МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Схемотехника аналоговых электронных устройств

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **3, 4**
Семестр: **6, 7**
Учебный план набора 2011 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	7 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	51		51	часов
2	Практические занятия	17	18	35	часов
3	Лабораторные работы	17		17	часов
4	Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)		8	8	часов
5	Всего аудиторных занятий	85	26	111	часов
6	Из них в интерактивной форме	17		17	часов
7	Самостоятельная работа	23	46	69	часов
8	Всего (без экзамена)	108	72	180	часов
9	Подготовка и сдача экзамена	36		36	часов
10	Общая трудоемкость	144	72	216	часов
		4.0	2.0	6.0	З.Е

Экзамен: 6 семестр
Курсовая работа (проект): 7 семестр

Согласована на портале № 14602

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 5 от «25» 1 2017 г.

Томск 2017

Согласована на портале № 14602

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 2016-08-11 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Профессор каф. РТС _____ Шарыгина Л. И.

Заведующий обеспечивающей каф. РТС _____ Мелихов С. В.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ _____ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф. РТС _____ Мелихов С. В.

Эксперты:

Доцент Кафедра РЗИ _____ Болтовский Ю. Г.

Профессор Кафедра РТС _____ Шарыгин Г. С.

Согласована на портале № 14602

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Схемотехника аналоговых электронных устройств» является ознакомление студентов с основами схемотехники аналоговых устройств и методами их анализа, а также формирование у студентов знаний и умений, позволяющих осуществлять схемотехническое проектирование радиоэлектронных устройств, обеспечивающих усиление и аналоговую обработку сигналов. Эти знания и умения имеют не только самостоятельное значение, но и являются базой для освоения других инженерных дисциплин.

1.2. Задачи дисциплины

– • Изучение принципов построения, функциональных и принципиальных схем аналоговых электронных устройств.

– • Приобретение навыков анализа, синтеза и математического моделирования аналоговых электронных устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Схемотехника аналоговых электронных устройств» (Б1.Б.17) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Основы теории цепей, Радиотехнические цепи и сигналы, Электроника 2. Электронные приборы.

Последующими дисциплинами являются: .

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-2 способностью разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** • схемы и принципы работы основных аналоговых устройств, в том числе с применением операционных усилителей; схемы стабилизации режима активных элементов; • назначение элементов схем аналоговых устройств и влияние изменения их параметров на основные показатели аналоговых устройств; • принципы построения цепей обратной связи и их влияние на основные показатели и стабильность параметров аналоговых электронных устройств, построенных на базе усилителей, в которых используется обратная связь;

– **уметь** • формировать цепи обратной связи с целью улучшения качественных показателей проектируемых устройств и получения заданных характеристик; • обеспечивать устойчивость работы схем с обратными связями; • осуществлять схемотехническое проектирование усилительных и других аналоговых устройств, в том числе построенных на базе операционных усилителей; выполнять расчеты с выбором параметров и режимов работы разрабатываемых устройств; • применять современную вычислительную технику при анализе и проектировании аналоговых электронных устройств; применять методы анализа усилительных и других аналоговых устройств, основанные на использовании эквивалентных схем; уметь составлять эти схемы на базе принципиальных схем.

– **владеть** навыками анализа и синтеза схем, понимая принцип их работы.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		6 семестр	7 семестр
Аудиторные занятия (всего)	111	85	26
Лекции	51	51	

Согласована на портале № 14602

Практические занятия	35	17	18
Лабораторные работы	17	17	
Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)	8		8
Из них в интерактивной форме	17	17	
Самостоятельная работа (всего)	69	23	46
Выполнение курсового проекта (работы)	46		46
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8	
Проработка лекционного материала	9	9	
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	6	
Всего (без экзамена)	180	108	72
Подготовка и сдача экзамена	36	36	
Общая трудоемкость ч	216	144	72
Зачетные Единицы	6.0	4.0	2.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Курсовая работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр							
1 Введение	2	0	0	0	0	2	ПК-2
2 Показатели и характеристики усилительных устройств.	3	0	2	3	0	8	ПК-2
3 Активные элементы усилительных каскадов (полевые и биполярные транзисторы).	3	4	0	3	0	10	ПК-2
4 Каскады предварительного усиления.	12	6	7	5	0	30	ПК-2
5 Обратные связи и их влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств.	12	7	5	6	0	30	ПК-2
6 Выходные каскады устройств аналоговой обработки сигналов.	4	0	0	0	0	4	ПК-2
7 Усилители постоянного тока.	4	0	0	1	0	5	ПК-2

Согласована на портале № 14602

8 Операционные усилители и их применение.	9	0	3	4	0	16	ПК-2
9 Перспективы развития техники аналоговой обработки сигналов.	2	0	0	1	0	3	ПК-2
Итого за семестр	51	17	17	23	0	108	
7 семестр							
10 Курсовой проект	0	18	0	46	8	64	ПК-2
Итого за семестр	0	18	0	46	8	72	
Итого	51	35	17	69	8	180	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Введение	Определение аналоговых устройств. Принципы их построения, особенности функционирования и области применения. Усилительные устройства и их место в устройствах аналоговой обработки сигналов. Классификация усилительных устройств.Краткий исторический обзор развития аналоговой электронной техники. Тенденции ее развития.	2	ПК-2
	Итого	2	
2 Показатели и характеристики усилительных устройств.	Функциональная схема усилительного устройства, назначение ее элементов.Коэффициент передачи. Коэффициент усиления по напряжению и по мощности. Амплитудно-частотная, амплитудно-фазовая и переходная характеристики. Диаграммы Боде. Частотные и фазовые искажения. Искажения прямоугольных импульсов, вносимые квазилинейным усилителем, их связь с частотными искажениями. Условия неискаженной передачи сигналов. Входные и выходные параметры. Нелинейные искажения и способы их оценки. Амплитудная характеристика, динамический диапазон сигналов и устройств аналоговой обработки сигналов. Коэффициент полезного	3	ПК-2

Согласована на портале № 14602

	действия.Разбиение устройства на каскады. Определение показателей и характеристик многокаскадного устройства по показателям и характеристикам его каскадов. "Суммирование" частотных искажений и искажений переходных характеристик.		
	Итого	3	
3 Активные элементы усилительных каскадов (полевые и биполярные транзисторы).	Схемы включения активных элементов. Эквивалентные схемы активных элементов. Входные и выходные сопротивления и емкости различных схем включения. Классы работы усилительных элементов.Динамические характеристики активных элементов для постоянного и переменного токов, их построение и использование.Цепи питания, обеспечивающие режим работы транзисторов по постоянному току. Значение этих цепей для стабилизации работы устройств аналоговой обработки сигналов. Стабилизация режима работы транзисторов с помощью цепей, сопротивление которых изменяется при изменении температуры; стабилизация режима с помощью отрицательной обратной связи (коллекторная, эмиттерная и коллекторно-эмиттерная схемы стабилизации).Генераторы стабильного тока и стабильного напряжения и их использование для обеспечения стабилизации режима транзисторов.Применение ЭВМ для расчета термостабилизации.	3	ПК-2
	Итого	3	
4 Каскады предварительного усиления.	Требования, предъявляемые к каскадам предварительного усиления, и особенности их анализа, связанные с малым уровнем входного сигнала, при котором справедливы квазилинейные эквивалентные схемы активных элементов.Применение эквивалентных схем для анализа каскадов предварительного усиления. Упрощение эквивалентных схем для расчетов, не связанных с применением ЭВМ.Усилительные каскады с транзисторами, включенными с общим	12	ПК-2

Согласована на портале № 14602

	эмиттером (истоком). Реостатный каскад, его принципиальная и эквивалентная схемы, назначение элементов. Коэффициент усиления, частотные и фазовые характеристики в области верхних частот и переходные характеристики в области малых времен, площадь усиления, импульсная добротность каскада и многокаскадного усилителя.Принципы высокочастотной коррекции (коррекции искажений в области малых времен).Частотные и фазовые искажения в области нижних частот и искажения плоской вершины импульса, возникающие в реостатном каскаде. Низкочастотная коррекция (коррекция искажений плоской вершины импульсов).Применение усилительных элементов, состоящих из нескольких транзисторов (составные транзисторы). Определение параметров и характеристик составных транзисторов по параметрам и характеристикам входящих в них элементов.		
	Итого	12	
5 Обратные связи и их влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств.	Основные понятия, связанные с общей теорией обратных связей. Классификация обратных связей, определение их вида в схеме. Влияние обратных связей на основные показатели и характеристики усилительных и других аналоговых устройств (коэффициент передачи, коэффициент усиления, стабильность параметров, входное и выходное сопротивления, линейные и нелинейные искажения). Устойчивость устройств, охваченных обратной связью, способы обеспечения устойчивости. Паразитные обратные связи. Связь через внутреннее сопротивление источника питания.Примеры схем с обратными связями.Усилительный каскад с транзистором, включенным с общим коллектором (стоком). Показатели и характеристики эмиттерного (истокового) повторителя. Области применения.Регулировка усиления в каскадах предварительного усиления с помощью цепи обратной связи	12	ПК-2

Согласована на портале № 14602

	(сравнение со схемами пассивной регулировки усиления), влияние схем регулировки усиления на основные показатели.		
	Итого	12	
6 Выходные каскады устройств аналоговой обработки сигналов.	Требования, предъявляемые к выходным каскадам, и особенности расчета, обусловленные использованием большого участка динамических характеристик, нелинейность которого необходимо учитывать.Выбор транзисторов для оконечных каскадов. Учет скважности импульсов при большой амплитуде сигнала.	4	ПК-2
	Итого	4	
7 Усилители постоянного тока.	Проблемы построения схем усилителей с непосредственной связью каскадов и их решение.Дифференциальный усилительный каскад. Коэффициент усиления по дифференциальному и синфазному сигналам. Регулировка усиления и применение высокочастотной коррекции дифференциальных каскадов.Переход к несимметричному выходу.	4	ПК-2
	Итого	4	
8 Операционные усилители и их применение.	Свойства идеального операционного усилителя. Использование операционных усилителей для усиления, сложения, вычитания, интегрирования, дифференцирования и логарифмирования сигналов. Компараторы. Активные фильтры и способы формирования частотных характеристик на операционных усилителях.Основные показатели реальных операционных усилителей. Сдвиги нуля выходного напряжения и их компенсация. Обеспечение устойчивости операционных усилителей, охваченных глубокой отрицательной обратной связью. Использование диаграммы Боде для оценки границ устойчивого усиления.Усилители переменного тока на операционных усилителях.	9	ПК-2
	Итого	9	
9 Перспективы развития техники аналоговой обработки сигналов.	Использование новой технологии и новых активных элементов для	2	ПК-2

Согласована на портале № 14602

	освоения СВЧ-диапазона. Расширение динамического диапазона СВЧ-усилителей. Способы построения схем для увеличения отдаваемой в нагрузку мощности. Балансные схемы усиления.Проблемы построения схем усилителей с непосредственной связью каскадов и их решение.Дифференциальный усилительный каскад. Коэффициент усиления по дифференциальному и синфазному сигналам. Регулировка усиления и применение высокочастотной коррекции дифференциальных каскадов.Переход к несимметричному выходу.		
	Итого	2	
Итого за семестр		51	
Итого		51	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины										
1 Основы теории цепей				+		+	+			+
2 Радиотехнические цепи и сигналы				+	+	+	+	+		+
3 Электроника 2. Электронные приборы		+	+							

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

	Виды занятий	Формы контроля

Согласована на портале № 14602

Компетенции	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)	Самостоятельная работа	
ПК-2	+	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Тест, Отчет по курсовой работе

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные лабораторные занятия	Всего
6 семестр		
Поисковый метод	2	2
Мозговой штурм	4	4
Исследовательский метод	6	6
IT-методы	5	5
Итого за семестр:	17	17

Согласована на портале № 14602

7 семестр		
Итого за семестр:	0	0
Итого	17	17

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
2 Показатели и характеристики усилительных устройств.	Исследование усилительного каскада на постоянном токе.	2	ПК-2
	Итого	2	
4 Каскады предварительного усиления.	Исследование усилительного каскада на переменном токе.Исследование схем регулировок усиления (пассивных и активной).	7	ПК-2
	Итого	7	
5 Обратные связи и их влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств.	Исследование каскада на полевом транзисторе.Исследование схем фазоинверсных каскадов.	5	ПК-2
	Итого	5	
8 Операционные усилители и их применение.	Исследование схем на операционных усилителях.	3	ПК-2
	Итого	3	
Итого за семестр		17	
Итого		17	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
3 Активные элементы усилительных каскадов (полевые и биполярные транзисторы).	Режим активных элементов, схемы стабилизации режима, их расчет.Построение и использование динамических характеристик	4	ПК-2
	Итого	4	
4 Каскады предварительного	Входные цепи аналоговых	6	ПК-2

Согласована на портале № 14602

усиления.	электронных устройств, потенциометрические схемы регулировки усиления.Реостатный каскад на полевом и биполярном транзисторах		
	Итого	6	
5 Обратные связи и их влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств.	Определение вида обратных связей.Расчет схем с обратными связями.	7	ПК-2
	Итого	7	
Итого за семестр		17	
7 семестр			
10 Курсовой проект	Составление блок-схем усилителей.Распределение искажений между цепями.Расчет отдельных каскадов.Расчет регулировок.Расчет результирующих характеристик	18	ПК-2
	Итого	18	
Итого за семестр		18	
Итого		35	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
2 Показатели и характеристики усилительных устройств.	Проработка лекционного материала	1	ПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	3		
3 Активные элементы усилительных каскадов (полевые и биполярные транзисторы).	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-2	Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
4 Каскады предварительного усиления.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-2	Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной
	Проработка лекционного	1		

Согласована на портале № 14602

	материала			работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	5		
5 Обратные связи и их влияние на показатели и характеристики аналоговых устройств.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-2	Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	6		
6 Выходные каскады устройств аналоговой обработки сигналов.	Проработка лекционного материала	0	ПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	0		
7 Усилители постоянного тока.	Проработка лекционного материала	1	ПК-2	Опрос на занятиях
	Итого	1		
8 Операционные усилители и их применение.	Проработка лекционного материала	2	ПК-2	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	4		
9 Перспективы развития техники аналоговой обработки сигналов.	Проработка лекционного материала	1	ПК-2	Компонент своевременности
	Итого	1		
Итого за семестр		23		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
7 семестр				
10 Курсовой проект	Выполнение курсового проекта (работы)	46	ПК-2	Защита курсовых проектов (работ)
	Итого	46		
Итого за семестр		46		
Итого		105		

10. Курсовая работа (проект)

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта) представлены таблице 10.1.

Согласована на портале № 14602

Таблица 10. 1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта)

Наименование аудиторных занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр		
Проектирование широкополосного усилителя.Проектирование импульсного усилителя.Проектирование усилителя звуковых частот.	8	ПК-2
Итого за семестр	8	

10.1 Темы курсовых работ

Примерная тематика курсовых работ (проектов):

- 1. Проектирование широкополосного усилителя
- 2. Проектирование импульсного усилителя
- 3. Проектирование усилителя звуковых частот

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Компонент своевременности	6	6	5	17
Контрольная работа		8	8	16
Отчет по лабораторной работе	7	7	7	21
Тест	5	6	5	16
Итого максимум за период	18	27	25	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	18	45	70	100
7 семестр				
Защита курсовых проектов (работ)			50	50
Отчет по курсовой работе	20	30		50
Итого максимум за период	20	30	50	100
Нарастающим итогом	20	50	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Согласована на портале № 14602

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. В.Н. Павлов, В.Н. Ногин «Схемотехника аналоговых электронных устройств», М., Горячая линия – Телеком, 2005, 320 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. А.В. Шарапов «Электронные цепи и микросхемотехника», часть 1 «Аналоговая схемотехника», Томск, 2003, 160 стр. (наличие в библиотеке ТУСУР - 179 экз.)
2. Л.И. Шарыгина «Усилительные устройства», Томск, 1976, 412 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 103 экз.)
3. Г.С. Цыкин "Усилительные устройства", М., Связь, 1971, 367 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 66 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Сборник задач по усилительным устройствам: Учебное пособие / Шарыгина Л. И. - 2012. 116 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/753, дата обращения: 09.02.2017.
2. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Лабораторный практикум / Шарыгина Л. И. - 2012. 63 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/754, дата обращения: 09.02.2017.
3. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебно-методическое пособие / Шарыгина Л. И. - 2012. 87 с. Содержит рекомендации по выполнению курсового проекта [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/755, дата обращения: 09.02.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся

Согласована на портале № 14602

из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Пакет прикладных программ Electronics Workbench

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 4 этаж, ауд. 432. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -14 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

ля проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 4 этаж, ауд. 423. Состав оборудования: Учебная мебель; Экран с электроприводом DRAPER BARONET – 1 шт.; Мультимедийный проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Pentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Samsung 18.5" S19C200N– 18 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft SQL-Server 2005; Matlab v6.5

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 4 этаж, ауд. 406. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

Согласована на портале № 14602

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

Согласована на портале № 14602

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 14602

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Схемотехника аналоговых электронных устройств

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **3, 4**
Семестр: **6, 7**

Учебный план набора 2011 года

Разработчики:

- Профессор каф. РТС Шарыгина Л. И.

Экзамен: 6 семестр
Курсовая работа (проект): 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 14602

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-2	способностью разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	Должен знать • схемы и принципы работы основных аналоговых устройств, в том числе с применением операционных усилителей; схемы стабилизации режима активных элементов; • назначение элементов схем аналоговых устройств и влияние изменения их параметров на основные показатели аналоговых устройств; • принципы построения цепей обратной связи и их влияние на основные показатели и стабильность параметров аналоговых электронных устройств, построенных на базе усилителей, в которых используется обратная связь; ; Должен уметь • формировать цепи обратной связи с целью улучшения качественных показателей проектируемых устройств и получения заданных характеристик; • обеспечивать устойчивость работы схем с обратными связями; • осуществлять схемотехническое проектирование усилительных и других аналоговых устройств, в том числе построенных на базе операционных усилителей; выполнять расчеты с выбором параметров и режимов работы разрабатываемых устройств; • применять современную вычислительную технику при анализе и проектировании аналоговых электронных устройств; применять методы анализа усилительных и других аналоговых устройств, основанные на использовании эквивалентных схем; уметь составлять эти схемы на базе принципиальных схем.; Должен владеть навыками анализа и синтеза схем, понимая принцип их работы.;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Согласована на портале № 14602

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	• схемы и принципы работы основных аналоговых устройств, в том числе с применением операционных усилителей; схемы стабилизации режима активных элементов; • назначение элементов схем аналоговых устройств и влияние изменения их параметров на основные показатели аналоговых устройств; • принципы построения цепей обратной связи и их влияние на основные показатели и стабильность	• формировать цепи обратной связи с целью улучшения качественных показателей проектируемых устройств и получения заданных характеристик; • обеспечивать устойчивость работы схем с обратными связями; • осуществлять схемотехническое проектирование усилительных и других аналоговых устройств, в том числе построенных на базе операционных усилителей; выполнять расчеты с выбором параметров и режимов работы разрабатываемых	навыками анализа и синтеза схем, понимая принцип их работы.

Согласована на портале № 14602

	параметров аналоговых электронных устройств, построенных на базе усилителей, в которых используется обратная связь;	устройств; • применять современную вычислительную технику при анализе и проектировании аналоговых электронных устройств$ применять методы анализа усилительных и других аналоговых устройств, основанные на использовании эквивалентных схем; уметь составлять эти схемы на базе принципиальных схем;	
Виды занятий	• Интерактивные лабораторные занятия; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа);	• Интерактивные лабораторные занятия; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа);	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа; • Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа);
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Опрос на занятиях; • Тест; • Отчет по курсовой работе; • Экзамен; • Курсовая работа (проект);	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Опрос на занятиях; • Защита курсовых проектов (работ); • Тест; • Отчет по курсовой работе; • Экзамен; • Курсовая работа (проект);	• Отчет по лабораторной работе; • Домашнее задание; • Защита курсовых проектов (работ); • Отчет по курсовой работе; • Экзамен; • Курсовая работа (проект);

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• • схемы и принципы работы основных аналоговых устройств, в том числе с	• • формировать цепи обратной связи с целью улучшения качественных	• навыками анализа и синтеза схем, понимая принцип их работы;

Согласована на портале № 14602

	применением операционных усилителей; схемы стабилизации режима активных элементов; • назначение элементов схем аналоговых устройств и влияние изменения их параметров на основные показатели аналоговых устройств; • принципы построения цепей обратной связи и их влияние на основные показатели и стабильность параметров аналоговых электронных устройств, построенных на базе усилителей, в которых используется обратная связь; ;	показателей проектируемых устройств и получения заданных характеристик; • обеспечивать устойчивость работы схем с обратными связями; • осуществлять схемотехническое проектирование усилительных и других аналоговых устройств, в том числе построенных на базе операционных усилителей; выполнять расчеты с выбором параметров и режимов работы разрабатываемых устройств; • применять современную вычислительную технику при анализе и проектировании аналоговых электронных устройств. ;	
Хорошо (базовый уровень)	• • схемы и принципы работы основных аналоговых устройств, в том числе с применением операционных усилителей; схемы стабилизации режима активных элементов; • назначение элементов схем аналоговых устройств и влияние изменения их параметров на основные показатели аналоговых устройств; ;	• • осуществлять схемотехническое проектирование усилительных и других аналоговых устройств, в том числе построенных на базе операционных усилителей; выполнять расчеты с выбором параметров и режимов работы разрабатываемых устройств; • применять современную вычислительную технику при анализе и проектировании аналоговых электронных устройств. ;	• навыками анализа и синтеза схем, понимая принцип их работы;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• • схемы и принципы работы основных аналоговых устройств,	• • осуществлять схемотехническое проектирование	• навыками анализа и синтеза схем, понимая принцип их работы;

Согласована на портале № 14602

	в том числе с применением операционных усилителей; схемы стабилизации режима активных элементов;	усилительных и других аналоговых устройств, в том числе построенных на базе операционных усилителей; выполнять расчеты с выбором параметров и режимов работы разрабатываемых устройств;	

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Тестовые задания

– Тест 1. Качественные показатели аналоговых устройств Тест 2. Реостатный каскад Тест 3. Обратные связи Тест 4. Усилители постоянного тока Тест 5. Заключительный

3.2 Темы домашних заданий

– 1. Перечислить и дать краткую характеристику качественных показателей, использующихся для описания аналоговых устройств обработки гармонических сигналов. 2. Перечислить и дать краткую характеристику качественных показателей, использующихся для описания устройств обработки импульсных сигналов. 3. Классификация усилительных устройств. Принципы и признаки классификации. 4.Что называется динамическим диапазоном? Каковы способы его оценки? 5. Связь коэффициента передачи и переходной характеристики устройства линейной обработки сигналов. Каким образом используется эта связь для анализа и расчета устройств аналоговой обработки сигналов? Привести примеры. 6. Перечислить этапы определения переходной характеристики устройства аналоговой обработки сигналов, принципиальная схема которого известна. Проиллюстрировать примером. 7. Переходная характеристика многокаскадного усилительного устройства. Определение результирующих локальных параметров. 8. Меры оценки линейных и нелинейных искажений в устройствах аналоговой обработки гармонических сигналов. 9. Меры оценки линейных и нелинейных искажений в устройствах аналоговой обработки импульсных сигналов. 10. Схемы включения активных элементов, их сравнительная характеристика. 11. Эквивалентные схемы активных элементов. Параметры эквивалентных схем, их зависимость от режима и температуры. Определение параметров эквивалентных схем по справочным данным. 12. Входная емкость и входное сопротивление реостатного каскада на полевом (биполярном транзисторе). Как объяснить, что вклад входной и проходной емкостей во входную динамическую емкость различен? 13. Сравните входные сопротивления и емкости реостатных каскадов на полевом и биполярном транзисторах. 14. Сравните работу реостатного каскада на полевом и биполярном транзисторах средних и верхних частотах. 15. Схемы регулировки усиления, их сравнение, ограничения сверху и снизу на выбор регулировочного сопротивления. 16. Ступенчатая регулировка усиления. Компенсация искажений, создаваемых цепью, стоящей после регулятора. 17. Причины температурной нестабильности коллекторного тока. Оценка величины этой нестабильности. 18. Принцип работы эмиттерной термостабилизации. Ограничения сверху и снизу на выбор сопротивления в цепи эмиттера и сопротивлений делителя в цепи базы. 19. Принцип работы коллекторной стабилизации. Сравнить работу коллекторной и эмиттерной стабилизации при одинаковых значениях стабилизирующих сопротивлений. 20. Особенности стабилизации режима фиксированным током базы. 21. Схемы коллекторной стабилизации без ОС на переменном токе. Выбор элементов этих схем и их влияние на качественные показатели усилительных устройств. 22 .Выбор сопротивления в цепи истока полевого транзистора из соображений обеспечения положения рабочей точки и ее стабилизации. 23. Построение и использование динамических характеристик активных элементов. Выходные,

Согласована на портале № 14602

входные, проходные и сквозные динамические характеристики. 24. Схема однокаскадного усилителя на сопротивлениях на биполярном (полевом) транзисторе. Назначение элементов схемы. Ограничения сверху и снизу на их выбор. 25. Какие соображения и как учитываются при выборе сопротивления в цепи коллектора выходного реостатного каскада при расчете усилителя гармонических (импульсных) сигналов. 26. Эпюрами напряжения и на частотных характеристиках пояснить процесс появления искажений за счет емкости разделительных конденсаторов. 27. Сравнить работу разделительных конденсаторов в усилителях на биполярных и полевых транзисторах. 28. Эквивалентные схемы реостатного каскада на биполярном (полевом) транзисторе - полная, отдельно для верхних, средних и нижних частот. Анализ работы реостатного каскада на средних, верхних (в области малых времен) и нижних частот (в области больших времен). 29. Выбор сопротивления в цепи коллектора (стока) реостатного каскада. Какие показатели и каким образом определяют выбор этого сопротивления? 30. Коэффициент усиления реостатного каскада при работе на внешнюю нагрузку и на входное сопротивление транзисторного каскада. Как изменяется коэффициент усиления при изменении сопротивления нагрузки? 31. Перечислить возможные назначения фильтра в коллекторной (истоковой) цепи транзистора. Пояснить принцип работы в каждом случае. Сравнить выбор и включение емкости фильтра при различных его назначениях. 32. Пояснить эпюрами напряжения и на частотных характеристиках принцип работы корректирующего фильтра. Сравнить работу на высокоомную и низкоомную нагрузки. 33. Физические основы работы схем высокочастотной коррекции (коррекции искажений в области малых времен). Минимальное время нарастания. Пути его достижения. 34.Составные транзисторы. Определение параметров составных транзисторов. Примеры схем. 35. Классификация обратных связей. Примеры схем. Определение вида обратной связи в схеме. 36. Коэффициент передачи усилителя, охваченного обратной связью, при различных способах снятия и введения напряжения обратной связи. 37. Влияние обратной связи на частотную и фазовую характеристики устройства аналоговой обработки сигналов. Использование этого влияния для ВЧ коррекции усилительных устройств (коррекции в области малых времен). 38. Влияние обратной связи на нелинейные искажения и шумы, возникающие внутри петли обратной связи. 39. Влияние обратных связей на входные и выходные сопротивления устройств аналоговой обработки сигналов. 40. Причины самовозбуждения устройств, охваченных отрицательной обратной связью, запас устойчивости, меры ее обеспечения. 41. Причины самовозбуждения устройств, охваченных отрицательной обратной связью, запас устойчивости. Способы снижения опасности самовозбуждения (на примере операционного усилителя). 42. Обратная связь через внутреннее сопротивление источника питания и способы уменьшения ее влияния. 43.Сравнить реостатный каскад и эмиттерный повторитель на средних и верхних частотах. 44. Из каких соображений выбирается сопротивление в цепи эмиттера эмиттерного повторителя? Что ограничивает его значение сверху и снизу? 45. Частотные искажения, переходная характеристика и искажения плоской вершины импульсов за счет емкости, шунтирующей стабилизирующее сопротивление в цепи эмиттера. Как изменяются эти искажения при введении в схему эмиттерной высокочастотной коррекции и почему? 46. Пояснить эпюрами напряжения и на частотных характеристиках возникновение искажений за счет цепи эмиттерной термостабилизации с шунтирующей емкостью. 47. Принцип работы эмиттерной коррекции (в плане частотных и в плане переходных характеристик).Ограничения на выбор глубины обратной связи, связанные с необходимостью получения усиления и с запасом по импульсу тока. 48. Коэффициент усиления каскада с эмиттерной коррекцией. Сравнение коэффициентов усиления и динамических диапазонов реостатного каскада и каскада с эмиттерной коррекцией при одинаковом выходном напряжении. 49. Примеры схем с обратными связями. Фазоинверсный каскад с разделенной нагрузкой. Фазоинверсный каскад с эмиттерной связью. Особенности работы фазоинверсного каскада с эмиттерной связью в усилителях постоянного тока. 50. Проблемы построения схем УПТ прямого усиления. 51. Дрейф нуля УПТ прямого усиления и снижение его в параллельной балансной схеме. 52. Регулировка усиления и ВЧ коррекция УПТ при построении его на базе параллельных балансных схем. 53. УПТ с преобразованием. Принцип работы, источники погрешности. 54. Принцип работы токового зеркала и его применение в УПТ. 55. Свойства идеального операционного усилителя. Сложение, вычитание, усиление, интегрирование и дифференцирование сигналов с помощью операционных усилителей. Управление формой частотной характеристики.

Согласована на портале № 14602

56. Свойства реального (неидеального) операционного усилителя и их учет при проектировании устройств на ИМС. 57. Диаграммы Боде, их особенности при однополюсных и многополюсных коэффициентах передачи. Использование диаграмм Боде при оценке устойчивости операционных усилителей. 58. Требования, предъявляемые к усилителям мощности, их учет при построении схем. Режимы работы усилительных элементов в усилителях мощности. 59. Свойства двухтактных каскадов. Построение и использование характеристик разностного тока. 60. Бестрансформаторные усилители мощности, схемы перехода от несимметричного источника сигнала к двухтактному выходу.

3.3 Темы опросов на занятиях

– Функциональная схема усилительного устройства, назначение ее элементов. Коэффициент передачи. Коэффициент усиления по напряжению и по мощности. Амплитудно-частотная, амплитудно-фазовая и переходная характеристики. Диаграммы Боде. Частотные и фазовые искажения. Искажения прямоугольных импульсов, вносимые квазилинейным усилителем, их связь с частотными искажениями. Условия неискаженной передачи сигналов. Входные и выходные параметры. Нелинейные искажения и способы их оценки. Амплитудная характеристика, динамический диапазон сигналов и устройств аналоговой обработки сигналов. Коэффициент полезного действия. Разбиение устройства на каскады. Определение показателей и характеристик многокаскадного устройства по показателям и характеристикам его каскадов. "Суммирование" частотных искажений и искажений переходных характеристик.

– Схемы включения активных элементов. Эквивалентные схемы активных элементов. Входные и выходные сопротивления и емкости различных схем включения. Классы работы усилительных элементов. Динамические характеристики активных элементов для постоянного и переменного токов, их построение и использование. Цепи питания, обеспечивающие режим работы транзисторов по постоянному току. Значение этих цепей для стабилизации работы устройств аналоговой обработки сигналов. Стабилизация режима работы транзисторов с помощью цепей, сопротивление которых изменяется при изменении температуры; стабилизация режима с помощью отрицательной обратной связи (коллекторная, эмиттерная и коллекторно-эмиттерная схемы стабилизации). Генераторы стабильного тока и стабильного напряжения и их использование для обеспечения стабилизации режима транзисторов. Применение ЭВМ для расчета термостабилизации.

– Требования, предъявляемые к выходным каскадам, и особенности расчета, обусловленные использованием большого участка динамических характеристик, нелинейность которого необходимо учитывать. Выбор транзисторов для оконечных каскадов. Учет скважности импульсов при большой амплитуде сигнала.

– Проблемы построения схем усилителей с непосредственной связью каскадов и их решение. Дифференциальный усилительный каскад. Коэффициент усиления по дифференциальному и синфазному сигналам. Регулировка усиления и применение высокочастотной коррекции дифференциальных каскадов. Переход к несимметричному выходу.

3.4 Экзаменационные вопросы

– 1.Сравните работу реостатного каскада на полевом и биполярном транзисторах верхних и средних частотах. 2.Требования, предъявляемые к усилителям мощности, их учет при построении схем. Режимы работы усилительных элементов в усилителях мощности. 1.Диаграммы Боде, их особенности при однополюсных и многополюсных коэффициентах передачи. Использование диаграмм Боде при оценке устойчивости операционных усилителей. 2. Какие соображения и как учитываются при выборе сопротивления в цепи коллектора выходного реостатного каскада при расчете усилителя гармонических сигналов? 1.Какие соображения и как учитываются при выборе сопротивления в цепи коллектора реостатного каскада при расчете усилителя импульсных сигналов ? 2. УПТ с преобразованием. Принцип работы, источники погрешности. 1.Назначение разделительных конденсаторов реостатного каскада и выбор их емкости. Ограничения сверху и снизу на выбор емкости разделительных конденсаторов. 2.Регулировка усиления и ВЧ коррекция УПТ при построении его на базе параллельных балансных схем. 1. Влияние обратной связи на коэффициент передачи при различных видах обратной связи. 2.Поясните эпюрами напряжений и на частотных характеристиках принцип

Согласована на портале № 14602

работы корректирующего фильтра. Сравните работу на высокоомную и низкоомную нагрузки. 1.Принципиальная и эквивалентная схемы реостатного каскада на полевом транзисторе, назначение элементов схемы, ограничения сверху и снизу на выбор сопротивления в цепи стока. 2.Схемы коллекторной стабилизации без ОС на переменном токе. Выбор элементов этих схем и их влияние на качественные показатели усилительных устройств. 1.Связь коэффициента передачи и переходной характеристики устройства линейной обработки сигналов. Каким образом используется эта связь для анализа и расчета устройств аналоговой обработки сигналов? Приведите примеры. 2.Особенности стабилизации режима фиксированным током базы. 1.Входная емкость и входное сопротивление реостатного каскада на биполярном транзисторе. Как объяснить, что вклад входной и проходной емкостей во входную динамическую емкость различен? 2.Принцип работы эмиттерной термостабилизации. Каковы ограничения сверху и снизу на выбор сопротивления в цепи эмиттера и сопротивлений делителя в цепи базы? 1.Схемы регулировки усиления, их сравнение, ограничения сверху и снизу на выбор регулировочного сопротивления. 2.Эпюрами напряжений и на частотных характеристиках поясните процесс появления искажений за счет емкости разделительных конденсаторов. 1.Перечислите этапы определения переходной характеристики устройства аналоговой обработки сигналов, принципиальная схема которого известна. Проиллюстрируйте примером. 2.Принцип работы коллекторной стабилизации. Сравните работу коллекторной и эмиттерной стабилизации при одинаковых значениях стабилизирующих сопротивлений. 1. Причины самовозбуждения устройств, охваченных отрицательной обратной связью, запас устойчивости. Способы снижения опасности самовозбуждения (на примере операционного усилителя). 2. Проиллюстрируйте эпюрами напряжения процесс создания подъема плоской вершины прямоугольного импульса корректирующим фильтром в коллекторной цепи. 1. Обратная связь через внутреннее сопротивление источника питания и способы уменьшения ее влияния. 2. Свойства двухтактных каскадов. Приведите примеры схем двухтактных каскадов. 1.Полная эквивалентная схема реостатного каскада на биполярном транзисторе. Эквивалентные схемы для средних и нижних частот. Анализ работы реостатного каскада на нижних частотах. 2. Фазоинверсный каскад с эмиттерной связью в качестве примера схемы с обратной связью. Особенности работы фазоинверсного каскада с эмиттерной связью в усилителях постоянного тока. 1. Влияние обратных связей на входные и выходные сопротивления устройств аналоговой обработки сигналов. 2. Изобразите принципиальную электрическую схему резисторного каскада на биполярном транзисторе. Покажите пути протекания постоянной и переменной составляющих тока коллектора транзистора. Поясните назначение элементов схемы 1.Полная эквивалентная схема реостатного каскада на биполярном транзисторе. Эквивалентные схемы для верхних и средних частот. Анализ работы реостатного каскада на средних частотах. 2. Инвертирующее и неинвертирующее включения операционного усилителя. 1.Ступенчатая регулировка усиления. Компенсация искажений, создаваемых цепью, стоящей после регулятора. 2. Поясните эпюрами напряжения и на частотных характеристиках возникновение искажений за счет цепи эмиттерной термостабилизации с шунтирующей емкостью. 1. Причины самовозбуждения устройств, охваченных отрицательной обратной связью, запас устойчивости. Способы снижения опасности самовозбуждения. 2. Перечислите возможные назначения фильтра в коллекторной (стоковой) цепи транзистора. Поясните принцип работы в каждом случае. Сравните выбор и включение емкости фильтра при различных его назначениях. 1. Коэффициент усиления каскада с эмиттерной коррекцией. Сравните коэффициенты усиления и динамические диапазоны реостатного каскада и каскада с эмиттерной коррекцией при одинаковом выходном напряжении. 2. Из каких соображений выбирается емкость, шунтирующая Rэ для термостабилизации? Что ограничивает ее значение сверху и снизу? 1. Причины самовозбуждения усилителя, охваченного отрицательной обратной связью. Критерий Найквиста. Способы повышения учтойчивости. 2. Сравните влияние отрицательной обратной связи по току и по напряжению на полосу пропускания каскада. 1. Какие соображения и как учитываются при выборе сопротивления в цепи коллектора реостатного каскада при расчете усилителя гармонических (импульсных) сигналов? 2. Изобразите схему фазоинверсного каскада с разделенной нагрузкой и поясните принцип его работы 1. Каковы ограничения на выбор сопротивления обратной связи операционного усилителя? 2. Изобразите схему фазоинверсного каскада с эмиттерной связью и поясните принцип его работы. 1. Каковы проблемы построения схем УПТ прямого усиления и пути их решения? 2. Сравните работу схем

Согласована на портале № 14602

эмиттерной и коллекторной стабилизации при одинаковых значениях стабилизирующих сопротивлений.

3.5 Темы контрольных работ

– • схемы и принципы работы основных аналоговых устройств, в том числе с применением операционных усилителей; схемы стабилизации режима активных элементов; • назначение элементов схем аналоговых устройств и влияние изменения их параметров на основные показатели аналоговых устройств; • принципы построения цепей обратной связи и их влияние на основные показатели и стабильность параметров аналоговых электронных устройств, построенных на базе усилителей, в которых используется обратная связь;

3.6 Темы лабораторных работ

– Исследование усилительного каскада на постоянном токе.

– Исследование усилительного каскада на переменном токе. Исследование схем регулировок усиления (пассивных и активной).

– Исследование каскада на полевом транзисторе. Исследование схем фазоинверсных каскадов.

– Исследование схем на операционных усилителях.

3.7 Темы курсовых проектов (работ)

– Проектирование широкополосного усилителя Проектирование импульсного усилителя Проектирование усилителя звуковых частот

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. В.Н. Павлов, В.Н. Ногин «Схемотехника аналоговых электронных устройств», М., Горячая линия – Телеком, 2005, 320 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 53 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. А.В. Шарапов «Электронные цепи и микросхемотехника», часть 1 «Аналоговая схемотехника», Томск, 2003, 160 стр. (наличие в библиотеке ТУСУР - 179 экз.)
2. Л.И. Шарыгина «Усилительные устройства», Томск, 1976, 412 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 103 экз.)
3. Г.С. Цыкин "Усилительные устройства", М., Связь, 1971, 367 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 66 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Сборник задач по усилительным устройствам: Учебное пособие / Шарыгина Л. И. - 2012. 116 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/753, свободный.
2. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Лабораторный практикум / Шарыгина Л. И. - 2012. 63 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/754, свободный.
3. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебно-методическое пособие / Шарыгина Л. И. - 2012. 87 с. Содержит рекомендации по выполнению курсового проекта [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/755, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Пакет прикладных программ Electronics Workbench

Согласована на портале № 14602