

**ГОУ ВПО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ)
УНИВЕРСИТЕТ**

Составлен в соответствии с
государственными требованиями к
минимуму содержания и уровню
подготовки выпускников по
направлению **11.03.03**
Конструирование и технология
электронных средств и Положением
«Об УМКД РАУ».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИФИ Саркисян А.А.



21.07.2023г.

Институт: Инженерно-физический

Кафедра: Микроэлектронные схемы и системы

Автор: К.т.н., Саакян Артур Степанович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Б1.В.11 «Проектирование аналоговых интегральных схем»

Направление: 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»

ЕРЕВАН

Структура и содержание УМКД

1. Аннотация

1.1. Выписка из ФГОС ВО РФ по минимальным требованиям к дисциплине

В результате изучения данной дисциплины студент должен:

- **знать:** основы проектирование аналоговых интегральных схем;
- **уметь:** анализировать, моделировать и синтезировать аналоговые схемы;
- **владеть:** навыками автоматизированного проектирования аналоговых схем.

1.2. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Курс «Проектирование аналоговых интегральных схем» тесно взаимосвязан с такими дисциплинами специальности «Конструирование и технология электронных средств», как «Электротехника и электроника», «Физические основы микроэлектроника», «Схемо- и системотехника электронных средств», «Полупроводниковые приборы», «Введение в проектирование интегральных схем».

1.3. Предварительное условие для прохождения (дисциплина(ы), изучение которых является необходимой базой для освоения данной дисциплины)

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплины «Электротехника и электроника», «Схемо- и системотехника электронных средств», «Физические основы микроэлектроника».

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: микропроцессорные системы; проектирование радиочастотных схем; тестирование интегральных схем.

2. Содержание

2.1. Цели и задачи дисциплины

Изучение принципов проектирования, анализа и моделирования аналоговых электронных средств, ознакомление с принципами аналоговой микросхемотехники, методов улучшения их параметров, исследования их структур и их проектирования.

2.2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (какие компетенции (знания, умения и навыки) должны быть сформированы у студента после прохождения данной дисциплины)

В результате освоения данной дисциплины у студента должны быть сформированы следующие компетенции:

универсальные компетенции (УК):

- способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (УК-2)

общефессиональные компетенции (ОПК):

- способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных (ОПК-2)
- способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности (ОПК-3)

2.3. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и кредитах)

2.3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	180/5кред
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	
1.1.1. Лекции	68
1.1.2. Лабораторные занятия	18
1.2. Самостоятельная работа, в т.ч.:	58
Итоговый контроль <u>Экзамен</u>	36

2.3.2. Распределение объема дисциплины по темам и видам учебной работы

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Лаб. (ак. часов)
1	2	3	4
Модуль 1.			
Раздел 1. Введение	12	12	
Тема 1.1. Цифровые и аналоговые устройства, сигналы, их свойства и параметры	2	2	
Тема 1.2. Классификация помех и шумов	4	4	
Тема 1.3. Инструменты исследования аналоговых элементов и узлов	4	4	
Тема 1.4. Аналоговые эталоны	2	2	
Раздел 2. Простейшие двухкомпонентные аналоговые схемы	14	10	4
Тема 2.1 Делитель напряжения	6	4	2
Тема 2.2. RC цепочки, временное представление	6	4	2
Тема 2.3. Взаимодействие пары «Резистор-Диод»	2	2	
Раздел 3. Транзисторные усилители сигналов	14	10	4
Тема 3.1. Отличие принципов действия ВJT и MOS транзисторов, их вольт-амперных характеристик	4	4	
Тема 3.2. Взаимодействие пары «Транзистор-резистор»	4	2	2
Тема 3.3. Сравнительная оценка основных параметров ВJT и MOS транзисторных усилителей	2	2	
Тема 3.4. Диодное включение MOS транзистора	4	2	2
Раздел 4. Дифференциальный усилитель	12	10	2

Тема 4.1. Два основополагающих принципа аналоговой микросхемотехники	2	2	
Тема 4.2. Базовая схема и принцип действия дифференциального усилителя	4	4	
Тема 4.3. Генератор стабильного тока	4	2	2
Тема 4.4. Увеличение усиления дифференциального усилителя	2	2	
Раздел 5. Операционный усилитель	12	10	2
Тема 5.1. Три структуры операционного усилителя	4	4	
Тема 5.2. Схема смещения напряжения операционного усилителя	4	2	2
Тема 5.3. Стабильность операционного усилителя, условия самовозбуждения	4	4	
Раздел 6. Применение операционного усилителя	22	16	6
Тема 6.1. Точка «виртуального нуля»	4	4	
Тема 6.2. Инвертирующий и не инвертирующие сумматоры и вычитатель на операционном усилителе	4	2	2
Тема 6.3. Схемы источников стабильного тока и стабилизатора напряжения на операционном усилителе	4	2	2
Тема 6.4. Активный интегратор и дифференциатор на операционном усилителе	4	4	
Тема 6.5. Компараторы на операционном усилителе	3	2	1
Тема 6.6. Генераторы сигналов на операционном усилителе	3	2	1
ИТОГО	86	68	18

2.3.3 Содержание разделов и тем дисциплины

Основные разделы:

- обзор работы транзистора;
- однокаскадные усилители;
- дифференциальный усилитель;
- зеркало тока;
- характеристики и типы помех;
- обратная связь;
- операционные усилители;
- источники опорного напряжения;
- генераторы;
- система фазовой автоподстройки частоты;
- конвертеры данных.

Модуль 1.

Раздел 1. Введение

Тема 1.1. Цифровые и аналоговые устройства, сигналы, их требования, свойства и параметры; выбор точности, помехоустойчивость.

Тема 1.2. Классификация помех и шумов.

Пути воздействия на аналоговые узлы, способы защиты от помех, собственные шумы.

Тема 1.3. Инструменты исследования аналоговых элементов и узлов.

Особенности DC, Transient, AC анализаторов, применяемые характеристики и параметры.

Тема 1.4. Аналоговые эталоны.

Источники напряжения и тока, внутреннее сопротивление; выполнение стабильных источников напряжения и тока в интегральных микросхемах; входное и выходное сопротивления четырехполюсника.

Раздел 2. Простейшие двухкомпонентные аналоговые схемы

Тема 2.1. Делитель напряжения.

Применение простых законов электротехники.

Тема 2.2. RC цепочки, временное представление.

Интегрирующая и дифференцирующая цепочки, частотное представление (фильтры, их типы, характеристики, двойной логарифмический масштаб).

Тема 2.3. Взаимодействие пары «Резистор-Диод».

Выпрямитель и ограничитель большого переменного сигнала, параметрический стабилизатор постоянного напряжения.

Раздел 3. Транзисторные усилители сигналов

Тема 3.1. Отличие принципов действия BJT и MOS транзисторов, их вольт-амперных характеристик.

Влияние эффектов «bulk» и «модуляции канала» MOS транзистора на его ВАХ.

Тема 3.2. Взаимодействие пары «Транзистор-резистор».

Нагрузочная прямая, режимы работы BJT и MOS транзисторов на ВАХ, отличия названий, области аналоговых и цифровых функций.

Тема 3.3. Сравнительная оценка основных параметров BJT и MOS транзисторных усилителей.

Входные и выходные сопротивления, усиление тока и напряжения, передаточные характеристики, быстродействие и Эффект Миллера; каскодный усилитель.

Тема 3.4. Диодное включение MOS транзистора.

Варианты усилительного каскада с различными нагрузочными элементами.

Раздел 4. Дифференциальный усилитель

Тема 4.1. Два основополагающих принципа аналоговой микросхемотехники.

Подача дифференциальных и синфазных сигналов на входы дифференциального усилителя.

Тема 4.2. Базовая схема и принцип действия дифференциального усилителя.

Передаточные характеристики, эквивалентные схемы, основные параметры, балансировка.

Тема 4.3. Генератор стабильного тока.

Термостабильность, зеркало тока, схемные решения.

Тема 4.4. Увеличение усиления дифференциального усилителя.

Варианты с динамической нагрузкой: схемы, особенности; основной недостаток дифференциального усилителя.

Раздел 5. Операционный усилитель

Тема 5.1. Три структуры операционного усилителя.

Основные параметры идеального и реального операционного усилителя, классификация интегральных микросхем операционных усилителей.

Тема 5.2. Схема смещения напряжения операционного усилителя.

Выходные каскады операционных усилителей на BJT и MOS транзисторах, защита выхода от короткого замыкания.

Тема 5.3. Стабильность операционного усилителя, условия самовозбуждения.

Анализ стабильности на амплитудно-частотной и фазочастотной характеристиках; полная внутренняя коррекция операционного усилителя.

Раздел 6. Применение операционного усилителя

Тема 6.1. Точка «виртуального нуля».

Инвертирующий и не инвертирующий усилители, повторители на операционном усилителе.

Тема 6.2. Инвертирующий и не инвертирующие сумматоры и вычитатель на операционном усилителе.

Тема 6.3. Схемы источников стабильного тока и стабилизатора напряжения на операционном усилителе.

Тема 6.4. Активный интегратор и дифференциатор на операционном усилителе.

Временное и частотное представление, схемы фильтрующих усилителей на операционном усилителе.

Тема 6.5. Компараторы на операционном усилителе.

Схемы и передаточные характеристики. Особенности интегральных схем компараторов.

Тема 6.6. Генераторы сигналов на операционном усилителе.

2.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория обеспечена персональными компьютерами с установленным на них необходимым пакетом программных инструментов компании Synopsys. Необходимая учебно-методическая литература доступна в библиотеке учебного департамента.

2.5. Распределение весов по модулям и формам контроля

	Вес формы текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля			Вес формы промежуточного контроля и результирующей оценки текущего контроля в итоговой оценке промежуточного контроля			Вес итоговых оценок промежуточных контролей в результирующей оценке промежуточного контроля	Вес оценки результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
	М1	М2	М3	М1	М2	М3		
Вид учебной работы/контроля								
Контрольная работа			1			1		
Лабораторные работы								
Устный опрос								
Вес результирующей оценки текущего контроля в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 3-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей т.д.							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Экзамен (оценка итогового контроля)								0.5
			$\Sigma = 1$			$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

3. Теоретический блок

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебники

1. T. Carusone, Analog Integrated Circuit Design, 2012
2. P. Wambasq, W. Sansen, Distortion Analysis of Analog Integrated Circuits, 2011
3. R. Baker, CMOS Circuit Design, Layout and Simulation, 2010
4. R. Gray, J. Hurst, H. Lewis, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 2009
5. F. Witte, K. Makinwa and H. Huijsing, Dynamic Offset Compensated CMOS Amplifiers (Analog Circuits and Signal Processing), 2009
6. B. Razavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, 2003
7. P. Horowitz, W. Hill, The Art of Electronics, 1999

4. Практический блок

4.1. Планы лабораторных работ

1. Исследование MOS транзисторов, их вольт-амперных характеристик.
2. Исследование однокаскадного усилителя с общим истоком.
3. Исследование истокового повторителя.
4. Исследование однокаскадного усилителя с общим затвором.
5. Исследование каскодного повторителя.
6. Исследование зеркала тока.

Во время лабораторных занятий используются следующие программные инструментальные средства: Custom Designer, Wave View, HSPICE, HSPICE RF, StarRC, Hercules, PrimeTime SI, Milkyway, VCS MX.

5. Материалы по оценке и контролю знаний

5.1 Перечень экзаменационных вопросов

1. Пассивные RC-цепочки, фильтры на них, амплитудно-частотные характеристики.
2. Схемы выпрямителя и ограничителя на диодах.

3. Источники напряжения и тока, внутреннее сопротивление. Входное и выходное сопротивление четырехполюсника.
4. Режимы работы биполярного и MOS-транзисторов.
5. 3 схемы усилителей на биполярных и MOS-транзисторах.
6. Варианты MOS усилителей с различными нагрузочными элементами, каскодный усилитель.
7. 2 принципа аналоговой схемотехники. Дифференциальная и синфазная составляющие сигналов.
8. Дифференциальный усилитель, принцип действия, варианты.
9. Источник стабильного тока, схемы зеркала тока на биполярных и MOS-транзисторах.
10. Операционный усилитель, структуры, классификация, основные параметры, идеальный ОУ.
11. Схемы инвертирующего и не инвертирующего усилителей и повторителей на ОУ.
12. Схемы инвертирующего и не инвертирующего сумматоров и вычитателя на ОУ.
13. Фильтры на операционных усилителях.