



Архітектура комп'ютерів

Частина 2. Процесори

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, осінній
Обсяг дисципліни	5 кредитів /150 год., лекції 36 год., лвбораторні роботи 18 год, СРС 96 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, лабораторні 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.irynd@edu.kpi.ua , Лабораторні 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/NDIyNTq2NDY3NTY4?cjc=whbtqci

Програма навчальної дисципліни

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

Мета дисципліни «Архітектура комп'ютера» – вивчення теоретичних основ, функціональних можливостей та принципів взаємодії основних компонентів комп'ютера на функціональному рівні. Предметом вивчення дисципліни «Архітектура комп'ютера. Частина 2. Процесори» є архітектура та функціональні можливості сучасних процесорів та інших компонентів апаратних засобів комп'ютера; система введення/виведення; засоби та механізми пересилання та зберігання даних на функціональному рівні комп'ютера; організація архітектурозалежного рівня операційної системи, знайомство з мовами низького рівня та основами програмування для процесорних ядер, сучасна елементна база та практичні основи сучасних процесів проектування апаратних засобів.

Практичний досвід пов'язаний з проведенням збірки, налагодження та використання операційних систем типу Linux на сучасних процесорах архітектури ARM; збиранням виконуваних

програм із OpenSource вихідних кодів; базовими навичками програмування на мовах низького рівня, зокрема C, для процесорів архітектури ARM, прошивкою плат.

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 збірку, 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 2. Процесори» доцільно використовувати знання, отримані при вивченні попередніх дисциплін: «Структури даних та алгоритми», «Вступ до ОС Лінукс», «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», «Комп'ютерні мережі».

Дисципліна є базовою для курсів: «Архітектура комп'ютерів. Частина 3. Мікропроцесорні засоби», «Архітектура комп'ютерів. Курсова робота», «Комп'ютерні системи»; надає базові теоретичні та практичні знання для вивчення курсів вибіркокових 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. Введення в архітектуру сучасних процесорів. Особливості архітектурної та функціональної організації сучасних RISC та CISC процесорів.

Лекція 1.

Тема 1.1. Вступ. Підходи до опису складних обчислювальних систем. Абстрактні рівні опису архітектури комп'ютера.

Тема 1.2. Сучасна класифікація процесорів за функціональним призначенням. Універсальні та спеціалізовані процесори. Огляд сучасної елементної бази. Системи на кристалі (SoC). Багатоядерні процесори.

Лекція 2.

Тема 1.3. RISC- та CISC-архітектури процесорів. Архітектура ARM як флагман сучасної елементної бази для процесорних ядер, орієнтованих на використання універсальних операційних систем.

Лекція 3.

Тема 1.4. Процесорні ядра ARM Cortex у сучасних вбудованих системах.

Розділ 2. Практичні основи архітектури процесорів ARMv7 та організації програмного забезпечення в системах на їх основі під керуванням ОС Linux.

Лекція 4.

Тема 2.1. Архітектурозалежний рівень операційної системи. Взаємодія апаратної архітектури та ОС в універсальних комп'ютерах, вбудованих системах, контролерах і мікроконтролерах.

Тема 2.2. Архітектурні особливості використання операційних систем типу Linux на процесорах ARMv7. Поняття апаратної абстракції в ОС для вбудованих систем.

Лекція 5.

Тема 2.3. Компіляція та кроскомпіляція. Архітектурні аспекти інструментів для кроскомпіляції (Toolchain-ів). Підготовка програмного середовища для збирання виконуваних програм для процесора ARMv7 під керуванням ОС Linux.

Лекція 6.

Тема 2.4. Етапи розвертання операційної системи з точки зору архітектури процесора. Процеси ініціалізації апаратної архітектури в просторі ядра ОС на прикладі архітектури процесорів x86 та ARMv7.

Лекція 7.

Тема 2.5. Архітектура процесу завантажування у вбудованих системах: ROM-код, ініціалізація апаратних ресурсів, двоетапне завантаження (ROM + U-Boot), пошук та передача управління ядру операційної системи. Особливості взаємодії завантажувача з апаратними компонентами та пам'яттю процесора.

Тема 2.6. Система збірки ядра Linux (Kbuild). Make- та CMake-файли як відображення архітектурних залежностей програмного коду.

Лекція 8.

Тема 2.7. Збірка та архітектура програмного завантаження ядра ОС Linux: Kernel та RootFS. Мінімалістичні користувацькі середовища (BusyBox). Взаємодія ядра та файлової системи з точки зору архітектури.

Лекція 9.

Тема 2.8. Архітектура простору користувача (User Space) у вбудованих системах. Модулі ядра як механізм розширення архітектури ОС. Особливості програмування користувацьких програм з урахуванням архітектури процесора.

Лекція 10.

Тема 2.9. Архітектурні аспекти прошивки процесорних систем. Організація віддаленої консолі за протоколом UART.

Тема 2.10. Архітектурні підходи до прошивки та налагодження плат на базі ARM-процесорів. Приклад: платформа BeagleBone Black.

Розділ 3. Архітектура пам'яті та взаємодія процесора з пам'яттю

Лекція 11

Тема 3.1. Управління командами. Конвеєри. Система команд. Формати команд, способи адресації команд і операндів в процесорах з різною архітектурою. Адресація даних та переходів. Особливості виконання команд різних класів та роботи з підпрограмами в універсальних і спеціалізованих процесорах.

Тема 3.2. Загальні питання побудови багаторівневої пам'яті комп'ютера. Надоперативна регістрова пам'ять, оперативна пам'ять, буферна (кеш) пам'ять. Взаємодія усіх рівнів пам'яті поміж собою.

Лекція 12

Тема 3.3. Організація віртуальної пам'яті. Доступ до загального ресурсу. Модуль керування пам'яттю (MMU, Memory Management Unit). Захист розділів пам'яті.

Тема 3.4. Організація кеш пам'яті в сучасних комп'ютерах.

Лекція 13

Тема 3.3. Організація оперативної пам'яті. Модульна організація оперативної пам'яті. Призначення контролерів пам'яті.

Тема 3.4. Протоколи взаємодії процесора з оперативною пам'яттю. Класичні принципи підключення модулів оперативної пам'яті до системної магістралі з використанням адресних селекторів. Організація модулів пам'яті (RAM, ROM).

Лекція 14

Тема 3.5. Розроблення базових інтерфейсів модулів оперативної пам'яті для комп'ютерів.

Тема 3.6. Організація доступу до даних різної розрядності. Базові схеми організації інтерфейсів запам'ятовуючих пристроїв із підтримкою вибірки даних різної довжини.

Розділ 4. Архітектура системи вводу/виводу

Лекція 15

Тема 4.1. Загальні питання взаємодії комп'ютерів з зовнішніми пристроями. Організація простору пам'яті та вводу/виводу.

Тема 4.2. Функціонування зовнішніх пристроїв в програмному режимі опитування готовності.

Лекція 16

Тема 4.3. Розроблення інтерфейсів зовнішніх пристроїв (ЗП). Класичні принципи підключення зовнішніх пристроїв до системної магістралі з використанням адресних селекторів.

Лекція 16

Тема 4.4. Організація системи переривань. Обробка переривань на різних рівнях (програмному, мікропрограмному, апаратному). Контролери переривань.

Тема 4.5. Прямий доступ до пам'яті (DMA, Direct Memory Access). Контролери прямого доступу до пам'яті.

Лекція 17

Тема 4.6. Управління обробкою даних на рівні програм. Мультипрограмний режим роботи процесора.

Розділ 5. Напрямки розвитку архітектури процесорів в умовах 4-ї індустріальної революції (Industry 4.0/IoT)

Лекція 18

Тема 5.1. Напрямки розвитку архітектури процесорів в умовах Industry 4.0 / IoT.

Тема 5.2. Використання співпроцесорів для підвищення продуктивності обчислень. Використання FPGA для реалізації реконфігурованих модулів процесорних ядер.

Тема 5.3. Огляд процесорів RISC-V, Raspberry Pi.

3. Навчальні ресурси та матеріали

4.1. Базова література

1. Архітектура комп'ютерів 2. Процесори. Теорія та практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: І. А. Клименко, А. В. Каплунов, В. А. Таранюк, В. В. Ткаченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.73 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 92 с. – Назва з екрана. URI <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52163>.

2. Тарарака В.Д. Архітектура комп'ютерних систем: навчальний посібник. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 383 с. [Архітектура комп'ютерних систем.pdf](#)

4.2. Додаткова література

4. Sergiyenko A.M. Computer Architecture (Архітектура комп'ютерів: підручник англійською мовою). - КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 395 с.

5. Жабін В.І., Клименко І.А., Стіренко С.Г. Арифметичні та управляючі пристрої цифрових ЕОМ: Навчальний посібник. – К.:БЕК +, 2008. –

6. Мельник А. Архітектура комп'ютера: Підручник. – Луцьк.: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.

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. 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>

9. 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.

10.Sarah L. Harris, David Harris Digital Design and Computer Architecture / [Elsevier Science & Technology](#), 2022. – 720 p.

11.Hamacher C., Vranesic Z., Zaky S. COMPUTER ORGANIZATION: 5th edition. – 2022. [Електронний ресурс] [Hamacher:ComputerOrganization \(mhhe.com\)](#), [Computer Organization By Carl Hamacher 5th Edition | lulabi.live](#).

12.Tanenbaum A.S. Structured Computer Organization: 6th Edition – 2013. - [Електронний ресурс]

13.Mark A. Yoder, Jason Kridner, BeagleBone Cookbook: Software and Hardware Problems and Solutions / O'Reilly Media, 2015. – 346 p.

14.BeagleBone Black [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://beagleboard.org/black>.

15.AM335x and AMIC110 Sitara™ Processors Technical Reference Manual (Rev. Q) [Електронний ресурс] // Texas Instruments. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://www.ti.com/lit/ug/spruh73q/spruh73q.pdf?ts=1660308115041&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FAM3357.

4.3. Інформаційні ресурси

1. Курс відеолекцій – <https://bbb.comsys.kpi.ua/rooms/iry-7ds-r3u-otz/join>
2. Дистанційний курс на платформі дистанційного навчання «Сікорський» в середовищі Google Workspace for Education: Архітектура комп'ютерів. Частина 2. Процесори. <https://classroom.google.com/c/NDIyNTg2NDY3NTY4?cjc=whbtqci> . На ресурсі розміщено додаткові теоретичні матеріали та приклади виконання практичних задач, презентації та відеозаписи лекцій, перелік питань та завдання до самостійного опрацювання, матеріали для підготовки до іспиту.

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 «Сікорський»

<https://classroom.google.com/c/NDIyNTg2NDY3NTY4?cjc=whbtqci>

Лабораторні роботи

Мета лабораторних робіт – придбання вмінь та навиків застосування на практиці принципів програмування для сучасних процесорів та вивчення архітектури їх окремих функціональних вузлів. Для виконання лабораторних робіт використовуються, емулятори Linux-орієнтованих архітектур (CEMU ARM), інструменти для програмування мікроконтролерів (vim, Eclipse), апаратне забезпечення (BeagleBone Black).

Тематика лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Базові основи використання ОС Linux та інструментів для автоматизації збірки та розробки програмно-апаратного забезпечення (2 год).

Лабораторна робота 2. Введення в систему Kbuild Linux для збирання проєктів із вихідних кодів. Збирання виконуваних файлів для ОС Linux для процесорів архітектури ARM (4 год).

Лабораторна робота 3. Розвертання Linux Kernel в середовищі програмного емулятора Qemu для архітектури процесорів ARM CORTEX A. Створення віддаленої консолі. Прошивка плати BeagleBone Black (4 год).

Лабораторна робота 4. Розробка модулів процесорного ядра на C. Linux Kernel. Частина 1 (2 год).

Лабораторна робота 5. Розробка модулів процесорного ядра на C. Linux Kernel. Частина 2 (2 год).

Лабораторна робота 6. Налаштування модулів ядра (Debugging). Дослідження Device Tree (4 год).

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 годин = 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 занять (6 лабораторних робіт) = **18 годин**);
- підготовка до поточної контрольної роботи (**2 години**);
- підготовка до екзамену (**30 годин**);
- самостійне опрацювання теоретичного матеріалу (**20 годин**);
- розгортання програмного середовища та завантаження вихідних кодів програмного забезпечення для виконання лабораторних робіт, робота з системою контролю версій Git, підготовки до поточних тестів (**8 годин**).

Теми для самостійного опрацювання

Розділ 1. Введення в архітектуру сучасних процесорів. Особливості архітектурної та функціональної організації сучасних RISC та CISC процесорів.

Огляд технологій багатоядерних і багатопроцесорних комп'ютерів. Особливості виконання команд на багатоядерних процесорних ядрах. Багатоядерність в RISC процесорах ARM. Архітектура фон Неймана в сучасних процесорних ядрах. (2 години).

Розділ 2. Введення в практичну частину курсу «Архітектура комп'ютера 2. Процесори».

Команди для роботи в командному рядку Linux (2 години).

Введення в систему керування версіями Git (2 години).

Розділи 3-4. Архітектура пам'яті. Питання взаємодії процесора та пам'яті під час виконання команд

Поняття конвеєру на рівні процесорного ядра. Виконання команд в процесорах різної архітектури. Адресація даних та переходів (2 години).

Організація кеш пам'яті в сучасних комп'ютерах (2 години).

Модуль керування пам'яттю (MMU, Memory Management Unit). Захист розділів пам'яті (2 години).

Мультипрограмний режим роботи процесора (2 години).

Прямий доступ до пам'яті (DMA, direct memory access).

Розділ 5. Напрямки розвитку архітектури процесорів в умовах 4-ї індустріальної революції (Industry 4.0/IoT) (2 години).

Напрямки розвитку архітектури процесорів в умовах Industry 4.0 / IoT (2 години).

Огляд процесора RISC-V, Raspberry Pi (2 години).

Матеріали для самостійного опрацювання, теми, питання для самоконтролю та контрольні запитання знаходяться на платформі дистанційного навчання «Сікорський» (Classroom) <https://classroom.google.com/c/NDIyNTg2NDY3NTY4?cjc=whbtqci>.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дедлайни. Для виконання лабораторних 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 (лабораторних 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.

Лабораторні роботи. Виконанню кожної лабораторної роботи передую виконання індивідуального завдання і оформлення його у вигляді протоколу. Протокол виконання лабораторної завдання має бути завантажено в Classroom не пізніше, ніж за добу до лабораторного 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 лабораторного завдання (за необхідності - в дистанційному режимі, за використання віддаленого устаткування, тощо). Студент, який прийшов на заняття без підготовленого протоколу до захисту лабораторної роботи не допускається. Першим етапом студент захищає результати виконання індивідуального завдання до лабораторної роботи, на другому етапі – захищає результати виконання завдання шляхом усного опитування або тестування. У дистанційному режимі більшість лабораторних 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 лабораторної роботи є сумнівними або потребують уточнення. Бали отримані за виконання лабораторної роботи, оформлення протоколу та захист результатів складають оцінку за лабораторну роботу. Тестування проводиться на лабораторному занятті після перевірки результатів виконання індивідуальної роботи. Студент, який не виконав індивідуальне завдання до лабораторної роботи до тесту (захисту результатів) не допускається.

Бали, які студент може отримати за виконання кожної лабораторної 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 лабораторні роботи та модульну контрольну роботи і складають семестрову рейтингову оцінку.

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

Правила відвідування занять. Відвідування занять є вільним, бали за присутність на лекціях та лабораторних заняттях не додаються, відповідно штрафні бали не передбачаються. Втім, вагома частина рейтингу формується через активну участь у заходах на лабораторних 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 b лабораторних робіт $R_{\text{ЛР}}$, поточної контрольної роботи $R_{\text{ПР}}$ та заохочувальних балів.

$$R_C = R_{\text{ЛР}} + R_{\text{ПР}}.$$

Максимальна кількість балів за лабораторні роботи складає 48 балів, тобто $R_{\text{ЛР}} = 48$. Виконання поточної контрольної роботи оцінюється в 12 балів, тобто $R_{\text{ПР}} = 12$.

Критерії оцінювання лабораторних робіт наступні:

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

0 балів – протокол відсутній або не відповідає лабораторній 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 лабораторній роботі та вимогам до оформлення; матеріал подано неповно або з порушенням логіки викладення, результати виконання неповні, відсутні висновки.

2 бали – протокол повністю відповідає лабораторній роботі та встановленим вимогам до оформлення; коректно розміщений у Classroom/Git; матеріал викладено повно й логічно, наявні змістовні висновки; надані ілюстративні матеріали (скріншоти, 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 лабораторної 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 лабораторної 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 лабораторної 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 лабораторних 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 наведені в наступній таблиці

Назва заняття	Форма контролю	Кількість балів	Мінімальна кількість балів для зарахування	Всього балів
Лабораторна робота 1	Протокол на GitLab	2	5	8
	Виконання завдання	4		
	Опитування/тест (Linux introduction, Git)	4		
Лабораторна робота 2	Протокол на GitLab	2	10	12
	Виконання завдання	4		
	Опитування/тест	4		
Лабораторна робота 3	Протокол на GitLab	2		
	Виконання завдання	4		
	Опитування/тест	4		
Лабораторна робота 4	Протокол на GitLab	2	5	8
	Виконання завдання	4		
	Опитування/тест	4		

Лабораторна робота 5	Виконання завдання	2	5	8
	Протокол на GitLab	4		
	Опитування/тест	4		
Лабораторна робота 6	Виконання завдання	2	5	8
	Протокол на GitLab	4		
	Опитування/тест	4		
Поточна контрольна робота/тест			8	16
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 відповідь	Розроблено повну, точну та логічно структуровану схему функціонального вузла: всі елементи чітко позначені, розрядності шин вказані правильно; розрахунки виконані вірно; програмний код і алгоритми правильно реалізовані та супроводжуються коментарями. Продemonстровано глибоке розуміння взаємозв'язків між елементами, та надано чітке пояснення принципу роботи вузла.	9–10 балів
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 лабораторних робіт з сумою балів не менше ніж 36 балів.

Кількість балів, що отримує студент за семестр визначається формулою

$$R = R_c + R_{\epsilon}.$$

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

З урахуванням одержаної суми балів кінцева оцінка визначається наступною таблицею:

Таблиця 2. Визначення семестрової оцінки

<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

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)