

**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



Директор ИИТР

А.А. Галкин

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Схемотехника аналоговых электронных устройств»

**Направление подготовки / специальность**

11.03.01 «Радиотехника»

**направленность (профиль) подготовки**

Радиотехнические устройства и системы

## 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

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

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. Знает методы обработки и представления результатов при экспериментальных исследованиях процессов прохождения сигналов через различные радиотехнические структуры. ОПК-2.2. Умеет самостоятельно выполнять наблюдения и измерения при экспериментальных исследованиях в лабораторных условиях ОПК-2.3. Владеет навыками измерения параметров радиотехнических процессов и обработки полученных значений	Знает 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. Умеет 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; Владеет методами расчета и способами схемотехнического проектирования разрабатываемых аналоговых устройств; методами экспериментальных исследований и испытаний разработанных	Контрольная работа

		устройств; методами обработки результатов экспериментальных исследований; навыками самостоятельной постановки и решения новых инженерных задач.	
ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1. Знает современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации ОПК-4.2. Умеет использовать современные интерактивные программные комплексы для разработки систем и устройств ОПК-4.3. Владеет навыками применения современных средств автоматизации разработки и выполнения конструкторской документации	Знает современные компьютерные технологии, необходимые для подготовки конструкторской документации на радиоэлектронные устройства с учетом стандартов, норм и правил; Умеет применять современные компьютерные технологии, необходимые для подготовки конструкторской документации на радиоэлектронные устройства с учетом стандартов, норм и правил; Владеет современными компьютерными технологиями, необходимыми для подготовки конструкторской документации на радиоэлектронные устройства с учетом стандартов, норм и правил.	Контрольная работа

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы, 216 часов.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1.	Основные характеристики усилительных устройств	4	1	2			2	6	
2.	Эквивалентные схемы и малосигнальные параметры усилителей	4	2,3	4	2		4	8	
3.	Усилительный каскад с общим эмиттером	4	4,5,6	6	4	12		30	Рейтинг-контроль I
4.	Обратные связи в усилителях	4	7,8	4	2		4	20	

5.	Широкополосные усилители	4	9	2	2			6	
6.	Усилители мощности	4	10,11	4	2		2	8	Рейтинг-контроль 2
7.	Операционные усилители	4	12,13	4	2	6		8	
8.	Примеры применения операционных усилителей	4	14,15,16	6	2			7	
9.	Генераторы гармонических колебаний	4	17,18	4	2			6	Рейтинг-контроль 3
Всего за 4 семестр				36	18	18		99	экзамен, 45 час., КП
Наличие в дисциплине КП, КР					+				
Итого по дисциплине				36	18	18		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 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

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

### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### 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.

### **5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

#### **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 оконечных 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 операционное умножителе
31. Активные фильтры первого порядка
32. Активные фильтры на структурах Сален-Ки
33. Активные фильтры на структурах Рауха
34. Биквадратное звено на операционном усилителе

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося.**

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.

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 интеграторов и дифференциаторов.

9. Функциональные генераторы на операционных усилителях.
10. Методика расчета активных фильтров, программные средства.
11. Измерительные схемы на операционных усилителях.

### 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:
    - окончательный 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. Конструктивно разработать:
    - принципиальную схему УНЧ;
    - конструкцию УНЧ;
    - спецификацию

### Пример варианта типового 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

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.



## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1. Перепелкин, Д.А. Схемотехника усилительных устройств: учебное пособие. — Электрон, дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2013. — 238 с.	2013	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=158426">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=158426</a>
2. Электроника и микросхемотехника: учеб. пособие / С.Н.Чижма. - М. : УМЦ ЖДТ, 2012.	2012	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=215485">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=215485</a>
3. Кулинич, А.П. Схемотехника электронных средств (Схемотехника): учебно-методическое пособие. — Электрон, дан.—М.:ТУСУР,2012.— 43 с.	2012	<a href="http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1_cid/68&amp;p/1_id=2415">http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1_cid/68&amp;p/1_id=2415</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1. Герберт фон Караян. Электроника: Учеб. Пособие. - М.: Абрис, 2012. – 452с.	2012	<a href="http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1_cid/68&amp;p/1_id=2541">http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1_cid/68&amp;p/1_id=2541</a>
2. Практикум по радиоэлектронике / Рябов Б.А., Малахов СМ., Хотунцев Ю.Л., - М. : Прометей, 2011. – 312с.	2011	<a href="http://www.iprbooksshop.ru/152495.html">http://www.iprbooksshop.ru/152495.html</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.iprbooksshop.ru/135248.html">http://www.iprbooksshop.ru/135248.html</a>

### 6.2 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.

### 6.3 Интернет-ресурсы

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=158426>  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=215485>  
[http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1\\_cid/68&p/1\\_id=2415](http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1_cid/68&p/1_id=2415)  
[http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1\\_cid/68&p/1\\_id=2541](http://www.lanbook.com/books/element.php?p/1_cid/68&p/1_id=2541)  
<http://www.iprbooksshop.ru/152495.html>  
<http://www.iprbooksshop.ru/135248.html>

## 7. 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.

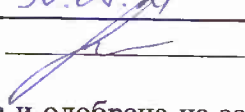
Рецензент,

Генеральный директор ОАО

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

Программа одобрена на заседании каф. РТ и РС

Протокол № 1 от 30.08.21

Заведующий кафедрой РТ и РС  Никитин О.Р.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 11.03.01 «Радиотехника»

Протокол № 1 от 1.09.21 года

Председатель комиссии  Никитин О.Р.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

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 \_\_\_\_\_

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**  
в рабочую программу дисциплины  
**Схемотехника аналоговых электронных устройств**  
образовательной программы направления подготовки 11.03.01 Радиотехника,  
направленность: Радиотехнические устройства и системы (бакалавр)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*