

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет физико-технический



**РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.10 СХЕМОТЕХНИКА АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ**

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль): Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2017

Рабочая программа дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника.

Программу составил:

Ильченко Г.П., доцент кафедры  
радиофизики и нанотехнологий ФТФ КубГУ,  
канд. физ.-мат. наук

  
\_\_\_\_\_ подпись

Рабочая программа дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» утверждена на заседании кафедры (разработчика) радиофизики и нанотехнологий

протокол № 9

2 мая 2017 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Копытов Г.Ф.

  
\_\_\_\_\_ подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий

протокол № 9

2 мая 2017 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) Копытов Г.Ф.

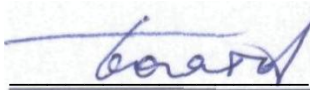
  
\_\_\_\_\_ подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 6

4 мая 2017 г.

Председатель УМК факультета Н.М. Богатов

  
\_\_\_\_\_ подпись

Рецензенты:

Куликов О.Н., начальник бюро патентной и научно-технической информации АО «Конструкторское бюро "Селена"», канд. физ.-мат. наук

Коротков К.С., профессор кафедры оптоэлектроники ФТФ КубГУ, д-р техн. наук

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1 Цель дисциплины

Целью дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» является изучение основ теории работы, методов анализа и проектирования основных типов устройств, предназначенных для усиления, фильтрации, перемножения, ограничения уровня, преобразования сопротивлений и выполнения других линейных и нелинейных операций над аналоговыми сигналами, спектр которых простирается от нуля до нескольких сотен мегагерц, а также знакомство с техническими требованиями к аналоговым устройствам, связью этих требований с назначением и особенностями радиосистем, в которых эти устройства используются, выбором схемотехнических решений и конструктивными особенностями.

### 1.2 Задачи дисциплины

- формирование знаний методов расчета и проектирования деталей, узлов аналоговых электронных устройств;
- формирование умения использовать средства автоматизации проектирования аналоговых электронных устройств;
- формирование навыков расчета и проектирования деталей, узлов аналоговых электронных устройств с помощью средства автоматизации.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 учебного плана. Для успешного изучения дисциплины необходимы знания дисциплин «Основы теории цепей», «Электроника», «Радиотехнические цепи и сигналы». Освоение дисциплины необходимо для изучения дисциплин «Радиотехнические системы», «Цифровая обработка сигналов», «Устройства приема и обработки сигналов», «Устройства генерирования и формирования сигналов», «Основы телевидения и видеотехники», «Электропреобразовательные устройства РЭС».

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся *профессиональных компетенций (ПК)*:

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                                                                                          | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                         |
|--------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                                                                                                                                                | знать                                                                                                                                                                                                   | уметь                                                                                                                                                                                                                                                                                 | владеть                                                                                                                                 |
| 1.     | ПК-17              | способностью проводить проверку, наладку и регулировку оборудования и настройку программных средств, используемых для разработки, производства и настройки радиотехнических устройств и систем | принципы построения и работы типовых устройств усиления и преобразования аналоговых сигналов, основные аспекты и проблемы применения этих устройств в радиоэлектронной аппаратуре различного назначения | осуществлять синтез структурных и электрических схем АЭУ, в том числе на этапах, предшествующих анализу свойств схем с помощью ЭВМ, а также осуществлять оптимизацию параметров и структуры схем; проводить экспериментальные исследования таких устройств и их функциональных узлов; | способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем |
| 2.     | ПК-18              | способностью владеть правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств                                                                                    | требования оформления организационно-технической документации (графиков работ, инструкций, планов,                                                                                                      | формировать презентации, научно-технические отчеты по результатам выполненной работы; оформлять результаты исследований в виде                                                                                                                                                        | навыками в разработке организационно-технической документации и установлен-                                                             |

|  |  |                         |                                                         |                                                      |                                       |
|--|--|-------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|  |  | ских устройств и систем | смет) и установленной отчетности по утвержденным формам | статей и докладов на научно-технических конференциях | ной отчетности по утвержденным формам |
|--|--|-------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зач. ед. (252 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

| Вид учебной работы                             |                                      | Всего часов | Семестры<br>5 |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|---------------|
| <b>Контактная работа, в том числе:</b>         |                                      |             |               |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>              |                                      | 126         | 126           |
| В том числе:                                   |                                      |             |               |
| Занятия лекционного типа                       |                                      | 36          | 36            |
| Занятия семинарского типа                      |                                      | 36          | 36            |
| лабораторные работы                            |                                      | 54          | 54            |
| <b>Иная контактная работа:</b>                 |                                      |             |               |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)          |                                      | 8           | 8             |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                 |                                      | 0,5         | 0,5           |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>    |                                      | 82          | 82            |
| Курсовая работа                                |                                      | -           | -             |
| Проработка учебного (теоретического) материала |                                      | 20          | 20            |
| Подготовка к защите лабораторных работ         |                                      | 30          | 30            |
| Реферат                                        |                                      | 20          | 20            |
| Подготовка презентации по теме реферата        |                                      | 12          | 12            |
| <b>Контроль</b>                                |                                      |             |               |
| Подготовка к экзамену                          |                                      | 36          | 36            |
| <b>Общая трудоемкость</b>                      | <b>час.</b>                          | 252         | 252           |
|                                                | <b>в том числе контактная работа</b> | <b>135</b>  | <b>135</b>    |
|                                                | <b>зач. ед</b>                       | <b>7</b>    | <b>7</b>      |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

| №<br>раз-<br>дела | Наименование разделов                                                                          | Количество часов |                   |           |           |                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|-----------|-----------|--------------------------------|
|                   |                                                                                                | Всего            | Аудиторная работа |           |           | Самостоя-<br>тельная<br>работа |
|                   |                                                                                                |                  | Л                 | ПЗ        | ЛР        |                                |
| 1                 | Введение. Общие сведения об АЭУ                                                                | 14               | 2                 | 2         | -         | 10                             |
| 2                 | Принципы функционирования простейших усилительных каскадов и их работа в режиме малого сигнала | 20               | 6                 | 6         | 12        | 10                             |
| 3                 | Каскады предварительного усиления и обратные связи в многокаскадных усилительных трактах.      | 24               | 8                 | 8         | 12        | 10                             |
| 4                 | Усилители постоянного тока и интегральные операционные усилители.                              | 24               | 8                 | 8         | 12        | 10                             |
| 5                 | Усилители мощности                                                                             | 24               | 4                 | 4         | 6         | 10                             |
| 6                 | Функциональные устройства на ОУ.                                                               | 24               | 4                 | 4         | 6         | 10                             |
| 7                 | Активные RC-фильтры.                                                                           | 18               | 2                 | 2         | 4         | 10                             |
| 8                 | Специальные усилительные устройства                                                            | 16               | 2                 | 2         | 2         | 10                             |
|                   | <i>Итого по дисциплине:</i>                                                                    |                  | <b>36</b>         | <b>36</b> | <b>54</b> | <b>82</b>                      |

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| № раз-дела | Наименование раздела                                                                           | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Форма текущего контроля            |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1          | Введение. Общие сведения об аналоговых электронных устройствах                                 | Цели и задачи курса, его связь с другими дисциплинами учебного плана. Определение предмета дисциплины и области применения аналоговых электронных устройств (АЭУ). Краткий исторический очерк развития аналоговой электроники, отражающий ее основные этапы. Принципы построения и классификация устройств аналоговой обработки сигналов. Внешние параметры и характеристики АЭУ; требования, предъявляемые к устройствам различного назначения. Основные задачи проектирования, анализа свойств и применения аналоговых электронных схем и функциональных узлов                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Устный опрос, реферат, презентация |
| 2          | Принципы функционирования простейших усилительных каскадов и их работа в режиме малого сигнала | Принцип электронного усиления. Усилительный каскад и его обобщенная схема. Понятие о рабочей точке и динамических (нагрузочных) характеристиках. Режимы работы активных элементов в усилительном каскаде. Критерии выбора режима работы усилительного прибора на постоянном токе, принципы и схемы обеспечения требуемого режима. Схемное построение простейших усилительных каскадов на различных усилительных приборах. Критерии и особенности малосигнального режима работы усилительного прибора. Малосигнальные параметры биполярных и полевых транзисторов. Сравнительный анализ характеристик базовых усилительных каскадов при различных способах включения транзистора в схему. Анализ влияния температурных и других дестабилизирующих факторов на режим работы усилительного каскада по постоянному току и схемы стабилизации.                     | Устный опрос, реферат, презентация |
| 3          | Каскады предварительного усиления и обратные связи в многокаскадных усилительных трактах.      | Структурная схема многокаскадного усилителя. Виды межкаскадной связи. Расчет искажений в частотной и временной областях. Особенности построения каскадов предварительного усиления в широкополосных усилителях: коррекция характеристик в частотной и временной областях (параметрическая и с помощью ОС); типовые и специальные схемные конфигурации, используемые в каскадах широкополосного усиления (каскадные схемы, дифференциальный каскад и др.). Основные определения и понятия, относящиеся к обратным связям (ОС) в схемотехнических устройствах: типы ОС; обобщенная структурная схема усилителя с внешней ОС; понятия положительной и отрицательной ОС; устойчивость усилителя, охваченного ОС, основные критерии устойчивости. Классификация ОС по способам введения и снятия сигнала ОС. Влияние отрицательной ОС на характеристики усилителя. | Устный опрос, реферат, презентация |
| 4          | Усилители постоянного тока и интегральные операцион-                                           | Усилители постоянного тока (УПТ) и особенности их построения. Схемы прямого усиления и усиления с преобразованием спектра. Источники неустойчивости режима работы на постоянном токе, их описание и представление с помощью эквивалентных генераторов тока и напряжения.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Устный опрос, реферат, презентация |

|   |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                    |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|   | ные усилители.                      | Дифференциальный каскад (ДК) УПТ. Понятие дифференциальных (парафазных) и синфазных сигналов. Коэффициенты усиления и входные сопротивления для дифференциальных и синфазных сигналов. Особенности схемотехники ДК: принцип построения схем “токового зеркала” и его основные свойства, использование генераторов стабильного тока, ДК с несимметричным выходом без потери усиления. Пример схемной реализации усилительного тракта типа операционный усилитель.<br>Понятие идеального операционного усилителя (ОУ). Модели и обобщенная структурная схема ОУ. Элементы схемотехники ОУ: ДК, генераторы стабильных тока и напряжения, трансляторы уровня, выходные каскады. Основные параметры. Устойчивость ОУ. Частотная коррекция и ее схемотехническое обеспечение. |                                    |
| 5 | Усилители мощности                  | Особенности работы транзисторного усилительного каскада в режиме большого сигнала и основные требования, предъявляемые к усилителям мощности (УМ). Однотактные бестрансформаторная и трансформаторная схемы УМ в режиме класса А – основные энергетические соотношения и сравнительный анализ. Энергетическая эффективность режимов с отсечкой выходного тока (режим класса В). Двухтактные схемы УМ в режиме класса В. Нелинейные искажения и методы их уменьшения в УМ. Использование режима класса АВ. Эмиттерные повторители в выходных каскадах. Принципы ключевых методов усиления. Режим класса D.                                                                                                                                                               | Устный опрос, реферат, презентация |
| 6 | Функциональные устройства на ОУ.    | Инвертирующая и неинвертирующая схемы включения ОУ, преобразователь “ток-напряжение”. Многовходовый сумматор и дифференциальный усилитель на ОУ. Понятие измерительного усилителя. Дифференциатор, интегратор, схемы логарифмирования и антилогарифмирования. Реализация аналоговых перемножителей и делителей. Нелинейные функциональные устройства на базе ОУ: амплитудный ограничитель, выпрямитель и амплитудный детектор.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Устный опрос, реферат, презентация |
| 7 | Активные RC-фильтры.                | Принципы и схемы построения частотно-селективных цепей с помощью применения RC-цепей и усилительных приборов. Практическая реализация типовых звеньев первого и второго порядков. Звенья первого и второго порядка на базе ОУ. Синтез универсального звена на двух интеграторах. Резонаторное звено. Преобразователи импеданса. Гираторы. Обобщенный преобразователь импеданса.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Устный опрос, реферат, презентация |
| 8 | Специальные усилительные устройства | Усилители высокой чувствительности. Собственные шумы усилительного тракта как основная причина, ограничивающая его предельно достижимую чувствительность. Методы представления и анализа шумовых свойств аналоговых трактов. Эквивалентные шумовые схемы пассивных и активных элементов схем. Способы построения малошумящих входных каскадов. Усилительные каскады с высоким входным импедансом.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Устный опрос, реферат, презентация |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

| №  | Наименование раздела                                                                           | Тематика практических занятий (семинаров)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Форма текущего контроля                         |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|    | Введение. Общие сведения об аналоговых электронных устройствах                                 | Краткий исторический очерк развития аналоговой электроники, отражающий ее основные этапы. Принципы построения и классификация устройств аналоговой обработки сигналов. Внешние параметры и характеристики АЭУ; требования, предъявляемые к устройствам различного назначения. Основные задачи проектирования, анализа свойств и применения аналоговых электронных схем и функциональных узлов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | контрольная работа, проверка домашнего задания. |
| 2. | Принципы функционирования простейших усилительных каскадов и их работа в режиме малого сигнала | Принцип электронного усиления. Усилительный каскад и его обобщенная схема. Понятие о рабочей точке и динамических (нагрузочных) характеристиках. Режимы работы активных элементов в усилительном каскаде. Критерии выбора режима работы усилительного прибора на постоянном токе, принципы и схемы обеспечения требуемого режима. Схемное построение простейших усилительных каскадов на различных усилительных приборах. Критерии и особенности малосигнального режима работы усилительного прибора. Малосигнальные параметры биполярных и полевых транзисторов. Сравнительный анализ характеристик базовых усилительных каскадов при различных способах включения транзистора в схему. Анализ влияния температурных и других дестабилизирующих факторов на режим работы усилительного каскада по постоянному току и схемы стабилизации.                     | контрольная работа, проверка домашнего задания. |
|    | Каскады предварительного усиления и обратные связи в многокаскадных усилительных трактах.      | Структурная схема многокаскадного усилителя. Виды межкаскадной связи. Расчет искажений в частотной и временной областях. Особенности построения каскадов предварительного усиления в широкополосных усилителях: коррекция характеристик в частотной и временной областях (параметрическая и с помощью ОС); типовые и специальные схемные конфигурации, используемые в каскадах широкополосного усиления (каскадные схемы, дифференциальный каскад и др.). Основные определения и понятия, относящиеся к обратным связям (ОС) в схемотехнических устройствах: типы ОС; обобщенная структурная схема усилителя с внешней ОС; понятия положительной и отрицательной ОС; устойчивость усилителя, охваченного ОС, основные критерии устойчивости. Классификация ОС по способам введения и снятия сигнала ОС. Влияние отрицательной ОС на характеристики усилителя. | контрольная работа, проверка домашнего задания. |
|    | Усилители постоянного тока и интегральные операционные усилители.                              | Усилители постоянного тока (УПТ) и особенности их построения. Схемы прямого усиления и усиления с преобразованием спектра. Источники неустойчивости режима работы на постоянном токе, их описание и представление с помощью эквивалентных генераторов тока и напряжения. Дифференциальный каскад (ДК) УПТ. Понятие дифференциальных (парафазных) и синфазных сигналов. Коэффициенты усиления и входные сопротивления для дифференциальных и синфазных сигналов. Особенности схемотехники ДК: принцип построения схем "токового зеркала"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | контрольная работа, проверка домашнего задания. |

|  |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                 |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|  |                                     | и его основные свойства, использование генераторов стабильного тока, ДК с несимметричным выходом без потери усиления. Пример схемной реализации усилительного тракта типа операционный усилитель.<br>Понятие идеального операционного усилителя (ОУ). Модели и обобщенная структурная схема ОУ. Элементы схемотехники ОУ: ДК, генераторы стабильных тока и напряжения, трансляторы уровня, выходные каскады. Основные параметры. Устойчивость ОУ. Частотная коррекция и ее схемотехническое обеспечение.                                                                                                  |                                                 |
|  | Усилители мощности                  | Особенности работы транзисторного усилительного каскада в режиме большого сигнала и основные требования, предъявляемые к усилителям мощности (УМ). Однотактные бестрансформаторная и трансформаторная схемы УМ в режиме класса А – основные энергетические соотношения и сравнительный анализ. Энергетическая эффективность режимов с отсечкой выходного тока (режим класса В). Двухтактные схемы УМ в режиме класса В. Нелинейные искажения и методы их уменьшения в УМ. Использование режима класса АВ. Эмиттерные повторители в выходных каскадах. Принципы ключевых методов усиления. Режим класса D. | контрольная работа, проверка домашнего задания. |
|  | Функциональные устройства на ОУ.    | Инвертирующая и неинвертирующая схемы включения ОУ, преобразователь “ток-напряжение”. Многовходовый сумматор и дифференциальный усилитель на ОУ. Понятие измерительного усилителя. Дифференциатор, интегратор, схемы логарифмирования и антилогарифмирования. Реализация аналоговых перемножителей и делителей. Нелинейные функциональные устройства на базе ОУ: амплитудный ограничитель, выпрямитель и амплитудный детектор.                                                                                                                                                                            | контрольная работа, проверка домашнего задания. |
|  | Активные RC-фильтры.                | Принципы и схемы построения частотно-селективных цепей с помощью применения RC-цепей и усилительных приборов. Практическая реализация типовых звеньев первого и второго порядков. Звенья первого и второго порядка на базе ОУ. Синтез универсального звена на двух интеграторах. Резонаторное звено. Преобразователи импеданса. Гираторы. Обобщенный преобразователь импеданса.                                                                                                                                                                                                                           | контрольная работа, проверка домашнего задания  |
|  | Специальные усилительные устройства | Усилители высокой чувствительности. Собственные шумы усилительного тракта как основная причина, ограничивающая его предельно достижимую чувствительность. Методы представления и анализа шумовых свойств аналоговых трактов. Эквивалентные шумовые схемы пассивных и активных элементов схем. Способы построения малошумящих входных каскадов. Усилительные каскады с высоким входным импедансом.                                                                                                                                                                                                         | контрольная работа, проверка домашнего задания  |

### 2.3.3 Лабораторные занятия

| №  | Наименование раздела                                         | Наименование лабораторных работ                                                               | Форма текущего контроля |
|----|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. | Принципы функционирования простейших усилительных каскадов и | Определение параметров простейшего усилительного каскада графоаналитическим методом           | Защита ЛР               |
| 2. |                                                              | Малосигнальные параметры транзистора. Расчет параметров транзистора простейшего усилительного | Защита ЛР               |

|    |                                                                     |                                                                                                                                             |           |
|----|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|    | их работа в режиме малого сигнала                                   | ного каскада в выбранной рабочей точке. Расчет АЧХ каскада.                                                                                 |           |
| 3. |                                                                     | Схемы стабилизации режима работы транзисторных усилительных каскадов.                                                                       | Защита ЛР |
| 4. | Каскады предварительного усиления и обратные связи в многокаскадных | Расчет линейных искажений в транзисторном усилительном каскаде. Определение параметров схемы, обеспечивающих требуемые частотные искажения. | Защита ЛР |
| 5. | усилительных трактах.                                               | Влияние обратной связи на основные характеристики усиления.                                                                                 | Защита ЛР |
| 6. |                                                                     | Расчет усилительного каскада с ВЧ- и НЧ-коррекцией частотных характеристик.                                                                 | Защита ЛР |
| 7. | Усилители постоянного тока и интегральные операционные усилители.   | Расчет дифференциального усилительного каскада.                                                                                             | Защита ЛР |
| 8. | Функциональные устройства на ОУ.                                    | Функциональные устройства аналоговой обработки сигналов на операционных усилителях.                                                         | Защита ЛР |

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

| №  | Вид СРС                                 | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Проработка теоретического материала     | Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 2. | Подготовка к защите лабораторных работ  | 1. Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 3. | Реферат                                 | Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93331">https://e.lanbook.com/book/93331</a> .<br>Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. – Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/93303">https://e.lanbook.com/book/93303</a> . |
| 4. | Подготовка презентации по теме реферата | Вылегжанина А.О. <a href="#">Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие</a> – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 115 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660</a> .                                                                                                                                                                                                                                          |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии**

При реализации учебной работы по освоению дисциплины «Полупроводниковая электроника» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение.

На лекции выносятся 80 % материала, изложенного в программе дисциплины. Остальные 20 % материала выносятся для самостоятельного изучения. При объяснении нового материала используются проблемное изложение, поисковая беседа и презентация с обсуждением. Часть учебного материала предъявляется также и в электронном виде для ознакомления и изучения. Благодаря этому сокращается время на конспектирование лекционных занятий, что позволяет показывать наглядные пособия, обсуждать современные достижения науки и техники и разбирать конкретные проблемные ситуации, возникавшие в процессе исторического развития полупроводниковой электроники.

В течение семестра студенты, используя литературу и материалы из Интернета, должны подготовить реферат, презентацию по теме реферата и выступить с презентацией на лекционном занятии.

На лабораторных занятиях студенты, применяя на практике теоретические знания, измеряют характеристики полупроводниковых, собирают на макетных панелях электронные схемы, учатся работать с цифровыми и аналоговыми измерительными приборами. Лабораторные работы выполняются малыми группами студентов по 2 человека.

Эффективность учебной деятельности студентов оценивается по рейтинговой системе.

В учебном процессе используются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: презентация с обсуждением, поисковая беседа, работа в малых группах, дискуссия.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Текущий контроль:

- контрольные вопросы по разделам учебной программы;
- защита лабораторных работ;
- реферат;
- презентация по теме реферата;
- внутрисеместровая аттестация.

Промежуточный контроль:

- зачет, экзамен.

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации**

##### **4.1.1 Примеры контрольных вопросов по разделам учебной программы.**

Контрольные вопросы предназначены:

- для устного опроса на лекционных занятиях;
- для внутрисеместровой аттестации;
- в качестве дополнительных теоретических вопросов при сдаче студентами отчетов по лабораторным работам.

##### Раздел 1.

1. Основные характеристики и параметры аналоговых электронных устройств.
2. Понятие о рабочей точке. Режимы работы активных элементов в усилителях.
3. Схемы обеспечения и стабилизации требуемого режима работы транзисторного усилительного каскада по постоянному току

#### **4.1.2 Примерные темы рефератов.**

1. Усилительный каскад и его обобщенная схема. Понятие о рабочей точке и динамических (нагрузочных) характеристиках.
2. Режимы работы активных элементов в усилительном каскаде. Критерии выбора режима работы усилительного прибора на постоянном токе.
3. Критерии и особенности малосигнального режима работы усилительного прибора.
4. Сравнительный анализ характеристик базовых усилительных каскадов при различных способах включения транзистора в схему.
5. Анализ влияния температурных и других дестабилизирующих факторов на режим работы усилительного каскада по постоянному току и схемы стабилизации.
6. Виды многокаскадных усилителей.
7. Особенности построения каскадов предварительного усиления в широкополосных усилителях.
8. Обратные связи в схемотехнических устройствах.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

##### **4.2.1 Примеры вопросов для подготовки к зачету**

Анализ работы усилительного каскада с помощью ВАХ его элементов. Динамические характеристики.

Режим малого сигнала. Малосигнальные параметры биполярных и полевых транзисторов.

Способы включения активного элемента в усилительном каскаде и их сравнительный анализ с использованием малосигнальных Y-параметров на примере каскада на биполярном транзисторе.

Анализ частотных характеристик простейшего резисторного каскада с использованием его эквивалентной схемы в области средних и нижних частот.

Анализ частотных характеристик простейшего резисторного каскада с использованием его эквивалентной схемы в области средних и высоких частот.

Обратная связь в трактах усиления. Основные понятия, структурные схемы и классификация.

##### **4.2.2. Перечень вопросов, выносимых на экзамен:**

1. Принципы построения и классификация устройств аналоговой обработки сигналов.
2. Внешние параметры и характеристики аналоговых электронных устройств; требования, предъявляемые к устройствам различного назначения.
3. Основные задачи проектирования, анализа свойств и применения аналоговых электронных схем и функциональных узлов
4. Принцип электронного усиления. Усилительный каскад и его обобщенная схема.
5. Понятие о рабочей точке и динамических (нагрузочных) характеристиках. Режимы работы активных элементов в усилительном каскаде.
6. Критерии выбора режима работы усилительного прибора на постоянном токе, принципы и схемы обеспечения требуемого режима.
7. Схемное построение простейших усилительных каскадов на различных усилительных приборах.
8. Критерии и особенности малосигнального режима работы усилительного прибора. Малосигнальные параметры биполярных и полевых транзисторов.
9. Сравнительный анализ характеристик базовых усилительных каскадов при различных способах включения транзистора в схему.
10. Анализ влияния температурных и других дестабилизирующих факторов на режим работы усилительного каскада по постоянному току и схемы стабилизации.
11. Обратные связи в схемотехнических устройствах: типы обратных связей; обобщенная структурная схема усилителя с внешней обратной связью; понятия положительной и отрицательной обратной связи.
12. Устойчивость усилителя, охваченного обратной связью, основные критерии устойчивости.
13. Классификация обратных связей по способам введения и снятия сигнала обратной свя-

зи. Влияние отрицательной обратной связи на характеристики усилителя.

14. Структурная схема многокаскадного усилителя. Виды межкаскадной связи.
15. Расчет искажений многокаскадного усилителя в частотной и временной областях.
16. Особенности построения каскадов предварительного усиления в широкополосных усилителях: коррекция характеристик в частотной и временной областях (параметрическая и с помощью обратной связи);
17. Типовые и специальные схемные конфигурации, используемые в каскадах широкополосного усиления (каскадные схемы, дифференциальный каскад и др.).
18. Особенности работы транзисторного усилительного каскада в режиме большого сигнала и основные требования, предъявляемые к усилителям мощности.
19. Однотактные бестрансформаторная и трансформаторная схемы усилителя мощности в режиме класса А.
20. Двухтактные схемы усилителей мощности в режиме класса В. Использование режима класса АВ.
21. Эмиттерные повторители в выходных каскадах.
22. Однотактные схемы усилителя мощности в режиме класса С.
23. Нелинейные искажения и методы их уменьшения в усилителях мощности.
24. Энергетическая эффективность режимов А, В, С и их сравнительный анализ.
25. Принципы ключевых методов усиления. Режим класса D.
26. Усилители постоянного тока и особенности их построения.
27. Схемы прямого усиления и усиления с преобразованием спектра.
28. Источники неустойчивости режима работы на постоянном токе, их описание и представление с помощью эквивалентных генераторов тока и напряжения.
29. Дифференциальный каскад усилителя постоянного тока. Понятие дифференциальных (парафазных) и синфазных сигналов. Коэффициенты усиления и входные сопротивления для дифференциальных и синфазных сигналов.
30. Особенности схемотехники дифференциального каскада: принцип построения схем “токового зеркала” и его основные свойства, использование генераторов стабильного тока.
31. Дифференциальный каскад с несимметричным выходом без потери усиления.
32. Пример схемной реализации усилительного тракта типа операционный усилитель.
33. Понятие идеального операционного усилителя. Модели и обобщенная структурная схема операционных усилителей.
34. Элементы схемотехники операционных усилителей: дифференциальный каскад, генераторы стабильных тока и напряжения, трансляторы уровня, выходные каскады. Основные параметры.
35. Устойчивость операционных усилителей. Частотная коррекция и ее схемотехническое обеспечение.
36. Инвертирующая и неинвертирующая схемы включения операционных усилителей, преобразователь “ток-напряжение”.
37. Многовходовый сумматор и дифференциальный усилитель на операционном усилителе.
38. Понятие измерительного усилителя.
39. Дифференциатор, интегратор на операционном усилителе.
40. Схемы логарифмирования и антилогарифмирования на операционном усилителе.
41. Реализация аналоговых перемножителей и делителей.
42. Нелинейные функциональные устройства на базе операционных усилителей: амплитудный ограничитель, выпрямитель и амплитудный детектор.
43. Принципы и схемы построения частотно-селективных цепей с помощью применения RC-цепей и усилительных приборов.
44. Практическая реализация типовых звеньев первого и второго порядков. Звенья первого и второго порядка на базе ОУ.
45. Синтез универсального звена на двух интеграторах. Резонаторное звено.
46. Преобразователи импеданса. Гираторы. Обобщенный преобразователь импеданса.
47. Усилители высокой чувствительности. Собственные шумы усилительного тракта как

основная причина, ограничивающая его предельно достижимую чувствительность.

48. Методы представления и анализа шумовых свойств аналоговых трактов. Эквивалентные шумовые схемы пассивных и активных элементов схем.

49. Способы построения малошумящих входных каскадов.

50. Усилительные каскады с высоким входным импедансом.

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

### **5.1 Основная литература:**

1. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Волович, Григорий Иосифович; Г.И. Волович; [отв. ред. Р. Г. Алексанян]. - 2-е изд., испр. - М.: Додэка-XXI, 2007. - 528 с.

2. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 2-е издание. - М.: Издательский дом "Додэка-XXI", 2007. 528 С.

3. Основы микроэлектроники: учебное пособие для студентов вузов / М. Д. Петропавловский; А. А. Коваленко, М. Д. Петропавловский. - 3-е изд., стер. - М.: Академия, 2010. - 239 с.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Валенко В.С. Полупроводниковые приборы и основы схемотехники электронных устройств / Под ред. А. А. Ровдо. - М.: Додэка XXI, 2001. - 366 с.

2. Павлов В.Н., Ногин И.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств / Учебник для ВУЗов по направлению «Радиотехника», «Электроника и микроэлектроника». - М.: Радио и связь, 1997. - 320 с.

3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. - М.: Мир, 2003

4. Нестеренко Б.К. Интегральные операционные усилители. - М.: Энергоиздат, 1982. - 128 с.

5. Пейтон Дж., Волш В. Аналоговая электроника на операционных усилителях. Практическое руководство. - М.: Бином, 1994. - 352 с.

6. Применение интегральных схем. Практическое руководство в 2 кн. / П. Брэдшо и др. - М.: Мир, 1987.

7. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: справочное руководство. - М.: Мир, 1983.

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – URL: <http://window.edu.ru/>.

2. Федеральный образовательный портал – URL: [http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm).

3. Каталог научных ресурсов – URL: <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>.

4. Большая научная библиотека – URL: <http://www.sci-lib.com/>.

5. Сайт разработчика программы эмуляции работы схемотехнического моделирования САПР NI Multisim: <http://www.ni.com/multisim/>

6. Журнал: Современная электроника [www.soel.ru](http://www.soel.ru)

7. КТЦ-МК <http://www.cec-mc.ru> система команд 8-разрядных RISC микроконтроллеров семейства AVR с. 166-277.

8. Журналы «CHIP NEWS» <http://www.chipnews.ru>

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

Для успешного освоения дисциплины «Полупроводниковая электроника» при самостоятельной работе студент должен иметь:

1) конспект лекций в бумажном или электронном виде;

2) учебник (учебное пособие) в соответствии со списком литературы;

3) тетрадь для лабораторных работ.

Самостоятельная работа содержит следующие виды учебной деятельности студентов:

– теоретическую самоподготовку к лабораторным занятиям и к экзамену по конспектам

и учебной литературе;

– оформление отчетов по результатам лабораторных работ (о выполненной лабораторной работе студенты отчитываются преподавателю на следующем (очередном) лабораторном занятии);

– подготовка реферата по одной из тем учебной дисциплины;

– подготовка презентации по теме реферата и выступление с докладом на одном из лекционных занятий.

Студенту необходимо систематически работать в течение семестра по изучению теоретического материала и приобретению навыков экспериментальной работы.

Для запоминания лекционного материала (в том числе и в период подготовки к экзамену) студенту необходимо хорошо знать свойства памяти и активно пользоваться мнемотехническими приемами, известными из учебной дисциплины «Психология и педагогика». Методические рекомендации по запоминанию можно найти и в Интернете по ключевым словам: «память», «мнемоника», «мнемотехника», «как запомнить учебный материал». Желательно также ознакомиться с приемами конспектирования, т.е. со способами сокращения записи слов и словосочетаний, например, применяемыми в словарях и энциклопедиях.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его рейтинге – сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам устных опросов, выполненного реферата, презентации, внутрисеместровой аттестации и защит лабораторных работ.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

1. Консультирование посредством электронной почты.

### **8.2 Перечень информационных справочных систем:**

1. Электронный каталог научной библиотеки КубГУ (<http://212.192.134.46/MegaPro/Web>).

2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» ([http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)).

3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» (<https://e.lanbook.com/>).

4. Электронная библиотечная система «Юрайт» (<https://www.biblio-online.ru/>).

### **8.3 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система MS Windows.

2. Пакет программ САПР NI Multisim.

3. Интегрированное офисное приложение.

4. ПО для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.

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

| №  | Вид работ           | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность                 |
|----|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия  | Аудитория 227С, оснащенная переносным проектором и магнитно-маркерной доской. |
| 2. | Семинарские занятия | Аудитория 311С, оснащенная магнитно-маркерной доской                          |

|    |                                            |                                                                                                                                                                                                                        |
|----|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | Лабораторные занятия                       | Лаборатория 311С, укомплектованная оборудованием необходимым для проведения лабораторных работ                                                                                                                         |
| 4. | Текущий контроль, промежуточная аттестация | Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет                                                                                                                                        |
| 5. | Групповые (индивидуальные) консультации    | Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет, для проведения индивидуальных консультаций.                                                                                           |
| 6. | Самостоятельная работа                     | Аудитория 311С, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |