

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета

\_\_\_\_\_  
Нестеров П.Н.

24 мая 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Электроника и схемотехника**

Направление подготовки (специальности)  
10.05.01 Компьютерная безопасность

Направленность (профиль)  
«Математические методы защиты информации»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 28.04.2022, протокол № 3

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от 11.05.2022

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Электроника и схемотехника» является подготовка студентов в области основ построения радиоэлектронной аппаратуры, используемой компьютерах и в более сложных информационных системах. Это достигается обучением студентов принципам работы, важнейшим количественным соотношениям и методам анализа радиоэлектронных устройств в системах обработки и защиты информации.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

Требует знаний, полученных при изучении дисциплин "Математический анализ" и "Электротехника". Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины "Электроника и схемотехника", используются обучаемыми при изучении общепрофессиональных и специальных дисциплин, в том числе «Теория информации».

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-4</b> Способен анализировать физическую сущность явлений и процессов, лежащих в основе функционирования микроэлектронной техники, применять основные физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности	<b>И-ОПК-4.1</b> Анализирует физические явления и процессы при решении задач профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> – принципы работы простейших цепей и методы анализа линейных и нелинейных электрических цепей; – базовые физические принципы работы полупроводниковых устройств; <b>Уметь:</b> – получать информацию о временных, и спектральных свойствах сигналов и решать задачи анализа цепей; – классифицировать полупроводниковые элементы электротехнических цепей и устройств; <b>Владеть навыками:</b> – использования методов анализа цепей и сигналов; – расчёта простейших усилительных устройств.

## 4. Объем, форма реализации, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **7** зачетных единиц, **252** акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1.	Основы теории электрических цепей и сигналов	4	32	8	8	5		49	Тестирование, задания для самостоятельной работы, контрольная работа Тесты по Модулям 1-6 онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)»
								2	Итоговый тест
							0,3	3,7	Зачет
	Всего за 4 семестр 108 акад. часов		32	8	8	5	0,3	54,7	
2.	Полупроводниковые приборы и аналоговая схемотехника	5	25	10	12	4		30	Тестирование, тесты-диктанты, задания для самостоятельной работы
3.	Цифровая схемотехника	5	7	6	4	1		9	Тестирование, тесты-диктанты
						2	0,5	33,5	Экзамен
	Всего за 5 семестр 144 акад. часов		32	16	16	7	0,5	72,5	
	ИТОГО		64	24	24	12	0.8	127.2	

### Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Основы теории электрических цепей и сигналов

##### Тема 1.1. Сигналы и их спектры

Очно или дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 2)»: Периодический сигнал и ряд Фурье. Комплексная форма ряда Фурье. Амплитудный и фазовый спектры сигнала. Отрицательные частоты. Физический и двусторонний спектры. Интеграл Фурье и спектр непериодического сигнала. Теоремы о спектрах. Радиотехнические сигналы и их спектры. Модулированные сигналы и их применение.

Очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ: Амплитудная, фазовая и частотная модуляции. Спектры модулированных сигналов. Элементы статистической радиотехники.

Очно или дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 1)»: Воздействие сигналов на линейные электрические цепи. Спектральный метод. Операторный метод анализа динамики цепей, основанный на

преобразовании Лапласа. Основные теоремы операторного метода. Расчет динамики электрических цепей на ЭВМ.

**Тема 1.2. Основные определения и законы теории электрических цепей** (*Очно или дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 1)»*)

Задачи и программа курса. Основные понятия теории электрических цепей. Ток и напряжение, как основные величины, определяющие состояние электрической цепи и как сигналы, переносящие информацию. Основные положения теории электрических цепей. Идеальные элементы цепей. Уравнения пассивных элементов цепей. Источники тока и напряжения. Зависимые источники. Электрические и эквивалентные схемы электрических цепей. Классификация электрических цепей. Топологические понятия: узел, контур и граф цепи. Уравнения соединений. Задача анализа и синтеза.

**Тема 1.3. Сложные электрические цепи** (*Очно или дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 1)»*)

Особенности анализа сложных электрических цепей. Методы контурных токов и узловых напряжений. Учет зависимых источников в цепях с активными элементами. Теоремы электрических цепей. Теоремы об эквивалентных источниках напряжения и тока. Программы машинного анализа электрических схем на ЭВМ.

**Тема 1.4. Электрические цепи при гармоническом воздействии** (*Очно или дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 1)»*)

Гармоническое колебание. Комплексная амплитуда гармонического сигнала. Комплексная форма уравнений элементов. Комплексные сопротивления и проводимости. Частотные свойства реактивных элементов цепей. Комплексная форма уравнений соединений. Метод комплексных амплитуд. Векторные диаграммы токов и напряжений. Анализ цепей в частотной области. Мощность переменного тока. Активная и реактивная мощности.

**Тема 1.5. Четырехполюсники и фильтры. Длинные линии**

*Очно или дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курса «Линейные электрические цепи (часть 1)»:* Четырехполюсники, их уравнения и параметры. Коэффициенты передачи по напряжению и току, входные и выходные сопротивления четырехполюсника. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики. Фильтры: классификация, основные параметры, применение. Колебательные контуры и их частотные характеристики.

*Очно или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ:* Цепи с распределенными параметрами. Телеграфные уравнения. Бегущие волны в длинной линии. Коэффициент отражения. Стоячие и смешанные волны. КСВ и КБВ. Машинный анализ частотных характеристик на ЭВМ.

**Раздел 2. Полупроводниковые приборы и аналоговая схемотехника**

**Тема 2.1. Элементы физической электроники. Полупроводниковые приборы** (*очно, или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ*)

Физика полупроводников. Энергетическая диаграмма полупроводников, классификация энергетических зон. Виды проводимости и виды полупроводников: собственный, полуметалл, примесный. Параметры полупроводников: время жизни носителей заряда, диффузионная длина, подвижность, проводимость, их зависимость от концентрации и температуры. Электронно-дырочный переход (симметричный и не симметричный) и его характеристики. Вольтамперная характеристика диода: реальная и идеальная. Биполярные и полевые транзисторы (БПТ и УПТ): физика работы и разновидности. Параметры и вольтамперные характеристики БПТ и УПТ для различных схем включения, их эквивалентные схемы. Составные транзисторы, схема Дарлингтона: классификация и параметры.

## **Тема 2.2. Аналоговая схемотехника на транзисторах** (очно, или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ)

Анализ однокаскадного усилителя на БПТ на постоянном токе: определение рабочей точки и температурной стабильности. Анализ усилительного каскада на БПТ (по схеме с общим эмиттером) с RC-связями на переменном сигнале: принципиальная и эквивалентная схемы, коэффициенты передачи по току и напряжению, входное и выходное сопротивления. Анализ эмиттерного повторителя с RC-связями на переменном сигнале: принципиальная и эквивалентная схемы, коэффициенты передачи по току и напряжению, входное и выходное сопротивления. Анализ усилителя по схеме с общей базой с RC-связями на переменном сигнале: принципиальная и эквивалентная схемы, коэффициенты передачи по току и напряжению, входное и выходное сопротивления.

Усилителя постоянного тока. Температурный дрейф. Схемы температурной стабилизации. Дифференциальный каскад: эквивалентные схемы, параметры. Операционные усилители. Характеристики и параметры операционных усилителей.

## **Раздел 3. Цифровая схемотехника** (очно, или дистанционно в рамках собственной внутренней образовательной среды LMS Moodle ЯрГУ)

Общая характеристика и принципы построения импульсных устройств. Импульсные сигналы и их основные параметры. Диодные и транзисторные ключи. Логические элементы цифровых устройств, их параметры и схемы (ТТЛ, КМОП, ЭСЛ и др.). Комбинационные схемы. Дешифраторы, шифраторы, мультиплексоры. Триггеры RS, T, D, JK. Применение триггеров. Счетчики, регистры, мультивибраторы, компараторы и другие элементы импульсных и цифровых устройств. Системы счисления. Способы задания функций алгебры логики. Ситуации статического риска в цифровых устройствах. Минимизация логических устройств.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

для моделирования электрических цепей:

- Qucs 0.0.18 (GNU GPL), LTspice XVII (freeware, Copyright by Analog Devices)

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)
- Электронная библиотечная система «Лань» <https://e.lanbook.com>
- Электронная библиотечная система «Юрайт» <https://urait.ru>
- Электронная библиотечная система «Консультант студента»  
<https://www.studentlibrary.ru>

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Миленина С. А. Электроника и схемотехника: учебник и практикум для вузов - Москва: Издательство Юрайт, 2022. <https://urait.ru/viewer/elektronika-i-shemotehnika-492092>
2. В. И. Каганов, В. К. Битюков. Основы радиоэлектроники и связи: учебное пособие - Москва: Горячая линия-Телеком, 2018.  
<https://www.studentlibrary.ru/ru/doc/ISBN9785991202527-SCN0000/000.html>

### **б) дополнительная литература**

1. Кучумов А. И. Электроника и схемотехника: учеб. пособие для вузов - М., Гелиос АРВ, 2004
2. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы: учебное пособие для вузов - М.: Высшая школа, 2003.
3. Богомолов С. А., Основы электроники и цифровой схемотехники: учебник для студентов учреждений сред. проф. образования - М., Академия, 2016

### **в) ресурсы сети «Интернет»**

1. Материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) по ссылке: <https://demidonline.uniyar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.1x+2020/about>
2. Материалы онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 2)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова

- (DemidOnline) по ссылке: <https://demidonline.uniylar.ac.ru/courses/course-v1:DemidOnline+LECh001.2x+2020/about>
3. Калькулятор цветовой маркировки резисторов <https://www.chipdip.ru/info/rescalc>
4. Ряды номиналов радиодеталей / статья в Интернет-энциклопедии «Википедия» [http://Wikipedia.org/Ряды номиналов радиодеталей](http://Wikipedia.org/Ряды_номиналов_радиодеталей)
5. Материалы курса «Электроника и схемотехника», размещённого в LMS Moodle ЯрГУ

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации,

### **Авторы:**

Доцент кафедры инфокоммуникаций и радиофизики, к.ф.-м.н.

А.С. Гвоздарёв

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Электроника и схемотехника»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

**Задания для самостоятельной работы**

**Задания по разделу №1 теме № 1 «Сигналы и их спектры» – Домашнее задание №1**

Решить задачи 1.1 – 1.14 из раздела №1 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке основной литературы.

**Задания по разделу №1 темам № 2 и №3 «Основные определения и законы теории электрических цепей», «Сложные электрические цепи» – Домашнее задание №2**

Решить задачи 4.1 – 4.12 из раздела №4 и задачи 5.2, 5.3 из раздела №5 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке основной литературы.

**Задания по разделу №1 теме № 4 «Электрические цепи при гармоническом воздействии» – Домашнее задание №3**

Решить задачи 5.1, 5.4 – 5.8 из раздела №5 и задачи 6.1 – 6.10 из раздела №6 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке основной литературы.

**Задания по разделу №1 теме № 5 «Четырехполюсники и фильтры. Длинные линии» – Домашнее задание №4**

Решить задачи 8.1 – 8.6 из раздела №8 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке основной литературы.

**Задания для контрольной работы по разделу №1**

**Вариант №1**

**№1.** Для представленного контура методом уравнений Кирхгофа: 1) *составить систему уравнений*, 2) *найти все токи*, 3) *все падения напряжений*, 4) *проверить баланс мощности*.



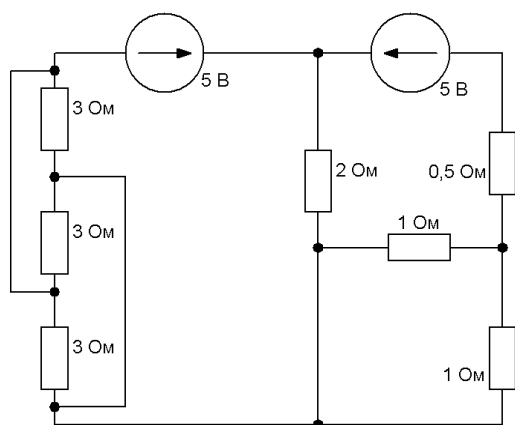


рис. 1

**№2.** Для представленной цепочки найти: 1)  $\dot{Z}_{вх}$ , 2)  $\dot{Z}_{вых}$ , 3)  $\dot{K}_u(j\omega)$ , 4)  $A(\omega)$ , 5)  $\varphi(\omega)$ , 6)  $\max\{A(\omega)\}$ , 7)  $\omega_{cp}$ , 8) тип фильтра (обосновать), 9)  $\Delta\omega$ , 10)  $A(\omega_{cp})$ , 11)  $\varphi(\omega_{cp})$ , 12)  $\tau$ , 13)  $\tau_{н.пр}$ , 14) правила коммутации, 15) составить ДУ, 16) начальные условия (зависимые и независимые), 17) порядок цепи (по ДУ), 18) график АЧХ, 19) график ФЧХ, 20)  $H(p)$ , 21) составить ОУ, 22) проверить на устойчивость.

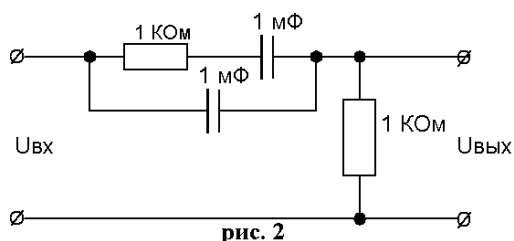
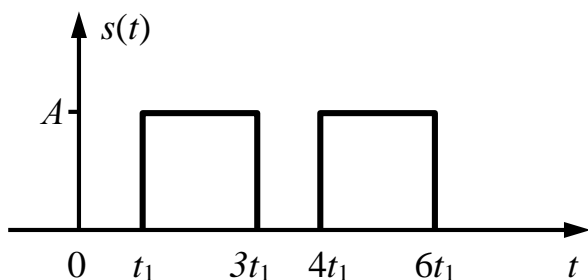


рис. 2

**№3.** Дан НЭ с началом характеристики 3,1 В и крутизной характеристики 0,2 мСм. На него воздействует сигнал  $u(t) = 1 + 2\cos(2\pi 10^4 t)$  В. Найти: 1) угол отсечки, 2) количество компонент в спектре выходного тока, 3) амплитуду первой гармоники тока, 4) какая крутизна ВАХ НЭ обеспечит амплитуду первой гармоники выходного сигнала в 50 мА.

**№4.** Для сигнала, изображённого на рисунке 3, найти: 1) спектр, 2) амплитудный спектр, 3) фазовый спектр, 4) постоянную составляющую, 5) нули спектра.



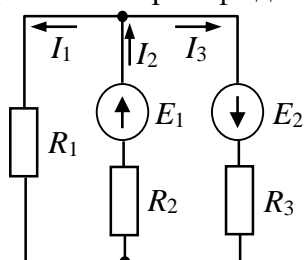
### Задания для самопроверки

(эквивалентные заданиям по разделам и модулям онлайн курса «Линейные электрические цепи (часть 1)», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline))

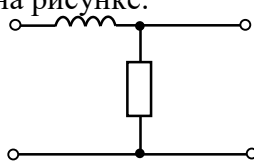
### Вариант 1

1. Дайте определение дискретного сигнала.

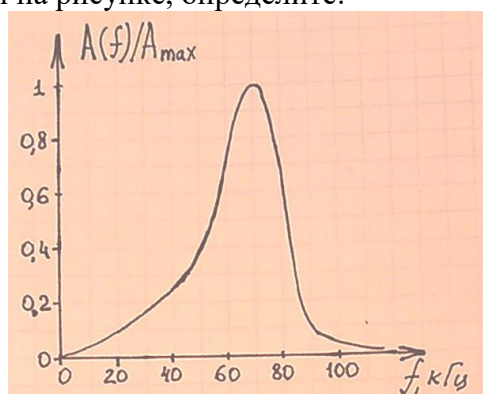
2. Напишите формулы для нахождения спектра периодического сигнала (любой вариант из 3-х).
3. Определите ширину спектра прямоугольного импульса высотой 2 В и длительностью 3 мс по первым нулям.
4. Приведите пример пассивного нелинейного двухполюсника.
5. Кабель длиной 2 м работает на частоте 100 МГц. Определите, является ли он:
  - а) элементом с сосредоточенными или с распределёнными параметрами;
  - б) активным или пассивным элементом;
  - в) линейным или нелинейным элементом.
6. Запишите уравнения по правилам Кирхгофа для цепи, приведённой на рисунке.



7. Делитель тока построен на резисторах 3 и 6 Ом. Определите:
  - а) чему равен ток, протекающий через резистор 3 Ом, если входной ток равен 30 мкА;
  - б) величину коэффициента деления напряжения для этого резистора.
8. Напишите формулу связи тока и напряжения на катушке индуктивности (без сердечника).
9. Запишите выражение для импеданса конденсатора.
10. Для цепи, приведённой на рисунке:



- а) получите выражение для входного импеданса;
  - б) получите выражение для выходного импеданса;
  - в) определите их характер (активный/реактивный/комплексный, ёмкостный/индуктивный для двух последних).
11. Для своей цепи из задания 10, получите выражения и постройте графики АЧХ и ФЧХ.
  12. По АЧХ цепи, приведённой на рисунке, определите:



- а) граничную частоту,
  - б) полосу пропускания,
  - в) тип фильтра.
13. Какую функциональную роль выполняет RC цепь с большой постоянной времени?
  14. В процессе преобразования сигнал  $s_1(t)$  усиливается в 10 раз и к результату прибавляется через тройник сигнал  $s_2(t)$ , формируя в итоге сигнал  $s(t)$ . Напишите, как связаны друг с другом спектры этих сигналов.
  15. Дайте определение импульсной характеристики.
  16. Как связаны импульсная и переходная характеристики?

17. Докажите, является ли цепь с операторной передаточной функцией  $\frac{2p-1}{(p+3)(p-1)}$

устойчивой.

18. Для цепи из задания 10 запишите выходное операторное сопротивление.

19. Какую максимальную мощность может отдать в нагрузку источник с э.д.с. 16 В и внутренним сопротивлением 1 Ом.

20. Запишите выражение для экспериментального определения добротности колебательного контура.

### Вариант 2

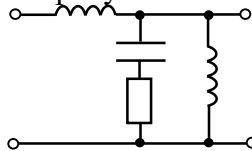
1. Дайте определение цифрового сигнала.

2. Напишите формулы для нахождения спектра непериодического сигнала.

3. Определите величину постоянной составляющей в спектре прямоугольного импульса высотой 2 В и длительностью 3 мс.

4. Приведите пример пассивного активного четырёхполюсника.

5. Определите, является ли цепь на рисунке:

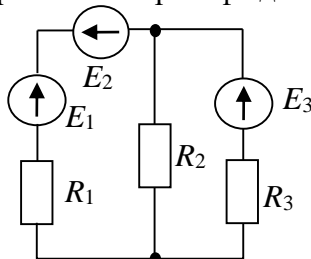


а) с сосредоточенными или с распределёнными параметрами;

б) активной или пассивной;

в) линейной или нелинейной.

6. Запишите уравнения по правилам Кирхгофа для цепи, приведённой на рисунке.

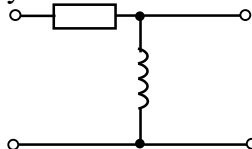


7. Постройте (изобразите схему и найдите номиналы элементов) делитель напряжения на двух резисторах, имеющий входное сопротивление 500 Ом и один из коэффициентов деления 1/5.

8. Напишите формулу связи тока и напряжения на электролитическом конденсаторе.

9. Запишите выражение для импеданса катушки индуктивности.

10. Для цепи, приведённой на рисунке:



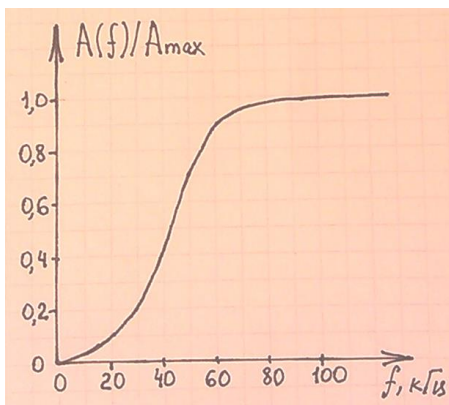
а) получите выражение для входного импеданса;

б) получите выражение для выходного импеданса;

в) определите их характер (активный/реактивный/комплексный, ёмкостный/индуктивный для двух последних).

11. Для своей цепи из задания 10, получите выражения и постройте графики АЧХ и ФЧХ.

12. По АЧХ цепи, приведённой на рисунке, определите:



- а) граничную частоту,
  - б) полосу пропускания,
  - в) тип фильтра.
13. Какую функциональную роль выполняет LR-цепь с малой постоянной времени?
  14. Напишите, как связаны друг с другом спектры входного и выходного сигналов для цепи, выполняющей дифференцирование.
  15. Дайте определение переходной характеристики.
  16. Как связаны импульсная характеристики и операторная передаточная функция?
  17. Напишите характеристический полином цепи, имеющей операторную передаточную функцию  $\frac{3p}{(p-2)(p+3)}$ .
  18. Для цепи из задания 10 запишите входное операторное сопротивление.
  19. Определите величину тока короткого замыкания для источника с э.д.с. 3 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом.
  20. Запишите выражение для резонансной частоты колебательного контура, если выходной элемент его - конденсатор.

## Задания по разделу №2 «Полупроводниковые приборы и аналоговая схемотехника»

### Домашнее задание №1

Решить задачи 7.1 – 7.13 из раздела №7 сборника задач «Основы радиоэлектроники: задачник» / Т. К. Артемова, А. С. Гвоздарев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова, Науч.-метод. совет ун-та. - Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 56 с., рекомендованного в списке основной литературы.

### Тест по разделу №2

#### Задание № 1.

Однородный беспримесный бездефектный полупроводник называется \_\_\_\_\_.

#### Задание № 2.

Выберите основные величины, которыми характеризуется движение свободных носителей заряда в полупроводниках:

- |                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| 1. Концентрация | 3. Подвижность        |
| 2. Проводимость | 4. Напряжённость поля |

#### Задание № 3.

Укажите типичное значение ширины запрещённой зоны современных полупроводников:

- |                      |                       |
|----------------------|-----------------------|
| 1. 0 эВ              | 3. от –0,5 эВ до 0 эВ |
| 2. от 0,5 эВ до 3 эВ | 4. от 10 эВ до 15 эВ  |

#### Задание № 4.

Укажите основные механизмы ограничивающие подвижность носителей заряда:

1. Рассеяние на ионах примеси.

2. Рассеяние на электронах.
3. Рассеяние на узлах кристаллической решётки.
4. Рассеяние на дырках.

**Задание № 5.**

Донорным полупроводником называется: \_\_\_\_\_

---

**Задание № 6.**

Верхняя заполненная при 0 К разрешённая зона называется:

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 1. Валентной          | 3. Запрещённой    |
| 2. Зоной проводимости | 4. Не разрешённой |

**Задание № 7.**

Промежуток времени, в течении которого концентрация свободных носителей заряда уменьшается в  $e$  раз называется \_\_\_\_\_.

**Задание № 8.**

Комбинация двух полупроводников разного типа проводимости называется:

- |               |                         |
|---------------|-------------------------|
| 1. Диодом     | 3. Катодом              |
| 2. Резистором | 4. Полевым транзистором |

**Задание № 9.**

Выберите устройства, относящиеся к группе диодных устройств:

- |               |                    |
|---------------|--------------------|
| 1. Транзистор | 3. Туннельный диод |
| 2. Варикап    | 4. Анод            |

**Задание № 10.**

Укажите наиболее часто используемые режим работы БПТ в составе усилительных устройств:

- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1. Активный | 3. Насыщения |
| 2. Отсечки  | 4. Пассивный |

**Тест-диктант по теме № 2.1 раздел №2 (Элементы физической электроники. Полупроводниковые приборы)**

1. Дайте определение собственного полупроводника.
2. Изобразите график зависимости логарифма проводимости от величины обратной температуры для собственного и примесного полупроводника.
3. Укажите основные полупроводников.
4. Дайте определение запрещённой зоны.
5. Объясните механизм примесной проводимости.
6. Дайте определение подвижности носителя заряда.
7. Укажите схемотехническое обозначение диода.
8. Изобразите прямую ветку ВАХ диода.
9. Дайте определение эффекту Эрли.
10. Перечислите схемы включения БПТ.

**Тест-диктант по теме № 2.1 раздел №2 (Аналоговая схемотехника на транзисторах)**

1. Укажите способ выбора рабочей точки БПТ.
2. Дайте определения коэффициента температурной неустойчивости.
3. Изобразите однокаскадный усилитель ОЭ.
4. Укажите коэффициент передачи по напряжению усилителя ОЭ (в области средних частот).
5. Укажите входное сопротивление усилителя ОБ (в области средних частот).
6. Укажите выходное сопротивление усилителя ОК (в области средних частот).
7. Перечислите возможные схемы температурной стабилизации усилителей постоянного тока.

8. Изобразите типовую блок схему операционного усилителя.
9. Приведите пример реализации аналогового устройства на операционном усилителе.
10. Перечислите требования, предъявляемые к идеализированному операционному усилителю.

### **Тест по разделу №3 (Цифровая схемотехника)**

#### **Задание № 1.**

Укажите запрещённую комбинацию входных сигналов для RS-триггера с прямыми входами:

- |       |       |
|-------|-------|
| 1. 00 | 3. 10 |
| 2. 01 | 4. 11 |

#### **Задание № 2.**

Укажите тип логики, строящийся только на основе полевых транзисторов:

- |        |           |
|--------|-----------|
| 1. ТТЛ | 3. КМОП   |
| 2. ЭСЛ | 4. БиКМОП |

#### **Задание № 3.**

Укажите тип логики, строящийся на основе многоэмиттерных БПТ:

- |        |           |
|--------|-----------|
| 1. ТТЛ | 3. КМОП   |
| 2. РТЛ | 4. БиКМОП |

#### **Задание № 4.**

Укажите схемотехническое обозначение элемента или:

- |      |      |
|------|------|
| 1. & | 3. + |
| 2. 1 | 4. – |

#### **Задание № 5.**

Триггеры бывают:

- |               |                |
|---------------|----------------|
| 1. Синхронные | 3. JK          |
| 2. Невзаимные | 4. Статические |

#### **Задание № 6.**

На практике электрические ключи строятся на основе

- |               |                  |
|---------------|------------------|
| 1. БПТ        | 3. К्लитронов    |
| 2. Резисторов | 4. Стабилитронов |

#### **Задание № 7**

Полусумматор на своем выходе формирует сигналы:

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1. суммы    | 3. займа    |
| 2. переноса | 4. разности |

#### **Задание № 8.**

Функция Вебба (стрелка Пирса) соответствует логическому элементу:

- |        |                    |
|--------|--------------------|
| 1. И   | 3. ИЛИ-НЕ          |
| 2. ИЛИ | 4. Исключающее ИЛИ |

#### **Задание № 9.**

Совокупность приёмов и правил для записи чисел цифровыми значками и символами называется \_\_\_\_\_.

#### **Задание № 10.**

К комбинационным устройствам принято относить:

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1. Мультиплексов | 3. Элемент ИЛИ-НЕ |
| 2. Сумматор      | 4. Транзистор     |

### **Тест-диктант по разделу №3 (Цифровая схемотехника)**

1. Изобразите схему простейшего ключа на БПТ.
2. Укажите режимы работы БПТ, реализуемые при его использовании в составе электрического ключа.
3. Укажите основные виды статического риска в логических устройствах.

- 4.Перечислите способы задания функций алгебры логики.
- 5.Укажите основные этапы минимизации логических устройств.
- 6.Перечислите элементы универсального логического базиса.
- 7.Приведите схемотехническое обозначение элементов элементарного логического базиса.
- 8.Укажите запрещённую комбинацию входных переменных для RS-триггера с прямыми входами.
- 9.Составьте таблицу истинности однобитного компаратора.
- 10.Укажите выходные сигналы, формируемые полусумматором.

### **Лабораторный практикум (проводится очно)**

Перечень лабораторных работ по 1 разделу:

Лабораторная работа №1 «Исследование характеристик элементов электрических цепей»

Лабораторная работа № 2 «Исследование линейных резистивных цепей»

Лабораторная работа № 3 «Исследование свободных процессов в электрических цепях»

Лабораторная работа № 4 «Исследование переходных процессов в линейных цепях»

Лабораторная работа №5 «Исследование установившегося синусоидального режима в простых цепях»

Лабораторная работа № 6 «Исследование резонансных явлений в простых электрических цепях»

Лабораторная работа № 7 «Исследование линейных резистивных четырехполюсников»

Перечень лабораторных работ по 2-3 разделу:

Лабораторная работа №1 «Исследование активного дифференциатора»

Лабораторная работа №2 «Исследование активного интегратора»

Лабораторная работа №3 «Исследование генератора гармонических колебаний»

Лабораторная работа №4 «Исследование неинвертирующего усилителя»

**Итоговое тестирование по курсу** проводится дистанционно на площадке DemidOnline в рамках курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)».

## **2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

### **Список вопросов к зачёту**

1. Классификация р/т цепей и их элементов. Схемы цепей.
2. Резистивные цепи, синтез и анализ делителей, расчёт разветвлённых цепей.
3. Основные теоремы теории цепей и их применение к расчёту резистивной цепи: правила Кирхгофа, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного источника.
4. Сигналы в электрических цепях. Среднее, средневывпрямленное, среднеквадратическое значения, средняя мощность сигнала. Баланс мощности в резистивной цепи по постоянному току.
5. Описание гармонических сигналов. Действующее значение, комплексная амплитуда. Представление узкополосных сигналов на векторной диаграмме. Расчёт резистивных цепей при гармоническом воздействии.
6. Энергетические соотношения в простейших цепях при гармоническом воздействии.
7. Согласование источника энергии с нагрузкой. Согласованная нагрузка. Модели источников.

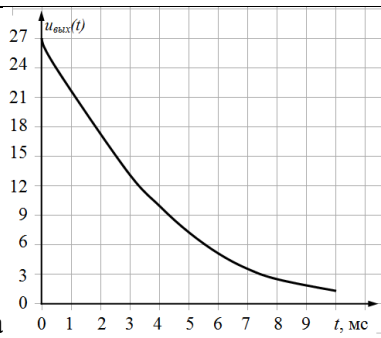
8. Простейшие линейные элементы. Связь между током и напряжением для них, выражения для запасаемой или преобразуемой энергии.
9. Комплексное сопротивление и комплексная проводимость двухполюсников. Импедансы простейших линейных элементов. Характер импеданса.
10. Временные и векторные диаграммы для тока, напряжения, мощности и энергии на простейших линейных элементах.
11. Описание четырёхполюсников. Входной и выходной импедансы и проводимости. Векторная диаграмма токов и напряжений в цепи (на примере).
12. Комплексный частотный коэффициент передачи цепи. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики электрических цепей. Формы представления АЧХ, в том числе логарифмические АЧХ. Комплексный коэффициент передачи, АЧХ и ФЧХ простейших  $RC$ - и  $RL$ - фильтров.
13. Электрические фильтры. Фильтры низких частот, верхних частот, полосовые и режекторные фильтры. Идеальный фильтр. Полоса пропускания, полоса подавления. Формулировка задач синтеза фильтров.
14. Характеристика методов анализа линейных электрических цепей.
15. Основные важные функции в теории сигналов: дельта-функция Дирака, гармонический сигнал, постоянная функция, сигма-функция Хэвисайда, их свойства. Временные характеристики цепей – ИХ и ПХ.
16. Порядок цепи. Классический метод анализа линейной цепи. Переходные процессы в дифференцирующих, интегрирующих цепях и колебательном контуре. Постоянная времени цепи. Длительность переходных процессов. Влияние потерь на характер свободного процесса.
17. Анализ процессов в цепях методом интеграла наложения (2 формы). Операция свёртки. Корреляционные функции сигналов: АКФ, ВКФ, интервал корреляции, их применение.
18. Метод анализа процессов в частотной области. Фильтры и их классификация с примерами. Задачи синтеза фильтров.
19. Анализ цепей с помощью преобразования Лапласа. Устойчивость цепей.
20. Четырёхполюсники, их эквивалентные схемы.  $y$ ,  $z$ ,  $h$ ,  $a$ -параметры. Соединения четырёхполюсников, их описание и применение.
21. Последовательный колебательный контур. Режимы работы, явление резонанса. Анализ последовательного колебательного контура: входной импеданс, частотные характеристики, характеристическое сопротивление, добротность, полоса пропускания, резонансная частота.
22. Параллельный колебательный контур. Связанные контуры. Виды связей. Характеристики и параметры связанных контуров.
23. Системы эквивалентных параметров четырёхполюсников:  $z$ ,  $y$ ,  $h$ ,  $a$ . Физический смысл и методы определения этих параметров. Связь между различными системами параметров. Схемы замещения четырёхполюсников в этих параметрах.
24. Типы соединений четырёхполюсников, их свойства и примеры использования. Матрица передачи каскадного соединения.
25. Индуктивно-связанные цепи. Взаимная индуктивность. Эквивалентные схемы на гармоническом сигнале. Эквивалентные формулы развязывания для индуктивно-связанных цепей.
26. Цепи с обратной связью. Обратная связь по току или напряжению. Положительная и отрицательная обратная связь. Коэффициент передачи цепи с обратной связью. Влияние обратной связи на входное и выходное сопротивления схемы. Условия самовозбуждения колебаний в схеме с обратной связью: баланс амплитуд и фаз.
27. Параметры нелинейных резистора, конденсатора, катушки по постоянной и переменной компонентам сигнала. Управление параметрами нелинейных элементов. Эквивалентная модель варикапа и диода.



- ### Задание для тестового контроля

<p><b>1. Цепь на рисунке является</b></p> <p>а) активной, линейной, с сосредоточенными параметрами б) пассивной, линейной, с распределёнными параметрами в) пассивной, линейной, с сосредоточенными параметрами г) активной, нелинейной, с распределёнными параметрами</p>		<p>1</p>
<p><b>2. Система электрического равновесия для цепи на рисунке</b></p> <p>а)                      б)</p>		<p>2</p>



11. Сопротивление нагрузки, обеспечивающее короткое замыкание источника				11
а) $r_{ист}$	б) 50 Ом	в) 0	г) $\infty$	
12. С графиком на рисунке совпадает по форме переходная характеристика				12
а) интегрирующей цепи				
б) колебательного контура в)				
дифференцирующей цепочки				
г) активной цепи 2-го				
13. Постоянная времени цепи, реакция которой на включение постоянного напряжения 27 В изображена на рисунке, приблизительно равна				13
а) 0,5 мс    б) 8 мс    в) 4 мс    г) 2,7 мс				
14. Импульсную характеристику цепи можно определить				14
а) по переходной характеристике, выполнив дифференцирование				
б) по частотному коэффициенту передачи, выполнив прямое преобразование Фурье				
в) по операторной передаточной функции, выполнив интегрирование				
г) по выходному сопротивлению, выполнив Z-преобразование				
15. Операторная передаточная функция RC-цепи				15
а) $\frac{pRC}{1+pRC}$ б) $1-pRC$ в) $pRC\left(1-\frac{p}{RC}\right)$ г) $\frac{1}{1+pRC}$				
16. Выберите операторную передаточную функцию устойчивой цепи				16
а) $\frac{p+1}{(p+2)(p+4)}$ б) $\frac{p-1}{(p+3)(p-3)}$ в) $\frac{2p+1}{p-3-3i}$ г) $\frac{5p-4}{(p+2i)(p-2i)}$				
17. Операторное сопротивление конденсатора				17
а) $pC$ б) $\frac{1}{pC}$ в) $\frac{p}{C}$ г) $\frac{C}{p}$				
18. Сигнал на выходе линейной цепи с импульсной характеристикой $h(t)$ при воздействии $s_{ex}(t)$				18
а) $s_{ex} + h$ б) $s_{ex} \cdot h$ в) $s_{ex} - h$ г) $s_{ex} \otimes h$				
19. Нелинейный элемент				19
а) биполярный транзистор    б) резистор    в) катушка    г) кабель				
20. Для анализа нелинейных цепей нельзя применять метод				20
а) частотный    б) классический				
в) преобразований Лапласа    г) интеграла наложения				
21. Амплитуда и фаза тока, описываемого комплексной амплитудой $1+i$ мА				21
а) $2\sqrt{2}$ мА, $\pi/4$ рад    б) 1 мА, $\pi/2$ рад    в) 2 мА, $-\pi/3$ г) $1/\sqrt{2}$ мА, 0 рад				
22. Сумма токов $i_1(t) = 2\cos(10^3t + \pi/4)$ , мА и $i_2(t) = 2\cos(10^3t - \pi/4)$ , мА имеет амплитуду и фазу				22
а) 4 мА, 0 рад    б) $2\sqrt{2}$ мА, 0 рад    в) 2 мА, $\pi/2$ рад    г) 8 мА, $\pi$ рад				
23. Максимальный (в режиме КЗ) коэффициент передачи по току описывается				23
а) $h_{21}$ б) $z_{21}$ в) $y_{21}$ г) $a_{21}$				

<b>24. Матрицы передачи перемножаются при соединении четырёхполюсников</b> а) последовательно-последовательном б) каскадном	в) параллельно-последовательном г) параллельно-параллельном	24
<b>25. Если отражённая волна в линии отсутствует, КСВ равен</b> а) 1/2 б) 2	в) 1 г) $\infty$	25
<b>26. Коэффициент отражения в линии с сопротивлением 50 Ом при нагрузке 50 Ом</b> а) $\infty$ б) -1	в) 1 г) 0	26
<b>27. Добротность колебательного контура с полосой пропускания <math>\Delta\omega</math></b> а) $\omega_{рез} / \Delta\omega$ б) $2\Delta\omega / \omega_{рез}$	в) $\omega_{рез} \cdot \Delta\omega$ г) $\omega_{рез} \cdot 2\Delta\omega$	27
<b>28. Характеристическое сопротивление последовательного колебательного контура</b> а) $RL/C$ б) $\sqrt{L/C}$	в) $R/\sqrt{LC}$ г) $\sqrt{LC}$	28
<b>29. На рисунке приведена АЧХ связанных колебательных контуров при связи</b> а) слабой б) критической в) сильной г) закритической		29
<b>30. Взаимосвязанные катушки на рисунке включены</b> а) встречно б) параллельно в) каскадно г) согласно		30

### Вопросы к экзамену

1. Классификация электронных устройств.
2. Характеристика полупроводников, образование свободных носителей.
3. Зонная структура полупроводников.
4. Генерация и рекомбинация носителей.
5. Законы движения носителей заряда.
6. р-п-переход и его характеристики в равновесном состоянии.
7. Неравновесное состояние р-п-перехода, прямое и обратное включение.
8. Специальные типы переходов (выпрямляющие, омические, между однотипными полупроводниками).
9. Сопротивления диодов.
10. Прямая характеристика реального диода.
11. Обратная характеристика реального диода.
12. Пробой перехода.
13. Аппроксимация ВАХ диода.
14. Работа диода с нагрузкой.
15. Физика работы.
16. Эффект Эрли.
17. Статические характеристики идеализированного триода (уравнение Эберса-Молла), эквивалентные схемы.
18. Параметры транзистора и их зависимость от режима и температуры.
19. ВАХ реального триода.

20. Схема с общим эмиттером.
21. Особенности схемы ОЭ в режиме пробоя.
22. Частотные свойства схемы ОЭ.
23. Транзистор как активный четырехполюсник,  $h$ -параметры.
24. Транзистор с управляющим р-п-переходом.
25. Транзистор с изолированным затвором.
26. Статический режим усилительного каскада.
27. Температурная стабильность рабочей точки.
28. Расчет по постоянному току наиболее часто встречающихся каскадов.
29. Каскад ОЭ. Область средних частот. Входное и выходное сопротивления.  
Коэффициенты передачи по току, напряжению, мощности.
30. Каскад ОЭ. Учет внутренней обратной связи по току.
31. Эмиттерный повторитель.
32. Каскад с эмиттерным входом.
33. Усилительные каскады на полевых транзисторах (ОИ, ОС).
34. Усилители постоянного тока прямого усиления.
35. УПТ с преобразованием сигнала.
36. Дифференциальный каскад.
37. Операционный усилитель. Параметры ОУ.
38. Схемотехника ОУ.
39. Инвертирующее и неинвертирующее включение ОУ.
40. Применение ОУ. Примеры.
41. Транзисторный ключ. Статические состояния.
42. Базовые элементы ТТЛ и ЭСЛ.
43. Логические операции ИЛИ, И, НЕ.
44. Аксиомы дизъюнкции, конъюнкции, инверсии.
45. Законы булевой алгебры.
46. Универсальные логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ.
47. Способы задания логических функций. Примеры.
48. Карта Карно, диаграмма Вейча.
49. Минимизация логических функций.
50. Ситуации риска в логических схемах.
51. Компараторы.
52. Двоичное кодирование.
53. Шифраторы.
54. Дешифраторы.
55. Преобразователи кодов.
56. Мультиплексоры.
57. Демультимплексоры.
58. Сумматоры.
59. Триггер с отдельными входами на биполярных транзисторах (физика работы).
60. Общие понятия триггерной системы.
61. Способы задания триггеров.
62. RS-триггер с инверсными входами.
63. JK-триггер.

### **3. Описание процедуры выставления оценки**

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- прохождение онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова

(DemidOnline) (является допуском к прохождению процедуры промежуточной аттестации),

- выполнение всех домашних заданий (являются формой текущей аттестации),
- выполнение и защита всех лабораторных работ (являются формой текущей аттестации).

Зачёт по дисциплине (4 семестр) ставится, если:

1. Пройдены онлайн курсы «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 50%.
2. Домашние задания №1-4 выполнены на 40-59% в сумме.
3. Задание №4 контрольной работы верно выполнено в сумме на 40-59%
4. Лабораторные работы выполнены и успешно защищены.

ИЛИ

1. Пройдены онлайн курсы «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 50%.
2. Верные ответы на 50% из заданий №№ 1, 2, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 16-20, 23, 24, 27, 28, 30 теста

Оценка за экзамен складывается из допуска до экзамена, оценки за домашние задания, оценки за ответы на вопросы на экзамене. См. ниже таблицу требований.

На «3»	На «4», продвинутый уровень	На «5», высокий уровень
1. Сертификат о прохождении онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 40%. 2. Ответ на вопрос экзамена не хуже 2-х из 5	1. Сертификат о прохождении онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 60%. 2. Ответ на вопрос экзамена 3-4 из 5 баллов.	1. Сертификат о прохождении онлайн курсов «Линейные электрические цепи (часть 1)» и «Линейные электрические цепи (часть 2)» на площадке MOOK ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline) на уровне не менее 80%. 2. Ответ на вопрос экзамена 4-5 из 5 баллов.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Электроника и схемотехника»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой занятий по дисциплине «Защита информации в беспроводных сетях» являются лекции и практические занятия. На лекциях излагается необходимый минимум теоретических сведений, ставятся вопросы, на которые надо найти ответ самостоятельно, даются рекомендации по подбору литературы, даются отсылки к нормативной базе. Теоретический материал представляет собой компиляцию из огромного количества источников, поэтому материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и дополнять информацией, полученной из учебной и научной литературы.

На практических занятиях отрабатываются полученные знания, разбираются практические ситуации, приобретаются практические знания по работе с реальным оборудованием.

Для успешного освоения дисциплины обязательно выполнение всех домашних заданий, они являются формой текущей аттестации. В качестве заданий для самостоятельной работы дома предлагаются задания, аналогичные разобранным на практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых заданий. Некоторые задания относятся к категории заданий повышенной сложности, они подразумевают применение вычислительной техники с математическими пакетами, например, Matematica, MathCad, MATLAB, R, Stetistica или их бесплатных, свободно распространяемых аналогов, например, Octave, SciLAB, FreeMat и других или онлайн-вычислений (пользуйтесь любым удобным Вам способом). По окончании практического курса проводится контрольная работа, включающая в себя задания, интегрирующие множество мелких освоенных задач в один расчётный проект.