

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра радіоелектронних і комп'ютерних систем

Затверджено

На засіданні
кафедри радіоелектронних і
комп'ютерних систем
факультету електроніки та комп'ютерних
технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № *14* від *28.08*, 2023 р.)

Завідувач кафедри:


Ігор ОЛЕНИЧ

Силабус з навчальної дисципліни
“Основи вбудованих систем”,
що викладається в межах ОПП
“ Високопродуктивний комп'ютинг ”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Основи вбудованих систем
Адреса викладання дисципліни	Корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Драгоманова 50, м. Львів, 79005, вул. Ген. Тарнавського 107, м. Львів, 79011
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Кафедра радіоелектронних і комп'ютерних систем
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 121 – Інженерія програмного забезпечення
Викладачі дисципліни	Сінкевич О. О., доктор філософії з комп. н., доцент кафедри радіоелектронних і комп'ютерних систем Павлик М.Р., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри радіоелектронних і комп'ютерних систем
Контактна інформація викладачів	oleh.sinkevych@lnu.edu.ua https://electronics.lnu.edu.ua/employee/o_sinkevych/ mykhailo.pavlyk@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/pavlyk-m-r
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 101, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Драгоманова 50, м. Львів
Сторінка курсу	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6017
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Основи вбудованих систем” є нормативною дисципліною з спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення для освітньої програми “Високопродуктивний комп'ютинг”, яка викладається в 4-му семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Інформація про дисципліну	Курс розроблено для ознайомлення студентів з основами будови та функціонування вбудованих систем і основними принципами розробки програмного забезпечення для них.
Мета та цілі дисципліни	<i>Мета:</i> формування у студентів знань про архітектуру мікроконтролерів, принципів їх роботи та особливості розробки програмного забезпечення для вбудованих систем. <i>Цілі:</i> формування у студентів практичних навичок проектування вбудованих систем, використання спеціалізованих програмних інструментів для програмування мікроконтролерів.
Література для вивчення дисципліни	1. Trevor Martin. The Designer's Guide to the Cortex-M Processor Family, 3rd Edition. – Elsevier, 2022. – 650 p. 2. Cem Unsalan, Huseyin Deniz Gurhan, Mehmet Erkin Yucel. Embedded System Design with ARM Cortex-M Microcontrollers: Applications with C, C++ and MicroPython. – Springer, 2022. – 576 p. 3. Cem Unsalan, Duygun E. Barkana, H. Deniz Gurhan. Embedded Digital Control with Microcontrollers: Implementation with C and Python. Wiley. –

	<p>2021. – 364 р.</p> <p>4. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи [Електронний ресурс] / А. О. Новацький. – Електронні текстові дані (1 файл: 43,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2019. – 367 с. : ил.</p> <p>5. 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.</p> <p>6. Gareth Halfacree. Get started with MicroPython on Raspberry Pi Pico. Raspberry Pi Press, 2021. - 139p.</p> <p>7. Danny Staple. Robotics at Home with Raspberry Pi Pico. Packt Publishing, 2023. - 400p.</p> <p>8. Charles Bell. Beginning MicroPython with the Raspberry Pi Pico: Build Electronics and IoT Projects. Apress, 2022. 660p.</p> <p>9. Simon Monk. Programming the Raspberry Pi, 3rd Edition. O'Reilly Media, 2021. - 207p.</p> <p>10. Simon Monk. Raspberry Pi Cookbook, 4rd Edition. O'Reilly Media, 2023. - 725p.</p> <p>11. Gian Marco Iodice. TinyML Cookbook. Packt Publishing, 2022. 344p.</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 56 год.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p>знати: основні архітектури мікроконтролерів; основні переривання у мікроконтролері; програмні інтерфейси мікроконтролерів; технології та програмні засоби розробки програм для вбудованих систем; основи роботи з периферією мікроконтролера;</p> <p>вміти: створювати програмний код для мікроконтролерів; керувати світлодіодами, двигунами постійного струму; використовувати рідкокристалеві дисплеї для виводу інформації; використовувати зовнішні пристрої за допомогою стандартних інтерфейсів; розробляти програми для роботи мікроконтролера із зниженим енергоспоживанням;</p> <p>Після вивчення даного курсу «Інформаційна безпека програм та даних» здобувачі набудуть таких Загальних(ЗК)/Фахових(ФК) компетентностей та Програмних результатів навчання (ПРН):</p> <p>Після вивчення даного курсу здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:</p> <p>ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово. ФК14. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування. ФК15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.</p>

	<p>ФК20. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ФК27. Здатність розробляти високопродуктивні програмні комплекси для вирішення задач наук про дані, систем штучного інтелекту, вбудованих та інших інноваційних систем.</p> <p>ПРН25. Вміти застосовувати інноваційні технологічні рішення при розробці високопродуктивних систем.</p> <p>ПРН26. Знати засоби інтеграції, розгортання та підтримки спеціалізованих програмних компонентів, розроблених на основі інноваційних технологій для вирішення завдань високопродуктивних технологій.</p>
Ключові слова	Вбудовані системи, мікроконтролер, мікрокомп'ютер, Raspberry Pi Pico.
Формат курсу	Очний
Теми	<p>Тема 1. Мікроконтролери: застосування, будова, функціональні блоки, засоби програмування.</p> <p>Тема 2. Розробка програм для мікроконтролера Raspberry Pi Pico на мовах програмування MicroPython та C.</p> <p>Тема 3. Архітектура та набір команд мікроконтролера Raspberry Pi Pico.</p> <p>Тема 4. Переривання та їхня обробка у мікроконтролері Raspberry Pi Pico. Апаратні та програмні переривання. Переривання по таймеру.</p> <p>Тема 5. Порти вводу/виводу загального призначення (GPIO) мікроконтролера Raspberry Pi Pico.</p> <p>Тема 6. Широко-імпульсна модуляція та її режими у мікроконтролері Raspberry Pi Pico.</p> <p>Тема 7. Аналогово-цифровий перетворювач. Аналогові порти мікроконтролера Raspberry Pi Pico.</p> <p>Тема 8. Найпоширеніші інтерфейси у вбудованих системах. Інтерфейси SPI, I2C, UART.</p> <p>Тема 9. Підключення периферійних модулів вводу-виводу до мікроконтролера Raspberry Pi Pico.</p> <p>Тема 10. Особливості управління електродвигунами постійного струму за допомогою мікроконтролера Raspberry Pi Pico.</p> <p>Тема 11. Система керування живленням мікроконтролера Raspberry Pi Pico. Розробка програм із зниженим енергоспоживанням.</p> <p>Тема 12. Типи пам'яті мікроконтролера. Енергонезалежна пам'ять EEPROM.</p> <p>Тема 13. Особливості розгортання веб сервера на мікроконтролері Raspberry Pi Pico. Передача даних через WiFi.</p> <p>Тема 14. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi.</p> <p>Тема 15. Операційна система реального часу FreeRTOS.</p> <p>Тема 16. Розгортання нейромереж на мікроконтролерах Raspberry Pi Pico і ESP32.</p>
Підсумковий контроль, форма	Екзамен у кінці семестру
Пререквізити	<p>Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> - алгоритми і структури даних; - операційні системи; - системне програмування; - комп'ютерні інформаційні мережі та системи; - архітектура комп'ютерів та комп'ютерна електроніка.
Навчальні	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація);

<p>методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</p>	<p>дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).</p>
<p>Необхідне обладнання</p>	<p>Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3 (4 ядра/8 потоків), 8ГБ оперативної пам'яті, 50ГБ вільного місця на диску, доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор).</p> <p>Для проведення лабораторних занять: Комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3 (4 ядра/8 потоків), 8ГБ оперативної пам'яті, 50ГБ вільного місця на диску. Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Ubuntu 22 LTS, середовище розробки Thonny, інтерпретатор мови програмування Python 3.8. 12 наборів Raspberry Pi Pico Sensor Kit, 12 мікрокомп'ютерів Raspberry Pi 3/4, 12 плат розширення SenseHAT.</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Змістовий модуль 1: до 25 балів за виконані лабораторні роботи. • Змістовий модуль 2: до 25 балів за виконані лабораторні роботи. • Екзамен: до 50 балів. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100. Звітність за курс – екзамен в кінці семестру.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані при поточному контролі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Оцінювання лабораторних робіт (14 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 50) відбувається шляхом оцінки роботи студента під час</p>

проведення лабораторної роботи в аудиторії (0-5 балів за одну роботу) та захисту звіту по виконаній лабораторній роботі (0-5 балів за одну роботу). У підсумку, всі набрані бали множаться на коефіцієнт (0.357) для переведення у 50-ти бальну шкалу.

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання;

4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками);

3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує неточно, або з помірними недоліками;

2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми функціонує з суттєвими недоліками;

1 - студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, код програми не функціонує належним чином;

0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі.

Оцінювання екзамену (3 питання, 17 балів за кожне, але не більше 50 балів за іспит) — за результатами написаних студентом письмових відповідей на 3 питання з білету.

Бали оцінювання питань нараховуються за наступним співвідношенням:

17-13 - розглянуте питання відтворюється в повному обсязі. Засвідчено глибоке володіння матеріалом. Наведені приклади коду повністю робочі та відповідають темі питання. Можуть бути присутні несуттєві помилки та невідповідності;

13-10 - відтворюється значна частина питання. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни, проте присутні неточності та/або невідповідності основному питанню. Наведені приклади коду частково робочі, проте в загальному відповідають темі питання;

10-7 - відстежується загальне розуміння розглянутого питання. Виявлені множинні неточності та невідповідності, пояснення наведеного коду відсутні;

7-3 – студент погано розуміє розглянуте питання. Виявлені суттєві неточності та невідповідності. Наведені приклади коду з суттєвими недоліками, або не відповідають питанню;

3-0 – студент взагалі не розуміє розглянуте питання. Питання не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам. Наведений код не робочий, або відсутній як такий.

Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:

Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, участь у діяльності наукових гуртків,

	участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.
Питання до заліку чи екзамену.	Перелік питань на екзамен розміщений на веб-сторінці курсу.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

**Схема курсу “Основи вбудованих систем”
для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.** * Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Мікроконтролери: застосування, будова, функціональні блоки, засоби програмування.	Лекція	[1], [2], [3], [4], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
1	Ознайомлення із засобами програмування мікроконтролера Raspberry Pi Pico.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Розробка програм для мікроконтролера Raspberry Pi Pico на мовах програмування MicroPython та C.	Лекція	[6], [7], [8] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Лаб.1. Розробка програми для управління RGB світлодіодом.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Архітектура та набір команд мікроконтролера Raspberry Pi Pico.	Лекція	[1], [2], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Лаб.2. Вивід інформації на OLED дисплей.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Переривання та їхня обробка у мікроконтролерах. Апаратні та програмні переривання. Переривання по таймеру.	Лекція	[1], [2], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Лаб.3. Керування роботою світлодіода та зумера за допомогою переривань.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Порти вводу/виводу загального призначення (GPIO) мікроконтролера Raspberry Pi Pico.	Лекція	[1], [2], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Лаб.4. Зчитування стану кнопки з підтягуючим та узгоджуючим резистором.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Широтно-імпульсна модуляція та її режими у мікроконтролері Raspberry Pi	Лекція	[1], [2], [6], [7] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

	Pico.				тижня
6	Лаб.5. Управління яскравістю світлодіоду за допомогою широтно-імпульсної модуляції.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Аналогово-цифровий перетворювач. Аналогові порти мікроконтролера Raspberry Pi Pico.	Лекція	[1], [2], [5], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Лаб.6. Вимірювання аналогових сигналів з відображенням на OLED-дисплеї.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Найпоширеніші інтерфейси у вбудованих системах. Інтерфейси SPI, I2C, UART.	Лекція	[1], [2], [6], [7], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Лаб.7. Визначення яскравості навколишнього освітлення використовуючи фоторезистор.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	Підключення периферійних модулів вводу-виводу до мікроконтролера Raspberry Pi Pico.	Лекція	[1], [2], [6], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	Лаб.8. Вимірювання температури та вологості цифровим датчиком.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Особливості управління електродвигунами постійного струму за допомогою мікроконтролера Raspberry Pi Pico.	Лекція	[6], [7], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Лаб.9. Управління електродвигунами постійного струму.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Система керування живленням мікроконтролера Raspberry Pi Pico. Розробка програм із зниженим енергоспоживанням.	Лекція	[4], [6], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Лаб.10. Визначення положення в просторі використовуючи цифровий акселерометр та гіроскоп.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Типи пам'яті мікроконтролера. Енергонезалежна пам'ять EEPROM.	Лекція	[3], [4], [6], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Лаб.11. Збереження даних у пам'ять EEPROM.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Особливості розгортання веб сервера на мікроконтролері Raspberry Pi Pico. Передача даних через WiFi.	Лекція	[6], [7], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Лаб.12. Розгортання веб сервера на мікроконтролері Raspberry Pi Pico.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Мікрокомп'ютер Raspberry Pi.	Лекція	[9], [10], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Лаб.13. Робота з платою розширення SenseHAT на мікрокомп'ютері Raspberry Pi.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Операційна система реального часу FreeRTOS.	Лекція	[1], [2], [5], [6] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Лаб.14. Програмування керованої робомашини.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Розгортання нейромереж на	Лекція	[11]	2	кінець

	мікроконтролерах Raspberry Pi Pico і ESP32. Фреймворк машинного навчання TinyML.		Сайт курсу		поточного тижня
16	Підсумкове заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня