

**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 № 1 від 31.08, 2022 р.)

Завідувач кафедри:

 Ігор ОЛЕНИЧ

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

Львів 2022 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Основи вбудованих систем
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	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
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Кафедра радіоелектронних і комп'ютерних систем
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 – інформаційні технології 121 – Інженерія програмного забезпечення
<b>Викладачі дисципліни</b>	Флюнт О. Є., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри радіоелектронних і комп'ютерних систем
<b>Контактна інформація викладачів</b>	Orest.Fliunt@lnu.edu.ua , <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/fliunt-orest-yevhenovych">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/fliunt-orest-yevhenovych</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю) у комп'ютерному класі № 10 корпусу факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Драгоманова 50, м. Львів
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=4968">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=4968</a>
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Основи вбудованих систем” є нормативною дисципліною з спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення для освітньої програми “Інформаційні системи та технології”, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Інформація про дисципліну</b>	Курс розроблено для ознайомлення з основами побудови та програмування сучасних вбудованих цифрових систем; вивчення різних підходів до вирішення задач, які виникають при розробці вбудованих систем; вивчення основ написання програмного коду для мікроконтролерів мовою асемблера та з використанням операційної системи реального часу FreeRTOS.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<i>Мета:</i> надати студентам основні поняття про вбудовані обчислювальні системи, їхнє призначення та завдання, які вони вирішують; основні принципи побудови вбудованих обчислювальних систем та підходів до їхнього програмування. <i>Цілі:</i> ознайомити студентів з апаратними елементами для побудови вбудованих обчислювальних систем; ознайомити з основними програмними завданнями для побудови систем, наприклад, ввід і вивід даних за допомогою елементарних пристроїв, цифрових кнопочних клавіатур малої розрядності, семисегментних індикаторів, рідкокристалічних дисплеїв та цифрових індикаторів; навчити вирішувати базові задачі такі, як програмування часових затримок за допомогою програмного коду або вбудованих таймерів, використання апаратних

	переривань; програмувати паралельні процеси за допомогою операційної системи реального часу FreeRTOS з використанням черг Queues, м'ютексів Mutexes, семафорів SemaforS.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Michael Barr. "Embedded Systems Glossary". Netrino Technical Library. Архів оригіналу за 2013-06-25. Процитовано 2007-04-21.</li> <li>2. Jack Ganssle, Michael Barr (2003). Embedded Systems Dictionary. CMP Books. ISBN 1578201209.</li> <li>3. Хоменко М. А., Велігорський О. А. Програмування вбудованих систем: методичні вказівки до виконання курсового проєкту для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" усіх форм навчання. 2020 URI: <a href="http://ir.stu.cn.ua/123456789/19709">http://ir.stu.cn.ua/123456789/19709</a></li> <li>4. Barry R. Mastering the FreeRTOS™ Real Time Kernel [Електронний ресурс]/ Richard Barry// © Real Time Engineers Ltd. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <a href="https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/161204_Mastering_the_FreeRTOS_Real_Time_Kernel-A_Hands-On_Tutorial_Guide.pdf">https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/161204_Mastering_the_FreeRTOS_Real_Time_Kernel-A_Hands-On_Tutorial_Guide.pdf</a></li> <li>5. Dogan I. Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects Using the FreeRTOS Multitasking Kernel/ Ibrahim Dogan., 2020. – 524 с.</li> <li>6. ISOCPP. Resumable Functions (revision 4) [Електронний ресурс]/ ISOCPP – Режим доступу до ресурсу: <a href="https://isocpp.org/files/papers/N4402.pdf">https://isocpp.org/files/papers/N4402.pdf</a></li> <li>7. Філіппенко І. В. Огляд графічних бібліотек для вбудованих платформ / І. В. Філіппенко, В. Р. Корнієнко, Г. К. Кулак// RI. – 2020. – С. 47–53. <a href="https://openarchive.nure.ua/bitstreams/1b9833a6-91a8-4d43-8efe-009a282cb5a4/download">https://openarchive.nure.ua/bitstreams/1b9833a6-91a8-4d43-8efe-009a282cb5a4/download</a></li> <li>8. Development of coroutines usage model for cooperative multitasking implementation on the systems with limited resources [Електронний ресурс] / Amin Salih Mohammed, I. Filippenko, B. V. Saravana та ін.]// Springer. – 2021. Режим доступу до ресурсу: <a href="https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10479-021-04417-1">https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10479-021-04417-1</a></li> <li>9. P.Long, G. Fei, P. Luc, T. Martin.: Behaviour and performance comparison between FreeRTOS and <math>\mu</math>C/OS-III. – International Journal of Embedded Systems. – 2016. – DOI: 10.1504/IJES.2016.077774</li> <li>10. Samek M. Practical UML Statecharts in C/C++ Event-Driven Programming for Embedded Systems. – Miro Samek., 2009. – 728 с.</li> <li>11. Парашук С. Д. Практикум із процедурно-орієнтованого програмування (мова C): Навчальний посібник. – Кіровоград: ФОП Александрова М. В., 2016. – 220 с.</li> <li>12. Мова програмування C, друге видання (The C Programming Language) Браян В. Керніган, Деніс М. Річі (Brian Kernighan and Dennis Ritchie). – 232 с.</li> <li>13. Шпак З. Я. Програмування мовою C. – Львів: Оріяна-Нова, 2006. – 432 с.</li> <li>14. Програмування мікроконтролерів AVR: [навчальний посібник]/ С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ. – 2018. – 111 с.</li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 122 години. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 56 год.

<p><b>Очікувані результати навчання</b></p>	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p>знати:</p> <p>призначення вбудованих обчислювальних систем; основи архітектури вбудованих систем; основні завдання і алгоритми, які реалізують у вбудованих системах; основні протоколи обміну даними між вузлами вбудованих систем; основні засоби введення і виведення інформації у вбудованих системах; основи програмування в операційній системі реального часу FreeRTOS;</p> <p>вміти:</p> <p>аналізувати та будувати структуру простих вбудованих систем; організувати обмін даними між вузлами вбудованої системи; створювати і програмувати прості пристрої вводу і виводу інформації; програмувати часові затримки програмним кодом або таймерами мовою асемблера мікроконтролерів PIC16; програмувати паралельні процеси в мікроконтролері модуля STM32 за допомогою операційної системи реального часу FreeRTOS; створювати процеси (Tasks) з заданими пріоритетами, використовувати черги, м'ютекси, семафори.</p> <p>Після вивчення курсу “Основи вбудованих систем” здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК4. Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ФК14. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.</p> <p>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 використовувати для розробки програмного забезпечення перспективні засоби та технології, зокрема, науки про дані, штучного інтелекту, IoT, вбудованих систем тощо.</p> <p>ПРН25. Вміти проектувати та реалізовувати програмно-апаратні рішення з використанням технологій програмування вбудованих систем та IoT.</p>
<p><b>Ключові слова</b></p>	<p>Вбудовані обчислювальні системи, мікроконтролер, архітектура CISC і RISC, ввід і вивід даних, часові затримки, операційна система реального часу FreeRTOS, черги Queues, м'ютекси, семафори.</p>
<p><b>Формат курсу</b></p>	<p>Очний</p>

<b>Теми</b>	<p>Тема 1. Класифікація комп'ютерних систем. Класифікація Шора. Класифікація Фліна. Вбудовані системи, їхнє призначення та застосування. Прості вбудовані системи. Складніші системи.</p> <p>Тема 2. Центральні процесори вбудованих систем. Архітектура CISC і RISC. Застосування архітектури RISC у програмуванні вбудованих систем.</p> <p>Тема 3. Готові рішення для вбудованих систем. Монокристалні та FPGA рішення. Периферія вбудованих систем. Інструменти для розроблення вбудованих систем.</p> <p>Тема 4. Методи програмування часових затримок у вбудованих системах. Програмування часових затримок за допомогою програмного коду у мікроконтролерах.</p> <p>Тема 5. Програмування апаратних таймерів у мікроконтролерах Мікрочіп.</p> <p>Тема 6. Застосування апаратних переривань у програмуванні мікроконтролерів для вбудованих систем.</p> <p>Тема 7. Програмування засобів вводу і виводу інформації мовою асемблера мікроконтролерів Microchip.</p> <p>Тема 8. Протоколи передавання і приймання інформації у вбудованих системах. Синхронно-асинхронний приймач-передавач USART.</p> <p>Тема 9. Операційна система реального часу FreeRTOS. Симуляція роботи FreeRTOS в операційних системах Linux і Windows.</p> <p>Тема 10. Типи змінних FreeRTOS. Керування завданнями Tasks.</p> <p>Тема 11. FreeRTOS черги Queue. Обмін даними між процесами за допомогою черг.</p> <p>Тема 12. Семафори FreeRTOS. Застосування семафорів для використання спільних ресурсів.</p> <p>Тема 13. Використання м'ютексів у FreeRTOS.</p> <p>Тема 14. Керування розподілом пам'яті в операційній системі FreeRTOS.</p> <p>Тема 15. Програмування таймерів у системі FreeRTOS.</p> <p>Тема 16. Графічні бібліотеки для вбудованих платформ. Існуючі інтерфейси обміну з дисплейними модулями.</p>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Екзамен у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	<p>Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вища математика;</li> <li>- дискретна математика;</li> <li>- теорія алгоритмів;</li> <li>- алгоритмізація і програмування;</li> <li>- об'єктно-орієнтоване програмування.</li> </ul>
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).
<b>Необхідне обладнання</b>	Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.
<b>Критерії оцінювання (ок-</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

ремо для кожного виду навчальної діяльності)

- Змістовий модуль 1: 25% семестрової оцінки за виконані лабораторні роботи.
  - Змістовий модуль 2: 25% семестрової оцінки за виконані лабораторні роботи.
  - екзамен: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50.
- Підсумкова максимальна кількість балів 100.

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

**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.

**Відвідання 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.

**Література.** Вся 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.

**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 запізень 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.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

**Питання до заліку чи екзамену**

Перелік питань для підготовки до екзамену розміщений на сайті курсу в системі Moodle

**Опитування**

Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.

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

**Перелік лекцій**

<b>Тиж.</b>	<b>Тема, план, короткі тези</b>	<b>Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)</b>	<b>Література.*** Ресурси в інтернеті</b>	<b>Завдання, год</b>	<b>Термін виконання</b>
1	Тема 1. Класифікація комп'ютерних систем. Класифікація Шора. Класифікація Фліна. Вбудовані системи, їхнє призначення та застосування. Прості вбудовані системи. Складніші системи.	Лекція	[1], [2], [3], [9], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Тема 2. Центральні процесори вбудованих систем. Архітектура CISC і RISC. Застосування архітектури RISC у програмуванні вбудованих систем.	Лекція	[1], [2], [3], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Тема 3. Готові рішення для вбудованих систем. Монокристалні та FPGA рішення. Периферія вбудованих систем. Інструменти для розроблення вбудованих систем.	Лекція	[1], [2], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Тема 4. Програмування апаратних таймерів у мікроконтролерах Мікрочіп.	Лекція	[1], [2], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Тема 5. Застосування апаратних переривань у програмуванні мікроконтролерів для вбудованих систем.	Лекція	[1], [2], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Тема 6. Програмування простих засобів вводу інформації мовою асемблера. Механічні кнопки, перехресне опитування простої клавіатури, світлочутливі індикатори.	Лекція	[1], [2], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Тема 7. Протоколи передавання і приймання інформації у вбудованих системах. Синхронно-асинхронний приймач-передавач USART.	Лекція	[1], [2], [3], [5], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Тема 8. Програмування простих засобів виводу інформації мовою асемблера. Світлодіоди, семисегментні індикатори, рідкокристалічні матриці та індикатори.	Лекція	[1], [2], [6], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	Тема 9. Операційна система реального часу FreeRTOS. Симуляція роботи FreeRTOS в операційних системах Linux і Windows.	Лекція	[1], [2], [3], [10], Сайт курсу	2	Кінець поточного тижня
10	Тема 10. Типи змінних FreeRTOS. Керування завданнями Tasks.	Лекція	[1], [2], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Тема 11. FreeRTOS черги Queue. Обмін даними між процесами за допомогою черг.	Лекція	[1], [2], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Тема 12. Семафори FreeRTOS.	Лекція	[1], [2], [4], [8],	2	кінець

	Застосування семафорів для використання спільних ресурсів.		Сайт курсу		поточного тижня
13	Тема 13. Використання м'ютексів у FreeRTOS.	Лекція	[1], [2], [4], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Тема 14. Керування розподілом пам'яті в операційній системі FreeRTOS.	Лекція	[1], [2], [4], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Тема 15. Програмування таймерів у системі FreeRTOS.	Лекція	[1], [2], [4], [10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Тема 16. Графічні бібліотеки для вбудованих платформ. Існуючі інтерфейси обміну з дисплейними модулями.	Лекція	[1], [3], [5], [10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

### Теми лабораторних робіт

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.*** Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Вступне заняття. Інструктаж з безпеки життєдіяльності.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	ЛР1. Встановлення та налаштування середовища розробки програмного коду та симуляції роботи мікроконтролерів MrLabX IDE	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	ЛР2. Ввід і вивід інформації за допомогою цифрових портів мікроконтролера PIC16	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	ЛР3. Програмування часових затримок за допомогою програмного коду мікроконтролера PIC16	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	ЛР4. Програмування часових затримок за допомогою вбудованого таймера мікроконтролера PIC16	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	ЛР5. Вивід цифрової інформації на семисегментні світлодіодні індикатори за допомогою мікроконтролера PIC16	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	ЛР6. Опитування стану клавіатури 3*4 за допомогою мікроконтролера PIC16	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Підсумкове заняття ЗМ 1	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	ЛР7. Встановлення і симуляція роботи FreeRTOS в операційній системі Linux	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	ЛР8. Створення нового проекту FreeRTOS з використанням шаблону	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	ЛР9. Робота з завданнями Task в операційній системі FreeRTOS	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня



12	ЛР10. Організації обміну даними між завданнями за допомогою черг в операційній системі FreeRTOS	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	ЛР11. Організація використання спільних ресурсів за допомогою м'ютексів в операційній системі FreeRTOS	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	ЛР12. Використання ресурсів за допомогою семафорів в операційній системі FreeRTOS	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	ЛР13. Розподіл використання пам'яті в операційній системі FreeRTOS	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Підсумкове заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня