

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)

Костянтин ДЕРГАЧОВ
(ініціали та прізвище)

«26» 08 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

МІКРОКОНТРОЛЕРИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»

Форма навчання: денна


Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник:

Джуглаков 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 – 3,5	<p>Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»</p> <p>Спеціальність: 173 «Авіоніка»</p> <p>Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»</p> <p>Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	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)	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		Лекції*	
Семестр 7		16 годин	
Аудиторних – 3 год		Практичні, семінарські*	
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):

- ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації.
- ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Фахові компетентності (ФК):

- ФК2. Здатність використовувати основи електроніки, схемотехніки при розв'язанні практичних завдань авіоніки.
- ФК3. Здатність розробляти і програмувати мікропроцесорні системи керування.

Програмні результати навчання:

- ПРН1. Адаптуватися до змін технологій професійної діяльності, прогнозувати їх вплив на кінцевий результат.
- ПРН2. Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності.
- ПРН3. Відповідально та кваліфіковано ставити та вирішувати задачі, пов'язані зі створенням приладів і систем авіоніки.
- ПРН4. Розуміти стан і перспективи розвитку предметної області.
- ПРН5. Організувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності.
- ПРН6. Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.
- ПРН12. Аналізувати, розраховувати та проектувати електричні та електронні системи авіоніки.
- ПРН13. Розробляти та програмувати мікропроцесорні системи керування.

Пререквізити:

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

Кореквізити: Системи управління літальними апаратами. Теорія автоматичного управління. Інформаційно-вимірювальні пристрої систем авіоніки. Проектування систем управління.

Постреквізити: Технологія виробництва пристроїв авіоніки. Кваліфікаційна робота бакалавра.

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
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 робіт	3...5	3	9...15
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 ПІД-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. Дає 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

основи; 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/10sAYmK1mXxTPoVx8znUdk1a9LMj5JYRt>

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 6. 2024 р.
3. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт в семестрі 7. 2024 р.
4. Методичні вказівки і завдання до виконання розрахунково-графічних робіт. 2024 р.
5. Інтегроване середовище **MCStudio**. Інструкція користувача. 2012 р.
6. Універсальна учбова мікроконтролерна система УУМС. Технічний опис. 2010 р.
7. Системне програмне забезпечення УУМС. Інструкція користувача. 2010 р.
8. 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 «ХП», 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 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 мікро контролерів ATME1: www.atmel.com