

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

С.А. Лупенко

КОМП'ЮТЕРНА ЛОГІКА

Том 1

Підручник

*Рекомендовано науково-методичною радою
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*

Видавництво “Магнолія - 2006”

Львів 2024

УДК 004.032.24+004.272+004.75
ББК 32.973.202
Л869

Відтворення цієї книги або будь-якої її частини заборонено без письмової згоди видавництва. Будь-які спроби порушення авторських прав будуть переслідуватися у судовому порядку.

Рецензенти:

Власюк А.П. – д.т.н., проф. (Національний університет «Острозька академія»);
Березький О.М. – д.т.н., проф. (Тернопільський національний економічний університет);
Соколовський Я.І. – д.т.н., проф. (Національний лісотехнічний університет України).

Рекомендовано науково-методичною радою
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя
(Протокол № 5 від 20 квітня 2017 року)

Л869 Лупенко С.А.

Комп'ютерна логіка: підручник: у 2 т. / С.А. Лупенко. – Львів : Видавництво «Магнолія – 2006», 2024. – Т.1. – 346 с.

Даний підручник присвячено концептуальним, формально-математичним та інженерно-технічним основам архітектурної, функціональної та проектної комп'ютерних логік. Основний акцент у підручнику зроблено на висвітленні формально-логічних моделей, методів та алгоритмів організації та функціонування класичних цифрових комп'ютерних систем. Зокрема, розглянуто арифметичні та логічні основи цифрових комп'ютерних систем, основи теорії абстрактних дискретних автоматів, методи аналізу та синтезу комбінаційних цифрових схем у різних елементарних логічних базисах. Розглянуто методи структурного синтезу цифрових автоматів із пам'яттю та методи синтезу операційних та керуючих автоматів із жорсткою та програмованою логіками. Окремі розділи підручника присвячено традиційній логіці з елементами математичної формалізації та високорівневій логіці інформаційних інтелектуалізованих систем, які засновані на знаннях.

Підручник адресовано студентам та аспірантам вищих навчальних закладів, зокрема тим, які навчаються за напрямками «Комп'ютерна інженерія», «Програмна інженерія» та «Комп'ютерні науки».

ISBN 978-617-574-132-0

© Лупенко С.А., 2024

© «Магнолія 2006», 2024

ЗМІСТ

Передмова наукового редактора серії підручників та навчальних посібників «КОМП'ЮТИНГ».....	12
Вступне слово автора. Обґрунтування та окреслення предметної області навчальної дисципліни «Комп'ютерна логіка» та пороздільна анотація підручника.....	18
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТІЙНІ СКЛАДОВІ, ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ФОРМАЛЬНІ СТРУКТУРИ ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «КОМП'ЮТЕРНА ЛОГІКА».....	22
1.1. Поняття «Логіка». Класифікації логік. Логіка як наука в історичному розрізі.....	22
1.1.1. Поняття «Логіка».....	22
1.1.2. Класифікація логік.....	27
1.1.2.1. Архітектурна, функціональна та еволюційна логіки.....	27
1.1.2.2. Суб'єктна та об'єктна логіки. Класифікація логік за ознакою «вид системи».....	27
1.1.2.3. Класифікація логік за ієрархічним рівнем організації системи.....	31
1.1.2.4. Класифікація логік за їх формою опису.....	32
1.1.3. Логіка як наука в історичному розрізі.....	32
1.1.3.1. Традиційний та сучасний етапи розвитку логіки.....	32
1.1.3.2. Традиційна логіка: формальна та діалектична логіки.....	32
1.1.3.3. Сучасна математична логіка. Класична та неklasична математичні логіки.....	34
1.2. Поняття «Комп'ютерна логіка». Комп'ютер як інформаційна система. Класифікація комп'ютерних логік.....	35
1.3 Формальні мови як засоби опису логік комп'ютерних систем.....	51
1.3.1. Синтаксичний та семантичний аспекти інформації.....	51
1.3.2. Природна та штучна мови як засоби подання інформації.....	52
1.3.3. Процедури формалізації та інтерпретації знань.....	53
1.3.4. Елементи теорії формальних мов.....	54
1.3.5. Метода та засоби формального подання інформації в комп'ютерних системах.....	55
1.4. Фундаментальні формальні структури комп'ютерної логіки.....	58
1.4.1. Алгебраїчні системи.....	58
1.4.1.1. Означення алгебраїчної системи та її видів.....	58
1.4.1.2. Декартовий добуток множин. Алгебраїчні операції на множинах.....	59
1.4.1.3. Відношення на множинах.....	61
1.4.1.4. Типові алгебраїчні структури (алгебри).....	65
1.4.2. Формальні аксіоматичні системи.....	70
1.4.2.1. Означення формальної аксіоматичної системи.....	70

1.4.2.2. Формальна граматики як формальна аксіоматична система.....	76
1.5. Поняття «Автомат». Моделювання автоматів. Класифікації автоматів. Застосування теорії автоматів.....	78
1.5.1. Автомат як технічний засіб, що реалізує логіку комп'ютерної системи. Абстрактна та структурна теорії автоматів.....	78
1.5.2. Основи математичного моделювання автоматів на основі концепції «чорної скриньки» та концепції опису систем у просторі змінних стану.....	79
1.5.3. Класифікації автоматів.....	83
1.5.4. Концепція втілення формальної системи як математичної моделі комп'ютерної логіки в автоматному середовищі.....	88
1.5.5. Про взаємозв'язок між теорією формальних мов, формальних грамастик та теорією автоматів.....	90
1.5.6. Застосування теорії автоматів.....	91
1.6. Поняття алгоритму як фундаментальне поняття комп'ютерної логіки.....	93
1.7. Ієрархічний принцип організації комп'ютерних систем та ієрархія комп'ютерних логік.....	95
1.8. Комп'ютерна логіка як навчальна дисципліна.....	100
Основні підсумки розділу.....	101
Контрольні запитання.....	107

РОЗДІЛ 2. АРИФМЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОДАННЯ ЧИСЕЛ У ЦИФРОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ.....	109
2.1. Поняття «Система числення». Класифікація систем числення.....	109
2.2. Позиційні системи числення.....	111
2.3. Переведення чисел з однієї системи числення в іншу.....	114
2.3.1. Переведення цілих чисел з однієї позиційної системи числення в іншу.....	115
2.3.2. Переведення правильних дробів.....	116
2.3.3. Переведення неправильних дробів.....	118
2.4. Двійкова система числення.....	118
2.5. Двійкова система числення з цифрами 1, $\bar{1}$	119
2.6. Шістнадцяткова та вісімкова системи числення.....	121
2.7. Вибір системи числення для подання даних у цифрових комп'ютерних системах.....	123
2.8. Форми подання чисел у цифрових комп'ютерних системах.....	125
2.8.1. Поняття «Форма подання числа» та «Машинне зображення числа».....	125
2.8.2. Форма подання двійкових чисел з фіксованою комою.....	125
2.8.3. Подання від'ємних чисел у формі з фіксованою комою.....	127
2.8.4. Форма подання чисел з плаваючою комою.....	128

2.9. Похибки подання чисел.....	130
Основні підсумки розділу.....	131
Контрольні запитання та завдання.....	132

РОЗДІЛ 3. АРИФМЕТИЧНІ ОПЕРАЦІЇ З ДВІЙКОВИМИ ТА ДЕСЯТКОВИМИ ЧИСЛАМИ У ЦИФРОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ..... 134

3.1. Виконання арифметичних операцій над двійковими числами.....	134
3.1.1. Формальні правила двійкової арифметики.....	134
3.1.2. Додавання двійкових чисел.....	136
3.1.2.1. Додавання чисел, поданих у формі з фіксованою комою.....	136
3.1.2.2. Переповнення розрядної сітки.....	138
3.1.2.3. Додавання чисел, які подано у формі з плаваючою комою.....	139
3.1.3. Множення двійкових чисел.....	144
3.1.3.1. Множення чисел, які подано у формі з фіксованою комою, на двійковому суматорі прямого коду.....	146
3.1.3.2. Множення чисел, які подано у формі з фіксованою комою, на двійковому суматорі додаткового коду.....	146
3.1.3.3. Множення чисел на двійковому суматорі зворотного коду.....	147
3.1.3.4. Множення чисел, які подано у формі з плаваючою комою.....	147
3.1.4. Ділення двійкових чисел.....	148
3.1.4.1. Ділення двійкових чисел, які подано у формі з фіксованою комою.....	148
3.1.4.2. Ділення двійкових чисел, які подано у формі з фіксованою комою на суматорах додаткового коду.....	150
3.1.4.3. Особливості ділення чисел, які подано у формі з плаваючою комою.....	151
3.2. Виконання арифметичних операцій над десятковими числами.....	151
3.2.1. Подання десяткових чисел в Д-кодах.....	151
3.2.2. Формальні правила порозрядного додавання десяткових чисел в Д-кодах.....	153
3.2.3. Подання від'ємних чисел у Д-кодах.....	156
3.2.4. Множення чисел у Д-кодах.....	157
3.2.5. Ділення чисел у Д-кодах.....	157
3.2.6. Переведення двійкових чисел у Д-коди та навпаки.....	158
Основні підсумки розділу.....	159
Контрольні запитання та завдання.....	160

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ТРАДИЦІЙНОЇ ЛОГІКИ З ЕЛЕМЕНТАМИ МАТЕМАТИЧНОЇ ФОРМАЛІЗАЦІЇ..... 162

4.1. Традиційна логіка як наука про мислення.....	162
---	-----

4.2. Види та форми пізнання.....	162
4.2.1. Чуттєве пізнання.....	162
4.2.2. Раціональне пізнання. Форми мислення.....	164
4.3. Логіка понять.....	165
4.3.1. Поняття як найпростіша форма мислення. Обсяг та зміст поняття.....	165
4.3.2. Класифікація понять.....	167
4.3.3. Відношення між поняттями.....	170
4.3.4. Операції над поняттями.....	175
4.3.4.1. Операція обмеження поняття.....	175
4.3.4.2. Операція узагальнення поняття.....	176
4.3.4.3. Операція додавання понять.....	178
4.3.4.4. Операція перетину (множення) понять.....	179
4.3.4.5. Операція віднімання понять.....	179
4.3.4.6. Операція заперечення поняття.....	180
4.3.4.7. Операція поділу поняття.....	180
4.3.4.8. Класифікація як багатоступінчатий поділ поняття.....	182
4.3.4.9. Операція означення поняття.....	183
4.4. Логіка суджень.....	184
4.4.1. Судження як динамічна форма мислення. Судження та висловлювання.....	184
4.4.2. Класифікації суджень.....	185
4.4.3. Логічний квадрат.....	191
4.4.4. Основні логічні закони.....	194
4.5. Логіка умовиводів.....	195
4.5.1. Поняття «Умовивід». Формалізація умовиводів. Види умовиводів.....	195
4.5.2. Безпосередні умовиводи.....	197
4.5.3. Опосередковані дедуктивні умовиводи.....	199
4.5.3.1. Простий категоричний силогізм.....	199
4.5.3.2. Розділові опосередковані дедуктивні умовиводи.....	205
4.5.3.3. Умовні опосередковані дедуктивні умовиводи.....	206
4.5.4. Індуктивні умовиводи.....	210
4.5.5. Аналогія як різновид традуктивного умовиводу.....	212
4.6. Теорія як найрозвинутіша форма знань. Типи теорій.....	213
Основні підсумки розділу.....	216
Контрольні запитання.....	222
РОЗДІЛ 5. МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ НИЗЬКОРІВНЕНОЇ ЛОГІКИ ЦИФРОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ.....	224
5.1. Логіка висловлювань як основа математичної логіки.....	224
5.1.1. Висловлювання та його математична формалізація.....	224

5.1.2. Логічні операції над висловлюваннями. Алгебра висловлювань	226
5.1.3. Логіка висловлювань як формальна аксіоматична система	230
5.2. Елементи алгебри логіки	239
5.3. Аналітичне подання логічних функцій	246
5.3.1. Канонічні форми подання логічних функцій	246
5.3.2. Перехід від табличної форми задавання логічних функцій до їх аналітичних форм записування	253
5.3.3. Алгоритм переходу від довільних формул алгебри логіки до ДДНФ та ДКНФ	254
5.4. Алгебра Жегалкіна	255
5.4.1. Аксіоми алгебри Жегалкіна	255
5.4.2. Поліном Жегалкіна	257
5.5. Алгебри Шеффера та Пірса	260
5.6. Лінійні булеві функції	264
5.7. Часові булеві функції	265
5.8. Повнота та замкненість булевих функцій	266
5.8.1. Функціонально повні системи	266
5.8.2. Замкнені класи	267
5.8.3. Критерій функціональної повноти системи булевих функцій	272
5.8.4. Послаблена функціональна повнота	274
5.8.5. Передповні класи	274
5.9. Мінімізація функцій перемикання	276
5.9.1. Основні поняття	276
5.9.2. Графічний метод мінімізації функцій	277
5.9.2.1. Карти Карно	278
5.9.2.2. Діаграми Вейча	282
5.9.3. Метод мінімізації Квайна	285
5.9.4. Метод мінімізації Квайна–Мак-Класкі	287
5.9.5. Метод невизначених коефіцієнтів	292
5.9.6. Метод Блейка-Порецького	294
5.9.7. Метод Нельсона	295
5.9.8. Метод істотних змінних	296
5.9.9. Мінімізація кон'юнктивних нормальних форм	298
5.9.10. Мінімізація частково визначених функцій	301
5.9.11. Мінімізація логічних функцій в алгебрі Жегалкіна	303
5.9.12. Мінімізація в алгебрах Шеффера та Пірса	306
5.9.13. Мінімізація систем логічних функцій	309
Основні підсумки розділу	309
Контрольні запитання та завдання	312

РОЗДІЛ 6. ОСНОВИ ТЕОРІЇ АБСТРАКТНИХ ДИСКРЕТНИХ АВТОМАТІВ.....	318
6.1. Абстрактний дискретний автомат як модель функціонування цифрових автоматів класичного цифрового комп'ютингу.....	318
6.2. Автомати Мілі та Мура. C –автомат.....	319
6.3. Зв'язок між автоматами Мілі та Мура.....	324
6.4. Мінімізація кількості внутрішніх станів абстрактних дискретних автоматів ..	328
6.4.1. Мінімізація кількості внутрішніх станів повністю визначених автоматів.....	328
6.4.2. Мінімізація кількості внутрішніх станів частково визначених автоматів.....	330
6.5. Декомпозиція абстрактних автоматів.....	336
Основні підсумки розділу.....	342
Контрольні запитання та завдання.....	344

С.А. Лупенко

КОМП'ЮТЕРНА ЛОГІКА

Том 1

ПІДРУЧНИК

Керівник видавничого проекту – *В.М. Піча*

Формат 70×100/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman

Умовн. друк. арк. 28,11.

ПП «Магнолія 2006»

м. Львів-53, 79053, Україна, тел.+380503701957

e-mail: magnol06@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції: серія ДК № 2534 від 21.06.2006 року,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавництва «Магнолія 2006»