

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

СОГЛАСОВАНО

Директор ООО «Радис ЛТД»

Ю.Н.Головенко

« 9 » октября 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.Г.Балашов

« 9 » октября 2024 г.



СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора по
радиотехническим и электромагнитным
измерениям ФГУП ВНИИФТРИ

И.М.Малай

« 9 » октября 2024 г.

**ПРОГРАММА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ
«РАЗРАБОТКА СВЧ МИКРОСХЕМ»**

Москва, 2024 г.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Цель программы – формирование у слушателей профессиональных компетенций проектирования СВЧ-микросхемы, от проектирования на схемном и топологическом уровне на основе PDK производителя до испытаний и выпуска документации. Неотъемлемым элементом программы является разработка СВЧ микросхемы с выходом на проект MPW с последующими испытаниями изготовленного прототипа.

Данная программа переподготовки формирует компетенции в пределах укрупненной группы специальностей - 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи» - в части создания новой электронной компонентной базы для СВЧ-приборов.

Целевые слушатели программы – студенты, обучающиеся по направлениям укрупненной группы специальностей 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи», а также специалисты, имеющие опыт проектирования и сопровождения производства СВЧ-интегральных схем.

1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Наименование нового вида деятельности: производство интегральных схем, микросборок и микромодулей.

Область профессиональной деятельности: 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (сфере проектирования, разработки, испытаний СВЧ-микросхем).

Объекты профессиональной деятельности: модели СВЧ-компонентов на интегральном уровне, микропроцессорные архитектуры, верификационное окружение, сложно-функциональные блоки, архитектуры систем на кристалле, топологии интегральных схем, встраиваемое программное обеспечение микропроцессорной техники.

Задачи профессиональной деятельности: проектирование интегральных схем и систем на кристалле на системном, функциональном, логическом и физическом уровнях описания; обеспечение качества и соответствия моделей всех уровней абстракции СнК заявленным спецификациям и характеристикам, подтверждение заявленных функциональных и электрических параметров изготовленных ИС.

Квалификация: специалист по проектированию наногетероструктурных сверхвысокочастотных (СВЧ) монолитных интегральных схем (МИС СВЧ).

Вид экономической деятельности: деятельность в области информации и связи, 26 (ОКВЭД) – производство компьютеров, электронных и оптических изделий: 26.11.3 «Производство интегральных электронных схем»

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

1.3. Требования к результатам освоения программы

Компетенции определены на основании профессионального стандарта 40.003 «Инженер-конструктор в области производства наногетероструктурных СВЧ-монокристаллических интегральных схем»

Код и формулировка профессиональной компетенции	Трудовая функция в соответствии с ПС		Индикаторы достижения компетенций
	Наименование	Код	
ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования	A/01.6	Разработка топологии тестовых структур и топологии МИС СВЧ, разработка файлов для электронной литографии и изготовления фотошаблонов	Знания : - номенклатуры основных видов СВЧ-микросхем, их функциональных параметров, принципов расчета и моделирования СВЧ-микросхем - стандартных пакетов прикладных программ, используемых при моделировании СВЧ ИС - PDK для типовых СВЧ ИС - процедуры и порядка подготовки проекта под программу совместного запуска - технологии производства и корпусирования СВЧ ИС - моделей СВЧ ИС, их особенностей и границ применимости - видов моделирования, применяемых при проектировании СВЧ ИС Умения: - исходя из цели проектирования, определять оптимальный состав и структуру СВЧ-микросхемы - создавать модели отдельных узлов СВЧ ИС, проводить моделирования и анализировать результаты моделирования - проводить моделирование и проектирование СВЧ ИС с использованием PDK от выбранного производителя - подготавливать необходимый комплект документации для подготовки к программе MPW - учитывать особенности используемого технологического процесса при проектировании СВЧ ИС - строить модели СВЧ ИС с применением САПР - разрабатывать модели процессов и объектов электроники Опыт деятельности: - в постановке задачи и составлении плана разработки СВЧ-микросхем - в использовании прикладных пакетов САПР СВЧ-моделировании - в использовании прикладных пакетов САПР с использованием PDK - по запуску проекта СВЧ ИС на производство - в выборе и учете в общем проекте СВЧ ИС выбранного корпуса микросхемы
	A/02.6	Подготовка конструкторской документации для запуска МИС СВЧ в производство	

			- в разработке компактных и поведенческих моделей СВЧ ИС на основании результатов измерений - в разработке программных решений, предназначенных для решения задач вычислительной электродинамики
ПК-2 Способен разрабатывать методики испытаний и проводить измерения параметров СВЧ-ИС	А/03.6	Разработка методики испытаний, контроля и отбраковки наногетероструктурных МИС СВЧ	Знания: - номенклатуры зондового измерительного оборудования и типов измерений электрических характеристик СВЧ ИС, проводимых с помощью зондовых станций - номенклатуры современного измерительного оборудования и типов измерений электрических характеристик СВЧ ИС - организации процедуры разводки печатных плат в современных топологических САПР - номенклатуры типов испытаний на надежность СВЧ ИС Умения: - проводить измерения электрических характеристик СВЧ ИС - формировать библиотеки компонентов, составлять электрические схемы, разводить топологию печатного узла, подготавливать конструкторскую документацию на печатный узел Опыт деятельности: - в проведении измерений электрических характеристик СВЧ ИС на зондовых станциях по методике измерений - в разработке измерительной оснастки для корпусированной СВЧ-ЭКБ - в проведении испытаний на надежность, в том числе с использованием автоматизированных измерительных комплексов

ПК-3 Способен разрабатывать комплект технических документов на разрабатываемую СВЧ-ИС	А/02.6	Подготовка конструкторской документации для запуска МИС СВЧ в производство	Знания: - типового состава комплекта технической документации на СВЧ ИС Умения: - использовать средства автоматизации для составления документации в соответствии с правилами предприятия и отраслевыми стандартами Опыт деятельности: - разработке комплекта технической документации на СВЧ ИС на основе проекта и результатов измерений и испытаний
---	--------	--	--

1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы

Наличие среднего профессионального или высшего образования или получающие среднее профессиональное и (или) высшее образование (при наличии соответствующей справки с указанием года окончания) по направлению 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи».

Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

1.5. Трудоемкость обучения

Нормативная трудоемкость обучения по данной программе – 852 ак. часа, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

1.6. Форма обучения

Форма обучения: очная

1.7. Режим занятий

Без отрыва от работы. Учебная нагрузка устанавливается не более 54 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя. Продолжительность одного часа занятий 45 минут.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы переподготовки

№ п/п	Наименование учебных модулей, практик	Общая трудоемкость, час	Контактная работа, час			СРС, час	Промежуточная аттестация
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
1.	Общий обзор СВЧ-электроники	24	6	-	2	16	3а
2.	Методы моделирования интегральных схем СВЧ	48	-	16	-	32	3а
3.	Схемотехническое проектирование СВЧ-ИС на основе PDK	48	-	16	-	32	3а
4.	Топологическое проектирование СВЧ-ИС на основе PDK	72	-	24	-	48	3а
5.	Технология подготовки СВЧ-ИС к программе совместного запуска	48	-	16	-	32	3а
6.	Измерительные комплексы на основе зондовой станции	48	-	16	-	32	3а
7.	Технология производства и корпусирования СВЧ-ИС	48	4	12	-	32	3а
8.	Проектирование измерительной оснастки для корпусированной СВЧ-ИС	72	-	24	-	48	3а
9.	Разработка компактных/поведенческих моделей СВЧ-ИС	72	4	20	-	48	3а
10.	Математические основы электродинамических САПР	72	-	24	-	48	3а
11.	Метрологическое обеспечение измерений корпусированной СВЧ-ИС	48	-	16	-	32	3а
12.	Испытания корпусированной СВЧ-ИС	72	-	24	-	48	3а
13.	Разработка документации на СВЧ-ИС	48	4	12	-	32	3а
14.	Практика	124	-	-	-	124	3а
15.	Итоговая аттестация – защита итоговой аттестационной работы	8					
Итого		852					

2.2. Календарный учебный график

Учебная программа переподготовки включает в себя 13 модулей и программу практики.

Мес	Сентябрь				Октябрь				Ноябрь				Декабрь				Январь				Февраль				Март				Апрель				Май				Июнь						
Числа	02	06	16	23	01	07	12	21	28	04	11	18	25	02	09	16	23	13	20	27	03	10	17	24	01	07	14	21	12	19	26	02	09	16	23								
	-	-	14	21	-	-	1	-	31	09	16	23	-	-	07	14	-	18	25	31	-	10	17	-	-	-	-	-	-	03	10	17	-	-	30								
07					05	12	19						30								08				05																		
Нед.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
Первый год обучения																																											
M1																																											
M2																																											
M3																																											
M4																																											
M5																																											
M6																																											
M7																																											
M8																																											
Практика																																											
Второй год обучения																																											
M9																																											
M10																																											
M11																																											
M12																																											
M13																																											
Практика																																											
ИА																																											

3. РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ УЧЕБНЫХ МОДУЛЕЙ

3.1. Рабочая программа учебного модуля «Общий обзор СВЧ-электроники»

3.1.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с современными СВЧ-устройствами, дать систематизированные знания принципов функционирования и порядка расчета основных СВЧ-устройств.

3.1.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает изучение представленного теоретического материала и выполнение заданий на практическом занятии. По окончании модуля у слушателя должно появиться представление о современной номенклатуре СВЧ ИС, методах расчета и проектирования, а также план работ по разработке СВЧ ИС.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** номенклатуры основных видов СВЧ-микросхем, их функциональных параметров, принципов расчета и моделирования СВЧ-микросхем
- **умения:** исходя из цели проектирования, определять оптимальный состав и структуру СВЧ-микросхемы
- **опыт** в постановке задачи и составления плана разработки СВЧ-микросхем.

3.1.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	
1.	Общий обзор СВЧ-электроники	24	6	-	2	16
Всего		24	6	-	2	16
Промежуточная аттестация: Зачет						

3.1.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер лекции	Краткое содержание	Кол. часов
1.	Введение. Номенклатура СВЧ-микросхем. Типовой состав микросхем. Основные технологии, применяемые при проектировании СВЧ ИС.	2
2.	Виды усилителей мощности. Малошумящий усилитель. Мощный усилитель мощности. Линейные усилители.	2
3.	Устройства преобразования частоты. Смесители, модуляторы, демодуляторы. Управляемые устройства СВЧ. Фазовращатели, аттенюаторы, СВЧ-ключи.	2

Перечень лабораторных занятий

Не предусмотрены

Перечень практических занятий

Номер занятия	Наименование практического занятия	Количество часов
1	Постановка задачи проектирования СВЧ ИС. Составление плана работ слушателя.	2

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Промежуточное тестирование по лекциям	8
2.	Довыполнение заданий на практических занятиях	4
2.	Итоговое тестирование по модулю	4

3.1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.1.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции, практические занятия	ОС Windows и Linux, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom
Рабочее место слушателя	СРС	ОС Windows и Linux, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom

3.1.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение тестирований по лекциям, выполнение заданий на практическом занятии и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение тестирований по лекциям слушатель получает 1 балл. Тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов теста.

За успешное выполнение заданий на практическом занятии слушатель получает 1 балл. Задание считается успешно выполненным, если слушатель представил план выполнения проекта по разработке СВЧ ИС.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 5 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.2. Рабочая программа учебного модуля «Методы моделирования интегральных схем СВЧ»

3.2.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с существующими методами расчета, моделирования и проектирования СВЧ ИС.

3.2.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ с применением САПР.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** стандартных пакетов прикладных программ, используемых при моделировании СВЧ ИС.
- **умения:** создавать модели отдельных узлов СВЧ ИС, проводить моделирования и анализировать результаты моделирования.
- **опыт** в использовании прикладных пакетов САПР СВЧ-моделировании.

3.2.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Моделирование СВЧ ИС	48	-	16	-	32
Всего		48	-	16	-	32
Промежуточная аттестация: Зачет						3а

3.2.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Моделирование на схемном уровне. Линейные и нелинейные виды моделирования.	4
2.	СВЧ-электромагнитное моделирование. 2D и 3D моделирование.	4
3.	Топологическое моделирование. Планарные структуры.	4
4.	Методы организации совместного многодоменного моделирования.	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Самостоятельное довыполнение лабораторных заданий	30
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.2.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.2.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, САПР CST Design Suite, САПР Keysight ADS, САПР Cadence AWRDE

3.2.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 5 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.3. Рабочая программа учебного модуля «Схемотехническое проектирование СВЧ-ИС на основе PDK»

3.3.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся существующими методами схемотехнического проектирования СВЧ ИС с использованием PDK от производителя.

3.3.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ с применением САПР.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** PDK для типовых СВЧ ИС.
- **умения:** проводить моделирование и проектирование СВЧ ИС с использованием PDK от выбранного производителя.
- **опыт** в использовании прикладных пакетов САПР с использованием PDK.

3.3.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Схемное моделирование СВЧ ИС с использованием PDK	48	-	16	-	32
Всего		48	-	16	-	32
Промежуточная аттестация: Зачет						3а

3.3.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Выбор схемы СВЧ ИС и активных элементов. Вывод активных элементов на рабочий режим по постоянному току.	4
2.	Выбор импедансов согласующих цепей.	4
3.	Проектирование согласующих цепей с применением PDK.	4
4.	Общее схемное моделирование СВЧ ИС и оптимизация.	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Самостоятельное довыполнение лабораторных заданий	30
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.3.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.3.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, САПР CST Design Suite, САПР Keysight ADS, САПР Cadence AWRDE

3.3.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 5 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.4. Рабочая программа учебного модуля «Топологическое проектирование СВЧ-ИС на основе PDK»

3.4.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся существующими методами топологического проектирования СВЧ ИС с использованием PDK от производителя на основе схемной модели.

3.4.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ с применением САПР.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** PDK для типовых СВЧ ИС.
- **умения:** проводить моделирование и проектирование СВЧ ИС с использованием PDK от выбранного производителя.
- **опыт** в использовании прикладных пакетов САПР с использованием PDK.

3.4.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Топологическое моделирование СВЧ ИС с использованием PDK	72	-	24	-	48
Всего		72	-	24	-	48
Промежуточная аттестация: Зачет						За

3.4.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Конвертирование цепей питания из схемного в топологический уровень.	4
2.	Подстройка согласующих цепей на топологическом уровне с применением PDK.	4
3.	Линейный и нелинейный анализ модели СВЧ ИС на топологическом уровне с применением PDK.	4
4.	Общее топологическое моделирование и оптимизация.	4
5.	Анализ устойчивости спроектированного СВЧ ИС с учетом используемых технорм	4
6.	Финальная настройка проекта СВЧ ИС с учетом всех выявленных неоднородностей.	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Самостоятельное довыполнение лабораторных заданий	46
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.4.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.4.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, САПР CST Design Suite, САПР Keysight ADS, САПР Cadence AWRDE

3.4.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 7 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.5. Рабочая программа учебного модуля «Технология подготовки СВЧ-ИС к программе совместного запуска»

3.5.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с процедурой подготовки проекта СВЧ ИС к запуску на производство.

3.5.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ с применением САПР.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** процедуры и порядка подготовки проекта под программу совместного запуска.
- **умения:** подготавливать необходимый комплект документации для подготовки к программе MPW.
- **опыт** по запуску проекта СВЧ ИС на производство.

3.5.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Подготовка проекта к MPW	48	-	16	-	32
Всего		48	-	16	-	32
Промежуточная аттестация: Зачет						3а

3.5.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Изучение правил топологического проектирования.	4
2.	Проверка проекта на соответствие правилам проектирование.	4
3.	Исправление ошибок.	4
4.	Экспорт топологии в формат GDSII.	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Самостоятельное довыполнение лабораторных заданий	30
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.5.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.5.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, САПР CST Design Suite, САПР Keysight ADS, САПР Cadence AWRDE

3.5.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 5 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.6. Рабочая программа учебного модуля «Измерительные комплексы на основе зондовой станции»

3.6.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с методиками проведения измерений СВЧ ИС на зондовой станции.

3.6.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ с применением измерительного оборудования. По окончании модуля у слушателя должны появиться навыки работы на современных зондовых станциях.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-2 Способен разрабатывать методики испытаний и проводить измерения параметров СВЧ-ИС

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** номенклатуры зондового измерительного оборудования и типов измерений электрических характеристик СВЧ ИС, проводимых с помощью зондовых станций.
- **умения:** проводить измерения электрических характеристик СВЧ ИС.
- **опыт** в проведении измерений электрических характеристик СВЧ ИС на зондовых станциях по методике измерений.

3.6.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Измерительные комплексы на основе зондовой станции	48	-	16	-	32
Всего		48	-	16	-	32
Промежуточная аттестация: Зачет						3а

3.6.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Измерение ВАХ транзистора на зондовой станции	4
2.	Измерение малосигнальных параметров на зондовой станции	4
3.	LoadPull-измерения на зондовой станции	4
4.	Автоматизированное построение отчетов и преобразование измеренных данных для проведение моделирования	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Обработка результатов, полученных во время выполнения лабораторных заданий	30
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.6.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.6.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лаборатория зондовых измерений	Лабораторные занятия	Векторный анализатор цепей Planar S50180 – 1 шт. Зондовая станция класса WaveLink WL-210 RF – 1 шт.
Рабочее место слушателя	СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom,

3.6.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 5 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.7. Рабочая программа учебного модуля «Технология производства и корпусирования СВЧ-ИС»

3.7.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с особенностями технологии производства и корпусирования СВЧ ИС.

3.7.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает изучение представленного теоретического материала и выполнение комплекта лабораторных работ. По окончании модуля у слушателя должно появиться представление о современном состоянии технологии производства СВЧ ИС.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования.

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** технологии производства и корпусирования СВЧ ИС.
- **умения:** учитывать особенности используемого технологического процесса при проектировании СВЧ ИС.
- **опыт** в выборе и учете в общем проекте СВЧ ИС выбранного корпуса микросхемы.

3.7.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Технология производства и корпусирования СВЧ-ИС	48	4	12	-	32
Всего		48	4	12	-	32
Промежуточная аттестация: Зачет						За

3.7.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер лекции	Кратное содержание	Кол. часов
1.	Технология на основе GaAs. Технология на основе GaN.	2
2.	Корпуса СВЧ ИС.	2

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Анализ технологичности СВЧ ИС	4
2.	Моделирование корпуса СВЧ ИС	4
3.	Совместное моделирование корпуса и кристалла СВЧ ИС	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Обработка результатов, полученных во время выполнения лабораторных заданий	30
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.7.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.7.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	ОС Windows и Linux, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, САПР CST Design Suite, САПР Keysight ADS, САПР Cadence AWRDE

3.7.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение тестирований по лекциям, выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение тестирований по лекциям слушатель получает 1 балл. Тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов теста.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 6 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.8. Рабочая программа учебного модуля «Проектирование измерительной оснастки для корпусированной СВЧ-ИС»

3.8.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с проектированием измерительной оснастки для СВЧ микросхем.

3.8.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на первом году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ по разработке топологии печатной платы для измерительной оснастки разработанного ранее корпусированного СВЧ-ИС.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-2 Способен разрабатывать методики испытаний и проводить измерения параметров СВЧ-ИС

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** организации процедуры разводки печатных плат в современных топологических САПР.
- **умения:** формировать библиотеки компонентов, составлять электрические схемы, разводить топологию печатного узла, подготавливать конструкторскую документацию на печатный узел.
- **опыт** в разработке измерительной оснастки для корпусированной СВЧ-ЭКБ.

3.8.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Конструкторское проектирование печатных плат	72	-	24	-	48
Всего		72	-	24	-	48
Промежуточная аттестация: Зачет						3а

3.8.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Библиотеки компонентов, виды и рекомендации по организации. Создание УГО. Создание посадочных мест. Параметры компонентов. Компоненты особых типов.	4
2.	Составление электрической схемы. Параметры проекта. Ближняя обвязка основных компонентов. Внесение в схему компонентов особых типов. Подсхема питания. Особенности многолистовых и иерархических проектов. Определение классов цепей и компонентов. Финальная проверка нетлиста схемы.	4
3.	Разводка печатной платы. Определение стека, контура, комнат, правил проектирования. Размещение компонентов. Интерактивная разводка.	4
4.	Разводка печатной платы. Полигональная разводка. Профили импеданса. Правило неразрывности опорных слоев.	4
5.	Разводка печатной платы. Рекомендации по обновлению проекта. Финализация паяльной маски и шелкографии. Финальная проверка правил DRC.	4

6.	Выпуск комплекта конструкторской документации. Выпуск текстовой документации и сборочного чертежа на печатный узел. Выпуск КД уровня печатной платы. Генерация данных для производства печатной платы.	4
----	--	---

Перечень практических занятий
Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Самостоятельное довыполнение лабораторных заданий	46
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.8.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.8.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, топологический редактор Altium Designer

3.8.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 7 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.9. Рабочая программа учебного модуля «Разработка компактных/поведенческих моделей СВЧ-ИС»

3.9.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с приёмами построения моделей СВЧ ИС.

3.9.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на втором году обучения. Модуль предполагает изучение представленного теоретического материала и выполнение комплекта лабораторных работ. По окончании модуля у слушателя должно появиться представление о приемах построения моделей СВЧ ИС на основании результатов измерений.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования.

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** моделей СВЧ ИС, их особенностей и границ применимости.
- **умения:** строить модели СВЧ ИС с применением САПР.
- **опыт** в разработке компактных и поведенческих моделей СВЧ ИС на основании результатов измерений.

3.9.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Разработка компактных/поведенческих моделей СВЧ-ИС	72	4	20	-	48
Всего		72	4	20	-	48
Промежуточная аттестация: Зачет						3а

3.9.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер лекции	Кратное содержание	Кол. часов
1.	Макромодели СВЧ ИС. Схемы замещения.	2
2.	Компактные модели СВЧ ИС. Поведенческие модели СВЧ ИС.	2

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Экстракция RLC-моделей	4
2.	Нелинейные модели полупроводниковой элементной базы	4
3.	Компактные модели СВЧ ИС	4
4.	Поведенческие модели СВЧ ИС	4
5.	Методы автоматизированного построения параметров СВЧ ИС	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Самостоятельное довыполнение лабораторных заданий	46
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.9.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.9.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	ОС Windows и Linux, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, САПР CST Design Suite, САПР Keysight ADS, САПР Cadence AWRDE

3.9.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение тестирований по лекциям, заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение тестирований по лекциям слушатель получает 1 балл. Тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов теста.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 8 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.10. Рабочая программа учебного модуля «Математические основы электродинамических САПР»

3.10.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить слушателей с математическими основами методов вычислительной электродинамики.

3.10.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на втором году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ. По окончании модуля у слушателя должно появиться представление об особенностях применяемых в проектировании СВЧ ИС вычислительных методов, их областях применимости и ограничениях.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-1 Способен проектировать СВЧ-ИС, в том числе с использованием средств проектирования.

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** видов моделирования, применяемых при проектировании СВЧ ИС.
- **умения:** разрабатывать модели процессов и объектов электроники.
- **опыт** в разработке программных решений, предназначенных для решения задач вычислительной электродинамики.

3.10.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Математические основы электродинамических САПР	72	-	24	-	48
Всего		72	-	24	-	48
Промежуточная аттестация: Зачет						За

3.10.4. Содержание модуля

Перечень лекций
Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Методы вычислительной электродинамики. Метод FDTD	4
2.	Методы вычислительной электродинамики. Методы МоМ и FEM	4
3.	Методы оптимизации.	4
4.	Линейные методы моделирования. Метод моделирования S-параметров	4
5.	Нелинейные методы моделирования. Решение цепей по постоянному току	4
6.	Нелинейные методы моделирования. Метод гармонического баланса	4

Перечень практических занятий
Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Самостоятельное довыполнение лабораторных заданий	46
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.10.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.10.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лабораторные занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, Matlab, Python, VSCode с плагином Python, C/C++

3.10.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 7 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.11. Рабочая программа учебного модуля «Метрологическое обеспечение измерений корпусированной СВЧ-ИС»

3.11.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся методиками проведения измерений корпусированной СВЧ ИС.

3.11.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на втором году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ с применением измерительного оборудования. По окончании модуля у слушателя должны появиться навыки работы на современном измерительном оборудовании и разработки методики измерений СВЧ ИС.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-2 Способен разрабатывать методики испытаний и проводить измерения параметров СВЧ-ИС

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** номенклатуры современного измерительного оборудования и типов измерений электрических характеристик СВЧ ИС.
- **умения:** проводить измерения электрических характеристик СВЧ ИС.
- **опыт** в проведении измерений электрических характеристик СВЧ ИС по методике измерений.

3.11.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Метрологическое обеспечение измерений корпусированной СВЧ-ИС	48	-	16	-	32
Всего		48	-	16	-	32
Промежуточная аттестация: Зачет						3а

3.11.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Измерения на ВАЦ	4
2.	Измерения коэффициента шума	4
3.	LoadPull-измерения	4
4.	Разработка методики измерений	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Обработка результатов, полученных во время выполнения лабораторных заданий	30
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.11.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.11.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лаборатория высокочастотных измерений	Лабораторные занятия	D-Link DGS-1024A – 1 шт. Анализатор сигналов Agilent – Technologies N9000A – 5 шт. Генератор сигнала Agilent Technologies N5171B – 4 шт. Источник питания Agilent – Technologies U8032A – 1 шт. Источник питания Gwinstek CPS-3303 – 3 шт. Источник шума Agilent Technologies N4000A – 2 шт. Измеритель мощности Agilent Technologies N1913A – 1 шт. Осциллограф Tektronix TDS 2022C – 2 шт. Векторный анализатор цепей Planar S50180 – 1 шт.
Рабочее место слушателя	СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom,

3.11.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 5 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.12. Рабочая программа учебного модуля «Испытания корпусированной СВЧ-ИС»

3.12.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся методиками проведения испытаний корпусированной СВЧ ИС.

3.12.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на втором году обучения. Модуль предполагает выполнение комплекта лабораторных работ с применением измерительного оборудования. По окончании модуля у слушателя должны появиться навыки работы на современном измерительном оборудовании, а также проведения испытаний на надежность разработанного ранее СВЧ ИС.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-2 Способен разрабатывать методики испытаний и проводить измерения параметров СВЧ-ИС

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** номенклатуры типов испытаний на надежность СВЧ ИС.
- **умения:** проводить измерения электрических характеристик СВЧ ИС.
- **опыт** в проведении испытаний на надежность, в том числе с использованием автоматизированных измерительных комплексов.

3.12.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Испытания корпусированной СВЧ-ИС	72	-	24	-	48
Всего		72	-	24	-	48
Промежуточная аттестация: Зачет						За

3.12.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Не предусмотрены

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Модели расчета надежности ЭКБ	4
2.	Наработка изделия на отказ при различных режимах питания и управления	4
3.	Испытания изделий по электромагнитной совместимости	4
4.	Механические испытания ЭКБ	4
5.	Климатические испытания ЭКБ	4
6.	Анализ массива результатов испытаний, расчет надежности.	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Наименование СРС	Кол. часов
1.	Обработка результатов, полученных во время выполнения лабораторных заданий	46
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.12.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.12.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лаборатория высокочастотных измерений	Лабораторные занятия	D-Link DGS-1024A – 1 шт. Анализатор сигналов Agilent –Technologies N9000A – 5 шт. Генератор сигнала Agilent Technologies N5171B – 4 шт. Источник питания Agilent –Technologies U8032A – 1 шт. Источник питания Gwinstek CPS-3303 – 3 шт. Источник шума Agilent Technologies N4000A – 2 шт. Измеритель мощности Agilent Technologies N1913A – 1 шт. Осциллограф Tektronix TDS 2022C – 2 шт. Векторный анализатор цепей Planar S50180 – 1 шт.
Рабочее место слушателя	СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom,

3.12.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 7 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.13. Рабочая программа учебного модуля «Разработка документации на СВЧ-ИС»

3.13.1. Цели и задачи модуля

Цель модуля – познакомить обучающихся с правилами составления документации на СВЧ ИС.

3.13.2. Требования к результатам освоения учебного модуля

В настоящем модуле материал представлен одним разделом, изучаемым на втором году обучения. Модуль предполагает изучение представленного теоретического материала и выполнение лабораторных работ.

Планируемые результаты освоения программы:

Модуль участвует в формировании компетенции:

ПК-3 Способен разрабатывать комплект технических документов на разрабатываемую СВЧ-ИС

В результате изучения модуля обучающийся должен иметь:

- **знания:** типового состава комплекта технической документации на СВЧ ИС.
- **умения:** использовать средства автоматизации для составления документации в соответствии с правилами предприятия и отраслевыми стандартами.
- **опыт** разработке комплекта технической документации на СВЧ ИС на основе проекта и результатов измерений и испытаний.

3.13.3. Учебно-тематический план модуля

№	Наименование разделов и тем	Всего, ак. ч.	Контактная работа, ак. ч.			СРС
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	
1.	Разработка документации на СВЧ-ИС	48	4	12	-	32
Всего		48	4	12	-	32
Промежуточная аттестация: Зачет						За

3.13.4. Содержание модуля

Перечень лекций

Номер лекции	Краткое содержание	Кол. часов
1.	Состав документации на СВЧ ИС в соответствии с отраслевыми стандартами	4

Перечень лабораторных занятий

Номер занятия	Наименование лабораторного занятия	Кол. часов
1.	Составление шаблона для даташита на СВЧ ИС	4
2.	Автоматизированное заполнение макета даташита на основании результатов моделирования	4
3.	Автоматизированное заполнение макета даташита на основании результатов измерений и испытаний	4

Перечень практических занятий

Не предусмотрены

Самостоятельная работа слушателей

Номер вида работы	Вид работы	Кол. часов
1.	Довыполнение лабораторных заданий	30
2.	Итоговое тестирование по модулю	2

3.13.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению модуля

3.13.6. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Рабочее место слушателя	Лекции	ОС Windows и Linux, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom
Рабочее место слушателя	Практические занятия, СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom, VSCode с пакетом LaTeX

3.13.7. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения модуля включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для оценки успеваемости слушателей по модулю используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение тестирований по лекциям, выполнение заданий на лабораторных занятиях и итоговое тестирование по модулю.

За успешное выполнение тестирований по лекциям слушатель получает 1 балл. Тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов теста.

За успешное выполнение лабораторных занятий слушатель получает по 1 баллу. Лабораторное занятие считается успешно выполненным, если слушатель выполнил все этапы лабораторного занятия.

За успешное выполнение итогового тестирования слушатель получает 1 балл. Итоговое тестирование считается успешно пройденным, если правильно отвечено на 50% и более вопросов итогового теста.

Для получения зачета по модулю необходимо набрать 5 баллов.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

3.14. Рабочая программа практики

3.14.1. Цели и задачи практики

Цель практики – закрепить полученные в пределах учебных модулей знания, умения и опыт деятельности при поэтапном выполнении проекта разработки СВЧ ИС с выходом на проект MPW.

3.14.2. Требования к результатам освоения практики

Индивидуальные задания на практику формулируются исходя из цели практики - выполнения проекта по разработке современной СВЧ ИС под руководством представителя места практики. При составлении индивидуального задания на практику график выполнения синхронизируется с изучаемыми темами в учебных модулях, а также графиком проекта MPW в текущем календарном году. В индивидуальное задание по практике должны входить работы по поиску и анализу технической литературы, по моделированию и проектированию СВЧ ИС с применением PDK от производителя на схемном и топологическом уровне, по подготовке данных для проекта совместного запуска, по проведению измерений СВЧ ИС как на зондовой станции, так и корпусированных СВЧ ЭКБ, по проведению испытаний СВЧ ИС на надежность и по подготовке документации на основании результатов проектирования и испытаний. Приблизительный пример индивидуального задания и график отчетности приведен ниже.

Этап (Модуль)	Компетенция	Содержание пунктов типового задания	Формат отчетности
1 (M1)	ПК-1	Подобрать научно-техническую литературу по теме проектируемого СВЧ ИС. Составить план работ по разработке СВЧ ИС	Письменный
2 (M2, M3)	ПК-1	Спроектировать СВЧ ИС с использованием PDK на схемотехническом уровне	Проект в САПР
3 (M4)	ПК-1	Спроектировать СВЧ ИС с использованием PDK на топологическом уровне	Проект в САПР
4 (M5)	ПК-1	Подготовить проект СВЧ ИС к программе совместного запуска MPW	Выходные данные GDSII
Отчетность по этапам 1-4			Дневник практики
5 (M6)	ПК-2	Провести измерения кристалла СВЧ ИС на зондовой станции	Протоколы измерений, табличные данные
6 (M7)	ПК-1	Провести моделирование корпуса для СВЧ ИС	Проект в САПР
7 (M8)	ПК-2	Разработать печатную плату измерительной оснастки для СВЧ ИС	Проект в САПР, комплект КД
Отчетность по этапам 5-7			Дневник практики
8 (M9, M10)	ПК-1	Разработать компактную/поведенческую модель СВЧ ИС	Проект в САПР
9 (M11)	ПК-2	Разработать методику испытаний корпусированной СВЧ ИС	Письменный
Отчетность по этапам 8-9			Дневник практики
10 (M12)	ПК-2	Провести испытания корпусированной СВЧ ИС	Протоколы измерений, табличные данные
11 (M13)	ПК-3	Разработать комплект документации на СВЧ ИС	Письменный
Промежуточная отчетность по практике			Дневник практики

Планируемые результаты освоения программы:

Практика участвует в формировании всех компетенций программы переподготовки.

3.14.3. Учебно-методическое и информационное обеспечение практики

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы слушателей в составе УМК модуля (ОРИОКС// URL: , <http://orioks.miet.ru/>):

- методические указания слушателям по изучению практики

3.14.4. Материально-техническое обеспечение модуля

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятия	Наименование оборудования, программного обеспечения
Лаборатория высокочастотных измерений	СРС	D-Link DGS-1024A – 1 шт. Анализатор сигналов Agilent –Technologies N9000A – 5 шт. Генератор сигнала Agilent Technologies N5171B – 4 шт. Источник питания Agilent –Technologies U8032A – 1 шт. Источник питания Gwinstek CPS-3303 – 3 шт. Источник шума Agilent Technologies N4000A – 2 шт. Измеритель мощности Agilent Technologies N1913A – 1 шт. Осциллограф Tektronix TDS 2022C – 2 шт. Векторный анализатор цепей Planar S50180 – 1 шт.
Лаборатория зондовых измерений	СРС	Векторный анализатор цепей Planar S50180 – 1 шт. Зондовая станция класса WaveLink WL-210 RF – 1 шт.
Рабочее место слушателя	СРС	ОС Windows, браузер (Firefox, Google Chrome); Acrobat reader DC, zoom,

3.14.5. Система контроля и оценивания

Оценка качества освоения практики включает текущую и промежуточную аттестацию обучающихся.

Для получения зачета по практике необходимо выполнить все задания индивидуального плана слушателя и представить результаты выполнения проекта СВЧ ИС к текущей отчетности по практике. Сроки представления отчетности по практике устанавливаются раз в полгода обучения, 2 раза за первый год и 2 раза за второй.

Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний, умений и опыта деятельности доводятся до сведения обучающихся в течение первого месяца обучения.

4. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Описание учебно-методического и материально-технического обеспечения программы переподготовки приведено в рабочих программах учебных модулей и практики.

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы переподготовки включает текущую, промежуточную аттестацию в модулях, практике и итоговую аттестацию обучающихся в виде защиты итоговой аттестационной работы.

5.1. Текущая и промежуточная аттестация

Требования к текущей и промежуточной аттестации приведены в соответствующих разделах модулей.

5.2. Итоговая аттестация

5.2.1. Требования к содержанию, объему и структуре итоговой аттестационной работы

Тема ИАР формируется исходя из цели программы переподготовки и должна быть актуальной, соответствовать направлению, профилю программы переподготовки, выбранным видам профессиональной деятельности.

В каждой работе помимо постановки задачи, описания известных общих технических сведений и полученных результатов (программы, структуры устройств, модели и т.п.) должно содержаться описание процесса проектирования на всех выполненных этапах (развернутая постановка задачи, анализ аналогов, ограничений и требований, анализ различных проектных решений на разных этапах, обоснование выбора тех или иных решений и т.д.). Этому должно быть посвящено не менее 30% пояснительной записки. Отсутствие в работе собственного анализа, то есть приведение только справочных и иных известных сведений о предметной области является существенным недостатком работы.

В итоговой квалификационной работе должны быть представлены нижеперечисленные разделы:

Аннотация должна содержать краткое описание содержания ИАР и полученные результаты. Объем аннотации не должен превышать одну страницу

Содержание должно включать заголовки всех разделов и подразделов до второго уровня вложенности включительно с указанием страниц

Введение (Актуальность работы). В этом разделе необходимо оценить актуальность работы, привести краткие сведения о предметной области, причинах возникновения задачи и о потребности в её решении, коротко охарактеризовать последующие разделы. Объем введения составляет 2-4 страницы.

Техническое задание. В разделе технического предложения необходимо четко сформулировать задачу и требования к результатам работы. Требования должны быть сформулированы таким образом, чтобы позволять объективно оценить их выполнение.

Основная часть. Раздел, посвященный ходу работы должен начинаться с краткого обзора уже существующих решений задачи, поставленной в разделе технического предложения. Затем необходимо перейти к описанию процесса решения поставленной задачи (исследования и/или разработку). Требуется привести обоснование выбранного решения в сравнении с другими.

Аналитическая часть. В аналитической части требуется объективно и обоснованно ответить на вопрос о соответствии полученных результатов техническому заданию, провести анализ наиболее сильных и слабых сторон выбранного решения.

Заключение. Заключение должно однозначно определять удалось ли решить поставленную задачу и если не удалось, то почему.

Список использованной литературы и иных источников. Список литературы и иных источников требуется оформить согласно ГОСТ 7.1-2003. При необходимости, в текст пояснительной записки включается одно или несколько приложений.

К приложениям относятся: тексты программ, техническая документация, оформленная по ЕСКД или ЕСПД, объемные результаты моделирования (таблицы, графики), виды экранов программы и другие документы.

5.2.2. Порядок подготовки итоговой аттестационной работы к защите определяется в соответствии с законодательством РФ и локальными нормативными актами МИЭТ.

Текст пояснительной записки итоговой аттестационной работы подлежит проверке на наличие заимствований без указания источника и авторства. При этом:

- доля самостоятельно написанного обучающимся текста в тексте итоговой аттестационной работы - не ниже 50 %;
- доля неправомерных заимствований в тексте итоговой аттестационной работы - не более 10.

Первичная проверка итоговой аттестационной работы слушателя осуществляется научным руководителем в информационной системе «Антиплагиат» не позднее, чем за 10 дней до защиты работы.

При неудовлетворительном результате проверки (большой процент заимствований) итоговая аттестационная работа отправляется на доработку не позднее, чем за 10 дней до защиты.

Повторная проверка и размещение окончательного текста итоговой аттестационной работы в ИС «Антиплагиат» осуществляется научным руководителем итоговой аттестационной работы не позднее, чем за 3 дня до защиты работы.

Если в результате проверки итоговой аттестационной работы не удовлетворяет требованиям, представленным в документе, решением научного руководителя работа не допускается к защите.

Руководитель итоговой аттестационной работы может передать итоговую аттестационную работу на рецензирование дипломированным специалистам в предметной области (направлении подготовки). В случае наличия, рецензию необходимо приложить к итоговой аттестационной работе.

Защита итоговой аттестационной работы выполняется в соответствии с календарным планом.

Для проведения защиты итоговой аттестационной работы создается аттестационная комиссия.

На защиту итоговой аттестационной работы слушателю отводится 10-15 минут. Из них 5-7 минут отводится на доклад слушателя. Остальное время занимают ответы слушателя на вопросы. В конце защиты зачитывается или заслушивается отзыв руководителя и, при наличии, рецензия.

Во время доклада слушателю запрещается пользоваться текстом доклада.

После защиты последнего слушателя комиссия на закрытом совещании после прений определяет баллы и оценки слушателей по результатам защиты итоговой аттестационной работы.

За исключением закрытого совещания в остальное время допускается присутствие на защите всех желающих.

5.2.3. Порядок оценивания итоговой аттестационной работы

При осуществлении оценки уровня сформированности компетенций, умений и знаний слушателей используются следующие критерии:

- оценка "неудовлетворительно" выставляется слушателю, не показавшему освоение планируемых результатов, предусмотренных программой, допустившему серьезные ошибки

в выполнении предусмотренных программой заданий, не справившемуся с выполнением итоговой аттестационной работы.

- оценку "удовлетворительно" заслуживает слушатель, показавший частичное освоение планируемых результатов, предусмотренных программой, сформированность не в полной мере новых компетенций и профессиональных умений для осуществления профессиональной деятельности, знакомый с литературой, публикациями по программе. Как правило, оценка "удовлетворительно" выставляется слушателям, допустившим погрешности в итоговой аттестационной работе.
- оценку "хорошо" заслуживает слушатель, показавший освоение планируемых результатов, предусмотренных программой, изучивших литературу, рекомендованную программой, способный к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшего обучения профессиональной деятельности.
- оценку "отлично" заслуживает слушатель, показавший полное освоение планируемых результатов, всестороннее и глубокое изучение литературы, публикаций; умение выполнять задания с привнесением собственного видения проблемы, собственного варианта решения практической задачи, проявивший творческие способности в понимании и применении на практике содержания обучения.

Разработчики программы:

Старший преподаватель Институт МПСУ



Д.В. Приходько

Старший научный сотрудник ООО «Радис ЛТД»



А.Н. Васильев

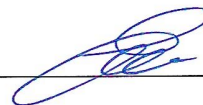
Согласовано:

Директор ДРОП



Н.Ю. Соколова

Заместитель Института МПСУ по ОД



Ю.М. Мелёшин