700Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 22      Каково значение тока стока в миллиамперах, если VT1 J211, GB1=-1,6V, GB2=18,3V, R1=620Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 23      Какое значение напряжения в вольтах отобразится на дисплее Uds, если VT1 J211,

- GB1=-1V, GB2=16,3V, R1=810Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 24 Каково значение тока стока в миллиамперах, если VT1 J211, GB1=-2,9V, GB2=17,3V, R1=360Ω? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 25 Каково максимальное значение тока сигнала на выходе в миллиамперах, если VT1 J211, GB1=16,3V, R1=760Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=0,3V, Voltage offset=-1,3V, Frequency(F)=33Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 26 Каково минимальное значение тока сигнала на выходе в миллиамперах, если VT1 J211, GB1=15,1V, R1=700Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=0,4V, Voltage offset=-2,4V, Frequency(F)=22Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 27 Каков коэффициент усиления по напряжению на выходе, если VT1 J211, GB1=19V, R1=600Ω, а параметры G1: Voltage(Pk)=0,5V, Voltage offset=-2V, Frequency(F)=29Hz? Произвести моделирование в Multisim. Ответ округлить до второго знака после запятой.
- № 28 Каков коэффициент усиления по напряжению на выходе, если входной сигнал (yellow) подан на канал Channel A/Scale: 400 mV/Div, выходной сигнал (blue) подан на канал Channel B/Scale: 2 V/Div и Timebase/Scale: 3 ms/Div? Ответ округлить до второго знака после запятой.
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Установить соответствие между наименованиями и условными графическими обозначениями полупроводниковых диодов
1. Диод Туннельный
  2. Диод Зенера
  3. Диод Шоттки
  4. Светодиод
  5. Диод выпрямительный
  6. Фотодиод
  7. Варикап
  8. Диод обращенный
- № 2 Установить соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров полупроводниковых диодов
1. Постоянное прямое напряжение диода
  2. Постоянное обратное напряжение диода
  3. Импульсный прямой ток диода
  4. Постоянный обратный ток диода

	5. Ток стабилизации стабилитрона
	6. Напряжение стабилизации стабилитрона
№ 3	<div> <div> <div>&lt;figure class="image"&gt;&lt;img</div> <div>src="https://lk.voenmeh.ru/rpd/media/image_1718553835.png"&gt;&lt;/figure&gt;</div> </div> <div>Установить соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров полупроводниковых диодов</div> </div> <div> <div>1. Continuous current within the working voltage range</div> <div>2. Peak forward current</div> <div>3. Reverse continuous current</div> <div>4. Reverse continuous voltage</div> <div>5. Forward continuous voltage</div> <div>6. Working voltage (of voltage regulator diode)</div> </div>
№ 4	<div> <div> <div>&lt;figure class="image"&gt;&lt;img</div> <div>src="https://lk.voenmeh.ru/rpd/media/image_1718553962.png"&gt;&lt;/figure&gt;</div> </div> <div>Установить соответствие между наименованиями и условными графическими обозначениями транзисторов</div> </div> <div> <div>1. Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом n-типа</div> <div>2. Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом и каналом p-типа</div> <div>3. Полевой транзистор с изолированным затвором с индуцированным каналом p-типа</div> <div>4. Биполярный транзистор pnp-типа</div> <div>5. Полевой транзистор с изолированным затвором с индуцированным каналом n-типа</div> <div>6. Биполярный транзистор pnp-типа</div> <div>7. Полевой транзистор с управляющим p-n-переходом и каналом n-типа</div> <div>8. Полевой транзистор с изолированным затвором со встроенным каналом p-типа</div> </div>
№ 5	<div> <div> <div>&lt;figure class="image"&gt;&lt;img</div> <div>src="https://lk.voenmeh.ru/rpd/media/image_1718552903.png"&gt;&lt;/figure&gt;</div> </div> <div>Установить соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров биполярных транзисторов</div> </div> <div> <div>1. Small-signal value of the open-circuit output admittance</div> <div>2. Maximum collector (d.c.) current</div> <div>3. Small-signal value of the short-circuit forward current transfer ratio</div> <div>4. Collector (d.c.) power dissipation</div> <div>5. Small-signal value of the open-circuit reverse voltage transfer ratio</div> <div>6. Saturation base-emitter voltage</div> <div>7. Small-signal value of the short-circuit input impedance</div> <div>8. Breakdown collector-emitter voltage</div> <div>9. Saturation collector-emitter voltage</div> </div>

№ 6	 <p>Установить соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров биполярных транзисторов</p>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выходная полная проводимость биполярного транзистора в режиме малого сигнала в схеме ОЭ</li> <li>2. Напряжение насыщения база-эмиттер</li> <li>3. Коэффициент обратной связи по напряжению биполярного транзистора в режиме малого сигнала в схеме ОЭ</li> <li>4. Напряжение насыщения коллектор-эмиттер</li> <li>5. Максимально допустимый постоянный ток коллектора</li> <li>6. Пробивное напряжение коллектор-эмиттер</li> <li>7. Входное сопротивление биполярного транзистора в режиме малого сигнала в схеме ОЭ</li> <li>8. Коэффициент передачи тока биполярного транзистора в режиме малого сигнала в схеме ОЭ</li> <li>9. Постоянная рассеиваемая мощность коллектора</li> </ol>
№ 7	 <p>Установить соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом</p>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maximum drain-source voltage</li> <li>2. Gate-source cut-off voltage</li> <li>3. Gate leakage current</li> <li>4. Short-circuit output admittance</li> <li>5. Short-circuit forward transfer admittance</li> <li>6. Forward gate current</li> <li>7. Drain current for <math>U_{gs}=0</math></li> <li>8. Drain-source (d.c.) power dissipation</li> </ol>
№ 8	 <p>Установить соответствие между терминами и буквенными обозначениями параметров полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом</p>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полная проводимость прямой передачи полевого транзистора для схемы общий исток</li> <li>2. Прямой ток затвора</li> <li>3. Начальный ток стока</li> <li>4. Постоянная рассеиваемая мощность стока</li> <li>5. Максимально допустимое напряжение сток-исток</li> <li>6. Напряжение отсечки</li> </ol>

7. Ток утечки затвора
8. Полная выходная проводимость полевого транзистора для схемы общий исток
- № 9  Изменение какого параметра влияет на концентрацию собственных носителей заряда в полупроводнике?
- Выберите один или несколько ответов:
- Температура
  - Постоянная Больцмана
  - Длина полупроводниковой пластины
  - Ширина запрещенной зоны
- № 10 Насколько в примесном полупроводнике концентрация основных носителей заряда должна превышать концентрацию неосновных?
- Выберите один или несколько ответов:
- На 10–20
  - На два-три порядка
  - В сто — тысячу раз
  - На 500–1000
- № 11 Как называется направленное движение носителей заряда под воздействием электрического поля?
- Выберите один или несколько ответов:
- Дрейф
  - Диффузия
  - Градиент
  - Подвижность
- № 12 Какое действие оказывает внутреннее электрическое поле р-п-перехода на основные носители заряда?
- Выберите один или несколько ответов:
- Ускоряющее
  - Замедляющее
  - Не оказывает действия
- № 13 Какими носителями заряда создается прямой ток диода?
- Выберите один или несколько ответов:
- Основными
  - Неосновными
  - Электронами
  - Дырками
- № 14 Какой тип пробоя р-п-перехода может стать следствием недопустимого повышения обратного напряжения на диоде?

- Выберите один или несколько ответов:
- Тоннельный
- Лавинный
- Тепловой
- № 15 Каким образом стабилитрон включается в схеме относительно нагрузки?
- Выберите один или несколько ответов:
- Параллельно нагрузке в любом направлении
- Последовательно с нагрузкой
- Параллельно нагрузке в прямом направлении
- Параллельно нагрузке в обратном направлении
- № 16 Какие носители заряда образуют ток от эмиттера через базу к коллектору в транзисторе типа р-п-р?
- Выберите один или несколько ответов:
- Дырки
- Электроны
- Участвуют оба типа носителей заряда
- № 17 Каким должно быть смещение эмиттерного и коллекторного переходов в транзисторе для работы в нормальном активном режиме?
- Выберите один или несколько ответов:
- Оба перехода в прямом направлении
- Оба перехода в обратном направлении
- Эмиттерный переход в прямом направлении, коллекторный — в обратном
- Эмиттерный переход в обратном направлении, коллекторный — в прямом
- № 18 Какова должна быть полярность входного напряжения  $U_{зи}$  в полевом транзисторе с р-п переходом для управления проводимостью токопроводящего канала?
- Выберите один или несколько ответов:
- р-п переход смещен в прямом направлении
- р-п переход смещен в обратном направлении
- Отсутствие внешнего напряжения на переходе
- № 19 С какой целью в МОП-транзисторе выполняется изоляция затвора от токопроводящего канала слоем диэлектрика?
- Выберите один или несколько ответов:
- Для обеспечения лучшей проводимости
- Для обеспечения большого входного сопротивления
- Для обеспечения большого выходного сопротивления
- Для обеспечения малого входного сопротивления
- № 20 Какой из полевых транзисторов работает только в режиме обогащения?
- Выберите один или несколько ответов:

- Полевой транзистор с р-п переходом
- МОП-транзистор с индуцированным каналом
- МОП-транзистор со встроенным каналом
- № 21 В каком случае Ме-п-переход будет выпрямляющим?
- Выберите один или несколько ответов:
- Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника п-типа
- Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника р-типа
- Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника п-типа
- Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника р-типа
- № 22 В каком случае Ме-п-переход будет омическим?
- Выберите один или несколько ответов:
- Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника п-типа
- Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника п-типа
- Работа выхода электронов из металла будет больше чем работа выхода электронов из полупроводника р-типа
- Работа выхода электронов из металла будет меньше чем работа выхода электронов из полупроводника р-типа
- № 23 Какой диод содержит выпрямляющий Ме-п-переход?
- Выберите один или несколько ответов:
- Диод выпрямительный
- Диод Зенера
- Варикап
- Диод Шоттки
- № 24 Что такое р-п-переход?
- Выберите один или несколько ответов:
- Донорно-акцепторный проводник
- Переходный слой на границе раздела полупроводников р и п типа
- Потенциальный барьер между двумя типами проводимости
- Взаимная нейтрализация электрона и дырки
- № 25 Что такое анион?
- Выберите один или несколько ответов:
- Положительно ионизированный атом
- Отрицательно ионизированный атом
- Положительный электрод рп-перехода

- № 26 Отрицательный электрод рп-перехода  
Каково буквенное обозначение атомных орбиталей?
- Выберите один или несколько ответов:
- К, Л, М, Н, О, П, Р
- К, L, M, N, O, P, Q
- s, p, d, f, g, h, i
- с, п, д, ф, ж, ш, и
- № 27 В каком режиме используется биполярный транзистор в логических элементах?
- Выберите один или несколько ответов:
- В активном режиме
- В инверсном режиме
- В режиме отсечки
- В режиме насыщения
- № 28 Для чего используется биполярный транзистор в усилителях мощности?
- Выберите один или несколько ответов:
- Преобразования входного полезного сигнала малой мощности в выходной сигнал большой мощности
- Стабилизации уровня напряжения в маломощных цепях
- Преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем (напряжений) переменного тока в одну или несколько других систем (напряжений), без изменения частоты
- Преобразования переменного тока низкой частоты (50 Гц) в ток одного направления
- № 29 Как называются примесные атомы в электронном полупроводнике?
- Выберите один или несколько ответов:
- Доноры
- Акцепторы
- Низковалентные атомы
- Анионы
- № 30 Как называются примесные атомы в дырочном полупроводнике?
- Выберите один или несколько ответов:
- Доноры
- Акцепторы
- Низковалентные атомы
- Анионы
- № 31 Каково в равновесном состоянии соотношение количества электронов и дырок в собственном полупроводнике?
- Выберите один или несколько ответов:
- Одинаково



- Дырок больше электронов
- Электронов больше дырок
- № 32 Зависит от температуры  
Что такое ВАХ рп-перехода?
- Выберите один или несколько ответов:
- Зависимость сопротивления рп-перехода от приложенного к нему напряжению
- Зависимость емкости рп-перехода от приложенного к нему напряжению
- Зависимость тока через рп-переход от приложенного к нему напряжению
- Зависимость мощности рассеиваемой на рп-переходе от приложенного к нему напряжению
- № 33 Какой вид пробоя рп-перехода преимущественно является необратимым?
- Выберите один или несколько ответов:
- Лавинный и тепловой
- Электрический
- Тепловой
- № 34 Электрический и тепловой  
Какой вид пробоя рп-перехода преимущественно является обратимым?
- Выберите один или несколько ответов:
- Лавинный и тепловой
- Электрический
- Тепловой
- № 35 Электрический и тепловой  
Что такое ВФХ рп-перехода?
- Выберите один или несколько ответов:
- Зависимость сопротивления рп-перехода от приложенного к нему напряжению
- Зависимость емкости рп-перехода от приложенного к нему напряжению
- Зависимость тока через рп-переход от приложенного к нему напряжению
- Зависимость мощности рассеиваемой на рп-переходе от приложенного к нему напряжению
- № 36 Что представляет собой выпрямитель?
- Выберите один или несколько ответов:
- Специальный диод использующий явление пробоя рп-перехода
- Устройство, преобразующее входное переменное напряжение в выходное постоянное напряжение
- Устройство, преобразующее входное постоянное нестабильное напряжение в выходное постоянное стабильное напряжение
- Специальный диод использующий явление односторонней проводимости рп-перехода
- № 37 Как называется направленное перемещение частиц из области с высокой

концентрацией в область с низкой концентрацией?

Выберите один или несколько ответов:

Дрейф

Диффузия

Градиент

Подвижность