

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Электроника и схемотехника Б1.Б.22

Направление подготовки: 10.03.01 - Информационная безопасность

Профиль подготовки: Безопасность автоматизированных систем

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

**Автор(ы):** Ситников С.Ю.

**Рецензент(ы):** Шерстюков О.Н.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) Ситников С.Ю.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

<b>Шифр компетенции</b>	<b>Расшифровка приобретаемой компетенции</b>
ОПК-1	способностью анализировать физические явления и процессы для решения профессиональных задач
ОПК-3	способностью применять положения электротехники, электроники и схемотехники для решения профессиональных задач

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- принцип действия электронных компонентов;
- математические модели электронных компонентов, а также построение эквивалентных схем для различных режимов работы;
- особенности расчёта узлов электронных устройств.

Должен уметь:

- математически описывать физические процессы, происходящие в электронных устройствах;
- на основе анализа особенностей микросхем электронных приборов правильно выбирать элементную базу для построения аппаратуры;

Должен владеть:

- методами анализа и синтеза электронных устройств с учетом особенностей работы полупроводниковых приборов и микросхем в различных режимах и частотных диапазонах их применения.
- навыками работы с учебной и научной литературой.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- способность совершенствовать и повышать свой интеллектуальный и общекультурный уровень
- способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности
- способность профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы

**2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования**

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.22 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 10.03.01 "Информационная безопасность (Безопасность автоматизированных систем)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 2 курсе в 4 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 90 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 4 часа(ов), лабораторные работы - 50 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 семестре.

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

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Операционные усилители. Обратные связи в усилителях	4	4	0	6	6
2.	Тема 2. Основные характеристики операционных усилителей	4	4	0	4	6
3.	Тема 3. Компенсация напряжения смещения и влияния входных токов операционного усилителя	4	4	0	8	6
4.	Тема 4. Синфазные напряжения и дифференциальные усилители	4	4	0	8	6
5.	Тема 5. Частотные характеристики усилительных схем с операционным усилителем	4	8	4	8	6
6.	Тема 6. Интеграторы, дифференциаторы, многоходовые сумматоры - вычитатели	4	8	0	8	4
7.	Тема 7. Активные фильтры	4	4	0	8	2
	Итого		36	4	50	36

**4.2 Содержание дисциплины****Тема 1. Операционные усилители. Обратные связи в усилителях**

Введение.

В сложных технических ИУС для обеспечения высокой надежности необходимо применять большое количество датчиков для контроля физических величин. Например, в отечественной космической системе "Буран" использовалось около 3000 датчиков (25% - датчики давления, 40% - датчики температуры), в других изделиях авиационной и космической техники количество датчиков колеблется от 250 до 2000. Комплексное автоматизированное оборудование для производства интегральных микросхем по КМОП-технологии с проектными нормами в 0,5 мкм, поставленное в Россию фирмой Applied Materials в 2002 г., содержит около 1000 датчиков непосредственно в технологическом процессе и около 600 в инженерном оборудовании, обеспечивающем техпроцесс (очистка газов, воздуха, водоподготовка, терморегулирование, бесперебойное питание и т. п.).

Операционные усилители

Положительная и отрицательная обратная связь

Обратная связь по току и по напряжению

**Тема 2. Основные характеристики операционных усилителей**

Основные характеристики операционных усилителей

Напряжение смещения нуля

Коэффициент усиления при разомкнутой петле обратной связи

Разность входных токов

Коэффициент усиления по напряжению операционного усилителя без обратной связи. Напряжение смещения. Входной ток. Входное и выходное сопротивление ОУ. Полоса пропускания. Переходная характеристика.

Идеальный операционный усилитель может работать при любых входных напряжениях и имеет следующие свойства:

Коэффициент усиления с разомкнутой петлёй обратной связи равен бесконечности (при теоретическом анализе полагают коэффициент усиления при разомкнутой петле обратной связи AOL стремящимся к бесконечности).

Диапазон выходных напряжений  $V_{out}$  равен бесконечности (на практике диапазон выходных напряжений ограничивают величиной напряжения питания  $V_{s+}$  и  $V_{s-}$ ).

Бесконечно широкая полоса пропускания (т.е. амплитудно-частотная характеристика является идеально плоской с нулевым фазовым сдвигом).

Бесконечно большое входное сопротивление ( $R_{in} = \infty$ , ток из  $V_+$  в  $V_-$  не течёт).

Нулевой входной ток (т.е. предполагается отсутствие токов утечки и токов смещения).

Нулевое напряжение смещения, т.е. когда входы соединены между собой  $V_+ = V_-$ , то на выходе присутствует виртуальный ноль ( $V_{out} = 0$ ).

Бесконечно большая скорость нарастания напряжения на выходе (т.е. скорость изменения выходного напряжения не ограничена) и бесконечно большая пропускная мощность (напряжение и ток не ограничены на всех частотах).

Нулевое выходное сопротивление ( $R_{out} = 0$ , так что выходное напряжение не меняется при изменении выходного тока).

Отсутствие собственных шумов.

Бесконечно большая степень подавления синфазных сигналов.

Бесконечно большая степень подавления пульсаций питающих напряжений.

Эти свойства сводятся к двум "золотым правилам":

Выход операционного усилителя стремится к тому, что бы разница между входными напряжениями стала равной нулю.

Оба входа операционного усилителя не потребляют ток.

### Тема 3. Компенсация напряжения смещения и влияния входных токов операционного усилителя

Схемотехнические приемы компенсации напряжения смещения нуля и входных токов ОУ

Влияние напряжения смещения на работу ОУ.

Практически напряжение смещения  $U_{см}$  компенсируется либо балансировкой входного каскада ОУ (для этих целей в ОУ имеются специальные выводы), либо включением компенсирующего напряжения на один из входов ОУ. При изменении температуры появляется дополнительная составляющая напряжения смещения, где - коэффициент влияния температуры на  $U_{см}$ . Вследствие прогрева кристалла микросхемы или при быстром изменении температуры напряжение смещения может претерпевать значительные изменения. В зависимости от размеров кристалла переходной процесс в воздухе устанавливается в течение 1-500 мкс (при включении питания). Быстрое изменение нагрузки также приводит к неравномерному нагреву кристалла.

Компенсация  $U_{см}$  с помощью балансировки входного каскада ОУ приводит к дополнительной погрешности от температурного дрейфа. Так, если с помощью переменного резистора, подключенного к специальным выводам ОУ, сбалансирован первый (входной) каскад, то температурный дрейф напряжения смещения увеличится по сравнению с исходным температурным дрейфом примерно на величину где  $DU_{см}$  - величина скомпенсированного напряжения смещения, мВ. Эта формула справедлива для дифференциальных входных каскадов ОУ, в эмиттерных цепях которых отсутствуют резисторы. Если имеются такие резисторы, то этот температурный дрейф уменьшается пропорционально отношению полного сопротивления эмиттерной цепи к динамическому сопротивлению эмиттера. Для дифференциальных каскадов ОУ, построенных на полевых транзисторах, увеличение температурного дрейфа примерно такое же, как и для каскадов с биполярными транзисторами (примерно 3 мкВ/°C), однако напряжение смещения у ОУ с полевыми транзисторами обычно значительно больше.

### Тема 4. Синфазные напряжения и дифференциальные усилители

Синфазные напряжения и дифференциальные усилители

Коэффициент ослабления синфазного сигнала

Синфазные напряжения. Дифференциальные усилители.

Напряжение, которое является общим для любого из входов и землей, в данном случае  $V_{синф}$ , называется синфазным напряжением. Когда мы изменяем это синфазное напряжение, выходное напряжение идеального дифференциального усилителя должно быть абсолютно неизменным (не должно быть никаких изменений для любого произвольного синфазного напряжения на входе). Это приводит к коэффициенту усиления по напряжению в синфазном режиме, равному нулю.

$\Delta V = \Delta V_{вых} / \Delta V_{вх}$

... если изменение  $V_{вых} = 0$  ...

$0 = \Delta V_{вх} / \Delta V_{вх}$

$\Delta V = 0$

Операционный усилитель, будучи дифференциальным усилителем с высоким дифференциальным коэффициентом усиления, в идеале должен иметь нулевой коэффициент усиления в синфазном режиме. Однако в реальной жизни это достичь нелегко. Таким образом, синфазные напряжения будут неизменно влиять на выходное напряжение операционного усилителя.

Производительность реального операционного усилителя в этом отношении чаще всего измеряется с точки зрения отношения его дифференциального коэффициента усиления (насколько он усиливает разницу между двумя входными напряжениями) к его синфазному коэффициенту усиления (насколько он усиливает синфазное напряжение). Отношение первого к последнему называется коэффициентом ослабления синфазного сигнала (КОСС, англ. common-mode rejection ratio, CMRR):

$CMRR = \frac{\text{Дифференциальный AV}}{\text{Синфазный AV}}$

Идеальный операционный усилитель с нулевым коэффициентом усиления в синфазном режиме будет иметь бесконечный CMRR. Реальные операционные усилители имеют высокие CMRR, у вездесущего 741 CMRR составляет около 70 дБ, что составляет немногим более 3000 в пересчете в разы.

Поскольку коэффициент ослабления синфазного сигнала у типового операционного усилителя настолько высок, синфазный коэффициент усиления обычно не вызывает большого беспокойства в схемах, где операционный усилитель используется с отрицательной обратной связью. Если синфазное входное напряжение схемы усилителя внезапно меняется, что приводит к соответствующему изменению выходного напряжения из-за синфазного коэффициента усиления, то изменение выходного напряжения будет быстро скорректировано работой отрицательной обратной связи и дифференциального коэффициента усиления (который намного больше, чем синфазный коэффициент усиления), чтобы вернуть систему в равновесие. Разумеется, на выходе можно было бы увидеть изменения, но они были бы намного меньше, чем вы могли ожидать.

## Тема 5. Частотные характеристики усилительных схем с операционным усилителем

Частотные характеристики ОУ

Асимптотические диаграммы. Диаграммы нулей и полюсов. Частотные характеристики модели многокаскадного усилителя. Устойчивость операционных усилителей с отрицательной обратной связью.

Амплитудно-частотная характеристика

Это зависимость от частоты модуля коэффициента усиления. В зависимости от вида АЧХ усилителя подразделяются на усилители постоянного тока (УПТ), усилители звуковой частоты (УЗЧ), избирательные усилители.

Вид АЧХ этих усилителей показан на рисунке:

- коэффициент частотных искажений (где  $K_f$  коэффициент усиления на заданной частоте).

$\Delta f$  - полоса пропускания усилителя. Для УПТ (а) она начинается с частоты сигнала  $f = 0$ . УПТ усиливает как постоянный, так и переменный сигнал.

В УЗЧ (б) постоянный сигнал не усиливается. Сигналы низкой частоты усиливаются, начиная с нижней границы частоты  $f_H$  до верхней границы частоты  $f_B$ .

Характеристикой вида (в) обладают резонансные и частотно-избирательные усилители.

## Тема 6. Интеграторы, дифференциаторы, многовходовые сумматоры - вычитатели

Интеграторы, дифференциаторы.

Варианты схемотехники ИС на переключаемых конденсаторах.

Интегратор. Дифференциатор. Сумматоры и вычитатели.

Работа интегратора основана на том, что инвертирующий вход заземлён, согласно принципу виртуального замыкания. Через резистор  $R_1$  протекает входной ток  $I_{BX}$ , в тоже время для уравнивания точки нулевого потенциала, конденсатор будет заряжаться током одинаковым по величине  $I_{BX}$ , но с противоположным знаком. В результате на выходе интегратора будет формироваться напряжение, до которого конденсатор заряжается этим током. Входное сопротивление интегратора будет равно сопротивлению резистора  $R_1$ , а выходное сопротивление будет определяться параметрами ОУ.

## Тема 7. Активные фильтры

Активные фильтры на операционных усилителях

Аппроксимация АЧХ фильтра функцией Баттерворта. Схемная реализация активных фильтров. Фильтры Баттерворта первого и второго порядка. Фильтры Баттерворта второго и третьего порядка. Полосовые и режекторные фильтры.

Дифференциатор, выполняет функцию противоположную интегратору, то есть на выходе дифференциатора напряжение пропорционально скорости изменения входного напряжения. Так же как и интегратор, дифференциатор находит широкое применение в активных фильтрах и схемах автоматического регулирования. Дифференциатор получается из интегратора путем перемены местами резистора и конденсатора.

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 4</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Лабораторные работы	ОПК-1	2. Основные характеристики операционных усилителей
2	Письменное домашнее задание	ОПК-3	4. Синфазные напряжения и дифференциальные усилители
3	Реферат	ОПК-1	7. Активные фильтры
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1, ОПК-3	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 4</b>					
<b>Текущий контроль</b>					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2
Реферат	Тема раскрыта полностью. Продемонстрировано превосходное владение материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы высокая.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрировано хорошее владение материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы в основном соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы средняя.	Тема раскрыта слабо. Продемонстрировано удовлетворительное владение материалом. Используемые источники и структура работы частично соответствуют поставленным задачам. Степень самостоятельности работы низкая.	Тема не раскрыта. Продемонстрировано неудовлетворительное владение материалом. Используемые источники недостаточны. Структура работы не соответствует поставленным задачам. Работа несамостоятельна.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

**6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Семестр 4**

**Текущий контроль**

**1. Лабораторные работы**

Тема 2

Компенсация напряжения смещения и влияния входных токов операционного усилителя в программе MicroCAP  
Частотные характеристики усилительных схем с операционным усилителем, диаграмма Боде в программе MicroCAP

Влияние температуры и напряжения питания на дрейф основных параметров ОУ

**2. Письменное домашнее задание**

Тема 4

Темы 5, 6

Частотные свойства ОУ представляются его АЧХ, выполненной в логарифмическом масштабе,  $K_u ОУ = \varphi(\lg f)$ . Такая АЧХ называется логарифмической (ЛАЧХ), ее типовой вид приведен на рисунке 6.6 (для ОУ К140УД10).

Рисунок 6.6. ЛАЧХ и ЛФЧХ ОУ К140УД10

Частотную зависимость  $K_u ОУ$  можно представить в виде:

Здесь  $t_v$  постоянная времени ОУ, которая при  $M_v = 3$  дБ определяет частоту сопряжения (среза) ОУ (см. рисунок 6.6);

$$\omega_v = 1/t_v = 2\pi f_v.$$

Заменив в выражении для  $K_u ОУ$   $t_v$  на  $1/\omega_v$ , получим запись ЛАЧХ:

На НЧ и СЧ  $K_u ОУ = 20 \lg K_u ОУ_0$ , т.е. ЛАЧХ представляет собой прямую, параллельную оси частот. С некоторым приближением можем считать, что в области ВЧ спад  $K_u ОУ$  происходит со скоростью 20дБ на декаду (6дБ на октаву). Тогда при  $\omega \gg \omega_v$  можно упростить выражение для ЛАЧХ:

$$K_u ОУ = 20 \lg K_u ОУ_0 - 20 \lg(\omega/\omega_v).$$

Таким образом, ЛАЧХ в области ВЧ представляется прямой линией с наклоном к оси частот 20дБ/дек. Точка пересечения рассмотренных прямых, представляющих ЛАЧХ, соответствует частоте сопряжения  $\omega_v$  ( $f_v$ ). Разница между реальной ЛАЧХ и идеальной на частоте  $f_v$  составляет порядка 3дБ (см. рисунок 6.6), однако для удобства анализа с этим мирятся, и такие графики принято называть диаграммами Боде.

Следует заметить, что скорость спада ЛАЧХ 20дБ/дек характерна для скорректированных ОУ с внешней или внутренней коррекцией,

### 3. Реферат

Тема 7

Темы 2, 3

Основные параметры операционных усилителей

1.  $K$  ? собственный коэффициент усиления ОУ ( без обратной связи).
2.  $U_{сдв}$  - Выходное напряжение сдвига. Небольшое напряжение, возникающее из-за несимметрии плеч ОУ при нулевом напряжении на обоих входах. Обычно  $U_{сдв}$  имеет значение 10 - 100 мВ.
3.  $I_{см}$  - Входной ток смещения. Ток на входах усилителя, необходимый для работы входного каскада операционного усилителя.
4.  $I_{сдв}$  - Входной ток сдвига. Разность токов смещения появляется вследствие неточного согласования входных транзисторов.  $I_{сдв} = I_1 - I_2$ .
5.  $R_{вх}$  - Входное сопротивление. Как правило,  $R_{вх}$  имеет значение до 1-10мегаом.
6.  $R_{вых}$  - Выходное сопротивление. Обычно  $R_{вых}$  не превосходит сотен Ом.
7.  $K_{осл}$  - Коэффициент ослабления синфазного сигнала. Характеризует способность ослаблять сигналы, приложенные к обоим входам одновременно.
8. Ток потребления. Ток покоя, потребляемый операционным усилителем.
9. Потребляемая мощность. Мощность, рассеиваемая операционным усилителем.
10. Максимальная скорость нарастания выходного напряжения (В/мкс) .
11.  $U_{пит}$  - Напряжение питания.
12. Переходная характеристика. Сигнал на выходе усилителя при подаче на его вход скачка напряжения.

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

Вопросы к экзамену

#### ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ

параметры интегральных операционных усилителей; передаточная характеристика ОУ

параметры интегральных операционных усилителей; входные характеристики ОУ

параметры интегральных ОУ; предельные эксплуатационные режимы

параметры интегральных операционных усилителей; динамические свойства ОУ

классификация интегральных операционных усилителей

методы анализа операционных усилителей: инженерный подход

методы анализа операционных усилителей: кибернетический подход

методы анализа операционных усилителей: системотехнический подход

структура погрешностей операционных усилителей

Назначение дифференциальных усилителей

схема дифференциального усилителя

Свойства идеального ОУ

Области применения ОУ

коэф. ослабления синфазного сигнала ОУ

схемы включения ОУ

влияние температуры и напряжения питания на дрейф параметров ОУ

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 4</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	20
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	15
Реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.	3	15
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

##### **7.1 Основная литература:**

1. Волович, Г.И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств : электронно-библиотечная система : сайт / Г.И. Волович.

- Москва: ДМК Пресс, 2018. - 636 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/107891>

2. Муханин, Л.Г. Схемотехника измерительных устройств : учебное пособие : электронно-библиотечная система : сайт / Л.Г. Муханин.

- Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 284 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/111201>

##### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Аверченков, О.Е. Основы схемотехники аналого-цифровых устройств : учебное пособие: электронно-библиотечная система : сайт / О.Е. Аверченков. -Москва : ДМК Пресс, 2012. - 80 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/4139>

2. Травин, Г.А. Основы схемотехники телекоммуникационных устройств : учебное пособие: электронно-библиотечная система : сайт / Г.А. Травин. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 216 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101849>

3. Бабичев, Ю.Е. Электротехника, электроника и схемотехника ЭВМ. Анализ линейных электрических цепей : учебно-методическое пособие / Ю.Е. Бабичев. - Москва : МИСИС, 2017. - 70 с. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/108076>

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

Бонни Бэйкер. Что нужно знать цифровому разработчику об аналоговой электронике - [http://www.ph4s.ru/books/elektronika\\_2/Chto\\_nujno\\_znat.zip](http://www.ph4s.ru/books/elektronika_2/Chto_nujno_znat.zip)

Граф, Шиитс Encyclopedia of Electronic Circuits - [http://www.ph4s.ru/books/elektronika/Encicl\\_Electr.rar](http://www.ph4s.ru/books/elektronika/Encicl_Electr.rar)

Граф. Электронные схемы. 1300 ПРИМЕРОВ - [http://www.ph4s.ru/books/elektronika/graf\\_1300.rar](http://www.ph4s.ru/books/elektronika/graf_1300.rar)

И. Достал. Операционные усилители - <http://www.ph4s.ru/books/elektronika/Dostal.rar>

Изьорова и др. Расчет электронных схем - [http://www.ph4s.ru/books/elektronika/Rasch\\_shem.rar](http://www.ph4s.ru/books/elektronika/Rasch_shem.rar)

М.Х. Джонс. Электроника, практический курс - <http://www.ph4s.ru/books/elektronika/jones.rar>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>основная задача преподавателя дисциплины "Схемотехника" ? показать смысл физической иерархии структуры электронных устройств, в том числе компьютеров. Необходимо объяснить, как описание электромагнитного поля в непрерывной среде в виде уравнений Максвелла переходит в его описание в дискретных электрических цепях в виде законов Ома и электромагнитной индукции, правил Кирхгофа и т. п., как из проводников и диэлектриков получаются базовые электронные элементы: резистор, конденсатор и катушка индуктивности, как связаны с базовыми элементами полупроводники, как воплощается в физике электронных элементов математическая логика, как из логических элементов образуются все остальные узлы компьютерных систем.</p>
практические занятия	<p>При выполнении практических занятий необходимо:                      ?                      исследовать характеристики основных схем, применяемых в усилительных устройствах;</p> <p>научиться выделять в схемах элементы обратной связи, анализировать их действие на характеристики и основные параметры усилителей                      ;                      ?                      знать способ                      ы                      установки режимов работы транзисторов по постоянному току</p> <p>Для успешного освоения дисциплины схемотехники необходимо уметь применять знания, полученные при изучении теории линейных электрических цепей, электротехники и электроники</p> <p>Путь к достижению успехов при решении задач синтеза сложных многофункциональных электронных схем начинается с изучения простых однокаскадных схем. Расчёт параметров и характеристик схем производится по формулам, полученным с использованием различных методов упрощения, но с учётом протекающих реальных физических процессов в транзисторах и схемах. Поэтому следует иметь чёткое обоснованное понимание пределов применимости тех или иных упрощений, допущений, используемых в формулах.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	<p>При выполнении ЛР необходимо</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>;</li> <li>?</li> <li>исследовать характеристики основных схем, применяемых в усилительных устройствах</li> <li>;</li> <li>?</li> <li>научиться выделывать в схемах элементы обратной связи, анализировать их действие на характеристики и основные параметры усилителей</li> <li>;</li> <li>?</li> <li>знать способы установки режимов работы транзисторов по постоянному току</li> <li>.</li> </ul> <p>Для успешного освоения дисциплины схемотехники необходимо уметь применять знания, полученные при изучении теории линейных электрических цепей, электротехники и электроники</p> <li>.</li>
самостоятельная работа	<p>При самостоятельной работе на основе микросхем низкой степени интеграции необходимо спроектировать отдельные узлы вычислительной системы, которые затем будут использованы для ее создания.</p> <p>Путь к достижению успехов при решении задач синтеза сложных многофункциональных электронных схем начинается с изучения простых однокаскадных схем. Расчёт параметров и характеристик схем производится по формулам, полученным с использованием различных методов упрощения, но с учётом протекающих реальных физических процессов в транзисторах и схемах. Поэтому следует иметь чёткое обоснованное понимание пределов применимости тех или иных упрощений, допущений, используемых в формулах.</p>
письменное домашнее задание	<p>Основные законы электромагнетизма и теории электрических цепей.</p> <p>Электронные элементы. Их свойства.</p> <p>Модели RLC-цепочек в виде систем дифференциальных уравнений.</p> <p>Передаточные функции RLC-цепочек.</p> <p>Связь между передаточной функцией и системой дифференциальных уравнений.</p> <p>Процессы в RC- и RLC-цепочках.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
реферат	<p>Схемотехника и смежные области.</p> <p>Сущность и основные характеристики электромагнитного поля.</p> <p>Электрическая цепь. Основные элементы и законы электрических цепей.</p> <p>Классификация электронных элементов. Принципиальная электрическая схема и схема замещения.</p> <p>RLC-цепочки. Собственное и полное решение уравнения RC-цепочки.</p> <p>Использование RC-цепочки для формирования задержки.</p> <p>Использование RC-цепочки для дифференцирования сигнала.</p> <p>Передаточная функция RC-цепочки в случае входа (управления) E, выхода и переменной состояния ? UC.</p> <p>Передаточная функция RC-цепочки в случае входа (управления) E, выхода ? UR, переменной состояния ? UC.</p> <p>Собственное и полное решение уравнения RLC-цепочки.</p> <p>Полупроводниковые элементы. Диоды.</p> <p>Полупроводниковые элементы. Транзисторы.</p> <p>Интегральные схемы. Классификация.</p> <p>Интегральные схемы. Условное обозначение.</p> <p>Интегральные схемы. Серии. 155 (555). 580.</p> <p>Логические элементы.</p> <p>Дешифраторы и мультиплексоры.</p> <p>Триггеры, счетчики и регистры.</p> <p>Интегральные схемы запоминающих устройств.</p> <p>Программируемые интегральные схемы.</p>
экзамен	<p><b>ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ</b></p> <p>параметры интегральных операционных усилителей; передаточная характеристика ОУ</p> <p>параметры интегральных операционных усилителей; входные характеристики ОУ</p> <p>параметры интегральных ОУ; предельные эксплуатационные режимы</p> <p>параметры интегральных операционных усилителей; динамические свойства ОУ</p> <p>классификация интегральных операционных усилителей</p> <p>методы анализа операционных усилителей: инженерный подход</p> <p>методы анализа операционных усилителей: кибернетический подход</p> <p>методы анализа операционных усилителей: системотехнический подход</p> <p>структура погрешностей операционных усилителей</p> <p>Назначение дифференциальных усилителей</p> <p>схема дифференциального усилителя</p> <p>Свойства идеального ОУ</p> <p>Области применения ОУ</p> <p>коэф. ослабления синфазного сигнала ОУ</p> <p>схемы включения ОУ</p> <p>влияние температуры и напряжения питания на дрейф параметров ОУ</p>

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

Освоение дисциплины "Электроника и схемотехника" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian  
Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian  
Браузер Mozilla Firefox  
Браузер Google Chrome  
Adobe Reader XI

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

Освоение дисциплины "Электроника и схемотехника" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 10.03.01 "Информационная безопасность" и профилю подготовки Безопасность автоматизированных систем .