

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра комп'ютеризованих систем управління



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

**ОСНОВИ ТЕОРІЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ
СИГНАЛІВ**

Fundamentals of information theory and digital signal processing

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

тип дисципліни нормативна

мова(и) викладання українська

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Миколаїв, 2022 рік

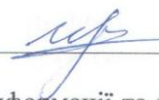
Робоча програма навчальної дисципліни «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» розроблена для студентів з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», ОПП «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації»

«8» січня 2022 р. – 14 с.

Розробники: Черно О.О., зав. кафедри комп'ютеризованих систем управління, д-р техн. наук, доцент; Махнова І.В., методист І категорії.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації»

Гарант ОПП,
к.т.н., доцент

 І.І. Вінниченко

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління (КСУ).

Протокол від «25» січня 2022 р. № 6.

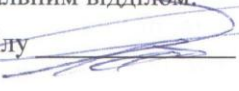
Завідувач кафедри КСУ  О.О. Черно

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» розглянуто методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики і електротехніки.

Протокол від « 27 » січня 2022 р. № 6 .

Голова  В.А. Скороходов

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» погоджено з навчальним відділом.

Начальник навчального відділу  А.В. Лабарткава

Робочу програму навчальної дисципліни «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» затверджено Навчально-методичною радою НУК.

Протокол від «23» лютого 2022 р. № 2 .

Голова НМР НУК 

© Черно О.О., 2022 рік
© Махнова І.В., 2022 рік
© НУК, 2022 рік

Анотація

Навчальна дисципліна «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» є нормативною дисципліною професійної підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології та системи автоматизації» зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматика та приладобудування».

Сучасний розвиток цифрової техніки потребує застосування методів обробки цифрових сигналів з метою виділення з них корисної інформації. Тому, фахівці в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технології повинні мати знання теорії сигналів та володіти методами їх обробки.

В курсі вивчаються поняття теорії сигналів, їх типи та форми представлення, задачі фільтрації сигналів, основні характеристики фільтрів, їх математичний опис, принципи побудови та класифікація, методика проектування цифрових фільтрів, поняття інформації, її властивості та кількісна оцінка.

Ключові слова: інформація, сигнал, цифрова обробка, фільтрація.

Abstract

The discipline "Fundamentals of Information Theory and Digital Signal Processing" is a normative discipline of professional training of specialists of the first (bachelor's) level of higher education in the educational-professional program "Computer-integrated technologies and automation systems" in specialty 151 "Automation and computer integrated technologies" field of knowledge 15 "Automation and instrumentation".

Modern development of digital technology requires the use of digital signal processing methods in order to extract useful information from them. Therefore, specialists in the field of automation and computer-integrated technologies must have knowledge of signal theory and know how to process them.

The course studies the concepts of signal theory, their types and forms of representation, signal filtering problems, basic characteristics of filters, their mathematical description, principles of construction and classification, methods of designing digital filters, the concept of information, its properties and quantification.

Keywords: information, signal, digital processing, filtering.

ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни.....	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	11
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	11
8. Критерії оцінювання результатів навчання	12
9. Засоби навчання.....	12
10. Рекомендовані джерела інформації.....	13
Додаток.....	14

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показ- ників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дис- ципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 5	Галузь знань 15 Автоматизація та приладобуду- вання	Нормативна з циклу дисциплін професійної підготовки бакалавра	
Модулів - 2	Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Рік підготовки	
Змістових модулів - 2		4-й	
Курсова робота на те- му: «Проектування дискретних систем об- робки інформації»		Семестр	
		8-й	
		Лекції	
Загальна кількість годин – 150		30 год	
		Практичні роботи	
		15 год	
Тижневих годин для денної форми навчан- ня: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 7		Лабораторні роботи	
		–	
		Самостійна робота	
		105 год	
		Вид контролю: КР, екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – надбання студентами знань і навичок в області систем збору, передачі та обробки інформації.

Завдання – вивчити види сигналів, властивості їх частотних спектрів, динамічні властивості та математичний опис типових фільтрів, принципи побудови цифрових фільтрів та методи їх реалізації.

Загальні компетентності:

- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК4).

Фахові компетентності:

- здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації (ФК1);
- здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій (ФК4).

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Передумовами для вивчення навчальної дисципліни «Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів» є наступні навчальні дисципліни:

- Вища математика;
- Основи теорії кіл, сигналів та процесів в системах автоматизованої обробки і захисту інформації;
- Теорія автоматичного управління.

4. Очікувані результати навчання

Програмні результати навчання полягають в наступному:

- знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, функції багатьох змінних, функціональні ряди, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію функції комплексної змінної, теорію ймовірностей та математичну статистику, теорію випадкових процесів в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації (ПРН1);
- розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей (ПРН4).

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів

Змістовий модуль 1. Форми представлення сигналів, задача фільтрації, типові фільтри.

Тема 1. Поняття сигналу та форми його представлення.

Тема 2. Типи сигналів.

Лекція 1. Поняття сигналу та форми його представлення. Типи сигналів [1, с. 18-27], [4, с. 2-4].

Тема 3. Задача фільтрації. Базисні фільтри та їх ідеальні частотні характеристики.

Лекція 2. Задача фільтрації. Базисні фільтри та їх ідеальні частотні характеристики. [4, с. 4-6]

Тема 4. Задача аппроксимації. Вимоги, що висуваються до амплітудно-частотної характеристики фільтра.

Лекція 3. Задача аппроксимації. Вимоги, що висуваються до амплітудно-частотної характеристики фільтра [4, с. 6, 7].

Тема 5. Типові ФНЧ та їх частотні характеристики.

Лекція 4. Типові ФНЧ та їх частотні характеристики [4, с. 7, 8].

Тема 6. Фільтр Батерворта.

Лекція 5. Фільтр Батерворта [4, с. 8, 9].

Тема 7. Фільтр Чебишева I роду.

Лекція 6. Фільтр Чебишева I роду [4, с. 9, 10]

Змістовий модуль 2. Основи проектування цифрових фільтрів. Основи теорії інформації.

Тема 8. Визначення мінімального порядку фільтра.

Лекція 7. Визначення мінімального порядку фільтра [4, с. 11-13].

Тема 9. Денормування і трансформація фільтрів.

Лекція 8. Денормування і трансформація фільтрів [4, с. 13-15].

Тема 10. Класифікація фільтрів за елементною базою та способом реалізації.

Лекція 9. Класифікація фільтрів за елементною базою та способом реалізації [1, с. 127-142], [4, с. 16, 17].

Тема 11. Аналогові фільтри.

Лекція 10. Аналогові фільтри [4, с. 17, 18].

Тема 12. Цифрові фільтри.

Лекція 11. Цифрові фільтри [1, с. 202-205], [4, с. 18-21].

Тема 13. Визначення дискретної передавальної функції цифрового рекурсивного фільтра на основі передавальної функції аналогового фільтра-прототипа.

Лекція 12. Визначення дискретної передавальної функції цифрового рекурсивного фільтра на основі передавальної функції аналогового фільтра-прототипа [4, с. 21, 22].

Тема 14. Основи теорії інформації. Поняття інформації, її властивості та кількісна оцінка.

Лекція 13. Основи теорії інформації. Поняття інформації, її властивості та кількісна оцінка [4, с. 23-26], [5, с. 4-9].

Тема 15. Статистичне визначення кількості інформації (за Шенноном).

Тема 16. Поняття надлишковості мови. Продуктивність джерела повідомлень.

Лекція 14. Статистичне визначення кількості інформації (за Шенноном). Поняття надлишковості мови. Продуктивність джерела повідомлень [4, с. 26-31], [5, с. 10-17].

МКР

Модуль 2. Проектування дискретних систем обробки інформації

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лаб	практ	с.р.		л	лаб	практ	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Модуль 1. Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів										
Змістовий модуль 1. Форми представлення сигналів, задача фільтрації, типові фільтри.										
Тема 1. Поняття сигналу та форми його представлення	1	1	-	-	-	2	1	-	-	1
Тема 2. Типи сигналів	2	1	-	-	1	1	-	-	-	1
Тема 3. Задача фільтрації. Базисні фільтри та їх ідеальні частотні характеристики	2	2	-	-	-	2	-	-	-	2
Тема 4. Задача апроксимації. Вимоги, що висуваються до амплітудно-частотної характеристики фільтра	2	2	-	-	-	2	-	-	-	2
Тема 5. Типові ФНЧ та їх частотні характеристики	2	2	-	-	-	2	-	-	-	2
Тема 6. Фільтр Батерворта	3	2	-	-	1	3	1	-	-	2
Тема 7. Фільтр Чебишева I роду	3	2	-	-	1	3	1	-	-	2
Разом за змістовим модулем 1	30	12	-	-	18	30	3	-	-	27
Змістовий модуль 2. Основи проектування цифрових фільтрів. Основи теорії інформації										
Тема 8. Визначення мінімального порядку фільтра	4	2	-	2	-	5	-	-	1	4
Тема 9. Денормування і трансформація фільтрів	8	2	-	6	-	5	-	-	1	4
Тема 10. Класифікація фільтрів за елементною базою та способом реалізації	2	2	-	-	1	5	-	-	1	4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 11. Аналогові фільтри	2	2	-	-	1	4	-	-	-	4
Тема 12. Цифрові фільтри	2	2	-	-	1	4	-	-	-	4
Тема 13. Визначення дискретної передавальної функції цифрового рекурсивного фільтра на основі передавальної функції аналогового фільтра-прототипа.	9	2	-	7	-	7	-	-	3	4
Тема 14. Основи теорії інформації. Поняття інформації, її властивості та кількісна оцінка	5	2	-	-	3	4	2	-	-	2
Тема 15. Статистичне визначення кількості інформації (за Шенноном)	4	1	-	-	3	5	2	-	-	3
Тема 16. Поняття надлишковості мови. Продуктивність джерела повідомлень	4	1	-	-	3	4	2	-	-	2
Модульна контрольна робота	2	2	-	-	-	2	-	-	-	2
Разом за змістовим модулем 2	30	18	-	15	5	12	6	-	-	9
Усього годин за модулем 1	60	30	-	15	15	60	9	-	6	45
Модуль 2. Проектування дискретних систем обробки інформації										
Курсова робота на тему: «Розробка цифрового рекурсивного фільтра»	90	-	-	-	90	90	-	-	-	90
Усього годин	150	30	-	15	105	150	9	-	6	135

Теми лабораторних робіт

Лабораторних робіт програмою не передбачено.

Теми практичних занять¹

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Видача завдань до курсової роботи.	1
2	Визначення мінімального порядку фільтра	1
3	Розрахунок полюсів та АЧХ нормованого фільтра	2
4	Визначення передавальних функцій фільтрів нижніх та верхніх частот	2
5	Визначення передавальної функції та розрахунок АЧХ аналогового фільтра	2
6	Визначення дискретних передавальних функцій фільтрів нижніх та верхніх частот	2
7	Побудова структурної схеми цифрового рекурсивного фільтра	2
8	Моделювання цифрового рекурсивного фільтра та дослідження його характеристик	3
	Разом	15

Студенти заочної форми навчання виконують практичні роботи відповідно до таблиці розділу 5.

Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти є однією з форм організації навчання, основною формою оволодіння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

Навчальний матеріал дисципліни, передбачений для засвоєння здобувачем вищої освіти в процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався при проведенні навчальних занять.

Розподіл годин самостійної роботи для денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – 0,5 год. / на 1 лекцію;
- підготовка до контрольних заходів – 5 год. / 1 захід;
- виконання та захист курсового проекту – 90 год.

Завдання для самостійної роботи

№	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
1	Підготовка до лекцій	15	
4	Підготовка до контрольних заходів	10	
5	Підготовка та захист КР	90	
Разом		105	

Індивідуальне науково-дослідне завдання

Програмою передбачено наступні форми індивідуальної роботи:

- індивідуальні консультації з дисципліни, які проводяться зі студентами за окремим графіком, затвердженим завідувачем кафедри, з метою отримання студентом відповіді на окремі теоретичні чи практичні питання та для пояснення певних теоретичних положень чи

¹ В рамках практичних занять передбачено виконання курсової роботи

аспектів їх практичного застосування;

- індивідуальне завдання у вигляді курсової роботи, яка спрямована на придбання студентами навичок з розрахунків передавальних функцій та частотних характеристик типових фільтрів, отримання дискретних передавальних функцій цифрових фільтрів та побудови їх моделей, розробки цифрових фільтрів за заданими частотними характеристиками.

Завдання до курсового проектування: Розробити цифровий рекурсивний фільтр.

Початкові дані: тип фільтра, граничні частоти смуги пропускання, граничні частоти смуги затримки, припустиме послаблення сигналу у смузі пропускання, мінімальне згасання сигналу у смузі затримки.

Результати курсової роботи оформлюються у вигляді пояснювальної записки з результатами моделювання на ЕОМ графіків АЧХ фільтра.

Пояснювальна записка має мати обсяг не менш ніж 20 сторінок та містити детальний опис всіх етапів курсової роботи.

У вступі до курсової роботи слід коротко відзначити сфери використання цифрових фільтрів, обґрунтувати актуальність задачі проектування.

У висновках слід вказати, чи вдалося синтезувати цифровий фільтр із заданою амплітудно-частотною характеристикою

Найменування тем занять з курсового проектування	Розподіл навч. часу за видами зан., год			
	за денною формою навч.		за заочною формою навч.	
	практичні зан. з КР	СРС	практичні зан. з КР	СРС
Видача завдань до курсової роботи	1	-		
1. Розрахунок нормованого фільтра	3	30		
2. Розрахунок аналогових смугових та загороджуваних фільтрів	4	30		
3. Розрахунок цифрового рекурсивного фільтра	7	30		
Усього годин	15	90		90

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

- лекція;
- ілюстрування;
- практична робота;
- робота з літературою;
- методи контролю і самоконтролю:
 - контрольні роботи;
 - графічна перевірка.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- екзамен;
- розрахунково-графічна (курсова) робота;
- презентації результатів виконання завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах;
- завдання на лабораторному обладнанні;
- завдання на комп'ютерах.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Поточний контроль засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом перевірки виконання етапів курсової роботи, а також шляхом опитування під час лекцій.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу та методики проектування цифрових фільтрів, що застосовується в курсовій роботі, оцінюється шляхом проведення модульної контрольної роботи у формі тестування.

Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінки за виконання курсової роботи (максимум 50 балів) та оцінки за модульну контрольну роботу (максимум 50 балів). Додаткові бали студент отримує за правильні відповіді на лекціях (від 3 до 7 балів в залежності від складності питання).

Студент також має можливість отримати додаткові бали за виконання індивідуального завдання за тематикою дисципліни, пов'язаного з його діяльністю на виробництві, або з модернізацією лабораторної бази університету. Кількість балів за виконання індивідуального завдання може складати від 0 до 70 балів в залежності від його рівня та обсягу.

Екзаменаційні оцінки виставляються згідно шкали оцінювання ECTS.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за результатом підсумкового контролю	Оцінка ECTS
90 – 100	A
82 – 89	B
74 – 81	C
64 – 73	D
60 – 63	E
35 – 59	FX
0 – 34	F

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Курсова робота зараховується тільки за умови правильності розрахунків та надання студентом оформленої пояснювальної записки. При цьому студент отримує від 40 до 50 балів в залежності від якості оформлення.

Кільк. балів	Критерії оцінювання за виконання курсової роботи
50	Розрахунки виконано правильно, пояснювальну записку оформлено згідно стандарту.
45	Розрахунки виконано правильно, але є незначні недоліки у оформленні пояснювальної записки.
40	Розрахунки виконано правильно, але є істотні недоліки у оформленні пояснювальної записки.

Модульна контрольна робота проводиться у формі тестування. Тестове завдання містить 25 питань. Оцінка визначається як подвоєна кількість правильних відповідей.

Підсумкова оцінка складається з оцінки за виконання курсової роботи, додаткових балів за відповіді на лекціях та виконання індивідуального завдання (за наявності) і оцінки за модульну контрольну роботу. Підсумкова оцінка виставляється як екзаменаційна оцінка і як оцінка за курсову роботу.

9. Засоби навчання

Для досягнення мети дисципліни та набуття бажаних результатів навчання передбачено застосування наступних засобів навчання:

- демонстраційний стенд;

- комп'ютери;
- обчислювальні середовища: MATLAB Simulink, Mathcad.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Сергиенко. А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2005. – 608 с.
2. Черно О. О. Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Проектування цифрового рекурсивного фільтра» : у 2 ч. Частина 1. Теоретичні основи та методика проектування [Електронний ресурс] / О. О. Черно. – Миколаїв : НУК, 2017. – 31 с.
3. Черно О. О. Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Проектування цифрового рекурсивного фільтра» : у 2 ч. Частина 2. Приклад розрахунку [Електронний ресурс] / О. О. Черно. – Миколаїв : НУК, 2017. – 20 с.
4. Черно О. О. Основи теорії інформації та цифрової обробки сигналів: Конспект лекцій. [Електронний ресурс] / О. О. Черно. – Миколаїв, 2020. – 31 с. Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1cGrvhYNKWnzuPsMgYb0sk0fYWYlTJWMc/view?usp=sharing>
5. Шавенько Н.К. Основы теории информации и кодирования. Учебное пособие. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. – 125 с.

Додаткова література

6. Бабак В.П. Обробка сигналів: Підручник / В.П. Бабак, В.С. Хандецький, Е. Шрюфер. – К.: Либідь, 1996.
7. Васюра А.С. Техніка передавання аналогової та дискретної інформації: Навчальний посібник / Васюра А.С., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я., Компанець М.М., Худолій О.І. – Вінниця, ВДТУ, 1998.
8. Васюра А.С. Мікропроцесорні засоби передавання інформації: Навчальний посібник / Васюра А.С., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я., Компанець М.М., Возняк О.М. – Вінниця, ВДТУ, 1998.
9. Васюра А.С. Техніка передавання дискретної інформації: Навчальний посібник / Васюра А.С., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я., Компанець М.М., Худолій О.І. – Вінниця, ВДТУ, 1998.
10. Кветний Р.Н. Методи адаптації пристроїв передавання до параметрів каналу зв'язку: Монографія / Кветний Р.Н., Кулик А.Я., Кривогубченко С.Г., Кривогубченко Д.С. – Вінниця: Універсум, 2005.
11. Кветний Р.Н. Основи техніки передавання інформації: Підручник / Кветний Р.Н., Компанець М.М., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я. – Вінниця: Універсум, 2002.
12. Кулик А.Я. Адаптивні алгоритми передавання інформації: Монографія. – Вінниця: Універсум, 2003.

Питання для модульного контролю

1. Динамічна та спектральна форми представлення сигналу.
2. Перехід від динамічного представлення сигналу до спектрального.
3. Формули:
 - пряме перетворення Фур'є;
 - зворотне перетворення Фур'є;
 - комплексна спектральна функція;
 - амплітудний спектр;
 - фазовий спектр.
4. Аналоговий, дискретний та цифровий сигнали.
5. Задачі фільтрації.
6. Базисні фільтри та їх ідеальні АЧХ.
7. Вимоги до АЧХ фільтра (4 параметри).
8. Графіки АЧХ типових фільтрів.
9. Розташування полюсів фільтра Батерворта на комплексній площині.
10. Розташування полюсів фільтра Чебишева I роду на комплексній площині.
11. Визначення мінімального порядку фільтра.
12. Формули денормування та трансформації фільтрів.
13. Переваги цифрових фільтрів (4).
14. Недоліки цифрових фільтрів (3).
15. Що таке ефект підміни частот, і коли він виникає?
16. Схема аналогового пасивного фільтра.
17. Схема аналогового активного фільтра.
18. Схема цифрового нерекурсивного фільтра.
19. Схема цифрового рекурсивного фільтра.
20. Імпульсні характеристики нерекурсивного і рекурсивного фільтрів.
21. Цифрові фільтри з частотною реалізацією.
22. Для чого використовується білінійне z-перетворення?
23. Формула білінійного z-перетворення.
24. Формула Хартлі.
25. Формула Шеннона.
26. Пропускна здатність інтерфейсів послідовного зв'язку USB-2; RS-485, RS-232, Ethernet.