

**Навчальна програма з дисципліни**  
**“Аналогова і цифрова електроніка”**

**1. Введення**

**1.1. Об'єкт вивчення**

Об'єктом изучения курса является схемотехника аналоговых и цифровых устройств и особенности этих устройств, учитывающие их реализацию по интегральной технологии.

**1.2. Предмет вивчення**

Предмет изучения – принципы функционирования основных аналоговых и цифровых устройств, их базовых элементов; схемотехническое проектирование разрабатываемых цифровых и аналоговых устройств, в том числе с учетом возможности их реализации по интегральной технологии; методы расчетов, связанные с выбором параметров и режимов работы.

**1.3. Мета навчання**

Целью преподавания дисциплины «Аналоговая и цифровая электроника» является ознакомление студентов с основами схемотехники аналоговых и цифровых устройств, в первую очередь, изготавливаемых по интегральной технологии, и методами их анализа, а также формирование у студентов знаний и умений, позволяющих осуществлять схемотехническое проектирование радиоэлектронных устройств, обеспечивающих аналоговую и цифровую обработку сигналов. Эти знания и умения имеют не только самостоятельное значение, но должны также обеспечить базу для освоения других инженерных дисциплин.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

— знать принципы функционирования основных аналоговых устройств и их базовых элементов, в том числе дифференциальных каскадов и операционных усилителей, а также устройств обработки аналоговых сигналов, построенных на их базе;

— знать принципы функционирования основных цифровых устройств и их базовых элементов;

— знать особенности схемотехники аналоговых и цифровых устройств, учитывающие их реализацию по интегральной технологии;

— знать и уметь применять методы анализа аналоговых и цифровых устройств;

— уметь осуществлять схемотехническое проектирование разрабатываемых аналоговых и цифровых устройств, с учетом возможности их реализации по интегральной технологии; выполнять расчеты, связанные с выбором параметров и режимов работы разрабатываемых устройств.

**2. Зміст дисципліни**

## **Розділ 1. Общая характеристика усилительных устройств. Представление активного элемента в виде линейного четырехполюсника.**

Предмет изучения и задачи дисциплины. Место дисциплины в учебном плане. Структурная схема усилительного устройства. Характеристики источников сигнала, нагрузки и источника питания, их эквивалентные схемы. Свойства собственно усилителя. Классификация усилительных каскадов. Активные элементы и схемы их включения. Составные транзисторы: схема Дарлингтона и ее модификации. Представление модели транзистора в виде линейного четырехполюсника. Система  $g$ -параметров транзистора, физический смысл  $g$ -параметров.  $Y$ -параметры транзистора. Полная и упрощенная эквивалентные схемы транзистора в системе  $Y$ -параметров. Условия обеспечения линейности модели транзистора: требования к выбору рабочей точки, выбору амплитуды входного сигнала, выбору транзистора по частотным свойствам. Кусочно-ломанная и экспоненциальная аппроксимации проходной ВАХ транзистора. Вывод соотношений для величины тока покоя, крутизны и входной проводимости в рабочей точке. Обоснование требования по обеспечению термостабильности каскада.

**Всього годин – 12**, у тому числі: аудиторна робота студента – 6, самостійна робота – 6.

## **Розділ 2. Цепи питания усилительных каскадов.**

Синтез принципиальной схемы усилительного каскада. Динамические характеристики каскада и их взаимосвязь. Режимы работы каскадов. Нестабилизированные цепи смещения и их сравнительная характеристика. Схемы термокомпенсации, эмиттерной и коллекторной термостабилизации, алгоритмы их работы. Генератор стабильного тока, синтез схемы, свойства.

**Всього годин – 8**, у тому числі: аудиторна робота студента – 4, самостійна робота – 4.

## **Розділ 3. Анализ схем резистивных каскадов без обратных связей.**

Методы анализа каскадов по переменному току на основе использования общей теории нагруженного четырехполюсника и на основе использования эквивалентных схем. Анализ резистивного каскада по СОЭ. Принципиальная схема, анализ в области средних (нижних) частот и в области верхних частот. АЧХ и ФЧХ каскада. Входная емкость каскада. Способы управления коэффициентом усиления: подбор транзистора, изменение сопротивления в цепи коллектора, выбор рабочей точки, выбор нагрузки. Каскад с динамической нагрузкой. Способы управления верхней граничной частотой каскада без изменения и с изменением усилительных свойств.

**Всього годин – 18**, у тому числі: аудиторна робота студента – 10, самостійна робота – 8.

#### **Розділ 4. Анализ резистивных каскадов с обратными связями.**

Анализ резистивного каскада по СОЭ с последовательной отрицательной обратной связью по току. Принципиальная схема, вывод общего выражения для коэффициента усиления и рассмотрение трех частных случаев: с сопротивлением эмиттерной термостабилизации, с цепочкой эмиттерной термостабилизации RЭСэ и эмиттерной высокочастотной коррекцией. Умножитель емкости. Анализ резистивного каскада по СОК. Синтез схемы и ее особенности. Коэффициент усиления, входное сопротивление, выходное сопротивление, верхняя граничная частота, входная емкость. Анализ резистивного каскада по СОБ. Синтез схемы и ее особенности. Коэффициент усиления, входное сопротивление, выходное сопротивление. Каскодная схема.

**Всього годин – 18**, у тому числі: аудиторна робота студента – 10, самостійна робота – 8.

#### **Розділ 5. Согласование в усилителях.**

Согласование источника сигнала со входом каскада: непосредственное соединение, через разделительный конденсатор, с использованием мостовой схемы. Способы увеличения входного сопротивления. Согласование выходного каскада с нагрузкой по постоянному току. Межкаскадное согласование с использованием разделительного конденсатора, непосредственным соединением каскадов с транзисторами одной проводимости, непосредственным соединением каскадов на транзисторах различной проводимости. Потенциометрическое согласование.

**Всього годин – 8**, у тому числі: аудиторна робота студента – 4, самостійна робота – 4.

#### **Розділ 6. Дифференциальный и выходной каскады.**

Особенности усилителей постоянного тока. Дрейф нуля. Дифференциальный каскад, режимы его работы по постоянному току, сигнальной и дрейфовой (синфазной) составляющим. Основные характеристики и показатели работы дифференциального каскада. Дифференциальный каскад с симметричной динамической нагрузкой. Согласование симметричного выхода с несимметричным входом. Выходные каскады – общие соображения и особенности расчета. Базовая схема однотактного выходного каскада. Базовые схемы двухтактного выходного каскада и их модернизация: повышение термостабильности, устранение асимметрии сигнала в нагрузке при работе в режиме В, снижение выходного сопротивления, защита от перегрузок.

**Всього годин – 21**, у тому числі: аудиторна робота студента – 10, самостійна робота – 11.

### **Розділ 7. Операционные усилители и их применение. Перемножители, аналоговые ключи, коммутаторы и компараторы.**

Назначение и параметры операционных усилителей (ОУ). Понятие идеального ОУ. Принципы построения интегральных ОУ. Схемы включения ОУ: инвертирующая, неинвертирующая и дифференциальная. Усилители на базе ОУ с резистивными обратными связями, частотно-зависимыми обратными связями и с нелинейными обратными связями. Активные фильтры, их классификация по виду АЧХ, виду фильтрующего полинома, порядку. Общая схема активного фильтра с многоконтурной обратной связью на базе инвертирующей схемы включения ОУ. Вывод в общем виде выражения для коэффициента передачи активного фильтра второго порядка на ОУ. Уравнения в операторной форме канонических фильтров второго порядка нижних частот, верхних частот, полосовых. Синтез канонического фильтра нижних частот второго порядка на ОУ. Перемножители, их реализация на базе операционных усилителей и на базе дифференциальных каскадов. Аналоговые ключи и коммутаторы. Варианты реализации аналоговых ключей на диодах, биполярных транзисторах, полевых транзисторах. Компараторы, назначение и основные параметры, компаратор на дифференциальном каскаде.

**Всього годин – 24**, у тому числі: аудиторна робота студента – 12, самостійна робота – 12.

### **Розділ 8. Основы теории и схемотехники цифровых устройств. Базовые логические элементы.**

Системы счисления, переключательная функция, логические операции и логические элементы. Принципы схемотехники цифровых интегральных схем. Транзистор в ключевом режиме: статический режим, динамический режим, повышение быстродействия. Ключи на однотипных и комплементарных МОП – транзисторах. Переключатель тока. Классификация базовых логических элементов. Базовые элементы транзисторной, диодно – транзисторной и транзисторно – транзисторной логики. Базовые элементы МОП – и КМОП – логики. Базовые логические элементы эмиттерно – связанной логики.

**Всього годин – 8**, у тому числі: аудиторна робота студента – 4, самостійна робота – 4.

### **Розділ 9. Цифровые устройства накапливающего типа.**

Общие сведения о накапливающих интегральных схемах и устройствах. Простейшая бистабильная ячейка на биполярных транзисторах. Триггеры на логических элементах: асин-

хронные и синхронные RS – триггеры, D – триггер, T – триггер. Двухтактный JK – триггер, предустановка и очистка, D – и T – триггеры на базе JK – триггера. Регистры. Регистры сдвига на базе JK – триггера. Счетчики. Двоичный и десятичный счетчик на базе JK – триггера. Запоминающие устройства постоянные, программируемые, репрограммируемые, оперативные. Аналого – цифровые и цифро – аналоговые преобразователи.

**Всего годин – 18**, у тому числі: аудиторна робота студента – 10, самостійна робота – 8.

### **3. Лабораторні роботи**

1. Исследование усилительных свойств резистивного каскада по СОЭ - 4 часа.
2. Сравнительная характеристика резистивных каскадов по СОЭ и СОК - 4 часа.
3. Исследование дифференциального каскада - 4 часа.
4. Исследование линейных аналоговых схем на ОУ - 4 часа
5. Исследование цифро – аналогового преобразователя – 4 часа.

### **4. Курсовий проект**

Всего часов -27, в том числе аудиторных - 15, самостоятельная работа – 12.

Типовое индивидуальное задание:

произвести расчет и обоснование функциональной и принципиальной схем аналогового или цифрового устройства, входящего в состав заданной конкретной радиотехнической системы, по заданным исходным данным.

### **5. Самостійна робота студента**

1. Проработка материала лекций – 50 часов.
2. Самостоятельное изучение отдельных разделов и вопросов – 5 часов.
3. Подготовка к выполнению лабораторных работ и их оформление – 10 часов.
4. Самостоятельная работа над курсовым проектом – 12 часов.

### **6. Рекомендована література**

#### **6.1 Основна література**

1. Абрамов К.Д., Колесник Е.С., Колпаков Ф.Ф., Симонов Ю.Л. Основы теории усилительных устройств. Транзисторные усилители. ч.1. Харьков, ХАИ, 1990,- 92 с.-Б148.
2. Абрамов К.Д., Симонов Ю.Л. Основы теории усилительных устройств. Транзисторные усилители. ч.2. Харьков, ХАИ, 1991,- 54 с.-Б132.
3. Симонов Ю.Л. Схемотехника транзисторных усилителей. Резисторные усилители. Харьков, ХАИ, 1990,- 92 с.-Б170.
4. Симонов Ю.Л. Дифференциальные каскады приёмно-усилительных устройств. ч.1. Резисторные усилители. Харьков, ХАИ, 1991,- 70 с.-Б173.
5. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники. – М.: Радио и связь, 1985.– 488с., ил.– Б43

## 6.2. Додаткова і довідкова література

1. Войшвилло Г.В. Усилительные устройства. - М.: Связь, 1975. — 384с., ил.-Б12
2. Мамонкин И.Г. Усилительные устройства. - М.: Связь, 1977. — 360с., ил.-Б26.
3. Головин О.В., Кубицкий А.А. Электронные усилители - М.: Радио и связь, 1983. — 320с., ил.-Б1

## 7. Контрольні питання.

1. Структурная схема усилительного устройства и характеристика составляющих ее блоков.
2. Модель транзистора в виде линейного четырехполюсника,  $g$ - параметры транзистора,  $y$ - параметры транзистора.
3. Условия обеспечения линейности транзистора.
4. Эквивалентная схема транзистора в системе  $y$ - параметров.
5. Составные транзисторы (схема Дарлингтона) и их свойства.
6. Динамические характеристики резистивного каскада и их взаимосвязь.
7. Нестабилизированные цепи смещения.
8. Стабилизированные цепи смещения.
9. Генератор стабильного тока.
10. Алгоритм составления эквивалентных схем.
11. Анализ резистивного каскада по СОЭ.
12. Анализ резистивного каскада по СОЭ с последовательной о.о.с. по току.
13. Анализ резистивного каскада по СОК.
14. Анализ резистивного каскада по СОБ.
15. Способы управления коэффициентом усиления.
16. Способы управления полосой пропускания.
17. Эмиттерная высокочастотная коррекция. Умножители емкости.
18. Согласование источника сигнала со входом каскада.
19. Способы увеличения входного сопротивления.
20. Межкаскадное согласование.
21. Анализ дифференциального каскада по постоянному току, сигнальной составляющей, синфазной составляющей.
22. Эквивалентная схема дифференциального каскада.
23. Согласование симметричного выхода дифференциального каскада с несимметричным входом.
24. Базовые одноктактные и двухтактные схемы выходных каскадов и их модернизация.
25. Энергетический расчет одноктактного выходного каскада.
26. Энергетический расчет двухтактного выходного каскада.
27. Операционный усилитель (ОУ). Схемы включения ОУ.
28. Усилители на ОУ с резистивными обратными связями.
29. Усилители на ОУ с частотнозависимыми обратными связями.
30. Усилители на ОУ с нелинейными обратными связями.
31. Активный фильтр нижних частот на ОУ.
32. Активный фильтр верхних частот на ОУ.
33. Полосовой активный фильтр на ОУ.
34. Перемножители.
35. Аналоговые ключи.
36. Компаратор.
37. Цифровые ключи на биполярном транзисторе.
38. Ключи на однотипных и комплементарных МОП – транзисторах.
39. Переключатель тока.

40. Базовые элементы транзисторной, диодно – транзисторной и транзисторно – транзисторной логики.
41. Базовые элементы МОП – и КМОП – логики.
42. Базовые логические элементы эмиттерно – связанной логики.
43. Асинхронные и синхронные RS – триггеры.
44. D – триггер.
45. T – триггер.
46. Двухтактный JK – триггер.
47. Регистры сдвига на базе JK – триггера.
48. Двоичный и десятичный счетчик на базе JK – триггера.
49. Запоминающие устройства.
50. Аналого – цифровые преобразователи.
51. Цифро – аналоговые преобразователи.

**8. Форми та засоби проведення поточного та підсумкового контролю:**

- іспит – усно;
- залік – усно;

Програму склав доцент кафедри

Абрамов К.Д.