МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и электроники
_____ / В.А. Небольсин /
31 августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Физические основы устройств радиотехники и микроэлектроники»

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 мес.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2020

Автор программы _____ Т.В. Свистова

И.о. заведующего кафедрой полупроводниковой электроники и наноэлектроники _____ А.В. Строгонов

Руководитель ОПОП _____ А.В. Арсентьев

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины:

– изучение принципов построения, характеристик и особенностей основных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры;

– формирование знаний по особенностям разработки, теоретическим и практическим вопросам расчета и проектирования интегральных микросхем, схемотехнике различных видов микросхем, важнейшим аспектам разработки и автоматизации проектирования БИС, а также новым наиболее перспективным направлениям развития микроэлектроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

– освоение методов описания радиотехнических сигналов и расчета характеристик устройств радиоэлектронной аппаратуры

– ознакомление с историей, достижениями и тенденциями развития микроэлектроники, многообразием различных классов интегральных микросхем (ИМС);

– изучение физических принципов работы, характеристик и параметров ИМС, моделей процессов и явлений, лежащих в основе работы ИМС;

– практическое освоение студентами задач моделирования и синтеза процессов, лежащих в основе работы ИМС;

– приобретение навыков расчета основных параметров и характеристик ИМС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 «Физические основы устройств радиотехники и микроэлектроники» относится к дисциплинам части блока Б1 учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы устройств радиотехники и микроэлектроники» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2: способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения;

ПК-5: способность владеть современными методами расчета и проектирования микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники, способность к восприятию, разработке и критической оценке новых способов их проектирования.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	**знать** основы теории физических процессов, связанных с электромагнитными колебаниями; работу предложенных в курсе радиоэлектронных устройств их свойства, характеристики и параметры; физические принципы работы, характеристики и параметры основных типов интегральных микросхем; конструкции, параметры, основные эксплуатационные характеристики и области применения микроэлектронных устройств;
	уметь производить измерения электрических величин с помощью электроизмерительных аналоговых и цифровых приборов, анализировать вид и спектральный состав различных сигналов, оценивать степень воздействия электронных цепей на параметры и спектр сигнала; применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы микроэлектронных устройств;
	владеть методами решения задач, связанных с необходимостью применения радиоэлектронных средств и методов в своей практической деятельности; математическими методами обработки и анализа сигналов; навыками использования стандартной терминологии, определений, обозначений и единиц физических величин в микроэлектронике; навыками выбора интегральных микросхем для применения в электронной аппаратуре.
ПК-5	**знать** способы описания радиотехнических сигналов; физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия микроэлектронных устройств;
	уметь формировать модели анализируемых узлов радиотехнических устройств и протекающих в них процессов; применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования устройств микроэлектроники; самостоятельно решать задачи моделирования, анализа и синтеза процессов и явлений, лежащих в основе работы ИМС; проводить оценочные расчеты их основных параметров и характеристик;
	владеть навыками проведения расчетов элементов узлов радиоэлектронной аппаратуры с помощью современных методов моделирования и исследования устройств, в том числе и с использованием современной вычислительной техники; навыками организации и проведения измерения электрических параметров и характеристик микросхем; навыками расчета и проектирования основных классов приборов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы устройств радиотехники и микроэлектроники» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		4	5
Аудиторные занятия (всего)	82	32	50
В том числе:			
Лекции	50	16	34
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	-
Практические занятия (ПЗ)	16		16
Самостоятельная работа	98	40	58
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой)	++	Зач.	ЗаО
Общая трудоемкость час	180	72	108
зач. ед.	5	2	3

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
Аудиторные занятия (всего)	22	8	14
В том числе:			
Лекции	12	4	8
Лабораторные работы (ЛР)	4	4	-
Практические занятия (ПЗ)	6		6
Самостоятельная работа	150	60	90
Часы на контроль	8	4	4
Вид промежуточной аттестации (зачет, зачет с оценкой)	++	Зач.	ЗаО
Общая трудоемкость час	180	72	108
зач. ед.	5	2	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Практ зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
4 семестр							
1	Введение, исходные положения	Введение, исходные положения радиотехники Предмет и задачи радиотехники. Основные сведения о радиотехнических сигналах	4	-	4	10	18

	радиотехники.	и устройствах. Теорема Котельникова. Радиотехнические сигналы и их спектры. Разложение периодических сигналов в ряд Фурье. *Самостоятельно.* Мощность и работа постоянного тока. Физические понятия в радиотехнике.					
2	Радиосигналы с амплитудной и угловой модуляцией.	Временная и частотная формы представления сигналов с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией. Характерные особенности радиосигналов с амплитудной и угловой модуляцией. Разновидности сигналов с амплитудной и угловой модуляцией и их применение в радиотехнических системах и цифровых средствах связи. *Самостоятельно*. Математические операции с комплексными числами. Виды модуляции сигналов.	4	-	4	10	18
3	Нелинейные радиотехнические цепи	Широкополосные усилительные устройства. Схема замещения усилительного прибора. Схемы и особенности резистивных усилителей напряжения на полевых и биполярных транзисторах. Операционный усилитель. Нелинейные радиотехнические цепи. Резистивные нелинейные элементы и их вольт-амперные характеристики. Последовательное и параллельное соединение нелинейных элементов. Работа усилителя мощности в нелинейном режиме. *Самостоятельно*. Основные законы электромагнитной индукции. Сущность физического явления резонанса в контуре. Формула Томсона. Частотные характеристики реактивных элементов цепи.	4	-	4	10	18
4	Электрические фильтры.	Электрические фильтры. Основные типы и характеристики фильтров. Фильтры первого и второго порядков, их АЧХ, ФЧХ и избирательность. Гармонические колебания в контурах и их характеристики. Резонансы токов и напряжений. Частотно- избирательные свойства контура. Синусоидальный ток в цепях с резистором, индуктивностью и емкостью. *Самостоятельно*. Пьезоэлектрические фильтры. Связанные контуры.	4	-	4	10	18
		Всего за 4 семестр	16	-	16	40	72
		5 семестр					
5	Основные принципы и понятия микроэлектроники	Классификация микросхем по функциональным и конструкторско-технологическим признакам. Элементы и компоненты микросхем.	2	-	-	4	6
6	Активные элементы интегральных микросхем.	Структуры биполярных транзисторов полупроводниковых микросхем. Диодные структуры в микроэлектронике. Транзисторные структуры специального назначения: многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы, транзисторы с диодом Шотки. Конструктивные особенности МДП транзисторов интегральных микросхем. *Самостоятельно.* Структура и принцип действия транзисторных элементов памяти постоянных запоминающих устройств. Приборы с зарядовой связью.	8	4	-	12	24
7	Пассивные элементы интегральных микросхем.	Полупроводниковые и пленочные резисторы. Конденсаторы и индуктивные элементы. *Самостоятельно.* Микрополосковые линии и элементы на их основе.	4	4	-	10	18
8	Современные тенденции в развитии микроэлектроники	Закон Мура. Понятие и законы масштабирования элементов микросхем. Физические ограничения в микроэлектронике. Перспективы дальнейшего уменьшения размеров элементов интегральных микросхем. *Самостоятельно.* Основные проблемы миниатюризации и особенности структуры современных субмикронных МДП транзисторов. Влияние межэлементных соединений на работу микросхем. Понятие задержки импульса.	6	2	-	12	20
9	Конструктивно-технологические особенности элементной базы для ИМС диапазона СВЧ.	Конструктивно-технологические особенности элементной базы для ИМС диапазона СВЧ. Транзисторы с управляющим переходом металл - полупроводник. *Самостоятельно.* Функциональные возможности МДП и МЕП транзисторов в интегральных микросхемах.	6	2	-	12	20
10	Гетероструктуры в современной микроэлектронике	Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов. Явления сверхинжекции и образования двумерного электронного газа в гетеропереходе. *Самостоятельно.* Гетеропереходные биполярные транзисторы и транзисторы с высокой подвижностью электронов: физические принципы работы и варианты конструкции. HEMT-структуры.	8	4	-	8	20
		Всего за 5 семестр	34	16	-	58	108
		Итого	**50**	**16**	**16**	**98**	**180**

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Практ зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
6 семестр							
1	Введение, исходные положения радиотехники.	Введение, исходные положения радиотехники Предмет и задачи радиотехники. Основные сведения о радиотехнических сигналах и устройствах. Теорема Котельникова. Радиотехнические сигналы и их спектры. Разложение периодических сигналов в ряд Фурье. *Самостоятельно.* Мощность и работа постоянного тока. Физические понятия в радиотехнике.	2	-	-	14	16
2	Радиосигналы с амплитудной и угловой модуляцией.	Временная и частотная формы представления сигналов с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией. Характерные особенности радиосигналов с амплитудной и угловой модуляцией. Разновидности сигналов с амплитудной и угловой модуляцией и их применение в радиотехнических системах и цифровых средствах связи. *Самостоятельно*. Математические операции с комплексными числами. Виды модуляции сигналов.	-	-	2	16	18
3	Нелинейные радиотехнические цепи	Широкополосные усилительные устройства. Схема замещения усилительного прибора. Схемы и особенности резистивных усилителей напряжения на полевых и биполярных транзисторах. Операционный усилитель. Нелинейные радиотехнические цепи. Резистивные нелинейные элементы и их вольт-амперные характеристики. Последовательное и параллельное соединение нелинейных элементов. Работа усилителя мощности в нелинейном режиме. *Самостоятельно*. Основные законы электромагнитной индукции. Сущность физического явления резонанса в контуре. Формула Томсона. Частотные характеристики реактивных элементов цепи.	2	-	-	14	16
4	Электрические фильтры.	Электрические фильтры. Основные типы и характеристики фильтров. Фильтры первого и второго порядков, их АЧХ, ФЧХ и избирательность. Гармонические колебания в контурах и их характеристики. Резонансы токов и напряжений. Частотно- избирательные свойства контура. Синусоидальный ток в цепях с резистором, индуктивностью и емкостью. *Самостоятельно*. Пьезоэлектрические фильтры. Связанные контуры.	-	-	2	16	18
		Всего за 6 семестр	4	-	4	60	68
		Контроль					4
		Итого за 6 семестр					72
7 семестр							
5	Основные принципы и понятия микроэлектроники	Классификация микросхем по функциональным и конструкторско-технологическим признакам. Элементы и компоненты микросхем.	2	2	-	14	18
6	Активные элементы интегральных микросхем.	Структуры биполярных транзисторов полупроводниковых микросхем. Диодные структуры в микроэлектронике. Транзисторные структуры специального назначения: многоэмиттерные и многоколлекторные транзисторы, транзисторы с диодом Шотки. Конструктивные особенности МДП транзисторов интегральных микросхем. *Самостоятельно.* Структура и принцип действия транзисторных элементов памяти постоянных запоминающих устройств. Приборы с зарядовой связью.	2	2	-	16	20
7	Пассивные элементы интегральных микросхем.	Полупроводниковые и пленочные резисторы. Конденсаторы и индуктивные элементы. *Самостоятельно.* Микрополосковые линии и элементы на их основе.	2	2	-	14	18
8	Современные тенденции в развитии микроэлектроники	Закон Мура. Понятие и законы масштабирования элементов микросхем. Физические ограничения в микроэлектронике. Перспективы дальнейшего уменьшения размеров элементов интегральных микросхем. *Самостоятельно.* Основные проблемы миниатюризации и особенности структуры современных субмикронных МДП транзисторов. Влияние межэлементных соединений на работу микросхем. Понятие задержки импульса.	2	-	-	16	18
9	Конструктивно-технологические особенности элементной базы для ИМС диапазона СВЧ.	Конструктивно-технологические особенности элементной базы для ИМС диапазона СВЧ. Транзисторы с управляющим переходом металл - полупроводник. *Самостоятельно.* Функциональные возможности МДП и МЕП транзисторов в интегральных микросхемах.	-	-	-	14	14
10	Гетероструктуры в современной	Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов. Явления сверхинжекции и образования двумерного элек-	-	-	-	16	16

	микроэлектронике	тронного газа в гетеропереходе. *Самостоятельно.* Гетеропереходные биполярные транзисторы и транзисторы с высокой подвижностью электронов: физические принципы работы и варианты конструкции. НЕМТ-структуры.					
Всего за 7 семестр			8	6	-	90	104
Контроль							4
Итого за 7 семестр							108
Итого			**12**	**16**	**16**	**150**	**180**

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Свободные колебания в одиночном контуре.
2. Вынужденные колебания в параллельном контуре.
3. Амплитудная и частотная модуляция радиосигналов.
4. Спектральный анализ периодических сигналов.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Физические основы устройств радиотехники и микроэлектроники» не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	**Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции**	**Критерии оценивания**	**Аттестован**	**Не аттестован**
ПК-2	**знать** основы теории физических процессов, связанных с электромагнитными колебаниями; работу предложенных в курсе радиоэлектронных устройств их свойства, характеристики и параметры; физические принципы работы, характеристики и параметры основных типов интегральных микросхем; конструкции, параметры, основные эксплуатационные характеристики и области применения микроэлектронных устройств;	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов
	уметь производить измерения электрических величин с помощью электроизмерительных аналоговых и цифровых приборов, анализировать вид и спектральный состав различных сигналов, оценивать степень воздействия электронных цепей на параметры и спектр сигнала; применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы микроэлектронных устройств;	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов

	владеть методами решения задач, связанных с необходимостью применения радиоэлектронных средств и методов в своей практической деятельности; математическими методами обработки и анализа сигналов; навыками использования стандартной терминологии, определений, обозначений и единиц физических величин в микроэлектронике; навыками выбора интегральных микросхем для применения в электронной аппаратуре.	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов
ПК-5	**знать** способы описания радиотехнических сигналов; физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия микроэлектронных устройств;	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов
	уметь формировать модели анализируемых узлов радиотехнических устройств и протекающих в них процессов; применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования устройств микроэлектроники; самостоятельно решать задачи моделирования, анализа и синтеза процессов и явлений, лежащих в основе работы ИМС; проводить оценочные расчеты их основных параметров и характеристик;	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов
	владеть навыками проведения расчетов элементов узлов радиоэлектронной аппаратуры с помощью современных методов моделирования и исследования устройств, в том числе и с использованием современной вычислительной техники; навыками организации и проведения измерения электрических параметров и характеристик микросхем; навыками расчета и проектирования основных классов приборов.	Тест	Выполнение теста на 40 – 100 %	В тесте менее 40 % правильных ответов

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 семестре для очной формы обучения, в 6 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	**знать** основы теории физических процессов, связанных с электромагнитными колебаниями; работу предложенных в курсе радиоэлектронных устройств их свойства, характеристики и параметры; физические принципы работы, характеристики и параметры основных типов интегральных микросхем; конструкции, параметры, основные эксплуатационные характеристики и области применения микроэлектронных устройств;	Тест	Выполнение теста на 70 - 100 %	Выполнение менее 70 %
	уметь производить измерения электрических величин с помощью электроизмерительных аналоговых и цифровых приборов, анализировать вид и спектральный состав различных сигналов, оценивать степень воздействия электронных цепей на параметры и спектр сигнала; применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы микроэлектронных устройств;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами решения задач, связанных с необходимостью применения радиоэлектронных средств и методов в своей практической деятельности; математическими методами обработки и анализа сигналов; навыками использования стандартной терминологии, определений, обозначений и единиц физических величин в микроэлектронике; навыками выбора интегральных микросхем для применения в электронной аппаратуре.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	**знать** способы описания радиотехнических сигналов; физиче-	Тест	Выполнение	Вы-

	ские и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия микроэлектронных устройств;		теста на 70 - 100 %	полнение менее 70 %
	уметь формировать модели анализируемых узлов радиотехнических устройств и протекающих в них процессов; применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования устройств микроэлектроники; самостоятельно решать задачи моделирования, анализа и синтеза процессов и явлений, лежащих в основе работы ИМС; проводить оценочные расчеты их основных параметров и характеристик;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками проведения расчетов элементов узлов радиоэлектронной аппаратуры с помощью современных методов моделирования и исследования устройств, в том числе и с использованием современной вычислительной техники; навыками организации и проведения измерения электрических параметров и характеристик микросхем; навыками расчета и проектирования основных классов приборов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, в 7 семестре для заочной формы обучения по системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно»

Компетенция	**Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции**	**Критерии оценивания**	**Отлично**	**Хорошо**	**Удовл**	**Неудовл**
ПК-2	**знать** основы теории физических процессов, связанных с электромагнитными колебаниями; работу предложенных в курсе радиоэлектронных устройств их свойства, характеристики и параметры; физические принципы работы, характеристики и параметры основных типов интегральных микросхем; конструкции, параметры, основные эксплуатационные характеристики и области применения микроэлектронных устройств;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь производить измерения электрических величин с помощью электроизмерительных аналоговых и цифровых приборов, анализировать вид и спектральный состав различных сигналов, оценивать степень воздействия электронных цепей на параметры и спектр сигнала; применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании физических процессов, лежащих в основе принципов работы микроэлектронных устройств;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами решения задач, связанных с необходимостью применения радиоэлектронных средств и методов в своей практической деятельности; математическими методами обработки и анализа сигналов; навыками использования стандартной терминологии, определений, обозначений и	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные от-	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во	Продемонстрирован верный ход решения в боль-	Задачи не решены

	единиц физических величин в микроэлектронике; навыками выбора интегральных микросхем для применения в электронной аппаратуре.		веты	всех задачах	шинстве задач	
ПК-5	**знать** способы описания радиотехнических сигналов; физические и математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия микроэлектронных устройств;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь формировать модели анализируемых узлов радиотехнических устройств и протекающих в них процессов; применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования устройств микроэлектроники; самостоятельно решать задачи моделирования, анализа и синтеза процессов и явлений, лежащих в основе работы ИМС; проводить оценочные расчеты их основных параметров и характеристик;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками проведения расчетов элементов узлов радиоэлектронной аппаратуры с помощью современных методов моделирования и исследования устройств, в том числе и с использованием современной вычислительной техники; навыками организации и проведения измерения электрических параметров и характеристик микросхем; навыками расчета и проектирования основных классов приборов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Как расшифровывается ВАХ?
   1. вольт-амперная характеристика;
   2. ватт-амперная характеристика;
   3. величина атомных характеристик.
2. При повышенной температуре возрастает опасность теплового:
   1) пробоя;
   2) перебоя;
   3) запоя;
   4) перепоя.
3. Резкое изменение режима работы диода, находящегося под обратным напряжением, называется:
   1) пробоем;
   2) переходом;
   3) ионизацией;
   4) дистиляризацией.
4. Может ли ток в процессе пробоя увеличиться при неизменном и даже уменьшающемся (по модулю) обратном напряжении?
   1) может;
   2) не может;

3) не всегда;
4) может, в зависимости от силы тока.

5. Полупроводниковый диод, работающий в режиме электрического пробоя, называется:
1) стабилитрон;
2) стабилизатор;
3) транзистор;
4) резистор.

6. Что стабилизирует ток?
1) стабистор;
2) стабилятор;
3) стабилизатор;
4) стабитатор.

7. Полупроводниковый диод, напряжение на котором мало зависит от тока, называется:
1) стагистор;
2) стабистор;
3) стагилистр;
4) стабитр.

8. Стабилитрон регулирует:
1) напряжение;
2) силу тока;
3) сопротивление;
4) мощность.

9. Полупроводниковый диод, который работает в режиме туннельного пробоя при включении в прямом направлении, называется:
1) туннельный диод;
2) стабилизаторный диод;
3) двойной диод;
4) электронный диод.

10. Полупроводниковый диод, физические явления в котором подобны физическим явлениям в туннельном диоде, называется:
1) обращенный диод;
2) обратный диод;
3) электронный диод;
4) туннельный диод.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Плотность упаковки ИМС – это:
1) отношение числа элементов к объему микросхемы без учета выводов;
2) число элементов или простых компонентов на кристалле микросхемы;
3) число функциональных ячеек в кристалле;
4) отношение числа элементов к числу функциональных ячеек в кристалле.

2. Средняя интегральная микросхема (СИС) – это ИС, содержащая:
1) свыше 100 до 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 100 до 500 – для аналоговых (2..3 степень);
2) до 100 элементов и (или) компонентов включительно (1..2 степень);
3) свыше 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 500 – для аналоговых ИС (3..4 степень).

3. В какой из перечисленных микросхем все элементы выполнены в объеме кристалла полупроводника?
1) тонкопленочной;
2) гибридной;

3) полупроводниковой.

4. Большая интегральная микросхема (БИС) – это ИС, содержащая:
   1) свыше 100 до 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 100 до 500 – для аналоговых (2..3 степень);
   2) до 100 элементов и (или) компонентов включительно (1..2 степень);
   3) свыше 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 500 – для аналоговых ИС (3..4 степень).

5. В какой из перечисленных микросхем все элементы представляют собой пленки, нанесенные на диэлектрическое основание?
   1) тонкопленочной;
   2) гибридной;
   3) полупроводниковой.

6. Сверхбольшая интегральная микросхема (СБИС) – это ИС, содержащая
   1) свыше 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 500 – для аналоговых ИС (3…4 степень);
   2) свыше 100000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС с регулярной структурой построения, свыше 50000 – для цифровых ИС с нерегулярной структурой построения, и свыше 10000 – для аналоговых ИС (5…7 степень);
   3) свыше 100 до 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 100 до 500 – для аналоговых (2…3 степень).

7. В какой из перечисленных микросхем на диэлектрической подложке изготовляются пленочные пассивные элементы и на поверхности устанавливаются навесные активные и пассивные компоненты?
   1) тонкопленочной;
   2) гибридной;
   3) полупроводниковой.

8. Степень интеграции определяется по формуле:
   1) k = expN, где k – коэффициент, определяющий степень интеграции, округляемый до ближайшего большего целого числа, N– число элементов и компонентов, входящих в интегральную микросхему;
   2) k = lgN, где k – коэффициент, определяющий степень интеграции, округляемый до ближайшего большего целого числа, N– число элементов и компонентов, входящих в интегральную микросхему;
   3) k = lnN, где k – коэффициент, определяющий степень интеграции, округляемый до ближайшего большего целого числа, N– число элементов и компонентов, входящих в интегральную микросхему.

9. В отличие от аналоговых, цифровые ИМС:
   1) обрабатывают сигналы, описываемые непрерывными функциями;
   2) предназначены для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции;
   3) выполнены по тонкопленочной технологии.

10. Малая интегральная микросхема (МИС) – это ИС, содержащая
   1) свыше 100 до 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 100 до 500 – для аналоговых (2…3 степень);
   2) до 100 элементов и (или) компонентов включительно (1...2 степень);
   3) свыше 1000 элементов и (или) компонентов для цифровых ИС и свыше 500 – для аналоговых ИС (3…4 степень).

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Дать расшифровку маркировки интегральной микросхемы КМ 155ЛА3

2. Дать расшифровку маркировки интегральной микросхемы 1533ИД2

3. Дать расшифровку маркировки интегральной микросхемы КР228УВ1

4. Для изготовления кремниевого транзистора типа *n*-*p*-*n*- используется планарно-диффузионная технология без скрытого слоя. Какие операции необходимо выполнить в рамках данного технологического цикла? Перечислите по крайней мере пять последовательных этапов. Кремниевая пластина *p*-типа имеет толщину 0,127 – 0,152 мм и удельное сопротивление 10 Ом·м. Толщина эпитаксиального слоя 0,025 мм, толщина оксидного слоя 50 нм.

5. Схематически изобразите конструкции планарных *n*-*p*-*n*-транзисторов, изготовленных с помощью интегральной технологии. Обозначьте на рисунках области n^+, p и n, а также выводы Э, Б и К.

6. Для образования *p*-области базы *p*-*n*-перехода используется диффузионный метод. Какова характеристика диода? Каким будет диод, если для создания *p*-*n*-перехода эмиттер выполняется диффузионным способом?

7. Транзистор типа *n*-*p*-*n*, изолированный оксидом кремния, имеет следующие размеры: площадь базы 6х4 мкм, площадь эмиттера 2х4 мкм, площадь коллекторного контакта 2х4 мкм, глубина перехода эмиттер - база 0,4 мкм, глубина перехода коллектор-база 0,3 мкм, толщина эпитаксиального *n*-слоя 2 мкм (с учетом толщины диффузионной области снаружи скрытого слоя).

а) Вычислите концентрацию легирующей примеси в эпитаксиальном *n*-слое, которую следует создать, чтобы предотвратить прокол базы, если $I_К = 2$ мА.

б) Определите, какое паразитное сопротивление вносится в цепь коллектора эпитаксиальным *n*-слоем, расположенным на участке до коллекторного контакта. Определите падение напряжения на этом сопротивлении при токе $I_К = 2$ мА.

8. Укажите преимущества и ограничения, свойственные МОП-транзисторам интегральных схем.

9. Объясните, какой недостаток присущ прибору типа *n*-МОП, толщина оксидного слоя которою слишком мала.

10. Полевой МОП-транзистор с индуцированным *n*-каналом, изображенный на рис. 1, изготовлен на подложке с концентрацией примесей $N_а = 10^{15}$ см$^{-3}$ Путем имплантации атомов бора концентрация доводится до $N_а = 2 \cdot 10^{16}$ см$^{-3}$; на границе канала в результате диффузии устанавливается концентрация акцепторной примеси $N_а \approx 10^{17}$ см$^{-3}$. Толщина слоя подзатворного диэлектрика 0,1 мкм. Вычислите пороговое напряжение и обсудите полученный результат.

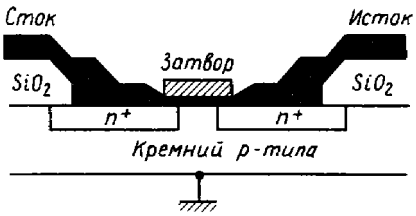

Рис. 1. Полевой МОП-транзистор с индуцированным *n*-каналом

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Основные элементы электрических цепей. Замещение физических устройств идеализированными элементами цепи.
2. Активные и пассивные электрические цепи. Источники энергии в электрической цепи.

3. Вольт-амперная характеристика цепи. Цепи постоянного тока. Закон Ома. Законы Кирхгофа.
4. Делитель напряжения.
5. Теорема об эквивалентном преобразовании источников. Внутреннее сопротивление источников. Методы расчета цепей постоянного тока. Преобразования электрических схем.
6. Выключатель. Процессы в цепях с ЭДС, являющейся функцией включения. RL-цепь. RC-цепь.
7. Дифференцирующие и интегрирующие цепи.
8. Общее уравнение для RLC-контура. Добротность RLC-контура. Частные случаи решения уравнения RLC-контура при различных значениях добротности ($Q<1/2$, $Q=1/2$, $Q>1/2$). Колебательный заряд (разряд).
9. Переменный ток. Периодические токи. Гармонический ток в элементах цепи. Мощность в цепи переменного тока.
10. Метод комплексных амплитуд. Закон Ома для комплексных амплитуд.
11. Резонанс в последовательных колебательных контурах. Резонансные характеристики последовательного контура
12. Реальный параллельный контур. Контуры первого, второго и третьего вида. Резонансные характеристики параллельного контура.
13. Определение нелинейных электрических цепей. Область использования. Полупроводники.
14. Диод.
15. Принцип работы транзистора. P-n-p и n-p-n транзисторы.
16. Схемы включения транзистора. ВАХ транзистора. Режимы работы транзистора. Эквивалентная схема транзистора.
17. Классические схемы усилителей. Узкополосный усилитель. Дифференциальные усилители. Операционные усилители (ОУ).
18. Автоколебательные системы. Виды генераторов. Генераторы синусоидальных колебаний низкой частоты (НЧ). Релаксационные генераторы.
19. Классификация сигналов. Геометрические методы в теории сигналов. Обобщенный ряд Фурье. Система ортогональных функций. Тригонометрические функции и функции Уолша.
20. Периодические сигналы и ряды Фурье. Непериодические сигналы. Интеграл Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье. Спектральная плотность сигнала. Энергия сигнала, представленного в виде спектрального разложения.
21. Классификация сигналов. Операция дискретизации сигналов. Теорема Котельникова.
22. Теоретические основы модуляции сигналов. Амплитудная модуляция. Аппаратная реализация амплитудной модуляции.
23. Частотная и фазовая модуляции. Аппаратная реализация угловой модуляции. Реактивный транзистор.
24. Детектирование амплитудно-модулированных колебаний. Детектирование частотно-модулированных сигналов.
25. Основные операции преобразования сигналов. Преобразование частоты. Супергетеродинный прием.
26. Микроэлектроника. Интегральная технология. Групповые методы технологии. Интегральная электроника. Функциональная электроника.
27. Приемы интеграции при сборке изделий электронной техники.
28. Основные понятия микроэлектроники (интегральная схема (ИС), элемент, компонент, корпус, подложка, плата, полупроводниковая пластина, кристалл, контактная площадка, бескорпусная микросхема).
29. Степень интеграции, плотность упаковки элементов на кристалле, технологический размер.

30. Классификация ИС (по функциональному назначению, по конструктивно-технологическому исполнению; по степени интеграции)
31. Особенности полупроводниковых ИС. Особенности пленочных ИС. Особенности гибридных ИС. Особенности совмещенных ИС.
32. Маркировка интегральных микросхем.
33. Методы изоляции элементов интегральных микросхем (изоляция обратно-смещенным p-n-переходом, изоляция коллекторной диффузией; изоляции диэлектриком: КВД, КНД, КНС; комбинированный метод: метод боковой диэлектрической изоляции V-канавками).
34. Интегральные биполярные транзисторы типа n-p-n. и типа p-n-p.
35. Интегральные полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом.
36. Интегральные МДП-транзисторы. Комплементарные (КМОП) транзисторы. Интегральные V-МДП-транзисторы.
37. Интегральные диоды на основе биполярных транзисторов.
38. Интегральные диоды на основе МДП-транзисторов.
39. Диод Шоттки. Интегральный стабилитрон.
40. Многоэмиттерные транзисторы. Многоколлекторные транзисторы.
41. Интегральные транзисторы с барьером Шоттки. Интегральные D-МДП-транзисторы.
42. Интегральные полевые транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник (МЕП, ПТШ).
43. МНОП-транзистор. МДП-транзистор с плавающим затвором. Двухзатворный МДП-транзистор.
44. Резисторы интегральных схем (диффузионные резисторы, пинч-резисторы, ионно-легированные резисторы, МДП-резисторы, пленочные резисторы).
45. Конденсаторы (диффузионные конденсаторы, МОП-конденсаторы, пленочные конденсаторы, СВЧ-конденсаторы) и индуктивности интегральных схем.
46. Межэлементные соединения (многослойная металлизация, прокладка шин металлизации над каналами резисторов, диффузионные перемычки).
47. Электромиграция, явление «электронного ветра».
48. Основные параметры и отличительные особенности гетеропереходов.
49. Явления сверхинжекции и образования двумерного электронного газа в гетеропереходе.
50. Гетеропереходные биполярные транзисторы и транзисторы с высокой подвижностью электронов

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «не зачтено» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «зачтено» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 20 баллов

При получении оценки «Зачтено» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

Зачет с оценкой проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса. Оценка знаний студентов производится по следующему критерию:

- оценка «отлично» выставляется, если на все вопросы даны отличные ответы или 2 вопроса оценены на «отлично», а 1 вопрос – на «хорошо»;
- оценка «хорошо» выставляется, если 2 вопроса оценены на «отлично» или «хорошо», а 1 вопрос – на «удовлетворительно»;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если 2 вопроса оценены на «удовлетворительно» или один из вопросов оценен на «неудовлетворительно» при любых оценках на оставшиеся вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если более 1-го вопроса оценены на «неудовлетворительно».

При получении оценок «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение, исходные положения радиотехники.	ПК-2, ПК-5	Тест, защита лабораторных работ
2	Радиосигналы с амплитудной и угловой модуляцией.	ПК-2, ПК-5	Тест, защита лабораторных работ
3	Нелинейные радиотехнические цепи	ПК-2, ПК-5	Тест, защита лабораторных работ
4	Электрические фильтры.	ПК-2, ПК-5	Тест, защита лабораторных работ
5	Основные принципы и понятия микроэлектроники	ПК-2, ПК-5	Тест
6	Активные элементы интегральных микросхем.	ПК-2, ПК-5	Тест
7	Пассивные элементы интегральных микросхем.	ПК-2, ПК-5	Тест
8	Современные тенденции в развитии микроэлектроники	ПК-2, ПК-5	Тест
9	Конструктивно-технологические особенности элементной базы для ИМС диапазона СВЧ.	ПК-2, ПК-5	Тест
10	Гетероструктуры в современной микроэлектронике	ПК-2, ПК-5	Тест

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста преподавателем и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач преподавателем и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. **Каганов В.И.** Основы радиоэлектроники и связи: учеб. пособие / В.И. Каганов, В.К. Битюгов. - М. : Горячая линия -Телеком, 2006. -542 с. - ISBN 5-93517-236-4

2. **Баскаков С.И.** Радиотехнические цепи и сигналы: учебник: допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР / С.И. Баскаков. - 4-е изд., испр. и доп. – М.: URSS [ЛЕНАНД], 2016. – 520 с. - (Классика инженерной мысли: радиотехника). - ISBN 978-5-9710-2464-4

3. **Харкевич А.А.** Основы радиотехники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Харкевич. - 3-е изд., стер. – М.: Физматлит, 2007. - 513 с. - ISBN 978-5-9221-0790-7. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82659

4. **Вахтин О.Г.** Гармонические колебания в линейных цепях: учеб. пособие / О.Г. Вахтин, З.М. Каневский, В.П. Литвиненко. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. - 104 с.

5. **Свистова Т.В.** Основы микроэлектроники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Т.В. Свистова; ФГБОУ ВО «Воронеж. гос. техн. ун-т», каф. полупроводниковой электроники и наноэлектроники. – Электрон. текстовые, граф. дан. (2,7 Мб). - Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2017. - 147 с

6. **Ефимов И.Е.** Основы микроэлектроники: учебник / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь. - 3-е изд., стереотип. - СПб.: Лань, 2008. - 384 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0866-5

7. **Ефимов И.Е.** Основы микроэлектроники [Электронный ресурс]: учебник / И.Е. Ефимов, И.Я. Козырь. - 3-е изд. - СПб.: Лань, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-0866-5. URL: https://e.lanbook.com/book/167727

8. **Старосельский В.И.** Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие / В.И. Старосельский. - М.: Юрайт, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-9916-0808-4

Дополнительная литература

9. **Гоноровский И.С.** Радиотехнические цепи и сигналы : учеб. пособие / И.С. Гоноровский. - 5-е изд., испр. - М. : Дрофа, 2006. - 719 с. - (Классики отечественной науки). - ISBN 5-7107-7985-7

10. **Новиков Ю.Н.** Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях: учеб. пособие / Ю.Н. Новиков. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2011. - 368 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1184-9

11. **Новиков Ю.Н.** Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа процессов в цепях [Электронный ресурс] / Ю.Н. Новиков. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2021. - 368 с. - ISBN 978-5-8114-1184-9. URL: https://e.lanbook.com/book/167861

12. **Смирнов Ю.А.** Основы микроэлектроники и микропроцессоров техники: учеб. пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - Спб.: Лань, 2013. – 496 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1379-9

13. **Смирнов Ю.А.** Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. - 2-е изд., испр. - Спб.: Лань, 2021. - 496 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1379-9. URL: https://e.lanbook.com/book/168550

14. **Свистова Т.В.** Микроэлектроника: учеб. пособие / Т.В. Свистова. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2011. - 129 с.

15. **Коваленко А.А.** Основы микроэлектроники: учеб. пособие / А.А. Коваленко, М.Д. Петропавловский. - М.: Академия, 2006. - 240 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-2661-3

16. **Балашов Ю.С**. Физические основы функционирования интегральных устройств микроэлектроники: учеб. пособие / Ю.С. Балашов, М.И. Горлов. – 2-е изд., перераб. и доп. - Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2008. – 187 с.

17. **Степаненко И.П.** Основы микроэлектроники: учеб. пособие для вузов / И.П. Степаненко. - 2-е изд. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2001. - 488 с. - ISBN 5-93208-045-0

18. **Кравцов Е.В.** Расчет, исследование и моделирование радиотехнических сигналов и устройств: лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.В. Кравцов, В.П. Литвиненко, С.Н. Панычев. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Программное обеспечение компьютеров для самостоятельной и аудиторной работы:

- Операционные системы семейства MSWindows;
- Пакет офисных программ LibreOffice;
- Программа просмотра файлов WinDjview;
- Программа просмотра файлов формата pdf Adobe Acrobat Reader;
- Интернет-браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- Математический пакет MathCad Express, Smath Studio;
- Среда разработки Python;
- Система управления курсами Moodle;

Используемые электронные библиотечные системы:

- Модуль книгообеспеченности АИБС «МАРК SQL»: http://bibl.cchgeu.ru/provision/struct/;

- Университетская библиотека онлайн: http://biblioclub.ru/;
- ЭБС Издательства «ЛАНЬ», в том числе к коллекциям «Инженерно-технические науки», «Физика»: http://e.lanbook.com/;
- ЭБС IPRbooks: http://www.iprbookshop.ru;
- научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru/.

Информационные справочные системы:

- портал федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования: http://fgosvo.ru;
- единое окно доступа к образовательным ресурсам: http://window.edu.ru/;
- открытый образовательный ресурс НИЯУ МИФИ: http://online.mephi.ru/;
- открытое образование: https://openedu.ru/;
- физический информационный портал: http://phys-portal.ru/index.html
- Профессиональные справочные системы «Техэксперт»: https://cntd.ru
- Электронная информационная образовательная среда ВГТУ: https://old.education.cchgeu.ru

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Лекционная аудитория 311/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций: мультимедиа-проектором, стационарным экраном, наборами демонстрационного оборудования (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека.
проектор BenQ MP515 DLP;
экран ScreenMedia настенный.
огнетушитель.

2. Лаборатория физики полупроводниковых приборов, ауд. 208/4, укомплектованная специализированной мебелью и оснащенная оборудованием для проведения лабораторных занятий (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 22 человека;
генератор Г4-18А (3 штуки);
измеритель иммитанса Е7-20;
осциллограф С1-104 (2 штуки);
лабораторный источник питания HY5003 (2 штуки);
осциллограф С9-4А (2 штуки);
электрометр У1-7;
частотомер Ч3-34;
вольтметр В7-20 (2 штуки);
осциллограф С1-73;
вольтметр селективный GMS;
осциллограф МСР ОСУ-10А;
генератор сигналов FG-515;
генератор ГЗ-104 (2 штуки);
вольтметр В7-16;
вольтметр цифровой В2-20;
обучающее устройство (2 штуки);
огнетушитель.

3. Дисплейный класс для самостоятельной работы студентов**,** укомплектованный специализированной мебелью и оснащенный персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, ауд. 209/4 (учебный корпус № 4, расположенный по адресу: Московский пр., 179):

комплект учебной мебели: рабочее место преподавателя (стол, стул);
рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек.
компьютер-сборка каф.9;
компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/M/20" LCD);
компьютер-сборка каф.7;
компьютер-сборка каф.3;
компьютер в составе: (H61/IntelCorei3/Кв/M/23" LCD);
компьютер-сборка каф.5;
компьютер-сборка каф.4;
компьютер-сборка каф.8;
компьютер-сборка каф.2;
компьютер-сборка каф.6;
компьютер-сборка каф.10;
комп. в сост: Сист.блок RAMEC GALE,монитор 17" LCD;
компьютер-сборка каф.1;
экран Projecta ProScreen настенный рулонный;
проектор BenQ MP515 DLP;
огнетушитель.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физические основы устройств радиотехники и микроэлектроники» читаются лекции, проводятся лабораторные и практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета характеристик элементов интегральных схем. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проектирования студенты должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины осуществляется тестированием и защитой лабораторных работ. Освоение дисциплины оценивается на зачете с оценкой.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2: при осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется образовательный портал ВГТУ – https://old.education.cchgeu.ru	31.08.2021	
2			
3			
4			