

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра (циклова комісія) \_\_\_\_\_ радіофізики та комп'ютерних технологій \_\_\_\_\_

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету \_\_\_\_\_

доц. Юрій ФУРГАЛА

“ ”

2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Операційні системи реального часу

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність \_\_\_\_\_ 121 – Інженерія програмного забезпечення \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

факультет \_\_\_\_\_ електроніки та комп'ютерних технологій \_\_\_\_\_

(назва інституту, факультету, відділення)

Робоча програма “Операційні системи реального часу” для студентів  
(назва навчальної дисципліни)  
 галузі знань “12 – Інформаційні технології”  
 за спеціальністю “121 Інженерія програмного забезпечення”

Розробники: Іван Карбовник (доктор фізико-математичних наук, доцент,  
завідувач кафедри радіофізики та комп’ютерних технологій)  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри (циклової комісії) \_\_\_\_\_  
кафедри радіофізики та комп’ютерних технологій

Протокол від “ 30 ” 08 2022 року № 2/22

Завідувач кафедри кафедри радіофізики та комп’ютерних технологій  
 \_\_\_\_\_ (Іван Карбовник)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Ухвалено Вченою радою \_\_\_\_\_  
факультету електроніки та комп’ютерних технологій

Протокол від “ 31 ” 08 2022 року № 28/22

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів <b>4</b>	Галузь знань <u>12 Інформаційні технології</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів – <i>немає</i>	Спеціальність: <u>121 Інженерія програмного забезпечення</u>	Рік підготовки	
Змістових модулів – <b>2</b>		<b>4-й</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>немає</u> (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин – <b>120</b>		<b>7-й</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – <b>4</b> самостійної роботи студента – <b>3,5</b>	Освітній ступінь <u>бакалавр</u>	Лекції	
		<b>32 год.</b>	
		Практичні, семінарські	
		<i>немає</i>	
		Лабораторні	
		<b>32 год.</b>	
		Самостійна робота	
		<b>56 год.</b>	
		Індивідуальні завдання:	
		<i>немає</i>	
Вид контролю:			
<i>екзамен</i>			

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить

для денної форми навчання – 1,14

для заочної форми навчання – немає

### 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** вивчити основи архітектури програмного забезпечення систем реального часу, планування, способи роботи з ресурсами, перериваннями та паралельними потоками.

**Цілі:** продемонструвати студентам особливості багатозадачних ОС у реальному часі, стратегії планування, структури пріоритетів та керування

завданнями а також можливості керування пам'яттю та спільного використання коду.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** відмінності між системами реального часу та систему на основі логіки, теорію алгоритмів планування, методологію створення однозадачних та багатозадачних програми за допомогою операційної системи реального часу.

**вміти:** розставляти пріоритети завдань у системі реального часу за допомогою монотонного аналізу, синхронізувати завдання, створені в операційній системі за допомогою семафорів і м'ютексів, аналізувати продуктивність програми реального часу за допомогою статистики.

Після вивчення даного курсу студенти набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

K27. Здатність використовувати для розробки програмного забезпечення перспективні засоби та технології, зокрема, науки про дані, штучного інтелекту, IoT, вбудованих систем тощо.

PR23: Вміти документувати та презентувати результати розробки програмного забезпечення.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1.**

Тема 1. *Вступ до систем реального часу.*

Історичний досвід, елементи системи керування обчислювальною системою.

Тема 2. *Визначення системи реального часу.*

Класифікація систем у режимі реального часу, часові обмеження, класифікація програм.

Тема 3. *Апаратні вимоги для застосувань, які працюють в реальному часі.*

Однокристальні мікрокомп'ютери та мікроконтролери.

Тема 4. *Спеціалізовані процесори.*

Пов'язані з процесами інтерфейси, методи передачі даних, зв'язок, стандартні інтерфейси.

Тема 5. *Мови для програм реального часу.*

Компонування синтаксису та читабельність, оголошення та ініціалізація змінних і констант, модульність і змінні, компіляція модульних програм, типи даних.

Тема 6. *Керуючі структури.*

Обробка винятків, низькорівневі засоби, співпрограми, переривання та обробка пристроїв, паралелізм, підтримка в реальному часі.

Тема 7. *Багатозадачність.*

Багатозадачна ОС реального часу, стратегії планування, структури пріоритетів.

Тема 8. *Керування завданнями.*

Планувальник і обробник переривань годинника реального часу.

**Змістовий модуль 2.**

Тема 9. *Керування пам'яттю.*

Спільне використання коду, контроль ресурсів, співпраця та зв'язок із завданнями, взаємне виключення.

Тема 10. *Дизайн систем реального часу.*

Загальні принципи. Технічна документація, Ескізний проект. Однопрограмний підхід.

Тема 11. *Типи RTOS, частина 1.*

Системи «Polled loops».

Тема 12. *Типи RTOS, частина 2.*

Системи, керовані перериваннями.

Тема 13. *Приклади реалізацій RTOS, частина 1.*

PCOS RTOS, Lynx, RT Linux.

Тема 14. *Приклади реалізацій RTOS, частина 2.*

Azure RTOS ThreadX.

Тема 15. *Приклади застосувань FreeRTOS.*

Порти FreeRTOS.

Тема 16. *Еволюція операційних систем реального часу.*

RTOS та AI.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		го	л	п	лаб	інд		с. р.	о	л	п	лаб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. Інтерполяція функцій, їх похідних та інтегралів. Задачі лінійної алгебри</b>												
Тема 1. Вступ до систем реального часу.		2		2		3,5						
Тема 2. Визначення системи реального часу.		2		2		3,5						
Тема 3 Апаратні вимоги для застосувань, які працюють в реальному часі.		2		2		3,5						
Тема 4. Спеціалізовані процесори.		2		2		3,5						
Тема 5. Мови для програм реального часу.		2		2		3,5						
Тема 6. Керуючі структури.		2		2		3,5						
Тема 7. Багатозадачність.		2		2		3,5						
Тема 8. Керування завданнями.		2		2		3,5						
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>		<b>16</b>		<b>16</b>		<b>28</b>						
<b>Змістовий модуль 2. Розв'язування нелінійних алгебричних рівнянь. Задачі для звичайних диференціальних рівнянь і рівнянь математичної фізики</b>												
Тема 9. Керування пам'яттю.		2		2		3,5						
Тема 10. Дизайн систем реального часу.		2		2		3,5						
Тема 11. Типи RTOS, частина 1.		2		2		3,5						
Тема 12. Типи RTOS, частина 2.		2		2		3,5						
Тема 13. Приклади реалізацій RTOS, частина 1.		2		2		3,5						
Тема 14. Приклади реалізацій RTOS,		2		2		3,5						

<i>частина 2.</i>											
Тема 15. <i>Приклади застосувань FreeRTOS.</i>		2	2		3,5						
Тема 16. <i>Еволюція операційних систем реального часу.</i>		2	2		3,5						
Разом за змістовим модулем 2		<b>16</b>	<b>16</b>		<b>28</b>						
<b>Усього годин</b>		<b>32</b>	<b>32</b>		<b>56</b>						

### 5. Теми семінарських занять

### 6. Теми практичних занять

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Лаб. 1. Вступне заняття</i>	2
2	<i>Лаб. 2. Розготання інфраструктури проєкту для мікропроцесора ESP8266/ESP32</i>	2
3	<i>Лаб. 3. Ознайомлення з RTOS портом для ESP8266</i>	2
4	<i>Лаб. 4. Ознайомлення з FreeRTOS для ESP-IDF</i>	2
5	<i>Лаб. 5. Розробка тестового однопотокowego додатку під FreeRTOS для ESP8266</i>	2
6	<i>Лаб. 6. Розробка тестового однопотокowego додатку під FreeRTOS для ESP32</i>	2
7	<i>Лаб. 7. Розробка тестового багатопотокowego додатку під FreeRTOS для ESP8266</i>	2
8	<i>Підсумкове заняття ЗМ 1</i>	2
9	<i>Лаб. 8. Розробка тестового багатопотокowego додатку під FreeRTOS для ESP32</i>	2
10	<i>Лаб. 9. Ознайомлення з портом Free RTOS для STM32</i>	2
11	<i>Лаб. 10. Розробка тестового однопотокowego додатку для STM32</i>	2
12	<i>Лаб. 11. Розробка тестового багатопотокowego додатку для STM32</i>	2
13	<i>Лаб. 12. Ознайомлення з Azure RTOS ThreadX на прикладі реалізації на процесорі Renesas</i>	2
14	<i>Лаб. 13. Розробка додатку з Azure RTOS ThreadX</i>	2
15	<i>Лаб. 14. Комунікація між процесорами, які виконуть RTOS задачі</i>	2
16	<i>Підсумкове заняття ЗМ2</i>	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<i>Робота з система контролю версій.</i>	3,5
2	<i>Тулчейни для розробки під контролери Espressif</i>	3,5
3	<i>Основи FreeRTOS</i>	3,5
4	<i>Розробка програм для вбудованих систем - основи</i>	3,5
5	<i>Багатопотокове програмування</i>	3,5
6	<i>Взаємодія між потоками</i>	3,5
7	<i>Робота з перериваннями</i>	3,5
8	<i>Аналіз задач, які вимагають жорсткого часового контролю</i>	3,5
9	<i>Automotive системи реального часу</i>	3,5
10	<i>Основи AUTOSAR</i>	3,5
11	<i>Сімейства процесорів Renesas RA</i>	3,5
12	<i>Сімейства процесорів Infineon Traveo</i>	3,5
13	<i>Порівняння популярних IDE</i>	3,5
14	<i>Дебагінг</i>	3,5
15	<i>Використання J-Link</i>	3,5
16	<i>Напрямки розвитку систем реального часу</i>	3,5
	<b>Разом</b>	<b>56</b>

## 9. Індивідуальні завдання

### 10. Методи навчання

Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).

### 11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється шляхом проведення усного опитування та написання письмових звітів по виконаних лабораторних роботах. У кінці курсу проводиться екзамен.

### 12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота	Підсумковий тест (екзамен)	Сума
---	----------------------------	------

																)	
Змістовий модуль 1								Змістовий модуль 2								50	100
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		

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
A	90 – 100	відмінно	зараховано
B	81-89	добре	
C	71-80		
D	61-70	задовільно	
E	51-60		
FX	21-50	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
F	0-20	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

\* кількість балів для оцінок «незадовільно» (FX і F) визначається Вченими радами факультетів (педагогічними радами коледжів).

### 13. Методичне забезпечення

### 14. Рекомендована література

#### Основна

- 1) Richard Barry. *Mastering the FreeRTOS Real Time Kernel. A Hands-On Tutorial Guide.* – Real Time Engineers Ltd., 2016. – 399p.  
[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)
- 2) Brian Amos. *Hands-On RTOS with Microcontrollers: Building real-time embedded systems using FreeRTOS, STM32 MCUs, and SEGGER debug tools.* – Packt Publishing, 2020. – 496p.
- 3) Colin Walls. *Building a Real Time Operating System: RTOS from the Ground Up.* –

Elsevier Science & Technology Books, 2008. – 288p.

### Допоміжна

1) Raj Kamal. *Embedded Systems*. McGraw Hill, third edition, 2014.

## 15. Інформаційні ресурси

1. Internet – джерела.
2. Наукова бібліотека Львівського національного університету імені Івана Франка (<https://www.lnulibrary.lviv.ua/to-users-2/paid-services/internet/>).
3. Львівська національна наукова бібліотека України імені Василя Стефаника (<https://www.lsl.lviv.ua/index.php/uk/elektronni-resursyl/>).