

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ  
«УНІВЕРСИТЕТ КОРОЛЯ ДАНИЛА»

Факультет суспільних і прикладних наук

Кафедра інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з методичної роботи

Ярослав ШТАНЬКО

“30” 08 2024 р.

Програмування мікроконтролерів

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Галузь знань:	12 Інформаційні технології
Спеціальність:	121 Інженерія програмного забезпечення
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма:	Розробка та тестування програмного забезпечення
Освітній рівень:	(перший) <u>бакалаврський</u>
Статус дисципліни:	вибіркова
Мова викладання, навчання та оцінювання:	українська

РОЗРОБНИК:

к.т.н., доцент



Сергій ВАЩИШАК

ЗАТВЕРДЖЕНО:

на засіданні кафедри інформаційних технологій,  
протокол № 1 від 28.08.2024 р.

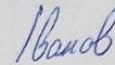
Завідувач кафедри



Сергій ВАЩИШАК

УЗГОДЖЕНО:

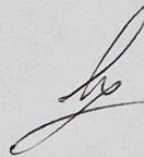
Гарант ОПП



Олександр ІВАНОВ

на засіданні кафедри інформаційних технологій,  
протокол № 1 від 28.08.2024 р.

Завідувач кафедри



Сергій ВАЩИШАК

СХВАЛЕНО:

на засіданні Науково-методичної ради, протокол № 1 від 30.08.2024 р.

e-mail	serhii.vaschyshak@ukd.edu.ua
Номер аудиторії чи кафедри	Кафедра інформаційних технологій, ауд 206
Посилання на сайт	<u>Сергій Ващишак</u>
Сторінка курсу в СДО	<u>Програмування мікроконтролерів</u>

## ВСТУП

### Анотація навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна "Програмування мікроконтролерів" є вибірковою складовою освітньо-професійної програми підготовки фахівців за освітнім ступенем "бакалавр" галузі знань 12 "Інформаційні технології" спеціальності 121 "Інженерія програмного забезпечення" освітньої програми "Розробка та тестування програмного забезпечення". Дисципліна вивчає види, характеристики, будову та функціональні можливості мікроконтролерів, принципи проектування програм для пристроїв та систем на базі мікроконтролерів, апаратні та програмні засоби розроблення і відлагодження програм для вбудованих систем.

**Завдання** дисципліни – дати студентам знання про:

- види, класифікацію, характеристики та галузі використання сучасних мікроконтролерів; апаратні та програмні засоби для програмування мікроконтролерів;
- сучасні принципи та алгоритми роботи різноманітних електронних пристроїв на базі вбудованих систем;
- типові схеми підключення до мікроконтролерів плат розширення та різноманітних давачів сигналів і електроприводів;
- способи розроблення структурних, функціональних, принципів електричних схем з мікроконтролерами та програмного забезпечення для них.

**Цілі:** одержати теоретичні знання та практичні навички з розроблення мікроконтролерних систем для вирішення задач збирання та оброблення даних з здавачів сигналів, керування виконавчими пристроями та механізмами, програмування мікроконтролерів під прикладні задачі досліджень.

В результаті навчання студент повинен **знати**:

- основні характеристики, класифікацію та специфіку роботи мікроконтролерів;
- сучасну базу електронних технічних засобів для роботи з мікроконтролерами;
- принципи розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів;

**вміти:**

- читати електричні принципові схеми об'єктів мікропроцесорної техніки;
- розраховувати елементарні електричні кола для роботи в складі мікроконтролера та вміти збирати їх на макетній платі;
- самостійно обирати засоби мікропроцесорної техніки для реалізації конкретних електронних пристроїв;
- проектувати, розробляти та відлагоджувати програми для мікроконтролерів.

**Мета навчальної дисципліни**

Мета дисципліни – вивчення студентами принципів і методів розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів, ознайомлення із програмними та апаратними засобами розробки, програмування і відлагодження вбудованих систем для вирішення широкого кола прикладних задач.

**Професійні компетентності та результати навчання, яких набувають здобувачі внаслідок вивчення навчальної дисципліни «Програмування мікроконтролерів» (шифри та зміст компетентностей та програмних результатів вказані відповідно до освітньої програми «Розробка та тестування програмного забезпечення»).**

<b>Шифр та назва компетентності</b>	<b>Шифр та назва програмних результатів навчання</b>
ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	ПРН18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.
ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	
ФК8. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.	
ФК14. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.	

### ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<b>Курс</b>	<b>4</b>		
<b>Семестр</b>	<b>7</b>		
<b>Кількість кредитів ЄКТС</b>	<b>6</b>		
<b>Аудиторні навчальні заняття</b>		<b>денна форма</b>	<b>заочна форма</b>
	лекції	<b>30 (в годинах)</b>	<b>- (в годинах)</b>
	семінари, практичні	<b>30 (в годинах)</b>	<b>16 (в годинах)</b>
<b>Самостійна робота</b>		<b>120 (в годинах)</b>	<b>164 (в годинах)</b>
<b>Форма підсумкового контролю</b>	<b>екзамен</b>		

## ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Перелік тем лекційного матеріалу

#### Змістовий модуль I

##### **Тема 1. Класифікація та характеристики мікроконтролерів (4 год.)**

Історія створення мікроконтролерів. Загальна структура мікропроцесора. Види пам'яті. Характеристики мікропроцесорів. Аналогові та цифрові сигнали. Види мікроконтролерів. Структурні, функціональні та принципові електричні схеми мікроконтролерів та периферії. Архітектура мікропроцесора. Типи мікропроцесорних систем. Типи мікропроцесорів та їх особливості. Основні відмінності між мікроконтролером та мікропроцесором. Області застосування мікроконтролерів.

*Завдання для самостійної роботи. Особливості мов програмування мікропроцесорів різних платформ.*

##### **Тема 2. Проектування мікроконтролерних систем та програмного забезпечення (6 год.)**

Формалізація проектування мікроконтролерних систем і пристроїв. Типові структури мікроконтролерних систем і пристроїв. Використання жорсткої і програмованої логіки. Особливості розробки прикладного програмного забезпечення для мікроконтролерних систем.

*Завдання для самостійної роботи. Алгоритми роботи мікроконтролерів (4 год). Типові структури програм для мікроконтролерів. Способи створення розгалужених алгоритмів.*

##### **Тема 3. Опрацювання сигналів у мікроконтролерах (4 год.)**

Системи числення. Математичні дії у мікропроцесорі та додатковий код. Опрацювання сигналів у мікропроцесорах. Аналого-цифрове перетворення в мікроконтролерах. Давачі сигналів. Їх види та особливості роботи з мікроконтролерами. Способи узгодження сигналів.

*Завдання для самостійної роботи. Властивості та особливості застосування аналогових та цифрових сигналів у мікропроцесорній техніці.*

#### Змістовий модуль II

##### **Тема 4. Сучасні популярні мікроконтролерні платформи (2 год.)**

Особливості мікроконтролерів сімейства TIVA. Структура мікропроцесора Cortex-M4. Концепція мікроконтролерів сімейства TIVA. Застосування інтегрованих технологій. Засоби для розроблення проектів. Пакет та середовище розроблення програмного забезпечення. Особливості мікроконтролерів сімейства Arduino.

*Завдання для самостійної роботи. Вбудовані системи. Порівняльна характеристика вбудованих систем різних типів. Особливості застосування популярних мікроконтролерних платформ. Вибір платформи за технічними характеристиками.*

### **Тема 5. Особливості програмування мікроконтролерів сімейства ARDUINO (6 год.)**

Типи змінних та особливості їх застосування при програмуванні мікроконтролерів. Базова структура програми для мікроконтролера ARDUINO. Послідовне виконання програми. Переривання при виконанні програми. Загальна структура програми для мікроконтролерів Arduino. Команди Arduino. Типи даних, що застосовуються при програмуванні. Оператори. Керуючі конструкції програми. Робота з циклами. Використання підпрограм та функцій. Аналогове введення інформації.

*Завдання для самостійної роботи. Типи змінних. Математичні та логічні операції. Робота з перериваннями.*

### **Тема 6. Інтерфейси передачі даних мікроконтролерів сімейства ARDUINO (4 год.)**

Особливості протоколу I2C. Використання протоколу SPI. Енергонезалежна пам'ять мікроконтролерів сімейства ARDUINO. Поняття переривання. Переривання по внутрішньому таймеру. Завантаження мікроконтролера перериваннями. Оцінювання завантаження переривань. Особливості послідовного інтерфейсу UART. Функції роботи з послідовним інтерфейсом. Спосіб функціонування послідовного інтерфейсу. Програмна емуляція UART. Конфігурація входу/виходу та налаштування порту.

*Завдання для самостійної роботи. Особливості вибору виду інтерфейсу для обробки та передачі даних мікроконтролерів сімейства ARDUINO.*

### **Тема 7. Застосування мікроконтролерів для керування електродвигунами, рідкокристалічними індикаторами та організації бездротового зв'язку (4 год.)**

Приводи мікроконтролерів сімейства Arduino. Управління електричним двигуном малої потужності. Управління сервоприводами. Керування роботою крокового двигуна 28BYj-48. Драйвери для крокового двигуна. Програмування роботи крокового двигуна. Керування роботою рідкокристалічного індикатора на базі контролера HD44780. Схема приєднання, програмування і управління індикатором.

*Завдання для самостійної роботи. Організація роботи мікроконтролерів з активним та реактивним навантаженням.*

## **Зміст практичних занять**

### **Змістовий модуль I**

#### **Тема 1. Класифікація та характеристики мікроконтролерів**

1. Вивчення особливостей роботи мікроконтролера і дослідного стенду та програмування роботи звукового індикатора (4 год.).

#### **Тема 2. Проектування мікроконтролерних систем та програмного забезпечення**

2. Програмування роботи групи світлодіодних індикаторів (2 год.).

#### **Тема 3. Опрацювання сигналів у мікроконтролерах**

3. Програмування роботи аналого-цифрового перетворювача (АЦП) (4 год.).
4. Способи підвищення потужності вихідного струму порта мікроконтролера «Arduino UNO» (4 год.).

### **Змістовий модуль II**

#### **Тема 4. Сучасні популярні мікроконтролерні платформи**

5. Представлення цифрової інформації за допомогою лічильників (2 год.).

#### **Тема 5. Особливості програмування мікроконтролерів сімейства ARDUINO**

6. Робота з масивами (2 год.).

#### **Тема 6. Інтерфейси передачі даних мікроконтролерів сімейства ARDUINO**

7. Використання вбудованих таймерів/лічильників мікроконтролера (2 год.).
8. Використання комунікаційних інтерфейсів мікроконтролера (2 год.).

#### **Тема 7. Застосування мікроконтролерів для керування електродвигунами, рідкокристалічними індикаторами та організації бездротового зв'язку**

9. Застосування мікроконтролерів для організації бездротового зв'язку (4 год.).

10. Застосування мікроконтролера для керування рідкокристалічним індикатором (2 год).  
 11. Робота з зовнішніми ланками керування (2 год.).

### Зміст самостійної роботи здобувачів

#### Розподіл годин, виділених на вивчення дисципліни:

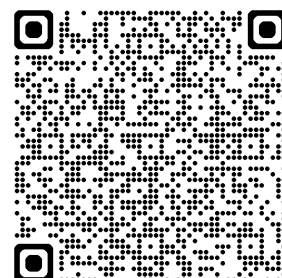
Найменування видів робіт	Розподіл годин за формами навчання	
	денна	заочна
Самостійна робота, год, у т.ч.:	120	164
Опрацювання матеріалу, викладеного на лекціях	20	-
Підготовка до практичних занять та контрольних заходів	20	10
Підготовка звітів з практичних робіт	20	10
Підготовка до поточного контролю	26	10
Опрацювання матеріалу, винесеного на самостійне вивчення	34	134

### ПОЛІТИКА КУРСУ

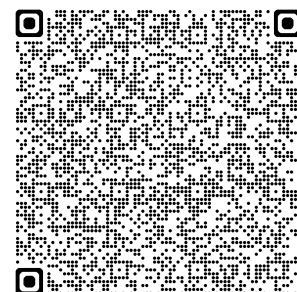
*Коротко, з покликанням на відповідну нормативну базу УКД, висвітлити питання:<sup>1</sup>*

#### **1) щодо системи поточного і підсумкового контролю**

*Організація поточного та підсумкового семестрового контролю знань студентів, проведення практик та атестації, переведення показників академічної успішності за 100-бальною шкалою в систему оцінок за національною шкалою здійснюється згідно з “Положенням про систему поточного і підсумкового контролю, оцінювання знань та визначення рейтингу здобувачів освіти”. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).*



#### **2) щодо оскарження результатів контрольних заходів**



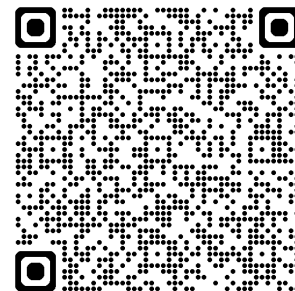
<sup>1</sup> зміст пунктів може редагуватись з огляду на особливості курсу



Здобувачі вищої освіти мають право на оскарження оцінки з дисципліни отриманої під час контрольних заходів. Апеляція здійснюється відповідно до «Положення про політику та врегулювання конфліктних ситуацій». Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).

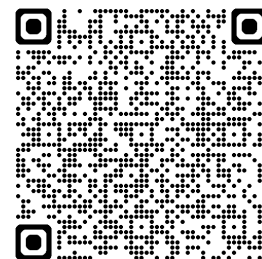
### **3) щодо відпрацювання пропущених занять**

Згідно «Положення про організацію освітнього процесу» здобувач допускається до семестрового контролю з конкретної навчальної дисципліни (семестрового екзамену, диференційованого заліку), якщо він виконав усі види робіт, передбачені на семестр навчальним планом та силабусом/робочою програмою навчальної дисципліни, підтвердив опанування на мінімальному рівні результатів навчання (отримав  $\geq 35$  бали), відпрацював визначені індивідуальним навчальним планом всі лекційні, практичні, семінарські та лабораторні заняття, на яких він був відсутній. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



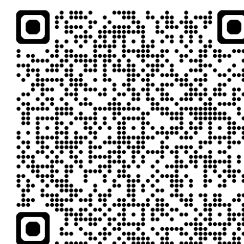
### **4) щодо дотримання академічної доброчесності**

«Положення про академічну доброчесність» закріплює моральні принципи, норми та правила етичної поведінки, позитивного, сприятливого, доброчесного освітнього і наукового середовища, професійної діяльності та професійного спілкування спільноти Університету, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



### **5) щодо використання штучного інтелекту**

«Положення про академічну доброчесність» визначає політику щодо використання технічних засобів на основі штучного інтелекту в освітньому процесі. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).<sup>2</sup> «Положення про систему запобігання та виявлення академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації та фальсифікації академічних творів» містить рекомендації щодо використання в академічних текстах генераторів на основі штучного інтелекту. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



### **6) щодо використання технічних засобів в аудиторії та правила комунікації**

Використання мобільних телефонів, планшетів та інших гаджетів під час лекційних та практичних занять дозволяється виключно у навчальних цілях (для уточнення певних даних, перевірки правопису, отримання довідкової інформації тощо). На гаджетах повинен бути активований режим «без звуку» до початку заняття. Під час занять заборонено надсилання

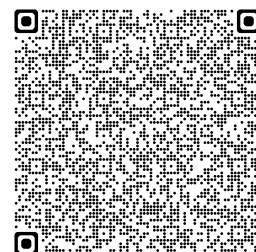
<sup>2</sup> визначається політика використання ШІ в навчальній дисципліні - дозволене/заборонене, правила використання

текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо. Під час виконання заходів контролю використання гаджетів заборонено (за винятком, коли це передбачено умовами його проведення). У разі порушення цієї заборони результат анулюється без права перескладання.

Комунікація відбувається через електронну пошту і сторінку дисципліни в Moodle.

### 7) щодо зарахування результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти

Процедури визнання результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти визначаються «Положенням про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти». Ознайомитись з документом можна за [посиланням](#).<sup>3</sup>



## МЕТОДИ НАВЧАННЯ

При вивченні дисципліни застосовується комплекс методів для організації навчання студентів з метою розвитку їх логічного та абстрактного мислення, творчих здібностей, підвищення мотивації до навчання та формування особистості майбутнього фахівця.

Програмний результат навчання <sup>4</sup>	<u>Метод навчання</u>	Метод оцінювання
ПРН18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.	Лекція, розповідь-пояснення, бесіда, комп'ютерні і мультимедійні методи, синтетичний метод, дослідницький метод, творчий метод, робота під керівництвом викладача, практичні роботи.	Поточний усний, поточний письмовий, поточний тестовий, екзамен

## ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Вид	Зміст <sup>5</sup>	% від загальної оцінки	Бал	
			min	max

<sup>3</sup> визначається перелік електронних та інших ресурсів та умови перезарахування

<sup>4</sup> для вибірових навчальних дисциплін вказується результат навчання

<sup>5</sup> у випадку наявності видів роботи, які оцінюються окремо (проект, завдання тощо) прописується в окремому рядку; за відсутності - одним рядком визначається вся сукупність аудиторної роботи (опитування, поточні контрольні тощо) та визначається стандартне значення балів (35/60)

Поточні контрольні заходи	всього	60	35	60
Підсумкові контрольні заходи	екзамен	40	25	40
Всього:		100	60	100

Процедура проведення контрольних заходів, а саме поточного контролю знань протягом семестру та підсумкового семестрового контролю, регулюється «Положенням про систему поточного та підсумкового контролю оцінювання знань та визначення рейтингу студентів».

Фіксація **поточного** контролю здійснюється в “Електронному журналі обліку успішності академічної групи” на підставі чотирибальної шкали - “2”; “3”; “4”; “5”. У разі відсутності студента на занятті виставляється “н”. За результатами поточного контролю у Журналі, автоматично визначається підсумкова оцінка, здійснюється підрахунок пропущених занять.

Усі пропущені заняття, а також негативні оцінки студенти зобов'язані відпрацювати впродовж трьох наступних тижнів. У випадку недотримання цієї норми, замість “н” в журналі буде виставлено “0” (нуль балів), без права перездачі. Відпрацьоване лекційне заняття в електронному журналі позначається літерою «в».<sup>6</sup>

***Критерії оцінювання<sup>7</sup> (за необхідності, поточного та/або підсумкового контролю)***

До підсумкового контролю допускаються студенти які за результатами поточного контролю отримали не менше 35 балів. Усі студенти, що отримали 34 балів і менше, не допускаються до складання підсумкового контролю і на підставі укладання додаткового договору, здійснюють повторне вивчення дисципліни впродовж наступного навчального семестру. За результатами підсумкового контролю (диференційований залік/екзамен) студент може отримати 40 балів. Студенти, які під час підсумкового контролю отримали 24 бали і менше, вважаються такими, що не здали екзамен/диференційований залік і повинні йти на перездачу.

Загальна семестрова оцінка з дисципліни, яка виставляється в екзаменаційних відомостях оцінюється в балах (згідно з **Шкалою оцінювання знань за ЄКТС**) і є сумою балів отриманих під час поточного та підсумкового контролю.

<sup>6</sup> можна вказати теми чи завдання, які є обов'язковими до виконання, а також особисті підходи до оцінювання рівня знань здобувачів під час аудиторної роботи

<sup>7</sup> критерії вказуються згідно з особливостями дисципліни.

**Шкала оцінювання знань за ЄКТС:**

Оцінка за національною шкалою	Рівень досягнень, %	Шкала ECTS
<b>Національна диференційована шкала</b>		
Відмінно	90 – 100	A
Добре	83 – 89	B
	75 – 82	C
Задовільно	67 – 74	D
	60 – 66	E
Незадовільно	35 – 59	FX
	0 – 34	F
<b>Національна недиференційована шкала</b>		
Зараховано	60 – 100	-
Не зараховано	0 – 59	-

Студенти, які не з'явилися на заліки/екзамени без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

**РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ<sup>8</sup>****Основна література**

1. КіберКодер. Детальні уроки програмування та завдання для самостійної роботи. Київ: BitKit, 2020. 104 с.
2. Грищук Ю. С. Мікроконтролери: архітектура, програмування та застосування в електромеханіці [Електронний ресурс]: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. 384 с. URL: [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/42222/1/Book\\_2019\\_Mikrokontrolery.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/42222/1/Book_2019_Mikrokontrolery.pdf)
3. Програмування мікроконтролерів AVR [Електронний ресурс]: навч. посіб. / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. Вінниця: ВНТУ, 2018. 111 с. URL: [http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Tsirulnik\\_2018\\_111.pdf](http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Tsirulnik_2018_111.pdf)
4. Новацький, А. О. Архітектура новітніх мікроконтролерів: програмування мікроконтролерів сімейства ARM [Електронне видання]: навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 138 с.

<sup>8</sup> обов'язково: враховувати вимоги [ДСТУ 8302:2015](#) (відповідно до [Наказу № 65, від 4.03. 2016](#)), [рекомендації](#) Національного агентства з забезпечення якості вищої освіти, використовувати літературу за останні 5-7 років, наводити власні публікації за змістом навчальної дисципліни.

URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/18902>

5. Грищук Ю. С. Застосування мікроконтролерів при дослідженнях електричних апаратів. Вісник НТУ «ХП». Серія : Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів, 2016. № 32 (1204). С. 23–28.
6. MONK S. Programming Arduino: Getting Started With Sketches (2011) //ISBN-13. С. 978- 0071784221. ISSN: 2076-8184. Інформаційні технології і засоби навчання, 2016, Том 56, № 6. 86.
7. Кривонос О.М. та ін. Огляд та перспективи використання платформи ARDUINO NANO 3.0 у вищій школі. Інформаційні технології та засоби навчання. №6. Том 56, 2016. С. 77 – 87.

#### **Додаткова література**

1. Ващишак І.Р., Ващишак С.П. Мікроконтролерне управління споживанням комп'ютерного класу. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2024 р. №2. С. 51-58.
2. Ляшенко О., Мартинюк О. Моделювання та дослідження електронних пристроїв: Навч. посібник. Луцьк: Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2013. 217 с.
3. Мілих В. І. Шавьолкін О. О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: підручник. К.: Каравела, 2008. 688 с.
4. Бочаров С.Ю. Мікропроцесорна техніка: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2006. 163 с.
5. Бучма І.М. Мікропроцесорні пристрої: навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. 236 с.
6. Якименко Ю.І. та ін. Мікропроцесорна техніка. 2-ге вид., переробл. та доповн. Київ: Політехніка, Кондор, 2004. 440 с.
7. Локазюк В.М. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах: посібник. Серія "Альма-матер". Київ: Академія, 2002. 367с.
8. Буняк А. Електроніка та мікросхемотехніка. Тернопіль, 2001 382 с.

#### **Електронні інформаційні ресурси**

1. Офіційний сайт проекту Arduino : веб-сайт. URL: <https://www.arduino.cc/>.
2. Офіційний сайт фірми Texas Instruments : веб-сайт. URL: <http://www.ti.com/>
3. Характеристики мікроконтролерів TM4C123. URL: <http://www.ti.com/tool/EK-TM4C123GXL>
4. Офіційний сайт операційної системи реального часу FreeRTOS: веб-сайт. URL: <http://www.freertos.org/>
5. STEM Education: Preparing for the Jobs of the Future: report. April

2012. URL:  
[http://www.jec.senate.gov/public/\\_cache/files/6aaa7e1f-9586-47be-82e7-326f47658320/stem-education-preparing-for-the-jobs-of-the-future-.pdf](http://www.jec.senate.gov/public/_cache/files/6aaa7e1f-9586-47be-82e7-326f47658320/stem-education-preparing-for-the-jobs-of-the-future-.pdf)