

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Декан факультету  
комп'ютерних інформаційних  
технологій

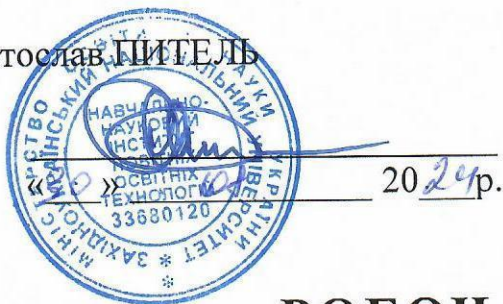
Ігор ЯКІМЕНКО



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор навчально-наукового  
інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ШИТЕЛЬ



**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Проректор з науково-педагогічної  
роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ



## РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни

### «ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ»

Ступінь вищої освіти – бакалавр

Галузь знань – 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність – 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Освітньо-професійна програма – Технології інтернету речей

Кафедра Спеціалізованих комп'ютерних систем

Форма навчання	Курс	Се-местр	Лекції (год.)	Лабор. заняття (год.)	ІРС (год.)	Тренінг	СРС	Разом (год.)	Іспит
Денна	4	7	46	44	5	5	55	150	7
Заочна	4	7	8	4	-	-	138	150	7

Тернопіль  
2024

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування спеціальності – 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка, затвердженої на засіданні Вченої ради ЗУНУ протокол № 9 від 26.05.2021р. зі змінами затвердженими Вченою радою ЗУНУ протокол №11 від 26 червня 2024 р.

Робочу програму склав старший викладач кафедри СКС: к.т.н. Заставний Олег Михайлович

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем протокол № 1 від 27.08.2024р.

Завідувач кафедри  к.т.н., доцент Андрій СЕГІН

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності інформаційно-вимірювальні технології протокол № 1 від 30.08.2024 р.

Керівник групи  
забезпечення спеціальності



Богдан МАСЛИЯК

Гарант ОП



Богдан МАСЛИЯК

# СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ»

## 1. Опис дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем»

### 2. Мета й завдання вивчення дисципліни

Дисципліна - “Проектування мікропроцесорних систем”	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS – 5	Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування	Нормативна навчальна дисципліна циклу дисциплін професійної та практичної підготовки Мова викладання - українська
Кількість залікових модулів – 5	Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка	Рік підготовки: <i>Денна – 4</i> <i>Заочна - 4</i> Семестр: <i>Денна – 7,</i> <i>Заочна - 7</i>
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції <i>Денна –46 год.</i> <i>Зочна - 8</i> Лабораторні заняття: <i>Денна – 44 год.</i> <i>Заочна – 4год.</i>
Загальна кількість годин – Денна – 150, Заочна – 150		Самостійна робота: <i>Денна - 55 год.</i> <i>Заочна – 138год</i> Індивідуальна робота: Денна - 5 год.
Тижневих годин: Денна – 12год., з них аудиторних – 7 год.		Вид підсумкового контролю: Денна – 7 семестр іспит Заочна – 7 семестр іспит

#### 2.1. Мета вивчення дисципліни

Метою дисципліни „Проектування мікропроцесорних систем” є вивчення студентами основних принципів побудови мікропроцесорних систем їх особливостей та елементної бази. Вивчення середовищ розробки та засобів програмування мікроконтролерів.

А також надбання необхідних знань, щодо інтерфейсів та протоколів, які використовуються в мікропроцесорних системах. В результаті вивчення курсу студенти отримують необхідні знання для вірної оцінки необхідних апаратних засобів для реалізації мікропроцесорної системи, а також реалізації програм керування для мікроконтролерів задіяних в реалізації мікропроцесорної системи.

#### 2.2. Завдання вивчення дисципліни

Для досягнення необхідного рівня знань та навичок, при вивчанні дисципліни використовуються основні засоби впливу на засвоєння навчального матеріалу. Тому в процесі викладання дисципліни розглядаються особливості реалізації проектування типових мікропроцесорних систем.

#### 2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни.

K08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

K09. Здатність бути критичним і самокритичним.

K10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. K14. Здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принцип їх роботи.

K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки.

## 2.4 Передумови для вивчення дисципліни.

Теоретичною базою вивчення дисципліни "Проектування мікропроцесорних систем" є попередні навчальні дисципліни: "Теорія автоматичного управління", "Технічні засоби автоматизації", "Архітектура систем керування", "Цифрова обробка сигналів", "Іноземна мова".

## 2.5. Результати навчання.

ПР01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки.

ПР07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач.

## 3. Зміст дисципліни

*Змістовний модуль 1. Основні поняття мікропроцесорних систем.*

**Тема 1.** Поняття та особливості мікропроцесорних систем. Поняття мікропроцесорних систем. Особливості мікропроцесорних систем. Робота в реальному часі. Метрики оцінки якості мікропроцесорни. Мінімізація енергії споживання. Інтерфейс користувача та інтерфейс сполучення з об'єктом. Багатозадачність. Мінімізація вартості. Обмеження обсягу пам'яті. Програмно-апаратний дуалізм.

Література: 1, 5, 7

**Тема 2.** Ядро Cortex. Знайомство з Cortex. Огляд сімейства STM32. Багатофункціональні ПБВ. Безпека. Захищеність. Розробка програм. Групи Performance Line і Access Line.

Література: 5-8

**Тема 3.** Огляд процесорів Cortex. Версії архітектур ARM. Процесор Cortex і ЦП Cortex. ЦП Cortex. Конвеєр. Модель програмування. Режими роботи ЦП. Набір інструкцій Thumb-2. Карта пам'яті. Доступ до фрагментованих даних. Метод "Bit Banding". Процесор Cortex. Шини. Матриця шин. Системний таймер. Обробка переривань. Контролер вкладених векторизованих переривань. Режими роботи, що впливають на енергоспоживання. Перехід в економний режим роботи. Література: 3, 7, 11

**Тема 4.** Схема включення мікроконтролерів STM32. Типи корпусів. Напруга живлення. Схема скидання. Генератори. Зовнішній високочастотний генератор. Зовнішній низькочастотний генератор. Вихід синхронізації. Виводи управління завантаженням і внутрісистемне програмування. Режими завантаження. Налаштовувальний порт.

Література: 3, 4, 7

**Тема 5.** Архітектура системи мікроконтролерів STM32. Розподіл пам'яті. Робота з максимальною швидкістю. Блок фазового автопідстроювання частоти. Налаштування шин. Буфер Flash пам'яті. Прямий доступ до пам'яті

Література: 3, 5, 7

**Тема 6.** Пристрої вводу-виводу. ПБВ загального призначення. Порти вводу-виводу загального призначення. Альтернативні функції. Сигналізація подій. АЦП. Таймери загального призначення і багатофункціональні таймери. Годинник реального часу і реєстри з резервуванням живлення. Реєстри з резервуванням живлення і вхід втручання.

Література: 2, 3, 7

**Тема 7.** Економні режими роботи. Режим RUN. Буфер попередньої вибірки і режим напівцикл. Економні режими роботи. Режим SLEEP. Режим STOP. Режим STANDBY. Споживаний струм області з резервуванням живлення. Можливість налагодження в економних режимах.

Література: 2, 3, 7

**Тема 8.** Можливості щодо забезпечення безпечної роботи. Управління скиданням. Контроль напруги живлення. Захищена система синхронізації. Сторожові таймери. Віконний сторожовий таймер. Незалежний сторожовий таймер. Особливості ПБВ. Блокування конфігурації ПБВ. Віконний компаратор. Вхід екстреного відключення

**Тема 9.** Модуль Flash пам'яті. Захист та програмування Flash пам'яті. Операції стирання і запису. Байти опцій. Захист від запису. Захист від читання. Конфігураційний байт

Література: 1-5

*Змістовний модуль 2. ARM мікроконтролери сімейства STM32.*

**Тема 10.** Інструментальні засоби для проектування. Поняття інструментальних засобів проектування. Проектування вимірювальних систем із застосуванням STM32.

**Тема 11. Порти вводу/виводу. GPIO.** Порти вводу/виводу як невід'ємна частина мікроконтролера. Опис регістрів GPIO.

Література: 1-5

**Тема 12. Послідовний інтерфейс USART.** Загальний огляд STM32 USART. Ініціалізація модуля STM32 USART. Робота з перериваннями STM32 USART.

Використання DMA STM32 USART. Застосування USART у вимірювальних системах.

Література: 3-5

**Тема 13. Таймери загального призначення.** Базовий модуль таймера. Режими рахунку. Вибір тактування. Режим захоплення вхідного сигналу. Режим введення ШІМ-сигналу. Використання таймерів у вимірювальних системах.

Література: 3, 5-7

**Тема 14. Аналого-цифровий перетворювач.** Основні характеристики АЦП мікроконтролерів STM32. Переривання від АЦП. Принципи побудови та проектування вимірювальних систем на основі АЦП.

Література: 3, 6

**Тема 15. Цифро-аналоговий перетворювач.** Основні характеристики ЦАП. Перетворення та Проектування інформаційно-вимірювальних систем із використанням ЦАП.

Література: 3, 7

**Тема 16. STM32 DMA.** Опис STM32 DMA. STM32 DMA. Ініціалізація. STM32 DMA.

Література: 3, 5-7

**Тема 17. STM32 USB.** Опис STM32 USB. Передача даних. Протоколи транзакцій.

Передавання вимірювальних даних через USB.

Література: 3, 5-7

**Тема 18. STM32 ВКР. Годинник на STM32.** STM32 ВКР. Опис регістрів та їх використання. Регістри резервних даних ВКР\_DRx. Програмне скидання регістрів області ВКР. Годинник реального часу. STM32 RTC. Ініціалізація і використання. STM32 RTC. Переривання.

Література: 3, 5-7

#### 4. Структура залікового кредиту дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем» (денна форма навчання)

Теми занять	Кількість годин				
	Лекції	Лабор. роботи		СРС	Контр. заходи
Тема 1. Поняття та особливості мікропроцесорних систем.	2	2	3	2	Поточн. опит.
Тема 2 Ядро Cortex.	2	2		2	
Тема 3. Огляд процесорів Cortex.	2	2		2	
Тема 4. Схема включення мікроконтролерів STM32.	2	2		2	
Тема 5. Архітектура системи мікроконтролерів STM32.	2	2		2	
Тема 6. Пристрої вводу-виводу.	2	2		4	
Тема 7. Економні режими роботи.	2	2		4	
Тема 8. Можливості щодо забезпечення безпечної роботи.	2	2		2	
Тема 9. Модуль Flash пам'яті	2	2		4	
<i>Змістовний модуль 2. ARM мікроконтролери сімейства STM32</i>					
Тема 10. Інструментальні засоби для проектування.	2	2	2	4	Поточн. опит.
Тема 11. Порти вводу/виводу. GPIO.	4	2		4	

Тема 12. Послідовний інтерфейс USART.	3	2		4
Тема 13. Таймери загального призначення.	3	4		4
Тема 14. Аналого-цифровий перетворювач.	3	4		4
Тема 15. Цифро-аналоговий перетворювач.	3	2		2
Тема 16. STM32 DMA.	3	4		4
Тема 17. STM32 USB.	3	4		4
Тема 18. STM32 ВКР. Годинник на STM32	4	2		2
<b>Всього:</b>	<b>46</b>	<b>44</b>	<b>5</b>	<b>55</b>

**(заочна форма навчання)**

Теми занять	Кількість годин		
	Лекції	Лабор. роботи	СРС
<i>Змістовний модуль 1. Основні поняття мікропроцесорних систем.</i>			
Тема 1. Поняття та особливості мікропроцесорних систем.			9
Тема 2 Ядро Cortex.			9
Тема 3. Огляд процесорів Cortex.	2	2	9
Тема 4. Схема включення мікроконтролерів STM32.			5
Тема 5. Архітектура системи мікроконтролерів STM32.			9
Тема 6. Пристрої вводу-виводу.	2		5
Тема 7. Економні режими роботи.			5
Тема 8. Можливості щодо забезпечення безпечної роботи.			9
Тема 9. Модуль Flash пам'яті			9
<i>Змістовний модуль 2. ARM мікроконтролери сімейства STM32</i>			
Тема 10. Інструментальні засоби для проектування.			9
Тема 11. Порти вводу/виводу. GPIO.	2		9
Тема 12. Послідовний інтерфейс USART.	2		5
Тема 13. Таймери загального призначення.		2	9
Тема 14. Аналого-цифровий перетворювач.			9
Тема 15. Цифро-аналоговий перетворювач.			9
Тема 16. STM32 DMA.			5
Тема 17. STM32 USB.			5
Тема 18. STM32 ВКР. Годинник на STM32			9
<b>Всього:</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>138</b>

**5. Тематика лабораторних робіт.**

**Лабораторна робота № 1**

**Тема:** 32-х розрядні мікроконтролери та середовище їх програмування.

**Мета:** Ознайомитися з середовищем програмування 32-х розрядних мікроконтролерів

**Питання для обговорення:**

1. Встановлення середовища програмування;
2. Налаштування порта для програмування та відлагодження;
3. Структура програми;
4. Основні елементи програми.

Література: 1-5

**Лабораторна робота № 2**

**Тема:** Робота з вбудованим АЦП.

**Мета:** Навчися працювати з вбудованим АЦП

**Питання для обговорення:**

1. Характеристики вбудованого АЦП;

2. Режими роботи АЦП;
3. Ініціалізація АЦП;
4. Переривання АЦП.

Література: 2, 3

### **Лабораторна робота № 3**

**Тема:** Робота з послідовним інтерфейсом USART.

**Мета:** Ознайомитися з роботою та конфігурацією послідовного інтерфейсу USART.

**Питання для обговорення:**

1. Характеристики послідовного інтерфейсу USART;
2. Режими роботи USART;
3. Ініціалізація USART;
4. Переривання USART.

Література: 2, 3

### **Лабораторна робота № 4**

**Тема:** Робота з пристроями по інтерфейсу SPI.

**Мета:** Ознайомитися з роботою та конфігурацією послідовного інтерфейсу SPI.

**Питання для обговорення:**

1. Характеристики послідовного інтерфейсу SPI;
2. Режими роботи SPI;
3. Ініціалізація SPI;
4. Переривання SPI.

Література: 2, 4, 9

### **Лабораторна робота № 5**

**Тема:** Робота з портами вводу-виводу GPIO.

**Мета:** Навчитися працювати з портами вводу-виводу ARM мікроконтролерів.

**Питання для обговорення:**

1. Режими роботи портів вводу-виводу;
2. Налаштування роботи портів вводу виводу;
3. Робочі частоти портів вводу-виводу;
4. Альтернативні функції портів вводу-виводу.

Література: 1, 3

### **Лабораторна робота № 6.**

**Тема:** Робота з таймерами загального призначення.

**Мета:** Навчитися конфігурувати та використовувати таймери загального призначення

**Питання для обговорення:**

1. Характеристики таймерів загального призначення;
2. Налаштування таймерів загального призначення;
3. Переривання таймерів загального призначення;
4. Режими роботи таймерів загального призначення.

Література: 3, 5,8

## **6. Самостійна робота студентів**

Самостійна робота студентів є однією з обов'язкових складових частин модуля залікового кредиту з курсу «Проектування мікропроцесорних систем». Виконується у вигляді теоретичних доповідей з презентаціями кожним студентом самостійно на основі сформованого завдання, що охоплює основні теми курсу. Пропонована тематика завдань:

1. Типи мікроконтролерів
2. Периферійні пристрої мікропроцесорних систем.
3. Текстові дисплеї
4. Графічні монохромні дисплеї.
5. Графічні кольорові дисплеї.
6. Периферійні пристрої мікроконтролера STM32.
7. Організація пам'яті STM32.
8. Бібліотека StdPeriph\_Lib.
9. Особливості обробки переривань в STM32.

10. Операції з дійсними числами з використанням модуля DSP.
11. ШІМ модуляція
12. Сенсори мікропроцесорних систем
13. Інтерфейс CAN.
14. Інтерфейс Ethernet.
15. Контролер DMA.
16. Криптографічний модуль STM32.
17. Годинник реального часу та енергонезалежна пам'ять.

### **Організація і проведення тренінгу**

*Порядок проведення тренінгу:*

1. Вступна частина проводиться з метою ознайомлення студентів з темою тренінгу.
2. Організаційна частина полягає у створенні робочого настрою у колективі студентів.
3. Практична частина реалізується шляхом виконання завдань з певних проблемних питань теми тренінгу.
4. Підведення підсумків. Обговорення результатів виконаних завдань. Обмін думками з питань, що виносились на тренінг.

Завдання тренінгу: виконати проєкт та презентувати результати виконання проєктів за однією із запропонованих тем:

1. Інтерфейси мікропроцесорних систем — особливості роботи з промисловими інтерфейсами для передавання даних в межах проєктованої мікропроцесорної системи та для взаємодії з іншими системами.
2. Периферійні елементи мікропроцесорних систем — знати сучасні периферійні модулі для використання в мікропроцесорних системах та отримання практичних навичок для роботи з ними.

### **8. Методи навчання.**

У навчальному процесі використовуються: лекції, лабораторні заняття під керівництвом викладача, індивідуальні заняття, групова робота, самостійне вивчення спеціалізованих літературних джерел та джерел Інтернет. Виконання лабораторних робіт проводиться в спеціалізованій лабораторії із відповідними засобами розробки.

### **9. Методи оцінювання.**

В процесі вивчення дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем» використовуються наступні методи оцінювання навчальної роботи студентів:

- поточне тестування та опитування;
- підсумковий контроль кожного змістовного модуля;
- оцінювання виконання лабораторних робіт;
- оцінювання тренінгів;
- оцінювання результатів самостійної роботи;
- підсумковий іспит.

### **10. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю**

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Семестр 7 - іспит

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10%	10%	10%	10%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль 1	Поточне оцінювання	Модульний контроль 2	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Середнє арифметичне з оцінок отриманих за виконання та захист лабораторних робіт 1-3	Підсумкова контрольна робота за темами 1-9	Оцінка за виконання та захист лабораторних робіт 4-6	Підсумкова контрольна робота за темами 10-18	Оцінка за виконання та захист проєкту за однією з запропонованих тем	Оцінка, за виконання та представлення результатів самостійної роботи	10 тестів по 2 бали; Теоретичне питання 40 балів Задача 40 балів



**Шкала оцінювання:**

За шкалою університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

**11. Інструменти, обладнання, ПЗ, перелік наочних матеріалів, використання яких передбачає навчальна дисципліна.**

№	Найменування	Номер теми
1	Мультимедійний проектор та проєкційний екран	1-17
2	Персональні комп'ютери	1-17
3	Наявність доступу до мережі Інтернет	1-17
4	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1-17
5	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-17
6	Операційна система Windows або Linux, STM32CubeIDE	1-17

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Dogan Ibrahim Nucleo Boards Programming with the STM32CubeIDE: Hands-on in more than 50 projects // Elektor Verlag, 2021. – 498p.
2. Warren Gay Beginning STM32: Developing with FreeRTOS, libopencm3, and GCC (Maker Innovations Series) Second Edition // Apress, 2024 – 552p.
3. Yury Magda Learn to Debug ARM code With STM32 Microcontrollers: A Practical Guide // Independently published, 2020.- 174p.
4. Aharen San PRACTICE STM32 MICROCONTROLLER WITH DMA PROGRAMMING DEMYSTIFIED – ARM CORTEX-M: Dummy Example Code, Data Transfer Using ARM and DMA, STM32 NUCLEO, ADC - DMA and More // Independently published., 2023. – 263p.
5. Peng Huang MASTERING STM32 CUBEMX: Unlock the Power of STM32 with CubeIDE for Embedded System Development // Independently published. – 2024.- 286p.
6. Kurniawan A. Getting Started With STM32 Nucleo Development // PE Press, 2015. — 137 p.
7. Gay Warren. Beginning STM32: Developing with FreeRTOS, libopencm3 and GCC // Apress, 2018. — 409 p.
8. Kurniawan A. MicroPython for STM32 Nucleo Technical Workshop (+code) // PE Press, 2018. - 125 p.
9. Norris Donald. Programming with STM32: Getting Started with the Nucleo Board and C/C++ // McGraw-Hill Education, 2018. — 304 p.
10. Watanabe K. Introduction to STM32 ARM Microcontroller with STM HAL-Library & SW4STM32 (+ sources code) // Amazon Digital Services LLC, 2017. — 99 p.