

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

---

Кафедра (циклова комісія) \_\_\_\_\_ системного проектування \_\_\_\_\_

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету \_\_\_\_\_

доц. Юрій ФУРГАЛА \_\_\_\_\_

“

”

2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Програмування вбудованих та конфігурованих систем \_\_\_\_\_

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

факультет електроніки та комп'ютерних технологій \_\_\_\_\_

(назва інституту, факультету, відділення)

2022 – 2023 навчальний рік

Робоча програма “Програмування вбудованих та конфігурованих систем” для  
(назва навчальної дисципліни)  
 Студентів галузі знань “12 – Інформаційні технології”  
 за спеціальністю “121 Інженерія програмного забезпечення”

Розробники: Марія Назаркевич (доктор технічних наук, професор,  
 професор кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій)  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри (циклової комісії) \_\_\_\_\_  
радіофізики та комп'ютерних технологій

Протокол від “30” 08 2022 року № 28/22

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ радіофізики та комп'ютерних технологій  
 \_\_\_\_\_ (підпис) (І.Карбовник)  
(прізвище та ініціали)

Ухвалено Вченою радою \_\_\_\_\_ факультету електроніки та комп'ютерних технологій

Протокол від “31” 08 2022 року № 28/22

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів <b>4</b>	Галузь знань <u>12 Інформаційні технології</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів – <i>немає</i>	Спеціальність: <u>121 Інженерія програмного забезпечення</u>	Рік підготовки	
Змістових модулів – <b>2</b>		<b>4-й</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>немає</u> (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – <b>120</b>		<b>7-й</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – <b>4</b> самостійної роботи студента – <b>3,5</b>	Освітній ступінь <u>бакалавр</u>	Лекції	
		<b>32 год.</b>	
		Практичні, семінарські	
		<i>немає</i>	
		Лабораторні	
		<b>32 год.</b>	
		Самостійна робота	
		<b>56 год.</b>	
		Індивідуальні завдання:	
		<i>немає</i>	
Вид контролю:			
<i>екзамен</i>			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить

для денної форми навчання – 1,14

для заочної форми навчання – немає

### 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** курсу є засвоєння базових знань у застосуванні сучасних вбудованих систем та розробці програмного забезпечення до них. Розглядаються апаратні особливості вбудованих платформ. Проводиться порівняльний огляд операційних систем, що використовуються у вбудованих системах. Вивчаються програмні засоби, що використовуються при розробці та налагодженні програмного забезпечення вбудованих систем. Увага приділяється як традиційній реалізації

таких систем, так і новітнім тенденціям у їх розвитку — кібер-фізичним системам (Cyber Physical Systems). На лабораторних роботах студенти отримують практичні навички у роботі з вбудованими системами, розробці та налагодженні програмних компонентів до них.

**Цілі:** забезпечити знайомство студента з базовими знаннями у розробленні вбудованих систем та створенні програмного забезпечення до них. Сформувані навички практичного використання; навчити студента вибирати і обґрунтувати програмні та апаратні засоби для створення вбудованих систем, вказувати область їх застосування, записувати алгоритм розв'язування, та аналізувати точність отриманого результату.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** основні поняття, визначення і проблеми курсу; вимоги до постановки основних задач, які вирішують конфігуровані вбудовані системи; призначення й особливості застосування основних апаратних та програмних компонентів;

– основні архітектури мікроконтролерних програм; – основні методи таймінгу; – основні методи формування дискретних та аналогових сигналів; – технології та програмні засоби розробки програм для вбудованих систем на мові програмування C.

**вміти:** створювати власний код програмного забезпечення для мікроконтролерів вбудованих систем; – керувати світлодіодами; – використовувати рідкокристалеві дисплеї для виводу інформації; – використовувати зовнішні пристрої за допомогою стандартних інтерфейсів; – виконувати задачі за принципами розділення процесорного часу між задачами.

Після вивчення даного курсу «Програмування вбудованих та конфігурованих систем» здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ФК15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.

ФК17. Здатність дотримуватися специфікацій, стандартів, правил і рекомендацій в професійній галузі при реалізації процесів життєвого циклу.

ФК18. Здатність аналізувати, вибирати і застосовувати методи і засоби для забезпечення інформаційної безпеки (в тому числі кібербезпеки).

ПРН 1. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідкові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.

ПРН3. Знати основні процеси, фази та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення.

ПРН4. Знати і застосовувати професійні стандарти і інші нормативно-правові документи в галузі інженерії програмного забезпечення.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Введення в вбудовані конфігуровані системи. Програмування мікроконтролерів.**

##### **Тема 1.**

Фундаментальні поняття: числа, комп'ютери та процесор ARM Cortex M.

**Тема 2.** Електроніка: резистори, напруга, струм. Цифрова логіка: транзистори, тригери та логічні функції.

**Тема 3.** Вступ до програмування на C. Процес проектування та розробки проекту. Архітектура універсального вбудованого пристрою. Типи процесорів, які використовуються для вбудованих систем.

**Тема 4.** Скінченні автомати. Розроблення алгоритму та реалізація програми, що моделює роботу недетермінованого скінченного автомата.

##### **Тема 5.**

Структура і принцип роботи контролера: центральний процесор, оперативна пам'ять і пам'ять програм, зовнішні пристрої. Порівняння технологій RISC і CISC. Програмування мікроконтролерів.

#### **Змістовий модуль 2. Платформа Arduino. Цифрова обробка сигналів**

##### **Тема 6.**

Платформа Arduino Апаратна частина. Різновиди плат Arduino. клони, оригінали та сумісність. Оригінальні плати. Ардуіно-подібні плати. Підготовка до роботи з Arduino: встановлення драйвера, інсталяція програмного забезпечення Arduino. Середовище розробки Arduino.

##### **Тема 7.**

Основи програмування Arduino Біти і байти. Базова структура програми. Послідовне виконання програми. Головна програма: функції Setup() та Loop(). Переривання виконання програми. Команди Arduino і їх застосування. Типи даних. Оператори. Керуючі конструкції. Цикли. Функції та підпрограми.

##### **Тема 8.**

Робота із портами Послідовний інтерфейс введення/виведення: функції роботи з послідовним інтерфейсом, принцип його роботи, програмна емуляція UART. Конфігурація входу/виходу та настройки портів. Зчитування стану кнопки з підтягуючим та узгоджуючим резистором. Введення аналогових даних і АЦП. Аналоговий вихід. ШІМ. Деякі спеціальні функції. Вимірювання часових інтервалів.

##### **Тема 9.**

Цифрова обробка сигналів на Arduino. Введення в цифрову обробку сигналів. Усереднювання вимірів. Введення у фільтрацію. Простий низькочастотний фільтр. Генератор реалізацій фільтрів. Перетворення Фур'є. Приклад аналізатора спектру.

### **Тема 10.**

Протоколи внутрішнього зв'язку. Поняття про послідовний протокол I2C. Опис інтерфейсу I2C. Реалізація I2C в Arduino. Використання пристроїв з інтерфейсами I2C. Використання протоколу SPI. Загальні відомості про протокол SPI. Підключення пристроїв SPI. Конфігурація інтерфейсу SPI. Протокол передачі даних SPI. Порівняння SPI і I2C. Протокол 1-Wire, особливості програмування та схемної організації.

### **Тема 11.**

Робота з пам'яттю. Енергонезалежна пам'ять EEPROM. Особливості роботи. Бібліотека для роботи і з EEPROM. Використання зовнішньої пам'яті. Форматування даних за допомогою CSV-файлів. Підготовка SDкарти для реєстрації даних. Взаємодія Arduino з SD-картою. Плати розширення для SD-карт. SPI-інтерфейс SD-карти. Запис та читання SD-карт. Бібліотека для роботи із SD-картою.

### **Тема 12.**

Використання переривань в Arduino Поняття переривання. Переривання по таймеру. Таймери на Arduino. Налаштування таймерів. Завантаження мікроконтролера перериваннями. Вимірювання завантаження переривань. ISR Таймерів. Приклади застосування.

### **Тема 13.**

Енергозберігаючий режим Arduino. Потреба енергозбереження в мікроконтролерних прибудовах. Рівні та можливості енергозбереження Arduino. Заборона Brown-out. Виключення ADC (analog to digital conversion). Конфігурація портів введення-виводу. Power Reduction Register (PRR). Пробудження з режиму "сну" по WatchDog таймеру.

### **Тема 14.**

Взаємодія Arduino та Bluetooth-пристроїв. Bluetooth модуль HC-06, його будова, характеристики і призначення. Протокол і режими роботи Bluetooth. Налаштування Bluetooth-модуля. AT-команди. Управління пристроями з телефону.

### **Тема 15.**

Мережевий обмін даними з Arduino. Ethernet модуль ENC28J60, його будова, характеристики і призначення. Мережеві терміни і протоколи. Бібліотека Ethernet

library. Клас Ethernet (Ethernet class). Клас IPAddress (IPAddress class). Класи Server та Client. Клас EthernetUDP. Приклади реалізації практичних задач.

### **Тема 16.**

Реалізація WiFi пристроїв на Arduino Модулі ESP8266 для підключення плати Arduino до безпроводної мережі. Управління платою Arduino з Інтернету. Налаштування устаткування для управління введенням-виводом. Створення простої веб-сторінки. Написання програми для Arduino-сервера. Підключення до мережі і отримання IP-адреси через DHCP. Відповідь на клієнтський запит. Відправка даних в реальному часі в графічні сервіси. Приклад реалізації.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усьо го	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с. р.		л	п	лаб	інд	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Введення в вбудовані конфігуровані системи. Програмування мікроконтролерів.</b>												
Тема 1. Фундаментальні поняття: числа, комп'ютери та процесор ARM Cortex M	2		2			3,5						
Тема 2. Електроніка: резистори, напруга, струм. Цифрова логіка: транзистори, тригери та логічні функції	2		2			3,5						
Тема 3. Вступ до програмування на C. Процес проектування та розробки проекту. Архітектура універсального вбудованого пристрою. Типи процесорів, які використовуються для вбудованих систем	2		2			3,5						
Тема 4. Скінченні автомати. Розроблення алгоритму та реалізація програми, що моделює роботу недетермінованого скінченного автомата.	2		2			3,5						
Тема 5. Структура і принцип роботи контролера: центральний процесор, оперативна пам'ять і пам'ять програм, зовнішні пристрої. Порівняння технологій RISC і CISC. Програмування мікроконтролерів.	2		2			3,5						
Тема 6. Платформа Arduino Апаратна частина. Різновиди плат Arduino. клони,	2		2			3,5						



оригінали та сумісність. Оригінальні плати. Ардуіно-подібні плати. Підготовка до роботи з Arduino: встановлення драйвера, інсталяція програмного забезпечення Arduino. Середовище розробки Arduino.												
Тема 7. Основи програмування Arduino Біти і байти. Базова структура програми. Послідовне виконання програми. Головна програма: функції Setup() та Loop(). Переривання виконання програми. Команди Arduino і їх застосування. Типи даних. Оператори. Керуючі конструкції. Цикли. Функції та підпрограми.		2	2		3,5							
Тема 8. Робота із портами Послідовний інтерфейс введення/виведення: функції роботи з послідовним інтерфейсом, принцип його роботи, програмна емуляція UART. Конфігурація входу/виходу та настройки портів. Зчитування стану кнопки з підтягуючим та узгоджуючим резистором. Введення аналогових даних і АЦП. Аналоговий вихід. ШІМ. Деякі спеціальні функції. Вимірювання часових інтервалів		2	2		3,5							
Разом за змістовим модулем 1		<b>16</b>	<b>16</b>		<b>28</b>							
<b>Змістовий модуль 2. Платформа Arduino. Цифрова обробка сигналів</b>												
Тема 9. Цифрова обробка сигналів на Arduino. Введення в цифрову обробку сигналів.		2	2		3,5							

<p><i>Усереднювання вимірів. Введення у фільтрацію. Простий низькочастотний фільтр. Генератор реалізацій фільтрів. Перетворення Фур'є. Приклад аналізатора спектру</i></p>											
<p><i>Тема 10. Протоколи внутрішнього зв'язку Поняття про послідовний протокол I2C. Опис інтерфейсу I2C. Реалізація I2C в Arduino. Використання пристроїв з інтерфейсами I2C. Використання протоколу SPI. Загальні відомості про протокол SPI. Підключення пристроїв SPI. Конфігурація інтерфейсу SPI. Протокол передачі даних SPI. Порівняння SPI і I2C. Протокол I-Wire, особливості програмування та схемної організації.</i></p>		2	2		3,5						
<p><i>Тема 11. Робота з пам'яттю Енергонезалежна пам'ять EEPROM. Особливості роботи. Бібліотека для роботи і з EEPROM. Використання зовнішньої пам'яті. Форматування даних за допомогою CSV-файлів. Підготовка SDкарти для реєстрації даних. Взаємодія Arduino з SD-картою. Плати розширення для SD-карт. SPI-інтерфейс SD-карти. Запис та читання SD-карт. Бібліотека для роботи із SD-картою.</i></p>		2	2		3,5						
<p><i>Тема 12. Використання переривань в Arduino Поняття переривання. Переривання по таймеру. Таймери на</i></p>		2	2		3,5						

<i>Arduino. Налаштування таймерів. Завантаження мікроконтролера перериваннями. Вимірювання завантаження переривань. ISR Таймерів. Приклади застосування.</i>													
<i>Тема 13. Енергозберігаючий режим Arduino. Потреба енергозбереження в мікроконтролерних пристроях. Рівні та можливості енергозбереження Arduino. Заборона Brown-out. Виключення ADC (analog to digital conversion). Конфігурація портів введення-виводу. Power Reduction Register (PRR). Пробудження з режиму "сну" по WatchDog таймеру</i>		2	2		3,5								
<i>Тема 14. Взаємодія Arduino та Bluetooth-пристроїв. Bluetooth модуль HC-06, його будова, характеристики і призначення. Протокол і режими роботи Bluetooth. Налаштування Bluetooth-модуля. AT-команди. Управління пристроями з телефону.</i>		2	2		3,5								
<i>Тема 15. Мережевий обмін даними з Arduino. Ethernet модуль ENC28J60, його будова, характеристики і призначення. Мережеві терміни і протоколи. Бібліотека Ethernet library. Клас Ethernet (Ethernet class). Клас IPAddress (IPAddress class). Класи Server та Client. Клас EthernetUDP. Приклади</i>		2	2		3,5								

<i>реалізації практичних задач..</i>											
<i>Тема 16. Реалізація WiFi пристроїв на Arduino Модулі ESP8266 для підключення плати Arduino до безпроводної мережі.</i>		2	2		3,5						
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>		<b>16</b>	<b>16</b>		<b>28</b>						
<b>Усього годин</b>		<b>32</b>	<b>32</b>		<b>56</b>						

**5. Теми семінарських занять****6. Теми практичних занять****7. Теми лабораторних занять**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Лаб.1. Створення репозиторію на Github. Завантаження на нього проекту. Закомічення програми (змінюємо)	2
2	Лаб.2. Запустити існуючий проект на LaunchPad за допомогою перемикача входу та світлодіодного виходу	2
3	Лаб.3. Налаштування системи з двома входами і двома виходами	2
	Лаб.4. Написати функцію на C і виконати введення/виведення	2
4	Лаб.5. Написати програмне забезпечення на C, яке вводить дані з перемикача та перемикає світлодіодний вихід	2
5	Лаб.6. Написати функції C, які вводять із перемикача та виводять на два світлодіоди, які є віртуальним кардіостимулятором	2
6	Лаб.7. Інтерфейс зовнішнього перемикача та світлодіода та створення програмного забезпечення введення/виведення	2
7	Лаб. 8. Написати функції на C, використовуючи структури даних масиву, які збирають/налагоджують систему	2
8	Лаб. 9. Інтерфейс 3 перемикачів і 6 світлодіодів і створення кінцевого автомата світлофора	2
9	Лаб. 10. Робота з біометричним сканером і Arduino. Розробка програми для ідентифікації відбитків пальців	4
10	Лаб.11. Робота з мікрокомп'ютером Raspberry Pi	4
11	Лаб.12. Створення проекту з Raspberry Pi	4
12	Підсумкове заняття	2
	Разом	<b>32</b>

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вибір операційної системи	3,5
2	Вбудовані системи. Архітектура	3,5
3	Стратегія розроблення системи	3,5
4	Розроблення інтерфейсу користувача	3,5
5	Архітектури програмного забезпечення вбудованих систем	3,5
6	Системи, що керуються перериваннями	3,5
7	Системи сумісної багатозадачності	3,5
8	Системи витісняючої багатозадачності чи мультитядерні.	3,5
9	Мультитядерні системи	3,5
10	Системи, що використовують цифрову обробку сигналів	3,5
11	Промислові системи керування і системи керування завданнями та вимірювальні і контрольні прилади	3,5
12	Маршрутизатор, як приклад вбудованої системи.	3,5
13	Система біометричного захисту	3,5
14	Raspberry Pi. Побудова проекту	3,5
15	Відлагодження вбудованої системи	3,5
16	Удосконалення вбудованих систем	3,5
	Разом	<b>56</b>

## 9. Індивідуальні завдання

### 10. Методи навчання

Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).

### 11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється шляхом проведення усного опитування та написання письмових звітів по виконаних лабораторних роботах. У кінці курсу проводиться екзамен.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота																Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1								Змістовий модуль 2								50	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16		
2	2	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3		

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
A	90 – 100	відмінно	зараховано
B	81-89	добре	
C	71-80		
D	61-70		
E	51-60	задовільно	
FX	21-50	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
F	0-20	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

\* кількість балів для оцінок «незадовільно» (FX і F) визначається Вченими радами факультетів (педагогічними радами коледжів).

## 13. Методичне забезпечення

1. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи [Електронний ресурс] / А. О. Новацький. – Електрон-

ні текстові дані (1 файл: 43,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 367 с. : ил.

2. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи: Ч.2 «Проектування мікропроцесорних систем» [Електронний ресурс] : підручник для студ. освітньої програми «Інтегровані інформаційні системи» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» / А.О. Новацький : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 20,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 460 с.
3. Комп'ютерна електроніка [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інтегровані інформаційні системи» / А.О. Новацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 80.9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 468 с.

## 14. Рекомендована література

### Основна

- 1) Michael Barr. Embedded Systems Glossary. Netrino Technical Library.
- 2) Jack Ganssle, Michael Barr (2003). Embedded Systems Dictionary. CMP Books. ISBN 1578201209.
- 3) FAQs: Programmable Controllers" (PDF). Retrieved 2020-01-10.
- 4) Jack Ganssle and Michael Barr. 2003. Embedded Systems Dictionary. CMP Books.
- 5) Arnold S. Berger. Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools, and Techniques. CMP Books © 2002. ISBN: 1-57820-073-3

### Допоміжна

5. Конспект лекцій з дисципліни «Програмування систем реального часу» напрям підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі : Чихіра І.В., Микитишин А.Г., – Тернопіль : ернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя , 2016. – 76 с.
6. Datasheet stm32f407/ офіційна документація / електронний ресурс: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/dm00037051.pdf>

## 15. Інформаційні ресурси

- 1 [Embedded Systems course with mbed](#) YouTube, ongoing from 2015
- [Trends in Cyber Security and Embedded Systems](#) Dan Geer, November 2013
- [Modern Embedded Systems Programming Video Course](#) YouTube, ongoing from 2013
- [Embedded Systems Week \(ESWEEK\)](#) yearly event with conferences, workshops and tutorials covering all aspects of embedded systems and software



- [Workshop on Embedded and Cyber-Physical Systems Education Archived 2018-02-11 at the Wayback Machine](#), workshop covering educational aspects of embedded systems