**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: Сенченко 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 (включая промежуточную аттестацию) | 216 | 216 | часов |
| | 6 | 6 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 2 |
| Курсовая работа | 2 |

Томск

Согласована на портале № 74609

## 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** | | |

Согласована на портале № 74609

| | | |
|---|---|---|
| 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. Владеем 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**

Согласована на портале № 74609

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 | |

Согласована на портале № 74609

### 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 | |

Согласована на портале № 74609

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Теория и методы проектирования линейных СВЧ усилителей | Устойчивость активных СВЧ четырехполюсников. 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 плоскостях 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 A, B, AB E, 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 | |

Согласована на портале № 74609

| | | |
|---|---|---|
| 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

Согласована на портале № 74609

### 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 | | |

Согласована на портале № 74609

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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.

Согласована на портале № 74609

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 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |

Согласована на портале № 74609

| | | |
|---|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Схемо- и системотехника электронных средств: Учебное пособие / А. А. Шибаев - 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 наноэлектронных устройств для радиотехнических систем» Томск. ТУСУР. 2015. 9 с. - Режим доступа: для авториз. польщзователей [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 наноэлектронных 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.

Согласована на портале № 74609

### 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;

Согласована на портале № 74609

- ПЭВМ -"PENTIUM-386"- 7;
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-1 (2 шт.);
- Системный блок Intel Cekeron 2.93CHz КС-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.

Согласована на портале № 74609

## 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 |

Согласована на портале № 74609

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 |
|---|---|

Согласована на портале № 74609

| | |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>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

1. 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
2. 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
3. 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%
4. 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
5. 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.
6. 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.
7. 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

Согласована на портале № 74609

пропускания уменьшается е) Полоса пропускания не
изменяется.

8. Граничная частота усиления транзистора равна Ft=6 ГГц. Чему будет равен коэффициент передачи по току |h21э| на
частоте Fh21 = 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

Согласована на портале № 74609

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;

Согласована на портале № 74609

– 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.

Согласована на портале № 74609

**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 |

Согласована на портале № 74609