

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

В.А. Небольсин

«15» декабря 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)**

«Основы функционального проектирования РЭС»

Направление подготовки (специальность) 11.03.03 – Конструирования и технология электронных средств

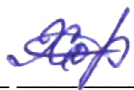
Профиль (специализация) Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года 11 месяцев

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2023 г.

Автор программы  /Хорошайлова М.В./

Заведующий кафедрой
конструирования и производства
радиоаппаратуры  /Башкиров А.В./

Руководитель ОПОП  /Пирогов А.А./

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Состоит в изучении типовых схмотехнических решений, методов расчета и автоматизированного проектирования электронных узлов и блоков современной электронно-вычислительной аппаратуры.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Реализация технологии обучения, нацеленной на индивидуализацию труда студента при выполнении лабораторных работ, при изучении тем, выносимых на самостоятельную работу; использование примеров, фактов, иллюстрирующих достижения и проблемы мировой и отечественной электроники, электромеханики для усиления интереса к изучаемой дисциплине, выбранной специальности; овладение студентами современной научной и технической терминологией в данной области; широкое использование натуральных образцов приборов, узлов, элементов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы функционального проектирования РЭС» относится к дисциплинам обязательной части блока Б.1 учебного плана.

В рамках дисциплины студенты изучают элементы, устройства, узлы, принципы организации и функционирования современных РЭС. Важное место в курсе занимают лабораторные работы студентов, в ходе которых исследуются принципы работы современных компонентов РЭС.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы функционального проектирования РЭС» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 – способен выполнять проектирование радиоэлектронных устройств в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	<u>знать</u> научно-техническую терминологию; основы построения измерительных каналов постоянного и переменного тока аналоговых, аналого-цифровых и цифровых измерительных приборов и устройств; физические основы работы составных частей измерительных каналов; влияние различных факторов окружающей среды на работу измерительных каналов; перспективы развития схмотехники измерительных устройств и их элементной базы
	<u>уметь</u> использовать полученные знания при освоении

	учебного материала последующих дисциплин, выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ; эксплуатировать, настраивать, калибровать измерительные устройства; определять требования к отдельным узлам измерительных устройств; проектировать типовые усилительные и преобразовательные каскады
	владеть современной элементной базой измерительных устройств; основными принципами обработки измерительной информации

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Основы конструирования электронных средств» составляет 8 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		4	5
Аудиторные занятия (всего)	144	90	54
В том числе:			
Лекции	54	36	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18	-
Лабораторные работы (ЛР)	72	36	36
Самостоятельная работа	108	54	54
Контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации: зачет с оценкой, экзамен	+	+	+
Общая трудоемкость час зач. ед.	288	144	108
	8	4	4

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		2	3
Аудиторные занятия (всего)	30	12	18
В том числе:			
Лекции	10	4	6
Практические занятия (ПЗ)	4	-	4
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8
Самостоятельная работа	209	128	81
Контроль	13	4	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+

Общая трудоемкость	час	235	140	95
	зач. ед.	7	4	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Усилительные устройства (УУ) на транзисторах	Классификация УУ, Основные технические характеристики и показатели УУ, Методы анализа линейных усилительных каскадов в частотной области, активные элементы УУ, Биполярные транзисторы, полевые транзисторы, Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОЭ, термостабилизация режима каскада на биполярном транзисторе, усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОБ, усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОК, усилительный каскад на полевом транзисторе с ОИ, термостабилизация режима каскада на ПТ. Усилительный каскад на полевом транзисторе с ОС, временные характеристики усилительных каскадов, анализ искажений во временной области, Анализ усилительных каскадов в области малых, времен, анализ усилительных каскадов в области больших времен, связь временных и частотных характеристик, усилительных каскадов, простейшие схемы коррекции АЧХ и ПХ	6	2	8	12	28
2	Усилители с обратной связью	Общие сведения, усилители с последовательной ООС по току, усилители с последовательной ООС по напряжению, усилители с параллельной ООС по напряжению, усилители с параллельной ООС по току, Дополнительные сведения по ОС, Комбинированная ООС, Многокаскадные усилители с ООС, Паразитные ОС в многокаскадных усилителях.	6	2	8	12	28
3	Усилители постоянного тока (УПТ) Операционные усилители и УУ на их основе	Общие сведения, способы построения УПТ, дифференциальные усилители (ДУ), схемы включения ДУ, точностные параметры ДУ Общие сведения, основные параметры и характеристики ОУ, инвертирующий усилитель, неинвертирующий усилитель, разновидности УУ на ОУ, коррекция частотных характеристик	6	2	8	12	28
4	Аналоговые устройства различного назначения на основе ОУ Специальные вопросы анализа АЭУ	Регулируемые усилители, усилители диапазона СВЧ, устройства формирования АЧХ, активные фильтры на ОУ, гираторы, регуляторы тембра и эквалайзеры, аналоговые перемножители сигналов, компараторы, генераторы, устройства вторичных источников питания. Оценка нелинейных искажений усилительных каскадов, расчет устойчивости УУ, расчет шумовых характеристик УУ, анализ чувствительности, машинные методы анализа АЭУ.	6	2	8	12	28
5	Генераторы гармонических колебаний	Структурная схема генератора. Условия баланса фаз и амплитуд. Автогенератор с трансформаторной обратной связью. Трехточечные генераторы. Кварцевая стабилизация частоты. Автогенератор с трехзвенной RC-цепью. Автогенератор с мостом Вина. Генератор с независимым возбуждением. Автогенератор на туннельном диоде	6	1	8	12	27
6	Стабилизаторы постоянного напряжения	Классификация стабилизаторов постоянного напряжения. Параметрический стабилизатор напряжения на кремниевом стабилитроне. Источник опорного напряжения. Компенсационный	6	-	8	12	26

		стабилизатор напряжения. Стабилизатор на операционном усилителе с ограничением выходного тока. Микросхемы стабилизаторов постоянного напряжения					
7	Цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи (ЦАП и АЦП)	Элементы схемотехники аналого-цифровых, цифро-аналоговых преобразователей сигналов (АЦП и ЦАП). Электронные аналоговые ключи, их особенности, назначение, схемы и принципы действия. Многоканальные коммутаторы. Схемы выборки хранения аналоговых сигналов. Резистивные матрицы. Построение ЦАП и АЦП. ЦАП с прецизионными резистивными матрицами, безматричные ЦАП. Разрешающая способность, погрешность, дифференциальная нелинейность. Время установления, максимальная частота преобразования. Интегральные схемы ЦАП. АЦП с применением ЦАП и без них. АЦП параллельного, весового и числового типа. АЦП двойного интегрирования. Интегральные схемы АЦП. Нелинейные преобразователи сигналов. Преобразователи фаза - напряжение, частота-напряжение, время-напряжение, температура-напряжение.	6	-	8	12	26
8	Функциональная цифровая схемотехника. Математические основы цифровой электроники	Введение в цифровую схемотехнику. Дискретные и цифровые сигналы. Состояния, кодирование и значения цифровых сигналов. МОП-транзистор. Характеристики и функционирование МОП-транзисторов. Позиционные системы счисления. Таблица истинности. Основные законы булевой алгебры. Диаграммы Венна. Карты Карно. Этапы синтеза цифрового устройства. Примеры синтеза цифровых устройств. Мажоритарный логический элемент	6	-	8	12	26
9	Интегральные логические элементы	ТТЛ-логика. КМОП-инвертор. Передаточный венти́ль (Transmission gate). Рекомендации по применению логических элементов ТТЛ. Микросхемы ТТЛ с транзисторами Шоттки. Порт ввода с триггером Шмитта. Параметры цифровых сигналов и схем. Транзисторы с диодами Шоттки. Базовый логический элемент ИС К533. Значения напряжений «0» и «1». Помехоустойчивость. Нагрузочная способность. Передний и задние фронты цифрового сигнала. Порты вывода (выходы) цифровых схем. Подтягивающие и понижающие резисторы. Электропитание цифровых схем.	6	-	8	12	26
Итого			54	18	72	108	252

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Усилительные устройства (УУ) на транзисторах	Классификация УУ, Основные технические характеристики и показатели УУ, Методы анализа линейных усилительных каскадов в частотной области, активные элементы УУ, Биполярные транзисторы, полевые транзисторы, Усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОЭ, термостабилизация режима каскада на биполярном транзисторе, усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОБ, усилительный каскад на биполярном транзисторе с ОК, усилительный каскад на полевом транзисторе с ОИ, термостабилизация режима каскада на ПТ.	2	-	4	42	48
2	Усилители с обратной связью	Общие сведения, усилители с последовательной ООС по току, усилители с последовательной ООС по напряжению, усилители с параллельной ООС по напряжению, усилители с параллельной ООС по току, Дополнительные сведения по ОС, Комбинированная ООС, Многокаскадные усилители с ООС, Паразитные ОС в многокаскадных усилителях.	2	1	4	42	49

3	Усилители постоянного тока (УПТ) Операционные усилители и УУ на их основе	Общие сведения, способы построения УПТ, дифференциальные усилители (ДУ), схемы включения ДУ, точностные параметры ДУ. Общие сведения, основные параметры и характеристики ОУ, инвертирующий усилитель, неинвертирующий усилитель, разновидности УУ на ОУ, коррекция частотных характеристик	2	1	4	42	49
4	Аналоговые устройства различного назначения на основе ОУ	Регулируемые усилители, усилители диапазона СВЧ, устройства формирования АЧХ, активные фильтры на ОУ, гираторы, регуляторы тембра и эквалайзеры, аналоговые перемножители сигналов, компараторы, генераторы, устройства вторичных источников питания.	2	1	2	42	49
5	Генераторы гармонических колебаний	Структурная схема генератора. Условия баланса фаз и амплитуд. Автогенератор с трансформаторной обратной связью. Трехточечные генераторы. Кварцевая стабилизация частоты. Автогенератор с трехзвенной RC-цепью. Автогенератор с мостом Вина. Генератор с независимым возбуждением. Автогенератор на туннельном диоде	2	1	2	41	46
Итого			10	4	16	209	239

5.2 Перечень лабораторных работ

- Л.Р. №1. Исследование резисторного каскада предварительного усиления.
Л.Р. №2. Исследование усилителей с обратной связью
Л.Р. №3. Исследование усилителя с двухтактным выходным каскадом
Л.Р. №4. Исследование генератора с базовой, эмиттерной и коллекторной амплитудной модуляцией
Л.Р. №5. Исследование операционного усилителя
Л.Р. №6. Исследование мультивибратора и сумматора на базе операционного усилителя
Л.Р. №7. Исследование интегратора, дифференцирующего и избирательного усилителей
Л.Р. №8. Исследование фильтров нижних и высоких частот на базе операционного усилителя
Л.Р. №9. Исследование схем электронных генераторов. RC – генераторы
Л.Р. №10. Исследование схем генераторов с обратной LC-связью. Генератор Колпитца, генератор Клаппа
Л.Р. №11. Исследование транзисторных автогенераторов
Л.Р. №12. Исследование импульсных стабилизаторов напряжения
Л.Р. №13. Исследование цифровых сигналов и портов
Л.Р. №14. Изучение логических элементов на КМОП транзисторах
Л.Р. №15. Исследование преобразователей цифровых сигналов
Л.Р. №16. Исследование аналого-цифровых преобразователей

5.3 Перечень практических работ

- Пр.р. №1 Расчет усилительного каскада на биполярном транзисторе
Пр.р. №2 Решение задач по усилительным каскадам на биполярных транзисторах
Пр.р. №3 Расчёт h- параметров биполярного транзистора
Пр.р. №4 Расчет оконечного усилительного каскада на биполярном транзисторе
Пр.р. №5 Расчет усилителя низкой частоты на транзисторе

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Курсовая и контрольная работы не предусмотрены.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения,, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать научно-техническую терминологию; основы построения измерительных каналов постоянного и переменного тока аналоговых, аналого-цифровых и цифровых измерительных приборов и устройств; физические основы работы составных частей измерительных каналов; влияние различных факторов окружающей среды на работу измерительных каналов; перспективы развития схемотехники измерительных устройств и их элементной базы	Активная работа на лабораторных и практических занятиях, ответ не менее чем на половину заданных в процессе опроса вопросов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать полученные знания при освоении учебного материала последующих дисциплин, выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ; эксплуатировать, настраивать, калибровать измерительные	Решение не менее половины прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	устройства; определять требования к отдельным узлам измерительных устройств; проектировать типовые усилительные и преобразовательные каскады			
	владеть современной элементной базой измерительных устройств; основными принципами обработки измерительной информации	Решение стандартных прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 4 и 5 семестрах для очной и в 2 и 3 семестрах заочной форм обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-2	знать научно-техническую терминологию; основы построения измерительных каналов постоянного и переменного тока аналоговых, аналого-цифровых и цифровых измерительных приборов и устройств; физические основы работы составных частей измерительных каналов; влияние различных факторов окружающей среды на работу измерительных каналов; перспективы развития схемотехники измерительных устройств и их элементной базы	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать полученные знания при освоении учебного материала последующих дисциплин, выполнении курсовых проектов и выпускных квалификационных работ; эксплуатировать, настраивать, калибровать измерительные устройства; определять требования к отдельным узлам измерительных устройств; проектировать типовые усилительные и	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	преобразовательные каскады					
	владеть современной элементной базой измерительных устройств; основными принципами обработки измерительной информации	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполне ние теста на 80- 90%	Выполнен ие теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильн ых ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Увеличение глубины отрицательной обратной связи в операционном усилителе приводит к ... полосы(-е) усиливаемых частот:

- а) увеличению**
- б) сохранению
- в) уменьшению

2. Определение параметров каскада по постоянному току проводится с применением таких характеристик:

- а) статических выходных
- б) выходных динамических по постоянному току**
- в) статических входных

3. Усилитель электрических колебаний создает на выходе мощность большую, чем на входе, за счет применения:

- а) резисторов
- б) конденсаторов
- в) источника питания**

4. Регистр сдвига, выполненный на основе триггеров, служит для запоминания (хранения) цифровой информации, записываемой ... кодом:

- а) последовательным**
- б) параллельно-последовательным
- в) параллельным

5. Схема с резисторно-емкостной транзисторной логикой (РЕТЛ) реализуется включением конденсаторов:

- а) как элементов связи между логическими элементами
- б) как элементов связи с нагрузкой
- в) параллельно выравнивающим резисторам на входах**

6. Генератор линейно изменяющегося напряжения с компенсирующей обратной связью реализуется введением ... в двухкаскадном резисторном усилителе:

- а) общей положительной ОС
- б) общей отрицательной обратной связи (ОС)**
- в) местной отрицательной ОС

7. Логарифмический усилитель реализуется включением диода (транзистора) в цепь ... операционного усилителя:

- а) нагрузки
- б) неинвертирующего входа
- в) обратной связи**

8. Взаимное влияние источников сигналов на входе сумматора практически отсутствует из-за того, что инвертирующий вход операционного усилителя ОУ имеет такой потенциал:

- а) нулевой +**
- б) постоянный отрицательный
- в) постоянный положительный

9. Транзисторная логика с резистивной связью (ТЛРС) характеризуется:

- а) отсутствием гальванической связи между источниками
- б) увеличением быстродействия схемы
- в) выравниванием токов в цепях транзисторных ключей**

10. Применение в усилителе последовательной отрицательной обратной связи (ООС) по напряжению приводит к ... входного сопротивления каскада:

- а) уменьшению
- б) увеличению +**
- в) сохранению неизменной величины

11. Режиму АВ соответствует положение рабочей точки на ... сквозной динамической характеристики усилительного элемента:

- а) нижнем изгибе +**
- б) линейном участке
- в) верхнем изгибе

12. В схеме простой ВЧ коррекции увеличение $f_{вч}$ или подъем амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в области верхних частот (ВЧ) обеспечиваются включением ... цепь биполярного транзистора:

- а) индуктивности в базовую
- б) индуктивности в коллекторную +**
- в) индуктивности в эмиттерную

13. Усилительный каскад на полевом транзисторе, включенном по схеме с общим стоком, изменяет фазу входного напряжения на:

- а) 0°**
- б) 90°
- в) -90°

14. Автогенератор с LC колебательной системой в нагрузке формирует такие колебания:

- а) импульсные
- б) пилообразные
- в) гармонические**

15. В LC-генераторах частота автоколебаний определяется выбором элементов:

- а) **колебательного контура**
- б) цепи фильтра источника питания
- в) цепи обратной связи ОС

16. Комплексное уравнение автогенератора, находящегося в стационарном режиме, имеет вид:

- а) $K\beta = 0$
- б) **$K\beta = 1$**
- в) $K\beta < 1$

17. Организация частотно-зависимой ООС по переменному току в схеме эмиттерной высокочастотной (ВЧ) коррекции приводит к:

- а) уменьшению коэффициента усиления в области верхних частот
- б) увеличению коэффициента усиления в области рабочих частот
- в) **расширению полосы усиливаемых частот**

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Ждущий режим мультивибратора на логических элементах характеризуется:

- а) отсутствием элементов, накапливающих энергию
- б) **наличием цепи запуска**
- в) введением отрицательной обратной связи

2. Построение цифро-аналогового преобразователя на основе суммирования напряжений предполагает применение структуры:

- а) R-4R матрицы
- б) фильтра нижних частот
- в) **на основе $2nR$ резисторов**

3. Усилитель, охваченный обратной связью (ОС), устойчив, если его годограф при разомкнутой цепи ОС ... на комплексной плоскости точку с координатами $(1; j0)$:

- а) проходит
- б) **не охватывает**
- в) охватывает

4. Включением моста Вина в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя реализуется фильтр:

- а) **полосовой**
- б) режекторный
- в) верхних частот

5. Коррекция амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в области нижних частот (НЧ) проводится за счет введения ... току:

- а) местной ООС по постоянному
- б) общей частотно-зависимой отрицательной обратной связи (ООС) по переменному**
- в) общей ООС по постоянному

6. Оконечный каскад целесообразно реализовывать с трансформаторной связью с нагрузкой, что позволяет:

- а) снизить линейные искажения
- б) снизить нелинейные искажения
- в) повысить КПД каскада**

7. Достижение входного сопротивления $Z_{вх} \rightarrow \infty$ и выходного $Z_{вых} \approx 0$, близкими к параметрам идеального операционного усилителя, обеспечивается применением:

- а) параллельной ООС по напряжению
- б) последовательной ООС по напряжению**
- в) параллельной ООС по току

8. Усилительный каскад на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером, изменяет фазу входного напряжения на:

- а) 90°
- б) -90°
- в) 180°**

9. На свойства усилительного каскада на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером и резистивно-емкостной межкаскадной связью, в области нижних частот на реактивные компоненты схемы оказывают(ет) влияние:

- а) только разделительные конденсаторы
- б) цепи межкаскадной связи и цепи температурной стабилизации**
- в) реактивные параметры транзистора

10. Физическая П-образная модель биполярного транзистора (схема Джаколетто) позволяет исследовать свойства усилительного каскада ... частот(е):

- а) на любой**
- б) только в области верхних
- в) только на рабочей

11. Источник усиливаемого сигнала можно представлять источником ЭДС или источником тока в зависимости от величины его внутреннего сопротивления:

- а) периодически можно

б) нет

в) да

12. Составные транзисторы позволяют улучшать технические показатели усилителей вследствие уменьшения паразитных обратных связей внутри УЭ:

а) да

б) нет

в) периодически да

13. Транзисторная логика с непосредственной связью (ТЛНС) характеризуется:

а) четким переходом транзисторного ключа из состояния насыщения в режим отсечки

б) сильной зависимостью процессов от характеристик транзистора

в) отсутствием гальванической связи между транзисторными ключами

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Логарифмическая АЧХ усилителя постоянного тока имеет наклон -20дБ/дек вплоть до верхней частоты среза. Определить коэффициент усиления УПТ на частоте 1 МГц, если при подаче на его вход идеального прямоугольного импульса амплитудой 1 мВ на выходе сформировался импульс амплитудой 1 В со временем установления фронта и спада 1 мкс ?

Ответ: $K=33$

2. Относительный спад вершины импульса длительностью 1 мс при прохождении разделительной цепи составил 5%. На сколько процентов падает амплитуда синусоидального сигнала частотой 8 Гц при прохождении этой цепи?

Ответ: на 29 %

3. При выходной мощности 1Вт амплитуды первых четырех гармоник выходного напряжения составили соответственно 10В, 2В, 3В, 1В при подаче на вход усилителя сигнала частотой 1кГц. Для уменьшения искажений в усилитель введена ООС глубиной 20 дБ, а затем с помощью каскада предварительного усиления восстановлен прежний уровень выходной мощности. Определить коэффициент гармоник в % $U_{\text{ВЫХ}}$?

Ответ (3)

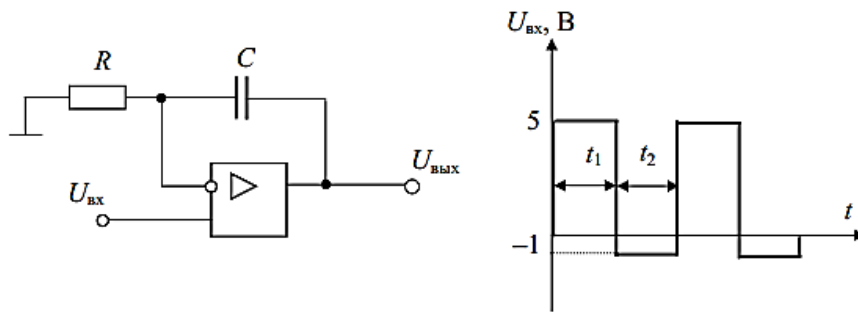
4. Амплитуды первых четырех гармоник выходного тока транзисторного усилителя составили соответственно 20мА, 2мА, 3мА и 1мА. Оценить коэффициент гармоник в % $I_{\text{ВЫХ}}$?

Ответ {18}

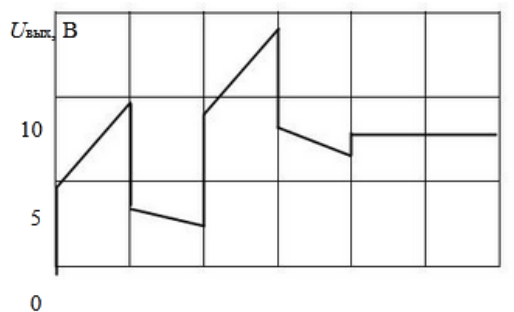
5. Фазовый сдвиг сигнала частотой 1 МГц на выходе УПТ, ЛАЧХ которого идет с наклоном -20 дБ/дек вплоть до частоты среза, составил 45 эл. град. Оценить время установления фронта импульса на выходе усилителя, если на вход подан идеальный прямоугольный импульс.

Ответ: $t_y = 350 \text{ нс}$

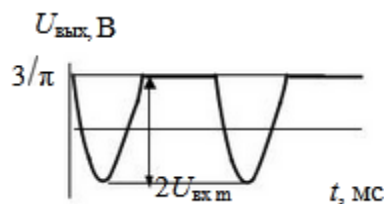
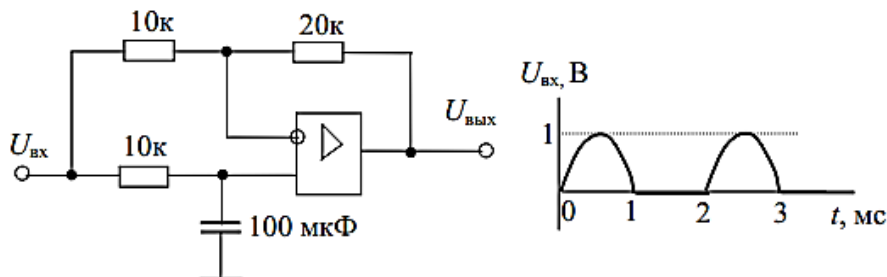
6. Построить $U_{\text{вых}}(t)$ после подачи на вход двух импульсов $U_{\text{вх}}(t)$.
Выполняется условие $\tau = RC = t_1 = t_2$



Ответ: За время t_1 напряжение на конденсаторе нарастает на 5 В, за время t_2 спадает на 1 В. После окончания импульсов напряжение на выходе интегратора не изменяется.



7. Построить временную диаграмму выходного напряжения.



Ответ: $t=1000$ мс,

8. Параллельный LC -контур с конденсатором емкостью $C=1$ нФ настроен на резонансную частоту 1 МГц. При этом полоса пропускания на уровне 3 дБ составила 10 кГц. Определить сопротивление контура на частоте 500 кГц.

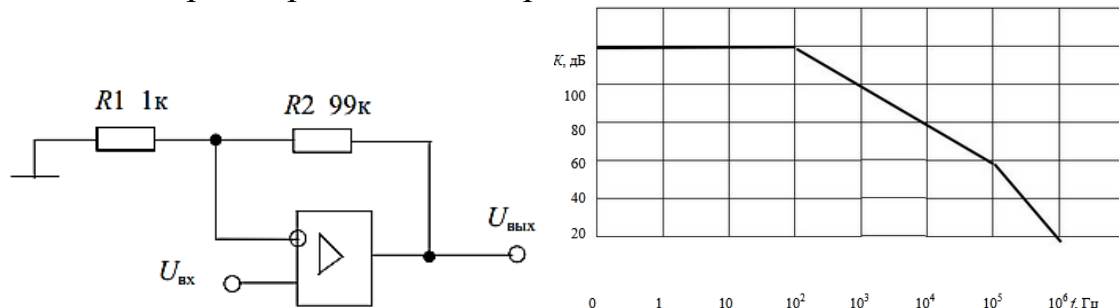
Ответ: 106 Ом

9. Какой глубины ООС нужно ввести в усилитель, чтобы уменьшить погрешность коэффициента усиления до 1%, если температурная

нестабильность $\delta K_{\text{темп}}=50\%$, технологический разброс $\delta K_{\text{техн}}=50\%$, а погрешность коэффициента передачи цепи обратной связи $\delta \gamma = 0,5\%$.

Ответ: $A=141,4$

10. Оценить запас устойчивости по фазе УПТ, асимптотическая ЛАЧХ (логарифмическая амплитудно-частотная характеристика) операционного усилителя которого приведена на чертеже.



Ответ: запас устойчивости по фазе равен 45° .

11. При подаче входного синусоидального напряжения амплитуды первых четырех гармоник сигнала на выходе двухтактного выходного каскада, работающего в режиме класса B , при выходной мощности 10 Вт составили соответственно 10 В, 2 В, 3 В и 1 В. Оценить коэффициент нелинейных искажений усилителя.

Ответ: 37,4 %

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Что называется амплитудной характеристикой усилителя?
2. Что называется динамическим диапазоном усилителя, в каких единицах он измеряется?
3. Чем ограничивается динамический диапазон усилителя?
4. Как экспериментально снимается амплитудная характеристика?
5. Что называется амплитудно-частотной характеристикой?
6. Какие элементы схемы усилителя и как влияют на амплитудно-частотную характеристику?
7. Что называется фазовой характеристикой?
8. Как экспериментально снимаются АЧХ и ФЧХ?
9. Как экспериментально измеряются входное и выходное сопротивления усилителя?
10. Что называется частотными искажениями и в каких единицах они измеряются?
11. Вывести формулу для коэффициентов усиления по напряжению и по току на средних частотах.
12. Какой порядок имеют коэффициенты усиления по току, напряжению, входное и выходное сопротивления каскадов ОЭ, ОК и ОБ?
13. Построить эквивалентные схемы каскада ОЭ на нижних, средних и верхних частотах.

14. Динамические входные и выходные характеристики, порядок их построения.
15. Привести варианты схем подачи на базу транзистора при питании от одного источника.
16. Дать определение нижней и верхней частот рабочего диапазона.
17. Как зависят величины входного сопротивления и коэффициентов усиления от положения точки покоя?
18. Характерные особенности усилительных каскадов на полевых транзисторах.
19. От чего зависит коэффициент усиления напряжению каскада на полевом транзисторе?
20. Способы снятия и введения обратной связи.
21. Изобразить принципиальные схемы усилителей с последовательной и параллельной обратной связью по напряжению и по току.
22. Как влияет обратная связь на частотную, фазовую и переходную характеристики?
23. Как влияет обратная связь различного вида на входное и выходное сопротивление усилителя?
24. Привести примеры использования положительной обратной связи.
25. Что называется самовозбуждением усилителя и в чем его причины?
26. Почему в многокаскадных усилителях, охваченных общей отрицательной обратной связью, может возникать самовозбуждение?

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Основные характеристики усилительных устройств. Структурная схема усилительного устройства. Классификация электронных усилителей. Усилительные параметры. Амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики.
2. Переходная характеристика усилительных устройств. Линейные и нелинейные искажения. Амплитудная характеристика. Способы связи между каскадами. Классы усиления.
3. Виды обратных связей. Влияние отрицательной обратной связи (ООС) на стабильность коэффициента усиления. Влияние ООС на нелинейные искажения. Влияние ООС на величину входного и выходного сопротивлений усилителя.
4. Амплитудно-частотная характеристика усилителя с ООС. Частотный критерий устойчивости усилителя с обратной связью. Запасы устойчивости по амплитуде и фазе. Пример расчета характеристик усилителя с ООС.
5. Способы включения биполярного транзистора. Характеристики транзистора при включении с общей базой и общим эмиттером. Т-образная эквивалентная схема замещения транзистора при включении с общей базой.
6. Т-образная эквивалентная схема замещения транзистора при включении с общим эмиттером. h-параметры транзистора и их связь с

параметрами физической эквивалентной схемы. Определение h -параметров по характеристикам транзистора. Типы полевых транзисторов. Характеристики и малосигнальные параметры полевых транзисторов. Эквивалентные схемы замещения полевых транзисторов.

7. Принцип работы и назначение элементов простейшего каскада УНЧ по схеме с общим эмиттером. Нагрузочные прямые постоянного и переменного тока.

8. Анализ каскада в области средних частот. Анализ каскада в области нижних частот. Анализ каскада в области верхних частот. Результирующие характеристики каскада.

9. Цепи смещения с фиксированным током базы и эмиттера. Цепь смещения с эмиттерной стабилизацией рабочей точки. Цепь смещения с комбинированной ООС по постоянному току.

10. Каскад по схеме с общим истоком. Анализ каскада в области средних и верхних частот. Каскад с последовательной ООС по току.

11. Дифференциальный усилительный каскад. Стабилизаторы тока. Операционный усилитель. Основные параметры и схемы включения операционных усилителей.

12. Структурная схема генератора. Условия баланса фаз и амплитуд. Автогенератор с трансформаторной обратной связью. Трехточечные генераторы.

13. Кварцевая стабилизация частоты. Автогенератор с трехзвенной РСцепью. Автогенератор с мостом Вина. Генератор с независимым возбуждением. Автогенератор на туннельном диоде.

14. Логические элементы эмиттерно-связанной логики

15. Логические элементы на МОП-транзисторах

16. Цифровые компараторы

17. ЦАП. Основные характеристики. Схема с двоичновзвешенными резисторами

18. АЦП. Основные характеристики. Схема с последовательным приближением

19. АЦП. Основные характеристики. Схема с двоично-взвешенным приближением.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Усилительные устройства (УУ) на транзисторах	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
2	Усилители с обратной связью	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
3	Усилители постоянного тока (УПТ) Операционные усилители и УУ на их основе	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
4	Аналоговые устройства различного назначения на основе ОУ Специальные вопросы анализа АЭУ	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
5	Генераторы гармонических колебаний	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
6	Стабилизаторы постоянного напряжения	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос
7	Цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи (ЦАП и АЦП)	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос
8	Функциональная цифровая схемотехника. Математические основы цифровой электроники	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос
9	Интегральные логические элементы	ПК-2	Тест, экзамен, устный опрос

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Башкиров, А. В. Основы функционального проектирования РЭС [Электронный ресурс] : практикум / Башкиров Алексей Викторович, Турецкий Андрей Владимирович, Хорошайлова Марина Владимировна ; ФГБОУ ВО "Воронеж. гос. техн. ун-т", каф. конструирования и производства радиоаппаратуры. - Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. - Электрон. текстовые и граф. данные (5,0 Мб) : ил. : табл. - Библиогр.: с. 142-143 (24 назв.). - ISBN 978-5-7731-0934-1. <https://bibl.cchgeu.ru/catalog/Found.asp>

2. Дуркин, В. В. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебно-методическое пособие / В. В. Дуркин, С. В. Тырыкин, Р. Ю. Белоруцкий. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 88 с. — ISBN 978-5-7782-3937-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98740.html>

3. Лоскутов Е.Д. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебное пособие / Лоскутов Е.Д.. — Саратов : Вузовское образование, 2016. — 264 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/44037.html>

4. Фролов, А. В. Схемотехника аналоговых устройств на операционных усилителях: лабораторный практикум / А. В. Фролов. — Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. — 141 с. — ISBN 978-5-7765-1525-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/140669.html>

5. Глушко, А. А. Схемотехническое проектирование элементов аналоговых устройств : учебное пособие / А. А. Глушко, А. А. Гладких, С. Г. Семенцов. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-7038-4710-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/135561.html>

6. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника. Т.1 / У. Титце, К. Шенк ; перевод Г. С. Карабашев. — 13-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — 828 с. — ISBN 978-5-89818-547-3. — Текст : электронный //

Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/159666.html>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Симулятор электронных схем SimulIDE, <https://clck.ru/3SfQ9V>;
- Windows Pro Dev UpLic A Each Academic Non-Specific Professional;
- Office Std Dev SL A Each Academic Non-Specific Standard
- Acrobat Pro 2017 Multiple Platforms Russian AOO License TLP (1-4,999),

Электронные библиотечные системы

<https://www.iprbookshop.ru/>

<https://e.lanbook.com/>

Электронная библиотека www.elibrary.ru/

Электронная информационно-обучающая система ВГТУ

<https://old.education.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных

ГОСТ Эксперт – единая база ГОСТов РФ <https://gostexpert.ru/>

Информационные справочные системы и сайты

Росстандарт <https://www.rst.gov.ru/portal/gost>

Группа компаний «Промэлектроника» <https://www.promelec.ru/>

Портал ФГОС ВО <http://fgosvo.ru/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Реализация лекционных занятий требует наличие аудитории, оснащенной комплектом учебной мебели и видеопроектором с экраном.

Для проведения лабораторных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная компьютерной техникой с установленным программным обеспечением и доступом к сети "Интернет", ауд. 7519, 7222, 7426.

Для самостоятельной работы используется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ВГТУ.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы функционального проектирования РЭС» читаются лекции, проводятся лабораторные и практические занятия.

Лекции представляет собой систематическое, последовательное изложение учебного материала. Это – одна из важнейших форм учебного процесса и один из основных методов преподавания в вузе. На лекциях от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. Качественный конспект должен легко восприниматься зрительно, в эго тексте следует соблюдать абзацы, выделять заголовки, пронумеровать формулы, подчеркнуть термины. В качестве ценного совета рекомендуется записывать не каждое слово лектора (иначе можно потерять мысль и начать писать автоматически, не вникая в смысл), а постараться понять основную мысль лектора, а затем записать, используя понятные сокращения.

- Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;
- выполнение домашних заданий и типовых расчетов;
- работа над темами для самостоятельного изучения;
- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;
- подготовка к зачетам и экзаменам.

Кроме базовых учебников рекомендуется самостоятельно использовать имеющиеся в библиотеке учебно-методические пособия. Независимо от вида учебника, работа с ним должна происходить в течение всего семестра. Эффективнее работать с учебником не после, а перед лекцией.

При ознакомлении с каким-либо разделом рекомендуется прочитать его целиком, стараясь уловить общую логику изложения темы. При повторном чтении хорошо акцентировать внимание на ключевых вопросах и основных теоремах (формулах). Можно составить их краткий конспект.

Степень усвоения материала проверяется следующими видами контроля:

- текущий (опрос, контрольные работы, типовые расчеты);
- рубежный (коллоквиум);
- промежуточный (курсовая работа, зачет, зачет с оценкой, экзамен).

Коллоквиум – форма итоговой проверки знаний студентов по определенным темам.

Зачет – форма проверки знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях. Сдача всех зачетов, предусмотренных учебным планом на данный семестр, является обязательным условием для допуска к экзаменационной сессии.

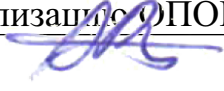
Экзамен – форма итоговой проверки знаний студентов.

Для успешной сдачи экзамена необходимо выполнить следующие рекомендации –готовиться к экзамену следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за

месяц-полтора до экзамена. Данные перед экзаменом три-четыре дня эффективнее всего использовать для повторения.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Проведена коррекция перечня литературы, состав ИСС и сайтов	22.02.2024	
2	Проведена коррекция перечня литературы, состав ИСС и сайтов	6.03.2025	
3	Проведена коррекция перечня литературы, состав ИСС и сайтов	17.02.2026	