

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

«Обчислювальна техніка та мікропроцесори»
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»
(шифр 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 Сергій, 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) (підпис) (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 – 5	<p style="text-align: center;">Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»</p> <p style="text-align: center;">Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»</p> <p style="text-align: center;">Освітня програма «Інжиніринг і програмування інфокомунікаційних систем»</p> <p style="text-align: center;">Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	<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 – 72/150		4-й
		Лекції*
		40 годин
		Практичні, семінарські*
		0 годин
		Лабораторні*
	32 годин	
	Самостійна робота	
	78 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 72 години/78 годин

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: формування у здобувачів теоретичних та практичних знань щодо принципів дії імпульсних, логічних, цифрових та мікропроцесорних пристроїв, методів їхнього розрахунку, особливостей використання, а також вмінь та навичок, необхідних для аналізу та синтезу схем на основі цифрових обчислювальних пристроїв.

Завдання: навчити здобувачів основних властивостей цифрових схем, розвинути навички самостійного розв'язання задач, що пов'язані з проектуванням та експлуатацією цифрових та мікропроцесорних пристроїв.

Компетентності, які набуваються:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

ЗК8. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

СК2. Здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій і з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки.

СК3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

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.

Очікувані результати навчання:

ПРН3 – Вміння застосовувати знання в галузі інформатики й сучасних інформаційних технологій, обчислювальної і мікропроцесорної техніки та програмування, програмних засобів для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.

ПРН6 – Вміння проектувати, в т.ч. схемотехнічно нові (модернізувати існуючі) елементи (модулі, 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 – «Схемотехніка», «Цифрова схемотехніка», «Алгоритми та методи обчислень».

Кореквізити – «Телекомунікаційні системи», «Кінцеві пристрої абонентського доступу».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Алгебра логіки

ТЕМА 1. Вступ до навчальної дисципліни «Обчислювальна техніка та мікропроцесори»
Предмет курсу, його взаємозв'язок з іншими дисциплінами навчального плану. Основні поняття і визначення. Ключові етап розвитку обчислювальної техніки. Зв'язок параметрів схемотехніки та поколінь електронно-обчислювальних машин (ЕОМ). Класична архітектура ЕОМ фон Неймана. Основні принципи проектування цифрових пристроїв.

ТЕМА 2. Системи числення

Визначення системи числення. Позиційна система числення. Вибір системи числення. Перетворення чисел з однієї системи числення в іншу. Способи представлення чисел в ЕОМ. Арифметичні операції в двійковій системі числення.

ТЕМА 3. Основи алгебри логіки

Основні визначення алгебри логіки (булевої алгебри). Поняття логічної функції (булевої функції, функції алгебри логіки). Базові функції алгебри логіки. Основні теореми, аксіоми, використовувані для спрощення логічних виразів. Канонічні форми логічних функцій. Приведення логічних формул к канонічному виду. Нормальні форми для логічних формул. Досконала диз'юнктивна нормальна форма (ДДНФ). Досконала кон'юнктивна нормальна форма (ДКНФ).

ТЕМА 4. Мінімізація логічних функцій

Практичне застосування канонічних форм логічних формул. Проблема мінімізації логічних функцій, основні визначення. Основні методи мінімізації логічних функцій. Метод прямого перебору. Метод Квайна. Табличний метод Квайна-мак Клаські. Метод діаграм (карт) Карно. Особливості застосування різних методів мінімізації. Особливості мінімізація частково визначених логічних функцій.

ТЕМА 5. Перетворення базису логічних функцій

Функціонально повні логічні базиси. Перехід от канонічної нормальної форми до базису заперечення диз'юнкції. Перехід от канонічної нормальної форми до базису заперечення кон'юнкції.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Основні положення теорії і техніки цифрових інтегральних схем

ТЕМА 1. Логічні елементи

Умовне графічне позначення логічних елементів на схемах. Принципи проектування цифрових інтегральних схем. Класифікація базових логічних елементів.

ТЕМА 2. Базовий логічний елемент транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ)

Ключ на біполярному транзисторі, швидкодія ключа. Ненасичений ключ на додатковому діоді та на переходах Шоттки. Реалізація логічної функцій в елементі ТТЛ.

ТЕМА 3. Базовий логічний елемент на МОН-транзисторах

Ключ на МОН-транзисторах з резистивним навантаженням. Ключ на МОН-транзисторах з динамічним навантаженням. Реалізація логічної функції в елементі МОН-транзисторної логіки (МОНТЛ). Реалізація логічної функції в елементі компліментарної МОН-транзисторної логіки (КМОНТЛ).

ТЕМА 4. Базовий логічний елемент емітерно-зв'язаної логіки (ЕЗЛ)

Реалізація логічної функції в елементах ЕЗЛ. Мікросхеми зі спеціальними виходами. Вихід з відкритим колектором, вихід з третім станом (з трьома станами).

ТЕМА 5. Логічні інтегральні мікросхеми

Основні серії мікросхем ТТЛ. Основні серії мікросхем КМОНТЛ. Рівні логічних сигналів мікросхем ТТЛ та КМОНТЛ. Маркування логічних мікросхем. Позначення логічних мікросхем на схемах. Приклади логічних мікросхем.

Модульний контроль

Змістовний модуль 3. Цифрові (дискретні) автомати

ТЕМА 1. Основні елементи теорії автоматів

Абстрактний цифровий автомат. Автомати Міли, Мура і С-автомат. Матричний спосіб завдання автомата. Графічний спосіб завдання автомата. Аналітичний спосіб завдання автомата. Структурний синтез цифрових автоматів.

ТЕМА 2. Комбінаційні цифрові автомати (схеми)

Дешифратори (декодери). Восьмирічний дешифратор. Приклади інтегральних мікросхем дешифраторів. Реалізація на дешифраторі довільної логічної функції. Семісегментний дешифратор. Шифратори (кодери). Восьмирічний пріоритетний шифратор. Мільтиплексори. Реалізація на мультимплексорі довільної логічної функції. Демультимплексори. Цифрові компаратори. Комбінаційні суматори.

ТЕМА 3. Цифрові автомати з пам'яттю (послідовнісні автомати)

Загальні принципи побудови. Канонічний метод структурного синтезу.

ТЕМА 4. Тригери

Асинхронні RS-тригери. Синхронні одноступеневі RS-тригери. Синхронні двоступеневі RS-тригери. T-тригери. D-тригери. JK-тригери. Схеми взаємного перетворення тригерів різних типів. Несиметричний тригер (тригер Шмідта).

ТЕМА 5. Лічильники і дільники

Класифікація і основні параметри лічильників та дільників. Лічильники з послідовним переносом. Сумуючий та від'ємний лічильники. Реверсивний лічильник. Лічильники з наскрізним та паралельним переносом. Додаткові опції лічильників.

ТЕМА 6. Регістри

Класифікація регістрів. Регістри пам'яті. Зсувні регістри (регістри зсуву). Різновиди зсувних регістрів.

ТЕМА 7. Напівпровідникові запам'ятовуючі пристрої (ЗП)

Основні параметри запам'ятовуючих пристроїв. Класифікація запам'ятовуючих пристроїв. Схема адресного ЗП з довільним доступом. Схема адресного ЗП з послідовним доступом. Схема асоціативного ЗП. Основні види та ієрархія пам'яті обчислювальних систем. Організація вторинної пам'яті. Формування пам'яті потрібного об'єму. Способи організації адресації. Статичні оперативні ЗП. Динамічні оперативні ЗП. Постійні запам'ятовуючі пристрої. Однократно та багатократно програмовані постійні запам'ятовуючі пристрої.

Модульний контроль

Змістовний модуль 4. Особливості архітектури мікропроцесорів (МП)

ТЕМА 1. Трьохшинна архітектура мікропроцесорної системи

Структурна схема мікропроцесорної системи з трьохшинною архітектурою, її основні вузли: центральний процесор, пам'ять і зовнішні пристрої. Призначення шин адреси, даних і управління. Основні сигнали управління операціями вводу/виводу.

ТЕМА 2. Однокристальні МІКРО-ЕОМ (мікроконтролери, МК)

Структурна схема однокристальних МІКРО-ЕОМ і її основні вузли: регістри загального та спеціального призначення, стек, програмний лічильник, внутрішня оперативна та постійна пам'ять, схема синхронізації і управління, арифметико-логічний пристрій, внутрішній таймер, інтерфейс введення/виводу. Сімейство мікроконтролерів MCS-51 на базі ядра Intel 8051. Представник сімейства MCS-51 від фірми Silicon Labs МК C8051F121. Обчислювальне ядро МК C8051F121 CIP-51.

ТЕМА 3. Процесори цифрової обробки сигналів

Основні сімейства сигнальних мікропроцесорів (СМП). Архітектура, система команд, вводу і виводу інформації. СМП з двоадресною системою вибору операндів. Архітектура, система команд, ввід і вивід інформації. Організація переривань. Послідовний інтерфейс. Таймери. Апаратний помножувач. Компресія інформації. Програмна модель. Робота в режимі з плаваючою крапкою. Багатофункціональні операції. Організація буферів. Аналоговий інтерфейс.

ТЕМА 4. Інтерфейс каналу вводу-виводу

Призначення систем вводу-виводу. Програмний ввід-вивід, організація вводу-виводу в режимі переривання і в режимі прямого доступу до пам'яті. Інтерфейс паралельного каналу вводу-виводу. Інтерфейс послідовного каналу вводу-виводу.

ТЕМА 5. Периферійні пристрої

Периферійні пристрої мікропроцесорних систем і МІКРО-ЕОМ: клавіатура, дисплеї. Стандартні інтерфейси периферійних пристроїв: ІРІР (CENTRONICS), ІРІС (RS 232c). Послідовні інтерфейси: I²C, SPI, CAN, SMBus.

Модульний контроль

Змістовний модуль 5. Загальні питання програмного забезпечення мікропроцесорних систем на прикладі МП типа MCS-51

ТЕМА 1. Програмне забезпечення МП з фіксованим набором команд

Програмна модель МП типа MCS-51. Внутрішні реєстри: реєстри даних, реєстри управління. Зовнішні реєстри: пам'ять, засоби вводу/виводу. Принцип програмного об'єднання 8-мі бітових реєстрів в 16-ти бітові реєстрові пари.

ТЕМА 2. Режими адресації і система команд МП MCS-51

Пряма адресація. Безпосередня адресація. Регістрова адресація. Непряма адресація. Можливість програмного здійснення індексної адресації. Системи команд. Розділення системи команд МП на групи відповідно до їх функціонального призначення. Групи команд пересилки, арифметичних і логічних операцій, передачі управління і група спеціальних команд.

ТЕМА 3. Основи програмування на мові С-51

Цикл розробки програми. Базові рекомендації з написання і налагодження програм. Типова структура програми для МК. Основні особливості, алфавіт і лексичні одиниці мови С-51. Оператори мови С-51. Оператори оголошення. Типи змінних. Виконувані оператори. Пріоритет і порядок виконання операцій. Умовний оператор. Структурний і порожній оператори. Оператори циклів. Оператор вибору. Оператори передачі управління. Основні знаки пунктуації.

ТЕМА 4. Основи програмування на мові АСЕМБЛЕР

Стандартний формат бланка для асемблерних програм. Поле мітки. Приклади допустимих і недопустимих міток. Поле мнемоніки. Довжина поля мнемоніки. Однозначна відповідність мнемоніки і машинного коду операції. Поняття про мнемоніку як про ключове слово АСЕМБЛЕРА. Поле операнда. Адреси пам'яті як операнди. Команди, що мають порожнє поле операнда. Поле коментаря. Обов'язковість роздільника.

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. Алгебра логіки					
1. Вступ до навчальної дисципліни.	3	1	-	-	2
2. Системи числення.	4	1	-	1	2
3. Основи алгебри логіки.	4	1	-	1	
4. Мінімізація логічних функцій.	4	1	-	1	2
5. Перетворення базису логічних функцій.	3	1	-	-	2
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Разом за змістовним модулем 1	19	5	-	4	10
Змістовний модуль 2. Основні положення теорії і техніки цифрових інтегральних схем					
1. Логічні елементи.	5	1	-	-	4
2. Базовий логічний елемент транзисторно-транзисторної логіки.	5	1	-	-	4
3. Базовий логічний елемент на МОН-транзисторах.	5	1	-	-	4
4. Базовий логічний елемент емітерно-зв'язаної логіки.	5	1	-	-	4
5. Логічні інтегральні мікросхеми.	5	1	-	-	4
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Разом за змістовним модулем 2	26	5	-	1	20

Змістовний модуль 3. Цифрові (дискретні) автомати					
1. Основні елементи теорії автоматів.	3	1	-	-	2
2. Комбінаційні цифрові автомати (схеми).	4	1	-	1	2
3. Цифрові автомати з пам'яттю (послідовнісні автомати).	4	2	-	-	2
4. Тригери.	3	1	-	-	2
5. Лічильники і дільники.	4	1	-	1	2
6. Регістри.	4	1	-	1	2
7. Напівпровідникові запам'ятовуючі пристрої.	3	1	-	-	2
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Разом за змістовним модулем 3	26	8	-	4	14
Змістовний модуль 4. Особливості архітектури мікропроцесорів (МП)					
1. Трьохшинна архітектура мікропроцесорної системи.	3	1	-	-	2
2. Однокристальні МІКРО-ЕОМ (мікроконтролери).	9	4	-	3	2
3. Процесори цифрової обробки сигналів.	3	1	-	-	2
4. Інтерфейс каналу вводу-виводу.	6	1	-	3	2
5. Периферійні пристрої.	12	1	-	9	2
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Разом за змістовним модулем 4	34	8	-	16	10
Змістовний модуль 5. Загальні питання програмного забезпечення мікропроцесорних систем на прикладі МП типа MCS-51					
1. Програмне забезпечення МП з фіксованим набором команд.	8	2	-	-	6
2. Режими адресації і система команд МП MCS-51.	14	6	-	2	6
3. Основи програмування на мові С-51	11	3	-	2	6
4. Основи програмування на мові АСЕМБЛЕР.	11	3	-	2	6
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Разом за змістовним модулем 5	45	14	-	7	24
Усього годин	150	40	-	32	78

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	Вивчення основ роботи з числами у двійковому коді.	1
2	Вивчення основ роботи з логічними функціями.	1
3	Побудова та тестування комбінаційних автоматів (схем).	1
4	Побудова та тестування послідовнісних автоматів (автоматів з пам'яттю).	1
5	Вивчення інтегрованого середовища розробки програмного забезпечення мікроконтролерів Keil Uvision.	1
6	Ознайомлення з лабораторним макетом для досліджень мікроконтролерної системи на основі процесора C8051F121.	2
7	Вивчення основ роботи з арифметико-логічним пристроєм МК C8051F121.	2
8	Вивчення основ роботи з портами вводу-виводу МК C8051F121.	3
9	Вивчення основ роботи з різними видами пам'яті МК C8051F121.	3
10	Вивчення основ роботи з таймерами МК C8051F121.	3
11	Вивчення основ роботи з універсальним послідовним прийомо-передавачем МК C8051F121.	3
12	Вивчення основ роботи з аналоговою периферією МК C8051F121.	3
13	Вивчення основ роботи з рідкокристалічним текстовим індикатором.	3
14	Проведення модульного контролю	5
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Алгебра логіки.	10
2	Основні положення теорії і техніки цифрових інтегральних схем.	20
3	Цифрові (дискретні) автомати.	14
4	Особливості архітектури мікропроцесорів (МП).	10
5	Загальні питання програмного забезпечення мікропроцесорних систем на прикладі МП типу MCS-51.	24
	Разом	78

9. Індивідуальні завдання

Навчальним планом не передбачено.

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	3	0...3
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	2	0...6
Модульний контроль	0...8	1	0...8
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Модульний контроль	0...8	1	0...8
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	3	0...9
Модульний контроль	0...8	1	0...8
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...8	1	0...8
Змістовний модуль 5			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...8	1	0...8
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.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань. 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. 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 С.К. Конспект лекцій за курсом. – 216 с. – В електронному виді.
2. Абрамов С.К. Методичні вказівки до лабораторного практикуму. – 150 с. – В електронному виді.
3. Абрамов К.Д. Основы цифровой схемотехники: учеб. пособие / К.Д. Абрамов, С.К. Абрамов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2011. – 96 с. Загальний обсяг – 89 прим.

Навчально-методичний комплекс дисципліни розміщено на офіційному сайті університету: http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/003_Obchislyuvalna.pdf та у системі дистанційного навчання Ментор: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1662>

14. Рекомендована література

Базова

1. Prasad R. Analog and Digital Electronic Circuits: Fundamentals, Analysis, and Applications. – Springer, 2021.
2. Tokheim R. L. Digital electronics. – Glencoe, 1994.
3. Westcott S., Westcott J. R. Basic Electronics: Theory and Practice. – Stylus Publishing, LLC, 2020.
4. Mazidi M. A., Mazidi J. G., McKinlay R. D. The 8051 microcontroller and embedded systems: using Assembly and C. – Pearson/Prentice Hall, 2006. – Т. 626.
5. Прикладная теория цифровых автоматов: учеб. для вузов / под ред. К.Г. Самофалова. - К. - Вища школа, 1987. - 376 с. Загальний обсяг – 4 прим.

Допоміжна

1. Спеціалізовані мікроконтролерні системи. Теорія і практика: Підручник / Є.І. Сокол, І.Ф. Домнін, О.М. Рисований та ін. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2007. – 252с.
2. Nahin P. J. The Science of Radio: with MATLAB® and Electronics Workbench® Demonstrations. – Springer Science & Business Media, 2001.
3. Лихтциндер Б.Я. Микропроцессоры и вычислительные устройства в радиотехнике : учеб. пособие для студентов вузов / Б. Я. Лихтциндер, В. Н. Кузнецов. - К. - Выща школа, 1988. - 272 с.
4. Самофалов К.Г. Микропроцессоры / К. Г. Самофалов, О. В. Викторов. - 2-е изд., перераб. и доп. - К. - Тэхника, 1989. - 312 с.

15. Інформаційні ресурси

Система дистанційного навчання університету Mentor
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1662>