

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: Семенко 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 |
|---|-----------------------------------|---|
| Универсальные компетенции | | |
| - | - | - |
| Общепрофессиональные компетенции | | |
| - | - | - |
| Профессиональные компетенции | | |

| | | |
|---|---|---|
| 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 |
| Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 54 | 54 |
| Лекционные занятия | 8 | 8 |
| Практические занятия | 10 | 10 |
| Лабораторные занятия | 18 | 18 |
| Курсовая работа | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 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 |
| Общая трудоемкость (в часах) | 216 | 216 |
| Общая трудоемкость (в з.е.) | 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 |
|--|--------------|---------------|-----------|------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 2 семестр | | | | | | | |
| 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 |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------|
| 2 семестр | | | |
| 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 |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| 2 семестр | | | |
| 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 |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| 2 семестр | | | |
| 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 |
|--|-----------------|-------------------------|
| 2 семестр | | |
| 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 |
|--|--|-----------------|-------------------------|---|
| 2 семестр | | | | |
| 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 |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| 2 семестр | | | | |
| 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 |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| 2 семестр | | | | |
| 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. Шибаетов - 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 видеоувеличителей 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 ориентирования , 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 репродуктивном уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на аналитическом 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 системном 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 |