



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»

Общий факультет (Фрязино)

УТВЕРЖДАЮ

Директор филиала РТУ МИРЭА в г.
Фрязино

_____ Макарова Л.А.

«__» _____ 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
Интегральные устройства радиоэлектронных средств**

Читающее подразделение	базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств
Направление	11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
Направленность	Проектирование и технология радиоэлектронных средств
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	3 з.е.

Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам

Семестр	Зачётные единицы	Распределение часов							Формы промежуточной аттестации
		Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Контактная работа в период практики и (или) аттестации	Контроль	
6	3	108	32	0	32	26	0,25	17,75	Зачет

Программу составил(и):

старший преподаватель, Татаринов Дмитрий Игоревич _____

Рабочая программа дисциплины

Интегральные устройства радиоэлектронных средств

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 928)

составлена на основании учебного плана:

направление: 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

направленность: «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств

Протокол от 30.08.2021 № 1

Зав. кафедрой Щербаков Сергей Владиленович _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств

Протокол от _____ 2022 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств

Протокол от _____ 2023 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

базовая кафедра № 143 - конструирования СВЧ и цифровых радиоэлектронных средств

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____
Подпись

Расшифровка подписи

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Дисциплина «Интегральные устройства радиоэлектронных средств» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций, предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств с учетом специфики направленности подготовки – «Проектирование и технология радиоэлектронных средств».

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Направление:	11.03.03 Конструирование и технология электронных средств
Направленность:	Проектирование и технология радиоэлектронных средств
Блок:	Дисциплины (модули)
Часть:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
Общая трудоемкость:	3 з.е. (108 акад. час.).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями:

УК-1 - Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

ПК-1 - Способен разрабатывать и проектировать радиоэлектронные средства

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

УК-1 : Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

УК-1.1 : Осваивает методики поиска, сбора и обработки информации, актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, метод системного анализа.

Знать:

- Основные поисковые системы для осуществления патентного поиска, статей и публикаций в научных журналах по различным типам интегральных устройств: Web Of Science, Scopus, Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Крупных отечественных и зарубежных производителей устройств интегральной электроники: АО «Микрон», АО «Ангстрем», АО «ВЗПП-С», ЗАО НПК «Далек», ЗАО «НТЦ СИТ», ОАО «ОКБ-Планета», Analog Devices Inc., Qorvo, Mini-Circuits Inc., Infineon Technologies, Texas Instruments. Метод системного анализа для поиска и сравнения различных типов интегральных устройств по группам параметров: электрическим, механическим, масса-габаритным, климатическим, температурным и другим внешним воздействующим факторам.

Уметь:

- Идентифицировать информацию по степени актуальности, новизны, практической значимости. Пользоваться поисковыми системами для осуществления патентного поиска, статей и публикаций в научных журналах по различным типам интегральных устройств: Web Of Science, Scopus, Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Производить системный анализ интегральных устройств по группам различных параметров.

УК-1.2 : Применяет методики поиска, сбора и обработки информации, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, применять системный подход для решения поставленных задач.

Знать:

- Современные методики поиска и сбора информации: методы сбора фактического материала, методы теоритической интерпретации материала, методы направленного преобразования материала. Осуществлять анализ и синтез полученной информации о различных типах интегральных устройств, группировать по параметрам и строить графики/таблицы сравнения характеристик с использованием различного программного обеспечения: Microsoft Excel, Microsoft Word, AceIT Grapher, MagicPlot Student. Основы единой системы конструкторской документации. При расчете пленочных катушек индуктивности для гибридных интегральных схем (или любых других заданий, ориентированных на построение моделей), применять весь спектр доступных средств: анализ литературы из доступных источников, построение графиков и моделей исходя из проведенного анализа, аналитический расчет, моделирование результатов расчета в САПР Аскон Компас 3D для последующей конвертации в САПР Keysight EmPro и моделировании в трехмерной среде.

Уметь:

- Применять современные методики поиска и сбора информации: методы сбора фактического материала, методы теоретической интерпретации материала, методы направленного преобразования материала. Строить графики и диаграммы сравнения различных характеристик интегральных устройств с использованием программного обеспечения: Microsoft Excel, Microsoft Word, AceIT Grapher, MagicPlot Student. Строить таблицы, проводить сравнительный анализ данных. Пользоваться специализированным программным обеспечением для построения трехмерных моделей интегральных устройств, пассивных элементов (входящих в состав), линий передачи – САПР Аскон Компас 3D. Производить расчет параметров интегральных устройств с применением современного программного обеспечения - Keysight EmPro. Применять системный подход при проектировании интегральных устройств.

ПК-1 : Способен разрабатывать и проектировать радиоэлектронные средства

ПК-1.2 : Разрабатывает структурные и функциональные схемы радиоэлектронных средств, принципиальные схемы устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-экономическим обоснованием принимаемых решений

Знать:

- Номенклатура радиоэлектронных компонентов: назначения, типы, характеристики
- Маршрут топологического проектирования и верификации аналоговых блоков
- Методики экстракции паразитных элементов
- Маршрут проектирования изделий микроэлектроники
- Основы полупроводниковой схемотехники
- Полупроводниковая микросхемотехника
- Полупроводниковая схемотехника
- Аналоговая схемотехника
- Основы топологического проектирования интегральных схем
- Топологическое проектирование аналоговых блоков интегральных схем
- Особенности проектирования топологии аналоговых устройств
- Система автоматизированного аналогового проектирования и моделирования

Уметь:

- Пользоваться методикой аналогового топологического моделирования
- Пользоваться программными средствами топологического моделирования и проектирования
- Пользоваться методами поиска и сопровождения ошибок на этапе физической верификации

- Проводить операции обратного переименования с учетом паразитных компонентов

Владеть:

- Интеграция схемотехнических решений аналоговых субблоков в состав всего СФ-блока
- Построение списка соединений с учетом экстрагированных паразитных компонентов
- Моделирование и анализ результатов моделирования списка цепей, содержащего паразитные элементы отдельных блоков и аналоговой подсистемы системы в целом
- Формирование предложения о коррекции топологических или схемотехнических представлений аналоговых блоков
- Разработка и описание тестовых окружений для аналогового СФ-блока
- Построение иерархической структуры из данных субблоков, представляющей всю аналоговую подсистему в целом
- Физическая и электрическая верификация топологии кристалла средствами системы автоматизированного проектирования
- Экстракция паразитных параметров кристалла
- Построение списка соединений с учетом экстрагированных паразитных компонентов всей системы
- Формирование предложения о коррекции топологических или схемотехнических представлений отдельных блоков или планировки всего кристалла
- Физическая и электрическая верификация топологических представлений блоков средствами системы автоматизированного проектирования
- Экстракция паразитных параметров требуемого уровня детализации

В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН

Знать:

- Топологическое проектирование аналоговых блоков интегральных схем
- Особенности проектирования топологии аналоговых устройств
- Аналоговая схемотехника
- Основы топологического проектирования интегральных схем
- Методики экстракции паразитных элементов
- Маршрут проектирования изделий микроэлектроники
- Система автоматизированного аналогового проектирования и моделирования
- Маршрут топологического проектирования и верификации аналоговых блоков
- Номенклатура радиоэлектронных компонентов: назначения, типы, характеристики
- Современные методики поиска и сбора информации: методы сбора фактического материала, методы теоритической интерпретации материала, методы направленного преобразования материала. Осуществлять анализ и синтез полученной информации о различных типах интегральных устройств, группировать по параметрам и строить графики/таблицы сравнения характеристик с использованием различного программного обеспечения: Microsoft Excel, Microsoft Word, AceIT Grapher, MagicPlot Student. Основы единой системы конструкторской документации. При расчете пленочных катушек индуктивности для гибридных интегральных схем (или любых других заданий, ориентированных на построение моделей), применять весь спектр доступных средств: анализ литературы из доступных источников, построение графиков и моделей исходя из проведенного анализа, аналитический расчет, моделирование результатов расчета в САПР Аскон Компас 3D для последующей конвертации в САПР Keysight EmPro и моделировании в трехмерной среде.

- Основные поисковые системы для осуществления патентного поиска, статей и публикаций в научных журналах по различным типам интегральных устройств: Web Of Science, Scopus, Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Крупных отечественных и зарубежных производителей устройств интегральной электроники: АО «Микрон», АО «Ангстрем», АО «ВЗПП-С», ЗАО НПК «Далекс», ЗАО «НТЦ СИТ», ОАО «ОКБ-Планета», Analog Devices Inc., Qorvo, Mini-Circuits Inc., Infineon Technologies, Texas Instruments. Метод системного анализа для поиска и сравнения различных типов интегральных устройств по группам параметров: электрическим, механическим, масса-габаритным, климатическим, температурным и другим внешним воздействующим факторам.

- Полупроводниковая микросхемотехника
- Полупроводниковая схемотехника
- Основы полупроводниковой схемотехники

Уметь:

- Пользоваться программными средствами топологического моделирования и проектирования
- Проводить операции обратного переименования с учетом паразитных компонентов
- Пользоваться методами поиска и сопровождения ошибок на этапе физической верификации
- Применять современные методики поиска и сбора информации: методы сбора фактического материала, методы теоретической интерпретации материала, методы направленного преобразования материала. Строить графики и диаграммы сравнения различных характеристик интегральных устройств с использованием программного обеспечения: Microsoft Excel, Microsoft Word, AceIT Grapher, MagicPlot Student. Строить таблицы, проводить сравнительный анализ данных. Пользоваться специализированным программным обеспечением для построения трехмерных моделей интегральных устройств, пассивных элементов (входящих в состав), линий передачи – САПР Аскон Компас 3D. Производить расчет параметров интегральных устройств с применением современного программного обеспечения - Keysight EmPro. Применять системный подход при проектировании интегральных устройств.
- Идентифицировать информацию по степени актуальности, новизны, практической значимости. Пользоваться поисковыми системами для осуществления патентного поиска, статей и публикаций в научных журналах по различным типам интегральных устройств: Web Of Science, Scopus, Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Производить системный анализ интегральных устройств по группам различных параметров.

- Пользоваться методикой аналогового топологического моделирования

Владеть:

- Экстракция паразитных параметров требуемого уровня детализации
- Физическая и электрическая верификации топологических представлений блоков средствами системы автоматизированного проектирования
- Формирование предложения о коррекции топологических или схемотехнических представлений отдельных блоков или планировки всего кристалла
- Формирование предложения о коррекции топологических или схемотехнических представлений аналоговых блоков
- Моделирование и анализ результатов моделирования списка цепей, содержащего паразитные элементы отдельных блоков и аналоговой подсистемы системы в целом
- Построение списка соединений с учетом экстрагированных паразитных компонентов
- Построение иерархической структуры из данных субблоков, представляющей всю аналоговую подсистему в целом
- Разработка и описание тестовых окружений для аналогового СФ-блока
- Интеграция схемотехнических решений аналоговых субблоков в состав всего СФ-блока
- Построение списка соединений с учетом экстрагированных паразитных компонентов всей системы
- Экстракция паразитных параметров кристалла

- Физическая и электрическая верификация топологии кристалла средствами системы автоматизированного проектирования

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств.

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Сем.	Часов	Компетенции
1. Пленочные и гибридно-интегральные схемы				
1.1	Классификация интегральных схем. Основные этапы истории развития интегральной микроэлектроники (Лек). Классификация интегральных схем. Основные понятия, термины и определения. Микроэлектроника вчера и сегодня. Номенклатура радиоэлектронных компонентов: назначения, типы, характеристики	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
1.2	Выполнение практических заданий (Пр). Расчет пленочных катушек индуктивности В задании необходимо провести расчет пленочной катушки индуктивности. Предлагается на выбор несколько материалов катушки, материалы подложки. После аналитического расчета необходимо провести моделирование и расчет в САПР Аскон Компас 3D и Keysight EmPro.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
1.3	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2
1.4	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Расчет пленочных катушек индуктивности".	6	1	УК-1.1, УК-1.2
1.5	Пленочные технологии в интегральных схемах (Лек). Общие сведения о пленочной технологии в интегральных схемах. Технологический маршрут изготовления пленочных интегральных схем. Изготовление керамической подложки. Толстопленочные и тонкопленочные пасты. Трафареты. Трафаретная печать различными методами. Вжигание пасты в подложку. Подгонка пассивных элементов: механически и лазером.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
1.6	Выполнение практических заданий (Пр). Расчет пленочных резисторов В задании необходимо провести расчет пленочных резисторов. Предлагается на выбор несколько материалов резистивного слоя, подложки. После аналитического расчета необходимо провести моделирование и расчет в САПР Аскон Компас 3D и Keysight EmPro.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
1.7	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2
1.8	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Расчет пленочных конденсаторов".	6	1	УК-1.1, УК-1.2

1.9	Полупроводниковые интегральные схемы (Лек). Полупроводники и их структура. Носители заряда. Перенос носителей заряда и управление переносом. Электронно-дырочные переходы. Гетеропереходы. Гибридно-интегральные схемы. Преимущества и недостатки ГИС и полупроводниковых интегральных схем.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
1.10	Выполнение практических заданий (Пр). Расчет пленочных конденсаторов. В задании необходимо провести расчет пленочного конденсатора. Предлагается на выбор несколько материалов емкостного слоя, материала подложки. После аналитического расчета необходимо провести моделирование и расчет в САПР Аскон Компас 3D и Keysight EmPro.	6	2	УК-1.2, ПК-1.2
1.11	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.2, ПК-1.2
1.12	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Расчет пленочных конденсаторов".	6	1	УК-1.2, ПК-1.2
2. Интегральные транзисторные структуры				
2.1	Интегральные транзисторные структуры (Лек). Классификация транзисторных структур. Интегральные униполярные транзисторы. МДП-транзисторы с индуцированным каналом. МДП-транзисторы со встроенным каналом. Комплементарные структуры. Транзистор с управляющим p-n переходом. Полевой транзистор на гетероструктурах. V-МДП-транзисторы.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
2.2	Выполнение практических заданий (Пр). Анализ параметров транзисторов с барьером Шоттки В задании необходимо провести сравнительный анализ параметров транзисторов с барьером Шоттки с различными технологиями изготовления: кремниевые и карбидокремниевые; различных производителей, как отечественных, так и зарубежных. Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
2.3	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2
2.4	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Анализ параметров транзисторов с барьером Шоттки".	6	1	УК-1.1, УК-1.2
2.5	Интегральный биполярный транзистор (Лек). Эпитаксиально-планарный транзистор. Физические основы работы биполярного транзистора. Малосигнальные параметры. Эпитаксиально-планарные n-p-n транзисторы. Многоэмиттерные и многоколлекторные структуры. Транзистор с барьером Шоттки.	6	2	УК-1.1, УК-1.2

2.6	Выполнение практических заданий (Пр). Анализ параметров арсенид-галлиевых транзисторов с нитрид-галлиевыми транзисторами. В задании необходимо провести сравнительный анализ параметров GaAs транзисторов с GaN. Необходимо провести обзор литературы, как отечественных, так и зарубежных производителей. Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
2.7	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2
2.8	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Анализ параметров арсенид-галлиевых транзисторов с нитрид-галлиевыми транзисторами".	6	1	УК-1.1, УК-1.2
2.9	Некоторые перспективные и современные транзисторные структуры (Лек). Транзисторы со сверхтонким основанием. МОП-транзисторы с управляемой проходимостью канала. МОП-транзисторы с двойным затвором. Вертикальные МОП-транзисторы. Арсенид-галлиевые транзисторы. Нитрид-галлиевые транзисторы.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
2.10	Выполнение практических заданий (Пр). Определение параметров полевого транзистора. В задании необходимо определить напряжение отсечки полевого транзистора, сопротивление «сток-исток» при различных входных данных. Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
2.11	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2
2.12	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Определение параметров полевого транзистора".	6	1	УК-1.1, УК-1.2
2.13	Выполнение практических заданий (Пр). Определение крутизны МОП-транзистора. В задании необходимо определить крутизну МОП-транзистора S , при различной ширине затвора, длине канала, толщине оксидного слоя диэлектрической изоляции и некоторым другим параметрам. Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
2.14	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Определение крутизны МОП-транзистора".	6	1	УК-1.1, УК-1.2
3. Технология производства интегральных схем				
3.1	Процессы литографии (Лек). Процессы первичной обработки материалов. Процессы литографии. Фотолитография. Электролитография. Рентгенолитография. Ионная литография. Лазерная литография.	6	2	УК-1.1, УК-1.2

3.2	Выполнение практических заданий (Пр). Расчет профилей распределения примесей при высокотемпературной диффузии. В задании необходимо определить режимы окисления, загонки и разгонки примесей при изготовлении биполярного транзистора (структура либо n-p-n либо p-n-p) на кремнии, с заданными параметрами. С помощью Microsoft Excel/AceIT Grapher/MagicPlot Student построить профили распределения донорных и акцепторных примесей. Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	УК-1.1, УК-1.2
3.3	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
3.4	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Расчет профилей распределения примесей при высокотемпературной диффузии".	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
3.5	Процессы локального изменения свойств полупроводников (Лек). Эпитаксия. Легирование полупроводников. Высокотемпературное легирование. Ионная имплантация. Радиационно-стимулированная диффузия. Лазерный отжиг.	6	2	УК-1.1, ПК-1.2
3.6	Выполнение практических заданий (Пр). Расчет профилей распределения примесей при ионной имплантации. В задании необходимо определить режимы имплантации: энергии ионов, дозы имплантации и длительности процессов для ионов бора и фосфора при формировании биполярного транзистора (структура либо n-p-n либо p-n-p) на кремнии, с заданными параметрами. Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	ПК-1.2
3.7	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	ПК-1.2
3.8	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Расчет профилей распределения примесей при ионной имплантации".	6	1	ПК-1.2
3.9	Процессы обработки поверхности (Лек). Окисные пленки кремния. Травление. Ионное травление. Ионно-химическое травление. Плазмохимическое травление. Лазерно-стимулированное травление. Металлизация поверхности.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
3.10	Типовые технологические маршруты производства интегральных схем (Лек). Сборка интегральных схем. Особенности производства интегральных схем. Несколько типовых технологических маршрутов производства интегральных схем.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2

3.11	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение и изучение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4. Аналоговые интегральные схемы				
4.1	Операционные усилители (Лек). Операционный усилитель. Дифференциальный усилитель. Структурная схема операционного усилителя. Аппаратные включения операционных усилителей. Линейные включения операционных усилителей. Инвертирующая схема. Неинвертирующая схема. Примеры современных ОУ производства Texas Instruments и АО «Ангстрем».	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.2	Выполнение практических заданий (Пр). Описание характеристик МШУ с помощью анализатора коэффициента шума. В задании необходимо измерить коэффициент шума и коэффициент усиления малошумящего усилителя с помощью анализатора коэффициента шума (АКШ). Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.3	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.4	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Описание характеристик МШУ с помощью анализатора коэффициента шума".	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.5	Преобразователи типа ЦАП-АЦП (Лек). Цифроаналоговый преобразователь. Аналого-цифровой преобразователь. Примеры современных ЦАП и АЦП производства Analog Devices Inc., Cirrus Logic и др.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.6	Выполнение практических заданий (Пр). Описание характеристик усилителя мощности с помощью радиочастотного анализатора. В задании необходимо получить характеристики усилителя мощности (УМ) посредством измерения отраженных и переданных сигналов с помощью радиочастотного анализатора (РЧА). С помощью РЧА пронаблюдать сжатие динамического диапазона усиления УМ	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.7	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.8	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Описание характеристик усилителя мощности с помощью радиочастотного анализатора".	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2

4.9	Интегральные схемы СВЧ диапазона (Лек). Общие положения. Элементная база электроники СВЧ. Интегральные транзисторы СВЧ диапазона. Монолитные GaAs интегральные схемы. Монолитные GaN схемы. Примеры современных интегральных схем СВЧ диапазона производства Analog Devices Inc., Qorvo, Mini-Circuits Inc., Infineon Technologies, АО «Ангстрем», АО «ВЗПП-С», ЗАО НПК «Далекс», ЗАО «НТЦ СИТ» и др.	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.10	Выполнение практических заданий (Пр). Описание характеристик фильтра с помощью радиочастотного анализатора. В задании необходимо получить характеристики РЧ фильтра посредством измерения отраженных и переданных сигналов с помощью радиочастотного анализатора (РЧА). Отобразить результаты на различных графиках, таких как диаграмма Вольперта-Смита и графики S-параметров	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.11	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.12	Выполнение домашнего задания (Ср). Решение практических задач на тему "Описание характеристик фильтра с помощью радиочастотного анализатора".	6	1	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.13	Выполнение практических заданий (Пр). Описание характеристик усилителя мощности с помощью анализатора спектра. В задании необходимо провести калибровку со смещением с помощью анализатор спектра (АС). Наблюдать частоту сигнала на АС, идущего с генератора сигнала (ГС). Определить потери в кабелях и заполнить таблицы. Провести измерения усиления усилителя мощности. Измерить сжатие динамического диапазона усиления, гармонические искажения. Найти точку перехвата составляющих третьего порядка и развязку усилителя мощности	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.14	Выполнение практических заданий (Пр). Описание характеристик фильтра с помощью анализатора спектра. В задании необходимо провести калибровку со смещением с помощью анализатор спектра (АС). Измерить вносимые потери, полосу пропускания и полосу подавления радиочастотного полосового фильтра с помощью анализатора спектра (АС).	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
4.15	Выполнение практических заданий (Пр). Описание характеристик смесителя с помощью анализатора спектра. В задании необходимо измерить электрические характеристики смесителя частот с помощью анализатора спектра (АС). Понять принципы преобразования частот	6	2	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2

5. Цифровые интегральные схемы				
5.1	Запоминающие устройства. (Лек). Классификация запоминающих устройств. Запоминающие устройства на биполярных транзисторах. Запоминающие устройства на МДП-транзисторах. Запоминающие устройства на арсенид-галлиевых структурах.	6	2	ПК-1.2
5.2	Триггеры и устройства на их основе. (Лек). Бистабильные ячейки. Триггер Шмитта. RS-триггер. RST-триггер. D-триггер. T-триггер. JK-триггер. Счетчики. Регистры сдвига. Сумматоры. Шифраторы и дешифраторы. Мультиплексор.	6	2	ПК-1.2
5.3	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	ПК-1.2
5.4	Микропроцессоры и компьютеры. (Лек). Микропроцессоры. Микропроцессорные системы. Отечественные и зарубежные микропроцессоры и контроллеры.	6	2	ПК-1.2
5.5	Выполнение практических заданий (Пр). Обзор современного состояния микропроцессорных систем В задании необходимо провести обзор современного отечественного и зарубежного состояния микропроцессорных систем. Построить графики развития и усложнения структур, перспективы отрасли. Сделать вывод о проделанной работе.	6	2	ПК-1.2
5.6	Подготовка к аудиторным занятиям (Ср). Повторение пройденного материала	6	1	ПК-1.2
6. Промежуточная аттестация (зачёт)				
6.1	Подготовка к сдаче промежуточной аттестации (Зачёт).	6	17,75	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2
6.2	Контактная работа с преподавателем в период промежуточной аттестации (КрПА).	6	0,25	УК-1.1, УК-1.2, ПК-1.2

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Перечень компетенций

Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Интегральные устройства радиоэлектронных средств», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы

5.2. Типовые контрольные вопросы и задания

1. Интегральные устройства радиоэлектроники как основа современной электроники, понятия, термины, определения.
2. Интегральные микросхемы (ИМС), определения, условное обозначение ИМС.
3. Классификация ИМС по конструктивно-технологическому признаку; по степени интеграции элементов и компонентов; по функциональному назначению; по применяемости в аппаратуре.
4. Гибридные интегральные микросхемы (ГИС, ГИМС) как основа современной электроники СВЧ. Принципы проектирования ГИС различного назначения.
5. Конструкции плёночных (тонкоплёночных, толстоплёночных) элементов ГИС: резисторов,

конденсаторов , индуктивностей, их основные параметры, методики их проектирования и расчёта.

6. Навесные компоненты ГИС, условное обозначение, методы монтажа компонентов на плату ГИС.

7. ГИС на LTCC-керамике, конструкции, технологии, преимущества, применение.

8. Полупроводниковые интегральные микросхемы. Элементная база полупроводниковых ИМС.

9. Интегральные полевые нанотранзисторы со структурой М-Д-П (металл- диэлектрик- полупроводник) как основной элемент БИС и СБИС микросхем микропроцессоров: конструкции, технологии, тенденции развития.

10. Микросхемы микропроцессоров: конструкции, технологии изготовления, современные тенденции развития.

11. Интегральные биполярные и полевые транзисторы логических микросхем, конструкции, принцип действия, перспективы развития.

12. Интегральные микросхемы памяти, перепрограммируемые постоянные запоминающие устройства БИС ПЗУ и ППЗУ, понятие, элементная база. Лавинно-инжекционные с плавающим затвором МДП транзисторы (ЛИПЗМДП), с плавающим и управляющим затворами МДП транзисторы, как элементы памяти современных ИМС памяти, конструкции , принцип действия.

13. Интегральные диоды, в том числе диоды Шоттки, конструкции, принцип действия, применение для быстродействующих полупроводниковых ИМС.

14. Интегральные полупроводниковые резисторы, конденсаторы, конструкции, применение.

15. Конструкции многоэмиттерных (МЭТ) и многоколлекторных интегральных (МКТ) транзисторов, области их применения.

5.3. Фонд оценочных материалов

Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование помещения	Перечень основного оборудования
Учебная лаборатория физики	Учебно-лабораторное оборудование «исследование магнитного поля Земли» с персональным компьютером, установка с блоком и грузами «машина Атвуда», маятник Обербека, маховик со шкивом и грузами, физический маятник, математический маятник, типовой комплект учебного оборудования «электричество и магнетизм», состоящий из источника питания, наборного поля и блока мультиметров, набора миниблоков (конденсаторы, резисторы, катушки индуктивности) и осциллографа, учебно-лабораторное оборудование «измерительный мост» , генератор, набор резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, учебно-лабораторное оборудование «модуль изучения заряда-разряда конденсатора», мультиметр, источник питания, монохроматор, газоразрядная трубка с парами водорода, неоновая лампа
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-

	образовательную среду организации.
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации.

6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

1. Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.
2. Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г.

6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.3.1. Основная литература

1. Смирнов В. В., Аникин С. Н., Волков М. В., Глинкин А. С. Техническая разведка [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2019. - 111 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/157077>
2. Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника [Электронный ресурс]: учебник. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 704 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167679>
3. Гуляев Ю. В., Иванов В. И., Лучников П. А., Сигов А. С., Суржиков А. П. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы [Электронный ресурс]: Учебник для вузов. - Москва: Юрайт, 2021. - 460 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/470122>
4. Алдонин Г. М., Дашкова А. К., Зандер Ф. В., Тронин О. А., Шангина Е. А. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Красноярск: СФУ, 2019. - 372 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/157551>
5. Сигов А. С., Иванов В. И., Лучников П. А., Суржиков А. П. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Электронные радиационные технологии [Электронный ресурс]: Учебник для вузов. - Москва: Юрайт, 2020. - 321 с – Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/451331>

6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
2. Фонд содействия инновациям <http://www.fasie.ru>
3. Международный ресурс для поиска и обмена научными публикациями <https://www.researchgate.net>
4. База данных Web of Science <http://www.webofknowledge.com>

6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.

В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотренных учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведённых ниже.

При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:
приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;
в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;
на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.

Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы.

6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Медиа материалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

