



Технології програмування C/Embedded

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

• 1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Освітня програма	Комп'ютерна інженерія
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс (1 семестр)
Обсяг дисципліни	4 кредитів, 120 год. Денна форма: лекцій 18 (36 годин), лабораторних 9 (18 годин), СРС (66 годин) Заочна форма: лекції (8 годин), лаб. роботи (8 годин), СРС (104 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	Згідно розкладу на осінній семестр поточного навчального року за адресою http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: ас. кафедри ОТ, Каплунов Артем Володимирович, art.kaplunov@gmail.com Лабораторні: ас. кафедри ОТ, Каплунов Артем Володимирович, art.kaplunov@gmail.com
Розміщення курсу	Платформа дистанційного навчання «Сікорський» в середовищі Google Workspace for Education: Технології програмування на C/Embedded. https://classroom.google.com/c/NTI1OTI0NTg5Mzg5?cjc=jey2wfd

• 2. Програма навчальної дисципліни

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

Мета дисципліни «Технології програмування C/Embedded» – вивчення теоретичних основ, функціональних можливостей та принципів взаємодії основних компонентів вбудованих систем. Предметом вивчення кредитного модуля «Технології програмування C/Embedded» є архітектура та функціональні можливості сучасних вбудованих систем; системи введення/виведення; засоби та механізми пересилання та зберігання даних; знайомство з мовою низького рівня C та особливостями програмування для вбудованих 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 вбудованих систем;
- здатність до використання теоретичних, логічних та арифметичних основ для розробки драйверів та програмного забезпечення для вбудованих систем і вміння їх застосовувати при вирішенні професійних завдань;
- здатність розробляти драйвери для окремих компонентів 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 вбудованих систем;
- здатність брати участь у командній роботі по проектуванню драйверів та програмного забезпечення для вбудованих систем;
- здатність формувати та забезпечувати вимоги щодо надійності вбудованих 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 «Технології програмування C/Embedded» доцільно використовувати знання, отримані при вивченні попередніх дисциплін: «Вступ до операційної системи Linux», «Комп'ютерна логіка», «Комп'ютерна електроніка», «Архітектура комп'ютерів. Частина 1. Управляючі та арифметичні пристрої», «Програмування».

Дисципліна є базовою для курсів із Ф-каталога вибіркових дисциплін, що входять до складу сертифікатної програми: «Технології програмування на ПЛІС (FPGA)» (вибіркова), «Технології проектування інтелектуальних систем» (вибіркова), «Технології тестування (QA) вбудованих систем» (вибіркова), «Управління інфраструктурними ІТ проектами» (вибіркова), а також є корисною для вивчення нормативних дисциплін «Архітектура комп'ютерів. Частина 2. Процесори», «Архітектура комп'ютерів. Частина 3. Мікропроцесорні засоби», «Архітектура комп'ютерів. Курсова робота», «Системне програмування».

3. Структура кредитного модуля

Вступ. С як мова програмування для вбудованих систем

Розділ 1. Препроцесор С

- Тема 1.1. Включення файлів
- Тема 1.2. Заміна макросів
- Тема 1.3. Обумовлене включення файлів

Розділ 2. Оператори

- Тема 2.1. Арифметичні операції
- Тема 2.2. Реляційні та логічні оператори
- Тема 2.3. Перетворення типів
- Тема 2.4. Оператори приросту та спаду
- Тема 2.5. Розрядні оператори
- Тема 2.6. Оператори та вирази присвоєння
- Тема 2.7. Вирази умов
- Тема 2.8. Пріоритет і послідовність обчислення

Розділ 3. Структури

- Тема 3.1. Основні поняття про структури
- Тема 3.2. Структури та функції
- Тема 3.3. Масиви структур
- Тема 3.4. Typedef

Розділ 4. Символьні константи

- Тема 4.1. Рядки в мові С
- Тема 4.2. Оголошення рядків у С
- Тема 4.3. Робота з рядками в С
- Тема 4.4. Масиви рядків у С
- Тема 4.5. Перетворення рядків
- Тема 4.6. Обробка рядків
- Тема 4.7. Символьні константи
- Тема 4.8. Рядкові літерали

Розділ 5. Показчики

- Тема 5.1. Показчики й адреси
- Тема 5.2. Показчики й аргументи функцій
- Тема 5.3. Показчики та масиви
- Тема 5.4. Арифметика адрес
- Тема 5.5. Показчики на символи та функції
- Тема 5.6. Масив показчиків; показчики на показчики

Розділ 6. Embedded та 'Hello World'

- Тема 6.1. Особливості мікроконтролера.
- Тема 6.2. Проблеми з IDE.
- Тема 6.3. Налаштування компілятора STM32CubeIDE.
- Тема 6.4. Процес створення embedded-проекту.

Розділ 7. Аналіз коду Embedded C

- Тема 7.1. Пам'ять програм мікроконтролера.
- Тема 7.2. Аналіз ELF файлу за допомогою інструментів GNU.
- Тема 7.3. Дизасемблер.

Розділ 8. Робота зі світлодіодами

- Тема 8.1. Написання коду для ввімкнення та вимкнення світлодіода.
- Тема 8.2. Увімкнення периферійних пристроїв.
- Тема 8.3. Обчислення адрес периферійних регістрів.

4. Навчальні ресурси та матеріали

4.1. Базова література

1. Каплунов А.В. Клименко І.А. Технології програмування на C/Embedded. Програмування мікроконтролерів STM32. Теорія та практикум. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерна інженерія» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / А.В. Каплунов, І.А. Клименко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського,

2022. – 91 с. (Рекомендовано на засіданні кафедри обчислювальної техніки протокол № 10 від 25.05.2022 р.)

2. Тарасенко-Клятченко, О. В. Програмування мовою С. Задачі до практичних занять з кредитного модуля «Програмування-1. Основи програмування» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності «123 Комп'ютерна інженерія» / О. В. Тарасенко-Клятченко, Я. М. Клятченко, О. С. Михайлюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 203 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 43 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45708>
3. Браян В. Керніган, Деніс М. Річі Мова програмування С, друге видання (Brian Kernighan and Dennis Ritchie The C Programming Language). Переклад: Віталій Цибуля [Електронний ресурс] :. – 232 с. – Режим доступу: <http://programming.in.ua/programming/c-language/227-book-programming-c-kernighan.html>.
- 4.

4.2. Додаткова література

4. Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie (1988) The C Programming Language, 2nd ed. Pearson.
5. Mark Siegesmund (2014) Embedded C Programming: Techniques and Applications of C and PIC MCUS. Newnes.
6. K. N. King (2008) C Programming: A Modern Approach, 2nd ed. W. W. Norton & Company
7. Manuel Bermudez (1998) Study Guide for C Programming: A Modern Approach. W. W. Norton & Company
8. Randal Bryant and David O'Hallaron (1994) Computer Systems: A Programmer's Perspective (2nd Edition). Addison Wesley
9. Stephen Kochan (2013) Programming in C (3rd Edition). Pearson.
10. Richard Heathfield and Lawrence Kirby (2000) C Unleashed. Sams.

4.3. Інформаційні ресурси

1. Дистанційний курс на платформі дистанційного навчання «Сікорський» в середовищі Google Workspace for Education: Технології програмування на C/Embedded. <https://classroom.google.com/c/NTI1OTI0NTg5Mzg5?cjc=jey2wfd>
2. Fastbit Embedded Brain Academy – YouTube. – <https://www.youtube.com/channel/Uca1REBV9hyrzGp2mJcagBg>

5. Лабораторні роботи

Мета лабораторних робіт – придбання вмінь та навиків застосування на практиці принципів проектування та розробки програмного забезпечення для вбудованих систем та їх окремих функціональних вузлів. Для виконання лабораторних робіт використовуються інструменти для програмування мікроконтролерів (vim, Eclipse, Cube IDE), апаратне забезпечення (BeagleBone Black, STM StarterKit GlobalLogic).

Тематика лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Препроцесор С.

Лабораторна робота 2. Оператори.

Лабораторна робота 3. Структури.

Лабораторна робота 4. Символьні константи.

Лабораторна робота 5. Показчики.

Лабораторна робота 6. STM32F4-DISCO. Розгортання середовища та ПЗ.

Лабораторна робота 7. Прошивка GL Starter Kit. STM32CubeIDE & Qemu.

Лабораторна робота 8. Маніпуляція світлодіодами за допомогою програмованої кнопки.

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи (66 години):

- підготовка до аудиторних занять (0,5 годин x 18 лекцій = 9 годин);
- виконання індивідуального завдання до лабораторних робіт, розв'язок задач, оформлення протоколу, розміщення результатів на GitHub (2 години x 8 лабораторних робіт = 16 годин);
- виконання модульної контрольної роботи (2 МКР x 4 = 8 годин);
- підготовка до експрес-тестів (4 години);
- опрацювання тем на самостійну роботу, завантаження та збирання програмного забезпечення для виконання лабораторних робіт (29 годин).

6.1. Теми на самостійне опрацювання (денна форма навчання)

Розділ 2. Оператори

Тема 2.5. Розрядні оператори

Тема 2.6. Оператори та вирази присвоєння

Тема 2.7. Вирази умов

Тема 2.8. Пріоритет і послідовність обчислення

Розділ 4. Символьні константи

Тема 4.5. Перетворення рядків

Тема 4.6. Обробка рядків

Тема 4.7. Символьні константи

Тема 4.8. Рядкові літерали

Розділ 5. Показчики

Тема 5.4. Арифметика адрес

Тема 5.5. Показчики на символи та функції

Тема 5.6. Масив показчиків; показчики на показчики

7. Методика викладання дисципліни на заочній формі навчання

7.1. Зміст лекцій та самостійної роботи

Лекція 1. Введення в дисципліну “Технології програмування C/Embedded”

Тема 1.1. Основні аспекти вбудованих систем в сучасних технологіях.

Тема 1.2. Тенденції розроблення сучасних вбудованих систем.

Теми на самостійне опрацювання:

Тема 1.3. Огляд вбудованих систем на базі STM32.

Лекція 2. Мова програмування C в контексті Embedded Systems

Тема 2.1. Особливості мови C при роботі з вбудованими системами

Тема 2.2. Мова C. Функції.

Тема 2.3. Мова C. Вказівники.

Тема 2.4. Мова C. Складні типи.

Тема 2.5. Мова C. Динамічна пам'ять.

Теми на самостійне опрацювання:

Тема 2.6. Мова C. Ключові слова.

Тема 2.7. Мова C. Константи.

Тема 2.8. Мова C. Масиви.

Тема 2.9. Мова C. Символьні рядки (стрічки).

Тема 2.10. Мова C. Структури.

Лекція 3. Discovery Kit “STM32F407G-Disk1” Features

Тема 3.1. Функціональний склад ядра.

Тема 3.2. Розгляд функціональних блок-схем процесора, контролера та плати (SoC).

Тема 3.3. Огляд взаємодії “заліза” з “софтом”.

Лекція 4. Розроблення та тестування вбудованого пристрою

Тема 4.1. ARM архітектура. Еволюція ARM. Родина ARM Cortex.

Тема 4.2. Порівняння серії STM32F4.

Тема 4.3. Розпіновка плати Discovery.

Теми на самостійне опрацювання:

Тема 4.4. STM32F4 User Guide and Reference manual.

7.2. Тематика лабораторних робіт для самостійного виконання

Лабораторна робота 1. Робота на закріплення теми “Препроцесор C”.

Лабораторна робота 2. Робота на закріплення теми “Оператори”.

Лабораторна робота 3. Робота на закріплення теми “Структури”.

Лабораторна робота 4. Робота на закріплення теми “Символьні константи”.

Лабораторна робота 5. Робота на закріплення теми “Показчики”.

7.3. Тематика лабораторних робіт для аудиторного виконання

Аудиторне заняття 1:

Захист лабораторних робіт 1-5.

Аудиторне заняття 2:

Лабораторна робота 6. Приєднання до загального середовища керування проектами Gitea KPI. Розгортання середовища та ПЗ для роботи з STM32F4-DISCO.

Аудиторне заняття 3:

Лабораторна робота 7. Розробка прошивки для GL Starter Kit. Запуск її на Qemu.

Аудиторне заняття 4:

Лабораторна робота 8. Розробка прошивки для маніпуляції світлодіодами за допомогою програмованої кнопки.

Види самостійної роботи для здобувачів заочної форми навчання (104 години):

- підготовка до аудиторних занять (1,5 години x 4 лекції = 6 годин);
- підготовка до експрес-тестів (4 години);
- самостійне виконання лабораторних робіт 1-5 (3,5 години x 5 лаб. робіт = 17,5 годин);
- підготовка до виконання лабораторних робіт (6 – 8), оформлення протоколів, розміщення результатів на GitHub (1,5 години x 3 лабораторні роботи = 4,5 години)
- виконання модульної контрольної роботи (4 години x 2 МКР = 8 годин);
- підготовка до заліку (4 години);
- самостійне опрацювання теоретичного матеріалу, завантаження та збирання програмного забезпечення для виконання лабораторних робіт (60 годин).

• 3. Політика та контроль

8. 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.

9. 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 $R_{ЕТ} = 2 \times 5 = 10$ 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
Всього балів		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

$$RC = R_L + R_{МКР} + R_{ЕТ}$$

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

$$RC = R_L + R_3$$

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, 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.).