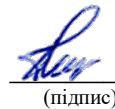


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Сергій ПАСІЧНИК
(ініціали та прізвище)

« 26 » серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

МІКРОКОНТРОЛЕРИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

Освітня програма: «Інтелектуальні транспортні системи»

Форма навчання: денна

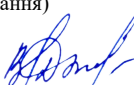
Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник:

Джулгаков В.Г., доцент кафедри систем управління літальних апаратів (№ 301)

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Систем управління літальних апаратів (№ 301)

Протокол № 1 від “ 26 ” серпня 2024 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент


(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ

(прізвище та ініціали)

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: 27 «Транспорт» Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт» Освітня програма: «Інтелектуальні транспортні системи» Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов’язкова дисципліна		
Кількість модулів – 2		Навчальний рік		
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025		
Індивідуальне завдання: розрахункова робота		Семестр		
Загальна кількість годин кількість годин аудиторних занять* / загальна кількість годин 64 / 135		6-й (4-й – для скор. форми)		
		Лекції*		
		32 години		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		Практичні, семінарські*		
		–	–	
Семестр 6		Лабораторні*		
Аудиторних – 4 год.		Самост. роботи – 4,4 год.	32 години	
		Самостійна робота		
			71 година	
			Вид контролю	
	іспит			

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

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: засвоєння здобувачами принципів внутрішньої організації базових моделей однокристальних мікроконтролерів (МК), побудови цифрових контролерів на їх основі та методичних підходів до розробки їх програмного забезпечення.

Завдання: формування у здобувачів фахових знань і практичних навичок із аналізу технічного завдання на розробку цифрового контролера та обґрунтованого вибору елементів цифрової мікросхемотехніки для його реалізації; принципів розробки і тестування елементів програмного забезпечення цифрових контролерів для збирання та оброблення даних і формування сигналів управління у реальному часі.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі повинні досягти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК7. Здатність працювати автономно.
- ЗК8. Здатність працювати в команді.
- ЗК9. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Фахові компетентності (ФК):

- ФК1. Здатність дотримуватися у професійній діяльності вимог міжнародних та національних нормативно-правових документів в галузі авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту та їх систем.
- ФК3. Здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів.
- ФК10. Здатність застосовувати методи та засоби технічних вимірювань, технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи при технічному діагностуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.
- ФК11. Здатність застосовувати сучасні програмні засоби для розробки проектно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.
- ФК18. Здатність використовувати знання з основ електротехніки, електроніки, схемотехніки при розв'язанні практичних завдань проектування систем і приладів авіаційної техніки.
- ФК19. Здатність реалізовувати та використовувати апаратні та програмно-алгоритмічні засоби при проектуванні систем управління для об'єктів авіаційної техніки.

Програмні результати навчання:

- ПРН3. Застосовувати сучасні інформаційні технології, технічну літературу, бази даних, інші ресурси та сучасні програмні засоби для розв'язання спеціалізованих складних задач авіаційного транспорту.
- ПРН5. Дотримуватися норм спілкування у професійній взаємодії з колегами, керівництвом, ефективно працювати у команді.
- ПРН8. Застосовувати міжнародні та національні стандарти і практики в професійній діяльності.
- ПРН10. Знати основні положення нормативно-правових та законодавчих актів України у сфері авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.
- ПРН11. Аналізувати побудову і функціонування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, елементів, фактори, що впливають на їхні характеристики та параметри.

ПРН12. Визначати параметри об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів шляхом проведення вимірального експерименту з оцінкою його результатів.

ПРН19. Здійснювати технічне діагностування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів, використовуючи ефективні засоби, відповідні технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи.

ПРН26. Використовувати професійно-орієнтовані знання з математики, фізики, електротехніки, електроніки, обчислювальної техніки і програмування при проектуванні підсистем і приладів для об'єктів авіаційного транспорту.

ПРН27. Виконувати аналіз і комп'ютерне моделювання підсистем і приладів об'єктів авіаційної техніки, синтез систем управління та вибір технічних засобів їх реалізації, використовуючи професійний математичний апарат та комп'ютерно-інтегровані технології і відповідні програмні середовища.

Пререквізити:

Вища математика. Алгоритмізація та програмування. Основи метрології. Електроніка та основи схемотехніки. Математичні основи цифрових систем.

Кореквізити: Системи управління об'єктами авіаційного транспорту. Теорія автоматичного управління. Навігаційні прилади авіаційного транспорту..

Постреквізити: Атестаційний екзамен.

3. Програма навчальної дисципліни

Семестр 6

Модуль 1. Архітектура і програмування однокристальних мікроконтролерів сімейства MCS-51

Змістовий модуль 1. Архітектура і програмування однокристальних мікроконтролерів сімейства MCS-51

Тема 1. Вступ до дисципліни «Мікроконтролери в системах управління». Класифікація мікропроцесорів. Особливості архітектури та програмного забезпечення цифрових контролерів. Представлення даних в контролерах

Предмет вивчення і задачі дисципліни «Мікроконтролери в системах управління». Типова структура цифрової системи управління. Зв'язок із попередніми та наступними дисциплінами. Огляд літературних джерел. Мікропроцесорний пристрій як апаратно-програмний засіб реалізації алгоритмів управління. Класифікація мікропроцесорів. Особливості архітектури та програмного забезпечення цифрових контролерів. Архітектура Фон Неймана і Гарвардська архітектура. Приклади бортових мікропроцесорних систем керування. Формати даних в контролерах.

Тема 2. Апаратні ресурси мікроконтролерів сімейства MCS-51

Склад сімейства мікроконтролерів MCS-51. Функціональні особливості МК. Структура, функціональні можливості та апаратно-програмні ресурси мікроконтролерів сімейства MCS-51. Логічна організація пам'яті в MCS-51. Структура резидентної пам'яті. Регістровий файл, стек, регістри спеціальних функцій. Зовнішня пам'ять.

Тема 3. Система команд і способи адресації даних в мікроконтролерах. Розроблення програм мовами Асемблер та Сі

Система команд та принципи програмування мікроконтролерів MCS-51. Формати команд та способи адресації даних. Особливості читання та виконання команд, машинний цикл. Структура програми, засоби реалізації структурних елементів програми при застосуванні мов програмування Асемблер та Сі. Стек як область оперативної пам'яті із протоколом

доступу FILO. Апаратні та програмні засоби забезпечення протоколу FILO. Використання стеку при виконанні підпрограм

Тема 4. Реалізація периферійних функцій у мікроконтролерах. Паралельні порти введення-виведення мікроконтролерів MCS-51

Реалізація периферійних функцій у мікропроцесорних системах. Порти паралельного та послідовного введення-виведення даних. Протоколи обміну даними між процесором та зовнішніми пристроями. Порти введення-виведення у складі МК MCS-51. Взаємодія MCS-51 із зовнішньою пам'яттю. Характеристика периферійних блоків у складі MCS-51 та принципи їх взаємодії з процесором. Підключення засобів відображення даних.

Тема 5. Структура і використання таймерів у мікроконтролерах

Реалізація функцій часу за допомогою таймерів цифрових контролерів. Структура, режими роботи, програмне налаштування таймерів у складі мікроконтролерів MCS-51. Розрахунок параметрів налаштування таймерів.

Тема 6. Послідовний порт UART в мікроконтролерах

Структура та принципи використання послідовного порту UART у складі мікроконтролерів MCS-51. Розрахунок режимів роботи та програмне налаштування UART.

Тема 7. Обробка переривань у мікроконтролерах

Поняття про переривання програми та принципи оброблення переривань у мікропроцесорних системах. Структура та функції контролера переривань. Оброблення переривань в мікроконтролерах MCS-51. Принципи програмного налаштування контролера переривань.

Модульний контроль: Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна робота.

Модуль 2. Шинна архітектура контролера та аналого-цифрові інтерфейси

Змістовий модуль 2. Цифрові контролери з шинною архітектурою

Тема 1. Реалізація функцій і дискретних автоматів на МК.

Особливості реалізації табличних функцій. Реалізація дискретних (кінцевих) автоматів.

Тема 2. Особливості побудови шинної архітектури контролерів

Шинна архітектура як базовий принцип побудови обчислювальних пристроїв. Шинні ресурси мікроконтролерів. Мінімальна конфігурація мікроконтролерної системи. Шинна архітектура на основі послідовних шин. Шинна архітектура на основі паралельних шин.

Тема 3. Розрахунок елементів паралельної шинної архітектури

Побудова буферних каскадів системних шин. Діаграма формування сигналів управління. Розподіл адресного простору контролера і методика розрахунку адресних селекторів.

Тема 4. Аналого-цифрові інтерфейси мікропроцесорних систем

Типові структури каналів аналого-цифрового введення-виведення. Базові функціональні схеми аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) і цифро аналогових перетворювачів (ЦАП). Характеристика протоколів обміну даними. Приклади апаратно-програмної реалізації каналів аналого-цифрового перетворення [Д4, розділ 6].

Модульний контроль: Захист лабораторних робіт. Виконання і захист розрахункової роботи №1. Модульна контрольна робота.

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
Семестр 6					
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Архітектура і програмування однокристальних мікроконтролерів сімейства MCS-51					
Тема 1. Вступ до дисципліни «Мікроконтролери в системах управління». Класифікація мікропроцесорів. Архітектура і програмне забезпечення цифрових контролерів. Представлення даних в контролерах	14	4	—	4	6
Тема 2. Апаратні ресурси мікроконтролерів сімейства MCS-51	5	2	—	—	3
Тема 3. Система команд і способи адресації даних в мікроконтролерах. Розробка програм мовами Асемблер та Сі	14	4	—	4	6
Тема 4. Реалізація периферійних функцій у мікроконтролерах. Паралельні порти введення-виведення МК MCS-51	12	2	—	4	6
Тема 5. Структура і використання таймерів у мікроконтролерах	20	2	—	8	10
1	2	3	4	5	6
Тема 6. Послідовний порт UART в мікроконтролерах	6	2			4
Тема 7. Обробка переривань у мікроконтролерах	12	2		4	6
Модульний контроль. Модульна контрольна робота.	2	—	—	—	2
Разом за змістовним модулем 1	85	18	—	24	43
Модуль 2					
Змістовний модуль 2. Шинна архітектура контролера та аналого-цифрові інтерфейси					
Тема 1. Реалізація функцій і дискретних автоматів на МК	4	2	—	—	2
Тема 2. Особливості побудови шинної архітектури контролерів	14	4	—	4	6
Тема 3. Розрахунок елементів паралельної шинної архітектури	6	4	—	—	2
Тема 4. Аналого-цифрові інтерфейси мікропроцесорних систем	14	4	—	4	6
Виконання розрахункової роботи №1.	10	—	—	—	10

1	2	3	4	5	6
Модульний контроль: Модульна контрольна робота.	2	–	–	–	2
Разом за змістовним модулем 2	50	14	–	8	28
Усього за модулями 1, 2 (семестр 6)	135	32	–	32	71
Контрольний захід – семестровий іспит					

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Робота з форматами числових даних в обчислювальних системах	4
2	Структура і принципи роботи з інтегрованим середовищем розробки програмного забезпечення MCStudio. Основи розробки програм мовами Асемблер та С для МК сімейства MCS-51	4
3	Введення і виведення даних через паралельні порти МК-системи. Реалізація алгоритму кінцевого автомата на основі таблиці станів	4
4	Апаратно-програмне вимірювання частоти зовнішніх імпульсів на основі таймерів МК	4
5	Вимірювання тривалості зовнішніх імпульсів та основі таймера	4
6	Програмування реакції МК на зовнішні події та апаратно-програмне формування інтервалів часу на основі таймерів	4
7	Тестування запам'ятовувальних пристроїв у складі УНМС	4
8	Керування роботою аналого-цифрового перетворювача та пересилання даних на ПЕОМ	4
	Разом за семестр 6	32

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація мікропроцесорів. Архітектура і програмне забезпечення цифрових контролерів. Представлення даних в контролерах (M1-T1)	6
2	Апаратні ресурси мікроконтролерів сімейства MCS-51 (M1-T2)	3
3	Система команд і способи адресації даних в мікроконтролерах. Розробка програм мовами Асемблер та Сі (M1-T3)	6
4	Реалізація периферійних функцій у мікроконтролерах. Паралельні порти введення-виведення МК MCS-51 (M1-T4)	6
5	Структура і використання таймерів у мікроконтролерах (M1-T5)	10
6	Послідовний порт UART в мікро контролерах (M1-T6)	4
7	Обробка переривань у мікроконтролерах (M1-T7)	6
8	Реалізація функцій і дискретних автоматів на МК (M2-T1)	2
9	Особливості побудови шинної архітектури контролерів (M2-T2)	6
10	Розрахунок елементів паралельної шинної архітектури (M2-T3)	2
11	Аналого-цифрові інтерфейси мікропроцесорних систем (M2-T4)	6
12	Виконання розрахункової роботи №1 на тему «Розрахунок адресного селектора для МП-системи з шинною архітектурою». (Модуль 2 – Теми 2, 3)	10
13	Написання модульних контрольних робіт	4
	Разом	71

9. Індивідуальні завдання

Назва індивідуального завдання	Кількість годин
Виконання розрахункової роботи №1 на тему «Розрахунок адресного селектора для МП-системи з шинною архітектурою». (Модуль 2 – Теми 2, 3)	10

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (за необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді захисту лабораторних робіт, захисту індивідуальної розрахункової роботи відповідно до змістових модулів і тем, виконання модульної контрольної роботи; фінальний (семестровий) контроль – іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Семестр 6			
Змістовний модуль 1			
Виконання лабораторних робіт	3...5	6	18...30
Захист лабораторних робіт	3...5	6	18...30
Модульний контроль	3...5	1	3...5
Змістовний модуль 2			
Виконання лабораторних робіт	3...5	2	6...10
Захист лабораторних робіт	3...5	2	6...10
Захист РГР №1 (задачі 1 та 2)	3...5	2	6...10
Модульний контроль	3...5	1	3...5
Усього за семестр 6			60...100

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох запитань. Перше запитання – теоретичне, максимальна кількість балів становить 20. Друге запитання – задача для розв’язання, максимальна кількість балів – 40. Третє запитання – лабораторне (стендове), максимальна кількість балів – 40.

Приклади екзаменаційних білетів

Білет 1

1. Теоретичне запитання. Структура однокристального мікроконтролера MCS-51. Електричний інтерфейс, групи виводів. Мінімальна і шинна конфігурація мікроконтролерної системи. Максимальний бал за правильну відповідь – 20 балів.

2. Задача для розв’язання. Розрахувати адресний селектор для управління мікросхемами пам’яті таких об’ємів: область ПЗП – 8К, початкова адреса 2000Н; область ОЗП – 2×8К, початкова адреса 4000Н. Побудувати схему розрахованого адресного селектора. Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів.

3. Лабораторне (стендове) завдання. Розробити програму мовою Сі для MCS-51, яка циклічно реалізує такі дії на стенді УУМС: зчитує поточне значення з лінійки перемикачів (адреса ЗПД 0FFF2h); якщо біт 3 дорівнює 0, то виводить на ССІ значення 15, інакше – значення 20; якщо біт 4 дорівнює 1, то вмикає лінійку світлодіодів (адреса ЗПД 0FFF1h), інакше гасить лінійку світлодіодів. Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів.

Білет 2

1. Теоретичне запитання. Паралельний програмований інтерфейс (ППІ) моделі 82C55 і його застосування в обчислювальних системах. Максимальний бал за правильну відповідь – 20 балів

2. Задача для розв'язання. Представити значення -50 в форматах «Ціле двухбайтове зі знаком» і «3 плаваючою крапкою 3 байта». Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів.

3. Лабораторне (стендове завдання): Здійснити моделювання роботи дешифратора (3×8) в середовищі Electronics Workbench. Використати модель дешифратора **Generic 3-to-8 Dec** з бібліотеки цифрових мікросхем Digital. Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів

Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74 балів)

Здобувач володіє теоретичним матеріалом не в повному обсязі, допустив помилки у вирішенні задачі або практичного (лабораторного) завдання, його відповіді на запитання не є повними, або є помилковими. Дав неточні та неповні відповіді на додаткові запитання. Захистив всі індивідуальні завдання (лабораторні роботи та РГР) та модульні контрольні роботи із оцінками в межах вказаного діапазону.

Добре (75-89 балів)

Здобувач має тверді знання з теоретичної частини дисципліни, розв'язав задачу правильно, але нераціональним способом, виконав практичне (лабораторне) завдання, але його відповіді на деякі запитання не є повними. Дав неточні відповіді на теоретичні додаткові запитання. Захистив всі індивідуальні завдання (лабораторні роботи та РГР) та модульні контрольні роботи із оцінками в межах вказаного діапазону.

Відмінно (90-100 балів)

Здобувач твердо знає: базові функціональні елементи і блоки цифрової схемотехніки; методи розрахунку параметрів блоків цифрової схемотехніки; типову структуру однокристалного мікроконтролера, принципи його функціонування і побудови цифрового контролера на його основі; типову структуру обчислювальної системи із шинною організацією; схемотехнічні рішення для введення і виведення аналогових і дискретних сигналів із цифрового контролера; принципи побудови і проектування програмного забезпечення однокристалних мікроконтролерів; узагальнену методику проектування контролера для системи управління.

При цьому здобувач, використовуючи знання з дисципліни, повно та правильно відповідає на всі питання, які були поставлені перед ним. У всіх відповідях здобувач не допустив суттєвих неточностей, вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Здобувач проявляє вміння логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати типову задачу та практичне завдання, а також відповідати на всі додаткові питання. Зменшення кількості балів в межах 90...100 можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання.

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- базові функціональні елементи і блоки цифрової схемотехніки;
- методики розрахунку параметрів блоків цифрової схемотехніки;
- типову структуру однокристалного мікроконтролера, принципи його функціонування і побудови цифрового контролера на його основі;
- типову структуру обчислювальної системи із шинною організацією;
- схемотехнічні рішення для введення і виведення аналогових і дискретних сигналів із цифрового контролера;
- загальні принципи побудови і проектування програмного забезпечення однокристалних мікроконтролерів;

- узагальнену методику проектування контролера для системи управління.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- розраховувати типові функціональні блоки цифрової схемотехніки;
- формувати функціональну і принципову схеми цифрового контролера;
- створювати алгоритмічне забезпечення для вирішення контролером типових функціональних задач управління;
- створювати і тестувати програмне забезпечення цифрового контролера.

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

Все методичне забезпечення в електронному вигляді розміщене на сервері каф. 301. Автор всіх розробок – доцент каф. 301 Джулгаков В.Г. Шлях для ознайомлення і скачування: R:\materials\Микропроцессорные регуляторы\Микроконтроллеры в системах управления або

<https://drive.google.com/drive/folders/10sAYmKlmXxTPoVx8znUdkIa9LMj5JYRt>

Розміщення НКМД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор:

– для семестру 6 – <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1247>

1. Конспект лекцій з дисципліни «Мікроконтролери в системах управління». 2024 р.
2. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт в семестрі 6. 2024 р.
3. Методичні вказівки і завдання до виконання розрахунково-графічних робіт. 2024 р.
4. Інтегроване середовище **MCStudio**. Інструкція користувача. 2012 р.
5. Універсальна учбова мікроконтролерна система УУМС. Технічний опис. 2010 р.
6. Системне програмне забезпечення УУМС. Інструкція користувача. 2010 р.
7. Методичні рекомендації з розробки програмного забезпечення в інтегрованому середовищі MCStudio мовою С. 2016 р.
9. Проектування цифрових контролерів. / В. Г. Джулгаков, К. І. Руденко. – Навч. посібник. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2008 – 100 с.
10. Джулгаков, В. Г. Мікроконтролери в системах керування. Microprocessor Control Systems : навч. посіб. до лаб. робіт / В. Г. Джулгаков. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 144 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Гришук Ю. С. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Гришук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.

2. Фурман, І. О. Мікроелектронні засоби програмного керування / І. О. Фурман, М. Л. Малиновський, В. Г. Джулгаков / Під заг. ред. І. О. Фурмана : Підручник для студентів ВНЗ. – Харків : Факт, 2007. – 486 с.
3. Джулгаков, В. Г. Проектування цифрових контролерів : навч. посіб. / В. Г. Джулгаков, К. І. Руденко : Навч. посібник. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2008. – 100 с.
4. Джулгаков, В. Г. Мікроконтролери в системах керування. Microprocessor Control Systems [Текст] : навч. посіб. до лаб. робіт / В. Г. Джулгаков. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 144 с.
5. Поджаренко, В. О. Основи мікропроцесорної техніки : навч. посіб. / В. О. Поджаренко, В. Ю. Кучерук, В. М. Севастьянов. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 226 с.

Допоміжна

1. Прокопенко, В. С. Програмування мікроконтролерів ATMEЛ мовою С / В. С. Прокопенко. – Харків : Бізнес-Інформ, 2012. – 392 с.
2. Програмування мікроконтролерів AVR : навч. посіб. / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
3. Раціональне управління працездатністю макетного блока електродвигунів-маховиків [Текст] / В. Г. Джулгаков, К. Ю. Дергачов, А. С. Кулік та ін. : за заг. ред. А. С. Куліка. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 224 с. ISBN 978-966-662-900-8

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: **k301.khai.edu**.
2. Офіційний сайт провідного виробника мікроконтролерів ATMEЛ: **www.atmel.com**

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

Сергій ПАСІЧНИК
(ініціали та прізвище)

« 26 » серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

МІКРОКОНТРОЛЕРИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

Освітня програма: «Інтелектуальні транспортні системи»

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник:

Джулгаков В.Г., доцент кафедри систем управління літальних апаратів (№ 301)

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Систем управління літальних апаратів (№ 301)

Протокол № 1 від “ 26 ” серпня 2024 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент


(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ

(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника		Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)	
Кількість кредитів – 3,5		Галузь знань: 27 «Транспорт» Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт» Освітня програма: «Інтелектуальні транспортні системи» Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов’язкова дисципліна	
Кількість модулів – 2			Навчальний рік	
Кількість змістовних модулів – 2				2024/2025
Індивідуальне завдання: розрахункова робота			Семестр	
Загальна кількість годин кількість годин аудиторних занять* / загальна кількість годин 48 / 105				7-й (5-й для скор. форми)
			Лекції*	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:				16 годин
			Практичні, семінарські*	
Семестр 7			–	–
Аудиторних – 3 год	Самост. роботи – 3,6 год.		Лабораторні*	
				32 години
			Самостійна робота	
			57 годин	
		Вид контролю		
			іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 48 / 57.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: засвоєння здобувачами принципів внутрішньої організації базових моделей однокристальних мікроконтролерів (МК), побудови цифрових контролерів на їх основі та методичних підходів до розробки їх програмного забезпечення.

Завдання: формування у здобувачів фахових знань і практичних навичок із аналізу технічного завдання на розробку цифрового контролера та обґрунтованого вибору елементів цифрової мікросхемотехніки для його реалізації; принципів розробки і тестування елементів програмного забезпечення цифрових контролерів для збирання та обробки даних і формування сигналів управління у реальному часі.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК7. Здатність працювати автономно.
- ЗК8. Здатність працювати в команді.
- ЗК9. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Фахові компетентності (ФК):

- ФК1. Здатність дотримуватися у професійній діяльності вимог міжнародних та національних нормативно-правових документів в галузі авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту та їх систем.
- ФК3. Здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів.
- ФК10. Здатність застосовувати методи та засоби технічних вимірювань, технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи при технічному діагностуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.
- ФК11. Здатність застосовувати сучасні програмні засоби для розробки проектно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.
- ФК18. Здатність використовувати знання з основ електротехніки, електроніки, схемотехніки при розв'язанні практичних завдань проектування систем і приладів авіаційної техніки.
- ФК19. Здатність реалізовувати та використовувати апаратні та програмно-алгоритмічні засоби при проектуванні систем управління для об'єктів авіаційної техніки.

Програмні результати навчання:

- ПРН3. Застосовувати сучасні інформаційні технології, технічну літературу, бази даних, інші ресурси та сучасні програмні засоби для розв'язання спеціалізованих складних задач авіаційного транспорту.
- ПРН5. Дотримуватися норм спілкування у професійній взаємодії з колегами, керівництвом, ефективно працювати у команді.
- ПРН8. Застосовувати міжнародні та національні стандарти і практики в професійній діяльності.
- ПРН10. Знати основні положення нормативно-правових та законодавчих актів України у сфері авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.
- ПРН11. Аналізувати побудову і функціонування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, елементів, фактори, що впливають на їхні характеристики та параметри.

ПРН12. Визначати параметри об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів шляхом проведення вимірювального експерименту з оцінкою його результатів.

ПРН19. Здійснювати технічне діагностування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів, використовуючи ефективні засоби, відповідні технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи.

ПРН26. Використовувати професійно-орієнтовані знання з математики, фізики, електротехніки, електроніки, обчислювальної техніки і програмування при проектуванні підсистем і приладів для об'єктів авіаційного транспорту.

ПРН27. Виконувати аналіз і комп'ютерне моделювання підсистем і приладів об'єктів авіаційної техніки, синтез систем управління та вибір технічних засобів їх реалізації, використовуючи професійний математичний апарат та комп'ютерно-інтегровані технології і відповідні програмні середовища.

Пререквізити:

Вища математика. Алгоритмізація та програмування. Основи метрології. Електроніка та основи схемотехніки. Математичні основи цифрових систем.

Кореквізити: Системи управління об'єктами авіаційного транспорту. Теорія автоматичного управління. Навігаційні прилади авіаційного транспорту.

Постреквізити: Атестаційний екзамен.

3. Програма навчальної дисципліни

3. Програма навчальної дисципліни

Семестр 7

Модуль 3. Введення і виведення аналогових сигналів на основі модуляторів

Змістовий модуль 3. Введення і виведення аналогових сигналів на основі модуляторів

Тема 1. Сучасні моделі мікроконтролерів сімейства MCS-51

Огляд сучасних моделей МК MCS-51. Структура та використання таймерів T2 і WDT. Інтерфейс внутрішньосистемного програмування SPI. Автономне тестування програм шляхом стимуляції виконання.

Тема 2. Введення аналогових сигналів до МК на основі частотно-імпульсної модуляції (ЧІМ)

Апаратна реалізація вхідних частотно-імпульсних модуляторів (ЧІМ). Апаратно-програмне вимірювання частоти та періоду імпульсів на МК. Математичний опис вимірювального каналу із ЧІМ. Розрахунок значення вимірюваного фізичного параметра

Тема 3. Введення та виведення аналогових сигналів до МК на основі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ)

Апаратна реалізація вхідних ШІМ. Апаратно-програмне вимірювання тривалості імпульсів на МК. Математичний опис вимірювального каналу із ШІМ. Розрахунок значення вимірюваного фізичного параметра. Апаратна реалізація вихідних ШІМ. Програмна реалізація вихідних ШІМ-імпульсів. Згладжування ШІМ-сигналів і формування полярності.

Тема 4. Аналого-цифрові та цифроаналогові перетворювачі із послідовним інтерфейсом

Використання внутрішньосистемних послідовних інтерфейсів. Інтегральні АЦП із послідовним інтерфейсом. Інтегральні ЦАП із послідовним інтерфейсом. Апаратний і програмний інтерфейс АЦП і ЦАП із МК.

Модульний контроль: Захист лабораторних робіт. Модульна контрольна робота.

Модуль 4. Основи проектування цифрових контролерів

Змістовий модуль 4. Основи проектування цифрових контролерів

Тема 1. Методика проектування цифрових контролерів

Структура технічного завдання на проектування цифрового контролера. Основні системні параметри та вимоги до контролера. Етапи проектування контролера. Оцінювання потрібних ресурсів МК-системи. Вибір конфігурації контролера відповідно до структури системи управління. Розрахунок ресурсів запам'ятовувальних пристроїв. Розподіл адресного простору (АП) мікропроцесорної системи. Основи вибору та розрахунку аналого-цифрових та цифроаналогових перетворювачів різних типів [Д4, розділ 6].

Тема 2. Архітектура та принципи програмування МК сімейства AVR

Особливості архітектури та класифікація МК сімейства AVR. Область застосування МК AVR. Структура ядра і регістрова модель. Номенклатура та структура периферійних пристроїв у складі МК AVR. Огляд системи команд та принципів розробки програмного забезпечення [Д4, розділ 6].

Тема 3. Особливості застосування контролерів в ЦСАУ

Реалізація періоду дискретизації на основі програмних затримок. Використання таймерів для формування періоду дискретизації управління. Структура програми для МК у разі використання таймерів і переривань. Практична реалізація законів управління [Д4, розділ 6].

Модульний контроль: Захист лабораторних робіт. Виконання і захист розрахунково-графічної роботи №2. Модульна контрольна робота.

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
Семестр 7					
Модуль 3					
Змістовий модуль 3. Введення і виведення аналогових сигналів на основі модуляторів					
Тема 1. Сучасні моделі МК сімейства MCS-51	8	2	–	4	2
Тема 2. Введення аналогових сигналів до МК на основі ЧІМ	10	2	–	4	4
Тема 3. Введення та виведення аналогових сигналів до МК на основі ШІМ	11	2	–	4	5
Тема 4. АЦП і ЦАП з послідовним інтерфейсом	7	2	–	–	5
Модульний контроль: Модульна контрольна робота.	4	–	–	–	4
Разом за змістовим модулем 3	40	8		12	20
Модуль 4					
Змістовий модуль 4. Основи проектування цифрових контролерів					
Тема 1. Методика проектування цифрових контролерів	10	2	–	4	4
Тема 2. Архітектура та принципи програмування МК сімейства AVR	7	2	–	–	5
Тема 3. Особливості застосування контролерів в цифрових САУ	24	4	–	16	4

1	2	3	4	5	6
Виконання розрахунково-графічної роботи №2	20	–	–	–	20
Модульний контроль: Модульна контрольна робота.	4	–	–	–	4
Разом за змістовим модулем 4	65	8	–	20	37
Усього за модулями 3, 4 (семестр 7)	105	16	–	32	57
Контрольний захід – семестровий іспит					

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Автономне тестування програми для МК за допомогою симулятора	4
2	Вимірювання фізичного параметра, представленого частотно-модульованими імпульсами	4
3	Вимірювання фізичного параметра, представленого широтно-модульованими імпульсами	4
4	Програмування протоколу двостороннього обміну даними	4
5	Експериментальне отримання перехідної характеристики для об'єкта автоматичного управління за допомогою контролера	4
6	Експериментальне отримання АЧХ та ФЧХ для об'єкта автоматичного управління за допомогою контролера	6
7	Програмування регулятора для замкнутого контуру управління і дослідження системи управління	6
	Разом за семестр 7	32
	Разом з дисципліни	64

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Сучасні моделі МК сімейства MCS-51 (М3 – Т1)	2
2	Введення аналогових сигналів до МК на основі ЧІМ (М3 – Т2)	4
3	Введення та виведення аналогових сигналів до МК на основі ШІМ (М3 – Т3)	5
4	АЦП і ЦАП з послідовним інтерфейсом (М3 – Т4)	5
5	Методика проектування цифрових контролерів (М4 – Т1)	4
6	Архітектура та принципи програмування МК сімейства AVR (М4 – Т2)	5
7	Особливості застосування контролерів в цифрових САУ (М4 – Т3)	4
8	Виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Розробка принципової схеми мікроконтролерного модуля»	20
9	Підготовка і написання модульних контрольних робіт	6
	Разом	57

9. Індивідуальні завдання

Назва індивідуального завдання	Кількість годин
Виконання розрахунково роботи №2 на тему «Розробка принципової схеми мікроконтролерного модуля»	20

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (за необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді захисту лабораторних робіт, захисту індивідуальної розрахункової роботи відповідно до змістових модулів і тем, виконання модульної контрольної роботи; фінальний (семестровий) контроль – іспит.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Семестр 7			
Змістовний модуль 3			
Виконання лабораторних робіт	3...5	3	9...15
Захист лабораторних	3...5	3	9...15

робіт			
Модульний контроль	3...5	1	3...5
Змістовний модуль 4			
Виконання лабораторних робіт	3...5	4	12...20
Захист лабораторних робіт	3...5	4	12...20
Захист РГР №2	12...20	1	12...20
Модульний контроль	3...5	1	3...5
Усього за семестр 7			60...100

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох запитань. Перше запитання – теоретичне, максимальна кількість балів становить 20. Друге запитання – задача для розв’язання, максимальна кількість балів – 40. Третє запитання – лабораторне (стендове), максимальна кількість балів – 40.

Приклади екзаменаційних білетів

Білет 1

1. Теоретичне запитання. Алгоритми і варіанти програмної реалізації вимірювання частоти імпульсів. Максимальний бал за правильну відповідь – 20 балів.

2. Задача для розв’язання. Значення -1,25, представлене у форматі з плаваючою точкою (3 байта), передається через послідовний порт UART. Бітова швидкість передавання 19200 біт/с, контролю парності немає. Побудувати часову діаграму сигналу на виході порту UART при передаванні цього числа. Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів.

3. Лабораторне (стендове) завдання. Застосувавши дані, що були отримані в ході лабораторної роботи №2 (вимірювання температури на основі ЧІМ), побудувати часову діаграму сигналу на виході ЧІМ при температурі $t = 28$ град. Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів.

Білет 2

1. Теоретичне запитання. Способи реалізації періоду дискретності обчислень у цифрових контролерах. Максимальний бал за правильну відповідь – 20 балів.

2. Задача для розв’язання. Побудувати часову діаграму сигналу на виході цифрового ШІМ, якщо на нього подано код управління 110. Розрядність ШІМ становить 8 біт, період вихідних імпульсів ТШІМ = 2 мс. Також побудувати графік аналогового сигналу після згладжування. Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів.

3. Лабораторне (стендове завдання): Модифікувати програму з лабораторної роботи №6 для реалізації ПД-закону управління (всі три складові). Пояснити очікувану зміну реакції системи на задавальний вплив. Максимальний бал за правильну відповідь – 40 балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74 балів)

Здобувач володіє теоретичним матеріалом не в повному обсязі, допустив помилки у вирішенні задачі або практичного (лабораторного) завдання, його відповіді на запитання не є повними, або є помилковими. Дає неточні та неповні відповіді на додаткові запитання. Захистив всі індивідуальні завдання (лабораторні роботи та РГР) та модульні контрольні роботи із оцінками в межах вказаного діапазону.

Добре (75-89 балів)

Здобувач має тверді знання з теоретичної частини дисципліни, розв'язав задачу правильно, але нераціональним способом, виконав практичне (лабораторне) завдання, але його відповіді на деякі запитання не є повними. Дав неточні відповіді на теоретичні додаткові запитання. Захистив всі індивідуальні завдання (лабораторні роботи та РГР) та модульні контрольні роботи із оцінками в межах вказаного діапазону.

Відмінно (90-100 балів)

Здобувач твердо знає: базові функціональні елементи і блоки цифрової схемотехніки; методи розрахунку параметрів блоків цифрової схемотехніки; типову структуру однокристального мікроконтролера, принципи його функціонування і побудови цифрового контролера на його основі; типову структуру обчислювальної системи із шинною організацією; схемотехнічні рішення для введення і виведення аналогових і дискретних сигналів із цифрового контролера; принципи побудови і проектування програмного забезпечення однокристальних мікроконтролерів; узагальнену методику проектування контролера для системи управління.

При цьому здобувач, використовуючи знання з дисципліни, повно та правильно відповідає на всі питання, які були поставлені перед ним. У всіх відповідях здобувач не допустив суттєвих неточностей, вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Здобувач проявляє вміння логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати типову задачу та практичне завдання, а також відповідати на всі додаткові питання. Зменшення кількості балів в межах 90...100 можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання.

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- базові функціональні елементи і блоки цифрової схемотехніки;
- методи розрахунку параметрів блоків цифрової схемотехніки;
- типову структуру однокристального мікроконтролера, принципи його функціонування і побудови цифрового контролера на його основі;
- типову структуру обчислювальної системи із шинною організацією;
- схемотехнічні рішення для введення і виведення аналогових і дискретних сигналів із цифрового контролера;
- загальні принципи побудови і проектування програмного забезпечення однокристальних мікроконтролерів;
- узагальнену методику проектування контролера для системи управління.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- розраховувати типові функціональні блоки цифрової схемотехніки;
- формувати функціональну і принципову схеми цифрового контролера;
- створювати алгоритмічне забезпечення для вирішення контролером типових функціональних задач управління;
- створювати і тестувати програмне забезпечення цифрового контролера.

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

Все методичне забезпечення в електронному вигляді розміщене на сервері каф. 301. Автор всіх розробок – доцент каф. 301 Джулгаков В.Г. Шлях для ознайомлення і скачування: R:\materials\Микропроцессорные регуляторы\Микроконтроллеры в системах управления або

<https://drive.google.com/drive/folders/10sAYmKlmXxTPoVx8znUdkIa9LMj5JYRt>

Розміщення НКМД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор:
– для семестру 7 – <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=3049>

1. Конспект лекцій з дисципліни «Мікроконтролери в системах управління». 2024 р.
2. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт в семестрі 7. 2024 р.
3. Методичні вказівки і завдання до виконання розрахунково-графічних робіт. 2024 р.
4. Інтегроване середовище **MCStudio**. Інструкція користувача. 2012 р.
5. Універсальна учбова мікроконтролерна система УУМС. Технічний опис. 2010 р.
6. Системне програмне забезпечення УУМС. Інструкція користувача. 2010 р.
7. Методичні рекомендації з розробки програмного забезпечення в інтегрованому середовищі MCStudio мовою C. 2016 р.
9. Проектування цифрових контролерів. / В. Г. Джулгаков, К. І. Руденко. – Навч. посібник. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2008 – 100 с.
10. Джулгаков, В. Г. Мікроконтролери в системах керування. Microprocessor Control Systems : навч. посіб. до лаб. робіт / В. Г. Джулгаков. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 144 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Гришук Ю. С. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Гришук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.
2. Фурман, І. О. Мікроелектронні засоби програмного керування / І. О. Фурман, М. Л. Малиновський, В. Г. Джулгаков / Під заг. ред. І. О. Фурмана : Підручник для студентів ВНЗ. – Харків : Факт, 2007. – 486 с.
3. Джулгаков, В. Г. Проектування цифрових контролерів : навч. посіб. / В. Г. Джулгаков, К. І. Руденко : Навч. посібник. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т «Харьк. авіац. ін-т», 2008. – 100 с.
4. Джулгаков, В. Г. Мікроконтролери в системах керування. Microprocessor Control Systems [Текст] : навч. посіб. до лаб. робіт / В. Г. Джулгаков. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 144 с.
5. Поджаренко, В. О. Основи мікропроцесорної техніки : навч. посіб. / В. О. Поджаренко, В. Ю. Кучерук, В. М. Севастьянов. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 226 с.

Допоміжна

1. Прокопенко, В. С. Програмування мікроконтролерів ATME1 мовою C / В. С. Прокопенко. – Харків : Бізнес-Інформ, 2012. – 392 с.
2. Програмування мікроконтролерів AVR : навч. посіб. / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
3. Раціональне управління працездатністю макетного блока електродвигунів-маховиків [Текст] / В. Г. Джулгаков, К. Ю. Дергачов, А. С. Кулік та ін. : за заг. ред. А. С. Куліка. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. – 224 с. ISBN 978-966-662-900-8

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: **k301.khai.edu**.
2. Офіційний сайт провідного виробника мікро контролерів ATMEL: www.atmel.com