

Казань – 2024

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Целью реализации программы повышения квалификации является совершенствование и получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности.

Слушатель программы получит возможность овладеть следующими основными компетенциями:

- владеть навыками разработки и проектирования радиоэлектронных средств и радиоэлектронных систем различного назначения
- способен проводить моделирование и проектирование радиоэлектронных устройств и систем с использованием современных программных средств
- владеть навыками подготовки проектно-конструкторской документации на радиоэлектронные устройства

1.2. Планируемые результаты обучения

Обучающийся, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- основные принципы и методы цифрового моделирования электронных схем;
- современные программные средства для моделирования электронных схем;
- основы теории электрических цепей и электроники;
- методы анализа и оптимизации электронных схем.

Должен уметь:

- разрабатывать модели электронных схем в специализированном программном обеспечении;
- проводить анализ и оптимизацию параметров электронных схем;
- интерпретировать результаты моделирования;
- применять современные методы цифрового моделирования для решения практических задач.

Должен владеть навыками:

- Навыками работы в программных средах для моделирования электронных схем
- Методами анализа и оптимизации параметров электронных схем
- Приемами интерпретации результатов моделирования

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять современные методы исследования, проектирования и эксплуатации радиоэлектронных систем и устройств.
- использовать современные программные средства моделирования, оптимального проектирования и конструирования радиоэлектронных устройств и систем.
- самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения.

1.3. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение: наличие высшего образования в области приборостроительной отрасли.

1.4. Программа разработана на основе: профессионального стандарта «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 31.08.2021 №600н.

1.5. Форма обучения – очная.

Продолжительность обучения всего: 144 часа, из них аудиторных занятий – 72 часа, самостоятельная работа обучающихся – 72 часа.

По завершении обучения проводится итоговая аттестация. При успешном прохождении итоговой аттестации слушателям выдается удостоверение о повышении квалификации установленного КФУ образца.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план

Наименование раздела, темы	Трудоемкость , час	Аудиторные занятия			Самостоя- тельная работа, час.
		Всего, час.	в том числе		
			лекции	практич. занятия, семинары	
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Введение в цифровое моделирование электронных схем	8	4	2	2	4
Тема 2. Основы теории электрических цепей	16	8	6	2	8
Тема 3. Программные средства для моделирования электронных схем	32	16	6	10	16
Тема 4. Моделирование аналоговых схем	36	18	8	10	18
Тема 5. Моделирование цифровых схем	32	16	8	8	16
Тема 6. Анализ и оптимизация параметров схем	16	8	4	4	8
Всего	140	70	34	36	70
Итоговая аттестация	4	4	0	4	0
Итого часов	144	74	34	40	70

2.2. Календарный учебный график

Период обучения (дни, недели) ¹⁾	Наименование раздела
1-7 дни	Тема 1. Введение в цифровое моделирование электронных схем Тема 2. Основы теории электрических цепей
8-13 дни	Тема 3. Программные средства для моделирования электронных схем Тема 4. Моделирование аналоговых схем
14-19 дни	Тема 5. Моделирование цифровых схем Тема 6. Анализ и оптимизация параметров схем
20-25 дни	Итоговая аттестация

¹⁾Даты обучения будут определены в расписании занятий при наборе группы на обучение

2.3. Рабочие программы разделов

Наименование темы	Содержание лекций (количество часов)	Наименование практических занятий или семинаров (количество часов)	Виды СРС (количество часов)
1	2	3	4
Тема 1. Введение в цифровое моделирование электронных схем	Введение в цифровое моделирование: определение, цели и задачи. Типы цифрового моделирования: функциональное, логическое, поведенческое. Основные принципы: абстракция, иерархия, модульность, параметризация. Процесс цифрового моделирования: постановка задачи, создание модели, верификация и валидация, анализ результатов. История развития САПР электронных схем Ранние этапы (50-60-е годы): начальные попытки автоматизации. Эволюция в 80-90-е годы: развитие аппаратного обеспечения, новые методы моделирования, интеграция с производственными процессами. Современные тенденции: использование ИИ и машинного обучения, VR и AR, облачные технологии. Области применения цифрового моделирования Промышленное производство: проектирование изделий, оптимизация процессов. Научные исследования: физическое и химическое моделирование, биомедицинские приложения. Образование: образовательные симуляторы, дистанционное обучение. (2 ч.)	Знакомство с интерфейсом и основными функциями программ моделирования электронных схем. (2 ч.)	Работа с литературой. Подготовка к практическим занятиям (4 ч.).
Тема 2. Основы теории	Основные законы электрических цепей. Методы анализа электрических цепей	Решение задач по расчету	Работа с литературой. Подготовка к

электрических цепей	Метод узлового анализа: определение потенциалов узлов относительно опорного узла, решение системы уравнений на основе законов Кирхгофа. Метод контурных токов: определение токов в контурах, решение системы уравнений для контурных токов на основе второго закона Кирхгофа. Метод наложения: анализ цепи путем разложения на несколько более простых цепей, каждая из которых содержит один источник. Метод эквивалентного генератора (Теорема Тевенина и Нортона): замена сложной цепи эквивалентным источником напряжения с сопротивлением (Тевенин) или эквивалентным источником тока с параллельным сопротивлением (Нортон). Метод суперпозиции: анализ линейных цепей с несколькими источниками путем суперпозиции эффектов каждого источника. (6 ч.).	электрических цепей (2 ч.).	практическим занятиям (8 ч.).
Тема 3. Программные средства для моделирования электронных схем	Обзор современных САПР электронных схем. Обзор современных САПР электронных схем OrCAD: широко используемая система для проектирования и симуляции электронных схем, поддержка сложных проектов, высокая точность моделирования. Altium Designer: интегрированная среда проектирования, поддержка разработки печатных плат, мощные инструменты для 3D моделирования, взаимодействие с механическими САПР. KiCad: бесплатное программное обеспечение с открытым исходным кодом, поддержка многоуровневых проектов, удобный интерфейс,	Практическая работа в САПР (10 ч.)	Работа с литературой. Подготовка к практическим занятиям (16 ч.).

	возможность создания пользовательских компонентов. Mentor Graphics (Xpedition): мощная система для проектирования высокочастотных и высокоплотных печатных плат, продвинутые возможности для анализа сигналов и тепловых режимов. Cadence Allegro: решение для профессионального проектирования печатных плат, поддержка сложных схем и многослойных плат, инструменты для анализа электромагнитной совместимости. Multisim: программное обеспечение для моделирования и анализа электронных схем, разработанное компанией National Instruments. Широко используется в образовательных учреждениях и для профессионального проектирования. Основные возможности и особенности Multisim Интуитивно понятный интерфейс: легкость освоения, что делает Multisim подходящим как для студентов, так и для профессионалов. Моделирование в реальном времени: возможность наблюдения за поведением схемы во время изменения параметров в реальном времени. Широкая библиотека компонентов: включает тысячи предопределённых компонентов, включая аналоговые и цифровые устройства, микроконтроллеры и различные интегральные схемы. Инструменты для анализа цепей: AC, DC, транзисторные характеристики, анализ малых сигналов, анализ частотного		
--	---	--	--

	отклика, Monte Carlo анализ и многое другое. Интеграция с LabVIEW: возможность совместного использования с LabVIEW для создания более сложных систем и измерений. (6 ч.).		
Тема 4. Моделирование аналоговых схем	Принципы моделирования аналоговых схем: Определение аналогового моделирования: процесс создания и анализа моделей аналоговых схем для предсказания их поведения в реальных условиях. Основные этапы моделирования: постановка задачи, выбор компонентов, создание схемы, симуляция и анализ результатов. Важность точности и реалистичности моделей: использование точных параметров компонентов для получения достоверных результатов. Модели компонентов: Идеальные компоненты: упрощённые модели без учёта реальных потерь и паразитных элементов (например, идеальные резисторы, конденсаторы, индуктивности). Реалистичные модели: учёт нелинейных характеристик и паразитных эффектов, таких как сопротивление проводников, утечки в конденсаторах, насыщение индуктивностей. Полупроводниковые приборы: модели транзисторов (BJT, MOSFET), диодов, оптронов и других полупроводниковых элементов с учётом их рабочих характеристик. Виды анализа: DC-анализ (постоянный ток): определение рабочих точек и анализ статических характеристик схемы.	Моделирование и анализ аналоговых схем (10 ч.).	Работа с литературой. Подготовка к практическим занятиям (18 ч.).

	АС-анализ (переменный ток): исследование частотных характеристик схемы, определение амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик. Транзиентный анализ: исследование временных характеристик схемы, анализ переходных процессов. Параметрический анализ: изменение одного или нескольких параметров схемы для изучения их влияния на её работу. Monte Carlo анализ: статистический анализ для оценки влияния разброса параметров компонентов на работу схемы. (8 ч.).		
Тема 5. Моделирование цифровых схем	Принципы моделирования цифровых схем: Определение цифрового моделирования: процесс создания и анализа моделей цифровых схем для предсказания их поведения в различных условиях. Абстракция и иерархия: упрощение сложных систем до более управляемых уровней, создание иерархических моделей. Модульность: разбиение схемы на отдельные функциональные блоки или модули, что упрощает разработку и тестирование. Параметризация: использование настраиваемых параметров для моделирования различных сценариев работы схем. Модели компонентов: Идеальные логические элементы: упрощённые модели базовых логических элементов (AND, OR, NOT), которые не учитывают задержки и паразитные эффекты. Реалистичные логические элементы: модели, учитывающие задержки,	Моделирование и анализ цифровых схем (8 ч.).	Работа с литературой. Подготовка к практическим занятиям (16 ч.).

	временные характеристики, переходные процессы и другие паразитные эффекты. Сложные компоненты: модели микропроцессоров, микроконтроллеров, FPGA и других интегральных схем с учётом их специфических особенностей и характеристик. Виды анализа: Функциональный анализ: проверка логической корректности работы схемы, выявление логических ошибок и анализ правильности выполнения алгоритмов. Тайминг-анализ: исследование временных характеристик цифровой схемы, определение задержек распространения сигналов и времени переключения логических элементов. Переходный анализ: анализ переходных процессов в цифровых схемах, изучение поведения схемы при изменении входных сигналов. Статический анализ: оценка параметров схемы без выполнения полной симуляции, выявление возможных проблем на этапе проектирования. Энергетический анализ: оценка энергопотребления цифровой схемы, анализ потребляемой мощности в различных режимах работы. (8 ч.).		
Тема 6. Анализ и оптимизация параметров схем	Определение анализа чувствительности и оптимизации параметров. Значение этих методов в проектировании электронных схем. Основы анализа чувствительности Параметрический анализ: определение и методы проведения. Примеры применения параметрического анализа в электронике.	Практическое применение методов анализа и оптимизации схем. (4 ч.)	Работа с литературой. Подготовка к практическим занятиям (8 ч.).

	Основы оптимизации параметров Градиентные методы: методы и примеры использования. Эволюционные алгоритмы: обзор и применение в оптимизации электронных схем. (4 ч.)		
--	---	--	--

2.4. Оценка качества освоения программы

2.4.1. Формы контроля и аттестации

Оценка качества освоения программы включает итоговую аттестацию.

К итоговой аттестации допускается слушатель, успешно завершивший в полном объеме освоение программы повышения квалификации.

Итоговая аттестация проводится в форме письменного экзамена по билетам.

2.4.2. Оценочные материалы

Примерные вопросы экзамена по билетам:

Билет 1:

1. Основные принципы цифрового моделирования электронных схем.
2. Методы анализа аналоговых схем.

Билет 2:

1. Модели компонентов для цифровых схем.
2. Оптимизация параметров электронных схем.

Билет 3:

1. Особенности моделирования смешанных аналого-цифровых схем.
2. Анализ чувствительности электронных схем.

Билет 4:

1. Методы моделирования нелинейных электронных схем.
2. Анализ переходных процессов в электронных схемах.

Билет 5:

1. Моделирование высокочастотных и СВЧ-схем.
2. Статистический анализ и учет разброса параметров компонентов при моделировании.

Критерии оценки результатов:

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если:

- в ответе обнаруживается отсутствие владения материалом в объеме изучаемой ДПП;
- в ответе на вопросы не дается трактовка основных понятий, при их употреблении;
- ответы на вопросы не имеют логически выстроенного характера, не используются такие мыслительные операции как сравнение, анализ и обобщение.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если:

- в ответах на вопросы при раскрытии содержания вопросов недостаточно раскрываются и анализируются основные противоречия и проблемы;
- при раскрытии особенностей развития тех или иных профессиональных идей, а также описания профессиональной деятельности недостаточно используются материалы современных пособий и первоисточников, допускаются фактические ошибки;

•при ответе используется терминология и дается её определение без ссылки на авторов (теоретиков и практиков);

•ответы на вопросы не имеют логически выстроенного характера, редко используются такие мыслительные операции как сравнение, анализ и обобщение;

•личная точка зрения слушателя носит формальный характер без умения ее обосновывать и доказывать.

Оценка «хорошо» ставится, если:

•ответы на вопросы частично носят проблемный характер, при раскрытии особенностей развития тех или иных профессиональных идей, а также описании профессиональной деятельности используются материалы современных пособий и первоисточников;

•в ответе используется терминология соответствующая конкретному периоду развития теории и практики профессиональной деятельности, где определение того или иного понятия формулируется без знания контекста его развития в системе профессионального понятийного аппарата;

•ответы на вопрос не имеют логически выстроенного характера, но используются такие мыслительные операции как сравнение, анализ и обобщение;

•имеется личная точка зрения слушателя, основанная на фактическом и проблемном материале, приобретенном на лекционных, семинарских, практических занятиях и в результате самостоятельной работы.

Оценка «отлично» ставится, если:

•ответы на вопросы носят проблемный характер, при раскрытии особенностей развития тех или иных профессиональных идей, их описании используются материалы современных учебных пособий и первоисточников;

•в ответе используется терминология, соответствующая конкретному периоду развития теории и практики, и четко формулируется определение, основанное на понимании контекста;

•ответы на вопрос имеют логически выстроенный характер, часто используются такие мыслительные операции как сравнение, анализ и обобщение;

•ярко выражена личная точка зрения слушателя при обязательном владении фактическим и проблемным материалом, полученным на лекционных, практических, семинарских занятиях и в результате самостоятельной работы.

3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

3.1. Требуемые материально-технические условия:

Наименование специализированных учебных помещений	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Учебный класс	Лекция	Мультимедийное оборудование, проектор, компьютеры
Учебный класс	Практическое занятие	Мультимедийное оборудование, проектор, компьютеры

3.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение

Основная литература

1. Пинигин, К. Ю. Моделирование электронных устройств в среде MultiSim: учебно-методическое пособие / К. Ю. Пинигин, В. А. Жмудь.- Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012 - 74 с. - ISBN 978-5-7782-2106-2. - Текст : электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/546584> (дата обращения: 30.06.2024). – Режим доступа: по подписке.

2. Волощенко, П. Ю. Моделирование электронных компонентов интегральных схем методами теории электрических цепей : учебное пособие / П. Ю. Волощенко, Ю. П. Волощенко ; Южный федеральный университет. - Ростов-наДону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 104 с. - ISBN 978-5-9275-2654-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1021674> (дата обращения: 30.06.2024). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература

1. Бурьков, Д. В. Применение IT-технологий в электроэнергетике: Mathcad, Matlab (Simulink), NI Multisim : учебное пособие / Д. В. Бурьков, Н. К. Полуянович ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 126 с. - ISBN 978-5-9275-3086-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1088095> (дата обращения: 30.06.2024). – Режим доступа: по подписке.
2. Лисяк, В. В. Разработка САПР электронной аппаратуры : учебное пособие / В. В. Лисяк ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 93 с. - ISBN 978-5-9275-2518-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1021580> (дата обращения: 30.06.2024). – Режим доступа: по подписке.
3. Марченко, А. Л. Лекции по электронике : учебное пособие / А.Л. Марченко. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 156 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-111536-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2022229> (дата обращения: 30.06.2024). – Режим доступа: по подписке.

3.3. Кадровые условия

Кадровое обеспечение программы осуществляет профессорско-преподавательский состав из числа докторов и кандидатов наук и высококвалифицированных специалистов Казанского федерального университета.

4. РУКОВОДИТЕЛЬ И АВТОР ПРОГРАММЫ

Руководитель:

Гарнаева Гузель Ильдаровна, заместитель директора по образовательной деятельности Института физики.

Автор:

Корчагин Павел Анатольевич, старший преподаватель кафедры радиофизики Института физики.