



Архітектура комп'ютерів

Частина 3. Мікропроцесорні системи

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	F (12) Інформаційні технології
Спеціальність	F7 (123) Комп'ютерна інженерія
Освітня програма	Комп'ютерні системи та мережі
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний
Обсяг дисципліни	5 кредитів /150 год, лекцій 36 год., лаб. робіт 18 год, СРС 96 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, практичні роботи
Розклад занять	Згідно розкладу на весняний семестр поточного навчального року за адресою https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: д.т.н., доцент, Клименко Ірина Анатоліївна, klymenko.iryana@edu.kpi.ua Практичні роботи: Каплунов Артем Володимирович, kaplunov.artem@ill.kpi.ua Гайдай Анатолій Русланович haidai.anatolii@ill.kpi.ua
Розміщення курсу	На платформі дистанційного навчання «Сікорський»: https://classroom.google.com/c/NDY4OTYwNDM1MTYw?cjc=biw7yns

Програма навчальної дисципліни

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

Мета і основні завдання дисципліни – вивчення теоретичних основ, принципів і способів побудови мікропроцесорних систем (МПС) на базі мікроконтролерів, формування знань про архітектуру та практичних навичок програмування сучасних мікроконтролерів.

Розглядаються питання проектування МПС, а саме аналізу алгоритмів рішення заданої задачі, розроблення системи команд та програмної моделі процесора, організації пам'яті і розроблення функціональних мікроалгоритмів виконання команд. Розглядаються питання реалізації обміну інформацією із зовнішніми пристроями (режим пріоритетного переривання, прямого доступу до пам'яті, програмний режим обміну).

Практичний досвід пов'язаний з програмуванням для сучасного 32 розрядного мікроконтролера STM32F4 на базі процесора ARM CORTEX-M4 на асемблері та мові програмування C з використанням програмних емуляторів процесора ARM Cortex M4; розроблення програмно-апаратного забезпечення на платі STM32F407VG Discovery з використанням середовищ програмування мікроконтролерів STM32 Cube MX, Keil MDK-ARM.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів

навиків:

- розроблювати алгоритми функціонування складових МПС, організації процесів вводу та виводу, а також обміну інформацією між блоками МПС;
- розроблювати структурні, функціональні та принципові схеми МПС з використанням мікроконтролерів;
- працювати з середовищами розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів STM32 Cube MX, Keil MDK-ARM, STM32 ST-LINK Utility, симуляторами архітектури;
- програмувати для мікроконтролерів STM32;
- працювати с Hard Ware, зневаджувачами та прошивати плати.

знань:

- актуальні проблеми теорії мікроконтролерів, MPU, МПС, основні терміни та визначення;
- тенденції життєвого циклу розроблення сучасної елементної бази, Fabless модель організації електронної промисловості, технологія системи на кристалі (SoC), програмування ПЛІС;
- сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку 32-розрядних мікроконтролерів для реалізації вбудованих систем та в інфраструктурі IoT;
- архітектуру і програмну модель процесора ARM CORTEX M4;
- інтерфейси для зв'язку з периферійними пристроями;
- принципи перетворення даних з використанням АЦП та ЦАП;
- інструменти для розроблення програм для STM32;

умінь:

- програмувати STM32 з використанням сучасних засобів автоматизації;
- працювати з інструментарієм при розробленні програм для STM32;
- налагоджувати програми для STM32 з використанням інтерфейсу JTAG;

Вивчення дисципліни забезпечує наступні загальні та фахові компетенції:

- ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК 02. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ЗК 03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
- ЗК 07. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми
-
- ФК 03. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж
- ФК 05. Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.
- ФК 06. Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення
- ФК 07. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності
- ФК 12. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних та кіберфізичних систем, мереж та їхніх компонентів шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання
- ФК 16. Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати високопродуктивні паралельні та розподілені комп'ютерні системи та їх складові з використання ПЛІС модулів і систем автоматизованого проектування
- ФК 18. Здатність розробляти, адаптувати, використовувати програмно-технічні засоби для збирання, оброблення та інтелектуального аналізу даних в комп'ютерних системах: паралельних,

розподілених, хмарних, безпечних, інтелектуальних, розумних, Інтернет речей, зокрема, з використанням штучного інтелекту

У відповідності до вищезазначеного, студенти отримають наступні результати навчання:

- ПРН 03. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії
- ПРН 06. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей
- ПРН 07. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.
- ПРН 09. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності
- ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання
- ПРН 14. Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів
- ПРН22. Виконувати розрахунки параметрів окремих блоків комп'ютерів, комп'ютерних систем, комп'ютерних мереж
- ПРН24. Проводити зборку, налагодження та використання операційних систем типу Linux

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

При вивченні дисципліни Архітектура комп'ютерів. Частина 3. Мікропроцесорні засоби доцільно використовувати знання, отримані при вивченні попередніх дисциплін: «Структури даних та алгоритми», «Вступ до ОС Linux», «Теорія електромагнітних кіл», «Дискретна математика», «Комп'ютерна логіка. Частина 1. Комп'ютерна логіка», «Комп'ютерна логіка. Частина 2. Комп'ютерна арифметика», «Практична електроніка», «Цифрова схемотехніка», «Архітектура комп'ютера 1. Арифметичні та управляючі пристрої», «Архітектура комп'ютерів. Частина 2. Процесори», «Комп'ютерні мережі».

Дисципліна є базовою для курсів: «Архітектура комп'ютерів. Курсова робота», «Комп'ютерні системи»; надає базові теоретичні та практичні знання для вивчення курсів вибіркових дисциплін Ф-каталогу «Системи обробки сигналів», «Технології програмування на C/Embedded», «Проектування електронних схем та друкованих плат», «Тестування та контроль якості (QA) вбудованих систем», «Технології розробки вбудованих систем IoT», «Проектування вбудованих систем».

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ

Розділ 1. Вступ. Мета і задачі дисципліни. Класифікації та призначення мікропроцесорних систем (МПС). Загальні архітектурні та функціональні особливості

Лекція 1

Тема 1.1. Основні поняття і визначення мікропроцесорної техніки. Класифікація МПС в залежності від області призначення. Класифікація мікропроцесорів.

Тема 1.3. Сучасні поняття та порівняльні особливості архітектури МПС, MPU, контролерів, мікроконтролерів, особливості використання та принципи функціонування.

Тема 1.4. Архітектура універсальних мікропроцесорів. Поняття асемблеру. Системи команд та способи адресації операндів. Особливості системи команд. Формати команд.

Розділ 2. Практичні основи програмування для 32 розрядного мікроконтролера STM32F4 на базі процесора ARM CORTEX-M4

Лекція 2

Тема 2.1. Огляд процесорів ARM. Особливості CISC та RISC архітектури, переваги та недоліки для реалізації процесорних ядер. Тенденції розвитку та лінійка сучасних ARM процесорів. Сучасні профілі архітектури ARM - процесори Cortex A, Cortex R, Cortex M. Використання та особливості ARM процесорів Cortex M.

Тема 2.2. Класифікація серій мікросхем STM32 за архітектурою та функціональними характеристиками. Порівняльний огляд архітектури й продуктивності. Знайомство з інформаційним простором виробників продуктів на базі STM 32, комплектами документації для розробники та програмування мікроконтролерів. Огляд інструментальних середовищ для розроблення та налагоджування.

Тема 2.3. Поняття система на кристалі (SoC). Огляд архітектури SoC ARM CORTEX-M4 CPU, засоби підвищення продуктивності, надійності та обробки переривань. Огляд архітектури мікроконтролера SoC STM32F4 та основних периферійних пристроїв. Огляд плати розробника STM32F407VG Discovery.

Лекція 3

Тема 2.4. Режими роботи процесора Cortex M4, та рівні доступу програмного забезпечення. Організація стеку процесора.

Тема 2.5. Регістри процесора Cortex M4. Модель програміста. Інструкції доступу до спеціальних регістрів.

Тема 2.6. Поняття архітектури load/store machines – розділення інструкції звернення до пам'яті та обробки даних. Інструкції доступу до пам'яті в процесорі Cortex M4.

Тема 2.7. Адресний простір процесора Cortex-M.

Тема 2.7. Типи даних. Операції з регістрами в процесорі Cortex M4. Набір арифметичних та логічних інструкцій. Інструкції для виконання умовних переходів.

Розділ 3. Особливості програмування мікропроцесорних систем мовою C

Лекція 4

Тема 3.1. Особливості використання мови C у вбудованих системах. Організація проекту. Структура програм для мікроконтролерів.

Тема 3.2. Робота з регістрами, адресним простором та відображенням пам'яті (Memory-Mapped I/O). Використання вказівників, модифікаторів `volatile` і `const`.

Розділ 4. Інструментальні засоби розроблення програмного забезпечення STM32

Лекція 5

Тема 4.1. Середовище STM32CubeMX. Конфігурування тактування, периферії та генерація програмного коду.

Тема 4.2. Розроблення, налагодження та тестування програм у Keil MDK-ARM. Використання бібліотек HAL та CMSIS.

Розділ 5. Розроблення програмно-апаратного забезпечення на платформі STM32F407VG Discovery

Лекція 6

Тема 5.1. Архітектура мікроконтролерів сімейства STM32F4. Тактування, шини, адресний простір, периферійні модулі.

Тема 5.2. Аналогова підсистема STM32F4. Аналого-цифрові (ADC) та цифро-аналогові (DAC) перетворювачі. Основні режими роботи та сфери застосування.

Лекція 7

Тема 5.3. Контролер живлення, скидання та запуску (Power Control, POR/PDR/BOR). Контролер прямого доступу до пам'яті (DMA).

Тема 5.4. Таймери, широтно-імпульсна модуляція (PWM), сторожовий таймер (WDT), інтерфейс I²S та контролер LCD.

Лекція 8

Тема 5.5. Інтерфейси UART/USART, SPI та I²C. Особливості роботи та програмування.

Тема 5.6. Інтерфейси CAN, USB OTG та Ethernet. Організація обміну даними в мікропроцесорних системах.

Лекція 9

Тема 5.7. Архітектура пам'яті. Організація Flash- та SRAM-пам'яті. Захист пам'яті за допомогою MPU. Кеш-пам'ять та оптимізація доступу до пам'яті.

Тема 5.8. Високошвидкісні інтерфейси. Інтерфейси DCMI та FSMC/FMC (External Bus Interface). Підключення зовнішньої пам'яті та периферійних пристроїв.

Лекція 10

Тема 5.9. Цифрові порти введення-виведення. Організація роботи портів GPIO. Конфігурування режимів роботи.

Тема 5.10. Система переривань мікроконтролера. Система переривань NVIC. Обробка зовнішніх та внутрішніх переривань. Програмування обробників.

Лекція 11.

Тема 5.11. Підключення зовнішніх пристроїв. Підключення та програмування датчиків, дисплеїв, клавіатур і виконавчих пристроїв.

Тема 5.12. Побудова програмно-апаратних модулів збору та відображення даних. Інтеграція периферійних пристроїв.

Лекція 12.

Тема 5.13. Проектування програмного забезпечення вбудованих систем. Архітектура програмного забезпечення мікропроцесорних систем. Організація модульного програмного коду, драйверів периферії та прикладних модулів.

Тема 5.14. Принципи розроблення, налагодження та оптимізації програмного забезпечення для мікроконтролерів STM32. Особливості використання бібліотек HAL, CMSIS та LL у реальних проектах.

Розділ 6. Теоретичні основи проектування МПС на мікроконтролерах

Лекція 13

Тема 6.1. Етапи проектування мікропроцесорних систем. Приклади проектування архітектури. Засоби та методи проектування та автономного налагодження апаратури мікропроцесорних систем.

Тема 6.2. Засоби керування та синхронізації. Формування затримок управляючих сигналів(малої та великої тривалості) на виходах портів при передачі на пристрої управління. Програмне формування часової затримки мікроконтролерів.

Тема 6.3. Взаємодія пристроїв процесора і пам'яті під час виконання команд. Підключення зовнішньої пам'яті програм та даних до мікроконтролеру.

Лекція 14

Тема 6.4. Організація вводу-виводу інформації в МПС. Підключення додаткових портів.

Лекція 15

Тема 6.5. Організація переривань в мікропроцесорних системах. Контролери переривань та прямого доступу мікропроцесорних комплектів. Різновиди контролерів переривань.

Розділ 7. Сучасні тенденції розвитку мікропроцесорних систем

Лекція 16

Розвиток архітектур мікропроцесорних систем. Сучасні мікропроцесорні архітектури ARM Cortex та RISC-V. Однокристальні системи (SoC). Енергоефективні та високопродуктивні обчислення. Інтелектуальні мікропроцесорні системи та перспективи їх розвитку.

Розділ 6. Мікропроцесорні системи в технологіях Інтернету речей

Лекція 17

Концепція Інтернету речей та місце мікропроцесорних систем у побудові IoT-рішень. Використання мікроконтролерів STM32 для створення вбудованих та кіберфізичних систем. Організація збору, обробки та передачі даних. Засоби комунікації та взаємодії з хмарними сервісами.

Розділ 7. Операційні системи реального часу для мікропроцесорних систем

Лекція 18

Призначення операційних систем реального часу у вбудованих системах. Архітектура та основні компоненти FreeRTOS. Організація багатозадачності, міжпроцесної взаємодії та синхронізації. Особливості використання FreeRTOS під час програмування мікроконтролерів STM32.

4. Навчальні ресурси та матеріали

4.1. Базова література

1. Архітектура комп'ютерів. Мікропроцесорні системи. Частина 1. Програмування для процесора Cortex M4. Лабораторний практикум. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / уклад.: І.А. Клименко, В.А. Таранюк, В.В. Ткаченко, Каплунов А.В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 100 с. (Затверджено засіданням кафедри №10 від 25.05.2022)
2. Архітектура комп'ютерів. Мікропроцесорні системи». Частина 2. Програмування для мікроконтролерів STM32. Теорія та лабораторний практикум. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / уклад.: І.А. Клименко, В.А. Таранюк, В.В. Ткаченко, Каплунов А.В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 198 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 1 від 02.09.2022 р.).
3. Програмування на ПЛІС. Навчально-методичний посібник : методичні вказівки для виконання лабораторних робіт для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / уклад.: І.А. Клименко, В.В. Ткаченко, А.Р. Гайдай. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 80 с. (Затверджено засіданням кафедри №10 від 25.05.2022).
4. Жабін В.І., Жуков І.А., Ткаченко В.В., Клименко І.А.. Мікропроцесорні системи. : Навчальний посібник.- К.: Видавництво «СПД Гуральник О.Ю.», 2009.- 492 с
5. Мельник А. Архітектура комп'ютера: Підручник. – Луцьк.: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.

4.2. Додаткова література

1. Sergiyenko A.M. Computer Architecture (Архітектура комп'ютерів: підручник англійською мовою). - КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 395 с.
2. Sarah L. Harris, David Harris Digital Design and Computer Architecture / Elsevier Science & Technology, 2022. – 720 p.
3. Пухальський Г.І. Проектування мікропроцесорних систем. СП: Політехніка, 2001.-544с
4. Hamacher C., Vranesic Z., Zaky S. COMPUTER ORGANIZATION: 5th edition. – 2022. [Електронний ресурс] Hamacher:ComputerOrganization (mhhe.com), Computer Organization By Carl Hamacher 5th Edition | Iulabi.live.
5. Tanenbaum A.S. Structured Computer Organization: 6th Edition – 2013. - [Електронний ресурс]
6. Комп'ютерна схемотехніка. Лабораторний практикум : навчальний посібник для студентів освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. А. Верба, В. І. Жабін, І. А. Клименко, В. В. Ткаченко. – Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 1 від 26.09.2019 р.). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 110 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29747>
7. Архітектура комп'ютерів – 1. Арифметичні та управляючі пристрої. Практикум : навчальний посібник для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерні системи та мережі», спеціалізацій «Комп'ютерні системи та мережі» та «Технології програмування для комп'ютерних систем та мереж» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. І. Жабін, І. А. Клименко, В. В. Ткаченко. – Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №3 від 15.11.2018р.). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 53 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29525>
8. Жабін В.І., Клименко І.А., Стіренко С.Г. Арифметичні та управляючі пристрої цифрових ЕОМ: Навчальний посібник. – К.:БЕК +, 2008. –

4.3. Інформаційні ресурси

1. Курс відеолекцій – <https://bbb.comsys.kpi.ua/b/iry-ped-ge9>
2. Дистанційні курси на платформі дистанційного навчання «Сікорський» в середовищі Google Workspace for Education: Архітектура комп'ютерів. Частина 3. Мікропроцесорні засоби. <https://classroom.google.com/c/NDY4OTYwNDM1MTYw?cjc=biw7yns>

3. STM32 MCU & MPU Evaluation Tools – STMicroelectronics <https://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32-mcu-mpu-eval-tools.html>

4. Discovery kit with STM32F407VG MCU – Data brief STM32F4DISCOVERY (New order code STM32F407G-DISC1) – STMicroelectronics. <https://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f407g-disc1.html>

5. Discovery kit with STM32F407VG MCU – User Manual (UM1472) https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00043570-stm32f407vg-discovery-kit-stmicroelectronics.pdf

6. STM32F407VG Product Overview <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407vg.html#overview>

7. STM32F407VG Documentation

– Datasheet: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f407vg.pdf>

– Reference Manual (RM0090): https://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00171190-stm32f407-417-stm32f407vg-417-advanced-armbased-32bit-mcus-stmicroelectronics.pdf

– Cortex®-M4 Programming Manual (PM0214):

https://www.st.com/resource/en/programming_manual/dm00043574-cortex-m4-programming-manual.pdf

8. Arm Cortex-M4 – Microcontrollers – STMicroelectronics <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/cortex-m4.html>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компоненту)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом. На вивчення дисципліни виділено 150 годин, 5 кредитів, лекцій 36 годин, лабораторних робіт 18 годин, самостійної роботи 96 годин.

Лекційні заняття

Для досягнення мети навчальної дисципліни слід зосередитись в лекційному матеріалі на особливостях побудови функціонального рівня комп'ютера, процесора та інших його компонентів. Особливу увагу необхідно приділити особливостям проектування комп'ютерів із застосуванням сучасної елементної бази.

Деталізація тем лекційних занять, конспект лекцій та відеоматеріали розміщено на платформі дистанційного навчання «Сікорській»

<https://classroom.google.com/c/NDY4OTYwNDM1MTYw?cjc=biw7yns>

Практичні роботи

Метою виконання практичних робіт є формування у студентів практичних навичок розроблення програмного забезпечення для вбудованих систем на базі мікроконтролерів STM32. У процесі занять студенти ознайомлюються з роботою базових периферійних блоків мікроконтролера, методами організації обміну даними з зовнішніми пристроями, генерацією сигналів та обробкою інформації.

Загальна характеристика практичних робіт

Перші дві лабораторні роботи (**Частина 1**) присвячені ознайомленню з основами програмування сучасного 32-розрядного мікроконтролера **STM32F4** на базі ядра **ARM Cortex-M4**. Виконання завдань здійснюється мовою **асемблера** із використанням програмного емулятора процесора ARM Cortex-M4. Ці роботи орієнтовані на можливість **дистанційного виконання**.

Наступні лабораторні роботи (**Частина 2**) виконуються з використанням сучасних засобів розробки: **STM32CubeMX**, **Keil uVision**, завантажувача **ST-Link**, а також навчально-відлагоджувальної плати **STM32F407G-DISC1**. Опціонально застосовуються допоміжні програми

мовою **Python** для генерації вхідних даних та організації обміну між мікроконтролером і персональним комп'ютером.

У дистанційному режимі реалізовано **віддалений доступ до лабораторного устаткування**; окремим вмотивованим студентам надаються навчальні плати для індивідуального виконання лабораторних робіт.

Лабораторні роботи охоплюють такі теми: робота з портами вводу-виводу, використання переривань, таймерів та широтно-імпульсної модуляції, вивід інформації на дисплеї, обробка аналогових сигналів та організація обміну даними між мікроконтролером і ПК.

Перелік лабораторних робіт

Частина 1. Програмування для ядра ARM Cortex-M4

Лабораторна робота 1. Розвертання програмного оточення для виконання лабораторних робіт на емуляторі Qemu MCU STM32F407VG. Вступ до розроблення та налагодження програм на асемблері для процесора архітектури CORTEX M4. Вивчення архітектури та системи команд процесора CORTEX M4.

Лабораторна робота 2. Розроблення програм обробки даних для процесора CORTEX M4. Вивчення архітектури пам'яті та режимів роботи процесора CORTEX M4. Розроблення власного завантажувальника.

Частина 2. Базовий курс лабораторних робіт на базі мікроконтролерів STM32

Лабораторна робота №3. Обмін даними через порти вводу-виводу загального призначення

Мета: ознайомлення з базовою роботою портів GPIO.

Суть роботи: програмне керування світлодіодами шляхом зміни логічних рівнів на виходах мікроконтролера.

Лабораторна робота №4. Обробка запитів від зовнішніх пристроїв

Мета: засвоєння принципів роботи зовнішніх переривань.

Суть роботи: обробка сигналу від кнопки з підрахунком кількості натискань та відображенням результату за допомогою світлодіодів.

Лабораторна робота №5. Обробка переривань від таймерів

Мета: вивчення можливостей таймерів мікроконтролера.

Суть роботи: організація періодичного вмикання та вимикання світлодіодів із заданим часовим інтервалом.

Лабораторна робота №6. Генерація сигналів з широтно-імпульсною модуляцією

Мета: опанування методів генерації сигналів за допомогою PWM.

Суть роботи: формування гармонічних сигналів із використанням каналів захоплення-порівняння таймера.

Лабораторна робота №7. Зчитування даних з АЦП та вивід на дисплей

Мета: ознайомлення з принципами аналого-цифрового перетворення.

Суть роботи: побудова простого осцилографа для відображення графіка аналогового сигналу на дисплеї.

Частина 3. Розширений курс лабораторних робіт на базі мікроконтролерів STM32 для слухачів сертифікатної програми «Інженерія вбудованих систем та інтернет речей за участі компанії GlobalLogic»

Лабораторна робота №3. Вивід інформації на монохромний дисплей через інтерфейс I²C

Мета: засвоєння принципів роботи інтерфейсу I²C.

Суть роботи: виведення текстових та графічних даних на мікродисплей OLED.

Лабораторна робота № 4. Вивід зображень на кольоровий дисплей через SPI-інтерфейс мікроконтролера

Мета: ознайомлення з принципами роботи кольорових графічних дисплеїв та організацією обміну даними через інтерфейс SPI.

Суть роботи: реалізація виводу графічної та текстової інформації на кольоровий TFT-дисплей із використанням бібліотеки керування дисплеєм та стандартних засобів мікроконтролера STM32.

Лабораторна робота № 5. Обмін даними між мікроконтролером і комп'ютером через інтерфейс RS-232

Мета: вивчення методів послідовної передачі даних.

Суть роботи: реалізація цифрового осцилографа з передаванням даних АЦП від мікроконтролера на ПК та візуалізацією сигналу на екрані комп'ютера.

Лабораторна робота № 6. Робота з клавіатурним інтерфейсом мікроконтролера

Мета: ознайомлення з методами організації введення даних з матричної клавіатури.

Суть роботи: підключення та програмування клавіатури до мікроконтролера STM32, обробка натискань клавіш та відображення введених даних на дисплеї.

Лабораторна робота № 7. Використання вбудованих можливостей плати STM32F407G-DISC1 для роботи з акселерометром

Мета: дослідження можливостей мікроконтролера STM32 щодо зчитування та обробки даних з датчиків руху.

Суть роботи: реалізація збору та обробки сигналів від вбудованого акселерометра плати STM32F407G-DISC1, відображення результатів на дисплеї та аналіз динаміки руху.

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Види самостійної роботи для студентів денної форми навчання (96 годин):

- підготовка до аудиторних занять, виконання поточних домашніх завдань та опрацювання матеріалів лекцій (**0,5 годин x 36 лекцій = 18 годин**);
- виконання індивідуального завдання до лабораторних робіт, розв'язок задач, оформлення протоколу, підготовка та оброблення проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, оформлення звіту до лабораторної роботи (**1 година x 18 годин лабораторних робіт = 18 годин**);
- підготовка до поточної контрольної роботи (**2 години**);
- підготовка до екзамену (**30 годин**);
- самостійне опрацювання теоретичних тем, розвертання програмного оточення та завантаження вихідних кодів програмного забезпечення для виконання лабораторних робіт (**28 години**).

Теми для самостійного опрацювання

Розділ 1. Вступ. Мета і задачі дисципліни. Класифікації та призначення мікропроцесорних систем (МПС). Загальні архітектурні та функціональні особливості.

Тема 1.2. Сучасні поняття та порівняльні особливості архітектури МПС, MPU, контролерів, мікроконтролерів, особливості використання та принципи функціонування.

Розділ 2. Практичні основи програмування для 32 розрядного мікроконтролера STM32F4 на базі процесора ARM CORTEX-M4.

Тема 2.2. Класифікація серій мікросхем STM32 за архітектурою та функціональними характеристиками. Порівняльний огляд архітектури й продуктивності. Знайомство з інформаційним простором виробників продуктів на базі STM 32, комплектами документації для розробники та програмування мікроконтролерів. Огляд інструментальних середовищ для розроблення та налагоджування.

Тема 2.7. Типи даних. Операції з регістрами в процесорі Cortex M4. Набір арифметичних та логічних інструкцій. Інструкції для виконання умовних переходів.

Розділ 5. Розроблення програмно-апаратного забезпечення на платі STM32F407VG Discovery.

Тема 5.3. Периферійні пристрої: Контроль живленням, POR, DMA, I²S, LCD, PWM, WDT.

Теми 5.4. Інтерфейси та шини: CANbus, DCMI, EBI/EMI, Ethernet, I²C, SPI, UART/USART, USB OTG.

Тема 5.7. Підключення датчиків, дисплеїв, клавіатури.

Тема 5.8. Розроблення програмного забезпечення в інструментальному середовищі програмування мікроконтролерів STM32 Cube MX, Keil MDK-ARM.

Розділ 6. Теоретичні основи проектування МПС на мікроконтролерах.

Тема 6.1. Етапи проектування мікропроцесорних систем. Приклади проектування архітектури. Засоби та методи проектування та автономного налагодження апаратури мікропроцесорних систем.

Тема 6.8. Тенденції розвитку архітектури МПС. Організація та особливості програмування мікроконтролерів.

Розділ 8. Сучасні технології проектування та розроблення мікропроцесорних засобів на програмовних логічних інтегральних схемах (ПЛІС).

Тема 5.1. Сучасні технології проектування та розроблення цифрових систем – технологія системи на кристалі (SoC). Основні аспекти використання програмовних логічних інтегральних схемах (ПЛІС) для розроблення цифрових систем.

Тема 5.5. Історичні аспекти та тенденції розвитку елементної бази. Тенденції розроблення сучасних цифрових систем в умовах 4-ї Індустріальної революції

Матеріали для самостійного опрацювання, теми, питання для самоконтролю та контрольні запитання знаходяться на платформі дистанційного навчання «Сікорський» (Classroom) <https://classroom.google.com/c/NDY4OTYwNDM1MTYw?cjc=biw7yys>.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дедлайни. Для виконання практичних робіт встановлюються дедлайни. Дедлайни уточнюються і оприлюднюються викладачем на початку семестру.

Заохочувальні бали (бонуси) виставляються за: активну участь на лекціях та семінарах, наприклад участь в дискусіях; виконання домашніх завдань, ведення конспекту, підготовка повідомлення з презентацією по одній із тем СРС дисципліни тощо. Кількість заохочуваних балів не більше 10.

Заохочувальні бали також можуть нараховуватися за прояви **soft skills** під час виконання контрольних заходів дисципліни (практичних робіт, поточних контрольних робіт, модульних контрольних робіт). До таких проявів належать, зокрема, старанність під час виконання завдань, дотримання встановлених термінів подання робіт, відповідальне ставлення до навчального процесу, самостійність та якість оформлення результатів. Бали нараховуються в розмірі **до 1 балу за одне завдання** за рішенням викладача.

Практичні роботи. Виконанню кожної практичної роботи передуює виконання індивідуального завдання і оформлення його у вигляді протоколу. Протокол виконання практичної завдання має бути завантажено в Classroom не пізніше, ніж за добу до практичного заняття. До протоколу додаються посилання на Git з кодом програм (за необхідності) і посилання на всі необхідні супровідні матеріали для захисту, зокрема на відеозапис виконання практичного завдання (за необхідності - в дистанційному режимі, за використання віддаленого устаткування, тощо). Студент, який прийшов на заняття без підготовленого протоколу до захисту практичної роботи не допускається. Першим етапом студент захищає результати виконання індивідуального завдання до практичної роботи, на другому етапі – захищає результати виконання завдання шляхом усного опитування або тестування. У дистанційному режимі більшість практичних робіт супроводжуються тестами для оцінки вивченого теоретичного та практичного матеріалу замість усного опитування. Викладач залишає за собою право провести усне опитування у разі, якщо результати виконання практичної роботи є сумнівними або потребують уточнення. Бали отримані за виконання практичної роботи, оформлення протоколу та захист результатів складають оцінку за практичну роботу. Тестування проводиться на практичному занятті після перевірки результатів виконання індивідуальної роботи. Студент, який не виконав індивідуальне завдання до практичної роботи до тесту (захисту результатів) не допускається.

Бали, які студент може отримати за виконання кожної практичної роботи наведено в таблиці 1 оцінювання семестрових робіт, розділ 8 силабуса.

Поточна контрольна робота. Поточна контрольна робота не приймається поза встановленого терміну.

Екзаменаційна робота пишеться без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.); результат пересилається до відповідної директорії Google – диску через Google форму. Бали за екзаменаційну роботу додаються до балів за практичні роботи та модульну контрольну роботи і складають семестрову рейтингову оцінку.

Загальною умовою допуску до семестрового контролю (екзамену) є зарахування всіх практичних робіт та рейтинг не менше 36 балів.

Правила відвідування занять. Відвідування занять є вільним, бали за присутність на лекціях та практичних заняттях не додаються, відповідно штрафні бали не передбачаються. Втім, вагома частина рейтингу формується через активну участь у заходах на практичних заняттях.

Дистанційний режим навчання. У разі запровадження обмежень на відвідування університету, пов'язаних з введенням карантину або режиму воєнного стану в державі, освітній процес здійснюється у дистанційному режимі відповідно до Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/188>), Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі (<https://profkom.kpi.ua/reglament-organizatsiyi-osvitnogo-protsesu-v-distantsiynomu-rezhimi>) та Регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (<https://osvita.kpi.ua/node/148>). У режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції на платформах BigBlueButton, Google Meet, Zoom. Посилання на конференцію видається на початку семестру і розміщується в АС «Електронний кампус». З метою забезпечення якісної підготовки здобувачів, дистанційний курс дисципліни розміщено на Платформа дистанційного навчання «Сікорський» (<https://www.sikorsky-distance.org>). Результати оцінювання висвітлюють у АС «Електронний кампус» на особистій сторінці здобувача (<https://ecampus.kpi.ua>).

Правила поведінки на заняттях. На заняттях слід дотримуватись норм етичної поведінки визначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>). На території університету здобувачі мають поводити себе відповідно до Правил внутрішнього розпорядку (<https://kpi.ua/admin-rule>).

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті. Положення про визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/179>) регламентує визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті:

– у разі навчання на неформальній освіті, яку студент обрав самостійно і хоче зарахувати результати навчання в рамках дисципліни, проходиться процедура валідації, що передбачає подання здобувачем заяви на ім'я декана, декларації підтверджувальних документів; рішення про визнання чи не визнання приймається комісією у складі завідувача кафедри, викладача, гаранта освітньо-професійної програми.

– за рішенням викладача окремі змістовні модулі або теми дисципліни можуть бути зараховані на підставі результатів проходження здобувачем онлайн-курсу або іншого елементу неформальної освіти; перелік завдань та елементів неформальної освіти визначається викладачем заздалегідь і розміщується на платформі дистанційного навчання «Сікорський», про що студенти повідомляються на початку семестру; у цьому випадку здобувач звільняється від виконання відповідних завдань і отримує максимальний бал згідно з рейтинговою системою оцінювання.

Політика використання штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/1225>). Усі завдання, як під час виконання навчальних завдань з дисципліни, так і індивідуальні завдання, мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача. Використання ШІ для автоматичної генерації відповідей без подальшого їх аналізу та доопрацювання заборонено.

Порушення академічної доброчесності: використання плагіату. У разі виявлення фактів використання плагіату під час виконання навчальних завдань, студент втрачає право на подальше виконання поточних завдань у межах навчальної дисципліни до з'ясування обставин порушення.

Студент зобов'язаний аргументовано пояснити причини використання плагіату, а також засвідчити готовність дотримуватись принципів академічної доброчесності в подальшому навчанні (**письмово у вигляді пояснювальної записки**); повторно виконати завдання або, за потреби, виконати додаткове завдання відповідно до бачення викладача з урахуванням вимог щодо самостійності.

Зазначені дії регламентуються Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Семестровий рейтинг студента з дисципліни розраховується, виходячи із 100-бальної шкали. Семестровий рейтинг складається із стартової (поточної) оцінки R_C та екзаменаційної R_E . Стартовий рейтинг складається з балів, що студент отримує за виконання 6 практичних робіт $R_{ПР}$, поточної контрольної роботи $R_{ПКР}$ та заохочувальних бали.

$$R_C = R_{ПР} + R_{ПКР}.$$

Максимальна кількість балів за практичні роботи складає 50 балів, тобто $R_{ПР} = 50$. Виконання поточної контрольної роботи оцінюється в 10 балів, тобто $R_{ПКР} = 10$.

Критерії оцінювання практичних робіт наступні:

– *Протокол*: Відповідність протоколу практичній роботі та встановленим вимогам до оформлення, коректність розміщення протоколу в Classroom/Git, повнота та логічність викладення матеріалу:

0 балів – протокол відсутній або не відповідає практичній роботі та встановленим вимогам, зокрема містить скриншоти та інші ілюстративні матеріали, які не дозволяють однозначно ідентифікувати середовище та користувача виконання роботи.

1 бал – протокол частково відповідає практичній роботі та вимогам до оформлення; матеріал подано неповно або з порушенням логіки викладення, результати виконання неповні, відсутні висновки.

2 бали – протокол повністю відповідає практичній роботі та встановленим вимогам до оформлення; коректно розміщений у Classroom/Git; матеріал викладено повно й логічно, наявні змістовні висновки; надані ілюстративні матеріали (скриншоти, фрагменти консолі тощо) є **автентичними, належать автору роботи та містять ідентифікаційні ознаки користувача середовища виконання**.

– *Виконання завдання*: розроблені моделі працюють правильно у програмному або апаратному середовищі, відповідають вимогам завдання (2 бали), студент показує власний репозиторій з усіма матеріалами практичної роботи; репозиторій містить логічну структуру файлів та історію комітів, що демонструє послідовність роботи (1 бал), студент пояснює та аргументує отримані результати, демонструє розуміння виконаного завдання (1 бал);

– *Опитування/тестування* за тематикою практичної роботи для зарахування теоретичної частини роботи, відповіді на додаткові теоретичні запитання викладача: 0 – 4 бали.

Критерії оцінювання усної відповіді:

Знання теоретичного матеріалу	Студент правильно відповідає на запитання за тематикою практичної роботи, демонструє розуміння ключових понять.	1–2 бали
Повнота та логічність відповіді	Відповіді послідовні, зрозумілі, демонструють усвідомлення зв'язку теорії та практики.	включено в оцінку
Відповіді на додаткові запитання викладача	Студент коректно та аргументовано відповідає на додаткові теоретичні запитання, пояснює нюанси виконаного завдання.	1–2 бали
Участь в обговоренні / активність	Студент активно бере участь, задає уточнюючі питання або уточнює непорозуміння.	включено в оцінку

Усний захист практичних робіт за баченням викладача може бути замінений на тестування, зокрема у вигляді автоматизованого тестування на платформі Google Workspace for Education /

Moodle. Оцінка за поточний тест – 4 бали.

Таблиця 1. Деталізація балів за поточні роботи за семестр

Назва заняття	Форма контролю	Кількість балів	Мінімальна кількість балів для зарахування	Всього балів
Практична робота 1	Протокол на GitLab	2	4	5
	Виконання завдання	3		
	Опитування/тест	-		
Практична робота 2	Протокол Classroom/GitLab	2	4	5
	Виконання завдання	3		
	Опитування/тест	-		
Практична робота 3	Протокол Classroom/GitLab	2	4	8
	Виконання завдання	2		
	Опитування/тест	3		
Практична робота 4	Протокол Classroom/GitLab	2	4	8
	Виконання завдання	2		
	Опитування/тест	3		
Практична робота 5	Протокол Classroom/GitLab	2	4	8
	Виконання завдання	2		
	Опитування/тест	3		
Практична робота 6	Протокол Classroom/GitLab	2	4	8
	Виконання завдання	2		
	Опитування/тест	3		
Практична робота 7	Протокол Classroom/GitLab	2	4	8
	Виконання завдання	2		
	Опитування/тест	3		
Поточна контрольна робота		15	8	10
Всього поточний контроль			36	60
Екзамен			24	40
Всього за семестр			60	100

Максимальна кількість балів за екзамен дорівнює **R_ε =40 балів**.

Екзамен проводиться у вигляді автоматизованого тестування на платформі Google Workspace for Education / Moodle, складається з тестових питань (30 балів) та практичного завдання.

Опис практичного завдання: Студент повинен розробити структурно-функціональну схему функціонального вузла комп'ютера за варіантом. Під час виконання завдання враховуються:

- правильне позначення всіх елементів та розрядності шин;
- виконання необхідних розрахунків;
- написання програмного коду та алгоритмів, які реалізують роботу вузла;
- коментарі до коду та алгоритмів;
- пояснення логіки роботи вузла.

Критерії оцінювання практичного завдання:

Правильна та змістовна	Розроблено повну, точну та логічно структуровану схему функціонального вузла: всі елементи чітко позначені, розрядності шин вказані правильно;	9–10 балів
------------------------	--	------------

Відповідь	розрахунки виконані вірно; програмний код і алгоритми правильно реалізовані та супроводжуються коментарями. Продемонстровано глибоке розуміння взаємозв'язків між елементами, та надано чітке пояснення принципу роботи вузла.	
Правильна відповідь, неповні пояснення	Студент створює правильну схему, але частково не позначені елементи або розрядності шин; розрахунки виконані не повністю; програмний код або алгоритми містять невеликі недоліки або коментарі відсутні/неповні; пояснення логіки вузла часткове.	7-8 балів
Відповідь містить помилки	Схема вузла містить помилки у позначеннях, розрядностях або структурі; розрахунки частково неправильні; програмний код, алгоритми або коментарі некоректні або відсутні; пояснення неточне.	5–6 балів
Немає відповіді або відповідь невірна	Студент не надав схему або вона не відповідає завданню, розрахунки, алгоритми та пояснення відсутні або неправильні.	0 балів

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 «неатестовано».

Необхідною умовою допуску до екзамену студента є виконання і захист всіх практичних робіт з сумою балів не менше ніж 36 балів.

Кількість балів, що отримує студент за семестр визначається формулою

$$R = R_c + R_e.$$

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

З урахуванням одержаної суми балів кінцева оцінка визначається наступною таблицею:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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, д.т.н, проф., професор кафедри ОТ Клименко Ірина Анатоліївна.

Увалено кафедрою ОТ (протокол № 18 від 24.06.2026)

Погоджено методичною комісією ФІОТ (протокол № 12 від 26.06.2026)