

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Е.А. Белянко**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Радиотехнические методы усиления и обработки сигналов
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика и педагогика
	Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра радиотехники и систем управления
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

3 (осенний) - Дифференцированный зачет

4 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 90 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Количество контрольных работ, заданий: 4

Программу составили:

П.В. Дудкин, старший преподаватель

А.В. Неешпапа, старший преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры радиотехники и систем управления 04.06.2020

## Аннотация

В настоящее время по мере совершенствования электронных устройств, основной фокус при проектировании и применении радиотехнических устройств сместился от изучения работы отдельных компонентов схем - транзисторов и резисторов, к использованию «черных ящиков» - готовых интегральных микросхем усилителей сигнала, микросхем ЦАП, АЦП, микроконтроллеров и процессоров.

Основная задача данного курса – нахождение баланса между необходимыми студентам знаниями об основах теории сигналов и базовых усилительных элементов с добавлением в курс новых заданий, связанных с современными методами обработки электрических сигналов.

Для решения этой задачи предлагается новая концепция организации лабораторных работ, относящихся к курсу классической радиотехники: задания от нескольких работ, изучающие один класс исследуемых схем – например, транзисторы - объединены в одну более крупную работу с общей теорией и единой сдачей в конце. Данный подход позволяет оптимизировать подачу материала, провести отбор наиболее важных заданий от нескольких работ и исключить менее существенные для понимания, а также повторяющиеся задания. Помимо переработки существующих курсов, при составлении заданий было проведено изучение заданий практического курса Learning the Art of Electronics: A Hands-On Lab Course (книга издана в 2016 году), преподаваемого в настоящее время под руководством Томаса Хэйса и Пола Хоровица бакалаврам курса инженерных наук в Гарвардском университете. Этот курс является практическим приложением к полностью модернизированному в 2015 году изданию курса The Art of electronics (Искусство схемотехники) Пола Хоровица и Уинфреда Хилла.

Первый семестр курса посвящен усилению и фильтрации аналоговых сигналов.

В начале курса студенты изучают основы теории цепей. Данная работа построена на преподаваемом на II курсе ФРКТ курсе «Цепи и сигналы». Наиболее важным здесь является изучение комплексных передаточных функций для элементарных частотнозависимых цепей – фильтров первого и второго порядков. Несмотря на то, что к этому моменту изучение комплексного счисления еще не началось, его применение не встречает сложностей у студентов II курса поскольку не предполагает сложных вычислений. Кроме того, изучение метода комплексных амплитуд позволит студентам лучше овладеть аналогичными темами в курсе Общей физики (Электричества) в 3 семестре.

Следующая работа посвящена применению биполярного транзистора в качестве усилителя сигналов. Помимо основных схем включения, студенты овладевают важнейшими понятиями из области усиления сигналов – коэффициентом усиления, полосой усиления, входным и выходным сопротивлениями. Изучается влияние применения отрицательной обратной связи на параметры усилителя.

Следующая работа посвящена основному элементу современных усилительных схем – операционному усилителю. Помимо базовых схем, в работе также изучаются разные схемы построения аналоговых фильтров на операционных усилителях. При этом предполагается как работа с макетом, так и изучение параметров схем в программном пакете Micro CAP12 – основной программе для моделирования электронных схем.

Второй семестр курса посвящен цифровой схемотехнике, технике аналогово-цифрового и цифро-аналогового преобразования, спектрам, а также цифровой фильтрации сигнала.

Первая работа посвящена основам алгебры логики, комбинаторным схемам, а также базовым элементам с памятью – триггерам и регистрам. Работа выполняется частично на макете, частично в симуляторе логических схем – программе Logically.

Вторая работа посвящена понятиям о дискретизации сигнала, его спектре, дискретному и быстрому преобразованию Фурье. Изучается теорема Котельникова, математические основы реализации фильтров с конечной и бесконечной импульсными характеристиками. Основная работа проводится студентами в пакете Matlab.

Третья работа является полностью новой работой в курсе и посвящена применению одноплатных компьютеров под управлением ОС Linux для сбора и обработки сигналов. Студентам будет предложено познакомиться с основами работы под ОС Linux, установкой и конфигурированием интерпретатора Python, установкой библиотек на Python. Будут изучены библиотеки отображения графиков Matplotlib, представления данных NumPy, библиотеки для работы с низкоуровневой периферией Adafruit Rpi и библиотека фильтрации сигналов SciPy. При изучении периферии будет проведена работа с внешним датчиком температуры, акселерометром и другими. Будут изучены основы интерфейсов работы с периферией и обмена данными I2C, SPI, UART, USB. Отделены занятия посвящены цифро-аналоговому и аналогово-цифровому преобразованиям, а также обработке потока данных в реальном времени (цифровая фильтрация, реализация алгоритмов ДПФ и БПФ).

Курс предлагается годовым с нагрузкой для студентов две пары в неделю сочетающие лекционный и лабораторный характер занятий.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

познакомить студентов, специализирующихся в области физики и энергетики, с основными идеями электроники и применением ее в физическом эксперименте.

### Задачи дисциплины

- разъяснение места и роли электронных средств наблюдения, регистрации и обработки данных в физическом эксперименте;
- приобретение учащимися начальных навыков работы с электронными схемами и дальнейшее развитие умения работать с измерительными приборами;
- ознакомление с особенностями методов анализа характеристик средств современной электроники и их влияния на качество результатов измерений.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники, основные схемотехнические средства создания электронных блоков экспериментального стенда и способы описания и анализа отдельных блоков экспериментального стенда, в том числе

в 3-м семестре, осеннем, – сведения, относящиеся к аналоговой электронике;

в 4-м семестре, весеннем, – сведения, относящиеся к аналоговой и цифровой электронике.

уметь:

проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники, в том числе

в 3-м семестре, осеннем, – проводить наблюдения и измерения, относящиеся к аналоговой электронике;

в 4-м семестре, весеннем, – проводить наблюдения и измерения, относящиеся к аналоговой и цифровой электронике.

владеть:

основными методами теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и способами учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования, в том числе

в 3-м семестре, осеннем, – методами, относящимися к аналоговой электронике;

в 4-м семестре, весеннем, – методами, относящимися к аналоговой и цифровой электронике.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Пассивные электрические цепи		2	6	5
2	Усилители на биполярном транзисторе		2	6	5
3	Дифференциальные усилители		3	9	5
4	Применения операционных усилителей		3	9	5
5	Активные фильтры		3	9	5
6	Схемы с положительной обратной связью. Генераторы.		2	6	5
7	Цифровая электроника		5	15	10
8	Спектральный анализ и дискретизация сигналов		5	15	10
9	Применение одноплатных компьютеров для обработки сигналов		5	15	10
Итого часов			30	90	60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

###### 1. Пассивные электрические цепи

## Занятие 1

Семинар. Двухполюсники, источники тока и напряжения. Теорема об эквивалентном генераторе, делитель напряжения, параллельный сумматор. Линейный трехполюсник. Техника измерения (вычисления) Н-параметров.

Практика. Знакомство с макетом. На макетной плате исследуем делитель и параллельный сумматор. Знакомство с MicroCAP, изучаем Н-параметры. Преобразование треугольник-звезда.

## Занятие 2

Семинар. Представление об импульсной реакции. Интеграл Дюамеля. Рассмотрение в частотной области. Передаточная функция. Интегрирующая и дифференцирующая цепи.

Практика. На макете исследуем частотную и импульсную характеристики дифференцирующей и интегрирующей цепочек.

## Занятие 3

Семинар. Операторный метод, полюса и нули системы. Построение графов Боде. RC-звенья второго порядка. Фазовращатель, мост Вина, 2-Т мост.

Практика. RC-звенья второго порядка на макете и в MicroCAP. Фазовращатель на макете. 2-Т мост в MicroCAP. Мост Вина в MicroCAP.

## 2. Усилители на биполярном транзисторе

### Занятие 1

Семинар. Биполярный транзистор: свойства по постоянному току, понятие о рабочей точке, линеаризация в окрестности рабочей точки. Система h-параметров биполярного транзистора. Пример расчета схемы ОЭ по постоянному току.

Практика. Исследование усилителя на биполярном транзисторе в схеме с ОЭ.

### Занятие 2

Семинар. Коэффициент усиления транзистора в схеме с ОЭ, входное и выходное сопротивление. Частотные свойства усилителя ОЭ. Эффект Миллера.

Практика. Исследование усилителя на биполярном транзисторе в схеме с ОЭ.

### Занятие 3

Семинар. Схема стабилизированного усилителя. Схема с ОК: входные, выходные и частотные параметры. Схема с ОК (эмиттерный повторитель): входные, выходные и частотные параметры.

Практика. Исследование стабилизированного усилителя в схеме с ОЭ и ОК.

### Занятие 4

Семинар. Схема усилителя с обратной связью по напряжению: входные, выходные и частотные параметры. Влияние обратной связи на параметры усилителя. Понятие о схеме ОБ. Двухкаскадные усилители, согласование каскадов.

## 3. Дифференциальные усилители

### Занятие 1

Семинар. Понятие дифференциального сигнала. Дифференциальный усилитель: входные, выходные и частотные параметры

Практика. Исследование дифференциального усилителя.

#### 4. Применения операционных усилителей

##### Занятие 1

Семинар. Операционный усилитель, свойства и параметры. Идеальный ОУ, ООС, принцип виртуального замыкания. Инвертирующая и неинвертирующая схемы включения. Влияние ООС на свойства ОУ. Частотнонезависимые схемы (разностный усилитель, сумматор). Искажения в ОУ (скорость нарастания, клиппирование).

Практика. Исследуем схемы инвертирующего и неинвертирующего усилителей на макете.

#### 5. Активные фильтры

##### Занятие 1

Семинар. Фильтры первого порядка на ОУ, полосовой усилитель, фазовращатель, схемы с ООС и ПОС (источник тока, конверторы сопротивления, гираторы).

Практика. Строим схемы на макете и сравниваем их параметры. Возможно, часть работ в MicroCAP.

##### Занятие 2

Семинар. Фильтры второго порядка. Фильтр Саллена-Ки. Звенья с двойной обратной связью.

Практика. Работа на макете и в MicroCAP.

#### 6. Схемы с положительной обратной связью. Генераторы.

##### Занятие 1

Семинар. Схемы с ПОС (RC- генератор с мостом Вина, триггер Шмидта и мультивибратор). Теория генераторов, условия возникновения колебания на примере схемы с мостом Вина.

Практика. Работа на макете и в MicroCAP.

### Семестр: 4 (Весенний)

#### 7. Цифровая электроника

##### Занятие 1

Семинар. Комбинаторная логика. Основы алгебры логики. Связь логических и физических сигналов. Элементарные логические функции. Реализация CMOS инвертора и логических функций. Примеры реализации – мультиплексор/демультиплексор, инкрементор/декрементор. Примеры реализации – логический выключатель, исключающее ИЛИ, исключающее ИЛИИ как управляемый инвертор, шифратор/дешифратор. Таблицы истинности, карты Карно.

Практика. Работа в программе Logicly. Изучение элементов комбинаторной логики

##### Занятие 2

Семинар. RS-триггер, D и T- триггеры. Схемы с тактированием. Двоичный счетчик с последовательным переносом. Счет по произвольному модулю. Счетчики с параллельным переносом. Организация двоичного счета на макете.

Практика. Задание на двоичный счет по модулю  $2^n$  и произвольному.

### Занятие 3

Семинар. Регистр сдвига. Преобразование последовательного кода в параллельный. Регистр сдвига с обратной связью. Организация параллельного доступа к шинам данных, элементы с третьим состоянием.

Практика. Задание на регистр сдвига и регистр сдвига с обратной связью.

## 8. Спектральный анализ и дискретизация сигналов

### Занятие 1

Семинар. Понятие о дискретизации сигнала, дискретном спектре сигнала, теорема Котельникова. Дискретное преобразование Фурье.

Практика. Работа в Matlab. изучаются спектры основных сигналов: гармонические сигналы, прямоугольный импульс, импульс Найквиста. Спектры модулированных сигналов.

### Занятие 2

Семинар. Быстрое преобразование Фурье. Цифровая фильтрация. Реализация КИХ (FIR) фильтров.

Практика. Практика. Работа в Matlab. Свойства дискретного спектра при наложении окна. Преобразования спектров при цифровой фильтрации при помощи КИХ-фильтров.

### Занятие 3

Семинар. Цифровая фильтрация. Реализация БИХ (IIR) фильтров.

Практика. Практика. Работа в Matlab. Реализация БИХ-фильтров первого и второго порядка.

## 9. Применение одноплатных компьютеров для обработки сигналов

### Занятие 1

Семинар. Система одноплатных компьютеров. ОС Linux, основные команды, доступные ресурсы установка модулей и библиотек.

Практика. Выполнение заданий по установке и конфигурированию операционной системы, модулей и библиотек.

### Занятие 2

Семинар. Библиотеки на Python. Установка, конфигурирование, работа с библиотеками обработки данных.

Практика. Выполнение заданий по установке и конфигурированию библиотек Python. Получение и отображение сигналов. Запись сигналов в файл и чтение из файла.

### Занятие 3

Семинар. Периферия для измерения физических величин. Термометры, акселерометры, датчики влажности и магнитного поля. Интерфейсы для периферии: UART, I2C, SPI – пропускная способность, дальность, количество адресуемых устройств.

Практика. Задание по измерению физических параметров и передачи результата с одного макета на другой. Работа группами по 2-3 человека.

### Занятие 4

Семинар. Цифро-аналоговое преобразование. Способы работы ЦАП: линейка R-2R, ШИМ-модуляция, дельта-модуляция.

Практика. Подключить модуль для работы с ЦАП, считать и передать на ЦАП заранее записанные сигналы, либо сгенерировать сигналы простых форм и наблюдать сгенерированные сигналы на осциллографе.

### Занятие 5

Семинар. Аналогово-цифровое преобразование. Различные виды и способы АЦП. Перенос спектра, частота Найквиста. Разрядность, шум квантования.

Практика. Модуль для работы с АЦП. Произвести оцифровку различных сигналов, наблюдать спектры оцифрованного сигнала, перенос спектра. Возможны работа в группах по 2-3 человека. В этом случае одна группа работает с ЦАП, вторая с АЦП.

### Занятие 6

Семинар. Обработка сигналов (потока данных) в реальном времени. Практическая реализация цифровой фильтрации. Организация потока дискретизация-цифровая фильтрация-обратное преобразование в аналоговый вид. Ограничения ресурсов (память, производительность процессора, скорости линий передачи).

Практика. Организовать прием (оцифровку, чтение со стороннего источника), обработку сигнала (фильтрацию) и выдачу результата (в выходной файл или на ЦАП).

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Необходимое лабораторное оснащение:

- 1) Информационно-измерительный комплекс на рабочем месте каждого студента, включающий компьютер, двухлучевой цифровой осциллограф и цифровой генератор сигналов, частотомер.
- 2) Сопрягаемые с компьютерными генератором и осциллографом макетные платы для собирания схем.
- 3) Необходимые радиоэлектронные компоненты: резисторы, конденсаторы, транзисторы, интегральные схемы, кварцевые резонаторы, микропроцессоры, кабели, соединительные провода.
- 4) Лабораторный инструмент.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

1. Аналоговая электроника [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) . — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2013 . — 268 с.



2. Основы цифровой электроники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Л. Ларин ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : МФТИ, 2014 .— 281 с.
3. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] : учебник для вузов / С. И. Баскаков .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2000, 2005 .— 466 с.
4. Искусство схемотехники [Текст]. В 3 т. Т. 1-2, [монография]/П. Хоровиц, У. Хилл , -М., Мир, 2003
5. Радиотехника и схемотехника [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. П. Куклев ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2012 : МФТИ, 2012 .— 336 с.
6. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 1 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева .— М. : Додэка-XXI, 2008 .— 832 с.
7. Полупроводниковая схемотехника [Текст] : в 2 т. Т. 2 / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. Г. С. Карабашева .— М. : Додэка-XXI, 2008 .— 942 с.

#### Дополнительная литература

1. Сборник задач по курсу "Радиотехника и схемотехника" [Текст] : учеб. пособие для вузов / Л. П. Куклев ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2013 .— 120 с.
2. Основы цифровой обработки сигналов [Текст] : в 3 ч. : учеб. пособие для вузов / Ю. Романюк ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. — М. : МФТИ, 2007 .— Ч. 1 : Свойства и преобразования дискретных сигналов. - 2007. - 332 с.
3. Основы радиоэлектроники [Текст] : [учебное пособие для вузов] / Е. И. Манаев .— 4-е изд. / [учеб. изд.] .— М. : Книжный дом, 2013 .— 512 с.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Micro-Cap,  
AVR Studio, PonyProg,  
MATLAB.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Текущая самостоятельная работа может включать следующие виды работ:

- подготовка к лабораторным работам,
- подготовка к дифференцированному зачету.

Контроль самостоятельной работы:

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Литература для самостоятельного изучения:

1. Искусство схемотехники = The Art of Electronics, [монография]/П. Хоровиц, У. Хилл , -Москва, БИНОМ, 2016

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика и педагогика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра радиотехники и систем управления
<b>курс:</b>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 3 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 4 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчики:**

П.В. Дудкин, старший преподаватель  
А.В. Неешпапа, старший преподаватель

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Радиотехнические методы усиления и обработки сигналов» обучающийся должен:

### знать:

принцип действия и свойства основных компонентов, образующих элементную базу аппаратных средств современной электроники, основные схмотехнические средства создания электронных блоков экспериментального стенда и способы описания и анализа отдельных блоков экспериментального стенда, в том числе

в 3-м семестре, осеннем, – сведения, относящиеся к аналоговой электронике;

в 4-м семестре, весеннем, – сведения, относящиеся к аналоговой и цифровой электронике.

### уметь:

проводить наблюдения и измерения с использованием аппаратных средств современной электроники, в том числе

в 3-м семестре, осеннем, – проводить наблюдения и измерения, относящиеся к аналоговой электронике;

в 4-м семестре, весеннем, – проводить наблюдения и измерения, относящиеся к аналоговой и цифровой электронике.

### владеть:

основными методами теоретического рассмотрения свойств аппаратных средств современной электроники и способами учета влияния их характеристик на результаты экспериментального исследования, в том числе

в 3-м семестре, осеннем, – методами, относящимися к аналоговой электронике;

в 4-м семестре, весеннем, – методами, относящимися к аналоговой и цифровой электронике.

### 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Контроль проводится в форме собеседования перед началом лабораторных занятий и обсуждения полученных экспериментальных результатов.

### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

3 семестр (осенний)

Пассивные электрические цепи.

1. Линейные инвариантные во времени цепи. Основные пассивные элементы, источники энергии.
2. Представление линеаризованных источников с помощью эквивалентных схем по Тевенину и Нортону
3. Система Н-параметров для описания линейных трехполюсников.
4. Временное и частотное представление сигналов. Импульсная реакция, интеграл Дюамеля.
5. Связь импульсной реакции и частотной характеристики системы.
6. Операторный метод представления передаточной функции. Полюса и нули системы
7. Импульсные и частотные свойства цепей первого и второго порядка

Усилители на биполярном транзисторе

1. Биполярный транзистор. Свойства по постоянному току. Рабочая точка.
2. Линейная эквивалентная схема биполярного транзистора. Система h-параметров.
3. Схема с общим эмиттером. Усилительные свойства, входные и выходные параметры.
4. Частотные свойства схемы с общим эмиттером. Эффект Миллера.
5. Схемы с общим коллектором и с общей базой усилительные свойства, входные и выходные параметры
6. Согласование входных и выходных параметров при многокаскадном включении
7. Четыре типа ООС и их влияние на характеристики усилителя.

Дифференциальный усилитель

1. Понятие о дифференциальном сигнале. Параметры усилителей дифференциального сигнала.
2. Дифференциальный усилитель на биполярных транзисторах. Расчет по постоянному току, рабочая точка.
3. Усилительные свойства дифференциального усилителя на биполярных транзисторах. Подавление синфазного сигнала.
4. Источник тока в схеме дифференциального усилителя. Токовое зеркало.

Операционный усилитель

1. Основные свойства и параметры операционного усилителя. Частотная коррекция
2. Идеальный операционный усилитель. Принцип виртуального замыкания.
3. Основные схемы включения операционных усилителей. Частотные свойства схем с отрицательной обратной связью.
4. Искажения в операционном усилителе. Ограничение скорости нарастания и амплитуды выходного сигнала.
5. Построение фильтров первого и второго порядка на ОУ.
6. Свойства схем с положительной обратной связью. Компаратор, мультивибратор.
7. Условия возникновения генерации, схемы RC-генераторов на ОУ.

4 семестр (весенний)

Цифровая электроника

1. Комбинаторная логика. Элементарные логические функции. Базис в пространстве логических функций. Теорема Де-Моргана.
2. Принцип действия и характеристики базовых электронных схем логических элементов с КМОП – логикой.
3. Примеры комбинационных логических устройств: шифратор, дешифратор, мультиплексор, демультиплексор, сумматор, компаратор.
4. RS-триггеры, тактируемые триггер: D-триггеры, Т-триггер. Двоичные счетчики с последовательным переносом.
5. Счетчики с параллельным переносом. Счет по произвольному модулю.
6. Регистры сдвига. Преобразование последовательного кода в параллельный и наоборот. Регистры с обратной связью.

#### Дискретизация сигналов.

1. Понятие о квантовании сигнала. Дискретизация переменных во времени непрерывных сигналов. Теорема о выборках.
2. Дискретные спектры сигналов. ДПФ. БПФ. Влияние конечного окна на спектр сигнала.
3. Принципы организации КИХ-фильтров. Принципы организации БИХ-фильтров.

#### Применение одноплатных компьютеров для обработки сигналов

1. Организация работы одноплатного компьютера в ОС Linux.
2. Работа с Py- библиотеками.
3. Цифровые интерфейсы одноплатного компьютера: виды, назначение, возможности.
4. Методы цифроаналогового преобразования (ЦАП). Виды ЦАП.
5. Методы аналогово-цифрового преобразования сигналов (АЦП). Виды АЦП.
6. Использование Py-библиотек для обработки дискретизованных сигналов.

#### Критерии оценивания

Оценки за лабораторные работы выставляются в соответствии с результатами представленной работы и ответами на устные вопросы по десятибальной оценочной шкале, причем около 50% оценки студент получает за качественно проведенное лабораторное исследование и грамотное представление полученных результатов.

оценка «отлично (10)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

оценка «отлично (9)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые были самостоятельно обнаружены и исправлены;

оценка «отлично (8)» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений, но при этом были допущены небольшие неточности, которые после указания экзаменатора были самостоятельно исправлены;

оценка «хорошо (7)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает неточности в ответе или делает несущественные ошибки при решении задач;

оценка «хорошо (6)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает небольшие ошибки в ответе и (или) при решении задач;

оценка «хорошо (5)» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но отвечает неуверенно и (или) допускает ошибки при решении задач;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, если при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, неточные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеющему некоторыми разделами учебной программы, но умеющему применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2)» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач;

оценка «неудовлетворительно (1)» выставляется обучающемуся, показавшему полное незнание учебной программы дисциплины.

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

По окончании выполнения соответствующей лабораторной работы по каждому из разделов (по каждой из тем) проводится коллоквиум.

Вопросы, которые могут быть заданы учащемуся на коллоквиуме, зависят от представленных им результатов выполнения данной лабораторной работы. В частности, преподаватель совместно со студентом убеждается в том, что результаты проведенных измерений количественно согласуются с теоретическими оценками и находятся в необходимом взаимном соответствии между собой.

Итоговая оценка есть среднее арифметическое оценок за выполненные работы.

При наличии на момент закрытия зачетных ведомостей невыполненных или выполненных, но не сданных в установленные сроки лабораторных работ студент получает неудовлетворительную итоговую оценку вне зависимости от оценок за выполненные работы.