

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенов Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ УСИЛИТЕЛЕЙ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность (профиль) / специализация: **Автоматизация проектирования микро- и наноэлектронных устройств для радиотехнических систем**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**

Кафедра: **Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	8	8	часов
Практические занятия	10	10	часов
Лабораторные занятия	18	18	часов
Курсовая работа	18	18	часов
Самостоятельная работа	162	162	часов
Общая трудоемкость	216	216	часов
(включая промежуточную аттестацию)	6	6	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Зачет	2
Курсовая работа	2

Томск

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Цель изучения дисциплины - приобретение студентами специальных знаний по схемотехнике, методам проектирования и моделирования СВЧ усилителей, в том числе и в интегральном исполнении.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. изучение современного состояния и тенденций развития элементной базы микро- и наноэлектроники СВЧ диапазона.

2. изучение способов описания и методов моделирования СВЧ усилителей с помощью современных САПР.

3. изучение схемотехники, методов расчета и автоматизированного проектирования транзисторных СВЧ усилителей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.02.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		

ПК-2. Способен выполнять разработку, физическую верификацию и моделирование топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков	ПК-2.1. Знает методы разработки, физической верификации и моделирования топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков	знает схемотехнику, методы проектирования, физической верификации и моделирования схемного и топологического представлений СВЧ усилителей, в том числе и в интегральном исполнении
	ПК-2.2. Умеет выполнять разработку, физическую верификацию и моделирование топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков	умеет решать задачи, связанные с проектированием, физической верификацией и моделированием схемного и топологического представлений СВЧ усилителей, в том числе и в интегральном исполнении
	ПК-2.3. Владеет методами и приемами разработки, физической верификации и моделирования топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков	владеет методами проектирования, физической верификации и моделирования схемного и топологического представлений СВЧ усилителей, в том числе и в интегральном исполнении на основе использования современных САПР
ПК-3. Способен осуществлять техническое руководство проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, ввод в действие и освоение проектных мощностей	ПК-3.1. Знает методы и приемы технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, ввода в действие и освоение проектных мощностей	знает методы и приемы технического руководства проектно-исследовательскими работами при проектировании СВЧ усилителей
	ПК-3.2. Умеет осуществлять техническое руководство проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, ввод в действие и освоение проектных мощностей	умеет осуществлять техническое руководство проектно-исследовательскими работами при проектировании СВЧ усилителей
	ПК-3.3. Владеет методами и приемами технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, ввода в действие и освоение проектных мощностей	владеет методами и приемами технического руководства проектно-исследовательскими работами при проектировании СВЧ усилителей

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	54	54
Лекционные занятия	8	8
Практические занятия	10	10
Лабораторные занятия	18	18
Курсовая работа	18	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	162	162
Подготовка к зачету	24	24
Написание отчета по курсовой работе	24	24
Подготовка к тестированию	24	24
Выполнение практического задания	42	42
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	48	48
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	216	216
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	6	6

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Курс. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>							
1 Классификация, принципы построения и схемотехника СВЧ усилителей	1	-	-	18	12	31	ПК-2, ПК-3
2 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы рассеяния	1	2	4		42	49	ПК-2, ПК-3
3 Шумовые характеристики СВЧ цепей	1	2	4		42	49	ПК-2, ПК-3
4 Теория и методы проектирования линейных СВЧ усилителей	2	6	10		42	60	ПК-2, ПК-3
5 Теория и методы проектирования СВЧ усилителей мощности	2	-	-		12	14	ПК-2, ПК-3
6 Теория и методы проектирования широкополосных СВЧ усилителей	1	-	-		12	13	ПК-2, ПК-3
Итого за семестр	8	10	18	18	162	216	
Итого	8	10	18	18	162	216	

## 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
1 Классификация, принципы построения и схемотехника СВЧ усилителей	Классификация, принципы построения, схемотехника типовых схем СВЧ усилителей в составе приемо-передающих трактов СВЧ РЭС	1	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	
2 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы рассеяния	Волны мощности. Матрица рассеяния, физический смысл элементов, связь с классическими матрицами. Обобщение понятия волн мощности на случай комплексных нагрузок. Обобщенная матрица рассеяния, физический смысл элементов. Свойства матрицы рассеяния для различных классов СВЧ цепей. Взаимные и невзаимные цепи. Симметричные цепи. Активные, пассивные и реактивные цепи. Матрица рассеяния реактивного четырехполюсника.	1	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	
3 Шумовые характеристики СВЧ цепей	Представление шумов двухполюсных элементов, тепловые шумы, дробовые шумы p-n перехода. Собственные и взаимные спектральные плотности источников шума. Эквивалентные шумовые схемы биполярного транзистора и полевого транзистора с барьером Шоттки. Описание шумящих СВЧ многополюсников. Шумовые волны, матрица спектральных плотностей шумовых волн. Коэффициент шума (КШ) СВЧ усилителя в стандартном тракте. КШ усилителя с согласующими цепями. Минимальный КШ. Окружности постоянного КШ на плоскости коэффициента отражения генератора.	1	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	

4 Теория и методы проектирования линейных СВЧ усилителей	Устойчивость активных СВЧ четырехполосников. Условная и абсолютная устойчивость. Области устойчивости на комплексных плоскостях коэффициентов отражения генератора и нагрузки. Условия абсолютной устойчивости. Инвариантный коэффициент устойчивости. Круги равного коэффициента усиления на плоскости комплексных плоскостей коэффициентов отражения генератора и нагрузки. Режим сопряженного согласования. Методы проектирование линейных СВЧ усилителей с согласующими цепями.	2	ПК-2, ПК-3
	Итого	2	
5 Теория и методы проектирования СВЧ усилителей мощности	Основные режимы работы активных элементов. Принципы построения СВЧ усилителей мощности. Схемотехника и методики расчета цепей для усилителей мощности класса А, В, АВ Е, F.	2	ПК-2, ПК-3
	Итого	2	
6 Теория и методы проектирования широкополосных СВЧ усилителей	Основные способы построения широкополосных СВЧ усилителей. Методы расчета широкополосных согласующее-выравнивающих цепей. Способы расчета цепей обратной связи. Принципы распределенного усиления.	1	ПК-2, ПК-3
	Итого	1	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
2 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы рассеяния	Расчет малосигнальных параметров СВЧ устройств	2	ПК-2
	Итого	2	
3 Шумовые характеристики СВЧ цепей	Расчет шумовых параметров линейных СВЧ устройств	2	ПК-2
	Итого	2	
4 Теория и методы проектирования линейных СВЧ усилителей	Расчет схемы и параметров СВЧ усилителя на полевом транзисторе	6	ПК-2, ПК-3
	Итого	6	

Итого за семестр	10	
Итого	10	

#### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
2 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы рассеяния	Моделирование и анализ параметров СВЧ транзистора с помощью САПР	4	ПК-2
	Итого	4	
3 Шумовые характеристики СВЧ цепей	Моделирование схемы СВЧ усилителя с помощью САПР	4	ПК-2
	Итого	4	
4 Теория и методы проектирования линейных СВЧ усилителей	Построение топологии монолитного СВЧ усилителя в САПР	4	ПК-2
	Моделирование топологии монолитного СВЧ усилителя с помощью САПР.	6	ПК-2
	Итого	10	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

#### 5.5. Курсовая работа

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>		
Выбор темы на выполнение КР, утверждение ТЗ	2	ПК-2, ПК-3
Расчет принципиальной схемы СВЧ усилителя на идеальных элементах. Консультация и обсуждение результатов.	4	ПК-2, ПК-3
Выбор элементов и построение топологии СВЧ усилителя. Консультация и обсуждение результатов.	4	ПК-2
Моделирование топологии СВЧ усилителя в САПР. Консультация и обсуждение результатов.	4	ПК-2
Оформление отчета по КР. Защита КР.	4	ПК-2
Итого за семестр		18
Итого		18

Примерная тематика курсовых работ:

1. Расчет схемы и моделирование работы линейного СВЧ усилителя
2. Расчет схемы и построение топологии малошумящего СВЧ усилителя
3. Расчет схемы и моделирование работы балансного СВЧ усилителя
4. Расчет схемы и моделирование работы широкополосного СВЧ усилителя
5. Расчет схемы и моделирование работы СВЧ усилителя мощности

## 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>2 семестр</b>				
1 Классификация, принципы построения и схемотехника СВЧ усилителей	Подготовка к зачету	4	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Написание отчета по курсовой работе	4	ПК-2, ПК-3	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
2 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы рассеяния	Подготовка к зачету	4	ПК-2	Зачёт
	Написание отчета по курсовой работе	4	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	14	ПК-2	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ПК-2	Лабораторная работа
	Итого	42		
3 Шумовые характеристики СВЧ цепей	Подготовка к зачету	4	ПК-2	Зачёт
	Написание отчета по курсовой работе	4	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	14	ПК-2	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ПК-2	Лабораторная работа
	Итого	42		



4 Теория и методы проектирования линейных СВЧ усилителей	Подготовка к зачету	4	ПК-2	Зачёт
	Написание отчета по курсовой работе	4	ПК-2	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	14	ПК-2, ПК-3	Практическое задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	16	ПК-2	Лабораторная работа
	Итого	42		
5 Теория и методы проектирования СВЧ усилителей мощности	Подготовка к зачету	4	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Написание отчета по курсовой работе	4	ПК-2, ПК-3	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
6 Теория и методы проектирования широкополосных СВЧ усилителей	Подготовка к зачету	4	ПК-2, ПК-3	Зачёт
	Написание отчета по курсовой работе	4	ПК-2, ПК-3	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Подготовка к тестированию	4	ПК-2, ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
Итого за семестр		162		
Итого		162		

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности					Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Курс. раб.	Сам. раб.	
ПК-2	+	+	+	+	+	Зачёт, Курсовая работа, Лабораторная работа, Отчет по курсовой работе, Практическое задание, Тестирование
ПК-3	+	+		+	+	Зачёт, Курсовая работа, Отчет по курсовой работе, Практическое задание, Тестирование

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
<b>2 семестр</b>				
Зачёт	0	0	20	20
Лабораторная работа	10	20	20	50
Практическое задание	5	5	10	20
Тестирование	0	0	10	10
Итого максимум за период	15	25	60	100
Нарастающим итогом	15	40	100	100

Балльные оценки для курсовой работы представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсовой работы

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
<b>2 семестр</b>				
Отчет по курсовой работе	20	30	50	100
Итого максимум за период	20	30	50	100
Нарастающим итогом	20	50	100	100

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	E (посредственно)
	60 – 64	

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Схемо- и системотехника электронных средств: Учебное пособие / А. А. Шibaев - 2014. 190 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7470>.
2. Лекции по аналоговым электронным устройствам: Учебное пособие / Л. И. Шарыгина - 2017. 149 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/6933>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Воскресенский Д. И. и др. Устройства СВЧ и антенны: Учебник для вузов / под ред. Д. И. Воскресенского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радиотехника. – 2006. – 375 с. – ISBN 5-88070-086-0 (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).
2. Схемотехника сверхширокополосных и полосовых усилителей мощности: Учебное пособие / А. А. Титов - 2007. 197 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/743>.
3. Сборник задач по основам радиотехники: Учебно-методическое пособие / А. А. Титов - 2007. 88 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/948>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Черкашин М.В. Основы проектирования СВЧ полупроводниковых устройств: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных, практических, курсовой и самостоятельной работы для магистров направления 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника» профиль «Автоматизация проектирования микро- и нанoeлектронных устройств для радиотехнических систем» Томск. ТУСУР. 2015. 9 с. - Режим доступа: для авториз. пользователей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://new.kcup.tusur.ru/library/osnovy-proektirovanija-svch-poluprovodnikovyh-ustrojstv-op-svch-pu>.
2. Черкашин М.В. Расчет и моделирование линейного СВЧ усилителя мощности: учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для магистров направления 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника» профиль «Автоматизация проектирования микро- и нанoeлектронных устройств для радиотехнических систем» Томск. ТУСУР. 2015. 42 с. - Режим доступа: для авториз. пользователей [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://new.kcup.tusur.ru/library/raschet-i-modelirovanie-linejnogo-svch-usilitelja-moshnosti>.
3. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Лабораторный практикум / Л. И. Шарыгина - 2012. 63 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/754>.
4. Проектирование аналоговых устройств: Методические указания по курсовому проектированию / И. А. Колесов - 2011. 208 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2260>.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>.

### **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

#### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 326 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

#### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 323 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- ПТК на базе IBM PC/AT - 4 шт.;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager;
- Foxit Reader;
- Keysight (ADS);
- Keysight System Vue;
- MatLab&SimulinkR2006b;
- Mathcad 13, 14;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Word Viewer;
- Windows Embedded 8.1 Industry Enterprise;

#### **8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для курсовой работы**

Лаборатория САПР: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 321 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная доска SmartBOARD;
- Монитор SVGA;
- Монитор 17,0" LG FLATRON L1750SQ SN (10 шт.);
- Проектор LG RD-DX 130;

- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Celeron 2.93CHz KC-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Celeron 2.93CHz KC-3;
- Экран;
- Доска маркерная;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Far Manager;
- Foxit Reader;
- MatLab&SimulinkR2006b;
- Mathcad 13, 14;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Word Viewer;
- OpenOffice 4;
- Windows 10 Enterprise;

### **8.5. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **8.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеомониторов для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Классификация, принципы построения и схемотехника СВЧ усилителей	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
2 Описание СВЧ устройств с помощью матрицы рассеяния	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Шумовые характеристики СВЧ цепей	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Теория и методы проектирования линейных СВЧ усилителей	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

5 Теория и методы проектирования СВЧ усилителей мощности	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Теория и методы проектирования широкополосных СВЧ усилителей	ПК-2, ПК-3	Зачёт	Перечень вопросов для зачета
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
--------	-----------------------------------------------

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне <b>ориентирования</b> , представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

- В режиме класса А усилитель имеет угол отсечки равный (выберите верное значение):  
а) 180 градусов б) 90 градусов в) от 90 градусов до 180 г) менее 90 градусов д) более 180 градусов
- В режиме класса В усилитель имеет угол отсечки равный (выберите верное значение):  
а) 180 градусов б) 90 градусов в) от 90 градусов до 180 г) менее 90 градусов д) более 180 градусов
- В резистивном усилительном каскаде, работающем в линейном режиме (класс А), можно получить предельный КПД (выберите верное значение):  
а) не более 50 % б) не более 25 % в) не более 78 % г) не более 12,5 % д) до 100%
- Основное усиление сигнала в приемном тракте РЭС обеспечивает (выберите верное утверждение):  
а) Малошумящий усилитель б) Усилитель промежуточной частоты в) Оконечный усилитель  
г) АЦП д) ЦАП е) ФНЧ ж) Полосовой фильтр
- Основные дестабилизирующие факторы, влияющие на работу усилителя на транзисторах (выберите верное утверждение):  
а) Дождь б) Снег в) Температура г) Разброс параметров пассивных элементов д) Разброс параметров активных элементов е) Вибрация ж) Нестабильность источника сигнала з) Нестабильность источника питания.
- Что такое рабочая точка транзистора ? (выберите верное утверждение):  
а) Значения постоянных токов и напряжений на выводах транзистора при отсутствии полезного сигнала б) Значения постоянных токов и напряжений на выводах транзистора при наличии полезного сигнала  
в) Точка на выходных ВАХ транзистора, в которой пересекаются нагрузочные линии г) Точка на плоскости выходных (или других) характеристик усилительного прибора, связывающая текущие значения напряжений и токов.
- При наличии в схеме усилителя отрицательной обратной связи (выберите верное утверждение):  
а) Коэффициент усиления увеличивается б) Коэффициент усиления уменьшается в) Коэффициент усиления не изменяется г) Полоса пропускания увеличивается д) Полоса



- пропускания уменьшается е) Полоса пропускания не изменяется.
8. Граничная частота усиления транзистора равна  $f_t=6$  ГГц. Чему будет равен коэффициент передачи по току  $|h_{21э}|$  на частоте  $f_{H21} = 2$  ГГц? (выберите верное значение):  
а) 10 б) 3 в) 100 г) 12 д) 20 е) 0.33.
  9. В области верхних частот полосы пропускания разделительные конденсаторы на входе и выходе усилительного каскада: а) Оказывают существенное влияние на форму АЧХ б) Не влияют на форму АЧХ в) Незначительно влияют на форму АЧХ.
  10. При подаче на входы дифференциального усилительного каскада с коэффициентом передачи равным 100 синфазного сигнала амплитудой 10 мВ, на выходе получим напряжение, амплитуда которого будет равна величине (выберите верные значения):  
а) 0,5В; б) 1В; в) 0В; г) 0,01 мВ; д) 0,1В; е) 5В; ж) 2В

### **9.1.2. Перечень вопросов для зачета**

1. Усилители на БПТ: базовая схема обеспечения режима по постоянному току
2. Усилители на БПТ: коллекторная схема обеспечения режима по постоянному току
3. Усилители на БПТ: эмиттерная схема обеспечения режима по постоянному току
4. Усилители на БПТ: схемы с активной стабилизацией режима по постоянному току
5. Усилители на БПТ: расчет элементов по переменному току
6. Усилители на ПТ: схема обеспечения режима по постоянному току с автосмещением
7. Усилители на ПТ: схемы с активной стабилизацией режима по постоянному току

### **9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсовой работы**

1. Усилители мощности в составе приемного тракта РЭС: назначение, принцип построения, типовые характеристики
2. Малошумящие усилители в составе приемного тракта РЭС: назначение, принцип построения, типовые характеристики
3. Широкополосные усилители в составе приемного тракта РЭС: назначение, принцип построения, типовые характеристики.
4. Способы обеспечения режима по постоянному току в усилителях.
5. Применение обратных связей в СВЧ усилителях.

### **9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых работ**

1. Расчет схемы и моделирование работы линейного СВЧ усилителя
2. Расчет схемы и построение топологии малошумящего СВЧ усилителя
3. Расчет схемы и моделирование работы балансного СВЧ усилителя
4. Расчет схемы и моделирование работы широкополосного СВЧ усилителя
5. Расчет схемы и моделирование работы СВЧ усилителя мощности

### **9.1.5. Темы лабораторных работ**

1. Моделирование и анализ параметров СВЧ транзистора с помощью САПР
2. Моделирование схемы СВЧ усилителя с помощью САПР
3. Построение топологии монолитного СВЧ усилителя в САПР
4. Моделирование топологии монолитного СВЧ усилителя с помощью САПР.

### **9.1.6. Темы практических заданий**

1. Расчет малосигнальных параметров СВЧ устройств
2. Расчет шумовых параметров СВЧ устройств
3. Графо-аналитический расчет схемы усилительного каскада по постоянному току
4. Построение ММ транзистора, расчет схемы усилительного каскада по переменному току
5. Расчет параметров усилительного каскада

## **9.2. Методические рекомендации**

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль

в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;

- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП  
протокол № 8 от « 3 » 2 2023 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. РСС	А.В. Фатеев	Согласовано, 595be322-a579-4ae5- 8d93-e5f4ee9ceb7d
Заведующий обеспечивающей каф. КСУП	Ю.А. Шурыгин	Согласовано, 86bee96a-108e-4833- aead-5229de651610
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Старший преподаватель, каф. РСС	Ю.В. Зеленецкая	Согласовано, 1f099a64-e28d-4307- a5f6-d9d92630e045
Доцент, каф. КСУП	Т.Е. Григорьева	Согласовано, d848614c-1d2f-4e32- b86c-1029abc0b2d5

### РАЗРАБОТАНО:

Профессор, каф. КСУП	Л.И. Бабак	Разработано, 64cace1c-326d-4873- 860b-d8d724546b6f
Доцент, каф. КСУП	М.В. Черкашин	Разработано, f6a9f90a-ccca-411f- a4cd-bc6a4d4c3de9