

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1160010	Автоматизированное проектирование высокочастотных устройств

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Инженерия радиоэлектронных средств и систем	Код ОП 1. 11.04.01/33.02
Направление подготовки 1. Радиотехника	Код направления и уровня подготовки 1. 11.04.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кудинов Сергей Иванович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Шабунин Сергей Николаевич	д.т.н., доцент	Заведующий кафедрой	радиоэлектроники и телекоммуникаций

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Автоматизированное проектирование высокочастотных устройств

1.1. Аннотация содержания модуля

Студенты знакомятся с основными проблемами, возникающими при проектировании высокочастотных устройств, и методами их решения с использованием САПР моделирования СВЧ-устройств. Изучают возможности моделирования в среде САПР, предназначенных для моделирования СВЧ устройств и расчета их характеристик. Освоение САПР моделирования СВЧ-устройств позволяет студентам разрабатывать электрические схемы СВЧ-устройств, состоящие из сосредоточенных и распределённых элементов и электромагнитных структур, моделировать их одним из методов (линейное моделирование, одночастотный и многочастотный гармонический баланс, ряды Вольтера, электромагнитное моделирование), настраивать, оптимизировать электромагнитные структуры, используя экстракцию электромагнитных структур из элементов схемы или из топологии схемы. После получения результатов моделирования в САПР ВЧ-устройств полученные результаты студент передает информацию в САПР проектирования печатных плат или гибридных микросборок для создания конструкций плат, сочетающих как аналоговые высокочастотные, так и цифровые обрабатывающие микропроцессорные узлы. Изучение дисциплины способствует формированию информационной грамотности в области применения современных автоматизированных средств проектирования СВЧ-устройств и общепрофессиональных компетенций.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Автоматизированное проектирование высокочастотных устройств	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
---------------------------	--------------------------------	--

1	2	3
<p>Автоматизированное проектирование высокочастотных устройств</p>	<p>ОПК-2 - Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности</p> <p>З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа</p> <p>У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p>
	<p>ПК-2 - Способен выполнять математическое и компьютерное моделирование составных частей радиоэлектронных средств</p>	<p>З-1 - Изложить методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники</p> <p>З-2 - Сделать обзор достижения науки и техники в стране и за рубежом в области разработки и производства оборудования радиоэлектронных средств</p> <p>З-4 - Изложить принципы функционирования и основы схемотехники радиоэлектронных средств</p> <p>З-5 - Изложить методы и средства разработки радиоэлектронных средств с использованием программ для автоматизированного проектирования</p> <p>З-6 - Описать принципы, средства и методы построения физических, математических и</p>

		<p>компьютерных моделей объектов научных исследований</p> <p>У-1 - Выполнять математическое моделирование процессов по типовым методикам, в том числе с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>У-2 - Осуществлять компьютерное моделирование радиоэлектронных средств</p> <p>У-4 - Составлять научно-технические отчеты по результатам исследований</p> <p>П-2 - Иметь опыт компьютерного моделирования радиоэлектронных средств на схемотехническом и системотехническом уровнях</p>
	<p>ПК-3 - Способен проводить аппаратное макетирование и экспериментальные работы по проверке технических характеристик модернизируемых радиоэлектронных средств</p>	<p>З-1 - Изложить методическую и нормативную базу в области разработки и проектирования радиоэлектронных средств</p> <p>З-3 - Изложить методы и средства разработки радиоэлектронных средств с использованием пакетов программ для автоматизированного проектирования</p> <p>З-4 - Описать достижения науки и техники в стране и за рубежом в области разработки и производства оборудования радиоэлектронных средств</p> <p>З-6 - Изложить принципы функционирования и основы схемотехники радиоэлектронных средств</p> <p>У-1 - Осуществлять методологическое обоснование, планирование и подготовку экспериментальных исследований и технических разработок</p> <p>У-2 - Использовать в работе автоматизированные программные средства измерения и контроля параметров радиоэлектронного оборудования</p> <p>У-3 - Выполнять технические расчеты с применением средств вычислительной техники</p> <p>П-2 - Иметь опыт разработки технических требований к проектируемой модернизируемой составной части радиоэлектронного средства</p>

<p>ПК-4 - Способен разрабатывать и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования</p>	<p>У-1 - Использовать специализированные программные средства для моделирования радиотехнических устройств</p> <p>П-1 - Применять средства схемотехнического моделирования устройств и систем радиотехники</p> <p>П-2 - Применять средства электродинамического моделирования высокочастотных средств</p> <p>П-3 - Иметь опыт использования средств программирования для решения научно-технических задач</p>
<p>ПК-5 - Способен разрабатывать инновационные схемотехнические решения составных частей радиоэлектронных средств</p>	<p>З-2 - Изложить методы выполнения технических расчетов, в том числе с применением средств вычислительной техники</p> <p>З-3 - Сделать обзор достижений науки и техники в стране и за рубежом в области разработки и производства оборудования радиоэлектронных средств</p> <p>З-5 - Изложить принципы функционирования и основы схемотехники радиоэлектронных средств</p> <p>У-2 - Выполнять технические расчеты с применением средств вычислительной техники</p> <p>П-1 - Иметь опыт выполнения экспертного оценивания технических предложений, технических заданий, связанных с проектированием модернизируемого радиоэлектронного средства</p> <p>П-2 - Иметь опыт разработки технических требований к составной части радиоэлектронных средств</p> <p>П-3 - Иметь опыт выполнения экспериментальных работ для проверки прогнозируемых технических характеристик составных частей радиоэлектронных средств различного назначения</p>
<p>ПК-6 - Способен разрабатывать принципы функционирования и технические решения по</p>	<p>З-1 - Изложить методы выполнения технических расчетов, в том числе с</p>

	<p>созданию инновационных радиоэлектронных средств</p>	<p>применением средств вычислительной техники</p> <p>З-3 - Изложить достижения науки и техники в стране и за рубежом в области разработки и производства радиоэлектронных средств</p> <p>З-4 - Изложить основы теории антенн, механизмы распространения радиоволн, принципы построения и функционирования приемной и передающей аппаратуры, аппаратно-программные средства цифровой обработки сигналов, основные принципы радиолокации и навигации, средства связи, методы помехоустойчивого кодирования информации</p> <p>З-5 - Описать методы и средства разработки радиоэлектронных средств с использованием программных средств автоматизированного проектирования</p> <p>З-6 - Изложить принципы, средства и методы построения физических, математических и компьютерных моделей радиоэлектронных средств</p> <p>У-2 - Выполнять математическое и компьютерное моделирование процессов обработки сигналов в радиоэлектронных средствах с использованием прикладных программ</p> <p>П-2 - Иметь опыт разработки цифровых моделей разрабатываемого радиоэлектронного средства, проведение компьютерного моделирования, оценка результатов</p> <p>П-4 - Иметь опыт оформления научно-технического отчета с результатами теоретических и экспериментальных исследований</p>
	<p>ПК-9 - Способен проектировать радиотехнические устройства, приборы, системы и комплексы с учетом заданных требований</p>	<p>З-1 - Классифицировать технические характеристики радиотехнических устройств и систем</p> <p>З-4 - Привести примеры конструктивной реализации радиоэлектронных устройств</p> <p>У-1 - Выделить основные параметры, определяющие технические характеристики радиоэлектронных устройств и систем</p>

		<p>У-2 - Анализировать влияние параметров устройств на функционирование радиоэлектронной системы</p> <p>У-4 - Учитывать особенности конструирования радиоэлектронных устройств в диапазоне высоких и сверхвысоких частот</p> <p>П-1 - Иметь практические навыки обоснования принятых технических решения</p> <p>П-2 - Иметь опыт выполнения анализа и синтеза радиотехнических устройств и систем</p> <p>П-3 - Иметь практические навыки проектирования различных элементов и устройств систем радиоэлектроники и оценки их эффективности</p>
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Автоматизированное проектирование
высокочастотных устройств

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Кудинов Сергей Иванович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи

Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 11 от 07.11.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Кудинов Сергей Иванович, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение в систему AWR DE	Интерфейс программы AWR DE. Содержание проекта. Вкладка моделей элементов. Вкладка переменных проекта Var. Вкладка топологии проекта Layout. Командное меню и панель инструментов. Работа с проектами. Установка параметров проекта. Начальные установки фундаментальных частот проекта. Глобальные выражения. Работа с внешними файлами данных.
2	Линейный схемотехнический анализ	Составление и решение схемы. Подсхемы, порты и соединения. Редактирование схем. Фильтры на сосредоточенных элементах. Усилитель, описанный в виде четырехполюсника. Описание схемы в виде текстового файла. Переменные и уравнения.
3	Графики и диаграммы для вывода линейных характеристик	Расчет, создание графиков и диаграмм. Линейные характеристики. Коэффициенты усиления линейных усилителей. Окружности характеристик на комплексной плоскости. Шумовые характеристики. Расчет, создание графиков и диаграмм. Каталог линейных характеристик.
4	Нелинейный схемотехнический анализ	Методы анализа нелинейных схем. Метод гармонического баланса. Моделирование нелинейных приборов. Анализ методом рядов Вольтера. Каталог нелинейных характеристик.
5	Редактор топологии EMSIGHT	Редактирование геометрии структуры. Редактирование параметров корпуса. Диэлектрические слои. Формы проводников, Реквизиты проводников. Перемычки. Порты. Перемычки-порты. Внутренние порты. Электромагнитное

		моделирование. Просмотр тока. Исключение неоднородностей. Связка редактора EMSIGHT с САПР печатных плат Altium Designer (или другой САПР).
6	Редактор топологии АХИЕМ	Диэлектрические слои. Формы проводников, Реквизиты проводников. Перемычки. Порты. Перемычки-порты. Внутренние порты. Электромагнитное моделирование. Связка редактора АХИЕМ с САПР печатных плат Altium Designer(или другой САПР).
7	Топологическое проектирование	Основы построения топологии. Редактор топологии. Создание топологических ячеек. Соединение элементов топологии. Многослойная топология. Импорт топологии в AWR DE из САПР печатных плат Altium Designer и другими. Редакторы топологии в AWR. Инструменты черчения топологии. Трассирование пути. Контроль топологии на ошибки. Экспорт топологии из AWR в САПР печатных плат Altium Designer (или другой САПР).

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматизированное проектирование высокочастотных устройств

Электронные ресурсы (издания)

1. Федоренко, И. А.; Применение пакета программ Microwave Office 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ : учебное пособие.; МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257644> (Электронное издание)
2. Аринин, О. В.; Проектирование СВЧ устройств в среде AWR Design Environment : учебное пособие.; Московский технический университет связи и информатики, Москва; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/61532.html> (Электронное издание)
3. Лопаткин, А. В.; Проектирование печатных плат в системе Altium Designer : учебное пособие.; ДМК Пресс, Москва; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577562> (Электронное издание)
4. Лопаткин, А. В.; Проектирование печатных плат в системе Altium Designer : учебное пособие.; ДМК Пресс, Москва; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577562> (Электронное издание)
5. Бахвалова, С. А.; Основы моделирования и проектирования радиотехнических устройств в Microwave Office; СОЛОН-Пресс, Москва; 2017; <http://www.iprbookshop.ru/90347.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Гусев, Б. В., Шабунин, С. Н.; Моделирование электронных схем в среде AWR DE : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата, специалитета и магистратуры по направлению 210400-Радиотехника.; УрФУ, Екатеринбург; 2013 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

<https://cadence-ds.ru/awr-design-environment/>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<https://cadence-ds.ru/awr-design-environment/>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматизированное проектирование высокочастотных устройств

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Подключение к сети Интернет	Office 365 ProPlusEdu ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr STUUseBnft Student EES
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
--	--	---	--