

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 № від 2019 р.)

Завідувач кафедри:

_____ Ігор ОЛЕНИЧ

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

Львів 2019 р.

Назва дисципліни	Програмування 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	Флюнт О. Є., кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри радіоелектронних і комп'ютерних систем
Контактна інформація викладачів	Orest.Fliunt@lnu.edu.ua , https://electronics.lnu.edu.ua/employee/fliunt-orest-yevhenovych
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	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
Сторінка курсу	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=4968
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Методи обчислень” 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).
Інформація про дисципліну	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.
Мета та цілі дисципліни	<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.
Література для вивчення дисципліни	<p>1) Хоменко М. А., Велігорський О. А. Програмування вбудованих систем: методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка" усіх форм навчання. 2019 URI: http://ir.stu.cn.ua/123456789/19709</p> <p>2) Barry R. Mastering the FreeRTOS™ Real Time Kernel [Електронний ресурс]/ Richard Barry// © Real Time Engineers Ltd. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.freertos.org/fr-content-src/uploads/2018/07/161204_Mastering_the_FreeRTOS_Real_Time_Kernel-A_Hands-On_Tutorial_Guide.pdf</p> <p>3) Dogan I. Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects Using the FreeRTOS Multitasking Kernel/ Ibrahim Dogan., 2019. – 524 с.</p> <p>4) ISOCPP. Resumable Functions (revision 4) [Електронний ресурс]/ ISOCPP – Режим доступу до ресурсу: https://isocpp.org/files/papers/N4402.pdf</p> <p>5) Філіппенко І. В. Огляд графічних бібліотек для вбудованих платформ / І. В. Філіппенко, В. Р. Корнієнко, Г. К. Кулак// RI. – 2019. – С. 47–53. https://openarchive.nure.ua/bitstreams/1b9833a6-91a8-4d43-8efe-009a282cb5a4/download</p> <p>6) Development of coroutines usage model for cooperative multitasking implementation on the systems with limited resources [Електронний ресурс] / Amin Salih Mohammed, I. Filippenko, B. B. Saravana та ін.]// Springer. – 2019. Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10479-021-04417-1</p> <p>7) P.Long, G. Fei, P. Luc, T. Martin.: Behaviour and performance comparison between FreeRTOS and μC/OS-III. – International Journal of Embedded Systems. – 2016. – DOI: 10.1504/IJES.2016.077774</p> <p>8) Samek M. Practical UML Statecharts in C/C++ Event-Driven Programming for Embedded Systems. – Miro Samek., 2009. – 728 с.</p> <p>9) Паращук С. Д. Практикум із процедурно-орієнтованого програмування (мова C): Навчальний посібник. – Кіровоград: ФОП Александрова М. В., 2016. – 220 с.</p> <p>10) Мова програмування C, друге видання (The C Programming Language) Браян В. Керніган, Деніс М. Річі (Brian Kernighan and Dennis Ritchie). – 232 с.</p> <p>11) Шпак З. Я. Програмування мовою C. – Львів: Оріяна-Нова, 2006. – 432 с.</p> <p>12) Програмування мікроконтролерів AVR: [навчальний посібник]/ С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ. – 2018. – 111 с.</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 122 години. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 56 год.

<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p>знати: 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: 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 даного курсу «Методи обчислень» здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:</p> <p>K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. K03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. K04. Здатність спілкуватися іноземною мовою мовою як усно, так і письмово. K14. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування. K15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем. K20. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення. K26. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення PP23: Вміти документувати та презентувати результати розробки програмного забезпечення.</p>
<p>Ключові слова</p>	<p>Вбудовані обчислювальні системи, мікроконтролер, архітектура CISK і RISK, ввід і вивід даних, часові затримки, операційна система реального часу FreeRTOS, черги Queues, м'ютекси, семафори.</p>
<p>Формат курсу</p>	<p>Очний</p>
<p>Теми</p>	<p>Тема 1. Вбудовані системи, їхнє призначення та застосування. Тема 2. Архітектура CISC і RISC. Застосування архітектури RISC у програмування вбудованих систем. Тема 3. Програмування часових затримок за допомогою програмного коду у мікроконтролерах. Тема 4. Програмування апаратних таймерів у мікроконтролерах Мікрочіп. Тема 5. Застосування апаратних переривань у програмуванні мікроконтролерів для вбудованих систем. Тема 6. Програмування засобів вводу і виводу інформації мовою асемблера мікроконтролерів Microchip. Тема 7. Протоколи передавання і приймання інформації у вбудованих</p>

	<p>системах. Синхронно-асинхронний приймач-передавач USART.</p> <p>Тема 8.</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.</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"> - вища математика; - дискретна математика; - теорія алгоритмів; - алгоритмізація і програмування; - об'єктно-орієнтоване програмування. 																																																																						
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).																																																																						
Необхідне обладнання	Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.																																																																						
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="16">Поточне тестування та самостійна робота</th> <th rowspan="2">Підсумковий тест (екзамен)</th> <th rowspan="2">Сума</th> </tr> <tr> <th colspan="8">Змістовий модуль 1</th> <th colspan="8">Змістовий модуль 1</th> </tr> <tr> <th>T1</th><th>T2</th><th>T3</th><th>T4</th><th>T5</th><th>T6</th><th>T7</th><th>T8</th> <th>T9</th><th>T10</th><th>T11</th><th>T12</th><th>T13</th><th>T14</th><th>T15</th><th>T16</th> <th></th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td> <td>4</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td> <td>50</td><td>100</td> </tr> </tbody> </table> <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</p>	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			2	2	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	50	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																																																								
2	2	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	50	100																																																						

	<p>викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>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.</p> <p>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.</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 запізнь 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>
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 “Програмування вбудованих систем”
для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення**

Перелік лекцій

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.*** Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Тема 1. Вбудовані системи, їхнє призначення та застосування.	Лекція	[1], [2], [3], [9], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Тема 2. Застосування архітектури RISK у програмування вбудованих систем.	Лекція	[1], [2], [3], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Тема 3. Програмування часових затримок за допомогою програмного коду у мікроконтролерах.	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. Застосування семафорів для використання спільних ресурсів.	Лекція	[1], [2], [4], [8], Сайт курсу	2	кінець 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

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	Лабораторна	Сайт курсу	2	кінець

	операційній системі FreeRTOS	робота			поточного тижня
16	Підсумкове заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня