

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

« 04 » сентября 2023

**ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**  
**«Основы проектирование и моделирования СВЧ**  
**аналоговых интегральных схем»**

Москва - 2023

## **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**

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

Вид экономической деятельности: Деятельность в области информации и связи.

Угруппированная 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:**

- о тенденциях и перспективах 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;
- 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**  
**«Основы проектирование и моделирования СВЧ**  
**аналоговых интегральных схем»**

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

Срок обучения – 32 часов

Форма обучения – очная, заочная

№ п/п	Наименование модулей	Все го, час	В том числе			Образовательные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самостоятельная работа	
			Лекции	Практ. и лабор. занятия		
1	Возможности системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence	2	2	–	–	ЭО
2	Схемотехническое проектирование и моделирование СВЧ ИС	16	6	8	2	ЭО
3	Особенности топологического проектирования СВЧ схем	14	4	8	2	ЭО
	Всего	32	12	16	4	
Итоговая аттестация		зачет				

**Учебно-тематический план**  
**программы повышения квалификации**  
**«Основы проектирование и моделирования СВЧ**  
**аналоговых интегральных схем»**

№ п/п	Наименование модулей	Все го, час	В том числе			Образова- тельные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самос- тоятел- ьная работа	
			Лекции	Практ. и лабор. занятия		
1	Возможности системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence	2	2	–	–	ЭО
1.1	Изучение интерфейса специализированной системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence.	2	2	–	–	ЭО
2	Особенности схемотехнического проектирование и моделирование СВЧ ИС	16	6	8	2	ЭО
2.1	Исследование ФНЧ и ФВЧ. Изучение фазовращателей.	4	2	2	–	ЭО
2.2	Методика проектирования и моделирования СВЧ ключей и аттенуаторов.	4	–	2	2	ЭО
2.3	Проектирование дифференциальных СВЧ схем	4	2	2	–	ЭО
2.4	Проектирование СВЧ усилителей, ГУН, синтезаторов частот, смесителей	4	2	2	–	ЭО
3	Особенности топологического проектирования СВЧ схем.	14	4	8	2	ЭО

№ п/п	Наименование модулей	Все го, час	В том числе			Образова- тельные технологии, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Самос- тоятел- ьная работа	
			Лекции	Практ. и лабор. занятия		
3.1	Топологическое проектирование с помощью САПР Cadence.	4	–	4	–	ЭО
3.2	Моделирование СВЧ схем с учётом экстракции паразитных элементов	4	2	2	–	ЭО
3.3	Особенности электромагнитного анализа топологии СВЧ ИС	4	2	–	2	ЭО
3.4	Разработка СВЧ систем на кристалле	2	–	2	–	ЭО
	Всего	32	12	16	4	
Итоговая аттестация		Зачет				

**Учебная программа  
повышения квалификации**

«Основы проектирование и моделирования СВЧ  
аналоговых интегральных схем»

**Раздел 1. Возможности системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence (2 часа)**

**Перечень лекционных занятий**

Номер темы	Наименование лекции	Кол-во часов
1.1	Изучение интерфейса специализированной системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence.	2

**Раздел 2. Схемотехническое проектирование и моделирование СВЧ ИС. (16 часов)**

**Перечень лекционных занятий**

Номер темы	Наименование лекции	Кол-во часов
2.1	Изучение особенностей проектирования ФНЧ и ФВЧ. Изучение фазовращателей.	2
2.3	Изучение основ проектирования дифференциальных СВЧ схем	2
2.4	Изучение основ проектирования СВЧ усилителей, ГУН, синтезаторов частот, смесителей	2

**Перечень лабораторных работ**

Номер темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
2.1	Проектирование ФНЧ, ФВЧ и фазовращателей	2
2.2	Проектирования и моделирования СВЧ ключей и аттенюаторов	2
2.3	Основы моделирования дифференциальных СВЧ схем	2
2.4	Основы моделирования проектирования СВЧ усилителей, ГУН, синтезаторов частот, смесителей	2

**Раздел 3. Особенности топологического проектирования СВЧ схем. (14 часов)**

**Перечень лекционных занятий**

Номер темы	Наименование лекции	Кол-во часов
3.2	Моделирование СВЧ схем ключей и аттенюаторов с учётом экстракции паразитных элементов	2
3.3	Изучение особенностей электромагнитного анализа топологии СВЧ ИС	2

**Перечень лабораторных работ**

Номер темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
3.1	Топологическое проектирование с помощью САПР Cadence	4
3.2	Моделирование СВЧ схем ключей и аттенюаторов с учётом экстракции паразитных элементов	2
3.4	Проектирование СВЧ систем на кристалле	2

## 5. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Мультимедийная аудитория	лекции	Проектор, экран, телевизор, подключенный к компьютеру
Компьютерный класс	Лабораторные работы	Рабочие станции; ОС Linux; САПР 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. Нано-КМОП-схемы и проектирование на физическом уровне / Б.П. Вонг, А. Миттал, Ю. Цао, Г. Старр; Пер. с англ. К.В. Юдинцева, под ред. Н.А. Шелепина. - М.: Техносфера, 2014. - 432 с.
3. Тимошенко В.П. Элементная база систем связи: Учеб. пособие / В.П. Тимошенко, А.А. Миндеева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М.: МИЭТ, 2015. - 224 с.

## 7. 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 лабораторные работы. Список вопросов к зачету и критерии оценки лабораторной работы 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 аттенуаторов.
11. Виды ключей и их применение.
12. Варианты реализации аттенуаторов.
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 способы включения транзистора ОБ, ОЭ, ОК.
18. Особенности топологического проектирования СВЧ схем.

Критерии оценки лабораторных работ приведены далее. Работа считается сданной, если набрано не менее трех баллов.

№ п/п	Критерии оценки лабораторной работы	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

#### 8. Составители программы

д.т.н., доцент, директор института ИнЭл  
ассистент института ИнЭл



В.В. Лосев  
А.Д. Калёнов

Согласовано:

Директор ДРОП



Н.Ю. Соколова

д.т.н., доцент, директор института ИнЭл

В.В. Лосев