**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Аналоговые и цифровые быстродействующие устройства

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 32 | 32 | часов |
| 2 | Практические занятия | 20 | 20 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 20 | 20 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 72 | 72 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е. |

Экзамен: 7 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 36831

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от « 3 » 7 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РСС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:
профессор каф. РЗИ _____ Б. И. Авдоченко

Заведующий обеспечивающей каф.
РСС _____ А. В. Фатеев

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.
СВЧиКР _____ С. Н. Шарангович

Эксперты:

Старший преподаватель кафедры
РСС, ТУСУР _____ Ю. В. Зеленецкая

Доцент кафедры сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧиКР) _____ А. Ю. Попков

Согласована на портале № 36831

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Дисциплина “ Аналоговые и цифровые быстродействующие устройства” вводится с целью знакомства студентов с последними и с перспективными в ближайшем будущем достижениями науки и техники и методами проектирования быстродействующих устройств.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Основными задачами изучаемой дисциплины являются:

– - изучение общей теории и потенциальных возможностей быстродействующих устройств;

– - овладение принципами и методиками расчета, оптимизации и синтеза устройств пикосекундной техники;

– - знакомство с областями применения и перспективными направлениями разработки устройств пикосекундной техники.

–

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Аналоговые и цифровые быстродействующие устройства» (Б1.В.ОД.15) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Основы теории цепей, Радиоавтоматика, Радиотехнические цепи и сигналы, Электроника.

Последующими дисциплинами являются: Радиотехнические системы, Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

– ПК-6 готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** - основы моделирования пикосекундных процессов; - формы оптимальных характеристик быстродействующих устройств и связи между ними; - способы коррекции частотных и переходных характеристик; - основные структуры корректирующих цепей, условия их физической реализуемости; - методы определения основных характеристик объектов, исследуемых с помощью пикосекундных сигналов; - области применения пикосекундных сигналов, устройств и систем с их использованием

– **уметь** - применять полученные знания для повышения быстродействия существующих устройств и систем, использующих импульсные сигналы; - проектировать корректирующие и формирующие цепи; - использовать при проектировании новых систем и устройств методы моделирования характеристик, определять рациональные структуры построения устройств и систем пикосекундного диапазона

– **владеть** - методами определения потенциальных возможностей быстродействующих устройств; - методами компьютерного моделирования физических процессов в быстродействующих устройствах; - навыками по расчету основных характеристик корректирующих и формирующих цепей; - навыками практической работы с лабораторными макетами аналоговых и цифровых устройств, - профессиональной терминологией.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 36831

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 72 | 72 |
| Лекции | 32 | 32 |
| Практические занятия | 20 | 20 |
| Лабораторные работы | 20 | 20 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 12 | 12 |
| Проработка лекционного материала | 10 | 10 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 14 | 14 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4.0 | 4.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | | | |
| 1 1. Основные характеристики быстродействующих устройств. | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | ПК-1 |
| 2 Связь изменений частотных и переходных характеристик линейных систем. | 8 | 6 | 8 | 8 | 30 | ПК-1, ПК-6 |
| 3 Коррекция переходной характеристики. | 8 | 6 | 4 | 10 | 28 | ПК-1, ПК-6 |
| 4 Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. | 2 | 2 | 0 | 2 | 6 | ПК-1, ПК-6 |
| 5 Реализации оптимальных характеристик. | 4 | 6 | 4 | 8 | 22 | ПК-1, ПК-6 |
| 6 Элементы пикосекундной техники и их применение. | 4 | 0 | 4 | 6 | 14 | ПК-1, ПК-6 |
| 7 Устройства пикосекундной техники и их применение | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПК-6 |
| Итого за семестр | 32 | 20 | 20 | 36 | 108 | |
| Итого | 32 | 20 | 20 | 36 | 108 | |

Согласована на портале № 36831

**5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)**

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 1. Основные характеристики быстродействующих устройств. | Классификация сигналов. Особенности пикосекундных сигналов и их применение. Информационная емкость сигналов. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. Перспективные системы передачи информации. Пространственно – временное представление сигналов. | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Связь изменений частотных и переходных характеристик линейных систем. | Критерии сравнения характеристик устройств. Оптимальные амплитудно-частотные характеристики (АЧХ), фазочастотные характеристики (ФЧХ), переходные характеристики (ПХ). Свойства устройств с оптимальными характеристиками.Интегральное преобразование Фурье. Влияние изменений в АЧХ на ПХ. Влияние изменений ФЧХ на ПХ. Минимально-фазовые и неминимально-фазовые цепи, связь между АЧХ и ФЧХ. Преобразование Гильберта. | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Коррекция переходной характеристики. | Аппроксимация частотных и переходных характеристик. Условия физической реализуемости. Коррекция ПХ изменением формы АЧХ. Коррекция ПХ изменением формы ФЧХ, коррекция ПХ неминимально-фазовыми цепями. Модели корректирующих цепей (КЦ). Условия физической реализуемости. Синтез КЦ. КЦ параллельного типа. КЦ последовательного типа. КЦ на основе фазовых звеньев | 8 | ПК-1, ПК-6 |
| | Итого | 8 | |
| 4 Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. | Стробоскопические преобразователи. Принцип импульсного зондирования, структурная схема импульсного зонда. Рефлектограммы, определение параметров неоднородностей линий передачи. Связь формы ПХ с геометрией корректирующей цепи. Измерение частотных характеристик импульсными методами. Определение времени задержки сигнала с помощью преобразования Гильберта. Измерение диэлектрической проницаемости. Определение формы объекта. Селекция по времени, по амплитуде, по длительности. Идентификация объектов. | 2 | ПК-1 |

Согласована на портале № 36831

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 2 | |
| 5 Реализации оптимальных характеристик. | Реализация неминимально-фазовых передаточных функций. Управление полярностью сигнала. Коррекции переднего фронта устройства. Повышение выходного напряжения. Расширение динамического диапазона входных сигналов | 4 | ПК-1, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Элементы пикосекундной техники и их применение. | Двухполюсники. Неоднородности линии передачи, емкости, индуктивности, резисторы, нагрузки, резонаторы.Четырехполюсники. Неоднородные линии передачи, фильтры верхних и нижних частот, полосно-пропускающие и полосно-заграждающие фильтры, проходные резонаторы, аттенюаторы.Многополюсники. Разветвители, сумматоры, делители мощности, кольцевой и шлейфный направленные ответвители. | 4 | ПК-1, ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Устройства пикосекундной техники и их применение | Пикосекундные локаторы, пороговые локаторы, дальномеры, подповерхностные локаторы, многоканальные локаторы. Высокоскоростные сети передачи информации, временное разделение каналов, синхронизация передачи данных, пакетные системы передачи информации. | 2 | ПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 32 | |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Основы теории цепей | | + | + | | | | |
| 2 Радиоавтоматика | | | | | | + | |
| 3 Радиотехнические цепи и сигналы | | | + | | | | |
| 4 Электроника | | | | | | + | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Радиотехнические системы | | + | | | | | + |
| 2 Электромагнитная совместимость радиоэлектронных систем | + | | | | | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Согласована на портале № 36831

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |
| ПК-6 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Расчетная работа, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Связь изменений частотных и переходных характеристик линейных систем. | Связь между частотными и переходными характеристиками | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Коррекция переходной характеристики. | Коррекция переходных характеристик | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Реализации оптимальных характеристик. | Оптимальные характеристики и их реализации | 4 | ПК-6 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Элементы пикосекундной техники и их применение. | Исследование базовых узлов быстродействующих систем | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 36831

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Связь изменений частотных и переходных характеристик линейных систем. | Связь изменений частотных и переходных характеристик линейных систем.. | 6 | ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| 3 Коррекция переходной характеристики. | Коррекция переходной характеристики. | 6 | ПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. | Применение пикосекундных импульсов для определения характеристик объектов | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Реализации оптимальных характеристик. | Реализации оптимальных характеристик. | 6 | ПК-6 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 20 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 2 Связь изменений частотных и переходных характеристик линейных систем. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-1, ПК-6 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 3 Коррекция переходной характеристики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-1, ПК-6 | Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 10 | | |
| 4 Исследование | Проработка лекционного | 2 | ПК-6 | Тест |

Согласована на портале № 36831

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| объектов с помощью пикосекундных импульсов. | материала | | | |
| | Итого | 2 | | |
| 5 Реализации оптимальных характеристик. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-6 | Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 6 Элементы пикосекундной техники и их применение. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-6 | Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 7 Устройства пикосекундной техники и их применение | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-6 | Тест |
| | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | 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 |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 10 | 5 | 5 | 20 |
| Контрольная работа | | 10 | | 10 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | | 10 |
| Отчет по лабораторной работе | | 5 | 5 | 10 |
| Тест | 5 | 10 | 5 | 20 |
| Итого максимум за период | 20 | 35 | 15 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 20 | 55 | 70 | 100 |

Согласована на портале № 36831

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | 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) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Цифровые и аналоговые быстродействующие устройства: Курс лекций / Авдоченко Б. И. - 2007. 165 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/954 (дата обращения: 04.07.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Элементы аналоговой схемотехники: Учебное пособие / Шарыгина Л. И. - 2015. 75 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4965 (дата обращения: 04.07.2018).

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Цифровые и аналоговые быстродействующие устройства: учебно-методическое пособие по практическим занятиям / Авдоченко Б. И. - 2006. 100 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/950 (дата обращения: 04.07.2018).

2. Аналоговые и цифровые быстродействующие устройства: Методические указания к самостоятельной работе / Авдоченко Б. И. - 2016. 23 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6405 (дата обращения: 04.07.2018).

3. Аналоговые и цифровые быстродействующие устройства: Методические указания к лабораторным работам / Авдоченко Б. И. - 2016. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6395 (дата обращения: 04.07.2018).

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся

Согласована на портале № 36831

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.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать профессиональные базы данных, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh и http://protect.gost.ru/

2. Дополнительно к профессиональным базам данных рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh, https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh/uis-rossiya и https://elibrary.ru/defaultx.asp

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория радиоэлектроники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. (12 шт.);
- Вольтметр В3-38 (7 шт.);
- Генератор сигналов специальной формы АКИП ГСС-120 (2 шт.);
- Кронштейн PTS-4002;
- Осциллограф EZ Digital DS-1150C (3 шт.);
- Осциллограф С1-72 (4 шт.);
- Телевизор плазменный Samsung;
- Цифровой генератор сигналов РСС-80 (4 шт.);
- Цифровой осциллограф GDS-810C (3 шт.);
- Автоматизированное лабораторное место по схемотехнике и радиоавтоматике (7 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader
- LibreOffice

Согласована на портале № 36831

– Mathworks Matlab
– Microsoft Windows
– PDFCreator
– Qucs

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория радиоэлектроники / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 407 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная;
- Коммутатор D-Link Switch 24 port;
- Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. (12 шт.);
- Вольтметр В3-38 (7 шт.);
- Генератор сигналов специальной формы АКИП ГСС-120 (2 шт.);
- Кронштейн PTS-4002;
- Осциллограф EZ Digital DS-1150C (3 шт.);
- Осциллограф С1-72 (4 шт.);
- Телевизор плазменный Samsung;
- Цифровой генератор сигналов РСС-80 (4 шт.);
- Цифровой осциллограф GDS-810C (3 шт.);
- Автоматизированное лабораторное место по схемотехнике и радиоавтоматике (7 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Adobe Acrobat Reader
– LibreOffice
– Mathworks Matlab
– Microsoft Windows
– Mozilla Firefox
– PDFCreator
– Qucs

**13.1.4. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

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

Согласована на портале № 36831

- Google Chrome.

### 13.2. 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 зрениями** 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.

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

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. В чем заключается преимущество моделей на основе ряда Фурье?

Варианты ответа: 1. Модели позволяют перейти от передаточной функции высокого порядка к сумме характеристик невысокого порядка. 2. Позволяют определить вклад каждого элемента модели в общие характеристики. 3. Позволяют исследовать неминимально-фазовые характеристики. 4. Позволяют сравнивать быстродействие устройств с различными характеристиками.

2. Какими свойствами обладает единичная дискретная функция?

Варианты ответа: 1. Нормирует модули коэффициента передачи. 2. Нормирует модули переходной характеристики. 3. Нормирует временные характеристики. 4. Дискретизирует значения переходной характеристики во времени.

3. При каком условии в многоканальной модели отсутствуют неминимально-фазовые сдвиги?

Варианты ответа: 1. В случае одинаковых фазовых задержек в каналах. 2. В случае одинаковых модулей коэффициента передачи в каналах. 3. В случае оптимальных характеристик устройства. 4. В случае линейных фазовых характеристик в каналах.

4. Для чего используются модели корректирующих цепей?

Варианты ответа: 1. Для проектирования устройств с требуемыми характеристиками. 2. Для компенсации отклонений между исходными и проектируемыми характеристиками. 3. Для расчета эквивалентных схем устройств. 4. Для определения внутренних характеристик объектов

5. Причина изменения спектральных составляющих при многоканальном прохождении сигналов.

Варианты ответа: 1. Изменение амплитуды спектральных составляющих. 2. Изменения фазы спектральных составляющих. 3. Изменение задержек спектральных составляющих. 4. Из-за векторного сложения спектральных составляющих.

6. Чем отличается структурная модель корректирующей цепи от структурной модели, описывающей изменения в характеристиках?

Варианты ответа: 1. Наличием дополнительных задержек, компенсирующих неминимально-фазовые сдвиги. 2. Изменением коэффициентов передачи в каналах, необходимым для компенсации характеристик. 3. Наличием инвертирующих устройств. 4. Наличием фазовых корректоров.

Согласована на портале № 36831

7. Какие элементы из приведенных ниже используются в структурных моделях субнаносекундных устройств?

Варианты ответа: 1. Резисторы. 2. Конденсаторы. 3. Линии задержки. 4. Интеграторы.

8. Какие элементы из приведенных ниже используются в структурных моделях субнаносекундных устройств?

Варианты ответа: 1. Индуктивности. 2. Емкости. 3. Линии передачи. 4. Сумматоры.

9. Какие элементы из приведенных ниже используются в структурных моделях субнаносекундных устройств?

Варианты ответа: 1. Транзисторы. 2. Генераторы. 3. Формирователи импульсов. 4. Инверторы.

10. Какие элементы из приведенных ниже используются в структурных моделях субнаносекундных устройств?

Варианты ответа: 1. Разветвители 2. Источники питания. 3. Фазовращатели. 4. Сопротивления.

11. Что лежит в основе проектирования корректирующих цепей с помощью ряда Фурье.

Варианты ответа: 1. Представление характеристик в виде ряда Фурье. 2. Разложение характеристик на ортогональные составляющие. 3. Представление сигналов в виде спектральных составляющих. 4. Вычисление гармонических составляющих сигнала в виде ряда Фурье

12. Почему при многоканальном прохождении сигнала появляются неминимально-фазовые сдвиги спектральных составляющих?

Варианты ответа: 1. Из-за нелинейности фазовых характеристик. 2. Из-за разных фазовых задержек в каналах. 3. Из-за разных коэффициентов передачи каналов. 4. Из-за взаимного влияния каналов.

13. В чем отличие модели корректирующей цепи от модели корректируемого устройства.

Варианты ответа: 1. Наличием дополнительных задержек, компенсирующих неминимально-фазовые сдвиги. 2. Изменением коэффициентов передачи в каналах, необходимым для компенсации характеристик. 3. Наличием инвертирующих устройств. 4. Наличием фазовых корректоров.

14. Почему при моделировании субнаносекундных устройств используются ортогональные функции.

Варианты ответа: 1. Для упрощения модели. 2. Для наглядности модели. 3. Для исключения взаимного влияния элементов модели. 4. Для уменьшения количества элементов модели.

15. Что происходит при прохождении сигналов в многоканальной модели?

Варианты ответа: 1. Векторное сложение спектральных составляющих. 2. Сложение модулей спектральных составляющих. 3. Искажения спектра. 4. Сложение фазовых задержек.

16. Переходная характеристика – это:

Варианты ответа: 1. Реакция устройства на единичный перепад напряжения. 2. Зависимость коэффициента передачи устройства от времени. 3. Зависимость коэффициента передачи устройства от задержки. 4. Описание колебательного процесса в устройстве.

17. Что описывают весовые коэффициенты модели на основе ряда Фурье?

Варианты ответа: 1. АЧХ устройства. 2. Переходную характеристику. 3. Гармонические составляющие сигналов. 4. Искажения сигналов.

18. Что описывают времена задержки в модели на основе ряда Фурье?

Варианты ответа: 1. Переходную характеристику. 2 Фазовую характеристику 3. Сдвиги гармонических составляющих сигналов. 4. Искажения сигналов.

19. Постоянные времени в модели переходной характеристики:

Варианты ответа: 1. Описывают период времени, с котором происходят изменения в переходной характеристике. 2. Аппроксимируют фазочастотную характеристику ряда Фурье 3. Описывают момент изменений на переходной характеристике. 4. Описывают значения верхней граничной частоты.

20. Чем отличается модель изменений переходной характеристики от модели переходной характеристики устройства?

Варианты ответа: 1. Наличием инверторов в каналах. 2. Наличием дополнительного канала. 3. Разной величиной задержек в каналах. 4. Разной величиной нормирующих коэффициентов an (вn)

Согласована на портале № 36831

21. Для чего нужны модели характеристик устройства?

Варианты ответа: 1. Для наглядного отображения процесса частотных и временных искажений сигнала в устройстве. 2. Для аппроксимации характеристик устройства. 3. Для определения АЧХ устройства. 4. Для описания внутренней структуры устройства.

22. Почему критерий Пэйли-Винера удобен для проверки условия физической реализуемости (УФР) при использовании моделей на основе ряда Фурье?

Варианты ответов: 1. Позволяет ограничить количество членов ряда Фурье пропускания. 2. Позволяет определить УФР по форме АЧХ.

3. Позволяет определить УФР по скорости спада АЧХ за полосой. 4. Позволяет определить УФР по коэффициентам ряда Фурье.

23. Условие причинности – это:

Варианты ответов: 1.Одно из требований условия физической реализуемости. 2. Описание зависимости выходной реакции от входного воздействия. 3. Реакция устройства на импульсное входное воздействие. 4. Критерий устойчивости.

24. Почему в устройствах с минимально-фазовыми характеристиками достаточно проверки условия физической реализуемости либо АЧХ, либо ФЧХ?

Варианты ответов: 1. Потому, что в этом случае ФЧХ линейна. 2. Потому, что в этом случае АЧХ и ФЧХ однозначно связаны между собой. 3. Потому, что в этом случае отсутствует выброс перед переходной характеристикой. 4. Потому, что в этом случае величина задержки положительна.

25. При каком условии использование неминимально-фазовых цепей отвечает условию физической реализуемости?

Варианты ответов: 1. При условии отсутствия выброса на переходной характеристике. 2. При условии отсутствия реакции перед передним фронтом переходной характеристики. 3. При условии введения задержки на время установления переходного процесса. 4. Применение неминимально-фазовых цепей не отвечает условию физической реализуемости.

26. Чем отличается модель кольцевой корректирующей цепи параллельного типа от модели цепи последовательного типа? Варианты ответов: 1. Наличием дополнительного канала передачи. 2. Наличием инверторов полярности. 3. Увеличением фазовой задержки. 4. Увеличенным коэффициентом отражения.

27. Что дает применение фазовых корректоров в быстродействующих устройствах?

Варианты ответов: 1. Дополнительное увеличение фазовой задержки. 2. Увеличение крутизны переднего фронта. 3. Линеаризацию фазовой характеристики. 4. Уменьшение времени нарастания переднего фронта.

28. В чем отличие между формирующими и корректирующими цепями?

Варианты ответов:1. В разных структурных схемах. 2. В величине коэффициентов отражения. 3. В величине фазовых задержек. 4. В уровнях входных сигналов.

29. Какие ограничения накладываются на применение корректирующих цепей с неоднородными линиями передачи?

Варианты ответов: 1. На предельную длину линий передачи. 2. На максимальную величину коэффициента отражения. 3. На количество каналов в модели. 4 на соответствие длины линии передачи длительности импульса.

30. Коэффициент отражения от неоднородности в линии передачи имеет отрицательный знак в случае:

Варианты ответов: 1. Включения емкости. 2. Включения индуктивности. 3 Последовательного включения любого элемента. 4. Параллельного подключения любого элемента.

31. Коэффициент отражения от неоднородности в линии передачи имеет положительный знак в случае:

Варианты ответов: 1. Включения емкости. 2. Включения индуктивности. 3 Последовательного включения любого элемента. 4. Параллельного подключения любого элемента.

32. В чем отличие в использовании в корректирующих цепях неоднородностей и неоднородных линий передачи.

Варианты ответов: 1. Неоднородные линии передачи дополнительно задерживают сигналы. 2. Неоднородные линии передачи увеличивают время нарастания переходной характеристики. 3. В

Согласована на портале № 36831

сосредоточенных неоднородностях отсутствует фазовая задержка. 4. Сосредоточенные неоднородности корректируют передний фронт переходной характеристики.

33. Чем определяется время реакции на сосредоточенную неоднородность в линии передачи?

Варианты ответов: 1. Величиной неоднородности. 2. Длиной линии передачи до неоднородности. 3. Длиной линии передачи после неоднородности. 4. Фронтом импульса.

34. Чем определяется время реакции на распределенную неоднородность в линии передачи.

Варианты ответов: 1. Величиной неоднородности. 2. Длиной линии передачи. 3. Длиной неоднородности. 4. Фронтом импульса.

35. Уменьшение волнового сопротивления корректирующей линии передачи приводит:

Варианты ответов: 1. К дополнительной задержке на корректируемом участке переходной характеристики. 2. К провалу на корректируемом участке переходной характеристики. 3. К подъему на корректируемом участке переходной характеристики. 4. К увеличению времени нарастания переходной характеристики.

36. Увеличение волнового сопротивления корректирующей линии передачи приводит:

Варианты ответов: 1. К дополнительной задержке на корректируемом участке переходной характеристики. 2. К провалу на корректируемом участке переходной характеристики. 3. К подъему на корректируемом участке переходной характеристики. 4. К увеличению времени нарастания переходной характеристики.

37. Почему при линейной ФЧХ получается минимальное время нарастания переходной характеристики?

Варианты ответов: 1. Из-за увеличения крутизны переднего фронта. 2. Из-за уменьшения группового времени задержки. 3. Из-за выброса на переходной характеристике. 4. Из-за максимальной протяженности линейного участка переднего фронта.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

Вопросы к экзамену по АЦБУ

1. Основные свойства пикосекундных сигналов
2. Применение пикосекундных сигналов
3. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов
4. Оптимальные по быстродействию характеристики.
5. Связь между частотными и переходными характеристиками
6. Изменения переходной характеристики при отклонении амплитудно-частотной характеристики
7. Изменения переходной характеристики при отклонении фазочастотной характеристики
8. Изменения переходной характеристики при минимально-фазовых цепях
9. Условия физической реализуемости минимально–фазовых и неминимально–фазовых устройств
10. Математические и структурные модели линейных пикосекундных устройств
11. Модели корректирующих цепей
12. Коррекция характеристик. Кольцевая корректирующая цепь параллельного типа
13. Коррекция характеристик. Кольцевая корректирующая цепь последовательного типа
14. Коррекция характеристик. Корректирующие цепи на основе отрезков линии передачи
15. Коррекция характеристик. Неминимально-фазовые корректирующие цепи.
16. Коррекция характеристик. Минимально-фазовые корректирующие цепи
17. Моделирование искажения спектра сигнала
18. Принцип импульсного зондирования. Импульсный рефлектометр.
19. Стробоскопическое преобразование сигнала
20. Определение параметров неоднородностей линии передачи
21. Измерение частотных характеристик объектов импульсными сигналами
22. Определение времени задержки сигнала с помощью преобразования Гильберта
23. Измерение диэлектрических свойств объектов
24. Определение формы объектов
25. Разделение сигналов во времени, селекция сигналов по длительности
26. Реализация неминимально-фазовых передаточных функций в пикосекундных устрой-

Согласована на портале № 36831

ствах.

27. Коррекции переднего фронта в пикосекундных устройствах
28. Управление полярностью сигнала в устройствах пикосекундного диапазона
29. Повышение выходного напряжения в быстродействующих усилителях
30. Расширение динамического диапазона входных сигналов
31. Интегральные микросхемы в быстродействующих устройствах
32. Пассивные элементы и их использование в быстродействующих устройствах
33. Аттенюаторы и регуляторы коэффициента передачи
34. Формирователи и генераторы импульсов с пикосекундными фронтами
35. Сверхширокополосные системы связи

### 14.1.3. Темы контрольных работ

Тема 1. Корректирующие цепи быстродействующих устройств

Типовое задание 1. Имеется схема корректирующей цепи. Значение элементов цепи взять из таблицы в соответствии с вариантом задания. Определить изменения в переходной характеристике , которое вызовет данная КЦ.

Типовое задание 2. Приведены изменения в переходной характеристике , которое вызывает корректирующая цепь. Определить структуру цепи и значение элементов цепи.

Типовое задание 3. Приведена переходная характеристика устройства с искажением формы переходной характеристики. Определить структуру и значение элементов корректирующей цепи , которая исправит ПХ устройства.

Тема 2. Формирующие цепи быстродействующих устройств

Типовое задание 1. Задана форма входного сигнала. Сформировать из него импульс в соответствии с вариантом задания. Определить структуру цепи и значение элементов цепи.

Типовое задание 2. Генератор вырабатывает импульс 1(t). получить из него заданную последовательность или форму выходного импульса. Определить структуру цепи и значение элементов цепи.

### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

Тема 1. Свойства и области применения сигналов субнаносекундных и пикосекундных длительностей

Тема 2.. Оптимальные характеристики устройств

Тема 3. Связь между частотными и переходными характеристиками

Тема 4. Корректирующие цепи (аппроксимация характеристик, проверка условия физической реализуемости, схемы корректирующих цепей)

Тема 5. Неоднородные линии передачи и их применение

Тема 6. Неоднородные линии передачи и их применение

Тема 7. Математические модели устройств пикосекундной техники

### 14.1.5. Темы домашних заданий

Тема 1. Определение изменений в ПХ

Типовое задание

1.Принципиальная схема параллельной корректирующей цепи приведена на рисунке

Какие изменения в переходной характеристике вызовет такая цепь, если длительность переднего фронта входного сигнала tфр=200 пс, ?

2 Принципиальная схема параллельной корректирующей цепи приведена на рисунке

Напишите аналитическое выражение, описывающее изменение в частотной характеристике, которое вызовет эта цепь при

$\tau$=100 пс,

3. Переходная характеристика устройства имеет вид:

Нарисуйте схему параллельной корректирующей цепи, ликвидирующей выброс, определите

Согласована на портале № 36831

значения элементов схемы при Rг=50 Ом

Тема 2

типовое задание

Принципиальная схема параллельной корректирующей цепи приведена на рисунке

Напишите аналитическое выражение, описывающее изменение в частотной характеристике, которое вызовет эта цепь.

Тема 3. Переходная характеристика устройства имеет вид, изображенный на рисунке:

Нарисуйте схему параллельной корректирующей цепи ликвидирующей выброс и определите значения элементов схемы при заданном значении Rг. Значение взять из варианта задания.

### 14.1.6. Темы расчетных работ

Расчет корректирующих цепей

По заданному изменению в переходной характеристике определить структуру корректирующей цепи и определить значения элементов

Расчет формирователей импульсов

Из входного импульса 1(t) получить заданную форму выходного импульса или последовательность импульсов.

Определить структуру формирующей цепи и определить значения элементов

### 14.1.7. Темы лабораторных работ

Связь между частотными и переходными характеристиками

Коррекция переходных характеристик

Оптимальные характеристики и их реализации

Исследование базовых узлов быстродействующих систем

### 14.1.8. Методические рекомендации

Оценка степени освоения заявленных в рабочей программе дисциплины компетенций осуществляется в рамках промежуточной и текущей аттестации: при сдаче экзамена, защите лабораторных работ, проведении практических занятий и выполнения индивидуальных заданий. Порядок оценки для текущих видов контроля определяется в методических указаниях по проведению лабораторных работ, практических занятий, организации самостоятельной работы.

## 14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

Согласована на портале № 36831

### 14.3. 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.

Согласована на портале № 36831