

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Декан факультету
комп'ютерних інформаційних
технологій

Ігор ЯКИМЕНКО

«29» 09 2025 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної
роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«29» 09 2025



РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни

«ПРОЕКТУВАННЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ»

ступінь вищої освіти – бакалавр

галузь знань - 12 - «Інформаційні технології»

спеціальність – 125 - «Кібербезпека та захист інформації»

освітньо-професійна програма – «Кібербезпека»

Кафедра Спеціалізованих комп'ютерних систем

Форма навчання	Курс	Сем.	Лекції (год.)	Лабор роботи (год.)	ІРС (год.)	Тренінг, (год.)	СРС (год.)	Разом (год.)	Залік (сем)
ДФН	3	6	30	14	3	6	97	150	6

В.О.Островерхов

Тернопіль
2025

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 26.08.2025р.

Завідувач кафедри СКС _____  Андрій СЕГІН

Гарант ОП

 Михайло КАСЯНЧУК

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ»

1. Опис дисципліни

Дисципліна – Проектування вбудованих систем	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS – 5	Галузь знань 12 - «Інформаційні технології»	Вибіркова навчальна дисципліна циклу дисциплін професійної та практичної підготовки Мова викладання - українська
Кількість залікових модулів – 3	125 - «Кібербезпека та захист інформації»	Рік підготовки – 3 Семестр – 6
Кількість змістових модулів – 2	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції – 30 год. Лабораторні заняття – 14 год.
Загальна кількість годин – 150		Самостійна робота – 97 год. Тренінг – 6 год. Індивідуальна робота - 3 год.
Тижневих годин: 10 год. з них аудиторних – 3 год.		Вид підсумкового контролю – залік

2. Мета й завдання вивчення дисципліни

2.1. Мета вивчення дисципліни

Метою дисципліни є вивчення студентами основних принципів побудови вбудованих систем їх особливостей та елементної бази. Вивчення середовищ розробки та засобів програмування вбудованих систем.

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

2.2. Завдання вивчення дисципліни

Завдання вивчення дисципліни "Проектування вбудованих систем" полягає в тому, щоб навчити студентів основам розробки апаратно-програмних комплексів для спеціалізованих застосувань. Включає освоєння принципів архітектури вбудованих систем, програмування мікроконтролерів, взаємодії з периферійними пристроями, а також оптимізацію ресурсів (пам'ять, енергія). Студенти отримують навички роботи з інструментами розробки та середовищами для проектування й тестування вбудованих систем у реальних умовах.

2.3. Завдання лекційних занять

Завдання лекційних занять з дисципліни "Проектування вбудованих систем" полягає в ознайомленні студентів з теоретичними основами та ключовими концепціями вбудованих систем. Лекції охоплюють такі теми, як: архітектура та компоненти вбудованих систем; огляд мікроконтролерів та мікропроцесорів; програмне забезпечення вбудованих систем; інтерфейси та протоколи зв'язку. Метою є підготувати студентів до практичного застосування цих знань у процесі розробки вбудованих рішень.

2.4 Завдання проведення лабораторних занять

Завдання лабораторних занять з дисципліни "Проектування вбудованих систем" полягає в тому, щоб надати студентам практичні навички розробки та тестування вбудованих систем. Лабораторні роботи включають: програмування мікроконтролерів і налаштування периферійних пристроїв; взаємодію з датчиками та виконавчими механізмами; реалізацію інтерфейсів зв'язку (UART, SPI, I2C). Метою лабораторних занять є застосування теоретичних знань для розв'язання реальних інженерних завдань та підготовка до самостійної розробки вбудованих систем.

3. Програма дисципліни

Змістовний модуль 1. Основні поняття вбудованих систем.

Тема 1. Поняття вбудованих систем. Огляд сучасних мікроконтролерів

Вбудовані системи. Класифікація вбудованих систем. Типи сучасних мікроконтролерів та їх функціональні можливості

Тема 2. Мікроконтролер ESP32. Основні характеристики. Порти вводу/виводу. Основні характеристики мікроконтролерів ESP32 та модулів на їх основі. Відлагоджувальні плати ESP32. Порти вводу/виводу.

Тема 3. Вбудований АЦП ESP32 та аналогові входи.

Особливості вбудованого АЦП. Налаштування та вибір входів АЦП. Конфігурація та робота з вбудованим АЦП.

Тема 4. Переривання та таймери.

Поняття переривань. Типи переривань. Обробники переривань. Таймери та їх характеристики. Налаштування та робота з таймерами на базі мікроконтролера ESP32.

Тема 5. Інтерфейс UART.

UART та USART. Варіанти підключення UART. Формат передавання даних UART. Управління потоком даних. COM-порт. Послідовний порт ESP32 UART. Послідовний порт ESP32 в Arduino.

Тема 6. Робота з модулем WiFi.

Вбудований модуль WiFi та його характеристики. Налаштування та робота з модулем WiFi.

Змістовний модуль 2. Робота з периферією ESP32 та мережею.

Тема 7. Робота з модулем Bluetooth.

Вбудований модуль Bluetooth та його характеристики. Налаштування та робота з модулем Bluetooth.

Тема 8. Протокол MQTT.

Історія MQTT. Особливості MQTT. Як працює MQTT. Семантика тем. Структура повідомлень. Авторизація. Використання MQTT.

Тема 9. Інтерфейс SPI.

Опис інтерфейсу SPI. Під'єднання кількох пристроїв до шини SPI. Переваги та недоліки інтерфейсу SPI.

Тема 10. Інтерфейс I2C.

Порівняння послідовних інтерфейсів. Історія I2C. I2C на апаратному рівні. Протокол I2C. Апаратні особливості ESP32 I2C. Стандартні контакти ESP32 I2C. Зв'язок ESP32 I2C. Сканер ESP32 I2C. Обмеження адрес пристроїв ESP32 I2C. ESP32 + розширювач I2C.

Тема 11. Інтерфейс 1-wire

Що таке 1-Wire. Основні принципи. Організація провідних мереж. Ведені однопровідні компоненти. Лінія зв'язку та топологія. Обмеження та сполучення з промисловими мережами. Опис інтерфейсу 1-wire. ESP32 Отримання температури від сенсора DS18B20.

Тема 12. Текстові та графічні дисплеї у вбудованих системах.

Текстові дисплеї на базі контролера HD44780, графічні монохромні дисплеї, графічні кольорові дисплеї.

4. Структура залікового кредиту дисципліни «Проектування вбудованих систем»

Теми занять	Кількість годин					
	Лекції	Лабор. роботи	ІРС	Тренінг	СРС	Контр. заходи
<i>Змістовний модуль 1. Основні поняття вбудованих систем.</i>						
Тема 1. Поняття вбудованих систем. Огляд сучасних мікроконтролерів.	2		1	3	8	Поточн. опит.
Тема 2 Мікроконтролер ESP32. Основні характеристики. Порти вводу/виводу.	2				8	
Тема 3. Вбудований АЦП ESP32 та аналогові входи.	2	2			8	
Тема 4. Переривання та таймери.	2	2			8	
Тема 5. Інтерфейс UART.	2	2			8	
Тема 6. Робота з модулем WiFi.	4	2			8	

Змістовний модуль 2. Робота з периферією ESP32 та мережею						
Тема 7. Робота з модулем Bluetooth.	2		2	3	8	Поточн. опит.
Тема 8. Протокол MQTT.	4	2			8	
Тема 9. Інтерфейс SPI	2	2			8	
Тема 10. Інтерфейс I2C.	2				8	
Тема 11. Інтерфейс 1-wire.	2				8	
Тема 12. Текстові та графічні дисплеї у вбудованих системах.	4	2			8	
Всього:	30	14	4	6	96	

5. Тематика лабораторних робіт.

Лабораторна робота № 1

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.

Лабораторна робота № 2.

Тема: Робота з таймерами загального призначення та перериваннями

Мета: Навчитися конфігурувати та використовувати таймери загального призначення та переривання.

Питання для обговорення:

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

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.

Лабораторна робота № 4

Тема: Робота з модулем WiFi.

Мета: Ознайомитися з роботою та конфігурацією WiFi.

Питання для обговорення:

1. Характеристики модуля WiFi;
2. Режими роботи WiFi;
3. Ініціалізація WiFi;
4. Передавання даних по WiFi мережі.

Лабораторна робота № 5

Тема: Робота з протоколом MQTT.

Мета: Ознайомитися з роботою систем IoT по протоколу MQTT.

Питання для обговорення:

1. Характеристики протоколу MQTT;
2. Налаштування MQTT сервера;
3. Тестування MQTT сервера;

4. Передавання даних між пристроями з використанням MQTT.

Лабораторна робота № 6

Тема: Робота з пристроями по інтерфейсу SPI.

Мета: Ознайомитися з роботою та конфігурацією послідовного інтерфейсу SPI.

Питання для обговорення:

5. Характеристики послідовного інтерфейсу SPI;
6. Режими роботи SPI;
7. Ініціалізація SPI;
8. Переривання SPI.

Лабораторна робота № 7

Тема: Робота з графічним дисплеєм.

Мета: Ознайомитися з роботою та конфігурацією графічного дисплею на основі контролера ST7789.

Питання для обговорення:

1. Характеристики графічного дисплею;
2. Ініціалізація контролера дисплею;
3. Вивід графічних примітивів;
4. Вивід текстової інформації.

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів є однією з обов'язкових складових частин модуля залікового кредиту з курсу. Виконується у вигляді теоретичних доповідей кожним студентом самостійно на основі сформованого завдання, що охоплює основні теми курсу. Студенти вибирають собі тему завдання з переліку, або пропонують свою тему та погоджують її з викладачем. 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 ESP32.
7. Робота WiFi в режимі точки доступу.
8. Робота ESP32 OTA.
9. Особливості обробки переривань в ESP32.
10. Операції з дійсними числами з використанням модуля DSP.
11. ШІМ модуляція
12. Сенсори вбудованих систем
13. Інтерфейс Bluetooth
14. Інтерфейс Ethernet.
15. Робота з протоколом HTTP
16. Криптографічний модуль ESP32.
17. Годинник реального часу та енергонезалежна пам'ять.

7. 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.

Мета тренінгу: забезпечення студентів комплексними теоретичними знаннями та практичними навичками побудови вбудованих комп'ютерних систем.

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 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;

10. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів і перескладання. Для виконання усіх видів завдань студентами і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів проводиться в установленому порядку.

Політика щодо академічної доброчесності. Списування під час проведення контрольних заходів заборонені. Під час контрольного заходу студент може користуватися лише дозволеними допоміжними матеріалами або засобами, йому забороняється в будь-якій формі обмінюватися інформацією з іншими студентами, використовувати, розповсюджувати, збирати варіанти контрольних завдань.

Політика щодо відвідування. За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в дистанційній формі за погодженням із керівником курсу з дозволу дирекції факультету.

11. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

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

Модуль 1		Модуль 2	Модуль 3
40%	40%	5%	15%
Поточне оцінювання	Модульний контроль	Тренінг	Самостійна робота
Середнє арифметичне з оцінок отриманих за виконання та захист лабораторних робіт 1-7	Підсумкова контрольна робота: 2 теоретичні питання по 30 балів Задача 40балів	Оцінка за виконання та захист проєкту за однією з запропонованих тем	Оцінка, за виконання та представлення результатів самостійної роботи

Виконання лабораторних робіт:

90–100 балів – робота виконана самостійно, без помилок, усі етапи задокументовано, правильне використання інструментів.

75–89 балів – виконання із незначними помилками, що не вплинули на результат; часткова потреба в підказках.

60–74 бали – виконання із суттєвими помилками; поверхнєве розуміння завдань.

1–59 балів – робота не виконана або результат неправильний; відсутність навичок.

Поточне опитування:

90–100 балів – повне володіння матеріалом, аргументовані й логічні відповіді, глибоке розкриття змісту.

75–89 балів – загалом повне володіння матеріалом, але окремі відповіді поверхневі або з незначними неточностями.

65–74 бали – знання основного змісту без достатньої глибини та аргументації, суттєві неточності.

60–64 бали – фрагментарне володіння матеріалом, недостатнє розкриття питань.

1–59 балів – відсутність знань, нездатність розкрити зміст теоретичних питань.

Тренінг, самостійна робота:

90–100 балів – повне володіння матеріалом, аргументоване застосування знань, правильне виконання завдань, наявність елементів власного дослідження, творчий підхід.

75–89 балів – здебільшого правильне виконання, незначні помилки, достатньо аргументоване використання матеріалу, частково присутні елементи власного дослідження.

65–74 бали – розв’язання завдань з помилками, недостатня аргументація, поверхневе опрацювання теми, обмежена самостійність.

60–64 бали – часткове або фрагментарне виконання завдань, відсутність повного обґрунтування, мінімальний авторський внесок.

1–59 балів – завдання практично не виконано, повністю неправильне розв’язання, відсутність дослідницького або творчого підходу.

Підсумкове модульне тестування:

90–100 балів – правильно виконано 90–100% завдань тесту.

75–89 балів – правильно виконано 75–89% завдань тесту.

60–74 бали – правильно виконано 60–74% завдань тесту.

1–59 балів – правильно виконано менше 60% завдань тесту.

Екзамен – підсумковий контроль, який проводиться з метою оцінювання засвоєння здобувачем вищої освіти теоретичного та практичного матеріалу. Екзаменаційне завдання складається з двох блоків:

Відповіді на теоретичні питання (максимум 40 балів):

16–20 балів – повне володіння матеріалом, аргументована та всебічна відповідь, демонстрація глибокого розуміння;

11–15 бали – достатнє володіння матеріалом, відповідь здебільшого правильна, допускаються незначні неточності;

0–10 балів – фрагментарне або неправильне викладення матеріалу, суттєві недоліки в аргументації.

Практичне завдання (тестове, максимум 60 балів):

40–60 балів – всі завдання виконані правильно, повне розуміння практичного матеріалу;

20–39 балів – завдання виконані частково правильно, допускаються незначні або суттєві помилки;

0–19 балів – завдання виконано неправильно або не виконано взагалі.

Шкала оцінювання:

За шкалою ЗУНУ	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)

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

№	Найменування	Номер теми
1	Мультимедійний проектор та проєкційний екран	1-12
2	Персональні комп'ютери або ноутбуки	1-12
3	Наявність доступу до мережі Інтернет	1-12
4	Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності)	1-12
5	Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-12
6	Операційна система Windows або Linux, Visual Studio Code, Arduino IDE	1-12

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Andy King Programming the Internet of Things: An Introduction to Building Integrated, Device-to-Cloud IoT Solutions // O'Reilly Media; 1st edition, 2021 - 421p. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ebook.app.hcu.edu.gh/wp-content/uploads/2024/08/Andy-King-Programming-the-Internet-of-Things_-An-Introduction-to-Building-Integrated-Device-to-Cloud-IoT-Solutions-OReilly-Media-2021.pdf (дата звернення: 28.08.2025)
2. Жураковський Б. Ю., Зенів І. О. Технології інтернету речей : навч. посіб. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 271 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42078> (дата звернення: 28.08.2025).
3. Жураковський Б. Ю., Федорова Н. В., Гаврилко Є. В., Зенів І. О. Технології створення інтернету речей. Комп'ютерний практикум : навч. посіб. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 127 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46169> (дата звернення: 28.08.2025).
4. Технології Інтернет речей : посібник з дисципліни / Державний університет інфраструктури та технологій. — Київ : ДУІКТ, 2021. — 674 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/739/view/2147> (дата звернення: 28.08.2025).
5. Архітектура інтернет-речей : навч. посіб. — Київ : ДУТ / КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 68 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://eftneu.am/files_list/67dd56b27eadf/S_ahitekt_inter_rech.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 28.08.2025). (Містить також посилання на «Технічні засоби Інтернету речей», КПІ, 2020).
6. Гребеняк А. В. Лабораторний практикум з дисципліни “Програмні засоби інтернету речей” : навч. посіб. — Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2021. — 48 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: eom.lpnu.ua/textbooks/np-pzir.pdf (дата звернення: 28.08.2025).
7. Калинчук Т.-Н., Шевчик В. Indoor positioning with Bluetooth Low Energy: a preliminary system design and results // Advances in Cyber-Physical Systems (ACPS). — 2025. — Т. 10, № 1. — С. 28–33. — DOI: 10.23939/acps2025.01.028. (Використано Nordic nRF52840-DK). [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/uk/acps/vsi-vypusky/vypusk-10-nomer-1-2025/indoor-positioning-bluetooth-low-energy-preliminary-system> (дата звернення: 28.08.2025).
8. Хижняк І. А. Система збору даних на базі ESP-32 : магістерська дисертація. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 106 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/46253/1/Khyzhniak_magistr.pdf (дата звернення: 28.08.2025).
9. Peter Marwedel Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things // Germany, Dortmund.- Springer.-2021.-455p.
10. Jonathan W. Valvano Embedded Systems: Introduction to Robotics // USA, Traverse City, Michigan.-Independently published.-2019.-499p.
11. Neil Cameron Electronics Projects with the ESP8266 and ESP32: Building Web Pages, Applications, and WiFi Enabled Devices 1st ed.// Apress.- California.-2020.-714p.

12. Agus Kurniawan Internet of Things Projects with ESP32: Build exciting and powerful IoT projects using the all-new Espressif ESP32// Packt Publishing.- Birmingham, Englang.-2019.-458p.
13. Luc Volders ESP32 Simplified: Control your home over the internet // Lulu.com.-USA.-2020.-348p.
14. Aharen san Learn internet of things with ESP32 for beginners hand guide: Sensor and Network, DHT22, Wifi LAN, Ardiuno Coding, Thingspeak with IOT Project//USA, Traverse City, Michigan.-Independently published.-2022.-110p.
15. Janani Sathish ESP32 cookbook: ESP8266, Arduino Coding, Example Code, IoT Project, Sensors, Esp32 Startup//USA, Traverse City, Michigan.-Independently published.-2021.-260p.
16. Randall, Hyde Book Of I2C, The: A Guide for Adventurers // USA, San Francisco.- No Starch Press.-2022.-448p.
17. Tim Pulver Hands-On Internet of Things with MQTT: Build connected IoT devices with Arduino and MQ Telemetry Transport (MQTT)//Packt Publishing.- Birmingham, Englang.-2019.-350p.