

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



«УТВЕРЖДАЮ»  
 Проректор  
 по образовательной деятельности  
 А.А. Панфилов  
 « 27 » 06 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

Направление подготовки: 11.03.01 «Радиотехника»

Профиль/программа подготовки: Радиотехнические устройства и системы

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

| Семестр      | Трудоемкость<br>зач. ед, /час. | Лекций,<br>час. | Практ.<br>занятий,<br>час. | Лаборат.<br>работ,<br>час. | СРС,<br>час. | Форма<br>промежуточно<br>й аттестации<br>(экзамен/зачет<br>/зачет с<br>оценкой) |
|--------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------------|---|
| 4            | 6/216                          | 36              | 18                         | 18                         | 99           | Экз.(45 час.),<br>КП  |
| <b>Итого</b> | 6/216                          | 36              | 18                         | 18                         | 99           | Экз.(45 час.),<br>КП  |

Владимир, 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины: изучение схемотехники современных аналоговых электронных устройств. При этом большое внимание уделяется способам применения операционных усилителей для синтеза схем аналоговой обработки сигналов.

Задачи: формирование системного подхода к проектированию радиоэлектронных устройств; формирование основ знаний аналоговой обработки радиосигналов, которые реализуются современной микроэлектроникой.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» относится к обязательной части учебного плана.

Пререквизиты дисциплины: основы теории цепей, теоретические основы радиотехники, электроника.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

| Код формируемых компетенций | Уровень освоения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы освоения компетенций (показатели освоения компетенции)  |
|-----------------------------|------------------------------|--|
| 1                           | 2                            | 3  |
| ОПК-2                       | Частичное освоение           | Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных<br>- <i>знать</i> : методы анализа аналоговых устройств на основе эквивалентных схем; принципы построения устройств с обратной связью; схемотехнику основных каскадов усилительных устройств: способы реализации различных функциональных соотношений при аналоговой обработке сигналов и проблемы применения таких устройств в радиоэлектронной аппаратуре различного назначения;<br>- <i>уметь</i> : осуществлять синтез структурных и электрических схем АЭУ, в том числе на этапах, предшествующих анализу свойств схем с помощью ЭВМ, а также грамотно и целенаправленно (с учетом технических требований) осуществлять оптимизацию параметров и структуры схем в ходе этого анализа;<br>- <i>владеть</i> : методами расчета и способами схемотехнического проектирования разрабатываемых аналоговых устройств; методами экспериментальных исследований и испытаний разработанных устройств; методами обработки результатов экспериментальных исследований; навыками самостоятельной постановки и решения новых инженерных задач. |
| ОПК-4                       | Полное освоение              | Способен применять современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации с учетом требований нормативной документации<br>- <i>знать</i> : современные компьютерные технологии, необходимые для подготовки конструкторской   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>документации на радиоэлектронные устройства с учетом стандартов, норм и правил;</p> <p>-<i>уметь</i>: применять современные компьютерные технологии, необходимые для подготовки конструкторской документации на радиоэлектронные устройства с учетом стандартов, норм и правил;</p> <p>-<i>владеть</i>: современными компьютерными технологиями, необходимыми для подготовки конструкторской документации на радиоэлектронные устройства с учетом стандартов, норм и правил.</p> |
|--|--|---|

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п                      | Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины            | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                      |                     |     | Объем учебной работы см применением интерактивных методов (в часах/направление%) | Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации |
|----------------------------|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|-----|--|--|
|                            |   |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы | СРС |  |  |
| 1.                         | Основные характеристики усилительных устройств            | 4       | 1               | 2  |                      |                     | 6   | 2/100  |  |
| 2.                         | Эквивалентные схемы и малосигнальные параметры усилителей | 4       | 2,3             | 4  | 2                    |                     | 8   | 2/33   |  |
| 3.                         | Усилительный каскад с общим эмиттером                     | 4       | 4,5,6           | 6  | 4                    | 12                  | 30  | 4/18   | Рейтинг-контроль 1   |
| 4.                         | Обратные связи в усилителях                               | 4       | 7,8             | 4  | 2                    |                     | 20  | 2/33   |  |
| 5.                         | Широкополосные усилители                                  | 4       | 9               | 2  | 2                    |                     | 6   | 2/50   |  |
| 6.                         | Усилители мощности  | 4       | 10,11           | 4  | 2                    |                     | 8   | 1/17   | Рейтинг-контроль 2   |
| 7.                         | Операционные усилители                                    | 4       | 12,13           | 4  | 2                    | 6                   | 8   | 2/17   |  |
| 8.                         | Примеры применения операционных усилителей                | 4       | 14,15,16        | 6  | 2                    |                     | 7   | 3/38   |  |
| 9.                         | Генераторы гармонических колебаний                        | 4       | 17,18           | 4  | 2                    |                     | 6   | 4/67   | Рейтинг-контроль 3   |
| Наличие в дисциплине КП/КР |   |         |                 |  | +                    |                     |     |  |  |
| Всего за 4 семестр         |   |         |                 | 36   | 18                   | 18                  | 99  | 99   | экзамен. 45 час., КП   |
| Итого по дисциплине        |   |         |                 | 36   | 18                   | 18                  | 99  | 99   | экзамен, 45 час., КП   |

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

### Раздел 1.

Тема 1. Классификация и усилителей.

Тема 2. Основные параметры усилителей.

### Раздел 2.

Тема 1. Модели биполярных и полевых транзисторов.

Тема 2. Схемы включения транзисторов

### Раздел 3.

Тема 1. Расчет положения рабочей точки.

Тема 2. Анализ работы каскада с ОЭ в области нижних, средних и верхних частот.

Тема 3. Температурная стабилизация режима работы биполярного транзистора.

### Раздел 4.

Тема 1. Виды и свойства обратных связей.

Тема 2. Свойства каскада с ОБ и ОК.

### Раздел 5.

Тема 1. Схемы высокочастотной коррекции

Тема 2. Схемы низкочастотной коррекции

### Раздел 6.

Тема 1. Виды оконечных каскадов

Тема 2. Трансформаторные выходные каскады

Тема 3. Бестрансформаторные выходные каскады

### Раздел 7.

Тема 1. Дифференциальный усилительный каскад

Тема 2. Основные параметры и типовые схемы включения ОУ

### Раздел 8.

Тема 1. Усилители постоянного тока

Тема 2. Дифференциатор, интегратор

Тема 3. Сумматор, амплитудный детектор

### Раздел 9.

Тема 1. Структурная схема генератора

Тема 2. Автогенераторы

## Содержание лабораторных занятий по дисциплине

### Раздел 3.

Тема 1. Расчет положения рабочей точки.

Тема 2. Анализ работы каскада с ОЭ в области нижних, средних и верхних частот.

Тема 3. Температурная стабилизация режима работы биполярного транзистора.

### Раздел 7.

Тема 1. Дифференциальный усилительный каскад

Тема 2. Основные параметры и типовые схемы включения ОУ

## Содержание практических занятий по дисциплине

### Раздел 2.

Тема 1. Модели биполярных и полевых транзисторов.

Тема 2. Схемы включения транзисторов

### Раздел 3.

Тема 1. Расчет положения рабочей точки.

Тема 2. Анализ работы каскада с ОЭ в области нижних, средних и верхних частот.

Тема 3. Температурная стабилизация режима работы биполярного транзистора.

### Раздел 4.

Тема 1. Виды и свойства обратных связей.

Тема 2. Свойства каскада с ОБ и ОК.

### Раздел 5.

Тема 1. Схемы высокочастотной коррекции

Тема 2. Схемы низкочастотной коррекции

### Раздел 6.

Тема 1. Виды конечных каскадов

Тема 2. Трансформаторные выходные каскады

Тема 3. Бестрансформаторные выходные каскады

### Раздел 7.

Тема 1. Дифференциальный усилительный каскад

Тема 2. Основные параметры и типовые схемы включения ОУ

### Раздел 8.

Тема 1. Усилители постоянного тока

Тема 2. Дифференциатор, интегратор

Тема 3. Сумматор, амплитудный детектор

### Раздел 9.

Тема 1. Структурная схема генератора

Тема 2. Автогенераторы

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» используются разнообразные образовательные технологии, как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения. Активные и интерактивные методы обучения:

- Групповая дискуссия (Раздел №1, тема №1; Раздел №4, темы №1,2; Раздел №7, темы №1,2;)

-Тренинг (Раздел №1, тема №1; Раздел №2, тема №2; Раздел №5, темы №1,2; Раздел №9, тема №1)

-Разбор конкретных ситуаций (Раздел №4, темы №1,2; Раздел №5, тема №1; Раздел №7, тема №1; Раздел №8, темы №1,2)



## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Вопросы для рейтинг-контроля

#### Рейтинг контроль № 1

1. Характеристики и параметры усилителей аналоговых сигналов. Определения коэффициентов усиления, полосы пропускания, граничных частот, линейных и нелинейных искажений.
2. Числовые характеристики биполярных и полевых транзисторов.
3. Описание модели Джиаколетто.
4. Описание модели транзистора в виде активного четырехполюсника. Как определить его параметры из справочных данных.
5. Полная эквивалентная схема усилительного каскада с общим эмиттером.

#### Рейтинг контроль №2

1. Свойства обратной связи последовательной по току. Примеры реализации.
2. Свойства обратной связи последовательной по напряжению. Примеры реализации.
3. свойства обратной связи, параллельной по напряжению. Примеры реализации.
4. Свойства обратной связи, параллельной по току. Примеры реализации.
5. Общие свойства обратных связей.
6. Свойства каскада с общей базой, его схемотехника.
7. Свойства каскада с общим коллектором, его схемотехника.
8. Схемы бестрансформаторных усилителей мощности. Мостовые усилители.

#### Рейтинг контроль №3

1. Схемотехника источников тока и токоотводов. Токовые зеркала.
2. Схемотехника дифференциального каскада и его параметры.
3. Структура и параметры операционного усилителя.
4. Операционный усилитель в инвертирующем включении, свойства каскада.
5. Операционный усилитель в неинвертирующем включении, свойства каскада.
6. Схемы интегратора и дифференциатора.
7. Схемы измерителей сопротивления на операционном усилителе.
8. Схемотехника логарифматоров и антилогарифматоров.
9. Схемотехника релаксационных генераторов на операционном усилителе.
10. Активный фильтр нижних частот второго порядка. Схема Сален-Ки.
11. Активный фильтр нижних частот второго порядка. Схема Рауха.
12. Схемотехника перемножителей на операционных усилителях.

### Вопросы к экзамену

1. Усилитель как четырехполюсник.
2. Классификация и параметры усилителей
3. Модель биполярного транзистора
4. Способы задания рабочей точки активного элемента
5. Расчет положения рабочей точки активного элемента
6. Способы включения биполярных транзисторов

7. Каскад с общей базой, его свойства
8. Каскад с общим коллектором, его свойства
9. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы
10. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы в области средних частот
11. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы в области низких частот
12. Каскад с общим эмиттером, анализ его работы в области высоких частот
13. Виды обратных связей, их влияние на основные параметры усилителей
14. Классификация обратных связей и их влияние на основные свойства усилительных устройств
15. Последовательная обратная связь по напряжению
16. Параллельная обратная связь по напряжению, ее свойства
17. Параллельно-последовательная обратная связь, ее свойства
18. Обратная последовательная связь по току, ее свойства
19. Виды конечных каскадов
20. Двухтактные усилители мощности
21. Дифференциальный каскад, анализ его работы, свойства
22. Токоотводы (токовые зеркала)
23. Усилители постоянного тока
24. Операционный усилитель, его свойства
25. Операционный усилитель в инвертирующем включении
26. Операционный усилитель в неинвертирующем включении
27. Интегрирующие и дифференцирующие звенья на ОУ.
28. Сумматоры- вычитатели на операционном усилителе
29. Компараторы на операционном усилителе
30. Логарифматоры и антилогарифматоры на операционном усилителе
31. Активные фильтры первого порядка
32. Активные фильтры на структурах Сален-Ки
33. Активные фильтры на структурах Рауха
34. Биквадратное звено на операционном усилителе

### Задания для СРС

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает себя закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению и защите лабораторных заданий и курсового проекта, выполнении индивидуальной домашней работы и выполнении творческих проектов. Индивидуальная домашняя работа и творческие проекты даются для более углубленного изучения материала.

#### Задание на курсовой проект:

1. Тема: «Проектирование усилителя низкой частоты (УНЧ)»
2. Исходные данные:
  - назначение усилителя;
  - номинальная выходная мощность  $P_{вых}$  (0,1-100Вт);
  - сопротивление нагрузки  $R_n$  (20м-1кОм)
  - величина нелинейных искажений  $K_\Gamma$  (коэффициент гармоник в %) при выходной мощности, равной половине номинальной;
  - рабочий диапазон частот усиливаемых сигналов от  $F_H$  (10-300 Гц) до  $F_B$  (10-100кГц);
  - выходное сопротивление источника сигнала  $R_{ист}$  (0,1-100кОм);
  - выходное напряжение источника сигнала  $U_{ист}$  (0,01-1 В).
3. Объем работы

### 3.1.Разработать следующие вопросы:

- оконечный усилительный каскад (ОК);
- предоконечный усилительный каскад (ПОК);
- входное устройство согласования выходного сопротивления источника сигналов с входным сопротивлением усилителя;
- цепь отрицательной обратной связи (ОС)

### 3.2.Коструктивно разработать:

- принципиальную схему УНЧ;
- конструкцию УНЧ;
- спецификацию

Пример варианта задания на курсовой проект

| Выходная мощность, Вт | Сопротивление нагрузки, Ом | Частотный диапазон, Гц | Коэффициент нелинейных искажений, % | Напряжение входного сигнала, мВ | Выходное сопротивление источника сигнала, кОм |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---|
| 50                    | 4                          | 50-10000               | 0,5                                 | 10                              | 100   |

Темы заданий для самостоятельной работы:

1. Математические модели активных элементов, используемые в программных средствах расчета аналоговых схем.
2. Анализ характеристик каскада с общим эмиттером по постоянному и переменному току. Освоение программного продукта Multisim
3. Обратные связи в усилителях и влияние их на характеристики устройства.
4. Особенности схемотехники мощных усилителей.
5. Схемотехника усилителей постоянного тока.
6. Структура и параметры операционных усилителей.
7. Построение решающих схем на операционных усилителях.
8. Схемотехника инттераторов и дифференциаторов.
9. Функциональные генераторы на операционных усилителях.
10. Методика расчета активных фильтров, программные средства.
- 11.Измерительные схемы на операционных усилителях.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.



## 7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Книгообеспеченность

| Наименование литературы, автор, название, вид издания, издательство  | Год издания | Книгообеспеченность   |   |
|--|-------------|---|---|
|  |             | Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО | Наличие в электронной библиотеке ВлГУ                                   |
| Основная литература  |             |   |   |
| 1. Перепелкин, Д.А. Схемотехника усилительных устройств :учебное пособие. — Электрон, дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 238 с.  | 2013        |   | <a href="http://www.znaniium.com">www.znaniium.com</a>                  |
| 2. Электроника и микросхемотехника: учеб. пособие / С.Н.Чижма. - М. : УМЦ ЖДТ, 2012.   | 2012        |   | <a href="http://www.znaniium.com">www.znaniium.com</a>                  |
| 3. Кулинич, А.П. Схемотехника электронных средств (Схемотехника): учебно-методическое пособие. — Электрон, дан.—М:ТУСУР,2012.— 43 с.   | 2012        |   | <a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>                        |
| Дополнительная литература  |             |   |   |
| 1. Электроника: Учеб. Пособие / А.С. Сигов, В.И. Нефедов, А.А. Шука - М.: Абрис, 2012. – 452с.   | 2012        |   | <a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a> .                      |
| 2. Практикум по радиоэлектронике / Рябов Б.А., Малахов СМ., Хотунцев Ю.Л., - М. : Прометей, 2011. – 312с.  | 2011        |   | <a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>        |
| 3. Логвинов, В.В. Схемотехника телекоммуникационных устройств, радиоприемные устройства систем мобильной и стационарной радиосвязи, теория электрических цепей. : учебное пособие / В.В. Логвинов, В.В. Фриск. — Электрон, дан. — М. : СОЛОН-Пресс, 2011. — 656 с. | 2011        |   | <a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a> |

### 7.2 Периодические издания

#### Отечественные журналы:

- Радиотехника;
- Радиотехника и электроника;
- Приборы и техника эксперимента;
- Цифровая обработка сигналов.

#### Реферативные журналы:

- Радиотехника;
- Электроника.

#### Зарубежные журналы:

- IEEE Transactions on Communications;

- IEEE Transactions on Signal Processing;
- IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement.

### 7.3 Интернет-ресурсы

<http://www.studentlibrarv.ru/book/ISBN9785437200728.html>

<http://www.studentlibrarv.ru/book/ISBN9785426300606.html>

[http://e.lanbook.com/books/element.php7pl\\_1\\_id=13801](http://e.lanbook.com/books/element.php7pl_1_id=13801)

<http://www.mathworks.com/>

<http://www.exponenta.ru/>


## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и лабораторного типа.

Лекционные занятия проводятся в ауд. 335-3, 301-3.

Практические занятия проводятся в ауд. 335-3, 301-3.

Лабораторные работы проводятся в ауд. 410-3, 228-3.

Рабочую программу составил ст. преп. каф. РТ и РС  Синицин Д.В.


Рецензент,

Генеральный директор ОАО

«Владимирское КБ радиосвязи», к.т.н.  А.Е.Богданов

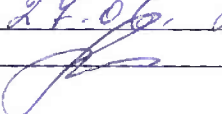
Программа одобрена на заседании каф. РТ и РС

Протокол № 18 от 26.06.2019

Заведующий кафедрой РТ и РС  Никитин О.Р.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления

Протокол № 4 от 24.06.2019 года

Председатель комиссии  Никитин О.Р.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 21.05.20 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *В.Р. Никитин*

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий  
кафедрой \_\_\_\_\_