

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан ФТФ

профессор, д.ф.м.н. Дмитриев
Александр Капитонович

“ ___ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные усилители

ООП: направление 010700.62 Физика

Шифр по учебному плану: СД.Ф.3

Факультет: физико-технический очная форма обучения

Курс: 4, семестр: 7

Лекции: 52

Практические работы: - Лабораторные работы: -

Курсовой проект: 7 Курсовая работа: - РГЗ: -

Самостоятельная работа: 27

Экзамен: 7 Зачет: -

Всего: 87

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 510400 Физика.(№ 176 еп/бак от 17.03.2000)

СД.Ф.3, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электрофизические установки и ускорители протокол № 7 от 30.08.2011

Программу разработал

доцент, д.т.н.

Хильченко Александр Дмитриевич

Заведующий кафедрой

с.н.с., д.ф.м.н.

Бурдаков Александр Владимирович

Ответственный за основную образовательную программу

с.н.с., д.ф.м.н.

Бурдаков Александр Владимирович

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
СД.Ф.3	<p>Концептуальная записка по направлению 010700 Физика</p> <p>Устанавливаются вузом, включая дисциплины по выбору студента</p> <p>Актуальность курса определяется задачами, которые выполняет электроника в современных физических установках.</p> <p>Наиболее массовыми и ответственными элементами современных измерительных и управляющих систем различных электрофизических установок являются разнообразные электронные усилители, согласующие амплитудно-частотные характеристики сигналов, формируемых различными датчиками и элементами управляющих подсистем, с диагностическим оборудованием и исполнительными устройствами. В связи с этим, в учебный план образовательной программы введен курс "Электронные усилители". Целью изучения курса является знакомство студентов с основными теоретическими вопросами проектирования аналоговых электронных схем и получение учащимися практических навыков разработки электронных усилителей различного назначения.</p> <p>Курс включает следующие дидактические единицы:</p> <p>Особенности схемотехники усилителей постоянного тока.</p> <p>Физические основы работы полупроводниковых приборов.</p> <p>Усилители: усилители постоянного тока, усилители мощности (низкой частоты), широкополосные и импульсные усилители, избирательные усилители</p> <p>Усилители, общие понятия</p> <p>Линейная модель операционной схемы и ее параметры.</p> <p>Компараторы, ЦАП, АЦП</p> <p>Источники питания РЭА.</p> <p>Введение в интегральную схемотехнику.</p> <p>P-N-P и N-P-N структуры, физика их работы</p>	87

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Курс введен решением Ученого совета ФТФ от 10.06.2008г. , протокол №6 . Курс вводится как специальная дисциплина федерального компонента. Целью курса является знакомство студентов с теоретическими и практическими вопросами разработки аналоговых электронных схем
Адресат курса	Студент 4-го курса физико-технического факультета
Основная цель (цели) дисциплины	Целью курса является изучение теоретических основ построения линейных усилительных схем, их схемотехники, физических процессов, прямо влияющих на ключевые технические характеристики усилителей на полупроводниковой элементной базе, методик расчета усилительных схем. Теоретические знания закрепляются при выполнении курсового проекта - проектировании и расчете схемы усилителя постоянного тока, низкой частоты, широкополосного, импульсного, избирательного усилителя или усилителя мощности. В процессе выполнения курсового проекта студенты приобретают и углубляют навыки работы с элементами систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, осваивают новые для них прикладные программы и средства моделирования процессов в усилительных каскадах.
Ядро дисциплины	Ядром дисциплины являются физические основы процессов в полупроводниковых материалах, основы теории транзисторов и транзисторных схем, полупроводниковая схемотехника, базовые понятия о принципах построения и работы усилителей различного типа на полупроводниковой элементной базе (включая операционные усилители), теория обратных связей и основы теории устойчивости усилительных схем, охваченных как местными, так и глобальной петлей обратной связи.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Базисом для успешного освоения курса являются знания, полученные в процессе изучения основ теории цепей, физики полупроводниковых материалов, ключевых разделов математики (операторное исчисление и комплексы, дифференциальное и интегральное исчисление, численные методы мат.анализа, а также основ информатики и вычислительной техники.
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Уверенное владение русским языком, основами физики полупроводниковых материалов и теории цепей, базовые знания в области матанализа, операторного исчисления, цифровых методов обработки информации, уверенное владение навыками, полученными в процессе изучения основ информатики и вычислительной техники.
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Процесс обучения по дисциплине включает в себя наряду с лекционным материалом набор практических заданий по ее отдельным разделам, анализ схемотехники и работы

	<p>ключевых элементов усилительных схем, созданных для измерительных и управляющих комплексов экспериментальных установок ИЯФ СО РАН и курсовой проект, закрепляющий накопленный запас знаний при решении конкретной задачи - разработке усилителя одного из базовых типов, пригодного для решения конкретной задачи в рамках управляющего или измерительного комплекса одной из электрофизических установок ИЯФ СО РАН.</p> <p>Оценка знаний и практических навыков студентов проводится в два этапа. Сначала студенты защищают свои курсовые проекты и получают за них дифференцированную оценку. Окончательная оценка полученных студентом знаний проводится на экзамене по всей программе курса.</p>
--	--

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

знать	
1	Основной целью курса является изучение теоретических основ построения линейных усилительных схем, методики их расчета, изучение активных и пассивных элементов схемотехники. Теоретические знания закрепляются при выполнении курсового проекта - расчете схемы усилителя одного из предложенных на выбор студента типов. В процессе выполнения практических заданий (курсового проекта) студенты приобретают и углубляют навыки работы на персональном компьютере, осваивают новые для них программы.
уметь	
2	Выбор схемы усилителя по его типу.
3	Расчет каскадов усилителя по постоянному току.
4	Расчет динамических параметров каскада: коэффициент усиления, входное и выходное сопротивление, частотные и фазовые характеристики, другие параметры.
5	Расчет устойчивости усилителей с обратной связью.
6	Пользование компьютерными программами расчета электронных схем, расчета переходных процессов, текстовыми, графическими, математическими редакторами.

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 7		
Дидактическая единица: Физические основы работы полупроводниковых приборов.		
Физические основы работы полупроводниковых приборов. P-N переход. Разновидности диодов: выпрямительные, стабилитроны, варикапы, фотодиоды, светодиоды, их основные характеристики. Примеры построения параметрических стабилизаторов, детекторов, выпрямительных схем, схем взаимного преобразования оптических и электрических сигналов.	3	1
Дидактическая единица: P-N-P и N-P-N структуры, физика их работы		
P-N-P и N-P-N структуры, физика их работы. Биполярные транзисторы. Схемы включения: ОЭ, ОБ, ОК. Вольтамперные характеристики. Рабочая область, допустимые режимы. Эквивалентные схемы и их параметры.	6	1

Полевые транзисторы. Схемы включения. Вольтамперные характеристики. Рабочая область, допустимые режимы. Эквивалентные схемы и их параметры.		
Дидактическая единица: Усилители, общие понятия		
Усилители, общие понятия. Искажения сигнала при усилении: линейные и нелинейные искажения; шумы усилителей. Принципы усиления: с помощью активных элементов, параметрические усилители. Логарифмические амплитудная и фазовая характеристики многокаскадных усилителей. Схема ОЭ. Принцип усиления. Статическая и динамическая нагрузочная характеристики. Обеспечение режима по постоянному току. Эквивалентная схема каскада. Основные динамические параметры: коэффициент усиления, входное и выходное сопротивления, нижняя и верхняя граничные частоты. Входная динамическая емкость. Схема ОБ. Принцип усиления. Статическая и динамическая нагрузочная характеристики. Обеспечение режима по постоянному току. Эквивалентная схема каскада. Основные динамические параметры: коэффициент усиления, входное и выходное сопротивления, нижняя и верхняя граничные частоты. Входная динамическая емкость. Схема ОК. Специальные схемы эмиттерных повторителей. Сравнение свойств каскадов ОЭ, ОБ, ОК.	9	1, 2
Дидактическая единица: Усилители: усилители постоянного тока, усилители мощности (низкой частоты), широкополосные и импульсные усилители, избирательные усилители		
Усилители: усилители постоянного тока, усилители мощности (низкой частоты), широкополосные и импульсные усилители, избирательные усилители. Основные определения и отличительные особенности. Однотактные и двухтактные выходные каскады усилителей мощности. Трансформаторные выходные каскады. Бестрансформаторные схемы двухтактных выходных каскадов на транзисторах разного типа проводимости. Энергетические соотношения. Гальваническая межкаскадная связь. Нелинейные искажения. Цепи коррекции АЧХ И ФЧХ многокаскадных транзисторных широкополосных и импульсных усилителей. Каскодные схемы усиления, дифференциальный каскад.	6	1, 2, 4, 6

Обеспечение избирательности в усилителях высокой частоты. Принципы построения избирательных усилителей низкой частоты.		
Дидактическая единица: Особенности схемотехники усилителей постоянного тока.		
Особенности схемотехники усилителей постоянного тока. Балансные каскады. Коэффициент усиления противофазного и синфазного сигнала. Дрейф 2-каскадного балансного усилителя. Схемы согласования потенциальных уровней. Обратная связь в усилителях. Основные понятия. Виды обратной связи. Влияние ОС на параметры усилителей. Устойчивость усилителей с обратной связью. Критерии устойчивости. Расчет на устойчивость методом ЛАХ и ЛФХ. Применение обратной связи в схемах активных фильтров. Избирательные УНЧ с мостовыми схемами в цепи обратной связи и их параметры.	6	1, 2, 3, 6
Дидактическая единица: Введение в интегральную схемотехнику.		
Введение в интегральную схемотехнику. Операционные усилители и операционные схемы. Основные параметры и определения. Классификация операционных схем. Идеализированная модель операционного усилителя и операционной схемы. Статические и динамические параметры операционного усилителя. Классификация операционных схем по типу обратной связи. Отрицательная обратная связь, канонические схемы, их основные параметры и характеристики. Влияние ОС на параметры усилителя. Классические операционные схемы с параллельной и последовательной отрицательной обратной связью, примеры построения, основные характеристики.	9	1, 5
Дидактическая единица: Линейная модель операционной схемы и ее параметры.		
Линейная модель операционной схемы и ее параметры. Источники входных погрешностей операционного усилителя и операционной схемы. Шумы операционных схем и их классификация. Статические и динамические параметры операционного усилителя. Статические и динамические погрешности операционных схем. Устойчивость операционных схем с отрицательной обратной связью. Динамические погрешности операционных схем при негармонических воздействиях.	6	1, 5, 6

Дидактическая единица: Источники питания РЭА.		
Дидактическая единица: Компараторы, ЦАП, АЦП		
Компараторы, аналоговые ключи, принцип работы, основные характеристики. ЦАП, классификация и схемотехника, основные параметры и характеристики. АЦП, классификация схем построения, основные параметры и характеристики.	3	1, 6
Источники питания РЭА.	3	1, 6

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 7, Курсовой проект

Курсовой проект: 10 часов

Семестр- 7, Индив. работа

Индивидуальная работа: 4 часа

Семестр- 7, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям: 5 часов

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Аттестация студента производится с учетом качества самостоятельного выполнения предложенных в рамках лекционного материала практических заданий (набора задач по разным разделам дисциплины), корректности выполнения им курсового проекта и уровня владения освоенными в рамках курса знаниями и практическими навыками.

Итоговую оценку "отлично" получает студент, полностью освоивший программу курса и продемонстрировавший уверенное владение теорией и практическими навыками, приобретенными при изучении дисциплины, при решении задач, выполнении курсового проекта и ответах на вопросы экзаменационного билета.

Оценка "четыре" обозначает, что студент в целом овладел всем материалом курса, однако при решении некоторых из предложенного пакета задач, либо при выполнении курсового проекта, им допущены ошибки не принципиального характера, самостоятельно исправленные им во время защиты курсового проекта или на экзамене по замечаниям экзаменатора.

Оценка "удовлетворительно" ставится студенту, овладевшему теоретическими основами дисциплины, но не приобретшему необходимого практического навыка для уверенного решения задач по всем разделам курса и корректного выполнения курсового проекта.

Оценка "неудовлетворительно" ставится студенту, продемонстрировавшему на экзамене плохие знания теоретических основ курса и допустившему грубые ошибки при выполнении практических заданий (решении задач) и выполнении курсовой работы.

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Павлов В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств : [учебное пособие для вузов по направлению "Радиотехника"] / В. Н. Павлов. - М., 2008. - 287, [1] с. : ил. - Рекомендовано УМО.
2. Наундорф У. Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование / Уве Наундорф ; пер. с нем. М. М. Ташлицкого. - М., 2008. - 471, [1] с. : ил. + 1 CD-ROM.
3. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств / Г. И. Волович. - М., 2007. - 527, [1] с. : ил. - На обл. авт. не указан.
4. Хоровиц П. Искусство схемотехники : Пер. с англ. / П. Хоровиц, У. Хилл. - М., 2003. - 704 с. : ил.

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники. - М., 2001. - 488 с. : ил.
2. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. - М., 1977. - 671 с. : ил.
3. Манаев Е. И. Основы радиоэлектроники / Е. И. Манаев. - М., 1990. - 512 с. : ил.
4. Жеребцов И. П. Основы электроники / И. П. Жеребцов. - Л., 1990. - 352 с. : ил.
5. Цыкин Г. С. Усилители электрических сигналов / Г. С. Цыкин. - М., 1969. - 384 с. : ил., схем.
6. Мигулин И. Н. Усилительные устройства на транзисторах : проектирование / И. Н. Мигулин, М. З. Чаповский. - Киев, 1971. - 322 с. : черт.
7. Войшвилло Г. В. Современная техника усиления сигналов / Г. В. Войшвилло. - М., 1978. - 103 с. : ил., схемы
8. Гальперин М. В. Усилители постоянного тока / М. В. Гальперин, Ю. П. Злобин, В. А. Павленко. - М., 1978. - 246, [1] с. : табл., схемы
9. Титце У. Полупроводниковая схемотехника : [справочное руководство] / У. Титце, К. Шенк ; пер. с нем. под ред. А. Г. Алексенко. - М., 1983. - 512 с.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Алексеев А. Г. Усилительные устройства : сборник задач и упражнений : учебное пособие для электротехн. ин-т связи специальностей 0703, 0708 / А. Г. Алексеев, Г. В. Войшвилло, И. А. Трискало ; под ред. Г. В. Войшвилло. - М., 1986. - 158 с. : ил., схемы

8.2 Программное обеспечение

1. Microsoft, Office XP, Офисный пакет приложений
2. OriginLab Corporation, Origin, пакет программ для численного анализа данных и научной графики

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СПИСОК ТЕМ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Цель курсового проектирования

Закрепить знания, полученные на лекциях; приобрести навыки в составлении, проектировании и расчете радиоэлектронных схем; ознакомиться с современными компонентами радиоэлектроники - транзисторами, диодами, резисторами и конденсаторами.

Требования к оформлению проекта

Проект представляется к защите в рукописном виде, выполненный на стандартных листах писчей бумаги размером 200 x 300 мм². В проект входят: описание разработанного устройства, его полная принципиальная схема, проведенные в процессе выполнения проекта расчеты и рассуждения, список использованной литературы. Расчеты и пояснения должны сопровождаться рисунками, графиками или таблицами, необходимыми для разъяснения проделанной работы.

При выполнении курсового проекта необходимо:

1. Составить принципиальную схему усилителя и произвести ее полный расчет, т.е. рассчитать режимы работы транзисторов и диодов (напряжения, токи, рассеиваемые мощности), выбрать типы и номиналы всех деталей. Обосновать целесообразность выбора схемы.
2. Построить амплитудно-частотную (АЧХ) и фазо-частотную (ФЧХ) характеристики.
3. Усилители с обратной связью проверить на устойчивость.
4. Определить требования к источникам питания: напряжения, потребляемые токи, мощности, допустимые нестабильность и пульсации.

Студенту предоставляется возможность выбрать один из следующих типов усилителей в качестве курсового проекта:

1. Низкочастотные усилители мощности.
 2. Усилители постоянного тока.
- Усилители с точным значением коэффициента усиления.
3. Импульсные усилители.
 4. Широкополосные усилители.
 5. Усилители низкой частоты.
 6. Избирательные усилители низкой частоты.
 7. Избирательные усилители высокой частоты.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СПИСОК ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Структурная схема усилителя. Основные определения.
2. Классификация усилителей по виду частотных характеристик.
3. Диоды, транзисторы и их классификация. Физические основы работы p-n перехода и полупроводниковых структур p-n-p и n-p-n типа.
4. Прямая и обратная ветвь вольт-амперной характеристики p-n перехода. Разновидности диодов и физические основы их классификации.

5. Вольтамперные характеристики биполярных транзисторов.
6. Типы полевых транзисторов и их характеристики.
7. Линейные и нелинейные искажения сигнала в усилителях.
8. Эквивалентная схема транзистора и ее параметры в схеме с общим эмиттером.
9. Эквивалентная схема транзистора и ее параметры в схеме с общей базой.
10. Нестабильность тока I_k в усилителях переменного тока. Схемы обеспечения режима по постоянному току.
11. Каскад по схеме с общим эмиттером: коэффициент усиления.
12. Каскад с общим эмиттером: входное сопротивление.
13. Частотная характеристика усилителя переменного тока с емкостной связью в области нижних частот.
14. Частотная характеристика усилителя на сопротивлениях по схеме с общим эмиттером в области верхних частот.
15. Влияние дифференциального сопротивления коллектора на параметры усилителей с общим эмиттером.
16. Влияние емкости $C_э$ на временные и частотные свойства каскада с общим эмиттером.
17. Влияние сопротивления $R_э$ на входное сопротивление каскада по схеме с общим эмиттером.
18. Усилитель переменного тока по схеме с общей базой: коэффициент усиления.
19. Каскад с общей базой: входное сопротивление.
20. Влияние сопротивления $R_б$ на входное сопротивление каскада с общей базой.
21. Каскад с общей базой: выходное сопротивление, частотные характеристики.
22. Входное сопротивление усилителя по схеме с общим коллектором.
23. Коэффициент усиления каскада по схеме с общим коллектором.
24. Выходное сопротивление усилителя по схеме с общим коллектором.
25. Частотная характеристика каскада с общим коллектором.
26. Схемы и применение эмиттерных повторителей.
27. Энергетические соотношения в одноконтурных выходных каскадах усилителей мощности.
28. Энергетические соотношения в 2-контурных выходных каскадах усилителей мощности.
29. Применение составных транзисторов в усилителях мощности.
30. Схемы бестрансформаторных выходных каскадов усилителей мощности.
31. Основные характеристики усилителей импульсов.
32. Каскад с эмиттерной связью: входное сопротивление.
33. Коэффициент усиления каскада с эмиттерной связью.
34. Каскадные схемы усилителей.
35. Высокочастотная коррекция в широкополосных усилителях.
36. Временные и частотные свойства многокаскадных усилителей.
37. Усилитель с распределенным усилением.
38. Одноконтурные УПТ.
39. Балансные УПТ.
40. Температурный дрейф балансных УПТ.
41. Схемы согласования потенциальных уровней.
42. Виды обратной связи в усилителях.
43. Коэффициент усиления напряжения усилителя с отрицательной обратной связью по напряжению.
44. Входное сопротивление усилителя с обратной связью.
45. Устойчивость усилителей с обратной связью. Основные понятия. Критерии устойчивости
46. Исследование устойчивости усилителей с обратной связью с помощью ЛАХ и ЛФХ.
47. Паразитные обратные связи в усилителях.
48. Структурные схемы избирательных усилителей низкой частоты.

49. Усилители с ТТ-мостом.
50. Усилитель с мостом Вина.
51. Операционные усилители и операционные схемы: общие понятия и определения
52. Идеализированная модель операционного усилителя и операционной схемы. Основные статические и динамические параметры операционного усилителя.
53. Классификация операционных схем по типу обратной связи. Отрицательная ОС в операционных схемах, канонические схемы усиления с ООС их основные параметры и характеристики.
54. Классические операционные схемы с параллельной и последовательной ООС, схемотехника, основные характеристики.
55. Линейная модель операционной схемы и ее параметры. Источники входных погрешностей операционного усилителя и операционной схемы. Шумы операционных схем и их классификация.
56. Статические и динамические параметры операционной схемы. Устойчивость операционных схем при включении петли ООС.
57. Динамические погрешности операционных схем при негармонических воздействиях.
58. Компараторы, основные параметры, статические и динамические характеристики.
59. ЦАП. Классификация, схемотехника, основные параметры. Источники статической и динамической погрешности.
60. АЦП. Классификация, схемотехника, основные параметры. Источники статической и динамической погрешности.
61. Источники питания РЭУ. Схемотехника источников питания с трансформаторной гальванической развязкой в первичной цепи и линейными схемами стабилизации выходного напряжения.
62. Импульсные источники питания. Схемотехника, принципы работы.