КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп’ютерних систем

Кафедра квантової радіофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан

__________ Андрій НЕТРЕБА

« ____ » __________ 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Програмування вбудованих систем

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
рівень вищої освіти	другий (магістерський)
освітня програма	“Прикладна фізика та наноматеріали”
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач:
Євген ОБЕРЕМОК, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. __________ (______________) « ___ » _________ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. __________ (______________) « ___ » _________ 20__ р.

Розробник:
Євген ОБЕРЕМОК, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки

__________________________ Ганна КАРЛАШ

Протокол № __ від « ___ » ________ 2023 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп’ютерних систем

Протокол № ___ від « ___ » _____________ 2023 р.

Голова науково-методичної комісії Сергій РАДЧЕНКО

« ___ » _____________ 2023 року.

ВСТУП

1. Метою і завданням навчальної дисципліни є формування у студентів розуміння ролі систем автоматизації (вбудованих систем) у проведенні сучасних теоретичних та експериментальних досліджень у прикладній фізиці; надати студентам базові знання та вміння проектування та програмування вбудованих систем, які можуть бути ними використані як у дослідницькій діяльності в університеті, так і на роботі після закінчення навчання.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Програмування вбудованих систем» базується на, типових для бакалавратури природничих спеціальностей, курсах: «Основи програмування», «Радіоелектроніка», «Мікропроцесорні системи» обов'язкових для бакалаврів.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальний курс охоплює розгляд визначень, особливостей та класифікацію вбудованих систем, області застосування вбудованих систем. Розглядаються питання часових параметрів роботи вбудованих систем, оскільки більшість з них мають працювати в реальному часі. Вивчаються основні елементи вбудованих систем пов'язані із необхідністю їх взаємодії (керування, опитування, обмін даними) з периферійними аналоговими, дискретними та цифровими пристроями. Вивчаються основи інтернету-речей (IoT).Коротко згадуються типові мови програмування для вбудованих систем та їх особливості. Практична частина курсу включає розгляд питань програмування конкретних частин вбудованих систем: таймерів, аналого-цифрових, цифро-аналогових перетворювачів, компараторів, модулів введення/виведення цифрових та дискретних сигналів, мережевих інтерфейсів та інтерфейсів обміну даними, з прикладами використання стендів тестувальних плат типу 13213SRB, плат сімейства Arduino та ін., які мають набір типової периферії у вигляді світлових індикаторів, звукових індикаторів, кнопок, аналогових датчиків та ін.

4. Завдання (навчальні цілі):

Надати основні відомості з теми програмування вбудованих систем, які складають важливу частину підготовки магістрів природничих спеціальностей.

Застосування знань, умінь, навичок і комунікацій у професійній діяльності, розвиток логічного та аналітичного мислення студентів;

Виробити у студентів навички програмування мікроконтролерних систем автоматизації експерименту.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК10. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК11. Здатність працювати в команді.

ФК1. Здатність брати участь у складанні запитів на виконання наукових та науково-технічних проектів, в тому числі і міжнародних.

ФК9. Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК11. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання для опису фізичних об'єктів, пристроїв та процесів.

ФК13. Здатність брати участь у роботах зі складання наукових звітів та у впровадженні результатів проведених досліджень та розробок.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	студент повинен **знати**:	Лекційні заняття, лабораторні роботи	письмові модульні контрольні роботи, практичні заняття, залік	до 50
1.1	Поняття вбудованих системи їх особливості та класифікацію. Застосування.	лекція	залік	5
1.2	Основи реалізації різноманітних механізмів реального часу	лекція	практичні заняття,	10
1.3	Будову та принципи роботи елементної бази вбудованих систем.	лекція	залік	5
1.4	Принципи організації модульної структури вбудованих систем. Особливості підключення та сигналів різних типів периферійних пристроїв та датчиків.	лекція	залік	5
1.5	Принципи роботи основних видів інтерфейсів обміну даними, у тому числі мережевих, що використовуються у вбудованих системах та у застосунках інтернету-речей	лекція	залік	5
1.6	Принцип програмування вбудованих систем з урахуванням функціонування в реальному часі.	лекція	Залік Практичні заняття	10
1.7	Особливості сполучення вбудованих систем з периферійними пристроями	лекція	залік	10
2	студент повинен **вміти**:	Лекційні заняття, практичні заняття	письмові модульні контрольні роботи, практичні заняття	до 35
2.1	Створювати програми на мові С для виконання типових задач за допомогою мікроконтролерних вбудованих систем.	Практичні заняття,	контрольні роботи	10
2.2	Працювати з каналами введення виведення цифрових, аналогових та дискретних даних.	Практичні заняття,	контрольні роботи	10
2.3	Використовувати механізми переривань мікроконтролерів вбудованих систем при програмуванні внутрішніх завдань реального часу та при взаємодії з зовнішніми джерелами сигналів та даних.	Практичні заняття,	контрольні роботи	15
3	**комунікація**	Лекційні заняття, Практичні заняття	письмові модульні контрольні роботи, практичні заняття	до 5
3.1	здатність грамотно будувати комунікації, виходячи з мети і ситуації спілкування	лекція	контрольні роботи	5
4	**автономність та відповідальність**	Лекційні заняття, Практичні заняття	письмові модульні контрольні роботи, практичні заняття	до 10
4.1	продемонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні отриманих знань та навичок	лекція	контрольні роботи	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни											
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1
ПРН2 Розуміння технологій та теоретичних та експериментальних методів дослідження властивостей речовин і матеріалів	+	+	+	+	+	+	+					
ПРН3 Знання сучасних обчислювальних та інформаційних технологій.	+	+	+	+	+	+	+					
ПРН4. Знання іноземної мови.	+	+	+	+	+	+	+				+	+
ПРН6. Знаходити і аналізувати науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій.								+	+	+	+	+
ПРН7 Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій.								+	+	+		
ПРН11. Розробляти фізичні основи створення нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій.								+	+	+		
ПРН13. Представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі.								+	+	+	+	+
ПРН15. Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії.								+	+	+	+	+
ПРН18 Розв'язувати складні наукові, дослідницькі та інженерно-технічні задачі в області прикладної фізики та фізики наноматеріалів, які вимагають поглиблених знань у галузі фізики, математики, комп'ютерних технологій.											+	+
ПРН19 Проводити наукові дослідження в галузі прикладної фізики та ефективно використовувати їх результати для вирішення комплексних проблем або вивчення складних явищ на основі інтердисциплінарних знань.								+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів: рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами виконання письмових контрольних робіт і за результатами виконання лабораторних робіт. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні і успішної здачі всіх лабораторних робіт наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.7 [**знання**] до 50 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [**вміння**] – до 35%;
- результат навчання 3.1 [**комунікація**] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [**автономність та відповідальність**] – до 10%.

Форми оцінювання:

Семестрове оцінювання: Навчальний семестр має два змістовні модулі. Кожен модуль оцінюється максимально до 40 балів.

Письмові контрольні роботи проводяться після лекції № 7 та № 14.

Підсумкове оцінювання (у формі заліку): форма заліку – письмово-усна. Заліковий білет складається з 2 питань: 1 теоретичного питання і 1 задачі. Питання оцінюються по 10 балів. Всього за залік можна отримати від 0 до 20 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за залік не може бути меншою 10 балів.

Умови допуску до заліку: Обов’язковим для допуску до заліку є: написання модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 15 кожна, та виконання практичних завдань до (4 завдання по 10 б.).

Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум 50 балів, для одержання допуску до заліку обов’язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті"

7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min.	Max.
Модульна контрольна робота	15	20
Практичне заняття (4)	5	10
Реферат англійською мовою	15	20

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі заліку:

Значення	Змістовні модулі	Залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	50	10	60
Максимум	80	20	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Зараховано / Excellent	60-100%
Не зараховано / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних та лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	У тому числі			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. Організація роботи вбудованих систем					
1	Поняття вбудованих системи їх особливості та класифікацію. Застосування.	2	-	-	5
2	Будова та принципи роботи елементної бази вбудованих систем.	2	-	-	7
3	Принципи організації модульної структури вбудованих систем. Особливості підключення та сигналів різних типів периферійних пристроїв та датчиків.	2	-	-	6
4	Реалізація різноманітних механізмів реального часу Принцип програмування вбудованих систем з урахуванням функціонування в реальному часі.	4	-	-	6
5	Принципи роботи основних видів інтерфейсів обміну даними, у тому числі мережевих, що використовуються у вбудованих системах та у застосунках інтернету-речей	6	-	-	6
6	Особливості сполучення вбудованих систем з периферійними пристроями	2	-	-	6
Змістовий модуль 2. Особливості програмування вбудованих систем					
7	Мова С для мікроконтролерних систем.	2			6
8	Програмування типових задач для мікроконтролерних вбудованих систем з використанням каналів введення виведення загального призначення.	2		-	6

9	**Практична робота 1.** Програмування каналів введення/виведення загального призначення.	-	2	--	6
10	Використання механізмів переривань мікроконтролерів при програмуванні внутрішніх завдань реального часу та при взаємодії з зовнішніми джерелами сигналів та даних.	2			7
11	**Практична робота 2.** Програмування дій за зовнішнім перериванням джерела дискретних сигналів.	-	4	-	6
12	Модулі таймерів у вбудованих системах. Модулі Аналого-цифрового перетворення.	2		-	6
13	**Практична робота 3.** Програмування таймеру контролера.	--	2	-	6
14	**Практична робота 4.** Програмування модуля аналого-цифрового перетворювача.		2	-	6
15	Режими енергоспоживання вбудованих систем та особливості функціонування у них внутрішніх блоків системи.	2	-	-	6
Всього		**28**	**10**	**-**	**81**

Загальний обсяг **120** год., в тому числі:
Лекції **28** год.
Консультації **1** год.
Практичні **10** год.
Самостійна робота **81** год.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основні джерела:

1. Lee E.A. , Seshia S.A. Introduction to Embedded Systems. A Cyber-Physical Systems Approach: MIT Press, 2017, 585 p.
2. White E. Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software: O'Reilly and Associates, 2011, 325p.
3. 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.
4. 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.
5. Barrett S.F., PACK D.J. Embedded Systems: PEARSON INDIA, 2008, 355р.
6. MC13211/212/213, ZigBee™- Compliant Platform - 2.4 GHz Low Power Transceiverfor the IEEE® 802.15.4 Standard plus Microcontroller (https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MC1321x.pdf).

Додаткові джерела:

7. MC1321x Evaluation Kit (EVK) Reference Manual (https://www.nxp.com/docs/en/reference-manual/MC1321xEVKRM.pdf).
8. Freescale Semiconductor. Application Note AN2616. Getting Started with HCS08 and CodeWarrior Using C (Revised for CodeWarrior v3.1 → v5.1). by: Stephen Pickering, East Kilbride. Scotland. https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN2616.pdf
9. LM61 ±3°C analog output temperature sensor https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm61.pdf?ts=1704324396135&ref_url=https%253A%252F%252Fbr.mouser.com%252F
10. ±1.5g - 6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer (https://www.sparkfun.com/datasheets/Accelerometers/MMA7260Q-Rev1.pdf).

11. MC13211/212/213 ZigBee™- Compliant Platform 2.4 GHz Low Power Transceiver for the IEEE® 802.15.4 Standard plus Microcontroller Reference Manual (https://www.nxp.com/docs/en/reference-manual/MC1321xRM.pdf).
12. MC1321x Accelerometer Demonstration Program Quick Start Guide (https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN3230.pdf).

Для написання реферату англійською мовою, студенти отримують від викладача в електроннму вигляді актуальні англомовні наукові публікації за тематикою навчальної дисципліни, які нещодавно (на час виконання реферату) з'явились у вільному доступі на сайті одного з провідних міжнародних видавництв.

Short vocabulary of Embedded Systems

A/D converter Аналого-цифровий перетворювач
Active Low Активний низький
Address Bus Адресна шина
Analog Аналоговий
Anode Анод
Aperiodic Аперіодичні
Aperiodic Server Аперіодичний сервер
Asynchronous Communications Асинхронний обмін даними
Average-case Execution Time Середній час виконання (коду)
Bi-directional Двонаправлений
Big-endian Стартовий байт перший
Binary Semaphore Бінарний семафор
Board Support Package Пакет підтримки плати
Bond-out Processor Процесор, що знімається
Breakpoint Точка зупину (у програмі)
Busy Wait Очікування внаслідок занятості лінії даних
Central Processing Unit Центральний процесор
Checksum Контрольна сума
Compiler Компілятор
Complex Programmable Logic Device Комплексний програмований логічний пристрій
Counter/Timer Лічильник/таймер
Counting Semaphore Рахунковий семафор
Critical Section Критична секція (у програмному коді)
Cross-Compiler Крос-компілятор
D/A converter Цифро-аналоговий перетворювач
Data Bus Шина даних
Deadlock Тупикова ситуація
Debug Monitor Монітор налагодження
Debugger Налагоджувач
Device Driver Драйвер пристрою
Device Programmer Програматор пристроїв
Digital Filter Цифровий фільтр
Digital Signal Processor Цифровий сигнальний процесор
Direct Memory Access Прямий доступ до пам'яті
Down Counter Лічільник, що рахує у зворотному порядку
Electromagnetic Spectrum Електромагнітний спектр
Embedded System Вбудована система
Emulator Емулятор
Executable Виконуваний (файл)
Field-Programmable Gate Array Програмована вентильна матриця
Firmware Прошивка

Fuzzy Logic Нечітка логіка
Geartooth Hall Effect Sensor Датчик ефекту Холла Geartooth
General-Purpose Computer Комп'ютер загального призначення
General-Purpose I/O Введення/виведення загального призначення
Glitch Глюк
Gray Code Код Грея
High-level Language Мова високого рівня
Host Хост
Instruction Pointer Покажчик інструкцій
Interrupt Переривання
Interrupt Latency Затримка переривання
Interrupt Service Routine Процедура обслуговування переривання
Interrupt Type Тип переривання
Interrupt Vector Вектор переривань
Interrupt Vector Table Таблиця векторів переривань
Intertask Communication Міжзадачна комунікація
Intertask Synchronization Синхронізація між завданнями
Java Processor Процесор Java
Jitter Джиттер (нестабільність слідування прямокутних імпульсів, наприклад, тактових)
Jump Table Таблиця стрибків (у програмі)
JumperПеремичка
Junction Transistor Перехідний транзистор
Kernel Ядро
Kernel Mode Режим ядра
Memory Map Карта пам'яті
Memory-mapped I/O Ввід-вивід із відображенням пам'яті
Memory Space Простір пам'яті
Microcontroller мікроконтролер
Microprocessor мікропроцесор
Multiprocessing Багатопроцесорність
Multitasking Багатозадачність
Netlist Список мереж
Network Processor Мережевий процесор
Nonmaskable Interrupt Немасковані переривання
Object Code Об'єктний код
Object File Об'єктний файл
On-chip Debug Налагодження на чіпі
Opcode Код операції
Open Source Відкрите джерело
Operating System Операційна система
Parallel Processing Паралельна обробка
Peripheral периферійний
Physical Address Фізична адреса
PollingОпитування
Preemptive Превентивний
Priority Пріоритет
Processor-Independent Незалежний від процесора
Processor-Specific Специфічний процесор
Programmable Logic Device Програмований логічний пристрій
Protocol StackСтек протоколів
Pulse Width Modulation Широтно-імпульсна модуляція
Quadrature Encoder Квадратурний кодер
Quantum Programming Квантове програмування
Race Condition Умови перегонів

Random Access Memory	Оперативна пам'ять
Read-only memory	Постійна пам'ять
Real-time Operating System	Операційна система реального часу
Real-time System	Система реального часу
Recursive	рекурсивний
Reset Vector	Скинути вектор
Resistance Temperature Detector	Резистивний температурний детектор
Scheduler	Планувальник
Software Flow Control	Контроль потоку програмного забезпечення
Software Interrupt	Програмне переривання
Stack	Стек
Thermistor	Термістор
Thermocouple	Термопара
Thread	Потік (програмний)
Timer	Таймер
Trap	Пастка
Unidirectional	Односпрямований
Unified Modeling Language	Уніфікована мова моделювання
Universal Serial Bus	Універсальна послідовна шина
User Mode	Режим користувача
Voltage-Controlled Oscillator	Осцилятор, керований напругою
Watchdog Timer	Сторожовий таймер (допомогає контролювати «зависання контролеру»)