

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра алгебри, геометрії та диференціальних рівнянь

Силабус курсу

КОМП'ЮТЕРНА ЛОГІКА

| | |
|------------------------------|---|
| Обсяг | Загальна кількість: кредитів - 5; годин - 150 |
| Семестр, рік навчання | 2 семестр, 1 рік |
| Дні, час, місце | За розкладом |
| Викладач (-і) | Варбанець Сергій Павлович |
| Контактний телефон | +380509602274 |
| E-mail | svarbanets@onu.edu.ua |
| Робоче місце | Кафедра алгебри, геометрії та диференціальних рівнянь ОНУ імені І.І. Мечникова, вул. Дворянська, 2 |
| Консультації | Telegram, Viber, Zoom, Google Meet |

КОМУНІКАЦІЯ

Комунікація зі студентами буде здійснюватися аудиторно, в месенджерах Telegram, Viber, системах відеоконференцій Zoom, Google Meet.

АНОТАЦІЯ КУРСУ

Предмет вивчення курсу – теоретичні та практичні аспекти побудови, аналізу й оптимізації логічних структур, що використовуються у комп'ютерних системах.

Пререквізити курсу: теоретичні та практичні знання з теорії множин, комбінаторики, теорії графів та лінійної алгебри.

Метою викладання дисципліни “Комп’ютерна логіка” є дослідження та аналіз логічних виразів, функцій та систем, які використовуються для представлення і обробки інформації в цифрових пристроях та комп’ютерних системах; вивчення основних принципів, методів та інструментів, які лежать в основі функціонування комп’ютерних систем і програмного забезпечення;

дослідження процесів логічного мислення, обчислення, керування та передачі даних, що відбуваються всередині комп'ютерних систем, зокрема, процесів збереження, обробки та передачі інформації; розуміння та проведення аналізу складності та ефективності алгоритмів; отримання навичок розробки логічних моделей, забезпечення правильності роботи програмного забезпечення та оптимізація роботи комп'ютерних систем для забезпечення їхньої надійності, швидкості та ефективності.

Завдання дисципліни “Комп’ютерна логіка” є формування у студентів фундаментальних знань щодо:

- основних понять та принципів булевої алгебри: логічні операції (І, АБО, НЕ), закони булевої алгебри, таблиці істинності;
- розуміння логічних функцій: вирази, що складаються зі змінних та логічних операцій, та їх зв'язок зі станами істинності;
- використання алгебраїчних методів для спрощення та оптимізації логічних виразів та зменшення кількості логічних елементів;
- побудови логічних схем: розуміння основних компонентів логічних схем, таких як логічні вентиля, реєстри, декодери, мультиплексори та зворотні зв'язки;
- застосування булевих методів та прийомів для вирішення різноманітних задач, таких як оптимізація логічних функцій, побудова логічних схем, аналіз та проектування комбінаційних та послідовних логічних схем;
- розуміння ролі булевої алгебри в цифровій логіці, комп'ютерних архітектурах, програмуванні та дизайні логічних інтерфейсів; вивчення будови логічних елементів, таких як комбінаційні та послідовні логічні схеми, реєстри, зсувні регістри та лічильники;
- розуміння принципів побудови та оптимізації логічних функцій, використання методів спрощення булевих виразів та мінімізації логічних елементів;
- розробки та вдосконалення методів проектування цифрових пристроїв і систем, таких як схеми керування, арифметичні блоки, пам'ять та комунікаційні протоколи;
- використання спеціалізованих мов програмування, таких як VHDL або Verilog, для опису логічних схем та проектування цифрових систем;
- розуміння принципів організації та функціонування центральних процесорів, кеш-пам'яті, операційних систем та мов програмування;
- побудови цифрових схем і систем, що використовуються у спеціалізованих областях, таких як криптографія, комп'ютерні мережі, цифрова обробка сигналів та інтегровані електронні пристрої.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати:

- основні поняття цифрової логіки: біти, логічні вентиля, логічні операції (I, АБО, НЕ), таблиці істинності;
- принципи побудови комбінаційних та послідовних логічних схем, включаючи реєстри, зсувні регістри та лічильники;
- методи спрощення та оптимізації логічних функцій, включаючи мінімізацію булевих виразів та використання Карт Карно;
- принципи функціонування та організації комп'ютерних архітектур, включаючи центральні процесори, кеш-пам'ять, операційні системи та мови програмування;
- основні принципи та компоненти комп'ютерних мереж, включаючи маршрутизатори, комутатори та протоколи зв'язку;
- основні принципи застосування комп'ютерної логіки в спеціалізованих областях, таких як криптографія, цифрова обробка сигналів, вбудовані системи та інтегровані електронні пристрої.

вміти:

- аналізувати та розуміти логічні принципи і операції, такі як I, АБО, НЕ, для представлення та обробки інформації у цифровому середовищі;
- проектувати та побудовувати комбінаційні та послідовні логічні схеми, використовуючи логічні вентиля, реєстри, зсувні регістри та лічильники;
- спрощувати та оптимізувати логічні функції, використовуючи алгебраїчні методи, методи Карно та інші методи мінімізації булевих виразів;
- використовувати мову опису апаратури (HDL), таку як VHDL або Verilog, для моделювання та синтезу логічних схем;
- аналізувати роботу комп'ютерних архітектур, включаючи роботу центральних процесорів, кеш-пам'яті, операційних систем та мов програмування;
- застосовувати принципи та компоненти комп'ютерних мереж, включаючи роботу маршрутизаторів, комутаторів та протоколів зв'язку;
- розв'язувати завдання, пов'язані з комп'ютерною логікою, використовуючи знання про логічні операції, побудову логічних схем та оптимізацію логічних функцій;
- використовувати комп'ютерну логіку у практичних застосуваннях, таких як розробка цифрових систем, проектування апаратури, оптимізація логічних операцій, тестування та відлагодження цифрових пристроїв.

ОПИС КУРСУ

Форми і методи навчання

Курс буде викладений у формі лекцій (30 год.), лабораторних (18 год.) та практичних занять (18 год.), організації самостійної роботи студентів (84 год.).

Основна підготовка студентів здійснюється на лекційних, лабораторних та практичних заняттях, але у значній мірі покладається на самостійне вивчення матеріалу студентами денної форми навчання протягом семестру.

Під час викладання дисципліни використовуються наступні методи навчання:

пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій.

наочні методи: презентації, ілюстрації.

практичні методи: вправи, тренувальні вправи, творчі вправи, розв'язання розрахункових задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи.

методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії.

Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ЛОГІКА АРИФМЕТИЧНИХ І ЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ В КОМП'ЮТЕРАХ.

Тема 1. Логіка систем числення. Поняття систем числення. Непозиційні системи числення. Позиційні системи числення. Основа системи числення. Огляд десяткової, двійкової, вісімкової, шістнадцяткової та двійково-десяткової систем числення. Порядок запису байтів. Загальний алгоритм переведення із будь-якої системи числення в десяткову. Алгоритм переведення цілих чисел із десяткової в інші системи числення. Переведення дробових частин дійсних чисел із десяткової в інші системи числення та навпаки. Алгоритм переведення змішаних чисел. Таблиця перетворень між десятковою, двійковою, вісімковою та шістнадцятковою системами числення. Алгоритм переведення двійкових чисел у двійково-десяткові і навпаки. Логіка арифметичних операцій над двійковими числами: додавання, віднімання, множення, ділення. Логіка зображення двійкових чисел в прямому, додатковому та оберненому кодах. Модифіковані коди зображення двійкових чисел. Логіка додавання та віднімання двійкових чисел в прямому, додатковому, оберненому та модифікованих кодах.

Тема 2. Логіка Буля. Основні визначення. Завдання логічних функцій таблицями істинності. Логічні функції від однієї змінної. Логічні функції від двох змінних. Завдання логічних функцій порядковим номером функції. Завдання логічних функцій аналітичними формулами. Пріоритети логічних операцій. Перехід від аналітичної формули до таблиці істинності. Елементарні логічні функції. Основні закони алгебри логіки: комутативність; асоціативність; дистрибутивність. Закон ідемпотентності кон'юнкції та диз'юнкції. Закон виключеного третього. Закон протиріччя. Закон тотожності з константами. Закон елімінації. Закон подвійного заперечення. Закон де Моргана. Формули перетворення логічних функцій. Властивості логічних функцій. Суперпозиція логічних функцій. Аналітичне зображення логічних функцій. Характеристичні функції одиниці та нуля. Диз'юнктивне зображення логічних функцій. Поліноміальне зображення логічних функцій. Кон'юнктивне зображення логічних функцій. Визначення досконалої диз'юнктивної нормальної форми. Визначення досконалої поліноміальної нормальної форми. Визначення досконалої кон'юнктивної нормальної форми. Практичне пояснення аналітичного зображення логічних функцій. Функціональне позначення логічних схем, що реалізують логічні функції.

Тема 3. Логіка Жегалкіна. Основні визначення. Закони алгебри Жегалкіна. Поліном Жегалкіна. Метод невизначених коефіцієнтів побудови поліному Жегалкіна. Метод рівносильних перетворень для побудови поліному Жегалкіна. Метод із використанням ДДНФ логічної функції для побудови поліному Жегалкіна. Метод трикутника Паскаля.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. РОЗКЛАДАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ.

Тема 4. Логіка розкладання булевих функцій. Диз'юнктивне розкладання логічних функцій за k змінними. Диз'юнктивне розкладання логічних функцій за однією змінною. Диз'юнктивне розкладання логічних функцій за всіма змінними. Елементарна кон'юнкція. Диз'юнктивна нормальна форма булевої функції. Конституента одиниці. Досконала диз'юнктивна нормальна форма. Поняття двоїстої функції. Кон'юнктивне розкладання логічних функцій за k змінними. Кон'юнктивне розкладання логічних функцій за однією змінною. Кон'юнктивне розкладання логічних функцій за всіма змінними. Елементарна диз'юнкція. Кон'юнктивна нормальна форма булевої функції. Конституента нуля. Досконала кон'юнктивна нормальна форма. Алгоритм переходу від таблиці істинності до ДДНФ. Алгоритм переходу від таблиці істинності до ДКНФ. Алгоритм переходу від довільної формули алгебри логіки до ДДНФ. Алгоритм переходу від довільної формули алгебри логіки до ДКНФ.

Тема 5. Логіка дослідження булевих функцій. Дослідження на двоїстість. Самодвоїсті функції. Дослідження на збереження нуля та одиниці. Дослідження на монотонність. Дослідження на лінійність. Дослідження на замкнутість класів булевих функцій і їх повноту. Критерій Поста. Функціональна повнота в слабкому розумінні.

Тема 6. Логіка мінімізації булевих функцій. Імпліканта та проста імпліканта. Скорочена ДНФ. Тупикова ДНФ. Мінімальна ДНФ. Операції склеювання та поглинання. Імпліцента та проста імпліцента. Скорочена КНФ. Тупикова КНФ. Мінімальна КНФ. Мінтерми та макстерми. Метод Вейча. Карти Карно. Метод Квайна. Метод Мак-Класкі. Метод невизначених коефіцієнтів. Метод Блейка-Порецького. Метод Нельсона. Мінімізація функцій в базисах I-НІ та АБО-НІ. Мінімізація неповністю визначених функцій. Мінімізація систем булевих функцій. Сучасні методи мінімізації.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ.

Тема 7. Логіка часових і рекурентних булевих функцій. Логіка часових булевих функцій. Досконала диз'юнктивна нормальна форма часової булевої функції. Досконала кон'юнктивна нормальна форма часової булевої функції. Мінімізація часових булевих функцій. Періодичність часової булевої функції. Логіка рекурентних булевих функцій. Рекурентна булева функція першого виду. Рекурентна булева функція другого виду. Вироджена рекурентна булева функція першого виду. Вироджена рекурентна булева функція другого виду. Застосування часових та рекурентних булевих функцій.

Тема 8. Порогова та мажоритарна логіка. Порогова логіка та пороговий елемент. Структура порогового елементу. Синтез порогового елементу. Синтез мережі порогових елементів. Мажоритарна логіка. Мажоритарні елементи з завданими порогом та входами. Двоїстість та самодвоїстість. Суперпозиція самодвоїстих функцій. Симетричні функції алгебри логіки. Елементарні перетворення та реалізація мажоритарних елементів. Евристичний метод знаходження оптимально-го порядку виключення змінних. Застосування мажоритарних елементів.

Тема 9. k-значна логіка. Основні визначення. Елементарні k-значні логічні функції. Повні системи функцій k-значної логіки. Перша універсальна форма розкладання k-значної булевої функції. k-значна диз'юнктивна досконала нормальна форма. Друга універсальна форма розкладання k-значної булевої функції. k-значна кон'юнктивна досконала нормальна форма. Функція Вебба. Третя універсальна форма розкладання k-значної булевої функції. Мала теорема Ферма. k-значна диз'юнктивна досконала нормальна форма.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. ЛОГІКА НЕЧІТКИХ СИСТЕМ ТА АВТОМАТІВ.

Тема 10. Нечітка логіка. Основні визначення. Основні характеристики логіки нечітких множин. Операції над нечіткими множинами. Основні логічні закони з нечіткими множинами. Основні логічні операції з нечіткими висловлюваннями. Інтерпретація логічних схем у нечіткій логіці. Поняття нечіткої та лінгвістичної змінної. Нечіткі вислови. Приклади застосування нечіткої логіки.

Тема 11. Логіка цифрових автоматів. Основні визначення. Автомати Мілі та Мура. С-автомати. способи завдання автоматів. Перетворення автоматів Мура в автомати Мілі. Перетворення автоматів Мілі в автомати Мура. Канонічний та графічний методи структурного синтезу автоматів. Реалізація перемикальних функцій. Алгебри та мінімізація перемикальних функцій Синтез керуючих цифрових автоматів.

Тема 12. Логіка штучного інтелекту та машинного навчання. Задачі класифікації, прогнозування і прийняття рішень. Принципи логічного виведення: використання предикатів, правил та логічних операцій для побудови систем судження. Логічні методи формалізації структурованого навчання. Логічні методи навчання з використанням знань та гіпотез. Логічні методи експертних систем. Ймовірнісна реляційна логіка в задачі обробки невизначеності. Нечітка логіка обробки розмитих даних.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ЛОГІКА ПОБУДОВИ ЛОГІЧНИХ СХЕМ.

Тема 13. Логіка комбінаційних і типових схем з пам'яттю. Логіка побудови дешифраторів та шифраторів. Логіка побудови мультиплексорів та демультимплексорів. Логіка побудови суматорів. Логіка побудови компараторів. Логіка побудови RS-тригерів. Логіка побудови D-тригерів. Логіка побудови T-тригерів. Логіка побудови JK-тригерів. Логіка побудови лічильників. Логіка побудови регістрів.

Тема 14. Логіка програмованих схем і матриць. Призначення і напрями застосування. Базова структура програмованих логічних матриць. Схемотехніка застосування програмованих логічних матриць. Функціональні різновиди програмованих логічних матриць. Основні визначення. Функціональні різновиди програмованих логічних матриць. Програмовані логічні матриці з поділом кон'юнкторів. Програмовані логічні матриці серії K1556. Програмовані логічні матриці серії PAL і PLD. Основні поняття і визначення. Класифікація базових матричних кристалів. Параметри базових матричних кристалів.

Тема 15. Логіка надвеликих інтегральних схем і комп'ютерних систем. Основні визначення. Класифікація надвеликих інтегральних схем програмованої логіки. Програмовані користувачем вентильні матриці. Програмована логіка типу «Система на кристалі». Одновихідні комбінаційні схеми на логічних елементах. Одновихідні комбінаційні схеми на мультиплексорах. Багатовихідні комбінаційні схеми на логічних елементах. Багатовихідні комбінаційні схеми на дешифраторах. Часові логічні схеми. Рекурентні логічні схеми другого роду. Схеми із застосуванням теорії автоматів і логічних елементів. Схеми із застосуванням теорії автоматів і програмованих логічних матриць.

Перелік рекомендованої літератури

Основна

1. Пасічник В.В. Комп'ютерна логіка / Пасічник В.В., Лупенко С.А., Тиш Є.В.. - Магнолія 2006 серія Комп'ютинг, 2021. - 354 с.
2. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка / Матвієнко М.П.. - Київ: Ліра-К, 2021. - 324 с.
3. Матвієнко М.П. Комп'ютерна схемотехніка / Матвієнко М.П., Розен В.П.. - Київ: Ліра-К, 2019. - 264 с.
4. Дичка І. А. Основи прикладної теорії цифрових автоматів. Підручник. Рекомендовано Вченою Радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями 121 «Інженерія програмного забезпечення», 123 «Комп'ютерна інженерія» / Дичка І. А., Тарасенко В. П., Онай М. В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, видавництво «Політехніка», 2019. – 508 с.
5. Лупенко С.А. Комп'ютерна логіка. Том 2 / Лупенко С.А.. - Магнолія 2006 Серія Комп'ютинг, 2021. - 360 с.
6. Лупенко С.А. Теоретичні основи моделювання та опрацювання циклічних сигналів в інформаційних систем / Лупенко С.А.. - Магнолія 2006 Серія: Комп'ютинг, 2021. - 344 с.
7. Кривуля Г.Ф. Схемотехніка / Кривуля Г.Ф., Рябенський В.М., Буряк В.С.. – Харків: Компанія СМІТ, 2007. – 250 с.

Додаткова література

8. Joseph Cavanagh ComputerArithmetic and Verilog HDL Fundamentals. – Santa Clara University, California, USA: CRC Press, 2010. – 952 p.
9. David Harris Digital Design and Computer Architecture 2nd Edition / David Harris, Sarah Harris. - Morgan Kaufmann, 2012. - 720 p.

10. Michael Huth Logic in Computer Science: Modelling and Reasoning about Systems 2nd Edition / Michael Huth. - Cambridge University Press, 2004. - 442 p.
11. David A. Patterson Computer Organization and Design MIPS Edition: The Hardware/Software Interface (The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design) 5th Edition / David A. Patterson, John L. Hennessy. - Morgan Kaufmann, 2013. - 800 p.
12. Randal Bryant Computer Systems: A Programmer's Perspective 3rd Edition / Randal Bryant, David O'Hallaron. - Pearson, 2015. - 1128 p.
13. Michael Sipser Introduction to the Theory of Computation 3rd Edition / Michael Sipser. - Cengage Learning, 2012. - 504 p.

ОЦІНЮВАННЯ

Методи поточного контролю: виконання завдань лабораторних робіт, контрольні роботи, розрахункова робота.

Форми і методи підсумкового контролю: залік

| Поточний та періодичний контроль | | | | | | | | | | | | | | | Підсумковий контроль (залік) | Сума балів | | |
|----------------------------------|----|----|---------------------|----|----|---------------------|----|----|---------------------|-----|-----|---------------------|-----|-----|------------------------------|------------|--|--|
| Змістовий модуль №1 | | | Змістовий модуль №2 | | | Змістовий модуль №3 | | | Змістовий модуль №4 | | | Змістовий модуль №5 | | | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 | T15 | 20 | 100 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| ЛР за модулем 1 | | | ЛР за модулем 2 | | | ЛР за модулем 3 | | | ЛР за модулем 4 | | | ЛР за модулем 5 | | | | | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | 6 | 6 | 6 | | | | |
| ПЗ за модулем 1 | | | ПЗ за модулем 2 | | | ПЗ за модулем 3 | | | ПЗ за модулем 4 | | | ПЗ за модулем 5 | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | | | |

ФОРМУВАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ

| Види навчальної роботи | Кількість балів за 1 заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів (max) | РГР | Кількість балів за 1 заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів (max) | РГР | Кількість балів за 1 заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів (max) | РГР | |
|------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|-----|---|----------------------------|-------------------------------|-----|---|----------------------------|-------------------------------|-----|---|
| | Змістовий модуль 1 | | | | Змістовий модуль 2 | | | | Змістовий модуль 3 | | | | |
| Лабораторні роботи | 4 | 3 | 12 | 3 | 4 | 3 | 12 | 3 | 4 | 2 | 8 | 3 | |
| Практичні заняття | 1 | 3 | 3 | | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 3 | |
| Разом | | | 15 | | 3 | | | 16 | 3 | | | 11 | 3 |
| | Змістовий модуль 4 | | | | Змістовий модуль 5 | | | | | | | | |
| Лабораторні роботи | | | | 3 | 6 | 3 | 18 | 3 | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-----|---|---|---|---|---|----|---|
| Практичні заняття | 1 | 2 | 2 | | 1 | 3 | 3 | |
| Разом | | | 2 | 3 | | | 21 | 3 |
| Залік | 20 | | | | | | | |
| Підсумкова сума балів | 100 | | | | | | | |

Самостійна робота студентів.

Самостійна робота представлена у формі підготовки до лекцій та лабораторних занять та індивідуальне самостійне завдання. Підготовка до лекцій перевіряється з використанням тестових завдань. Звіт з лабораторної роботи студенти здають у письмовій формі на протязі 7 днів у Google Class. Кожна лабораторна робота оцінюється в 1 бал.

ПОЛІТИКА КУРСУ

Викладання дисципліни відбувається відповідно до Положення про організацію освітнього процесу в Одеському національному університеті імені І.І. Мечникова.

Політика щодо дедлайнів та перескладання: роботи мають здаватися вчасно. Деякі види робіт можуть здаватися із порушенням термінів з поважних причин. Перескладання модулів відбувається за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає дії відповідно до Положення про запобігання та виявлення академічного плагіату у освітній та науково-дослідній роботі учасників освітнього процесу та науковців Одеського національного університету імені І.І. Мечникова.

Політика щодо відвідування: відвідування лабораторних занять є обов'язковим та без запізнь. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування, карантин тощо) навчання може відбуватись в онлайн формі (змішана форма навчання) на платформі із використанням інструментів Google WorkSpace та Classroom.

Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час онлайн тестування та підготовки практичних завдань у процесі заняття.

Поведінка в аудиторії повинна відповідати загальним вимогам ділової та наукової етики: неприпустимо під час відповідей на занятті користуватися мобільними телефонами, порушувати дисципліну розмовами або в будь-який інший спосіб.