**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СВЧ УСТРОЙСТВА

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия наземных и космических систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **5**
Семестр: **10**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 10 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 36 | 36 | часов |
| Практические занятия | 36 | 36 | часов |
| Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 10 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83680

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Сформировать у студентов глубокое понимание принципов работы, методов проектирования и технологии изготовления интегральных СВЧ устройств, а также развить практические навыки в области их разработки и исследования с использованием современных САПР и измерительной аппаратуры.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить физические основы работы различных типов интегральных СВЧ устройств.
2. Ознакомить студентов с основными методами проектирования и анализа интегральных СВЧ устройств с помощью САПР.
3. Дать студентам практические навыки в исследовании интегральных СВЧ устройств.
4. Развить у студентов способность применять полученные знания и навыки для решения практических задач проектирования радиоэлектронных систем и комплексов СВЧ диапазона.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль специализации (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.01.02.12.
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-6. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием пакетов прикладных программ | ПК-6.1. Знает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах | Знает различные методы математического моделирования, применяемые в радиоэлектронике, включая аналитические, численные и статистические методы |
| | ПК-6.2. Умеет пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов | Умеет применять типовые методики математического моделирования для решения задач в области радиоэлектроники |
| | ПК-6.3. Владеет средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ | Владеет практическими навыками создания и использования имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ |

Согласована на портале № 83680

| | | |
|---|---|---|
| ПК-8. Способен к реализации программ экспериментальных исследований, включая выбор технических средств, обработку экспериментальных данных, а также оценку погрешности результатов обработки экспериментальных данных | ПК-8.1. Знает принципы планирования экспериментальных исследований | Знает принципы планирования экспериментальных исследований интегральных СВЧ устройств, включая выбор методов измерений и параметров анализа |
| | ПК-8.2. Умеет обосновывать программу эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных | Умеет обосновывать программу эксперимента, обрабатывать полученные данные и оценивать погрешности для обеспечения достоверности результатов |
| | ПК-8.3. Владеет техникой проведения экспериментальных исследований | Владеет техникой проведения экспериментальных исследований интегральных СВЧ устройств, включая работу с измерительным оборудованием и интерпретацию данных |

## 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 4 зачетных единиц, 144 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 |
|---|---|---|
| | | 10 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 72 | 72 |
| Лекционные занятия | 36 | 36 |
| Практические занятия | 36 | 36 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 36 | 36 |
| Подготовка к тестированию | 12 | 12 |
| Выполнение практического задания | 12 | 12 |
| Подготовка к письменному опросу | 12 | 12 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 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 | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|
| **10 семестр** | | | | | |
| 1 Интегральные транзисторные структуры | 4 | 12 | 6 | 22 | ПК-6, ПК-8 |

Согласована на портале № 83680

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 Элементная база интегральных схем | 4 | 8 | 10 | 22 | ПК-6 |
| 3 Интегральные схемы и их классификация | 6 | 16 | 10 | 32 | ПК-6, ПК-8 |
| 4 Логические элементы интегральных схем | 6 | - | 4 | 10 | ПК-6 |
| 5 Интегральные схемы СВЧ-диапазона | 8 | - | 4 | 12 | ПК-6, ПК-8 |
| 6 Технология производства интегральных схем | 8 | - | 2 | 10 | ПК-6, ПК-8 |
| Итого за семестр | 36 | 36 | 36 | 108 | |
| Итого | 36 | 36 | 36 | 108 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **10 семестр** | | | |
| 1 Интегральные транзисторные структуры | Классификация. Интегральные полевые транзисторы. Интегральный биполярный транзистор. Транзисторные структуры. | 4 | ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Элементная база интегральных схем | Изоляция элементов. Интегральные диоды. Интегральные резисторы. Интегральные конденсаторы. | 4 | ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Интегральные схемы и их классификация | Классификация ИС. Условные обозначения. Основные параметры ИС. Применение и эксплуатация ИС. | 6 | ПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Логические элементы интегральных схем | Классификация. Основные характеристики. Логические ИС на биполярных транзисторах. Логические элементы на МДП-транзисторах. Сравнение логических элементов. | 6 | ПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Интегральные схемы СВЧ-диапазона | Общие положения. Элементная база электроники СВЧ. Интегральные транзисторы СВЧ-диапазона. Монолитные арсенид-галлиевые ИС. | 8 | ПК-6, ПК-8 |
| | Итого | 8 | |

Согласована на портале № 83680

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Технология производства интегральных схем | Технологические процессы изготовления ИС. Процессы первичной обработки материалов. Процессы литографии. Процессы локального изменения свойств проводников. Процессы обработки поверхности. Сборка ИС. | 8 | ПК-6, ПК-8 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 36 | |
| Итого | | 36 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **10 семестр** | | | |
| 1 Интегральные транзисторные структуры | Создание УГО компонентов в САПР EasyEDA | 6 | ПК-6 |
| | Моделирование транзисторного усилителя СВЧ в САПР | 6 | ПК-6, ПК-8 |
| | Итого | 12 | |
| 2 Элементная база интегральных схем | Разработка в САПР EasyEDA посадочных мест компонентов | 8 | ПК-6 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Интегральные схемы и их классификация | Создание принципиальной схемы | 8 | ПК-6, ПК-8 |
| | Конструктивные элементы | 8 | ПК-6, ПК-8 |
| | Итого | 16 | |
| Итого за семестр | | 36 | |
| Итого | | 36 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| **10 семестр** | | | | |
| 1 Интегральные транзисторные структуры | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6, ПК-8 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-6, ПК-8 | Практическое задание |
| | Итого | 6 | | |

Согласована на портале № 83680

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 Элементная база интегральных схем | Подготовка к письменному опросу | 4 | ПК-6 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-6 | Практическое задание |
| | Итого | 10 | | |
| 3 Интегральные схемы и их классификация | Подготовка к письменному опросу | 4 | ПК-6 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6, ПК-8 | Тестирование |
| | Выполнение практического задания | 4 | ПК-6, ПК-8 | Практическое задание |
| | Итого | 10 | | |
| 4 Логические элементы интегральных схем | Подготовка к письменному опросу | 2 | ПК-6 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Интегральные схемы СВЧ-диапазона | Подготовка к письменному опросу | 2 | ПК-6, ПК-8 | Письменный опрос |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6, ПК-8 | Тестирование |
| | Итого | 4 | | |
| 6 Технология производства интегральных схем | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-6, ПК-8 | Тестирование |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий 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. | Сам. раб. | |
| ПК-6 | + | + | + | Письменный опрос, Практическое задание, Тестирование, Экзамен |
| ПК-8 | + | + | + | Письменный опрос, Практическое задание, Тестирование, Экзамен |

## 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

Согласована на портале № 83680

| 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 |
|---|---|---|---|---|
| **10 семестр** | | | | |
| Письменный опрос | 0 | 5 | 10 | 15 |
| Практическое задание | 10 | 15 | 10 | 35 |
| Тестирование | 5 | 5 | 10 | 20 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 15 | 25 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 15 | 40 | 70 | 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) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Щука, А. А. Электроника в 4 ч. Часть 2. Микроэлектроника : учебник для вузов / А. А. Щука, А. С. Сигов ; ответственный редактор А. С. Сигов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 326 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490607.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы : учебник для вузов / Ю. В. Гуляев [и др.] ; под редакцией Ю. В. Гуляева. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 460 с. ). [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/490268.

Согласована на портале № 83680

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Проектирование СВЧ устройств и систем: Практикум : учебное пособие / Е. Ф. Певцов, В. В. Крутов, А. О. Казачков, В. А. Рогачев. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 75 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/239960.
2. Исследование логического элемента на комплементарных полевых транзисторах с индуцированным каналом (КМП): Руководство к лабораторной работе / А. М. Заболоцкий - 2023. 17 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10538.
3. Ситникова, С. В. Материалы и компоненты электронной техники : учебно-методическое пособие / С. В. Ситникова, А. С. Арефьев. — Самара : ПГУТИ, 2021 — Часть 2 — 2021. — 75 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/301190.
4. Элементы кремниевых биполярных ИС: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Интегральные устройства радиоэлектроники / М. Н. Романовский - 2022. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10010.
5. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7867.
6. Проектирование печатных плат в САПР EASYEDA: методические указания к практическим работам / К. Н. Абрамова, А. В. Медведев, О. М. Кузнецова-Таджибаева - 2024. 76 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10717.

#### 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

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

Учебно-исследовательская лаборатория "Микроволновая техника": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения

Согласована на портале № 83680

курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 328 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Проектор;
- Проекционный экран;
- Осциллограф GDS–71022;
- Измеритель Р2М-18;
- Генератор сигнала 33522А;
- Вольтметр циф. GDM 8145;
- Измеритель Р2М-04;
- Анализатор спектра СК4М-04;
- Осциллограф цифровой MS07104;
- Мультиметр цифровой 34405А;
- Источник питания GPD-73303S;
- Генератор Г4-126;
- Измеритель Р2-60 - 2 блока;
- Измеритель Р5-12;
- Измерительная линия Р1-27;
- Векторный анализатор сигналов Р4М-18;
- Опорно-поворотное устройство;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Google Chrome;
- Keysight Advanced Design System (ADS);
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro);
- LibreOffice;
- Micran Graphit;
- Microsoft Office 2010;
- Qucs;
- Scilab;

### 8.3. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

### 8.4. 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.

Согласована на портале № 83680

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 Интегральные транзисторные структуры | ПК-6, ПК-8 | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Элементная база интегральных схем | ПК-6 | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Интегральные схемы и их классификация | ПК-6, ПК-8 | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | Практическое задание | Темы практических заданий |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 83680

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Логические элементы интегральных схем | ПК-6 | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Интегральные схемы СВЧ-диапазона | ПК-6, ПК-8 | Письменный опрос | Примерный перечень вопросов для письменного опроса |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Технология производства интегральных схем | ПК-6, ПК-8 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

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

Согласована на портале № 83680

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 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. Что такое эффективная диэлектрическая проницаемость микрополосковой линии и от чего она зависит?
2. Какой тип волны распространяется в щелевой линии передачи?
   a) TEM-волна
   b) Квази-TEM волна
   c) TE-волна
   d) TM-волна
3. В чём заключается основное преимущество копланарной линии передачи по сравнению с микрополосковой?
4. Как изменяется характеристическое сопротивление микрополосковой линии при увеличении ширины проводника?
   a) Увеличивается
   b) Уменьшается
   c) Не изменяется
   d) Зависит от частоты
5. Для чего используются связанные линии передачи в интегральных СВЧ устройствах?
6. Какой тип резонатора обладает наибольшей добротностью при прочих равных условиях?
   a) Микрополосковый резонатор
   b) Щелевой резонатор
   c) Диэлектрический резонатор
   d) Коаксиальный резонатор
7. Что такое коэффициент направленности направленного ответвителя?
8. Какой тип фильтра СВЧ используется для выделения узкой полосы частот из широкополосного сигнала?
   a) ФНЧ
   b) ФВЧ
   c) ППФ
   d) ПЗФ
9. В чём заключается принцип работы транзистора с высокой подвижностью электронов (HEMT)?

Согласована на портале № 83680

10. Что такое коэффициент устойчивости транзисторного усилителя СВЧ?

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Опишите основные типы планарных линий передачи, используемых в интегральных СВЧ устройствах. Укажите их достоинства и недостатки.
2. Объясните принцип работы и основные характеристики направленных ответвителей. Приведите примеры их применения в СВЧ трактах.
3. Расскажите о методах проектирования фильтров СВЧ в интегральном исполнении. Какие типы фильтров существуют? Как выбрать подходящий тип фильтра для конкретной задачи?
4. Опишите принципы построения и основные характеристики транзисторных усилителей СВЧ. Какие факторы влияют на их устойчивость и коэффициент шума?
5. Расскажите о различных типах диодных преобразователей частоты. В чём заключаются их особенности и области применения?

### 9.1.3. Темы практических заданий

1. Рассчитать параметры микрополосковой линии передачи для заданного характеристического сопротивления и диэлектрической проницаемости подложки.
2. Спроектировать согласующую цепь на основе реактивного шлейфа для согласования нагрузки с линией передачи.
3. Рассчитать и смоделировать в САПР полосо-пропускающий фильтр СВЧ с заданными характеристиками.
4. Спроектировать транзисторный усилитель СВЧ с заданным коэффициентом усиления и коэффициентом шума.
5. Рассчитать и смоделировать в САПР диодный смеситель СВЧ с заданными параметрами.

### 9.1.4. Примерный перечень вопросов для письменного опроса

1. Перечислите основные преимущества интегральных СВЧ устройств по сравнению с объёмными СВЧ устройствами.
2. Объясните, как влияет частота на параметры микрополосковой линии передачи.
3. Опишите принцип работы резонатора на связанных линиях передачи.
4. Как можно повысить устойчивость транзисторного усилителя СВЧ?
5. В чём заключается разница между балансным и двойным балансным смесителем?

## 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

Согласована на портале № 83680

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:**

Согласована на портале № 83680

– 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 № 83680

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 6 от «14» 2 2025 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Директор, каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Доцент, каф. СВЧиКР | А.С. Перин | Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. СВЧиКР | Е. Жечев | Разработано, 965eaa31-3663-4771-9257-b32c8d7ceb1c |

Согласована на портале № 83680