

ГОУ ВПО Российско-Армянский (Славянский)  
университет

Утверждено  
Директор Института   
« 30 » 04 2025, протокол № 05



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины: **Проектирование аналоговых интегральных схем**

Автор (ы): к.т.н. Саакян Артур Степанович  
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: **11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»**

Наименование образовательной программы **«Микроэлектронные схемы и системы»**

**Согласовано:**

Зав. Кафедрой Микроэлектронных схем и систем

Меликян В.Ш.



---

(подпись)

# 1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

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. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет); **108ч. лек.36ч., лаб. 16ч.СР 60, з.е.3, зачет.**

1.3. 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».

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

<b>Код компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)</b>	<b>Наименование компетенции (в соответствии рабочим с учебным планом)</b>	<b>Код индикатора достижения компетенций (в соответствии рабочим с учебным планом)</b>	<b>Наименование индикатора достижений компетенций(в соответствии рабочим с учебным планом)</b>
УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1.	Знает подходы в постановке задач для достижения поставленной цели, обладает знаниями в выборе оптимальных способов их решения.
		УК-2.2.	Умеет, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений, выбирать оптимальные способы

			решения задач в профессиональной области для достижения поставленной цели.
		УК-2.3.	Владеет навыками определения круга профессиональных задач в рамках поставленной цели; выбором оптимальных способов их решения с учетом действующих правовых норм и имеющихся ресурсов.
ПК-4	Способен разработать топологические описания на основе полученного списка цепей с учетом набора ограничений	ПК-4.1	Знает разработку плана кристалла, размещение блоков
		ПК-4.2	Умеет разработать топологические описания на основе полученного списка цепей
		ПК-4.3	Владеет осуществлением детальной трассировки СнК
ПК-5	Способен разработать аналоговые части интегральной схемы или системы на кристалле	ПК-5.1	Знает интеграцию топологического представления аналоговой части
		ПК-5.2	Умеет проводить анализ технического задания на аналоговую часть интегральной схемы
		ПК-5.3	Владеет разработкой схемотехнических описаний блоков аналоговой части

## 2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

### 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. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) *(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)*

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам					
		— сем	— сем	— се м	— сем.	— сем	— сем.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:</b>	<b>144</b>				<b>144/5</b>	<b>108/</b>	
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	<b>48</b>				<b>96</b>	<b>48</b>	
1.1.1. Лекции	<b>32</b>				<b>64</b>	<b>32</b>	
1.1.2. Лабораторные работы	<b>16</b>				<b>32</b>	<b>16</b>	
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	<b>60</b>				<b>48</b>	<b>60</b>	
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	<b>36</b>				<b>36эк.</b>	<b>заче</b>	<b>т</b>

## 2.3. Содержание дисциплины

### 2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Лаб. (ак. часов)
1	2	3	4
<b>Модуль 1.</b>			
<b>Раздел 1. Введение</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
Тема 1.1. Цифровые и аналоговые устройства, сигналы, их свойства и параметры	1	1	
Тема 1.2. Классификация помех и шумов	1	1	
Тема 1.3. Инструменты исследования аналоговых элементов и узлов	1	1	
Тема 1.4. Аналоговые эталоны	1	1	
<b>Раздел 2. Простейшие двухкомпонентные аналоговые схемы</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
Тема 2.1 Делитель напряжения	4	2	2
Тема 2.2. RC цепочки, временное представление	3	2	1
Тема 2.3. Взаимодействие пары «Резистор-Диод»	1	1	

<b>Раздел 3. Транзисторные усилители сигналов</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
Тема 3.1. Отличие принципов действия ВJT и MOS транзисторов, их вольт-амперных характеристик	2	2	
Тема 3.2. Взаимодействие пары «Транзистор-резистор»	3	1	2
Тема 3.3. Сравнительная оценка основных параметров ВJT и MOS транзисторных усилителей	1	1	
Тема 3.4. Диодное включение MOS транзистора	3	1	2
<b>Раздел 4. Дифференциальный усилитель</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
Тема 4.1. Два основополагающих принципа аналоговой микросхемотехники	1	1	
Тема 4.2. Базовая схема и принцип действия дифференциального усилителя	2	2	
Тема 4.3. Генератор стабильного тока	3	1	2
Тема 4.4. Увеличение усиления дифференциального усилителя	2	2	
<b>Раздел 5. Операционный усилитель</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
Тема 5.1. Три структуры операционного усилителя	2	2	
Тема 5.2. Схема смещения напряжения операционного усилителя	4	2	2
Тема 5.3. Стабильность операционного усилителя, условия самовозбуждения	2	2	
<b>Раздел 6. Применение операционного усилителя</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
Тема 6.1. Точка «виртуального нуля»	1	1	
Тема 6.2. Инвертирующий и не инвертирующие сумматоры и вычитатель на операционном усилителе	3	1	2
Тема 6.3. Схемы источников стабильного тока и стабилизатора напряжения на операционном усилителе	2	1	1

Тема 6.4. Активный интегратор и дифференциатор на операционном усилителе	1	1	
Тема 6.5. Компараторы на операционном усилителе	2	1	1
Тема 6.6. Генераторы сигналов на операционном усилителе	2	1	1
<b>ИТОГО</b>	<b>48</b>	<b>32</b>	<b>16</b>

### **2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана**

#### **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 «balk» 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 ВJT 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.

### **2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума**

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.



Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
<b>Экзамен (оценка итогового контроля)</b>								0.5
			$\Sigma = 1$			$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$	$\Sigma = 1$

## 1. 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. Фонды оценочных средств (указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).

### 4.1. Планы лабораторных работ

7. Исследование MOS транзисторов, их вольт-амперных характеристик.
8. Исследование однокаскадного усилителя с общим истоком.
9. Исследование истокового повторителя.
10. Исследование однокаскадного усилителя с общим затвором.
11. Исследование каскодного повторителя.
12. 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.

#### 4.7. 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.

#### 5. Методический блок

- 5.1. Методика преподавания, обоснование выбора данной методики
- 5.2. Методические рекомендации для студентов
  - 5.2.1. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов при изучении конкретной дисциплины
  - 5.2.2. Методические указания по подготовке к семинарским, практическим или лабораторным занятиям
  - 5.2.3. Методические рекомендации по написанию самостоятельных работ, в том числе курсовых работ, рефератов, эссе и др.