

УТВЕРЖДЕНО  
ученым советом протокол № 7  
от «31» августа 2011 г.  
директор физико-технического института  
\_\_\_\_\_ К.М. Фирсов



УТВЕРЖДЕНО  
протокол № 7  
от «27» августа 2011 г.  
зав. кафедрой Радиофизики  
\_\_\_\_\_ А.Л. Якимец



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВПО «ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
КАФЕДРА «Радиофизики»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Схемотехника аналоговых электронных устройств*

(наименование дисциплины (модуля))

*Якимец Андрей Леонидович, к.ф.-м.н., доцент*

(Фамилия Имя Отчество, ученая степень, ученое звание автора)

|                                   |                                                    |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------|
| Направление подготовки            | <u>011800 Радиофизика</u>                          |
| Квалификация (степень) выпускника | <u>бакалавр</u><br>(бакалавр, магистр, специалист) |
| Форма обучения                    | <u>очная</u><br>(очная, очно-заочная)              |
| Количество зачетных единиц        | <u>4</u>                                           |

г. Волгоград 2011 г.

## **1. Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

### **1.1. Цель дисциплины**

Курс «Схемотехника аналоговых электронных устройств» является специальной дисциплиной направления 011800.62 «Радиофизика». Курс посвящен изучению полупроводниковой схемотехники, как аналоговой, так и цифровой. Особое внимание уделяется рассмотрению аналоговых схем, предназначенных для преобразования информации в виде напряжения или тока, поступающей с датчиков физических величин, в широком динамическом и частотном диапазоне. Лекционный курс сопровождается лабораторным спецпрактикумом.

### **1.2. Задачи дисциплины**

После прохождения курса студент должен знать принципы работы и методы расчета широкополосных усилителей, аналоговых вычислительных схем, активных фильтров, управляемых источников, усилителей мощности. Студент должен уметь измерять основные характеристики полупроводниковых приборов и интегральных схем, строить комбинационные и последовательностные логические схемы по заданным таблицам истинности и графам переходов, обладать следующими компетенциями: способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-10), способностью к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии (ОК-12), способностью использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач (ПК-1), способность применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2), способностью понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-3), способность к профессиональному развитию и саморазвитию в области радиофизики и электроники (ПК-6).

### **1.3. Взаимосвязь учебных дисциплин**

Курс «Схемотехника аналоговых электронных устройств» базируется на курсах «Основы радиоэлектроники», «Электричество» и «Методы математической физики», из которых студенты должны владеть такими понятиями как преобразования Фурье и Лапласа, обобщенные функции, законы Ома и Кирхгофа, частотно-зависимые двухполюсники. Практические навыки студентов должны включать умение вычислять и измерять временные и частотные характеристики линейных цепей, рассчитывать простейшие усилители на транзисторах и операционных усилителях, строить и анализировать элементарные логические схемы, пользоваться основными электроизмерительными приборами (осциллографом, вольтметром, амперметром, частотомером).

### **1.4. Формы работы**

Для реализации компетентного подхода предусматривается использование в учебном процессе активных форм проведения занятий, в процессе обучения предусматривается использование мультимедийных, что в сочетании с внеаудиторной работой формирует и развивает профессиональные навыки студентов.

### **1.5. Виды контроля**

В курсе «Физика сверхпроводников» используется текущий и итоговый виды контроля (зачет).

### 1.6. Методика формирования результирующей оценки

В течение семестра проводится три модульных контрольных. Результирующая оценка формируется на основе результатов текущего контроля усвоения знаний.

## 2. Структура изучения дисциплины

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Всего часов (общая трудоемкость часов)                     | 144 |
| В том числе:                                               |     |
| Аудиторных занятий                                         | 68  |
| из них лекций                                              | 34  |
| семинарских/практических занятий                           | -   |
| лабораторных занятий                                       | 34  |
| практикумов                                                | -   |
| Самостоятельных занятий:                                   | 76  |
| изучение основной и дополнительной литературы              | 14  |
| написание курсовых работ, эссе, рефератов                  |     |
| выполнение письменных домашних заданий, расчетов, проектов | 20  |
| выполнение контрольных работ, тестов                       | 6   |
| Подготовка к экзамену, экзамен                             | 36  |

## 3. Тематический план изучения дисциплины

| Тема                                          | Содержание                                                                                                                                                                | Вид занятий     | Форма занятий                                 | Кол-во часов | Форма контроля                       |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Усилительные свойства биполярного транзистора | Модель Эберса - Молла.<br>Схема с общей базой.<br>Схема с общим эмиттером.<br>Частотные свойства биполярного транзистора.<br>Эквивалентные схемы биполярного транзистора. | аудиторные      | лекция                                        | 4            | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                               |                                                                                                                                                                           | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 1            |                                      |
| Усилительные каскады на транзисторах.         | Высокочастотные усилительные каскады.<br>Дифференциальный каскад.<br>Дифференциальный каскад с динамической нагрузкой.<br>Широкополосный дифференциальный каскад.         | аудиторные      | лекция                                        | 4            | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                               |                                                                                                                                                                           | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 2            |                                      |
| Операционные усилители.                       | Частотные свойства операционного усилителя.<br>Характеристики ОУ и методы их измерения.<br>Схемотехника ОУ.                                                               | аудиторные      | лекция                                        | 4            | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                               |                                                                                                                                                                           | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 2            |                                      |
| Измерительные усилители.                      | Инвертирующий и неинвертирующий усилители.<br>Дифференциальный усилитель.<br>Потенциометрический усилитель.                                                               | аудиторные      | лекция                                        | 4            | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                               |                                                                                                                                                                           | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 2            |                                      |
| Управляемые источники.                        | Источники напряжения, управляемые напряжением.<br>Источники напряжения, управляемые током.<br>Источники тока, управляемые напряжением.                                    | аудиторные      | лекция                                        | 5            | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                               |                                                                                                                                                                           | самостоятельные | изучение основной и дополнительной            | 2            |                                      |

|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                 |                                               |    |                                      |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|----|--------------------------------------|
|                                         | Источники тока, управляемые током.<br>Преобразователь отрицательного сопротивления.<br>Гиратор.                                                                                                                                                                             | литературы      |                                               |    |                                      |
| Аналоговые вычислительные схемы.        | Аналоговые интеграторы и дифференциаторы.<br>Логарифмические преобразователи.<br>Аналоговые перемножители.                                                                                                                                                                  | аудиторные      | лекция                                        | 5  | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 2  |                                      |
| Активные фильтры.                       | Теоретическое описание активных фильтров.<br>Фильтры нижних частот.<br>Фильтры верхних частот.<br>Полосовые фильтры.<br>Режекторные фильтры.<br>Фазовые фильтры и амплитудные корректоры.<br>Универсальные звенья.                                                          | аудиторные      | лекция                                        | 5  | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 2  |                                      |
| Схемотехника усилителей мощности.       | Методы задания напряжения смещения.<br>Методы защиты оконечных транзисторов.<br>Расчет мощного оконечного каскада.<br>Схемы раскачки.<br>Увеличение выходной мощности ОУ.                                                                                                   | аудиторные      | лекция                                        | 5  | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 2  |                                      |
| Программа лабораторного спецпрактикума. | Измерение характеристик полупроводниковых приборов.<br>Источники тока на транзисторах.<br>Компенсационные стабилизаторы напряжения.<br>Аналоговые вычислительные схемы.<br>Аналоговые формирователи импульсов.<br>Исследование характеристик электронно-дырочного перехода. | аудиторные      | лабораторные                                  | 34 | опрос, выполнение контрольной работы |
|                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             | самостоятельные | изучение основной и дополнительной литературы | 50 |                                      |

#### 4. ФОС

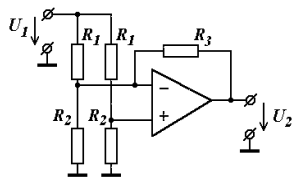
Вопросы к зачету.

1. Модель Эберса - Молла.
2. Усилительные свойства транзистора в схеме с общей базой.
3. Усилительные свойства транзистора в схеме с общим эмиттером.
4. Эквивалентные Т-образные схемы транзистора.
5. Дифференциальный усилительный каскад.
6. Дифференциальный каскад с динамической нагрузкой.
7. Характеристики операционных усилителей и методы их измерения.
8. Инвертирующий, неинвертирующий и суммирующий усилители.
9. Дифференциальный и потенциометрический усилители.
10. Управляемые источники.
11. Преобразователь отрицательного сопротивления, гиратор и циркулятор.
12. Интегрирующие и дифференцирующие усилители.
13. Аналоговые перемножители и делители сигналов.
14. Теоретическое описание активных фильтров.
15. Реализация фильтров нижних и верхних частот.

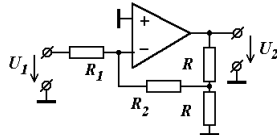
1. Полосовые, режекторные и фазовые фильтры..

Задачи.

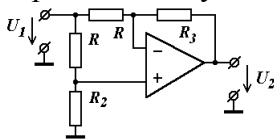
Найти коэффициент передачи схемы, считая операционный усилитель идеальным.



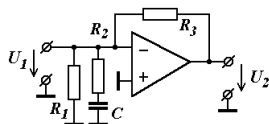
2. Найти коэффициент усиления схемы, учитывая напряжение смещения операционного усилителя. Найти коэффициент усиления схемы.



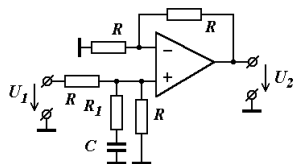
3. Определить коэффициент передачи схемы, считая, что коэффициент усиления операционного усилителя не зависит от частоты и равен  $A_0$ .



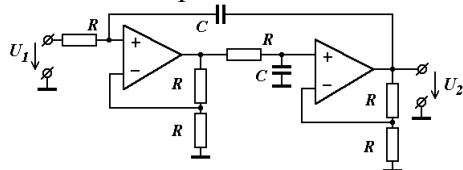
4. Найти передаточную функцию схемы и качественно изобразить амплитудно-частотную характеристику.



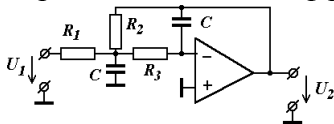
5. Вычислив передаточную функцию схемы, определить, к какому классу фильтров она относится. Найти характерные частоты АЧХ схемы.



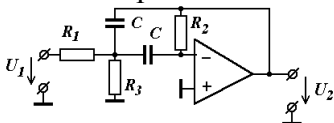
6. Найти и нарисовать АЧХ и ФЧХ цепи.



7. Рассчитать номиналы элементов ФНЧ Бесселя второго порядка с частотой среза, равной 100 Гц. Коэффициент усиления на нулевой частоте принять равным 10.



8. Рассчитать элементы полосового фильтра второго порядка, настроенного на частоту 1 кГц с добротностью  $Q=10$  и коэффициентом передачи  $K_0=10$ . Воспользоваться приведенной схемой.



9. Построить усилитель мощности звуковой частоты, способный выделить на нагрузке сопротивлением 4 Ом синусоидальную мощность 20 Вт.

10. Построить усилитель мощности звуковой частоты, рассчитанный на выделение 10 Вт на 8-омной нагрузке.

Минимальные требования.

5. Нарисовать схему Эберса - Молла и записать уравнения этой модели.

6. В чем заключается эффект Миллера?

7. Нарисовать эквивалентные Т-образные схемы транзистора.

8. Нарисовать схему дифференциального каскада с динамической нагрузкой и записать формулу для коэффициента усиления.

9. Нарисовать схемы измерения коэффициента усиления и КОСС операционного усилителя.

10. Привести схему преобразователя отрицательного сопротивления и описывающие его уравнения.

11. Сформулировать критерии построения фильтров Бесселя, чебышева и Баттерворта.

12. Привести схему фазового фильтра и его передаточную функцию.

### **13. Учебно-методическое обеспечение**

#### **13.1. Список литературы**

Основная литература:

1. Павлов, В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учеб. пособие для студ. вузов. - М. : Академия, 2008. - 288 с.

2. Муханин, Л. Г. Схемотехника измерительных устройств : учеб. пособие для студ. вузов. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 282 .

3. Креккрафт, Д. Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала : [учеб. пособие] / пер. под ред. А. А. Лапина ; пер. с англ. А. А. Кузьмичевой. - М. : Техносфера, 2005. - 360 с.

Дополнительная литература:

1. Соклов С. Аналоговые интегральные схемы: Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. - 583 с.

2. Агаханян Т. М. Интегральные микросхемы. М.: Энергоатомиздат, 1983. - 464 с.

3. Достал И. Операционные усилители. М.: Мир, 1982. - 512 с.

4. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: Учеб. для вузов по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые и микроэлектронные приборы" - 4-е изд., переаб. и доп. - М.: Высш. шк., 1987. - 479 с.

5. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс)/ Учеб. Для вузов/ Осадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров О.И. под ред. О.П. Глудкина. – М.: 2000. – 768 с.

6. Ибрагим К.Ф. Основы электронной техники: Элементы, схемы, системы/ Пер. с англ. Матвеева В.М., Хохлова Г.Ф., Хохлова Ф.Г. под ред. Аникушина Н.И. – изд. Второе. – М.: Мир, 2001. – 389 с.

7. Мартин Х.Д. Электроника – практический курс. М.: Постмаркет, 1999, - 528 с.

8. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергоатомиздат, 1988. - 304 с.

9. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. М. Мир. 1982. 512 с.

10. Гальперин М. В. Практическая схемотехника в промышленной автоматике. М.: Энергоатомиздат, 1987. - 320 с.

#### **13.2. Реестр электронных библиотечных ресурсов**

1. Библиотека по естественным наукам (БЕН) РАН <http://www.benran.ru/>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека (ГПНТБ) <http://www.gpntb.ru/>
3. Российская государственная библиотека (РГБ) <http://www.rsl.ru/>
4. <http://umka.volsu.ru/newumka2/>