

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ИФФВТ  
от 16 июня 2020 г. протокол № 11/02-19-10  
Председатель \_\_\_\_\_ (Хусаинов А.Ш.)  
(подпись, расшифровка подписи)



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина	<b>Полупроводниковая электроника</b>
Факультет	<b>Инженерно-физический факультет высоких технологий</b>
Наименование кафедры	<b>Кафедра радиофизики и электроники (РФЭ)</b>
Курс	<b>3</b>

Направление (специальность): **03.03.03 – радиофизика** (бакалавриат)

Направленность (профиль/специализация): **Твердотельная электроника и наноэлектроника**

Форма обучения **очная**

Дата введения в учебный процесс УлГУ: **« 01 » сентября 2020г.**

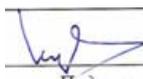
Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Программа актуализирована на заседании кафедры: протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Сведения о разработчиках:

ФИО	Кафедра	Должность, ученая степень, звание
<b>Сабитов О.Ю.</b>	<b>Радиофизики и электроники</b>	<b>Проф. кафедры РФЭ, д.ф.-м.н., доцент</b>

<b>СОГЛАСОВАНО</b>
Заведующий выпускающей кафедрой
 _____ / Гурин Н.Т./ Подпись <span style="float: right;">ФИО</span>
« 09 » 06 2020 г.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цели освоения дисциплины:** формирование у студентов теоретических знаний, практических навыков и умений моделирования и экспериментального исследования различных полупроводниковых электронных приборов и устройств на их основе.

### **Задачи освоения дисциплины:**

- усвоение основных принципов работы и функционирования полупроводниковых электронных приборов и простейших устройств на их основе;
- изучение методов анализа полупроводниковых электронных приборов и простейших устройств на их основе;
- овладение методикой расчета и измерения параметров полупроводниковых электронных приборов и простейших устройств на их основе.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Полупроводниковая электроника» (Б1.Б.42) является обязательной и относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (ОПОП), устанавливаемой вузом. Данная дисциплина является одной из профилирующих дисциплин в системе подготовки бакалавра по направлению 03.03.03 «Радиофизика». Она охватывает широкий круг вопросов и связана со многими дисциплинами, направленными на формирование компетенций, необходимых для решения современных задач исследования и моделирования полупроводниковых электронных приборов и устройств на их основе.

Дисциплина «Полупроводниковая электроника» предлагается студентам в 6-ом семестре 3-го курса очной формы обучения и основывается на компонентах компетенций, сформированных у обучающихся в ходе изучения предшествующих учебных дисциплин учебного плана:

- "Информатика. Программирование";
- «Методы математической физики»;
- «Математический анализ функций многих переменных»;
- «Векторный и тензорный анализ»;
- «Интегральные уравнения и вариационное исчисление»;
- «Математический анализ»;
- «Аналитическая геометрия»;
- «Механика»;
- «Молекулярная физика»
- «Электричество и магнетизм»;
- «Колебания и волны, оптика»;
- «Атомная и ядерная физика»
- «Линейная алгебра»;
- «Теория вероятностей и математическая статистика»;
- «Дифференциальные уравнения»;
- «Теоретическая механика»;
- «Физика полупроводников»;
- «Распространение электромагнитных волн в однородных, периодических и наноструктурах»;
- «Научные основы школьного курса физики»;
- «Методика преподавания физики»;

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

- «Моделирование гуманитарных процессов»;
- «Физика активных элементов»;
- «Методы анализа, контроля и диагностики полупроводниковых устройств»;
- «Материалы электронной техники»;
- "Численные методы и математическое моделирование";
- «Основы радиоизмерений»
- «Физика конденсированных сред»;
- «Физические основы технологии ИМС»;
- «Численные методы в квантовой оптике»;
- «Микропроцессорные системы»;
- «Основы электро- и радиоизмерений»;
- «Схемотехника»;
- «Конструирование интегральных микросхем, микросборок и СВЧ-модулей»;

а также при выполнении проектной деятельности и прохождении учебной практики по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности.

Для освоения дисциплины студент должен иметь следующие «входные» знания, умения, навыки и компетенции:

- знать основные законы теории цепей, принцип действия простейших электронных устройств;
- иметь представление о свойствах и характеристиках биполярных и полевых транзисторов;
- иметь способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности и самостоятельно приобретать новые знания с использованием современных образовательных и информационных технологий.

Результаты освоения дисциплины будут необходимы для дальнейшего процесса обучения в рамках поэтапного формирования компетенций при изучении следующих специальных дисциплин:

- Микро- и наносхемотехника;
- Интегральная и волоконная оптика;
- Квантовая механика;
- Радиоэлектроника;
- Квантовая электроника;
- Практикум по квантовой электронике;
- Практикум по электронике;
- Микро- и наноэлектроника;
- Автоматизация эксперимента;
- Оптоэлектронные устройства;
- Оптические направляющие среды и пассивные компоненты ВОЛС;
- «Термодинамика и статистическая физика»;
- «Статистическая радиофизика и нанооптика»;
- «Практикум по интегральной и волоконной оптике»;
- «Конструкции гибридных интегральных схем и микросборок»;
- «СВЧ полупроводниковые приборы и методы автоматизированного контроля электропараметров СВЧ-модулей»;

а также при прохождении производственной и преддипломной практик, выполнении научно-исследовательской работы, подготовке и сдачи государственного экзамена, подготовке и защите выпускной квалификационной работы.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

### 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОПОП

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование реализуемой компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	<p><b>Знать:</b> Основные параметры и характеристики полупроводниковых электронных приборов.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать известные модели полупроводниковых приборов для анализа и моделирования устройств на их основе.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой расчета и анализа простейших полупроводниковых электронных схем.</p>
ОПК-2 способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<p><b>Знать:</b> современные тенденции и проблемы развития полупроводниковой электроники.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать современные тенденции и проблемы развития полупроводниковой электроники, используя современные образовательные и информационные технологии.</p> <p><b>Владеть:</b> понятийным аппаратом и терминологией полупроводниковой электроники.</p>
ПК-1 способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	<p><b>Знать:</b> основные положения теории нелинейных полупроводниковых электронных цепей.</p> <p><b>Уметь:</b> определять режимы работы полупроводниковых электронных приборов и простейших устройств на их основе.</p> <p><b>Владеть:</b> методами анализа и экспериментального исследования полупроводниковых электронных приборов и простейших устройств на их основе.</p>
ПК-3 владением компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий	<p><b>Знать:</b> основные программные пакеты физикотопологического и схемотехнического моделирования.</p> <p><b>Уметь:</b> пользоваться на элементарном уровне основными программными пакетами физикотопологического и схемотехнического моделирования.</p> <p><b>Владеть:</b> методами решения стандартных задач полупроводниковой электроники с применением информационно-коммуникационных технологий</p>

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах (всего) – 5 ЗЕТ.

4.2. Объем дисциплины по видам учебной работы (в часах):

Вид учебной работы	Количество часов (форма обучения - очная)	
	Всего по плану	В т.ч. по семестрам
		6
Контактная работа обучающихся с преподавателем в соответствии с УП	80/80	80/80
Аудиторные занятия:	80/80	80/80
лекции	16/16	16/16
семинары и практические занятия	32/32	32/32
лабораторные работы, практикумы	32/32	32/32
Самостоятельная работа	100/100 (из них 36 - контроль)	100/100 (из них 36 - контроль)
Форма текущего контроля знаний и контроля самостоятельной работы: тестирование, контр. работа, коллоквиум, реферат и др. (не менее 2 видов)	тестирование, устный опрос	тестирование, устный опрос
Курсовая работа		
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	экзамен	экзамен
Всего часов по дисциплине	<b>180/180</b>	<b>180/180</b>

\* В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий в таблице через слеш указывается количество часов работы ППС с обучающимися для проведения занятий в дистанционном формате с применением электронного обучения

4.3. Содержание дисциплины (модуля). Распределение часов по темам и видам учебной работы:

Форма обучения: очная

Название разделов и тем	Всего	Виды учебных занятий					Форма текущего контроля знаний
		Аудиторные занятия			Занятия в интерактивной форме	Самостоятельная работа	
		Лекции	Практические занятия, семинары	Лабораторные работы, практикумы			
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Полупроводниковые диоды		2	6	8	6	16	тестирование, устный опрос
2. Биполярные транзисторы		4	4	8	6	16	тестирование,

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

							устный опрос
3. Полевые и МДП-транзисторы		4		8	6	18	тестирование, устный опрос
4. Усилители на основе биполярных транзисторов		2	8	4	4	16	тестирование, устный опрос
5. Операционный усилитель		2	8	4		16	тестирование, устный опрос
6. Генераторы		2	6			18	тестирование, устный опрос
<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>100</b>	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

**Тема 1. Полупроводниковые диоды.** Примесные полупроводники. Свойства выпрямляющих контактов. Переход металл-полупроводник. Свойства р-п перехода. Гетеропереход и его свойства. Классификация полупроводниковых диодов. выпрямительный полупроводниковый диод и его основные свойства. ВАХ идеального и реального диода. Модель и уравнение ВАХ диода. Импульсный диод, его свойства и параметры. Полупроводниковый стабилитрон и его основные свойства. ВАХ идеального и реального стабилитрона. Обращенный диод и его свойства.

**Тема 2. Биполярные транзисторы.** Биполярный транзистор как управляемый электронный элемент. Принципы работы биполярных транзисторов. Инжекция и экстракция неосновных носителей заряда. Классификация, режимы работы, схемы включения и основные характеристики биполярных транзисторов. Входные и выходные вольт-амперные характеристики биполярного транзистора в схемах с общей базой и общим эмиттером. Достоинства и недостатки биполярного транзистора.

**Тема 3. Полевые и МДП-транзисторы.** Полевой транзистор как управляемый электронный элемент. Принципы работы полевых транзисторов. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом. Полевой транзистор с изолированным затвором. Классификация, режимы работы, схемы включения и основные характеристики полевых и МДП- транзисторов. Входные и выходные вольт-амперные характеристики полевого транзистора в схемах с общим затвором и общим истоком. Достоинства и недостатки полевого транзистора.

**Тема 4. Усилители на основе биполярных транзисторов.** Электронные усилители, их функции и характеристики. Классификация усилителей. Структура усилителя. Элементная база усилителей. Усилительные каскады с общим эмиттером. Усилительные каскады с общим коллектором. Усилительные каскады с общей базой. Статический режим работы усилителя. Методы стабилизации положения рабочей точки. Усилительные каскады на полевых и МДП-транзисторах. Усилители мощности. Режимы работы усилителя.

**Тема 5. Операционный усилитель.** Дифференциальный каскад – основа операционного уси-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

лителя. Способы подачи сигнала на операционный усилитель. Параметры и характеристики операционного усилителя. Функция операционного усилителя. Корректировка нуля операционного усилителя. Инвертированное и неинвертированное включение операционного усилителя. Виды обратной связи в операционном усилителе. Применение операционного усилителя без обратной связи. Применение операционного усилителя с положительной обратной связью. Применение операционного усилителя с отрицательной обратной связью.

**Тема 6. Генераторы.** Классификация генераторов. Принципы построения генераторов. Релаксационные генераторы. Активные элементы генераторов. Частотно задающие элементы. Роль обратной положительной связи. Генераторы гармонических колебаний. Генераторы прямоугольных импульсов. Блокинг-генераторы. Генераторы на операционных усилителях и логических элементах.

## 6. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

**Тема 1. Полупроводниковые диоды.**

**ЗАНЯТИЕ 1 "Основные свойства p-n перехода".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Ширина области пространственного заряда.
2. Контактная разность потенциалов.
3. Вольт-амперная характеристика p-n перехода.

**Тема 1. Полупроводниковые диоды.**

**ЗАНЯТИЕ 2 "Свойства полупроводниковых выпрямительных диодов".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Вольт-амперная характеристика идеального диода.
2. Вольт-амперная характеристика кремниевого диода.
3. Вольт-амперная характеристика германиевого диода.
4. Графический метод определения тока и напряжения на диоде.
5. Дифференциальное и статическое сопротивление диода.

**Тема 1. Полупроводниковые диоды.**

**ЗАНЯТИЕ 3 "Свойства полупроводниковых стабилитронов".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Вольт-амперная характеристика идеального стабилитрона.
2. Вольт-амперная характеристика реального стабилитрона.
3. Схема включения стабилитрона.
4. Графический метод определения тока и напряжения на стабилитроне.
5. Оценка точности стабилизации напряжения стабилитрона.

**Тема 2. Биполярные транзисторы.**

**ЗАНЯТИЕ 4 "Включение биполярного транзистора по схеме с общей базой".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Семейство входных вольт-амперных характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общей базой.
2. Семейство выходных вольт-амперных характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общей базой.
3. Коэффициент передачи биполярного транзистора, включенного по схеме с общей базой.

**Тема 2. Биполярные транзисторы.**

**ЗАНЯТИЕ 5 "Включение биполярного транзистора по схеме с общим эмиттером".**

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Семейство входных вольт-амперных характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.
2. Семейство выходных вольт-амперных характеристик биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.
3. Коэффициент передачи биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

**Тема 4. Усилители на основе биполярных транзисторов.**

**ЗАНЯТИЕ 6 "Статический режим усилителя на основе транзисторного каскада с общей базой".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Точка покоя усилителя.
2. Эквивалентная схема резисторного усилителя.
3. Определение дифференциального параметра  $h_{11\beta}$  в точке покоя.

**Тема 4. Усилители на основе биполярных транзисторов.**

**ЗАНЯТИЕ 7 "Расчет резисторного усилителя переменного тока".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Эквивалентная схема для расчета входной цепи резисторного усилителя по переменному току.
2. Эквивалентная схема для расчета выходной цепи резисторного усилителя по переменному току.
3. Уравнение нагрузочной прямой.
4. Оценка параметров резисторного усилителя по переменному току (коэффициенты усиления по току и напряжению, КПД усилителя).

**Тема 4. Усилители на основе биполярных транзисторов.**

**ЗАНЯТИЕ 8 "Расчет трансформаторного усилителя".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Трансформаторный усилительный каскад.
2. Оценка параметров трансформаторного усилителя (коэффициенты усиления по току и напряжению, КПД усилителя).

**Тема 4. Усилители на основе биполярных транзисторов.**

**ЗАНЯТИЕ 9 "Двухтактный эмиттерный повторитель".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Комплементарные биполярные транзисторы.
2. Входное сопротивление двухтактного эмиттерного повторителя.
3. Коэффициенты передачи тока и напряжения двухтактного эмиттерного повторителя.

**Тема 5. Операционный усилитель.**

**ЗАНЯТИЕ 10 "Суммирующий усилитель с использованием инвертирующего входа".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Схема суммирования при подаче сигналов на инвертирующий вход.
2. Коэффициент передачи напряжения сумматора при использовании инвертирующего входа.

**Тема 5. Операционный усилитель.**

**ЗАНЯТИЕ 11 "Суммирующий усилитель с использованием неинвертирующего входа".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

1. Схема суммирования при подаче сигналов на неинвертирующий вход.
2. Коэффициент передачи напряжения сумматора при использовании неинвертирующего входа.

#### **Тема 5. Операционный усилитель.**

#### **ЗАНЯТИЕ 12 "Интегрирование сигналов с помощью операционных усилителей".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Схема интегратора на операционном усилителе.
2. Коэффициент передачи напряжения интегратора на операционном усилителе.

#### **Тема 6. Генераторы.**

#### **ЗАНЯТИЕ 13 "Блокинг-генератор".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Режимы работы блокинг-генератора.
2. Автоколебательный блокинг-генератор.
3. Временязадающие элементы блокинг-генератора.
4. Коэффициент усиления блокинг-генератора.

#### **Тема 6. Генераторы.**

#### **ЗАНЯТИЕ 14 "Генератор линейно изменяющегося напряжения".**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Схема генератора линейно изменяющегося напряжения на операционном усилителе.
2. Роль отрицательной обратной связи.
3. Временязадающие элементы генератора линейно изменяющегося напряжения.
4. Коэффициент усиления генератора линейно изменяющегося напряжения.

#### **Тема 6. Генераторы.**

#### **ЗАНЯТИЕ 15 "Генераторы на логических элементах .**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Режимы работы генератора на логических элементах.
2. Генератор прямоугольных импульсов.
3. Одновибратор на логических элементах И-НЕ.

#### **Тема 6. Генераторы.**

#### **ЗАНЯТИЕ 16 "Генераторы на логических элементах .**

Форма проведения - практическое занятие.

**Вопросы по теме** (для обсуждения на занятии, для самостоятельного изучения):

1. Режимы работы генератора на логических элементах.
2. Генератор прямоугольных импульсов.
3. Мультивибратор на логических элементах И-НЕ.

## **7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ПРАКТИКУМЫ**

### **Тема 1. Полупроводниковые диоды**

**Лабораторная работа 1 "Исследование характеристик выпрямительного полупроводникового диода". Цель:** С помощью учебного лабораторного стенда LESO3 исследовать вольт-амперные характеристики (ВАХ) полупроводниковых диодов различных типов. **Содержание лабораторной работы:** Исследование ВАХ полупроводниковых выпрямительных кремниевого и германиевого диодов при прямом смещении. Исследование ВАХ полупроводниковых выпрямительных кремниевого и германиевого диодов при обратном смещении. Определение статического и дифференциального сопротивлений исследуемых диодов в заданных точках прямой и обратной ветвей ВАХ. **Результаты лабораторной работы:** графики ВАХ полупроводниковых

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

выпрямительных кремниевого и германиевого диодов при прямом и обратном смещении. Значения статического и дифференциального сопротивлений исследуемых диодов в заданных точках прямой и обратной ветвей ВАХ. Сделать выводы по работе.

### **Тема 1. Полупроводниковые диоды**

**Лабораторная работа 2 "Исследование характеристик полупроводникового стабилитрона".** **Цель:** С помощью учебного лабораторного стенда LESO3 исследовать вольтамперные характеристики (ВАХ) полупроводникового стабилитрона. **Содержание лабораторной работы:** Исследование ВАХ полупроводникового стабилитрона при прямом смещении. Исследование ВАХ полупроводникового стабилитрона при обратном смещении. Определение статического и дифференциального сопротивлений исследуемого стабилитрона в заданных точках прямой и обратной ветвей ВАХ. **Результаты лабораторной работы:** графики ВАХ стабилитрона при прямом и обратном смещении. Значения статического и дифференциального сопротивлений исследуемого стабилитрона в заданных точках прямой и обратной ветвей ВАХ. Сделать выводы по работе.

### **Тема 2. Биполярные транзисторы.**

**Лабораторная работа 3 "Исследование биполярного транзистора в схеме с общей базой."** **Цель:** изучить характеристики и параметры биполярного транзистора (БТ), включенного по схеме с общей базой. С помощью учебного лабораторного стенда LESO3 ознакомиться с принципом действия биполярного транзистора. Изучить его вольтамперные характеристики в схеме включения с общей базой. **Содержание лабораторной работы:** исследование семейства входных и выходных вольтамперных характеристик биполярных транзисторов, включенных по схеме с общей базой. **Результаты лабораторной работы:** графики семейства входных и выходных вольтамперных характеристик биполярных транзисторов, включенных по схеме с общей базой, оценка коэффициента передачи по току для исследуемых схем. Сделать выводы по работе.

### **Тема 2. Биполярные транзисторы.**

**Лабораторная работа 4 "Исследование биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером."** **Цель:** изучить характеристики и параметры биполярного транзистора (БТ), включенного по схеме с общим эмиттером. С помощью учебного лабораторного стенда LESO3 ознакомиться с принципом действия биполярного транзистора. Изучить его вольтамперные характеристики в схеме включения с общим эмиттером. **Содержание лабораторной работы:** исследование семейства входных и выходных вольтамперных характеристик биполярных транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером. **Результаты лабораторной работы:** графики семейства входных и выходных вольтамперных характеристик биполярных транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером, оценка коэффициента передачи по току для исследуемых схем. Сделать выводы по работе.

### **Тема 3. Полевые и МДП-транзисторы.**

**Лабораторная работа 5 "Исследование характеристик полевого транзистора".** **Цель:** с помощью учебного лабораторного стенда LESO3 ознакомиться с принципом действия полевого транзистора с управляющим  $p-n$  переходом и изучить его характеристики и параметры. **Содержание лабораторной работы:** исследование семейства сток-затворных и выходных вольтамперных характеристик полевых транзисторов с управляющим  $p-n$  переходом, включенных по схеме с общим истоком. **Результаты лабораторной работы:** графики семейства сток-затворных и выходных вольтамперных характеристик, оценка крутизны полевого транзистора с управляющим  $p-n$  переходом. Сделать выводы по работе.

### **Тема 3. Полевые и МДП-транзисторы.**

**Лабораторная работа 6 "Исследование выходных характеристик МДП-транзистора с индуцированным каналом".** **Цель:** с помощью учебного лабораторного стенда LESO3 ознакомиться с принципом действия МДП-транзистора с индуцированным каналом и изучить его характеристики и параметры. **Содержание лабораторной работы:** исследование семейства

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

сток-затворных и выходных вольтамперных характеристик МДП-транзистора с индуцированным каналом, включенных по схеме с общим истоком. **Результаты лабораторной работы:** графики семейства сток-затворных и выходных вольтамперных характеристик, оценка крутизны полевого транзистора с управляющим р-п переходом. Сделать выводы по работе.

#### **Тема 4. Усилители на основе биполярных транзисторов.**

**Лабораторная работа 7 "Исследование усилителя на биполярном транзисторе в схеме с общим эмиттером".** **Цель:** изучить свойства усилителя на биполярном транзисторе в схеме с общим эмиттером. **Содержание работы:** исследование осциллограмм входного и выходного напряжения усилителя на биполярном транзисторе в схеме с общим эмиттером. **Результаты лабораторной работы:** анализ осциллограмм входного и выходного напряжения усилителя на биполярном транзисторе в схеме с общим эмиттером, оценка коэффициента усиления. Сделать выводы по работе.

#### **Тема 5. Операционный усилитель.**

**Лабораторная работа 8 "Исследование операционного усилителя".** **Цель:** изучить работу операционного усилителя, научиться измерять его статические характеристики, определять их аналитически, ознакомиться с погрешностью усилителя. **Содержание работы:** исследование переходной характеристики операционного усилителя в схемах с обратной связью и без нее, оценка величины коэффициента передачи напряжения. **Результаты лабораторной работы:** график переходной характеристики операционного усилителя в схемах с обратной связью и без нее, значение величины коэффициента передачи напряжения. Сделать выводы по работе.

### **8. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ, КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ, РЕФЕРАТОВ**

Данный вид работы не предусмотрен УП.

### **9. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Свойства выпрямляющих контактов. Переход металл-полупроводник.
2. Свойства р-п перехода.
3. Гетеропереход и его свойства.
4. Классификация полупроводниковых диодов.
5. Выпрямительный полупроводниковый диод и его основные свойства.
6. ВАХ идеального и реального диода.
7. Модель и уравнение ВАХ диода.
8. Импульсный диод, его свойства и параметры.
9. Полупроводниковый стабилитрон и его основные свойства. ВАХ идеального и реального стабилитрона.
10. Обращенный диод и его свойства.
11. Биполярный транзистор как управляемый электронный элемент. Принципы работы биполярных транзисторов.
12. Классификация, режимы работы, схемы включения и основные характеристики биполярных транзисторов.
13. Входные и выходные вольт-амперные характеристики биполярного транзистора в схемах с общей базой и общим эмиттером.
14. Достоинства и недостатки биполярного транзистора.
15. Полевой транзистор как управляемый электронный элемент. Принципы работы полевых транзисторов.
16. Классификация, режимы работы, схемы включения и основные характеристики полевых и МДП- транзисторов.
17. Полевой транзистор с управляющим р-п переходом.
18. Полевой транзистор с изолированным затвором. Входные и выходные вольт-амперные характеристики полевого транзистора в схемах с общим затвором и общим истоком.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

19. Достоинства и недостатки полевого транзистора.
20. Электронные усилители, их функции и характеристики.
21. Классификация усилителей. Структура усилителя.
22. Элементная база усилителей. Усилительные каскады с общим эмиттером.
23. Усилительные каскады с общим коллектором.
24. Усилительные каскады с общей базой.
25. Статический режим работы усилителя. Методы стабилизации положения рабочей точки.
26. Усилительные каскады на полевых и МДП-транзисторах.
27. Усилители мощности. Режимы работы усилителя.
28. Дифференциальный каскад – основа операционного усилителя.
29. Способы подачи сигнала на дифференциальный усилитель.
30. Функция операционного усилителя.
31. Параметры и характеристики операционного усилителя.
32. Корректировка нуля операционного усилителя.
33. Инвертированное и неинвертированное включение операционного усилителя.
34. Виды обратной связи в операционном усилителе. Применение операционного усилителя без обратной связи.
35. Применение операционного усилителя с положительной обратной связью.
36. Применение операционного усилителя с отрицательной обратной связью.
37. Классификация генераторов. Принципы построения генераторов.
38. Активные элементы генераторов. Релаксационные генераторы.
39. Частотно задающие элементы.
40. Роль обратной положительной связи. Генераторы гармонических колебаний.
41. Генераторы прямоугольных импульсов.

## 10. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ

Содержание, требования, условия и порядок организации самостоятельной работы обучающихся с учетом формы обучения определяются в соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы обучающихся», утвержденным Ученым советом УлГУ (протокол №8/268 от 26.03.2019г.).

### Форма обучения очная

Название разделов и тем	Вид самостоятельной работы ( <i>проработка учебного материала, решение задач, реферат, доклад, контрольная работа, подготовка к сдаче зачета, экзамена и др.</i> )	Объем в часах	Форма контроля ( <i>проверка решения задач, реферата и др.</i> )
1. Полупроводниковые диоды	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины для подготовки к практическим занятиям и выполнению лабораторного практикума; Подготовка к тестированию; Подготовка к сдаче экзамена	16	тестирование, устный опрос, экзамен
2. Биполярные транзисторы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины для подготовки к практическим занятиям и	16	тестирование, устный опрос, экзамен

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

	выполнению лабораторного практикума; Подготовка к тестированию; Подготовка к сдаче экзамена		
3. Полевые и МДП-транзисторы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины для подготовки к практическим занятиям и выполнению лабораторного практикума; Подготовка к тестированию; Подготовка к сдаче экзамена	18	тестирование, устный опрос, экзамен
4. Усилители на основе биполярных транзисторов	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины для подготовки к практическим занятиям и выполнению лабораторного практикума; Подготовка к тестированию; Подготовка к сдаче экзамена	16	тестирование, устный опрос, экзамен
5. Операционный усилитель	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины для подготовки к практическим занятиям и выполнению лабораторного практикума; Подготовка к тестированию; Подготовка к сдаче экзамена	16	тестирование, устный опрос, экзамен
6. Генераторы	Проработка учебного материала с использованием ресурсов учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины для подготовки к практическим занятиям и выполнению лабораторного практикума; Подготовка к тестированию; Подготовка к сдаче экзамена	18	тестирование, устный опрос, экзамен

## 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### а) Список рекомендуемой литературы

#### основная:

1. *Миловзоров, О. В.* Электроника: учебник для прикладного бакалавриата / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2017. — 344 с. — (Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-00077-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/398451>.

2. *Новожилов, О. П.* Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / О. П. Новожилов. — Москва: Издательство Юрайт, 2017. — 382 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-03513-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/404055>

#### дополнительная:

1. *Шишкин, Г. Г.* Электроника: учебник для бакалавров / Г. Г. Шишкин, А. Г. Шишкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2017. — 703 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3422-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/396718>

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

2. *Миленина, С. А.* Электроника и схемотехника : учебник и практикум для академического бакалавриата / С. А. Миленина ; под редакцией Н. К. Миленина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 270 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-05078-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/408753>

**учебно-методическая:**

1. Сабитов, О. Ю. Лабораторные работы по дисциплине "Практикум по электронике" : метод. указания. Ч. 1 / О. Ю. Сабитов. — Ульяновск : УлГУ, 2016. — 58 с.

2. Ситникова, С. В. Сборник задач по дисциплине «Электроника» : учебно-методическое пособие / С. В. Ситникова, А. С. Арефьев. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 60 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/71877.html>.

3. **Сабитов О. Ю.** Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Полупроводниковая электроника», «Практикум по электронике 1» для направления 03.03.03 «Радиофизика» / О. Ю. Сабитов; УлГУ, ИФФВТ, Каф. радиофизики и электроники. — Ульяновск: УлГУ, 2019. — Режим доступа. <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Download/MObject/5553>

Согласовано:

 /  /  / \_\_\_\_\_  
Должность сотрудника научной библиотеки ФИО подпись дата

**б) Программное обеспечение:**

- Операционная система Альт рабочая станция 8;
- Программный пакет Мой Офис.
- Лицензионный математический пакет Maple.

**в) Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:**

**1. Электронно-библиотечные системы:**

1.1. IPRbooks : электронно-библиотечная система : сайт / группа компаний Ай Пи Ар Медиа. - Саратов, [2020]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.2. ЮРАЙТ : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Электронное издательство ЮРАЙТ. – Москва, [2020]. - URL: <https://www.biblio-online.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.3. Консультант студента : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Политехресурс. – Москва, [2020]. – URL: [http://www.studentlibrary.ru/catalogue/switch\\_kit/x2019-128.html](http://www.studentlibrary.ru/catalogue/switch_kit/x2019-128.html). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.4. Лань : электронно-библиотечная система : сайт / ООО ЭБС Лань. – Санкт-Петербург, [2020]. – URL: <https://e.lanbook.com>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

1.5. Znanium.com : электронно-библиотечная система : сайт / ООО Знаниум. - Москва, [2020]. - URL: <http://znanium.com>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. - Текст : электронный.

1.6. Clinical Collection : коллекция для медицинских университетов, клиник, медицинских библиотек // EBSCOhost : [портал]. – URL: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/search/advanced?vid=1&sid=e3ddfb99-a1a7-46dd-a6eb-2185f3e0876a%40sessionmgr4008>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : элек-

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

тронный.

**2. КонсультантПлюс** [Электронный ресурс]: справочная правовая система. /ООО «Консультант Плюс» - Электрон. дан. - Москва : КонсультантПлюс, [2020].

**3. Базы данных периодических изданий:**

3.1. База данных периодических изданий : электронные журналы / ООО ИВИС. - Москва, [2020]. – URL: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

3.2. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт / ООО Научная Электронная Библиотека. – Москва, [2020]. – URL: <http://elibrary.ru>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный

3.3. «Grebennikon» : электронная библиотека / ИД Гребенников. – Москва, [2020]. – URL: <https://id2.action-media.ru/Personal/Products>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Текст : электронный.

**4. Национальная электронная библиотека** : электронная библиотека : федеральная государственная информационная система : сайт / Министерство культуры РФ ; РГБ. – Москва, [2020]. – URL: <https://нэб.рф>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

**5. SMART Imagebase** // EBSCOhost : [портал]. – URL: <https://ebco.smartimagebase.com/?TOKEN=EBSCO-1a2ff8c55aa76d8229047223a7d6dc9c&custid=s6895741>. – Режим доступа : для авториз. пользователей. – Изображение : электронные.

**6. Федеральные информационно-образовательные порталы:**

6.1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://window.edu.ru/>. – Текст : электронный.

6.2. Российское образование : федеральный портал / учредитель ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ. – URL: <http://www.edu.ru>. – Текст : электронный.

**7. Образовательные ресурсы УлГУ:**

7.1. Электронная библиотека УлГУ : модуль АБИС Мега-ПРО / ООО «Дата Экспресс». – URL: <http://lib.ulsu.ru/MegaPro/Web>. – Режим доступа : для пользователей научной библиотеки. – Текст : электронный.

7.2. Образовательный портал УлГУ. – URL: <http://edu.ulsu.ru>. – Режим доступа : для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.

Согласовано:

Техник / сб. каб. | Бурдурмаев | Гельс | \_\_\_\_\_  
 Должность сотрудника УИТиТ | ФИО | Подпись | дата

**12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитории для проведения лекций, семинарских занятий, для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций.

Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, учебной доской. Аудитории для проведения лекций оборудованы мультимедийным оборудованием для предоставления информации большой аудитории. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде, электронно-библиотечной системе.

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф - Рабочая программа дисциплины		

### 13. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

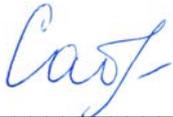
– для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации;

– для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

В случае необходимости использования в учебном процессе частично/исключительно дистанционных образовательных технологий, организация работы ППС с обучающимися с ОВЗ и инвалидами предусматривается в электронной информационно-образовательной среде с учетом их индивидуальных психофизических особенностей. Перечень оборудования, используемого в учебном процессе, указывается в соответствии со сведениями о материально-техническом обеспечении и оснащенности образовательного процесса, размещенными на официальном сайте УлГУ в разделе «Сведения об образовательной организации». Для проведения лабораторных работ используется следующее оборудование: средства для измерения и визуализации частотных и временных характеристик сигналов, средства для измерения параметров электрических цепей, Б5-500М (источник питания), В/м В7-20/3, В7-43, В7-451, В/м В7-40/3, В7-43, В7-451, В/м В7-20/3, В7-43, В7-451, В/м циф. В7-16-В7-35(В7-16-35), вольтметр В73-42 электрометрический, В/м В7-20/3, В7-43, В7, В/м циф. В7-16-В7-35(В7-16-35), прибор Е7-14, прибор Л 2-56, прибор Л 2-56, прибор МДР-бу Осциллограф ( С1-83, 7), осциллограф (С1-73, 2), осциллографы АКПП-4115/4А. Генераторы OWON AG 1022F. Учебные стенды лабораторные LESO3. Частотомеры MS 6100. Источники питания НУ3005D 0-30v/5А. Генератор сигналов низкочастотный (ГЗ-120, 2), измеритель цифровой (Е7-12/1). Измеритель параметров модульных транзисторов (Л2-42, 5), измеритель параметров маломощных транзисторов (Л2-77, 2), измеритель цифровой универсальный (Е7-11, 2). Автоматизированный лабораторный стенд для исследования биполярных структур ТЭ-БС. Автоматизированный лабораторный стенд для исследования униполярных структур ТЭ-УС.

Разработчик



подпись

профессор кафедры РФЭ

должность

О. Ю. Сабитов

ФИО