



Мікроконтролери в системах неруйнівного контролю

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна/заочна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни / кредитного модуля	<i>5 кредитів (150 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / модульна контрольна робота, поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>Згідно з розкладом на сайті http://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор філософії, ст.вickl. Момот Андрій Сергійович, drewtomot@gmail.com Лабораторні: доктор філософії, ст.вickl. Момот Андрій Сергійович</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NTgxNTU3NDk5MjYy?cjc=ef7bizy</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «Мікроконтролери в системах неруйнівного контролю» орієнтована на вивчення основ побудови та роботи мікропроцесорних систем заданої конфігурації, принципів роботи мікроконтролерів, а також допоміжних схем мікроконтролерів, які складають базовий комплект схем, що дозволяє будувати системи будь-якої складності; вивчення основ програмування мікроконтролера, а також допоміжних схем; вивчення основ побудови автоматизованого приладу або системи на базі мікропроцесорного комплекту.

Знання, які отримують студенти під час вивчення дисципліни, можуть використовуватися у подальшому при розрахунках та проектуванні автоматизованих приладів та багатоканальних систем у приладобудуванні та неруйнівному контролі, а також під час експлуатації указаних систем.

Предмет навчальної дисципліни: архітектура та програмні засоби мікроконтролерних систем.

Метою навчальної дисципліни «Мікроконтролери в системах неруйнівного контролю» є формування у студентів компетентностей:

- Здатність обґрунтовувати вибір технічної структури та вміти розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем керування на базі локальних засобів автоматизації, мікроконтролерів і сигнальних процесорів.
- Здатність використовувати сучасні дротові та бездротові інтерфейси передачі даних для створення автоматизованих систем моніторингу, збору та аналізу даних на базі мікроконтролерів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі **результати навчання**:

- Проектувати, створювати та програмувати системи автоматизованого збору даних та системи автоматизованого управління на базі мікропроцесорної техніки із використанням датчиків різного типу та виконавчих механізмів;
- Вміти створювати автоматизовані смарт-системи із використанням мікроконтролерів та технологій бездротової передачі даних.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення кредитного модулю базується на знаннях, отриманих на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти.

У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються у спеціальних і професійно-орієнтованих дисциплінах, а також при роботі за темою магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Мікроконтролери в системах неруйнівного контролю» складається з двох розділів. У першому розділі «Мікроконтролери» вивчаються базові поняття систем на базі мікроконтролерів STM32, структурні схеми та алгоритми роботи мікроконтролерів. У другому розділі «Передача та опрацювання даних в мікроконтролерних системах» вивчаються інтерфейси послідовної передачі даних UART, I2C, SPI та Bluetooth, основи цифрової обробки сигналів на базі мікропроцесорної техніки, сучасні архітектури спеціалізованих мікропроцесорних систем.

Розділ 1. Мікроконтролери

Тема 1.1. Мікроконтролери.

Тема 1.2. Аналого-цифрове перетворення в мікропроцесорній техніці.

Тема 1.3. Цифро-аналогове перетворення в мікропроцесорній техніці. Широтно-імпульсна модуляція.

Розділ 2. Передача та опрацювання даних мікроконтролерних системах

Тема 2.1. Асинхронна передача даних в мікроконтролерних системах. Інтерфейс UART.

Тема 2.2. Інтерфейси послідовної передачі даних. SPI та I2C.

Тема 2.3. Бездротова передача даних. Інтерфейс Bluetooth.

Тема 2.4. Цифрові сигнальні процесори та нейропроцесори.

Тема 2.5. Обробка інформації в мікропроцесорних системах неруйнівного контролю.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові

1. Основи побудови комп'ютерно-інтегрованих систем [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем» / Укладачі: С. В. Любицький, П. В. Новіков; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: 1,5 Мбайт).– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.–77 с.
2. Мікропроцесори та мікроконтролери: Курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. Д. Татарчук, Ю. В. Діденко.– Електронні текстові дані (1 файл: 19,5 Мбайт).– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020.– 238 с.
3. Мікропроцесорна техніка: Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / К. П. Вонсевич, М. О. Безуглий ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,53 Мбайт).– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 94 с

Допоміжні

4. Harris D. Digital Design and Computer Architecture 2nd Edition / D. Harris, S. Harris., 2012. – 720 p.
5. Harris S. Digital Design and Computer Architecture: ARM Edition 1st Edition / S. Harris, D. Harris., 2015. – 584 p.
6. Jiménez M. Introduction to Embedded Systems: Using Microcontrollers and the MSP430 / M. Jiménez, R. Palomera, I. Couvertier., 2013. – 671 p.
7. Valvano J. W. Embedded Systems: Introduction to Arm® Cortex™-M Microcontrollers , Fifth Edition / Valvano., 2012. – 507 p.
8. Manjikian N. Computer Organization and Embedded Systems / N. Manjikian, S. Zaky, V. C. Hamacher., 2011. – 736 p.
9. Yiu J. The Definitive Guide to ARM® Cortex®-M3 and Cortex®-M4 Processors / Yiu., 2013. – 864 p.
10. Geoffrey B. Discovering the STM32 Microcontroller / B. Geoffrey., 2012.
11. Dean A. G. Embedded Systems Fundamentals with ARM Cortex-M based Microcontrollers: A Practical Approach FRDM-KL25Z Edition / Dean., 2017. – 316 p.
12. Martin T. The Designer's Guide to the Cortex-M Processor Family: A Tutorial Approach / Martin., 2016. – 490 p.
13. Ünsalan C. Embedded System Design with ARM Cortex-M Microcontrollers: Applications with C, C++ and MicroPython / C. Ünsalan, H. D. Gürhan, M. E. Yücel., 2022. – 583 p.
14. Dean A. G. Embedded Systems Fundamentals with Arm Cortex-M based Microcontrollers: A Practical Approach Nucleo-F091RC Edition / Dean., 2021. – 344 с.
15. Naimi S. Arm Cortex-M Assembly Programming for Embedded Programmers: Using Keil / S. Naimi, S. Naimi, M. A. Mazidi., 2020. – 236 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основні форми навчання – лекції, лабораторні роботи та самостійна робота студентів.

Лекційний курс розрахований на вивчення основ архітектури мікроконтролерів та програмних засобів проектування мікропроцесорних систем і є базовим для більш детального та конкретного знайомства з функціональними схемами та вузлами автоматизованих мікропроцесорних систем неруйнівного контролю.

Лекційні заняття

Розділ 1

Тема 1.1

Лекція 1. Мікроконтролери.

Поняття «мікроконтролер». Структурна та функціональна схема типового мікроконтролеру [1, 2, 3].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 2. Мікроконтролери ARM Cortex-M3.

Мікроконтролери ARM Cortex-M3. Функціональна схема, архітектурні особливості [1, 2, 3].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Тема 1.2

Лекція 3. Аналого-цифрове перетворення в мікропроцесорній техніці.

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Види АЦП. Характеристики АЦП. Похибка квантування та похибка дискретизації [2, 3].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 4. Робота з АЦП в мікроконтролерах ARM.

АЦП в мікроконтролерах STM32. Основні можливості та режими роботи [2, 3].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Тема 1.3

Лекція 5. Цифро-аналогове перетворення в мікропроцесорній техніці.

Цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП). Основні характеристики ЦАП. Класифікація ЦАП. Робота з ЦАП у складі мікропроцесорної техніки [1, 2, 5].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 6. Широтно-імпульсна модуляція.

Поняття широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Основні параметри ШІМ. Генерування та використання ШІМ-сигналів в мікропроцесорній техніці [1, 2, 4].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Розділ 2

Тема 2.1

Лекція 7. Передача даних в мікроконтролерних системах.

Режими передачі даних в мікроконтролерних системах. Послідовні та паралельні інтерфейси передачі даних [1, 2, 8].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 8. Асинхронна передача даних в мікроконтролерних системах.

Інтерфейси асинхронної передачі даних в мікроконтролерних системах. UART [1, 2, 8].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 9. Технологія прямого доступу до пам'яті.

Прямий доступ до пам'яті (DMA). Переваги використання прямого доступу до пам'яті. Порядок формування та опрацювання запитів DMA [1, 5, 6].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 10. Режим прямого доступу до пам'яті в мікроконтролерах ARM.

Реалізація DMA в мікроконтролерах ARM. Обмін даними за інтерфейсом UART із використанням DMA [1, 5, 6].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Тема 2.2

Лекція 11. Інтерфейси послідовної передачі даних. SPI.

Інтерфейс SPI. Лінії SPI. Монтажні схеми SPI. Алгоритм передачі даних за інтерфейсом SPI. Режими роботи SPI [1, 2, 8].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 12. Інтерфейс I2C.

Інтерфейс I2C. Лінії I2C. Монтажні схеми I2C. Алгоритм передачі даних за інтерфейсом I2C [4, 5].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Тема 2.3

Лекція 13. Бездротова передача даних в мікроконтролерних системах.

Інтерфейси бездротової передачі даних. Особливості вибору інтерфейсів бездротової передачі даних в мікроконтролерних системах [1, 5, 6].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 14. Інтерфейс Bluetooth.

Інтерфейс Bluetooth. Принцип та режими роботи. Порядок передачі даних за інтерфейсом Bluetooth [1, 5, 6].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Тема 2.4

Лекція 15. Цифрові сигнальні процесори.

Операції над цифровими сигналами. Архітектура цифрових сигнальних процесорів. Використання цифрових сигнальних процесорів в задачах неруйнівного контролю [1, 2, 5, 7].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 16. Нейропроцесори.

Нейропроцесори. Особливості архітектури нейропроцесорів та перспективи їх використання в автоматизованих системах неруйнівного контролю [1, 2, 5, 7].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Тема 2.5

Лекція 17. Обробка інформації в мікропроцесорних системах неруйнівного контролю.

Використання мікроконтролерів в автоматизованих системах неруйнівного контролю. Вибір параметрів мікроконтролерів для використання в різних методах неруйнівного контролю [1, 5, 6].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лекція 18. Технологія виготовлення мікроконтролерів.

Технологічний процес виготовлення мікроконтролерів. Фізичні обмеження та перспективи розвитку [3, 7, 8].

СРС: Проаналізувати матеріал лекції з метою підготовки до практичних занять. Ознайомитись з відповідними розділами основної та додаткової літератури.

Лабораторні роботи

Основним завданням циклу лабораторних робіт є закріплення лекційного матеріалу, набуття практичних навичок роботи з мікроконтролерними системами та вироблення зазначених у пп. 1 умінь.

Номер розділу	Номер теми	Назва теми
1	1	Робота з АЦП мікроконтролера STM32
	2	Широтно-імпульсна модуляція
2	3	Робота з інтерфейсом передачі даних UART
	4	Робота з інтерфейсом передачі даних SPI та технологією RFID
	5	Робота з інтерфейсом передачі даних I2C, OLED дисплеєм та модулем пульсоксиметру
	6	Передача даних на смартфон із використанням інтерфейсу Bluetooth
	7	Модульна контрольна робота

Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання полягають у накопиченні та систематизації знань за тематикою навчальної дисципліни. Модульна контрольна робота (МКР) передбачає перевірку базових знань за змістом даної дисципліни. На МКР виносяться 8 теоретичних запитань за матеріалами лекцій за темами 1.1 – 1.3. та 2.1 – 2.3. Запитання сформовані у вигляді тесту із запропонованими відповідями, серед яких необхідно обрати одну правильну. Мета МКР – визначити ступінь засвоєння студентами навчального матеріалу і закріпити на практиці знання, здобуті при вивченні дисципліни.

6. Самостійна робота студента

У відповідності до робочого навчального плану передбачено 78 годин самостійної роботи студентів, з яких 30 годин - на підготовку до екзамену і 48 годин на підготовку до аудиторних занять, опрацювання матеріалів лекцій, самостійний розв'язок додаткових задач, оформлення результатів виконання практичних робіт та ознайомлення із навчальною літературою відповідно до структури дисципліни. Робота направлена на засвоєння та поглиблення вивченого матеріалу та на підготовку до занять та семестрового контролю. Самостійна робота студентів передбачає:

- закріплення знань, отриманих під час вивчення дисципліни;
- здобуття навичок самостійного вивчення матеріалу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
 - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
 - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції у програмі Zoom - посилання на конференцію видається на початку семестру.
- **правила поведінки на заняттях:**
 - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або може зашкодити здоров'ю;
 - дозволяється використання засобів зв'язку лише для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
 - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять.
- **правила захисту лабораторних робіт:**
 - захист лабораторної роботи проходить під час проведення лабораторної роботи, а у випадку дистанційного навчання – у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom, викладач індивідуально задає запитання, на які пропонується відповісти усно;
 - у окремих випадках допускається можливість захисту під час проведення консультацій.
- **правила виконання МКР:**
 - МКР виконується під час практичних занять, у випадку асинхронного навчання робота розміщується на платформі дистанційного навчання та оцінюється викладачем згідно вимог;
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
 - докладна інформація із приводу штрафних та заохочувальних балів наведена у п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання»;
 - максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.
- **політика дедлайнів та перескладань:**
 - перескладання будь-яких контрольних заходів передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин відсутності на занятті;

- захист лабораторних робіт вважається вчасним, якщо він відбувається у вказаний викладачем термін;
- перекладань для підвищення балів не передбачено.
- **політика округлення рейтингових балів:**
 - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа за правилами округлення.
- **політика оцінювання контрольних заходів:**
 - оцінювання контрольних заходів відбувається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПП ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контролі результатів навчання в КПП ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПП ім. Ігоря Сікорського;
 - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
 - негативний результат оцінюється в 0 балів.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПП ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПП ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Оскарження результатів контрольних заходів

У випадку незгоди із результатами контрольних заходів студенти можуть виконувати і/або захищати їх у присутності комісії, яка формується із викладачів кафедри ПСНК.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
Виконання лабораторних робіт	6	7	42
Виконання модульної контрольної роботи	1	8	8
Усього			50

Критерії нарахування балів:

Лабораторні роботи оцінюються у 7 балів кожна:

- **7 балів** - робота виконана і захищається вчасно, самостійно і у повному обсязі, відповіді на запитання викладача на співбесіді із захисту роботи чіткі і без довгих затримок (не менше 95% потрібної інформації), під час відповіді не використовувались будь-які сторонні джерела інформації;
- **6 балів** – робота виконана самостійно і у повному обсязі, достатньо повна відповідь на запитання під час захисту роботи (не менше 75% потрібної інформації);
- **4-5 балів** – робота виконана у повному обсязі, неповна відповідь на співбесіді із захисту роботи (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки під час виконання роботи;
- **0 балів** – завдання виконане не повністю (менше 60% потрібної інформації), відповідь на співбесіді із захисту роботи відсутня або невірна.

За несвоєчасний захист самостійних робіт нараховуються штрафні бали у кількості -1 бал за кожну невчасно захищену роботу (усього не більше -5 балів).

Модульна контрольна робота оцінюється у 8 балів:

- МКР складається з 8 тестових запитань. За кожну правильну відповідь на одне тестове запитання студент отримує 1 бал.

Студенти мають можливість отримати заохочувальні бали:

- За активну роботу на лекційних та практичних заняттях студент може отримати до +0,5 балів за одне заняття;
- За участь у наукових конференціях, конкурсах, семінарах тощо за напрямом дисципліни: до +3 балів;
- Загальна сума всіх заохочувальних балів не може перевищувати +5 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент має отримати не менш ніж 10 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 20 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент має отримати не менш 20 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 40 балів).

Семестровий контроль: екзамен (50 балів).

Умовою допуску до семестрового контролю є зарахування усіх лабораторних робіт та МКР.

На екзамені студенти виконують 2 письмових завдання та вирішують 1 задачу.

Кожне письмове завдання оцінюється у 20 балів за такими критеріями:

- 20-19 балів – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), повне, безпомилкове розв'язування завдання;
- 18-15 балів – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними помилками);
- 14-12 балів – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та деякі помилки (завдання виконане зі значними недоліками);
- 0 балів – відповідь невірна або питання не розкрито.

Вирішення задачі оцінюється у 10 балів за такими критеріями:

- 10-9 балів – повне, безпомилкове та творче розв'язування задачі;
- 8-7 балів – повне розв'язування задачі з незначними помилками;
- 6 балів – задача розв'язана зі значними недоліками або не в повному обсязі;
- 0 балів – задача розв'язана невірно або не розв'язана взагалі.

Після оцінювання відповіді студента на екзамені стартові бали та бали за екзамен додаються, зводяться до рейтингової оцінки студента та переводяться до оцінок за університетською шкалою згідно таблиці відповідності.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

У рамках опанування навчальної дисципліни «**Мікроконтролери в системах неруйнівного контролю**» допускається можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав ст.викл. кафедри АСНК Момот Андрій Сергійович

Ухвалено кафедрою АСНК (протокол № 17 від 21.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією Приладобудівного факультету (протокол № 7/23 від 22.06.2023 р.)