

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт
электронной техники»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.Г. Балашов

2025

ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Проектирование СВЧ аналоговых интегральных схем
с наноразмерными элементами»

Программа разработана в Передовой инженерной школе
«Средства проектирования и производства электронной компонентной базы»

Москва – 2025

1. Цель реализации программы

Цель программы – повышение уровня квалификации и формирование компетенций специалистов в области проектирования СВЧ интегральных схем с наноразмерными элементами и навыков использования программного обеспечения для проектирования схем и топологии СВЧ АИС в среде специализированной системы автоматизированного проектирования, входящей в пакет программ Cadence. Программа посвящена изучению основ работы с САПР, особенностей проектирования СВЧ интегральных схем с использованием современной среды проектирования Cadence Virtuoso. Программа является ключевой и позволяет расширить у разработчиков уровень возможностей, позволяющий решать более обширный спектр задач схемотехнического проектирования современных СВЧ интегральных схем с наноразмерными элементами.

2. Характеристика профессиональной деятельности и (или) квалификации

Научный проект ПИШ, в котором востребованы компетенции, сформированные в результате обучения по программе – Исследование и разработка перспективных технологий физического моделирования и автоматизации проектирования интегральных схем и фотошаблонов.

Область профессиональной деятельности: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности.

Вид экономической деятельности: 26.11.3 Производство интегральных электронных схем.

Укрупненная группа специальностей: 11.00.00 Электроника, радиотехника и системы связи.

Квалификация: новая квалификация не приобретается.

3. Требования к результатам обучения

Формируемая профессиональная компетенция – способен проектировать СВЧ интегральные схемы с наноразмерными элементами.

В результате освоения данной программы слушатель должен:

знать:

- тенденции и перспективы развития современных методов проектирования средствами САПР;
- особенности проектирования СВЧ интегральных схем;
- о возможностях специализированной системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence;

уметь:

- пользоваться программными средствами схемотехнического проектирования;
- определять принадлежность и выполняемые задачи СВЧ интегральных схем с наноразмерными элементами;

Учебно-тематический план
программы повышения квалификации
«Проектирование СВЧ аналоговых интегральных схем
с наноразмерными элементами»

№ п/п	Наименование разделов/модулей	Всего, час	В том числе		
			Аудиторных		Самостоятел ьная работа
			Лекции	Практические и/или лабораторные занятия	
1.	Возможности системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence	4	2	-	2
1.1	Изучение интерфейса САПР Cadence	4	2	-	2
2.	Схемотехническое проектирование СВЧ схем	14	2	4	8
2.1	Исследование ФНЧ и ФВЧ. Изучение фазовращателей.	8	2	2	4
2.2	Методика проектирования и моделирования СВЧ ключей и аттенуаторов.	6	-	2	4
3	Топологическое проектирование СВЧ схем	14	2	4	8
3.1	Топологическое проектирование с помощью САПР Cadence.	8	2	2	4
3.2	Моделирование СВЧ схем с учётом экстракции паразитных элементов	6	-	2	4
	Итоговая аттестация	зачет			
	Всего	32	6	8	18

Календарный учебный график

Календарный учебный график составляется в форме расписания занятий при наборе группы и прилагается к программе повышения квалификации.

Учебная программа

повышения квалификации

«Проектирование СВЧ аналоговых интегральных схем с наноразмерными элементами»

Раздел 1. Возможности системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence (4 часа).

Тема 1.1. Изучение интерфейса САПР Cadence.

Перечень лекционных занятий

Номер темы	Наименование лекции	Кол-во часов
1.1	Изучение возможностей системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence при проектировании СВЧ схем	2

Самостоятельная работа

Номер темы	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов
1.1	Просмотр лекции.	2

Раздел 2. Схемотехническое проектирование СВЧ схем (14 часов).

Тема 2.1. Исследование ФНЧ и ФВЧ. Изучение фазовращателей.

Перечень лекционных занятий

Номер темы	Наименование лекции	Кол-во часов
2.1	Изучение особенностей проектирования ФНЧ и ФВЧ. Изучение фазовращателей.	2

- пользоваться программными средствами проектирования в специализированной системе автоматизированного проектирования, входящей в пакет программ Cadence;
иметь практический опыт: по проектированию и моделированию электрических схем СВЧ ИС.

4. Содержание программы

Учебный план
программы повышения квалификации
«Проектирование СВЧ аналоговых интегральных схем
с наноразмерными элементами»

Категория слушателей – инженеры, профильные специалисты, имеющие высшее образование, студенты бакалавриата и магистратуры, обучающиеся по соответствующему профилю.

Срок обучения – 32 часа.

Форма обучения –очно-заочная.

№ п/п	Наименование разделов/модулей	Всего, час	В том числе		
			Аудиторных		Самостоятел ьная работа
			Лекции	Практические и/или лабораторные занятия	
1.	Возможности системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence	4	2	-	2
2.	Схемотехническое проектирование СВЧ схем	14	2	4	8
3.	Топологическое проектирование СВЧ схем	14	2	4	8
	Итоговая аттестация	зачет			
	Всего	32	6	8	18

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
2.1	Проектирование ФНЧ, ФВЧ и фазовращателей.	2

Самостоятельная работа

Номер темы	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов
2.1	Просмотр лекции, выполнение практического задания.	4

Тема 2.2. Методика проектирования и моделирования СВЧ ключей и аттенюаторов.

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
2.2	Проектирования и моделирования СВЧ ключей и аттенюаторов.	2

Самостоятельная работа

Номер темы	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов
2.2	Просмотр лекций, выполнение практического задания.	4

Раздел 3. Топологическое проектирование СВЧ схем (14 часов)

Тема 3.1. Топологическое проектирование с помощью САПР Cadence.

Перечень лекционных занятий

Номер темы	Наименование лекции	Кол-во часов
3.1	Изучение возможностей топологического проектирования с помощью САПР Cadence.	2

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
3.1	Проектирование топологии СВЧ ключей и аттенюаторов.	2

Самостоятельная работа

Номер темы	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов
3.1	Просмотр лекций, выполнение практического задания.	4

Тема 3.2. Моделирование СВЧ схем с учётом экстракции паразитных элементов.

Перечень практических занятий

Номер темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
3.2	Моделирование ключей и аттенюаторов с учётом экстракции паразитных элементов.	2

Самостоятельная работа

Номер темы	Вид самостоятельной работы	Кол-во часов
3.2	Просмотр лекций, выполнение практического задания.	4

5. Материально-технические условия реализации программы

5.2 Очно-заочная форма обучения

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Персональное место слушателя	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа	Компьютеры с возможностью подключения к сети Интернет и доступом в систему ОРИОКС. Доступ к ПО Cadence.

6. Учебно-методическое обеспечение программы

1. Бахвалов С. А., Романюк В. А., Основы моделирования и проектирования радиотехнических устройств в Microwave Office. - М. : Солон-Пресс, 2018. – 152 с.:ил.
2. Радиоприемные устройства. Под редакцией профессора Н.Н. Фомина. Москва. Горячая линия - Телеком. 2007.
3. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office. - М.: Солон-Пресс, 2003.3.
4. Миндеева А.А. Интерактивное проектирование ИС интегрированными средствами системы Cadence: Учеб. пособие – М.: МИЭТ, 2008. – 208 с. URL: <http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/normal/003yqqsuu3ds3q/Mindeeva.pdf>

8. Оценка качества освоения программы

Итоговая аттестация проводится в форме зачета. Слушатель считается аттестованным и получает зачет по программе, если получен правильный ответ на один вопрос к зачету и выполнены все практические задания. Список вопросов к зачету и критерии оценки практических заданий приведены далее.

Список вопросов к зачету:

1. Особенности проектирования СВЧ ИС
2. Типы фильтров по полосе пропускания. Нарисовать схемы.
3. Нарисовать и пояснить АЧХ фильтров.
4. Применение фильтров и их разновидности.
5. Параметры фильтров. Пояснить дБ и дБм.
6. Сравнение АЧХ ФНЧ и ФВЧ. Пояснить резонанс.
7. Виды фильтров по конструктивному исполнению.
8. Пояснить принцип работы ключа на МОП транзисторах.
9. Варианты реализации ключей.
10. Классификация аттенюаторов.
11. Виды ключей и их применение.
12. Варианты реализации аттенюаторов.
13. Варианты реализации фазовращателей и их применение.
14. Классификация фазовращателей.
15. Фазовращатели с дискретным фазовым сдвигом. Варианты реализации.
16. Нарисовать и пояснить входную и выходную ВАХ МОП транзистора.
17. Пояснить изменение АЧХ и ФЧХ после экстракции паразитных элементов.
18. Особенности топологического проектирования СВЧ схем.

Критерии оценки практических заданий приведены далее. Работа считается сданной, если набрано не менее трех баллов.

№ п/п	Критерии оценки практические задания	Балл
1	Оформлена краткая теоретическая часть	1
2	Осуществлено проектирование блока	1
3	Успешно проведено моделирование СВЧ схемы получены необходимые характеристики, параметры и графики	1
4	Оформлен отчет о работе	1
5	Получены ответы на контрольные вопросы к работе	1

9. Составители программы

Д.т.н., профессор Института ИнЭл

Ассистент Института ИнЭл



В.В. Лосев

А.Д. Калёнов

Согласовано:

Директор ДРОП

Руководитель направления САПР ЭКБ ПИШ

Директор Института ИнЭл



Н.Ю. Соколова

А.В. Коршунов

В.В. Лосев