

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМ. М. Є. ЖУКОВСЬКОГО
«ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»

КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ІМ. О.О. ЗЕЛЕНСЬКОГО (№ 504)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

Ірина ВАСИЛЬЄВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 31 » серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Схемотехніка»

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»

(цифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

(код і найменування спеціальності)

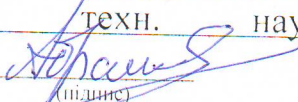
Освітня програма: «Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем»

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник: АБРАМОВ Клавдій, доцент кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського, канд. техн. наук, доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)  (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри інформаційно-комунікаційних технологій ім. О.О. Зеленського
(назва кафедри)

Протокол № 1 від 31 серпня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор  Володимир ЛУКІН
(науковий ступінь і вчене звання) (ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4,5	Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації» Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка» Освітня програма «Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем» Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	<i>Обов'язкова</i>
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 5		2023/2024
Індивідуальне завдання – не передбачено навчальним планом		Семестр
Загальна кількість годин – 64/135		4-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача – 4,4		Лекції*
		40 годин
		Практичні, семінарські*
		0 годин
		Лабораторні*
	24 години	
	Самостійна робота	
	71 година	
Вид контролю	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64 години/71 година

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: ознайомлення здобувачів з основами схемотехніки аналогових пристроїв, у першу чергу, тих, що виготовляються за інтегральною технологією, та методами їхнього аналізу.

Завдання: формування у здобувачів теоретичних та практичних знань та навичок, які дозволять здійснювати схемотехнічне проектування радіоелектронних пристроїв з аналогової обробки сигналів.

Компетентності, які набуваються:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК8. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

СК1. Здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства.

СК4. Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

СК6. Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

СК10. Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, досліду перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

СК11. Здатність складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань.

СК15. Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Очікувані результати навчання:

ПРН5 – Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.

ПРН6 – Вміння проектувати, в т.ч. схемотехнічно, нові (модернізувати існуючі) елементи (мо-дулі, блоки, вузли) телекомунікаційних та радіотехнічних систем, систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН12 – Вміння використовувати системи моделювання та автоматизації схемотехнічного проектування для розроблення елементів, вузлів, блоків радіотехнічних та телекомунікаційних систем.

Пререквізити – «Елементна база радіоелектроніки», «Основи теорії кіл».

Кореквізити – «Програмно-конфігуровані пристрої і радіосистеми», «Обчислювальна техніка та мікропроцесори».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1 – Загальна характеристика підсилювальних пристроїв. Представлення активного елемента у вигляді лінійного чотириполюсника

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни «Схемотехніка».

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Структурна схема підсилювального пристрою. Характеристики джерел сигналу, навантаження і джерела живлення, їх еквівалентні схеми. Властивості власне підсилювача. Класифікація підсилювальних каскадів. Активні елементи і схеми їх включення. Складові транзистори: схема Дарлінгтона та її модифікації.

ТЕМА 2. Представлення моделі транзистора у вигляді лінійного чотириполюсника.

Система g -параметрів транзистора, фізичний зміст g -параметрів. Y -параметри транзистора. Повна і спрощена еквівалентні схеми транзистора в системі Y -параметрів.

ТЕМА 3. Умови забезпечення лінійності моделі транзистора.

Вимоги до вибору робочої точки, вибору амплітуди вхідного сигналу, вибору транзистора за частотними властивостями. Кусково-ламана і експоненціальна апроксимації прохідної вольт-амперної характеристики (ВАХ) транзистора. Виведення співвідношень для величини струму спокою, крутизни та вхідної провідності в робочій точці. Обґрунтування вимоги щодо забезпечення термостабільності каскаду.

ТЕМА 4. Синтез принципової схеми підсилювального каскаду.

Динамічні характеристики каскаду та їх взаємозв'язок. Режими роботи каскадів. Нестабілізовані кола зсуву та їх порівняльна характеристика.

ТЕМА 5. Схеми стабілізації робочих характеристик підсилювального каскаду.

Схеми термокомпенсації, емітерної та колекторної термостабілізації, алгоритми їх роботи. Генератор стабільного струму, синтез схеми, властивості.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2 – Аналіз схем резистивних каскадів без й зі зворотними зв'язками

ТЕМА 1. Методи аналізу каскадів по змінному струму

Методи аналізу каскадів по змінному струму на основі використання загальної теорії навантаженого чотириполюсника і на основі використання еквівалентних схем.

ТЕМА 2. Аналіз резистивного каскаду по схемі зі спільним емітером (ССЕ)

Принципова схема, аналіз в області середніх (нижніх) частот і в області верхніх частот. Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) і фазочастотна характеристика (ФЧХ) каскаду. Вхідна ємність каскаду.

ТЕМА 3. Способи управління коефіцієнтом підсилення

Підбір транзистора, зміна опору в колі колектора, вибір робочої точки, вибір навантаження. Каскад з динамічним навантаженням. Способи управління верхньою граничною частотою каскаду без зміни і зі зміною підсилювальних властивостей.

ТЕМА 4. Аналіз резистивного каскаду по ССЕ з послідовним негативним зворотним зв'язком по струму

Принципова схема, виведення загального виразу для коефіцієнта підсилення і розгляд трьох окремих випадків: з опором емітерної термостабілізації, з колом емітерної термостабілізації Re_{Ce} і емітерною високочастотною корекцією. Помножувач ємності.

ТЕМА 5. Аналіз резистивного каскаду по схемі зі спільним колектором (ССК)

Синтез схеми та її особливості. Коефіцієнт підсилення, вхідний опір, вихідний опір, верхня гранична частота, вхідна ємність.

ТЕМА 6. Аналіз резистивного каскаду по схемі зі спільною базою (ССБ)

Синтез схеми та її особливості. Коефіцієнт підсилення, вхідний опір, вихідний опір. Каскодна схема.

Модульний контроль

Змістовний модуль 3 – Узгодження в підсилювачах

ТЕМА 1. Узгодження джерела сигналу зі входом каскаду

Безпосереднє з'єднання, через розділовий конденсатор, з використанням мостової схеми. Способи збільшення вхідного опору. Узгодження вихідного каскаду з навантаженням по постійному струму.

ТЕМА 2. Міжкаскадне узгодження

Узгодження з використанням розділового конденсатора, безпосереднім з'єднанням каскадів з транзисторами однієї провідності, безпосереднім з'єднанням каскадів на транзисторах різної провідності. Потенціометричне узгодження.

Модульний контроль

Змістовний модуль 4 – Диференціальний і вихідний каскади

ТЕМА 1. Особливості підсилювачів постійного струму

Дрейф нуля. Диференціальний каскад, режими його роботи по постійному струму.

ТЕМА 2. Диференціальний каскад із симетричним динамічним навантаженням

Режим роботи по сигнальній та дрейфовій (синфазній) складових. Основні характеристики і показники роботи диференціального каскаду. Узгодження симетричного виходу з несиметричним входом.

ТЕМА 3. Базові схеми вихідного каскаду і їхня модернізація

Вихідні каскади – загальні міркування і особливості розрахунку. Базові схеми однотактного та двотактного вихідних каскадів. Підвищення термостабільності, усунення асиметрії сигналу в навантаженні при роботі в режимі В, зниження вихідного опору, захист від перевантажень.

Модульний контроль

Змістовний модуль 5 – Операційні підсилювачі та їх застосування.

Перемножувачі, аналогові ключі, комутатори та компаратори

ТЕМА 1. Призначення і параметри операційних підсилювачів (ОП)

Поняття ідеального ОП. Принципи побудови інтегральних ОП. Схеми включення ОП: інвертуюча, неінвертуюча і диференціальна.

ТЕМА 2. Підсилювачі на базі ОП зі зворотними зв'язками

Підсилювачі на базі ОП з резистивними зворотними зв'язками, частотно-залежними зворотними зв'язками і з нелінійними зворотними зв'язками.

ТЕМА 3. Активні фільтри

Класифікація активних фільтрів за видом АЧХ, видом фільтруючого полінома, порядком. Загальна схема активного фільтра з багатоконтурним зворотним зв'язком на базі інвертуючої схеми включення ОП. Коефіцієнт передачі активного фільтра другого порядку на ОП. Рівняння в операторній формі канонічних фільтрів другого порядку нижніх частот, верхніх частот, смугових. Синтез канонічного фільтра нижніх частот другого порядку на ОП.

ТЕМА 4. Перемножувачі, аналогові ключі та комутатори

Реалізація перемножувачів на базі операційних підсилювачів і на базі диференціальних каскадів. Варіанти реалізації аналогових ключів на діодах, біполярних транзисторах, польових транзисторах. Компаратори, призначення та основні параметри, компаратор на диференціальному каскаді.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Загальна характеристика підсилювальних пристроїв. Представлення активного елемента у вигляді лінійного чотириполюсника					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Схемотехніка».	4	1	0	0	3
Тема 2. Представлення моделі транзистора у вигляді лінійного чотириполюсника.	7	2	0	2	3
Тема 3. Умови забезпечення лінійності моделі транзистора.	5	2	0	0	3
Тема 4. Синтез принципової схеми підсилювального каскаду.	8	3	0	2	3
Тема 5. Схеми стабілізації робочих характеристик підсилювального каскаду.	9	3	0	3	3
Модульний контроль	1	0	0	1	0
Разом за змістовним модулем 1	34	11	0	8	15
Змістовний модуль 2. Аналіз схем резистивних каскадів без й зі зворотними зв'язками					
Тема 1. Методи аналізу каскадів по змінному струму.	4	1	0	0	3
Тема 2. Аналіз резистивного каскаду по ССЕ.	9	3	0	3	3
Тема 3. Способи управління коефіцієнтом підсилення.	8	3	0	2	3
Тема 4. Аналіз резистивного каскаду по ССЕ з послідовним негативним зворотним зв'язком по струму.	7	2	0	2	3
Тема 5. Аналіз резистивного каскаду по ССК.	7	2	0	2	3
Тема 6. Аналіз резистивного каскаду по ССБ.	5	2	0	0	3
Модульний контроль	1	0	0	1	0
Разом за змістовним модулем 2	41	13	0	10	18
Змістовний модуль 3. Узгодження в підсилювачах					
Тема 1. Узгодження джерела сигналу зі входом каскаду.	7	2	0	0	5
Тема 2. Міжкаскадне узгодження.	7	2	0	0	5
Модульний контроль	1	0	0	1	0
Разом за змістовним модулем 3	15	4	0	1	10
Змістовний модуль 4. Диференціальний і вихідний каскади					
Тема 1. Особливості підсилювачів постійного струму.	6	2	0	0	4
Тема 2. Диференціальний каскад із	9	2	0	3	4

симетричним динамічним навантаженням.					
Тема 3. Базові схеми двотактного вихідного каскаду і їхня модернізація.	7	2	0	0	5
Модульний контроль	1	0	0	1	0
Разом за змістовним модулем 4	23	6	0	4	13
Змістовний модуль 5. Операційні підсилювачі та їх застосування. Перемножувачі, аналогові ключі, комутатори та компаратори					
Тема 1. Призначення і параметри операційних підсилювачів (ОП).	4	1	0	0	3
Тема 2. Підсилювачі на базі ОП зі зворотними зв'язками.	6	2	0	0	4
Тема 3. Активні фільтри.	5	1	0	0	4
Тема 4. Перемножувачі, аналогові ключі та комутатори.	6	2	0	0	4
Модульний контроль	1	0	0	1	0
Разом за змістовним модулем 5	22	6	0	1	15
Усього годин	135	40	0	24	71

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Заняття навчальним планом не передбачені.	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Заняття навчальним планом не передбачені.	
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження статичних характеристик біполярного транзистора	2
2	Дослідження динамічних характеристик каскаду на біполярному транзисторі	2
3	Дослідження схем термостабілізації каскаду на біполярному транзисторі	2
4	Порівняльна характеристика резистивних каскадів по ССЕ і ССК	3
5	Дослідження підсилювальних властивостей резистивного каскаду по ССЕ	3
6	Дослідження схем високочастотної корекції	4
7	Дослідження диференціального каскаду	3
8	Проведення модульного контролю	5
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальна характеристика підсилювальних пристроїв. Представлення активного елемента у вигляді лінійного чотириполюсника	15
2	Аналіз схем резистивних каскадів без й зі зворотними зв'язками	18
3	Узгодження в підсилювачах	10
4	Диференціальний і вихідний каскади	13
5	Операційні підсилювачі та їх застосування. Перемножувачі, аналогові ключі, комутатори та компаратори	15
	Разом	71

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом

10. Методи навчання

Застосовуються наступні методи навчання: словесні (пояснення, розповідь, бесіда), наочні (ілюстрування, демонстрування) та практичні, а саме: проведення лабораторних занять, проведення індивідуальних консультацій протягом семестру, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю при здачі лабораторних робіт, тестового післялекційного контролю, тестового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	2	0...2
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	1	0...5
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист	0...5	2	0...10

лабораторних робіт			
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 5			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	0...5	1	0...5
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Усього за семестр			0...100

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань, за кожне з яких можна отримати максимально по п'ятдесят балів (сума – 100 балів).

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60 - 74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та виконати розрахункову роботу.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати розрахункову роботу. Показати вміння виконувати та захищати лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням отриманих результатів.

Відмінно (90 - 100). Повною мірою знати основний та додатковий матеріал курсу. Виконати розрахункову роботу без зауважень. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Безпомилково виконати та захистити всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням отриманих результатів.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Абрамов, К. Д. Аналогова схемотехніка [Текст] : навч. посіб. / К. Д. Абрамов, С. К. Абрамов, В. В. Абрамова. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 128 с. Загальний обсяг – 90 прим.
2. Абрамов, К.Д. Основы схемотехники [Текст]: учеб.пособие / К.Д. Абрамов, С.К. Абрамов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т», 2016. – 88 с. Загальний обсяг – 143 прим.
3. Абрамов, К.Д. Схемотехника дифференциальных и выходных усилительных каскадов [Текст]: учеб.пособие / К.Д. Абрамов, С.К. Абрамов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т», 2007. – 71 с. Загальний обсяг – 67 прим.
4. Абрамов, К.Д. Схемотехника устройств на операционных усилителях [Текст]: учеб.пособие / К.Д. Абрамов, С.К. Абрамов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т», 2008. – 77 с. Загальний обсяг – 73 прим.
5. Абрамов, К.Д. Основы цифровой схемотехники [Текст]: учеб.пособие / К.Д. Абрамов, С.К. Абрамов. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авиаци. ин-т», 2011. – 96 с. Загальний обсяг – 89 прим.

Навчально-методичний комплекс дисципліни розміщено на офіційному сайті університету: http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/Analogova_Shemotehnika.pdf та у системі дистанційного навчання Ментор: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1651>

14. Рекомендована література

Базова

1. Азаров О. Д., Богомолов С. В., Азаров А. Д. Основи теорії високолінійних аналогових пристроїв на базі двотактних підсилювальних схем. – К.: Наукова думка, 2013.
2. Franco S. Design with operational amplifiers and analog integrated circuits. – New York : McGraw-Hill, 2018. – Т. 1988.
3. Verhoeven C. J. M. et al. Structured electronic design: negative-feedback amplifiers. – Springer Science & Business Media, 2017.

Допоміжна

1. Гриненко В. В. Пристрої аналогової електроніки. – К.: Наукова думка, 2019.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри, розділ навчальної дисципліни «Схемотехніка»:
<http://k504.xai.edu.ua/ucheba.php>
Система дистанційного навчання університету Mentor
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1651>