

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»  
в городе Борисоглебске



**УТВЕРЖДАЮ**

Директор филиала

/В.В. Григораш/

31 августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины**

**«Основы функционального проектирования РЭС»**

Направление подготовки 11.03.03 Конструирование и технология элек-  
тронных средств

Профиль Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года 11 месяцев

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2021

Автор программы

В.В. Благодарный

Заведующий кафедрой  
естественнонаучных  
дисциплин

Л.И. Матвеева

Руководитель ОПОП

В.В. Благодарный

**Борисоглебск 2021**

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цели дисциплины:** изучение методов и схемотехнических основ построения информационных устройств формирования, передачи, приема и обработки сигналов, формирование навыков системного подхода к разработке радиоэлектронной аппаратуры.

### 1.2 Задачи освоения дисциплины:

- изучение вопросов, связанных с передачей информации на расстояние, с устройством и построением функциональных блоков приемопередающей аппаратуры; с построением систем радиосвязи и антенных устройств;
- формирование навыков моделирования физических процессов и явлений.

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы функционального проектирования РЭС» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 учебного плана.

## 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	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
	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 преобразовательные каскады
	владеть современной элементной базой измерительных устройств; основными принципами обработки измерительной информации

## 4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы функционального проектирования РЭС» составляет 9 зачётных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

**Очная форма обучения**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4	5	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	180	90	90	
В том числе:				
Лекции	72	36	36	
Практические занятия (ПЗ)	36	18	18	
Лабораторные работы (ЛР)	72	36	36	
<b>Самостоятельная работа</b>	108	54	54	
Курсовой проект (работа)				
Контрольная работа				
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой, экзамен	36	-	36	
Общая трудоемкость	час	324	144	180
	зач. ед.	9	4	5

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		4	5	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	30	12	18	
В том числе:				
Лекции	10	4	6	
Практические занятия (ПЗ)	4	-	4	
Лабораторные работы (ЛР)	16	8	8	
<b>Самостоятельная работа</b>	281	128	153	
Курсовой проект (работа)				
Контрольная работа				
Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой, экзамен	13	4	9	
Общая трудоемкость	час	324	144	180
	зач. ед.	9	4	5

## 5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 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	8	4	6	6	24

		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	Усилительные устройства (УУ) на транзисторах	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	2	2	4	8	16
3	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.	4	2	6	6	18
4	Усилители постоянного тока (УПТ)	Общие сведения, способы построения УПТ, дифференциальные усилители (ДУ), схемы включения ДУ, точностные параметры ДУ	4	2	4	8	18
5	Операционные усилители и УУ на их основе	Общие сведения, основные параметры и характеристики ОУ, инвертирующий усилитель, неинвертирующий усилитель, разновидности УУ на ОУ, коррекция частотных характеристик	4	2	4	8	18
6	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	4	2	4	8	18

7	Специальные вопросы анализа АЭУ	Оценка нелинейных искажений усилительных каскадов, расчет устойчивости УУ, расчет шумовых характеристик УУ, анализ чувствительности, машинные методы анализа АЭУ.	4	4	4	8	20
8	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	4	6	8	24
9	Стабилизаторы постоянного напряжения	Классификация стабилизаторов постоянного напряжения. Параметрический стабилизатор напряжения на кремниевом стабилитроне. Источник опорного напряжения. Компенсационный стабилизатор напряжения. Стабилизатор на операционном усилителе с ограничением выходного тока. Микросхемы стабилизаторов постоянного напряжения	6	2	6	8	22
10	Цифро-аналоговые и аналого-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.	6	2	6	8	22
11	Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи (ЦАП и АЦП)	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	4	6	8	24
12	Функциональная цифровая схемотехника.	Введение в цифровую схемотехнику. Дискретные и цифровые сигналы. Состояния, кодирование значения	6	2	6	8	22

		цифровых сигналов. МОП-транзистор. Характеристики и функционирование МОП-транзисторов.					
13	Математические основы цифровой электроники	Позиционные системы счисления. Таблица истинности. Основные законы булевой алгебры. Диаграммы Венна. Карты Карно. Этапы синтеза цифрового устройства. Примеры синтеза цифровых устройств. Мажоритарный логический элемент	4	2	4	8	20
14	Интегральные логические элементы	ТТЛ-логика. КМОП-инвертор. Передаточный вентиль (Transmissiongate). 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.	8	2	6	8	24
<b>Итого</b>			<b>72</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>108</b>	<b>288</b>

### 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, усилительный каскад на полевом транзисторе с ОИ, термостабилизация режима каскада на ПТ	2	0	3	40	45
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	0	3	40	45
3	Генераторы гармонических колебаний	Структурная схема генератора. Условия баланса фаз и амплитуд. Автогенератор с трансформаторной обратной связью. Автогенератор с мостом Вина. Генератор с независимым возбуждением. Автогенератор на туннельном диоде	2	0	2	40	44
4	Усилители постоянного тока (УПТ)	Общие сведения, способы построения УПТ, дифференциальные усилители (ДУ), схемы включения ДУ, точностные параметры ДУ	1	0	2	40	43

5	Операционные усилители и УУ на их основе	Общие сведения, основные параметры и характеристики ОУ, инвертирующий усилитель, неинвертирующий усилитель, разновидности УУ на ОУ, коррекция частотных характеристик	1	2	2	41	46
6	Аналоговые устройства различного назначения на основе ОУ	Регулируемые усилители, усилители диапазона СВЧ, устройства формирования АЧХ, активные фильтры на ОУ.	1	2	2	40	45
7	Специальные вопросы анализа АЭУ	Оценка нелинейных искажений усилительных каскадов, расчет устойчивости УУ, расчет шумовых характеристик УУ, анализ чувствительности, машинные методы анализа АЭУ.	1	0	2	40	43
<b>Итого</b>			<b>10</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>281</b>	<b>311</b>

Практическая подготовка при освоении дисциплины учебным планом не предусмотрена.

### 5.2 Перечень лабораторных работ

- Л.Р. №1. Исследование резисторного каскад 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 Анализ усилительного каскада на операционном усилителе

- Пр.р. №3 Решение задач по усилителям  
 Пр.р. №4 Решение задач  
 Пр.р. №5 Расчет автогенератора  
 Пр.р. №6 Тестовые задания и задачи по автогенераторам  
 Пр.р. №7 Исследование ключа на биполярном транзисторе  
 Пр.р. №8 Построение схем комбинационных цифровых устройств (КЦУ)  
 в заданном базисе

## **6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## **7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**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».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
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	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



ных 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	Решение 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, 5 семестрах для очной и 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 схмотехники 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 преобразовательные каскады	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

владеть современной элементной базой измерительных устройств; основными принципами обработки измерительной информации	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных 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. Полупроводники. Общие свойства

При увеличении температуры электропроводность у примесных полупроводников:

- А) остаётся постоянной
- Б) уменьшается
- В) уменьшается, а при высоких температурах начинает возрастать
- Г) возрастает, а при высоких температурах начинает убывать

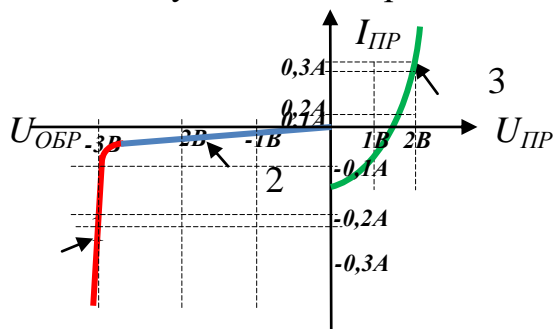
#### 2. Полупроводниковые диоды не предназначены:

- А) для выпрямления напряжения
- Б) для усиления сигнала
- В) для стабилизации напряжения
- Г) для коммутации электрических цепей

#### 3. Светодиоды. Для производства пультов дистанционного управления аппаратурой:

- А) светодиоды не используют
- Б) светодиоды видимого излучения
- В) ультрафиолетовые светодиоды
- Г) используют инфракрасные светодиоды

#### 4. Стабилитроны. Укажите, какой участок вольтамперной характеристики стабилитрона используется для его работы в схемах стабилизации напряжения:



участок 1 (выделенный красным цветом)

участок 2 (выделенный синим цветом)

участок 3 (выделенный зелёным цветом)

5. Фотодиоды. С ростом освещённости внутреннее сопротивление фотодиода:

- А) остаётся постоянным
- Б) увеличивается
- В) уменьшается
- Г) не изменяется

6. Оптроны или оптронные пары служат:

- А) для гальванической развязки цепей передачи данных или для коммутации в цепях управления
- Б) для связи цепей переменного и постоянного тока
- В) для связи высоковольтных цепей
- Г) для фильтрации помех

7. Длительность отпирающего импульса тиристора зависит:

- А) от его вольтамперной характеристики
- Б) от вида нагрузки
- В) от величины управляющего тока
- Г) от величины управляющего напряжения

8. Данное условное графическое изображение обозначает:

- 1) полевой транзистор *МДП*-типа
- 2) биполярный транзистор *p-n-p* типа
- 3) биполярный транзистор *n-p-n* типа
- 4) полевой транзистор с каналом *p*-типа

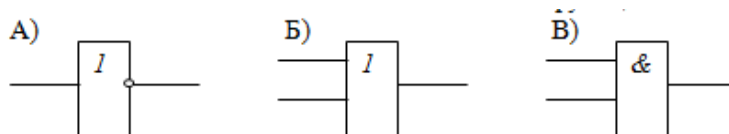


9. Транзисторная схема с общей базой применяется:

- А) для коммутации цепей
- Б) для усиления сигнала
- В) для регулировки и стабилизации напряжения источников питания
- Г) для генерации белого шума

10. Логические устройства

Установите соответствие логических элементов их функциям:



функция		элемент
1	логическое отрицание («НЕ»), инвертор	А
2	логическое умножение («И»), конъюнктор	В
3	логическое сложение («ИЛИ»), дизъюнктор	Б

## 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

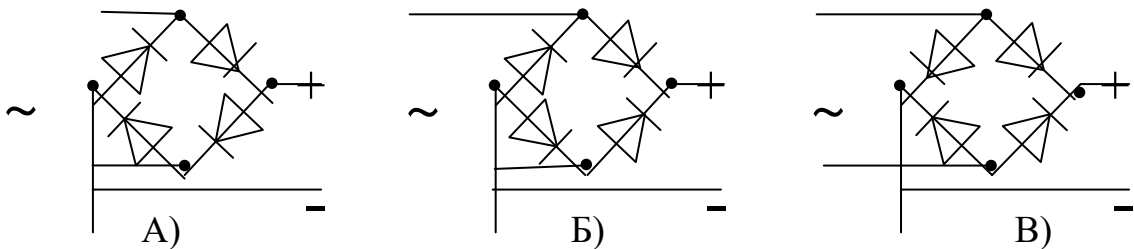
1. Интегральные микросхемы

Выберите три параметра, которые являются общими для всех типов микросхем и позволяют их сравнивать между собой при выборе схемы устройства:

- 1) быстродействие
- 2) потребляемая мощность
- 3) объём памяти
- 4) способ адресации
- 5) коэффициент усиления
- 6) нагрузочная способность

2. Источники питания. Выпрямители

Схемой мостового выпрямителя является:



3. Источники питания. Преобразователи

Напряжение вторичной обмотки понижающего трансформатора:

- А) пропорционально количеству витков во вторичной обмотке
- Б) пропорционально количеству витков в первичной обмотке
- В) обратно пропорционально количеству витков во вторичной обмотке
- Г) обратно пропорционально количеству витков в первичной обмотке

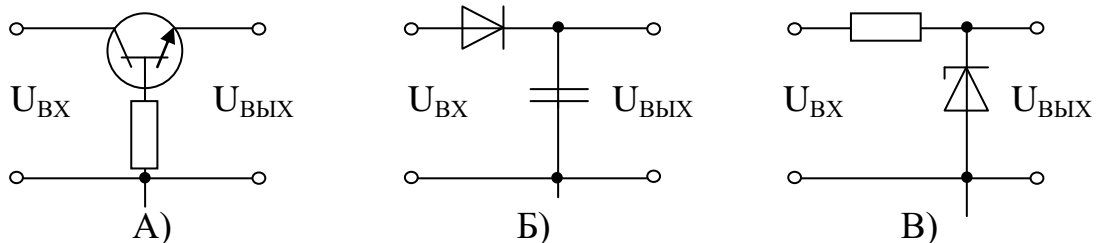
4. Источники питания. Сглаживающие фильтры

Два из данных радиоэлементов не применяются в схемах пассивных сглаживающих фильтров:

- А) транзистор
- Б) диод
- В) индуктивность
- Г) ёмкость

5. Стабилизаторы напряжения и тока

Схемой параметрического стабилизатора является:



6. Усилители

Идеальный усилитель должен обладать следующими характеристиками:

- А)  $K_U \rightarrow \infty$ ,  $R_{BX} \rightarrow \infty$ ,  $R_{ВЫХ} \rightarrow \infty$
- Б)  $K_U \rightarrow \infty$ ,  $R_{BX} \rightarrow 0$ ,  $R_{ВЫХ} \rightarrow \infty$
- В)  $K_U \rightarrow \infty$ ,  $R_{BX} \rightarrow \infty$ ,  $R_{ВЫХ} \rightarrow 0$
- Г)  $K_U \rightarrow 0$ ,  $R_{BX} \rightarrow 0$ ,  $R_{ВЫХ} \rightarrow 0$ ,

где  $K_U$  – коэффициент усиления по напряжению,  $R_{ВХ}$  и  $R_{ВЫХ}$  – входное и выходное сопротивление.

### 17. Генераторы гармонических колебаний

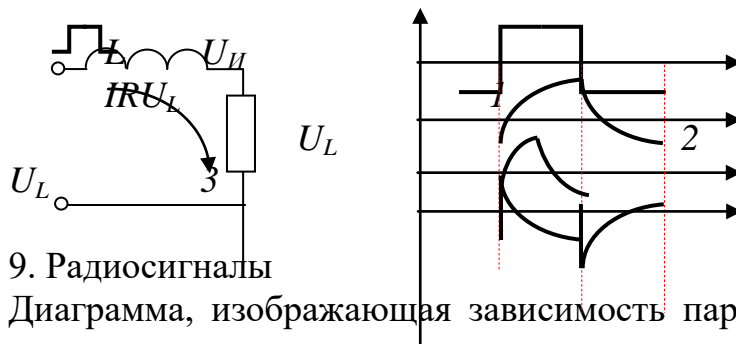
Частота собственных колебаний LC-контура определяется по формуле:

$$\omega_0 = \sqrt{RC} \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \omega_0 = \sqrt{LC}$$

А) Б) В)

### 8. Импульсные устройства

При индуктивном характере нагрузки ( $LC$ ) прямоугольный импульс, проходя через неё, будет претерпевать искажение формы. Выберите, какой должна быть форма импульса на индуктивности:



### 9. Радиосигналы

Диаграмма, изображающая зависимость параметров гармоник сигнала от их частот, называется:

- А) передаточной характеристикой
- Б) вольтамперной характеристикой
- В) амплитудно-частотной характеристикой
- Г) спектром

### 10. Электрические помехи в электронных приборах

Наиболее сложным для подавления является следующий вид помехи:

- А) белый шум
- Б) тепловой шум
- В) сосредоточенная помеха
- Г) фликкер-шум

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

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

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

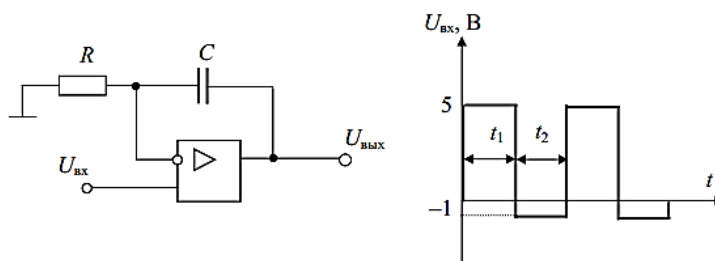
3. При выходной мощности  $1\text{ Вт}$  амплитуды первых четырех гармоник выходного напряжения составили соответственно  $10\text{ В}$ ,  $2\text{ В}$ ,  $3\text{ В}$ ,  $1\text{ В}$  при подаче на

вход усилителя сигнала частотой 1 кГц. 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 %  $U_{\text{ВЫХ}}$ ?

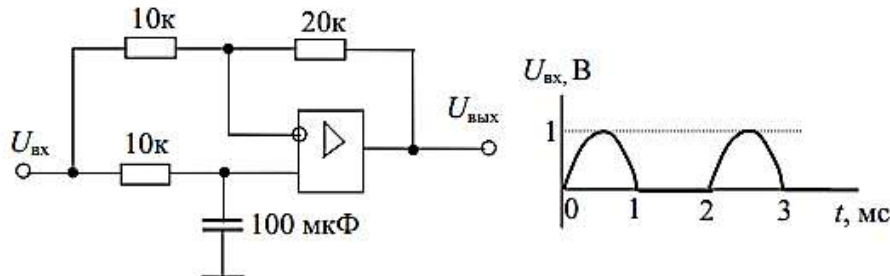
4. Амплитуды первых четырех гармоник выходного тока транзисторного усилителя составили соответственно 20 мА, 2 мА, 3 мА и 1 мА. Оценить коэффициент гармоник в %  $I_{\text{ВЫХ}}$ ?

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.

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



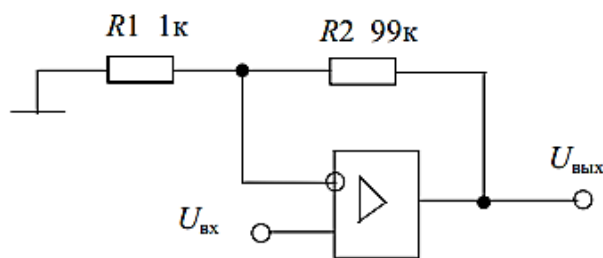
7. Построить временную диаграмму выходного напряжения.



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.

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  $\delta \gamma = 0,5\%$ .

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



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.

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

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 потоку 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 RC-цепью. 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.

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

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

Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

Зачет с оценкой и экзамен проводятся 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.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее

16 баллов.

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

Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

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	Наименование оценочного средства
1	Электронные средства как предмет проектирования	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
2	Ограничения, накладываемые на объект проектирования	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
3	Стандартизация и унификация при проектировании ЭС	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
4	Компоновка ЭС	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
5	Проектирование объемного и печатного монтажа	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
6	Надежность и электромагнитная совместимость ЭС)	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
7	Защита ЭС от воздействий окружающей среды, защита от ионизирующего излучения	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
8	Защита ЭС от механических воздействий	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ
9	Особенности проектирования ЭС различного назначения	ПК-2	Тест, устный опрос, система задач, защита лабораторных работ

### 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 вы-

ставления 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. Уварова, А.С. Проектирование и конструирование электронных средств [Текст] /А.С.Уварова– Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2004 г.-760 с.

2. Иванова, Н.Ю. Романова Е.Б. Инструментальные средства конструкторского проектирования электронных средств [Текст] /Н.Ю.Иванова, Е.Б.Романова. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 121 с.

3. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радио-электронных устройств (часть 1): учебное пособие /В.А. Кологривов Томск : ТУСУР – 2012. 120 с. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=4930](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=4930)

4. Кологривов В. А. Основы автоматизированного проектирования радио-электронных устройств (часть 2): Учебное пособие / Томск : ТУСУР – 2012. 132 с. URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=4929](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=4929)

5. Романычева, Э.Т. Разработка и оформление конструкторской документации РЭА [Текст]: справочное пособие / Э.Т. Романычева, А.К.Иванова, А.С.Куликов, Т.П. Новикова –М.: Радио и связь 1984г.-256 с.

6. Основы функционального проектирования РЭС: практикум [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (5,0 Мб) / А. В. Башкиров, А. В. Турецкий, М. В. Хорошайлова – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2021. – Режим доступа: [Башкиров А.В. Основы функционального проектирования РЭС](#)

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

Перечень ПО, включая перечень лицензионного программного обеспечения:

ОС Windows 7 Pro;  
Media Player Classic Black Edition;  
Google Chrome;

Microsoft Office 64-bit;

Компас 3D;

Altium Designer;

EasyEDA

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

<http://window.edu.ru> – единое окно доступа к информационным ресурсам;

<http://www.edu.ru/> – федеральный портал «Российское образование»;

Образовательный портал ВГТУ;

<http://www.iprbookshop.ru/> – электронная библиотечная система IPRbooks;

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) – научная электронная библиотека

Профессиональные базы данных, информационные справочные системы:

<https://docplan.ru/> – бесплатная база ГОСТ

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональный компьютер с установленным ПО, подключенный к сети интернет;
- доска магнитно-маркерная;
- мультимедийный проектор на кронштейне;
- экран настенный

Учебная аудитория (лаборатория) для проведения практических и лабораторных занятий, оснащенная следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети интернет (5 шт);
- источники питания: ТЕС 14; ТЕС 18; ТЕС 21; ТЕС 23-4 шт, НУ3030Е- 3 шт;
- пульт поверки ППРТ;
- блок поверки БП;
- генераторы НЧ ГЗ-117; НЧ ГЗ-118; НЧ ГЗ-102; НЧ ГЗ-123;
- генератор VC2002;
- осциллографы TDS1012;
- частотомеры эл. ЧЗ-54; ЧЗ-57; ЧЗ-64;
- стол регулировщика радиоаппаратуры АРМ-4220;
- специализированные лабораторные стенды по исследованию характеристик потенциометрических преобразователей, термоэлектрических и терморезистивных преобразователей, характеристик емкостного датчика уровня жидкости, датчиков Холла.

Помещение (Читальный зал) для самостоятельной работы с выходом в сеть «Интернет» и доступом в электронно-библиотечные системы и электронно-информационную среду, укомплектованное следующим оборудованием:

- персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к

сети Интернет — 10 шт.;

- принтер;
  - магнитно-маркерная доска;
  - переносные колонки;
- переносной микрофон.

## **10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков проектирования РЭС. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

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.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
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 усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li></ul>

	- 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 зачетом с оценкой, 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			
2			
3			