

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

И.Г. Игнатова

2021

**ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**  
**«Проектирование СВЧ аналоговых интегральных схем**  
**с наноразмерными элементами»**

Москва – 2021

## 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: 11.00.00 Деятельность в области информации и связи.

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

Квалификация: без квалификации.

## 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**  
**«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 – 16 часов

Форма обучения – очная, заочная

№ п/п	Наименование модулей	Всего , 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 СВЧ схем	7	2	4	1	ЭО
3	Топологическое проектирование СВЧ схем	7	2	4	1	ЭО
	Всего	16	6	8	2	
	Итоговая аттестация	зачет				

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

№ п/п	Наименование модулей	Всего , час	В том числе			ОТ, в том числе ЭО и (или) ДОТ
			Аудиторных		Сам. работа	
			Лекции	Практ. и лаб. 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	Схемотехническое проектирование СВЧ схем	7	2	4	1	ЭО
2.1	Исследование ФНЧ и ФВЧ. Изучение фазовращателей.	4	2	2	–	ЭО
2.2	Методика проектирования и моделирования СВЧ ключей и аттенюаторов.	3	–	2	1	ЭО
3	Топологическое проектирование СВЧ схем	7	2	4	1	ЭО
3.1	Топологическое проектирование с помощью САПР Cadence.	4	2	2	–	ЭО
3.2	Моделирование СВЧ схем с учётом экстракции паразитных элементов	3	–	2	1	ЭО
	Всего	16	6	8	2	
Итоговая аттестация		Зачет				

**Учебная программа  
повышения квалификации  
«Проектирование СВЧ аналоговых интегральных схем  
с наноразмерными элементами»**

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

Тема 1.1. Изучение интерфейса специализированной системы автоматизированного проектирования входящей в пакет программ Cadence.

**Перечень лекционных занятий**

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

**Раздел 2. Схемотехническое проектирование СВЧ схем (7 часов)**

Тема 2.1. Исследование ФНЧ и ФВЧ. Изучение фазовращателей.

**Перечень лекционных занятий**

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

**Перечень лабораторных работ**

<b>Номер темы</b>	<b>Наименование практического занятия</b>	<b>Кол-во часов</b>
2.1	Проектирование ФНЧ, ФВЧ и фазовращателей	2

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

**Перечень лабораторных работ**

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

### Раздел 3. Топологическое проектирование СВЧ схем (7 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 лабораторных работ

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

Тема 3.2. Моделирование СВЧ схем с учётом экстракции паразитных элементов

#### Перечень лабораторных работ

Номер темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
3.2	Моделирование ключей и аттенюаторов с учётом экстракции паразитных элементов	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. 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 [Текст] : Учеб. пособие – М.: МИЭТ, 2008. – 208 с.  
URL: <http://emirs.miet.ru/oroks-miet/upload/normal/003yqqsuu3ds3q/Mindeeva.pdf>

## **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, профессор каф. ИЭМС  
инженер каф. ИЭМС



В.В. Лосев  
А.Д. Калёнов

### Согласовано:

Д.т.н, профессор каф. ИЭМС



Т.Ю. Крупкина

Директор ДРОП

Н.Ю. Соколова