

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна

Должность: Ректор

Дата подписания: 21.09.2026 14:02:59

Уникальный программный ключ:

c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Поволжский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

Высшая школа передовых производственных технологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Схемотехника устройств обработки сигналов»

Направление подготовки:

11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Направленность (профиль):

«Информационные технологии в инфокоммуникациях»

Квалификация выпускника: **бакалавр**

Рабочая программа дисциплины «Схемотехника устройств обработки сигналов» разработана в соответствии с

- федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 930.

Составитель:

Д.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

В.И. Воловач
(ФИО)

РПД обсуждена на заседании Высшей школы передовых производственных технологий
26.09.2025 г., протокол № 1

Директор Высшей школы
передовых производственных технологий

Д.Т.Н., доцент
(уч. степень, уч. звание)

В.И. Воловач
(ФИО)

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СО-ОТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- формирование у обучающихся профессиональных компетенций, необходимых для решения задач профессиональной деятельности в области применения принципов усиления, преобразования и фильтрации аналоговых сигналов, проведения технических расчетов и компьютерного моделирования принципиальных электрических схем устройств их обработки, а также экспериментального исследования и измерения характеристик радиоэлектронной аппаратуры.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИОПК-1.1 Знает и умеет использовать в профессиональной деятельности фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации ИОПК-1.2 Применяет естественнонаучные и общетехнические знания, физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ИОПК-1.3 Анализирует и обобщает профессиональную информацию на теоретико-методологическом уровне	Знает: - Физические основы работы полупроводниковых приборов и электронных компонентов в схемах обработки сигналов; - Математические методы описания линейных и нелинейных цепей (системы дифференциальных уравнений, преобразования Лапласа и Фурье); - Фундаментальные законы схемотехники (законы Кирхгофа, Ома, теоремы о балансе мощностей) применительно к высокочастотным и низкочастотным трактам; - Принципы спектрального анализа сигналов и методы их фильтрации в аналоговых и цифровых устройствах; - Теоретические основы передачи, преобразования и обработки информации на уровне электрических цепей Умеет: - Применять математический аппарат для расчета частотных, фазовых и переходных характеристик схем обработки сигналов; - Рассчитывать режимы работы активных элементов (транзисторов, операционных усилителей) по постоянному и переменному току; - Моделировать процессы преобразования сигналов (усиление, фильтрация, модуляция, детектирование) с использованием аналитических методов; - Анализировать влияние шумов и нелинейных искажений на качество обрабатываемого информационного сигнала; - Обобщать техническую ин-	

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		формацию о перспективных схемотехнических решениях для оценки их теоретической эффективности Владеет: - Навыками математического моделирования электронных узлов в специализированных САПР (например, Micro-Cap, Multisim или LTspice); - Методами аналитического расчета параметров фильтров, усилителей и генераторов сигналов; - Технологией теоретического обоснования выбора конкретной схемотехнической архитектуры под заданные инженерные требования; - Инструментами спектрального и временного анализа сигналов при решении теоретико-прикладных задач схемотехники; - Опыт систематизации и верификации научно-технической информации в области современной элементной базы инфокоммуникаций	
ПК-3 Способен собирать, оценивать техническое состояние, использовать измерительное оборудование для регулировки узлов радиоэлектронной аппаратуры	ИПК-3.1 Использует в профессиональной деятельности знания по техническому обслуживанию сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры ИПК-3.2 Осуществляет диагностику технического состояния сложных функциональных узлов радиоэлектронной аппаратуры ИПК-3.3 Использует измерительное оборудование для регулировки узлов радиоэлектронной аппаратуры, радиоэлектронной аппаратуры	Знает: - Принципы построения и функционирования сложных функциональных узлов (усилителей, смесителей, фильтров, демодуляторов) РЭА; - Методики диагностики технического состояния и поиска неисправностей в аналоговых и цифровых схемах обработки сигналов; - Назначение, технические характеристики и правила эксплуатации современного измерительного оборудования (осциллографов, спектроанализаторов, генераторов сигналов); - Регламенты технического обслуживания и настройки схемотехнических узлов инфокоммуникационных систем; - Критерии оценки работоспособности и стабильности параметров регулируемых узлов аппаратуры связи Умеет: - Проводить регулировку и настройку амплитудных, частотных и временных параметров электронных узлов; - Диагностировать неисправ-	06.005 Специалист по эксплуатации радиоэлектронных средств (инженер-электроник) 06.005 Инженер-проектировщик в области связи (телекоммуникации) 06.026 Системный администратор информационно-коммуникационных систем

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Основание (ПС) *для профессиональных компетенций
		ности в схемах обработки сигналов по отклонениям их выходных характеристик от номинальных значений; - Подключать и конфигурировать контрольно-измерительную аппаратуру для съема сигналов в контрольных точках схемы; - Оценивать параметры качества работы узлов (коэффициент усиления, уровень нелинейных искажений, полосу пропускания); - Интерпретировать результаты измерений для принятия решения о техническом состоянии исследуемого устройства Владеет: - Практическими навыками работы с лабораторными измерительными комплексами (генераторы, мультиметры, анализаторы цепей); - Технологией локализации отказов и дефектов в сложных функциональных узлах радиоэлектронной аппаратуры; - Методами аппаратной регулировки (юстировки) схем для достижения заданных технических условий; - Опытном безопасного проведения диагностических и настроечных работ на радиоэлектронных стендах; - Навыками ведения документации по результатам технического контроля, поверки и настройки схмотехнических блоков	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1. Дисциплины (модули) образовательной программы (Профессиональный модуль).

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем и структура дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **5 з.е. (180 час.)**, их распределение по видам работ и семестрам представлено в таблице.

Виды учебных занятий и работы обучающихся	Трудоёмкость, час
Общая трудоёмкость дисциплины, час	180
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего), в т.ч.:	-/12
занятия лекционного типа (лекции)	-/4
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	-/4
лабораторные работы	-/4
Самостоятельная работа всего, в т.ч.:	-/159
Самоподготовка по темам (разделам) дисциплины	-/159
Выполнение курсового проекта /курсовой работы	-
Контроль (часы на экзамен)	-/9
Промежуточная аттестация	экзамен

Примечание: -/- объем часов соответственно для очно-заочной формы обучения

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

В процессе освоения дисциплины может применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

В процессе освоения дисциплины обучающиеся обеспечены доступом к электронной информационно-образовательной среде и электронно-библиотечным системам.

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 1. БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ АНА- ЛОГОВОЙ СХЕМОТЕХНИКИ. РЕЖИ- МЫ РАБОТЫ И ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ СХЕМЫ ТРАНЗИСТОРОВ. Содержание лекции: Место и роль устройств обработки аналого- вых сигналов в структуре современной ра- диоэлектронной аппаратуры. Классификация и основные показатели качества усилитель- ных устройств (коэффициенты усиления, полоса частот, динамический диапазон, не- линейные искажения). Физические основы работы и вольт-амперные характеристики биполярных и полевых транзисторов в ли- нейном режиме. Малосигнальные эквива- лентные схемы транзисторов (Н-, У- и П- параметры). Принципы стабилизации исход- ного рабочего тока: схемы фиксированного смещения и эмиттерной (истоковой) термо- стабилизации по постоянному току.	-/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Лабораторная работа № 1 «Исследование и стабилизация режима покоя транзисторного каскада»		-/2			Отчет по лабо- раторной рабо- те
	Практическая работа № 1 «Расчет малосиг-			-/1		Отчет по прак-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	нальных параметров и схем стабилизации режима покоя транзисторов»					тической рабо- те
	Самостоятельная работа.				-18	Самостоятель- ное изучение учебных мате- риалов; подготовка к практическим и лаборатор- ным занятиям; доклад
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 2. ОДНОКАСКАДНЫЕ ТРАНЗИ- СТОРНЫЕ УСИЛИТЕЛИ В ОБЛАСТИ СРЕДНИХ И ВЕРХНИХ ЧАСТОТ. Содержание лекции: Базовые схемотехнические конфигурации транзисторных каскадов: общая схема с об- щим эмиттером (ОЭ) и общим истоком (ОИ). Анализ каскадов в области средних частот: расчет входного/выходного сопротивлений и коэффициента усиления по напряжению. Частотные свойства транзисторных каскадов в области верхних частот. Физическая сущ- ность и математическое описание эффекта Миллера. Особенности каскадов с общей базой (ОБ) и общим затвором (ОЗ) в высоко- частотном диапазоне. Повторители напря- жения (ОК, ОС) и их трансформирующие свойства.	-0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Лабораторная работа № 2 «Исследование частотных и временных характеристик одно- каскадных усилителей»		-0			Отчет по лабо- раторной рабо- те
	Практическая работа № 2 «Инженерный рас- чет однокаскадных усилителей в области средних и верхних частот»			-/-		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа					-17
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 3. ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В УСИЛИ- ТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ. КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ И ПОМЕХОПОДАВ- ЛЕНИЕ. Содержание лекции: Понятие обратной связи (ОС) в аналоговой схемотехнике. Классификация видов ОС (последовательная, параллельная, по напря- жению, по току). Математическая модель усилителя с ОС, петлевое усиление и глуби- на обратной связи. Физическое влияние от- рицательной обратной связи (ООС) на ста- бильность параметров, нелинейные искаже- ния и полосу пропускания. Действие ООС на	-0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	уровень внутренних шумов, помех и наводок, возникающих в тракте усилителя. Проблема устойчивости усилителей с ООС. Критерии устойчивости Найквиста и Боде; запасы устойчивости по амплитуде и фазе. Методы частотной коррекции схем.					
	Лабораторная работа № 3 «Исследование влияния обратной связи на показатели качества и устойчивость схем».		-/2			Отчет по практической работе
	Практическая работа № 3 «Анализ устойчивости и расчет цепей частотной коррекции усилителей с обратной связью»			-/-		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа				-/18	Самостоятельное изучение учебных материалов; подготовка к практическим и лабораторным занятиям; доклад
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 4. МНОГОКАСКАДНЫЕ ТРАКТЫ, МЕТОДЫ МЕЖКАСКАДНОГО СОПРЯЖЕНИЯ И МОЩНЫЕ ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ. Содержание лекции: Принципы построения многокаскадных аналоговых структур. Способы межкаскадной связи: емкостная (RC-связь), трансформаторная и непосредственная (гальваническая) связи. Проблема взаимного влияния каскадов и согласования импедансов. Схемотехника каскодных усилителей (ОЭ-ОБ, ОИ-ОЗ) как метод минимизации эффекта Миллера. Мощные оконечные (выходные) каскады аналоговых устройств обработки сигналов. Особенности работы транзисторов в режиме большого сигнала. Бестрансформаторные двухтактные выходные каскады на комплементарных парах транзисторов (схемы с общим коллектором/исток). Расчет максимальной выходной мощности, коэффициента полезного действия (КПД) и тепловых режимов работы. Способы устранения нелинейных искажений типа «ступенька».	-/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Лабораторная работа № 4 «Исследование мощных каскадов класса АВ и дифференциальных усилителей» (Часть 1: оконечные каскады).		-/0			Отчет по практической работе
	Практическая работа № 4 «Расчет частотных характеристик многокаскадных усилителей в области нижних частот».			-/1		Отчет по практической работе
	Практическая работа № 5 «Расчет и оптимизация мощных двухтактных выходных каскадов».			-/1		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа				-/17	Самостоятельное изучение учебных мате-

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
						риалов; подготовка к практическим и лаборатор- ным занятиям; доклад
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 5. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛЬНЫЕ КАСКАДЫ И МЕ- ТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ. Содержание лекции: Схемотехника классического дифференци- ального усилительного каскада на биполяр- ных и полевых транзисторах. Принцип сим- метрии. Анализ работы каскада в режимах дифференциального (полезного) и синфазно- го (помехового) сигналов. Коэффициент ослабления синфазной помехи (КОСП) как ключевой показатель качества. Природа и механизмы возникновения внешних наводок, перекрестных помех, температурного и вре- менного дрейфа «нуля» в аналоговых схе- мах. Дифференциальный каскад как базовый инструмент подавления синфазных помех и дрейфа параметров. Способы повышения КОСП: применение источников стабильного тока (генераторов тока) в эмиттер- ной/истоковой цепи и токовых зеркал.	-/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Лабораторная работа № 4 «Исследование мощных каскадов класса АВ и дифференци- альных усилителей» (Часть 2: дифференци- альные каскады).		-/0			Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа № 6 «Анализ диффе- ренциальных усилительных каскадов и рас- чет параметров помехозащищенности»			-/-		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа					-/18
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 6. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИ- ОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ И БАЗОВЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ УЗЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ. Содержание лекции: Системная архитектура и параметры идеаль- ного и реального операционного усилителя (ОУ). Входные и выходные параметры ОУ, частота единичного усиления, скорость нарастания выходного напряжения. Базовые схемы на ОУ с ООС: инвертирующий и не- инвертирующий усилители, сумматоры, вы- читатели и измерительные дифференциаль- ные усилители. Правило «виртуального за- земления» и его применение для анализа схем.	-/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	Лабораторная работа № 5 «Проектирование и исследование линейных, динамических и избирательных узлов на ОУ» (Часть 1: Линейные узлы).		-/0			Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа № 7 «Проектирование и расчет линейных узлов на операционных усилителях»			-/1		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				-/18	Самостоятель- ное изучение учебных мате- риалов; подготовка к практическим и лаборатор- ным занятиям; доклад
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 7. АНАЛОГОВЫЕ МАТЕМАТИ- ЧЕСКИЕ ОПЕРАТОРЫ И АКТИВНЫЕ РС-ФИЛЬТРЫ. Содержание лекции: Схемотехника узлов интегрирования и диф- ференцирования аналоговых сигналов на ОУ: частотные ограничения реальных ОУ, проблемы устойчивости и методы их устра- нения. Принципы построения избирательных активных РС-фильтров. Фильтры нижних (ФНЧ) и верхних (ФВЧ) частот первого и второго порядков. Классические топологии: звенья Саллена-Ки и схемы с многопетлевой обратной связью (МПОС). Понятие об ап- проксимации Баттерворта и Чебышева.	-/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Лабораторная работа № 5 «Проектирование и исследование линейных, динамических и избирательных узлов на ОУ» (Часть 2: Интеграторы и фильтры Саллена-Ки).		-/0			Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа № 8 «Расчет аналого- вых интеграторов, дифференциаторов и уз- лов логарифмирования».			-/-		Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа № 9 «Синтез и расчет передаточных функций активных РС- фильтров нижних частот».			-/-		Отчет по прак- тической рабо- те
	Практическая работа № 10 «Расчет аналого- вых интеграторов, дифференциаторов и уз- лов логарифмирования».			-/-		Отчет по прак- тической рабо- те
	Самостоятельная работа				-/18	Самостоятель- ное изучение учебных мате- риалов; подготовка к практическим и лаборатор- ным занятиям; доклад
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3	ТЕМА 8. СХЕМОТЕХНИКА НЕЛИНЕЙ- НЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ И СИГНАЛОВ. Содержание лекции: Принципы нелинейного преобразования	-/0,5				Лекция- визуализация (в т.ч. в ЭИОС)

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	аналоговых сигналов. Схемотехника логарифмических и экспоненциальных преобразователей на основе ОУ и р-п переходов. Аналоговые перемножители сигналов. Принципы построения, классификация и базовые электрические схемы смесителей и преобразователей частоты радиоприемных и радиопередающих устройств. Понятие об интермодуляционных искажениях и динамическом диапазоне.					
	Лабораторная работа № 6 «Исследование характеристик смешанных устройств сопряжения (АЦП и ЦАП) и нелинейных преобразователей» (Часть 1: Балансный смеситель).		-/0			Отчет по практической работе
	Практическая работа № 11 «Расчет и инженерное проектирование аналоговых смесителей частоты»			-/-		Отчет по практической работе
	Самостоятельная работа				-/17	Самостоятельное изучение учебных материалов; подготовка к практическим и лабораторным занятиям; доклад
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3 ПК-3 ИПК-3.1 ИПК-3.2 ИПК-3.3	ТЕМА 9. СХЕМОТЕХНИКА ИНТЕРФЕЙСОВ СОПРЯЖЕНИЯ АНАЛОГОВОГО И ЦИФРОВОГО ТРАКТОВ. Содержание лекции: Физические принципы стыковки аналоговой и цифровой радиоэлектронной аппаратуры. Элементы теории квантования и дискретизации. Базовые схемотехнические топологии аналого-цифровых преобразователей (флэш-АЦП, АЦП последовательного приближения SAR, дельта-сигма АЦП) и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП на взвешенных резисторах, матрица R-2R). Назначение и схемотехника устройств выборки-хранения (УВХ) и восстанавливающих ФНЧ. Параметры нелинейности и динамического качества преобразователей.	-/0				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС)
	Лабораторная работа № 6 «Исследование характеристик смешанных устройств сопряжения (АЦП и ЦАП) и нелинейных преобразователей» (Часть 2: Квантование SAR АЦП и матрица R-2R ЦАП).		-/0			Отчет по практической работе
	Практическая работа № 12 «Расчет статических и динамических характеристик интерфейсов сопряжения (АЦП)»			-/-		Отчет по практической работе
	Практическая работа № 13 «Схемотехнический расчет и оценка нелинейности устройств цифро-аналогового преобразования»			-/-		Отчет по практической работе
	Практическая работа № 14 «Проектирование и расчет восстанавливающих и сглаживающих фильтров смешанных трактов»			-/-		Отчет по практической работе

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа, час	
		Лекции, час	Лаборатор- ные работы, час	Практиче- ские заня- тия, час		
	Самостоятельная работа				-/18	Самостоятель- ное изучение учебных мате- риалов; подготовка к практическим и лаборатор- ным занятиям; доклад
	ИТОГО	-/4	-/4	-/4	-/159	

Примечание: -/- объем часов соответственно для очно-заочной формы обучения

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общие методические рекомендации по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплины в форме курса, составленного на основе результатов научных исследований, проводимых университетом, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов **образовательных технологий**:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- электронное обучение;
- проблемное обучение;
- разбор конкретных ситуаций;
- информационные технологии: Google-документы

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре - 100.

4.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала.

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации или в ЭИОС университета.

В ходе лекционных занятий рекомендуется конспектирование учебного материала. Возможно ведение конспекта лекций в виде интеллект-карт.

Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения (конспектируются).

Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

4.3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом по ней подлежит защите преподавателю.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

Лабораторные работы организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа / на практических занятиях

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- обсуждение вопросов по учебному материалу дисциплины;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

Самостоятельная работа студентов включает:

- изучение учебной литературы по курсу;
- работу с ресурсами Интернет;
- подготовка докладов
- подготовку к практическим (семинарским) занятиям;
- выполнение практических заданий;
- подготовку к промежуточной аттестации по курсу.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный учебный курс, созданный в ЭИОС университета <http://sdo.tolgas.ru/>

Самостоятельная работа обучающихся направлена на закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиска и приобретения новых знаний, а также выполнения учебных заданий, подготовки к предстоящим занятиям, текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Вся литература, включенная в данный перечень, представлена в виде электронных ресурсов в электронной библиотеке университета (ЭБС). Литература, используемая в печатном виде, представлена в научной библиотеке университета в объеме не менее 0,25 экземпляров на одного обучающегося.

Основная литература

1. Галочкин, В. А. Схемотехника радиотехнических устройств : учебник / В. А. Галочкин. - Документ read. - Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2023. - 332 с. - URL: <https://znanium.ru/read?id=434507> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9729-1470-8. - Текст : электронный.
2. Гимпилевич, Ю. Б. Сигналы и процессы в радиоэлектронике : учеб. для бакалавров по направлениям и специальностям УГСН 11.00.00 "Электроника, радиотехника и системы связи" / Ю. Б. Гимпилевич. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2024. - 245 с. - (Высшее образование). - Прил. -

URL: <https://znanium.ru/read?id=442954> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-109897-4. - Текст : электронный.

3. Радиоинформатика и радиоэлектронные технологии схемотехнического проектирования сигнальных модулей : учебник / М. С. Костин, С. М. Печенкин, О. А. Демин, А. С. Корчагин ; под ред. Г. В. Куликова. - Документ read. - Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2024. - 412 с. - URL: <https://znanium.ru/read?id=434829> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9729-1778-5. - Текст : электронный.

4. Строгонов, А. В. Реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов в базе программируемых логических интегральных схем : учеб. пособие / А. В. Строгонов. - Изд. 4-е, испр. и доп. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - 352 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: <https://reader.lanbook.com/book/206102> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-3491-6. - Текст : электронный.

5. Строгонов, А. В. Цифровая обработка сигналов в базе программируемых логических интегральных схем : учеб. пособие / А. В. Строгонов. - 5-е изд., стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2025. - 310 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/505594> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-54169-0. - Текст : электронный.

6. Травин, Г. А. Основы схемотехники телекоммуникационных устройств : учеб. пособие / Г. А. Травин. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - 216 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: <https://reader.lanbook.com/book/212582> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-2771-0. - Текст : электронный.

Дополнительная литература

7. Амосов, В. В. Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств : учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. 220100 "Системный анализ и упр." и 230100 "Информатика и вычисл. техника" / В. В. Амосов. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2014. - 542 с. : схем. - (Учебное пособие). - Предм. указ. - ISBN 978-5-9775-0018-0 : 400-00. - Текст : непосредственный.

8. Буснюк, Н. Н. Системы мобильной связи : учеб. пособие / Н. Н. Буснюк, Г. И. Мельянец. - Изд. 2-е, стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2023. - 127 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/302873> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-46238-4. - Текст : электронный.

9. Магазинникова, А. Л. Основы цифровой обработки сигналов : учеб. пособие для вузов / А. Л. Магазинникова. - Изд. 5-е, стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2024. - 129 с. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/359951> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-48636-6. - Текст : электронный.

10. Муханин, Л. Г. Схемотехника измерительных устройств : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. и специальности "Приборостроение" / Л. Г. Муханин. - Изд. 4-е, стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - 284 с. : схем. - Предм. указ. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/205958> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-0843-6. - Текст : электронный.

11. Обработка и преобразование сигналов в радиотехнических и инфокоммуникационных системах : [монография] / К. В. Анфалов, В. И. Воловач, В. В. Иванов [и др.] ; под ред. В. И. Воловача. - Москва : Радио и связь, 2014. - 444 с. - ISBN 978-5-89776-019-0 : 27-50. - Текст : непосредственный.

12. Першин, В. Т. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи : учеб. пособие для вузов по направлению "Электроника техника, радиотехника и связь" (квалификация (степень) "бакалавр") / В. Т. Першин. - Документ HTML. - Минск [и др.] : Новое знание [и др.], 2013. - 613 с. - (Высшее образование - Бакалавриат). - URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=405030#none> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-985-475-557-1. - 978-5-16-006703-2. - Текст : электронный.

13. Столов, Е. Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах : учеб. пособие / Е. Л. Столов. - Документ read. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - 176 с. - Прил. - URL: <https://reader.lanbook.com/book/212891> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-3014-7. - Текст : электронный.

14. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для студентов вузов по направлению подгот. 11.05.04 "Инфоком. технологии и системы спец. связи" (квалификация "инженер") / С. В. Ролдугин, А. В. Парин, А. Н. Голубинский, А. В. Душкин ; Воронеж. ин-т ФСИН России. - Документ Bookread2. - Воронеж : [б. и.], 2016. - 144 с. - URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=923327> (дата обращения: 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-4446-0908-8. - Текст : электронный.

5.2. Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, интернет-ресурсы

1. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт.- Москва, 2000. - URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 24.09.2025).- Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.- Текст: электронный.
2. КонсультантПлюс : справочная правовая система: сайт / ЗАО «КонсультантПлюс».- Москва, 1992. - URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 24.09.2025). - Текст : электронный.
3. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса: сайт / ФГБОУ ВО «ПВГУС».- Тольятти, 2010. - URL. : <http://elib.tolgas.ru> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com : сайт / ООО "ЗНАНИУМ".- Москва, 2011. - URL: <https://znanium.com/> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.
5. Электронно-библиотечная система Лань : сайт / ООО "ЭБС ЛАНЬ". - Москва, 2011. - URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения 24.09.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - Текст : электронный.

5.3. Программное обеспечение

Информационное обеспечение учебного процесса по дисциплине осуществляется с использованием следующего программного обеспечения (лицензионного и свободно распространяемого), в том числе отечественного производства:

№п/п	Наименование	Условия доступа
1	Microsoft Windows	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
2	Microsoft Office	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
3	Консультант Плюс	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
4	СДО MOODLE	из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет (лицензионный договор)
5	Qucs (Quite Universal Circuit Simulator)	свободно распространяемое кроссплатформенное ПО сквозного моделирования электронных схем с открытым исходным кодом
6	LTspice	свободно распространяемое ПО, профессиональный симулятор
7	GNU Octave	свободно распространяемое ПО, высокоуровневый аналог MATLAB, содержащий пакеты обработки сигналов signal
8	Scilab/Xcos	свободно распространяемое ПО, визуальная среда моделирования цифровых систем, аналог Simulink
9	SMath Studio	свободно распространяемое кроссплатформенное ПО

6. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Занятия лекционного типа. Учебные аудитории для занятий лекционного типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия (презентации по темам лекций), обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие данной программе дисциплины.

Занятия семинарского типа. Учебные аудитории для занятий семинарского типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные работы. Для проведения лабораторных работ используется учебная аудитория Т-408 «Комплексная лаборатория радиоэлектронных и телекоммуникационных систем», оснащенная следующим оборудованием: персональные компьютеры.

Промежуточная аттестация. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения

к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

Самостоятельная работа. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде университета. Для организации самостоятельной работы обучающихся используются:

- компьютерные классы университета;
- библиотека (медиазал), имеющая места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет.

Электронная информационно-образовательная среда университета (ЭИОС). Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) <http://sdo.tolgash.ru/> из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории университета, так и вне ее.

ЭИОС университета обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

В случае реализации образовательной программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:

- фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения образовательной программы;
- проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети "Интернет".

7. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре - 100.

Шкала оценки результатов освоения дисциплины, сформированности результатов обучения

Форма проведения промежуточной аттестации	Шкалы оценки уровня сформированности результатов обучения		Шкала оценки уровня освоения дисциплины		
	Уровневая шкала оценки компетенций	100 балльная шкала, %	100 балльная шкала, %	5-балльная шкала, дифференцированная оценка/балл	недифференцированная оценка
Экзамен	допороговый	ниже 61	ниже 61	«неудовлетворительно» / 2	не зачтено
	пороговый	61-85,9	61-69,9	«удовлетворительно» / 3	зачтено
			70-85,9	«хорошо» / 4	зачтено
	повышенный	86-100	86-100	«отлично» / 5	зачтено

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии с набранными за семестр баллами (по накопительному рейтингу). Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным (повышенный уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний, использует в ответе дополнительный материал; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 86 до 100, что соответствует повышенному уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается сформированным (пороговый уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 61 до 85,9, что соответствует пороговому уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже 61, что соответствует допороговому уровню.

Формы текущего контроля успеваемости

Формы текущего контроля	Количество контрольных точек	Количество баллов за 1 контр. точку	Макс. возм. кол-во баллов
Отчет по темам лекционных занятий	9	3	27
Доклад	1	3	3
Отчет по лабораторной работе	6	3	18
Отчет по практической работе	14	3	42
Творческий рейтинг (участие в конференциях, олимпиадах и т.п.)	1	10	10

Дополнительные баллы за активное изучение дисциплины и др.			
Итого по дисциплине			100 баллов

Система оценивания представлена в электронном учебном курсе по дисциплине <http://sdo.tolgaz.ru/>.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

8.2.1. Типовые задания к практическим занятиям

Практическая работа № 1. Расчет малосигнальных параметров и схем стабилизации режима покоя транзисторов

Цель работы: Освоение инженерных методик расчета элементов цепей термостабилизации рабочей точки транзисторов и определение параметров эквивалентных схем.

Задание:

1. По заданным статическим вольт-амперным характеристикам (ВАХ) транзистора аналитически и графически определить малосигнальные Н- или Y-параметры в выбранной точке покоя.
2. Рассчитать номиналы резисторов схемы эмиттерной (истоковой) стабилизации для обеспечения заданного коллекторного (стокового) тока и базового смещения.
3. Реализовать расчетный алгоритм в среде GNU Octave (или SMath Studio) и оценить относительное изменение тока покоя при температурном дрейфе параметров транзистора.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов:

1. Физические причины неустойчивости рабочей точки транзистора (влияние температуры на I_{k0} , U_{be} и β) и сравнительный анализ схем фиксации базового тока и коллекторной стабилизации.
2. Математический вывод коэффициента неустойчивости тока коллектора для схемы эмиттерной (истоковой) термостабилизации.
3. Связь между физической структурой транзистора, его барьерными емкостями и элементами П-образной малосигнальной эквивалентной схемы Джаколетто.
4. Особенности выбора и расчета цепей смещения полевых транзисторов с управляющим р-п переходом и изолированным затвором (МДП) в режиме обеднения и обогащения.
5. Влияние выбора положения точки покоя на динамический диапазон усилительного каскада и уровень вносимых нелинейных искажений.
6. Расчет и применение нелинейных термокомпенсирующих элементов (термисторов, полупроводниковых диодов) в прецизионных цепях стабилизации режима покоя.

Форма отчетности: Расчетный файл в формате GNU Octave (.m) или SMath Studio / конспект доклада со сквозным выводом формул термостабилизации.

Практическая работа № 2. Инженерный расчет однокаскадных усилителей в области средних и верхних частот

Цель работы: Расчет основных показателей качества транзисторных каскадов и анализ влияния емкостей транзистора на верхнюю граничную частоту.

Задание:

1. Выполнить аналитический расчет входного сопротивления, выходного сопротивления и коэффициента усиления по напряжению для схем ОЭ (ОИ) и ОК (ОС).
2. Рассчитать динамическую входную емкость каскада ОЭ с учетом эффекта Миллера.
3. С использованием пакета signal в GNU Octave построить теоретический профиль амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) каскада в области верхних частот и определить частоту среза.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Физическая сущность эффекта Миллера в инвертирующих каскадах (ОЭ, ОИ) и математическое обоснование его влияния на полосу пропускания каскада сверху.
2. Сравнительный анализ частотных свойств каскадов ОБ (ОЗ) и ОЭ (ОИ): почему схемы с общей базой/затвором являются базовыми в ВЧ-трактах.
3. Трансформирующие свойства эмиттерного (истокового) повторителя: вывод формул входного и выходного сопротивлений и области их применения для согласования импедансов.
4. Оценка влияния сопротивления источника сигнала (R_g) и сопротивления нагрузки (R_n) на результирующий коэффициент усиления и полосу пропускания однокаскадного усилителя.
5. Частотные свойства транзистора: физический смысл граничной частоты передачи тока (f_T) и методы определения предельной частоты усиления каскада по напряжению.

6. Анализ фазовых искажений в транзисторном каскаде: расчет фазочастотной характеристики (ФЧХ) и группового времени задержки (ГВЗ) в области верхних частот.

Форма отчетности: Электронный расчетный протокол с частотными графиками / доклад с анализом эквивалентных схем транзистора на высоких частотах.

Практическая работа № 3. Анализ устойчивости и расчет цепей частотной коррекции усилителей с обратной связью

Цель работы: Оценка влияния глубокой отрицательной обратной связи на устойчивость аналоговых трактов и расчет корректирующих звеньев.

Задание:

1. Составить передаточную функцию многокаскадного усилителя, охваченного частотно-независимой ООС.

2. В среде GNU Octave рассчитать запасы устойчивости усилителя по амплитуде и фазе с использованием критерия Найквиста (функции `nyquist` и `margin`).

3. Рассчитать параметры корректирующей RC-цепи (опережающей или запаздывающей), обеспечивающей заданный запас устойчивости по фазе (не менее 45 градусов).

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Физический механизм превращения отрицательной обратной связи в положительную (ПОС) на высоких частотах из-за фазового сдвига в транзисторах.

2. Математическая трактовка критериев устойчивости Найквиста и Боде: физический смысл понятий «запас по амплитуде» и «запас по фазе».

3. Принципы частотной коррекции усилителей: сравнительный анализ метода «доминирующего полюса» и метода введения нуля передачи в петлю ОС.

4. Оценка влияния ООС на нелинейные искажения усилителя: математическое доказательство снижения коэффициента гармоник внутри петли ОС.

5. Влияние различных видов ОС (по току, по напряжению, последовательной, параллельной) на величину входного и выходного сопротивлений усилительного каскада.

6. Метод линеаризации и стабилизации сквозных характеристик многокаскадных аналоговых трактов с помощью глубокой местной и общей ООС.

Форма отчетности: Расчетный скрипт в Octave / доклад с векторным анализом фазовых сдвигов в многокаскадных петлях обратной связи.

Практическая работа № 4. Расчет частотных характеристик многокаскадных усилителей в области нижних частот

Цель работы: Изучение влияния разделительных и блокировочных конденсаторов на нижнюю граничную частоту пропускания многокаскадного тракта.

Задание:

1. Рассчитать постоянные времени разделительных цепей на входе, выходе и между каскадами двухкаскадного транзисторного усилителя.

2. Определить требуемые номиналы разделительных емкостей и шунтирующего конденсатора в цепи термостабилизации по заданному коэффициенту частотных искажений на нижней граничной частоте.

3. Построить логарифмические частотные характеристики (диаграммы Боде) многокаскадной системы в среде Scilab.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Анализ эквивалентной схемы транзисторного каскада в области нижних частот: как разделительный конденсатор формирует нули и полюса передаточной функции.

2. Назначение блокировочного конденсатора в цепи эмиттера (истока) и математический расчет частоты, начиная с которой ООС по постоянному току отключается в области средних частот.

3. Закон суммирования частотных искажений в многокаскадных некоррелированных усилительных трактах при последовательном соединении RC-звеньев.

4. Особенности межкаскадного согласования в усилителях с непосредственной (гальванической) связью: проблемы сдвига уровней постоянного напряжения и методы их схемотехнического решения.

5. Сравнительный анализ емкостной и трансформаторной межкаскадных связей: частотные ограничения, габариты и энергетическая эффективность сопряжения.

6. Схемотехника каскадных усилителей (ОЭ-ОБ, ОИ-ОЗ): математическое доказательство подавления эффекта Миллера и расширения полосы пропускания.

Форма отчетности: Расчетная модель в Scilab / доклад с графическим выводом частотных искажений в децибелах на низких частотах.

Практическая работа № 5. Расчет и оптимизация мощных двухтактных выходных каскадов

Цель работы: Освоение методологии энергетического расчета и теплового проектирования оконечных усилителей мощности класса АВ.

Задание:

1. Рассчитать максимальную неискаженную выходную мощность двухтактного каскада на элементарных транзисторах при заданном сопротивлении нагрузки и напряжении питания.
2. Вычислить максимальную мощность, рассеиваемую на коллекторах (стоках) транзисторов, и рассчитать коэффициент полезного действия (КПД) каскада.
3. Провести расчет элементов цепи начального смещения для устранения нелинейных искажений типа «ступенька» и выполнить тепловой расчет площади радиаторов охлаждения.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Сравнительный анализ режимов работы транзисторов в классах А, В, АВ: баланс между энергетической эффективностью (КПД) и уровнем нелинейных искажений.
2. Природа возникновения искажений типа «ступенька» в двухтактных повторителях класса В и схемотехнические методы их минимизации с помощью диодных цепей смещения.
3. Методика теплового расчета мощных каскадов: понятие теплового сопротивления «переход–корпус–радиатор–среда» и расчет площади охлаждающей поверхности.
4. Особенности работы выходных каскадов на мощных полевых транзисторах (MOSFET): крутизна характеристики, температурная стабильность и управление емкостью затвора.
5. Схемы защиты мощных оконечных каскадов от короткого замыкания в нагрузке и теплового разгона (терморезистивная и электронная защита).
6. Математический расчет высших гармоник выходного тока в режиме большого сигнала и оценка коэффициента нелинейных искажений (КНИ) мощного каскада.

Форма отчетности: Расчетная записка энергетических и тепловых параметров / доклад с графиками мгновенных мощностей, рассеиваемых на транзисторах.

Практическая работа № 6. Анализ дифференциальных усилительных каскадов и расчет параметров помехозащищенности

Цель занятия: Математическое описание и расчет коэффициентов усиления дифференциального сигнала и подавления синфазных помех.

Задание:

1. Выполнить аналитический расчет коэффициентов усиления дифференциального (K_d) и синфазного (K_c) сигналов для симметричного каскада.
2. Рассчитать коэффициент ослабления синфазной помехи (КОСП) каскада в децибелах при использовании резистора в эмиттерной цепи и при его замене на генератор стабильного тока (схему токового зеркала).
3. Смоделировать в среде SMATH Studio температурный дрейф напряжения смещения нуля, обусловленный технологическим разбросом параметров транзисторов плеч.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Природа синфазных помех (наводок промышленной частоты, электромагнитных полей) в радиотехнических трактах и физический принцип их взаимного уничтожения в симметричных цепях.
2. Почему внутреннее динамическое сопротивление источника тока в эмиттерной цепи определяет величину КОСП: математическое обоснование.
3. Схемотехника и расчет базовых конфигураций токовых зеркал (классического и Уилсона) как динамической нагрузки дифференциальных каскадов.
4. Внутренние шумы транзисторов (тепловой, дробовой, фликкер-шум) и методы расчета эквивалентного напряжения шума, приведенного ко входу дифференциального каскада.
5. Методы минимизации статической погрешности дифференциального каскада: расчет цепей балансировки и влияние асимметрии резисторов коллекторной нагрузки.
6. Особенности динамического поведения дифференциального каскада при воздействии импульсных помех большой амплитуды: эффект динамической перегрузки входов.

Форма отчетности: Математический расчет КОСП / доклад со сравнительным анализом схемотехники токовых зеркал различных типов.

Практическая работа № 7. Проектирование и расчет линейных узлов на операционных усилителях

Цель занятия: Математическое моделирование и расчет номиналов резистивных цепей обратной связи для выполнения линейных операций над аналоговыми сигналами.

Задание:

1. Рассчитать номиналы резисторов инвертирующего и неинвертирующего усилителей на ОУ для обеспечения заданного входного импеданса и масштабирующего коэффициента.
2. Спроектировать схему многоканального аналогового сумматора-вычитателя для реализации заданного линейного математического уравнения связи между входными напряжениями.
3. На основе уравнений Кирхгофа составить матричную модель схемы на ОУ и верифицировать расчеты численными методами в GNU Octave.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Концепция идеального операционного усилителя: обоснование золотых правил ОУ (равенство потенциалов входов и равенство нулю входных токов) при глубокой ООС.
2. Математический вывод передаточной функции инвертирующего сумматора на основе метода узловых потенциалов.
3. Почему неинвертирующий усилитель имеет входное сопротивление, стремящееся к бесконечности, а инвертирующий – фиксированное: схемотехнический анализ.
4. Влияние конечного коэффициента усиления реального ОУ на точность выполнения линейных математических операций в инвертирующих схемах.
5. Оценка погрешностей ОУ, вызванных входными токами смещения и разностью входных токов: расчет номинала компенсирующего резистора в цепи неинвертирующего входа.
6. Схемотехника и расчет трехтрансформаторного (измерительного) инструментального усилителя на ОУ: обеспечение сверхвысокого КОСП и входного импеданса.

Форма отчетности: Скрипт расчетов в Octave и схема сумматора / доклад с выводом формул погрешностей реальных ОУ.

Практическая работа № 8. Расчет аналоговых интеграторов, дифференциаторов и узлов логарифмирования

Цель работы: Изучение динамических характеристик интегрирующих и дифференцирующих звеньев, методов устранения их температурного дрейфа и насыщения.

Задание:

1. Рассчитать постоянную времени ($\tau = RC$) аналогового интегратора на ОУ для неискаженного преобразования прямоугольного импульсного сигнала в треугольный.
2. Спроектировать элементы частотной коррекции дифференциатора (входной резистор и конденсатор ОС) для подавления высокочастотных шумов и обеспечения устойчивости.
3. Рассчитать номиналы элементов схемы логарифмического преобразователя на ОУ с р-п переходом в цепи ОС и цепи термокомпенсации дрейфа насыщения.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Проблема временной интеграции постоянной составляющей (дрейфа нуля) в реальных интеграторах на ОУ и схемотехнические способы предотвращения насыщения усилителя.
2. Почему идеальный дифференциатор на ОУ является неустойчивым узлом и имеет склонность к самовозбуждению на высоких частотах.
3. Использование нелинейной вольт-амперной характеристики р-п перехода для построения аналоговых логарифматоров и антилогарифматоров.
4. Оценка частотного диапазона корректной работы интегратора и дифференциатора на ОУ: анализ логарифмических амплитудно-частотных характеристик звеньев.
5. Влияние напряжения сдвига ($U_{см}$) и входных токов ОУ на скорость дрейфа выходного напряжения интегратора в режиме хранения сигнала.
6. Схемотехника аналоговых перемножителей сигналов на основе логарифмических и антилогарифмических узлов: математический принцип реализации операции умножения.

Форма отчетности: Графики переходных процессов из Octave / доклад с частотным анализом устойчивости дифференциатора по диаграммам Боде.

Практическая работа № 9. Синтез и расчет передаточных функций активных RC-фильтров нижних частот

Цель работы: Изучение методов аппроксимации характеристик аналоговых фильтров и расчет номиналов элементов звеньев второго порядка.

Задание:

1. По заданным требованиям к полосе пропускания, неравномерности и уровню затухания в полосе задерживания определить необходимый порядок фильтра нижних частот Баттерворта и Чебышева.
2. Выполнить расчет номиналов резисторов и конденсаторов активного ФНЧ второго порядка по топологии Саллена-Ки для реализации заданного полинома передающей функции.
3. В среде Scilab / Xcos построить частотные характеристики синтезированного фильтра и проверить выполнение требований к затуханию помех.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Понятие полиномиальной аппроксимации передаточных функций: качественные отличия фильтров Баттерворта (гладкая АЧХ) и Чебышева (наличие пульсаций) по переходным характеристикам.
 2. Математический вывод передаточной функции звена ФНЧ второго порядка Саллена-Ки и определение его собственной частоты и добротности.
 3. Проблема реализации высокопорядковых аналоговых фильтров: почему пассивные LC-фильтры уступают активным RC-структурам в низкочастотном диапазоне.
 4. Влияние площади усиления реального ОУ на искажение АЧХ активного фильтра вблизи частоты среза: методы оценки частотных ограничений ОУ.
 5. Понятие нормированного фильтра-прототипа и методика использования табличных коэффициентов полиномов для ускоренного расчета номиналов фильтров.
 6. Сравнительный анализ фильтров Чебышева и Бесселя: компромисс между крутизной спада АЧХ и линейностью фазовой характеристики (постоянством ГВЗ).
- Форма отчетности: Расчетная модель фильтра в Scilab / доклад с математическим сопоставлением передаточных функций фильтров Баттерворта и Чебышева.

Практическая работа № 10. Проектирование активных RC-фильтров верхних и полосовых частот

Цель работы: Освоение методик схемотехнического проектирования избирательных активных фильтров на основе многопетлевой обратной связи (МПОС).

Задание:

1. Путем частотного преобразования ($p \rightarrow 1/p$) рассчитать элементы активного ФВЧ второго порядка на ОУ.
2. Спроектировать полосовой активный фильтр по схеме с многопетлевой обратной связью (МПОС), обеспечивающий заданную центральную частоту и добротность (Q).
3. В GNU Octave провести анализ чувствительности АЧХ фильтра к технологическому разбросу номиналов резисторов и конденсаторов (метод Монте-Карло).

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Метод нормированных частотных преобразований: алгоритм перехода от схемы-прототипа ФНЧ к принципиальной электрической схеме ФВЧ.
2. Преимущества и топология схем с многопетлевой обратной связью (МПОС) для реализации узкополосных фильтров с высокой добротностью.
3. Сущность анализа чувствительности схем: как разброс номиналов пассивных компонентов (допуски 1%, 5%) влияет на смещение центральной частоты фильтра.
4. Схемотехника полосовых активных фильтров на основе гираторов (имитаторов индуктивности) и структура фильтров на ОУ со структурой «state-variable» (переменные состояния).
5. Понятие режекторного (заградительного) фильтра: расчет и проектирование схемы двойного Т-образного моста в цепи ОС операционного усилителя.
6. Оценка влияния фазового сдвига ОУ на явление «самовозбуждения» высокодобротных полосовых активных фильтров.

Форма отчетности: Код статистического анализа в Octave / доклад с выводом формул чувствительности добротности фильтра к изменению параметров элементов.

Практическая работа № 11. Расчет и инженерное проектирование аналоговых смесителей частоты

Цель работы: Изучение нелинейных преобразователей частоты, расчет режимов работы и оценка спектрального состава выходного тока смесителя.

Задание:

1. На основе аппроксимации ВАХ нелинейного элемента полиномом второй степени рассчитать амплитуды комбинационных частот на выходе смесителя при воздействии сигналов радиочастоты и гетеродина.

2. Выполнить расчет параметров балансного смесителя частоты на дифференциальном каскаде (ячейке Гилберта): определить крутизну преобразования.

3. Рассчитать требования к избирательности полосового фильтра промежуточной частоты (ПЧ) для подавления зеркального и прямого каналов помех.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Математическое обоснование процесса преобразования частоты: почему перемножение двух гармонических сигналов во временной области порождает суммарные и разностные частоты в спектре.

2. Схемотехника и физический принцип подавления сигналов гетеродина на выходе балансных и двойных балансных (перемножительных) смесителей частоты.

3. Природа возникновения зеркального канала помехи в супергетеродинных приемных трактах и методы его фильтрации.

4. Интермодуляционные искажения в смесителях: понятие точки пересечения третьего порядка (IP3) и ее связь с динамическим диапазоном устройства.

5. Сравнительный анализ диодных кольцевых смесителей и активных транзисторных смесителей по коэффициенту шума и коэффициенту передачи.

6. Квадратурные смесители частоты: назначение, схемотехника фазовращателей и роль в трансиверах с прямым преобразованием частоты.

Форма отчетности: Расчетный протокол комбинационных частот смесителя / доклад с тригонометрическим разложением спектра нелинейных каскадов.

Практическая работа № 12. Расчет статических и динамических характеристик интерфейсов сопряжения (АЦП)

Цель работы: Изучение параметров смешанных устройств обработки сигналов, расчет погрешностей квантования и требований к устройствам выборки-хранения.

Задание:

1. Рассчитать шаг квантования, максимальное напряжение шкалы и предельную мощность шума квантования для АЦП заданной разрядности (N).

2. Вычислить минимально необходимое время дискретизации (время апертурного зазора) устройства выборки-хранения (УВХ), обеспечивающее точность фиксации динамического сигнала без превышения шага квантования.

3. Смоделировать в GNU Octave process квантования синусоидального сигнала и рассчитать идеальное отношение сигнал/шум (SNR) по формуле $6.02N + 1.76$ дБ.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Статистическая природа шума квантования: допущения, при которых шум квантования аппроксимируется белым шумом с равномерной плотностью распределения.

2. Сравнительный анализ быстродействия и аппаратной сложности параллельных (Flash) АЦП и АЦП последовательного приближения (SAR).

3. Физическая необходимость и схемотехника устройств выборки-хранения (УВХ): расчет динамической погрешности из-за апертурной неопределенности.

4. Архитектура и схемотехника дельта-сигма ($\Delta\Sigma$) АЦП: математический принцип формирования шума (noise shaping) и роль цифровой децимации.

5. Понятие интегральной (INL) и дифференциальной (DNL) нелинейностей АЦП: причины возникновения и влияние на пропуск кодов при преобразовании.

6. Эффект дрожания фазы тактового сигнала (джиттер) и его математическое описание как источника дополнительного шума в высокоскоростных АЦП.

Форма отчетности: Программный код модели квантования в Octave / доклад с анализом статических характеристик нелинейности АЦП.

Практическая работа № 13. Схемотехнический расчет и оценка нелинейности устройств цифро-аналогового преобразования

Цель работы: Инженерный расчет номиналов матриц сопротивлений ЦАП различных типов и анализ влияния погрешностей элементов на точность преобразования.

Задание:

1. Рассчитать номиналы прецизионных резисторов для схемы ЦАП на основе двоично-взвешенных сопротивлений и оценить требования к точности их подгонки.

2. Выполнить расчет токов и напряжений в узлах лестничной матрицы резисторов типа R-2R для заданного входного цифрового кода.

3. В среде SMath Studio смоделировать влияние дифференциальной нелинейности (DNL) резисторов R-2R на появление статической погрешности и пропуск кодов на выходе ЦАП.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Сравнительный анализ ЦАП со взвешенными резисторами и матриц R-2R: почему матрицы R-2R являются доминирующими в интегральном исполнении (проблема диапазона номиналов).
 2. Математическое доказательство постоянства входного сопротивления звеньев матрицы R-2R методом эквивалентного генератора (теорема Тевенина).
 3. Динамические погрешности ЦАП: природа возникновения коммутационных выбросов (glitch) и методы их подавления.
 4. Архитектура ЦАП с сегментированной структурой: совмещение матриц взвешенных токов и термометрического кодирования для минимизации динамических помех.
 5. Влияние температурного коэффициента сопротивления (ТКС) резисторов матрицы на монотонность характеристики преобразования ЦАП.
 6. Использование прецизионных источников опорного напряжения (ИОН) на основе запрещенной зоны полупроводника (Bandgap) в схемах высокоточных ЦАП.
- Форма отчетности: Модель токораспределения в R-2R матрице / доклад с математическим выводом выходного напряжения ЦАП для произвольного слова.

Практическая работа № 14. Проектирование и расчет восстанавливающих и сглаживающих фильтров смешанных трактов

Цель работы: Математическое обоснование требований и расчет параметров аналоговых ФНЧ, устанавливаемых на входе АЦП и выходе ЦАП для подавления эффектов наложения и высших гармоник.

Задание:

1. Рассчитать требуемый уровень подавления частот за пределами полосы Найквиста для антиалиасингового (противоналоженного) ФНЧ на входе АЦП.
2. Спроектировать восстанавливающий активный ФНЧ нижних частот на выходе ЦАП для сглаживания ступенчатого напряжения и эффективного подавления тактовой частоты преобразования.
3. Выполнить сквозной расчет результирующего спектра сигнала в Scilab и оценить уровень спектральных искажений.

Вопросы для устных расчетно-теоретических докладов

1. Эффект наложения частот (алиасинг) в дискретных системах: математическая необходимость подавления частот выше частоты Найквиста до момента квантования.
2. Математическое описание спектра ступенчатого сигнала на выходе ЦАП: функция $\text{sinc}(f)$ и роль восстанавливающего фильтра в подавлении спектральных зеркальных составляющих.
3. Концепция передискретизации (Oversampling) в АЦП/ЦАП как метод радикального снижения требований к крутизне среза аналоговых противоналоженных и восстанавливающих фильтров.
4. Оценка влияния фазовых искажений (нелинейности ФЧХ) восстанавливающего фильтра на форму сложных импульсных сигналов в телекоммуникационных трактах.
5. Особенности выбора элементной базы (типа диэлектрика конденсаторов, операционных усилителей) для прецизионных аналоговых фильтров смешанных трактов с целью минимизации собственных шумов.
6. Системный анализ сквозного динамического диапазона (SFDR) аналого-цифрового тракта с учетом искажений, вносимых восстанавливающим аналоговым фильтром.

Форма отчетности: Принципиальные схемы фильтров с номиналами компонентов / доклад со спектральным анализом ступенчатого напряжения.

8.2.2. Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Исследование и стабилизация режима покоя транзисторного каскада

Цель работы: Экспериментальное исследование влияния температуры на положение рабочей точки транзистора и оценка эффективности схемы эмиттерной (истоковой) термостабилизации в среде симулятора.

Задание:

1. Собрать в симуляторе схему транзисторного каскада с фиксированным базовым током и провести анализ по постоянному току (DC Analysis) для определения исходных токов и напряжений.
2. Изменить параметр температуры окружающей среды в настройках симулятора от +20 °C до +80 °C, зафиксировать температурный дрейф коллекторного (стокового) тока и построить график смещения рабочей точки на семействе ВАХ.

3. Модифицировать схему каскада, введя цепи эмиттерной (истоковой) автоматической термостабилизации (резистивный делитель в базе и резистор в цепи эмиттера/истока).

4. Повторить температурное сканирование (Temperature Sweep) для модернизированной схемы и рассчитать экспериментальный коэффициент неустойчивости.

5. Исследовать влияние блокировочного конденсатора в цепи стабилизации на коэффициент усиления каскада в режиме анализа переходных процессов (Transient Analysis).

Форма отчетности: Электронный отчет, содержащий файлы схем симулятора, графики температурного дрейфа токов для обеих конфигураций и расчетное обоснование эффективности термостабилизации.

Лабораторная работа № 2. Исследование частотных и временных характеристик однокаскадных усилителей

Цель работы: Количественная оценка входных/выходных импедансов, полосы пропускания и искажений сигналов однокаскадных усилителей ОЭ (ОИ) и ОК (ОС).

Задание:

1. Сформировать принципиальную электрическую схему каскада ОЭ (ОИ) и определить его входное и выходное сопротивления на средних частотах методом подключения тестовых нагрузок.

2. В режиме частотного анализа (AC Analysis) снять амплитудно-частотную (АЧХ) и фазочастотную (ФЧХ) характеристики каскада, определить верхнюю и нижнюю граничные частоты по уровню -3 дБ.

3. Путем удаления шунтирующего эмиттерного конденсатора ввести местную ООС и зафиксировать количественные изменения полосы пропускания и коэффициента усиления.

4. Переключить схему в конфигурацию эмиттерного (истокового) повторителя (ОК/ОС) и экспериментально подтвердить отсутствие фазового сдвига между входом и выходом.

5. Измерить переходную характеристику каскадов при подаче импульсного сигнала (Transient Analysis), определить время нарастания фронта и величину спада вершины импульса.

Форма отчетности: Семейство АЧХ и ФЧХ каскадов Боде, осциллограммы входных/выходных сигналов и переходных процессов, сводная таблица сравнительного анализа параметров ОЭ (ОИ) и ОК (ОС).

Лабораторная работа № 3. Исследование влияния обратной связи на показатели качества и устойчивость схем

Цель работы: Компьютерное моделирование различных типов петель обратной связи и исследование запасов устойчивости усилителей по амплитуде и фазе.

Задание:

1. На основе трехкаскадной транзисторной модели построить схему усилителя, охваченного глубокой общей отрицательной обратной связью по напряжению.

2. Измерить сквозной коэффициент нелинейных искажений (КНИ) с помощью спектрального анализа (Fourier Analysis) на выходе схемы с ОС и без неё при одинаковой амплитуде выходного напряжения.

3. Разомкнуть петлю обратной связи и в режиме AC Analysis построить частотную характеристику петлевого усиления.

4. По графикам Боде разомкнутой системы определить частоту, на которой фазовый сдвиг достигает 180 градусов, и рассчитать запасы устойчивости по амплитуде и фазе.

5. Путем изменения глубины ОС перевести схему в режим автоколебаний (самовозбуждения), зафиксировать форму и частоту возникших генераций.

Форма отчетности: Спектрограммы выходных сигналов (гармоник), графики Боде разомкнутой петли с нанесенными маркерами запасов устойчивости, осциллограммы автоколебаний.

Лабораторная работа № 4. Исследование мощных каскадов класса АВ и дифференциальных усилителей

Цель работы: Экспериментальное исследование двухтактных оконечных усилителей мощности и оценка коэффициента ослабления синфазной помехи (КОСП) в дифференциальных каскадах.

Задание:

1. Собрать схему двухтактного выходного каскада класса В и в режиме Transient Analysis зафиксировать нелинейные искажения типа «ступенька», после чего ввести диодную цепь смещения для перевода в класс АВ.

2. С помощью измерителей мощности рассчитать общую мощность, потребляемую от источников питания, мощность в нагрузке и фактический КПД мощного каскада.

3. Сформировать схему классического симметричного дифференциального каскада, подать противофазные сигналы и определить коэффициент дифференциального усиления ((K_{d})).

4. Переключить генераторы в синфазный режим (имитация внешней помехи), измерить выходной сигнал и рассчитать исходный КОСП каскада.

5. Заменить эмиттерный резистор дифференциального каскада на принципиальную схему токового зеркала, повторить измерения и зафиксировать рост КОСП.

Форма отчетности: Осциллограммы искажений типа «ступенька», расчетные значения КПД, схемы модификаций дифференциального каскада и численные показатели подавления синфазной помехи.

Лабораторная работа № 5. Проектирование и исследование линейных, динамических и избирательных узлов на ОУ

Цель работы: Исследование математических операторов (сумматоров, интеграторов) и частотных характеристик активных RC-фильтров Саллена-Ки на базе операционных усилителей.

Задание:

1. Собрать схему инвертирующего сумматора на ОУ, подать на входы постоянные напряжения и верифицировать точность выполнения операции сложения.

2. Спроектировать схему аналогового интегратора на ОУ, подать на вход прямоугольный импульсный сигнал и зафиксировать форму выходного напряжения (треугольник).

3. Собрать схему активного ФНЧ второго порядка Саллена-Ки, рассчитанного на практических занятиях.

4. Снять АЧХ и ФЧХ фильтра в режиме AC Analysis, измерить реальную частоту среза по уровню -3 дБ и крутизну спада характеристики в полосе задерживания.

5. Включить в симуляторе режим статистического разброса параметров элементов (Monte Carlo Analysis) с допуском 5% и оценить стабильность частоты среза фильтра.

Форма отчетности: Принципиальные схемы операционных узлов и фильтра, осциллограммы сигналов, частотные характеристики Боде и результаты статистического анализа Монте-Карло в виде гистограммы.

Лабораторная работа № 6. Исследование характеристик смешанных устройств сопряжения (АЦП и ЦАП) и нелинейных преобразователей

Цель работы: Моделирование процессов цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразования, а также исследование спектрального состава сигналов в нелинейных смесителях.

Задание:

1. Собрать макет схемы 4-разрядного ЦАП на основе лестничной матрицы резисторов типа R-2R и, подавая коды от 0000 до 1111, снять статическую характеристику преобразования.

2. Смоделировать влияние технологического разброса номиналов резисторов матрицы R-2R на появление дифференциальной нелинейности (DNL) и пропуск кодов.

3. Исследовать работу модели АЦП последовательного приближения (SAR) и зафиксировать процесс ступенчатого уравнивания входного напряжения во времени.

4. Собрать схему балансного смесителя частоты на дифференциальном каскаде, подать сигналы радиочастоты и гетеродина.

5. С помощью спектрального анализа (Fourier Analysis) зафиксировать амплитуды комбинационных частот на выходе смесителя и оценить уровень подавления частоты гетеродина.

Форма отчетности: Таблицы статических кодов и выходных напряжений ЦАП, графики процессов SAR АЦП, спектрограммы выходных токов смесителя частоты с фиксацией комбинационных составляющих.

Темы докладов

1. Сравнительный анализ физических процессов и малосигнальных параметров биполярных и полевых транзисторов в линейных режимах усиления сигналов.

2. Схемотехнические методы температурной и временной стабилизации режима покоя транзисторных каскадов: преимущества и ограничения эмиттерной и коллекторной термокомпенсации.

3. Особенности частотных и фазовых характеристик базовых конфигураций транзисторных каскадов (ОЭ, ОБ, ОК) в диапазоне высоких частот.

4. Физическая природа эффекта Миллера в инвертирующих усилительных каскадах и схемотехнические способы его минимизации.

5. Математические модели и методы анализа устойчивости аналоговых трактов, охваченных глубокой отрицательной обратной связью (критерии Найквиста и Боде).
6. Способы частотной коррекции многокаскадных усилителей с ООС для предотвращения самовозбуждения каскадов.
7. Влияние отрицательной обратной связи на нелинейные искажения, внутренние шумы и полосу пропускания усилительных устройств.
8. Методы межкаскадного сопряжения и проблемы согласования импедансов в многокаскадных аналоговых трактах обработки сигналов.
9. Схемотехника каскодных усилителей (конфигурации ОЭ-ОБ и ОИ-ОЗ) как инструмент расширения частотного диапазона радиоэлектронной аппаратуры.
10. Энергетический и спектральный анализ двухтактных бестрансформаторных мощных выходных каскадов класса АВ.
11. Способы минимизации нелинейных искажений типа «ступенька» и методы теплового расчета радиаторов охлаждения мощных транзисторных каскадов.
12. Архитектура и схемотехника дифференциального усилительного каскада: математическое обоснование высокой помехозащищенности к синфазным наводкам.
13. Генераторы стабильного тока и токовые зеркала (схемы Уилсона и каскодные структуры) в качестве динамической нагрузки дифференциальных систем.
14. Внутренние шумы транзисторов и методы расчета эквивалентного шумового напряжения, приведенного ко входу усилительного тракта.
15. Системный анализ архитектуры, идеальных и реальных параметров интегральных операционных усилителей.
16. Схемотехника и погрешности прецизионных измерительных (инструментальных) дифференциальных усилителей на базе операционных усилителей.
17. Математическое моделирование и частотные ограничения аналоговых интеграторов и дифференциаторов на ОУ.
18. Физические принципы построения и схемотехника нелинейных аналоговых логарифмических и экспоненциальных преобразователей сигналов.
19. Схемотехника аналоговых перемножителей сигналов на основе ячейки Гилберта и их применение в радиотехнических трактах.
20. Балансные и двойные балансные смесители частоты: принципы функционирования, крутизна преобразования и фильтрация зеркального канала помех.
21. Методы аппроксимации передаточных функций аналоговых активных RC-фильтров: сравнительный анализ полиномов Баттерворта, Чебышева и Бесселя.
22. Схемотехника активных RC-фильтров второго порядка по топологии Саллена-Ки и схемам с многопетлевой обратной связью (МПОС).
23. Архитектура и схемотехнические топологии высокоскоростных аналого-цифровых преобразователей (Flash АЦП и SAR АЦП).
24. Схемотехника устройств цифро-аналогового преобразования на основе лестничной матрицы резисторов типа R-2R и источники опорного напряжения.
25. Математическое обоснование параметров и проектирование восстанавливающих и антиалиасинговых аналоговых фильтров нижних частот смешанных трактов.

8.3. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: экзамен (по результатам накопительного рейтинга или в устно-письменной форме по экзаменационным билетам).

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

№	Содержание вопроса
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	
1.	Аналитический расчет коэффициента передачи и граничных частот полосы пропускания каскада на биполярном транзисторном усилителе в области низких и высоких частот.
2.	Влияние барьерной и диффузионной емкостей p-n перехода на частотные свойства и устойчивость широкополосных транзисторных усилителей сигналов.

3.	Математическое описание и схмотехнический расчет входного и выходного сопротивлений дифференциального усилительного каскада при синфазном и дифференциальном сигналах.
4.	Вывод передаточной функции линейного активного RC-фильтра второго порядка (схема Саллена-Ки) с использованием операторного метода Лапласа.
5.	Математический расчет нелинейных искажений в резонансном усилителе сигналов методом аппроксимации ВАХ транзистора полиномом третьей степени.
6.	Применение законов Кирхгофа и метода узловых потенциалов для расчета матрицы Y-параметров высокочастотного транзистора.
7.	Аналитический расчет эквивалентного затухания и полосы пропускания связанных колебательных контуров в избирательных системах обработки сигналов.
8.	Теорема Тевенена и её применение для эквивалентирования цепей межкаскадного согласования в многокаскадных транзисторных усилителях.
9.	Вывод математического выражения для частоты генерации и условия баланса фаз в RC-автогенераторе с мостом Вина.
10.	Математический анализ спектрального состава сигнала на выходе идеального аналогового перемножителя при реализации балансной амплитудной модуляции.
11.	Аналитический расчет динамического диапазона аналогового тракта обработки сигналов по уровню интермодуляционных искажений третьего порядка (IP3).
12.	Вывод формулы Фрииса для сквозного коэффициента шума многокаскадного приемно-усилительного тракта обработки сигналов.
13.	Математическое описание амплитудно-частотных искажений импульсного сигнала (спада вершины и затягивания фронта) в видеоусилителе.
14.	Применение критерия Найквиста для аналитической оценки устойчивости операционного усилителя, охваченного частотно-зависимой отрицательной обратной связью.
15.	Математический расчет погрешности квантования и динамического диапазона идеального N-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП).
16.	Построение асимптотических ЛАЧХ и ЛФЧХ для полосового полоскового фильтра первого и второго порядка.
17.	Определение отклика интегрирующей цепи на периодическую последовательность прямоугольных видеоимпульсов с использованием ряда Фурье.
18.	Расчет группового времени задержки (ГВЗ) фазового корректора (всечастотного фильтра) на основе его фазо-частотной характеристики.
19.	Графоаналитический метод расчета оптимального сопротивления нагрузки и выходной мощности транзисторного каскада в режиме класса В.
20.	Вывод уравнений для расчета элементов цепи термостабилизации точки покоя транзисторного усилителя методом эквивалентного делителя.
21.	Расчет коэффициента ослабления синфазного сигнала (КОСС) в каскадах на операционных усилителях с учетом асимметрии плеч.
22.	Аналитический расчет глубины модуляции сигнала на выходе транзисторного амплитудного модулятора при изменении напряжения смещения.
23.	Схмотехнический расчет частоты среза и коэффициента передачи активного ФНЧ Баттерворта третьего порядка.
24.	Вывод условий самовозбуждения для емкостной и индуктивной трехточечных схем высокочастотных автогенераторов.
25.	Математическая оценка влияния тепловых шумов резисторов цепи обратной связи на результирующий коэффициент шума мал шумящего усилителя (МШУ).
26.	Расчет динамических параметров компаратора сигналов: времени задержки переключения и напряжения гистерезиса.
27.	Расчет комбинационных составляющих спектра на выходе диодного смесителя частот при воздействии сигналов конечной амплитуды.
28.	Аналитическое сравнение шумовых свойств каскадов с общим эмиттером (ОЭ) и общей базой (ОБ) в ВЧ-трактах обработки сигналов.
29.	Вывод передаточной функции и расчет элементов схемы логарифмического аналогового усилителя на основе p-n перехода.
30.	Математическое описание процессов дискретизации сигналов и возникновения ложных частот (алиасинга) при нарушении теоремы Котельникова.
31.	Особенности математического описания нелинейных схем обработки сигналов в САПР с использованием метода гармонического баланса (Harmonic Balance).

32.	Оценка стабильности передаточной функции активного фильтра к технологическому разбросу номиналов RC-элементов методом Монте-Карло.
33.	Теоретический расчет параметров цепей высокочастотной коррекции (индуктивной и емкостной) для расширения полосы пропускания видеоусилителей.
34.	Аналитический расчет коэффициента стабилизации амплитуды колебаний в автогенераторах с терморезисторами или диодными ограничителями.
35.	Математическое обоснование выбора коэффициента трансформации согласующих контуров для минимизации коэффициента шума входного каскада.
36.	Теоретический синтез ФЧХ полосового фильтра Бесселя для обеспечения минимальных фазовых искажений широкополосных сигналов.
37.	Анализ спектра фазовых шумов автогенератора и математическое описание их влияния на спектральную чистоту выходного сигнала.
38.	Математическое описание передаточной характеристики схемы выборки-хранения (СВХ) аналоговых сигналов и расчет погрешности апертурного времени.
39.	Аналитическое сопоставление схемотехнических моделей аналоговых умножителей на основе ячейки Гилберта и на основе полевых транзисторов.
40.	Теоретический анализ устойчивости многокаскадных селективных усилителей с учетом проходной емкости транзистора и методы её нейтрализации.
ПК-3 Способен собирать, оценивать техническое состояние, использовать измерительное оборудование для регулировки узлов радиоэлектронной аппаратуры	
41.	Методика экспериментального исследования сквозной АЧХ и полосы пропускания многокаскадного селективного усилителя с помощью измерителя частотных характеристик (ИЧХ) или анализатора цепей.
42.	Схемотехнические особенности регулировки тока покоя и симметрии выходного каскада мощного двухтактного транзисторного усилителя класса АВ.
43.	Пошаговый алгоритм настройки центральной частоты и полосы пропускания активного полосового RC-фильтра с помощью подстроечных резисторов.
44.	Диагностика неисправностей в цепи отрицательной обратной связи усилителя по изменению его формы АЧХ и появлению паразитной высокочастотной генерации.
45.	Методика экспериментального измерения коэффициента гармоник (THD) аналогового устройства обработки сигналов с помощью измерителя нелинейных искажений или анализатора спектра.
46.	Правила настройки порога срабатывания и ширины петли гистерезиса в схемотехнических узлах компараторов и триггеров Шмитта.
47.	Экспериментальное определение динамического диапазона усилителя по уровню компрессии коэффициента передачи на 1 дБ (P1dB).
48.	Методика локализации причин возникновения самовозбуждения в многокаскадных усилителях обработки сигналов с помощью ВЧ-осциллографа.
49.	Конфигурирование цифрового осциллографа для корректного измерения времени нарастания фронта быстродействующего импульсного формирователя.
50.	Способы экспериментальной проверки и минимизации напряжения смещения нуля на выходе прецизионного операционного усилителя.
51.	Методика настройки сопряжения частот настроечных контуров гетеродина и входной цепи супергетеродинного преобразователя частоты.
52.	Порядок экспериментального измерения параметров S11 и S21 высокочастотного усилителя сигналов с использованием векторного анализатора цепей (VNA).
53.	Диагностика пробоя и обрыва транзисторов непосредственно в схеме усилителя методом измерения постоянных потенциалов на выводах (карта напряжений).
54.	Схемотехническая регулировка коэффициента подавления синфазной помехи в дифференциальном усилителе с помощью балансировки эмиттерных (истоковых) цепей.
55.	Методика экспериментального определения коэффициента модуляции амплитудно-модулированного сигнала на выходе модулятора с помощью анализатора спектра.
56.	Порядок настройки и проверки глубины регулирования в схемах автоматической регулировки усиления (АРУ) трактов обработки сигналов.
57.	Особенности настройки частотно-компенсированных делителей напряжения в аттенуаторах и входных каскадах широкополосных усилителей.
58.	Методика измерения уровня пульсаций и шумов на шинах питания аналоговых схем обработки сигналов под нагрузкой.

59.	Алгоритм поиска причин отсутствия генерации в транзисторных LC-автогенераторах при исправных активных элементах.
60.	Экспериментальное исследование подавления зеркального канала в квадратурных смесителях частот и методика их фазовой балансировки.
61.	Контроль и регулировка формы импульсов (уровня выбросов, длительности фронтов) в ключевых каскадах и коммутаторах аналоговых сигналов.
62.	Диагностика дефектов фильтрации и блокировочных емкостей в цепях питания усилителей по проявлению эффекта паразитной обратной связи («моторный» эффект).
63.	Методика проверки линейности амплитудной характеристики аналогового тракта с помощью прецизионного генератора сигналов и аттенюаторов.
64.	Порядок регулировки частоты среза и неравномерности в полосе пропускания активных фильтров на переключаемых конденсаторах.
65.	Способы локализации скрытых параметрических отказов в цифро-аналоговых преобразователях (ЦАП) по появлению немонотонности характеристики.
66.	Методика экспериментального измерения коэффициента ослабления нестабильности питания (PSRR) интегрального операционного усилителя.
67.	Правила калибровки измерительного стенда при фиксации шумовых параметров маломощных усилителей методом Y-фактора.
68.	Настройка фазового сдвига в демодуляторах фазоманипулированных сигналов с использованием векторного генератора и осциллографа.
69.	Диагностика теплового режима работы транзисторов и микросхем в мощных каскадах обработки сигналов под нагрузкой с помощью бесконтактных термометров (тепловизоров).
70.	Методика экспериментальной оценки интегральной и дифференциальной нелинейности (INL/DNL) аналого-цифровых преобразователей.
71.	Особенности регулировки и настройки кварцевых генераторов для достижения требуемой точности и стабильности опорной частоты.
72.	Диагностика причин искажений сигнала типа «ступенька» в двухтактных повторителях напряжения и методы её устранения аппаратной регулировкой смещения.
73.	Экспериментальное измерение входной и выходной емкостей усилительного каскада резонансным методом на рабочей частоте.
74.	Правила выбора и подключения согласующих 50-омных и 75-омных нагрузок при тестировании высокочастотных узлов обработки сигналов.
75.	Методика настройки избирательных систем с распределенной селекцией (фильтров сосредоточенной селекции – ФСС).
76.	Порядок проверки качества экранирования и развязки чувствительных входных каскадов усилителей от влияния цифровых узлов устройства.
77.	Схемотехническая регулировка линейности детекторов истинного среднеквадратичного значения (RMS) сигналов.
78.	Способы аппаратного устранения звона и паразитных колебаний на фронтах импульсов в широкополосных буферных усилителях.
79.	Правила документирования результатов регулировки и приемо-сдаточных испытаний схемотехнического узла (составление протокола измерений параметров АЧХ, шума, искажений).
80.	Методика контроля временной нестабильности (джиттера) тактовых сигналов в схемах высокоскоростных АЦП с помощью фазовых измерителей.