



# Інтелектуальні (Real Time) вбудовані системи

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>123 Комп'ютерна інженерія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерна інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс (2 семестр)</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів, 120 год. Лекцій 18 (36 годин), Лабораторних 9 (18 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу на осінній семестр поточного навчального року за адресою <a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Каплунов Артем Володимирович, <a href="mailto:art.kaplunov@gmail.com">art.kaplunov@gmail.com</a> Лабораторні: Каплунов Артем Володимирович, <a href="mailto:art.kaplunov@gmail.com">art.kaplunov@gmail.com</a></i>
Розміщення курсу	<i>Код курсу: qbqro7w</i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Мета дисципліни «Технології розроблення інтелектуальних систем» – вивчення теоретичних основ, функціональних можливостей та принципів взаємодії основних компонентів Real Time систем. Предметом вивчення кредитного модуля «Інтелектуальні вбудовані (Real Time) системи» є архітектура та функціональні можливості сучасних інтелектуальних вбудованих систем; системи введення/виведення та засоби та механізми пересилання та зберігання даних; знайомство з мовами та особливостями програмування для Real Time систем.

#### Вивчення дисципліни підсилює наступні загальні та фахові компетенції:

- ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ФК1. Здатність застосовувати законодавчу та нормативно правову базу, а також державні та міжнародні вимоги, практики і стандарти з метою здійснення професійної діяльності в галузі комп'ютерної інженерії.
- ФК2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.
- ФК5. Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

- ФК9. Здатність системно адмініструвати, використовувати, адаптувати та експлуатувати наявні інформаційні технології та системи.
- ФК13. Здатність вирішувати проблеми у галузі комп'ютерних та інформаційних технологій, визначати обмеження цих технологій.
- ФК14. Здатність проектувати системи та їхні компоненти з урахуванням усіх аспектів їх життєвого циклу та поставленої задачі, включаючи створення, налаштування, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію.
- ФК16. Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати високопродуктивні паралельні та розподілені комп'ютерні системи та їх складові з використання ПЛІС модулів і систем автоматизованого проектування.

**У відповідності до вищезазначеного, підсилені загальні та фахові компетенції дадуть наступні результати навчання:**

- знання фундаментальних концепцій, парадигм і основних принципів функціонування інтелектуальних вбудованих систем;
- здатність до використання теоретичних, логічних та арифметичних основ для розробки драйверів та програмного забезпечення для Real Time систем і вміння їх застосовувати при вирішенні професійних завдань;
- здатність розробляти драйвери для окремих компонентів інтелектуальних вбудованих систем, в тому числі, з використанням сучасних систем автоматизації проектування; здатність розробки та використання драйверів елементів архітектурозалежного рівня на основі знання загальних принципів організації та функціонування Real Time систем;
- здатність брати участь у командній роботі по проектуванню драйверів та програмного забезпечення для інтелектуальних вбудованих систем;
- здатність формувати та забезпечувати вимоги щодо надійності Real Time систем у відповідності з вимогами замовника, технічним завданням та стандартами.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

При вивченні дисципліни «Інтелектуальні (Real Time) вбудовані системи» доцільно використовувати знання, отримані при вивченні попередніх дисциплін: «Вступ до операційної системи Linux», «Комп'ютерна логіка», «Теорія електричних кіл та сигналів», «Комп'ютерна електроніка», «Комп'ютерна схемотехніка», «Архітектура комп'ютерів. Частина 1. Управляючі та арифметичні пристрої», «Архітектура комп'ютерів. Частина 2. Процесори», «Програмування», «Алгоритми і структури даних», «Технології програмування на C для вбудованих систем» (вибіркова), «Іноземна мова».

Дисципліна є базовою для курсів: «Комп'ютерні системи», «Технології проектування комп'ютерних систем» (вибіркова, магістри), «Дослідження і проектування паралельних систем» (вибіркова, магістри), «Технології програмування паралельних комп'ютерних систем» (вибіркова, магістри) та дипломного проектування.

## **3. Структура кредитного модуля**

### **Вступ. Огляд Real Time систем**

#### **Розділ 1. Типові програми для Real Time систем**

Тема 1.1. Системи вибіркового даних.

Тема 1.2. Приклади ієрархії управління.

Тема 1.3. Вимоги щодо пропускну здатності.

#### **Розділ 2. Hard vs Soft в системах реального часу**

Тема 2.1. Обмеження у часі для Hard та Soft.

Тема 2.2. Причини необхідності гарантії часу. **Розділ**

### **3. Еталонна модель систем реального часу** Тема

3.1. Процесори та ресурси.

Тема 3.2. Часові параметри для REAL-TIME навантаження.

Тема 3.4. Фіксований, сповільнений і спорадичний Release Times.

### **Розділ 4. Зазвичай використовувані підходи до планування в реальному часі**

Тема 4.1. Підхід “за годинником”.

Тема 4.2. Пріоритетний підхід.

Тема 4.3. Системи Dynamic vs Static.

Тема 4.4. Оптимальність алгоритмів EDF та LST.

### **Розділ 5. Кероване годинником планування**

Тема 5.1. Статичний планувальник, керований таймером.

Тема 5.2. Загальна структура циклічних планувальників.

Тема 5.3. Покращення середнього часу відповіді аперіодичних завдань.

### **Розділ 6. Пріоритетне планування періодичних завдань**

Тема 6.1. Fixed-priority vs Dynamic-priority алгоритми.

Тема 6.2. Швидко-монотонні та дедлайн-монотонні алгоритми.

Тема 6.3. Добре відомі динамічні алгоритми.

### **Розділ 7. Планування неперіодичних і спорадичних завдань у системах, керованих пріоритетами**

Тема 7.1. Цілі, правильність і оптимальність. Тема 7.2. Альтернативні підходи.

Тема 7.3. Алгоритм превентивного зваженої “справедливої” черги.

### **Розділ 8. Ресурси та контроль доступу до ресурсів**

Тема 8.1. Припущення щодо ресурсів та їх використання.

Тема 8.2. Застосування взаємного виключення та критичних розділів.

Тема 8.3. Конфлікти ресурсів і блокування.

## **4. Навчальні ресурси та матеріали**

### **4.1. Базова література**

1. Клименко І.А., Таранюк В.А., Ткаченко В.В., Каплунов А.В. Архітектура комп'ютерів. Мікропроцесорні системи». Частина 2. Програмування для мікроконтролерів STM32. Теорія та практикум. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / І.А. Клименко, В.А. Таранюк, В.В. Ткаченко, Каплунов А.В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 190 с.
2. Таранюк В.А., Клименко І.А. «Тестування та контроль якості (QA) вбудованих систем. Навчальний посібник : практикум для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / В.А. Таранюк, І.А. Клименко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 96 с.
3. Клименко І.А., Таранюк В.А., Ткаченко В.В., Каплунов А.В. «Архітектура комп'ютерів. Мікропроцесорні системи. Частина 1. Програмування для процесора Cortex M4». Навчальний посібник : практикум для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / І.А. Клименко, В.А. Таранюк, В.В. Ткаченко, Каплунов А.В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 100 с.
45. Клименко І.А., Ткаченко В.В. Програмування на ПЛІС. Навчальний посібник : методичні вказівки для виконання лабораторних робіт для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / В.В. Ткаченко, І.А. Клименко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 80 с.

### **4.2. Додаткова література**

6. Hermann Kopetz (2011) Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications (Real-Time Systems Series), 2nd ed. Springer.

7. Maryline Chetto (2014) Real-time Systems Scheduling 1: Fundamentals. Wiley-ISTE.
8. JANE W. S. LIU (2000) Real-Time Systems. PEARSON INDIA
9. Rob Williams (2006) Real-Time Systems Development. Butterworth-Heinemann
10. Seyed Morteza Babamir (2012) Real-Time Systems, Architecture, Scheduling, and Application. IN-TECH
11. Rajib Mall (2006) Real-Time Systems: Theory and Practice, 1nd ed. Pearson Education India.
12. C. M. Krishna (1997) Real-Time Systems. McGraw Hill Higher Education.

### 4.3. Інформаційні ресурси

13. Курс відеолекцій – на платформі дистанційного навчання «Сікорський» в середовищі Google Workspace for Education: <https://classroom.google.com/c/NT11OTI0NTcxNzY4?cjc=qbqro7w>.

## 5. Лабораторні роботи

Мета лабораторних робіт – придбання вмінь та навиків застосування на практиці принципів проектування та розробки програмного забезпечення для Real Time систем та їх окремих функціональних вузлів. Для виконання лабораторних робіт використовуються, емулятори Linux-орієнтованих архітектур (QEMU ARM), інструменти для програмування мікроконтролерів (vim, Eclipse, Cube IDE) та апаратне забезпечення (Raspberry Pi, BeagleBone Black, STM StarterKit GlobalLogic).

Тематика лабораторних робіт:

**Лабораторна робота 1.** Розроблення драйверів для GPIO. Підключення світлодіодів на платі STM32F4

**Лабораторна робота 2.** Підключення матричної клавіатури до плати STM32F4 DISCOVERY

**Лабораторна робота 3.** Взаємодія з віртуальним COM портом на платі STM32F4 DISCOVERY

**Лабораторна робота 4.** Розроблення драйверів для символьних дисплеїв. Робота з дисплеєм на платі STM32F4 Discovery

**Лабораторна робота 5.** Робота з зовнішнім ЦАП-підсилювачем CS43L22 на платі STM32F4 DISCOVERY

**Лабораторна робота 6.** Розроблення власного проєкту. Інтелектуальна вбудована система з використанням акселерометра на платі STM32F4 DISCOVERY

## 6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи:

- підготовка до аудиторних занять, (0,5 годин x 18 лекцій = 9 годин);
- підготовка до експрес-тестів (рекомендовано 1-2 години x 2 тести = 2-4 годин)
- підготовка та оброблення проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, виконання лабораторних робіт, розв'язок задач, розміщення результатів на GitLab (рекомендовано 2-4 годин x 6 лабораторних робіт = 12 - 24 годин);
- виконання модульної контрольної роботи (2 МКР x 4-8 години = 8 - 16 годин).

## 3. Політика та контроль

### 1. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Оцінка, яку студент може отримати за виконання кожної лабораторної роботи та за кожну модульну контрольну роботу наведені в таблиці 1 оцінювання семестрових робіт, розділ 8 силабуса.

Виконання всіх лабораторних робіт є обов'язковими для допуску до семестрового контролю. Умовою допуску до семестрового контролю є зарахування всіх лабораторних робіт та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

Для виконання лабораторних робіт встановлюються дедлайни. Виконання лабораторних робіт

поза встановлених термінів супроводжується штрафними балами, які вираховуються із оцінки за протокол.

Штрафні бали та жорсткі дедлайни не запроваджуються у період військового стану.

Модульна контрольна робота виконується самостійно за індивідуальним завданням, МКР не приймається поза встановленим терміном. Модульні контрольні роботи не переписуються за умови негативної оцінки, негативна оцінка за МКР (менше ніж 9 балів (<60%)) прирівнюється до 0 балів, в цьому випадку МКР не зараховується.

Окремі теми лекційних занять супроводжуються короткими експрес-тестами (на 20 хвилин), які включають матеріал вивченої теми та питання, які задані на самостійне вивчення. Бали отримані за тест входять в семестрову рейтингову оцінку. Поточні тести не перескладаються.

Таким чином мінімальна оцінка, яку може отримати студент, щоб зарахувати навчальний курс = 60 балів, максимальна – 100 балів за виконання всіх поточних робіт за семестр.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку (виконали всі лабораторні роботи) та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також ті здобувачі, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті мають можливість пройти семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

У разі виконання залікової контрольної роботи рейтингова оцінка визначається як сума балів за залікову контрольну роботу та балів за індивідуальні семестрові завдання.

До індивідуальних семестрових завдань вноситься індивідуальна робота студента що стосується виконання лабораторних робіт. Максимальна кількість балів за індивідуальну роботу за семестр дорівнює 60 балів. Максимальна оцінка за залікову контрольну роботу дорівнює 40 балів. Таким чином здобувач має можливість підвищити свою рейтингову оцінку написавши залікову контрольну роботу і додавши додаткові бали до кількості балів, які отримані протягом семестру за індивідуальну семестрову роботу.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи. Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, попередній рейтинг здобувача (за винятком балів за семестрове індивідуальне завдання) скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи. Цей варіант формує відповідальне ставлення здобувача до прийняття рішення про виконання залікової контрольної роботи, змушує його критично оцінити рівень своєї підготовки та ретельно готуватися до заліку.

## **2. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом. На кредитний модуль виділено 120 годин та 4 кредити.

Семестровий рейтинг студента з кредитного модуля розраховується, виходячи із 100-бальної шкали. Рейтинг складається з балів, що студент отримує за виконання 8 лабораторних робіт  $R_L$ , двох МКР  $R_{МКР}$  та двох експрес-тестів  $R_{ЕТ}$ .

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи складає 60 балів, тобто  $R_L = 60$ .

### **Критерії оцінювання лабораторних робіт наступні:**

- своєчасність підготовки протоколу до лабораторного заняття, повнота виконання теоретичного або практичного завдання в протоколі, вчасне його завантаження: 0 – 2 бали;
- коректність функціонування розроблених моделей на програмному або апаратному забезпеченні, демонстрація власного репозиторію на GitHub з матеріалами готової лабораторної роботи: 0 – 4 бали;
- опитування за тематикою лабораторної роботи для зарахування практичної частини роботи, захист одержаних в роботі результатів, відповіді на додаткові теоретичні запитання викладача: 0 – 2 балів.

Максимальна кількість балів за МКР  $R_{МКР} = 2 \times 15 = 30$  балів.

### **Оцінка за МКР знижується за:**

- некоректне оформлення роботи на віддаленому репозиторії, помилки в файлах збірки;

- відсутність коментарів в програмному кодї та оформленні алгоритмів;
- відсутність коментарів та пояснень під час розрахунків.

Максимальна кількість балів за експрес-тести  $R_{ET} = 2 \times 5 = 10$  балів, тести проводяться у вигляді автоматизованого тестування.

Таблиця 1. Деталізація балів за поточні роботи за семестр

Назва заняття	Форма контролю	Кількість балів	Допуск до заліку автоматом	Всього балів
Лабораторна робота 1	Виконання завдання	4	5	8
	Опитування	2		
	Протокол	2		
Лабораторна робота 2	Виконання завдання	4	5	8
	Опитування	2		
	Протокол	2		
Лабораторна робота 3	Виконання завдання	4	5	8
	Опитування	2		
	Протокол	2		
Лабораторна робота 4	Виконання завдання	4	5	8
	Опитування	2		
	Протокол	2		
Лабораторна робота 5	Виконання завдання	4	5	8
	Опитування	2		
	Протокол	2		
Лабораторна робота 6	Виконання завдання	2	2	4
	Протокол	2		
Лабораторна робота 7	Виконання завдання	4	5	8
	Опитування	2		
	Протокол	2		
Лабораторна робота 8	Виконання завдання	4	5	8
	Опитування	2		
	Протокол	2		
Індивідуальна робота	-	-	-	60
Експрес-тести на лекціях	2 x 5	10	5	10
МКР	МКР1	15	9	15
	МКР2	15	9	15
<b>Всього балів</b>		100	60	100

Максимальна кількість балів за залікову роботу дорівнює  $R_3 = 40$  балів.

Заліковий білет містить 4 завдання (одне теоретичне і три практичних) за тематикою лекцій та лабораторних робіт, що виконувались під час семестру. Кожне запитання оцінюється від 0 до 10 балів.

#### Критерії оцінювання кожного запитання за чотирма рівнями:

- правильна та змістовна відповідь: 9 – 10 балів;
- правильна відповідь, неповні пояснення: 6 – 8 балів;
- відповідь містить помилки: 3 – 5 балів;
- немає відповіді або відповідь невірна: 0 балів.

Оцінка за залікову роботу розраховується відповідно до таблиці 2. Оцінка незадовільно не дає права на зарахування додаткових балів. Додаткові бали до семестрової оцінки також не нараховуються, якщо оцінка за залікову роботу нижче ніж поточна семестрова оцінка студента (відповідно до таблиці 2). Семестрова оцінка може бути підвищена до мінімальної кількості балів

семестрової оцінки (див. табл 3), яка відповідає оцінці, отриманій за залікову роботу (див. табл. 2).

Кількість балів	Оцінка
40-38	Відмінно
37-34	Дуже добре
33-30	Добре
29-26	Задовільно
25-24	Достатньо
Менше 24	Незадовільно

Календарна атестація студентів (на 8 та 14 тижнях семестрів) з дисципліни проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, студент вважається атестованим. В іншому випадку в атестаційній відомості виставляється «не атестовано».

Необхідною умовою допуску до заліку студента є виконання і захист всіх лабораторних робіт з сумою балів не менше ніж 30 балів.

Кількість балів, що отримує студент за семестр визначається формулою

$$RC = R_{Л} + R_{МКР} + R_{ЕТ}$$

Максимальна кількість балів за семестр не перевищує  $RC = 100$ .

З урахуванням одержаної суми балів кінцева оцінка визначається таблицею 3.

Якщо студент пише залікову роботу, кількість балів, що отримує студент за семестр визначається формулою

$$RC = R_{Л} + R_{З}$$

Максимальна кількість балів за семестр не перевищує  $RC = 100$ .

З урахуванням одержаної суми балів кінцева оцінка визначається таблицею 3.

Таблиця 3. Визначення семестрової оцінки

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено**, професор кафедри ОТ, д.т.н., Клименко І.А.,

асистент, Каплунов Артем Володимирович.

**Ухвалено** кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 10 від 25.05.2022 р.).

**Погоджено** методичною комісією ФІОТ (протокол № 10 від 09.06.2022 р.).