

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**С.А. Лупенко**

# **КОМП'ЮТЕРНА ЛОГІКА**

**Том 2**

**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.2.– 312 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» .....	7
Вступне слово автора. Обґрунтування та окреслення предметної області навчальної дисципліни «Комп'ютерна логіка» та пороздільна анотація підручника .....	13
<b>РОЗДІЛ 7. МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ КОМБІНАЦІЙНИХ СХЕМ. ТИПОВІ КОМБІНАЦІЙНІ СХЕМИ ТА АВТОМАТИ ІЗ ПАМ'ЯТТЮ В ЦИФРОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ</b> .....	17
7.1. Поняття комбінаційної схеми.....	17
7.2. Логічні елементи.....	18
7.3. Характеристики комбінаційних схем.....	20
7.4. Канонічний метод синтезу комбінаційних схем.....	22
7.5 Синтез комбінаційних схем з урахуванням обмежень на коефіцієнти розгалуження та об'єднання за виходом.....	23
7.5.1 Синтез комбінаційних схем з урахуванням обмежень на $K_{роз}$ .....	23
7.5.2. Синтез комбінаційних схем з урахуванням обмеження на $K_{об}$ .....	24
7.6. Методи аналізу комбінаційних схем.....	26
7.6.1. Аналіз комбінаційних схем методом $\pi$ –алгоритму.....	26
7.6.2. Аналіз комбінаційних схем методом синхронного моделювання.....	30
7.6.3. Аналіз комбінаційних схем методом асинхронного моделювання.....	31
7.6.3.1. Статичний ризик збою.....	31
7.6.3.2. Динамічний ризик збою.....	35
7.7. Типові комбінаційні схеми.....	37
7.7.1. Суматори.....	37
7.7.2. Дешифратори та шифратори.....	41
7.7.3. Мультиплексори та демультіплексори.....	47
7.7.4. Кодоперетворювачі.....	53
7.7.5. Пристрої порівняння.....	55
7.7.6. Арифметико-логічний пристрій.....	55
7.7.7. Матричні помножувачі.....	58

7.7.8. Лінійні комбінаційні схеми.....	59
7.8. Тригери.....	63
7.8.1. RS-тригер.....	65
7.8.1.1. Асинхронний RS-тригер.....	65
7.8.1.2. Синхронний RS-тригер.....	68
7.8.2. D-тригер.....	70
7.8.3. T-тригер.....	72
7.8.4. JK-тригер.....	73
7.9. Регістри та лічильники.....	75
7.10. Програмовані логічні матриці.....	82
Основні підсумки розділу.....	88
Контрольні запитання та завдання.....	88
<b>РОЗДІЛ 8. СТРУКТУРНИЙ СИНТЕЗ ЦИФРОВИХ АВТОМАТІВ.....</b>	<b>92</b>
8.1. Основна задача теорії структурного синтезу цифрових автоматів.....	92
8.2. Теорема про структурну повноту.....	94
8.3. Синтез структурної схеми автомата.....	96
8.4. Синхронізація в цифрових автоматах.....	97
8.5. Канонічний метод структурного синтезу цифрових автоматів.....	100
8.6. Кодування внутрішніх станів автомата та гонки в автоматах.....	117
8.7. Кодування станів та складність комбінаційної схеми автомата.....	121
8.7.1. Алгоритм кодування абстрактних автоматів, побудованих на D-тригерах.....	121
8.7.2. Евристичний алгоритм кодування внутрішніх станів абстрактних автоматів.....	122
8.7.3. Сусіднє кодування логічно суміжних станів абстрактних автоматів.....	129
Основні підсумки розділу.....	131
Контрольні запитання та завдання.....	132
<b>РОЗДІЛ 9. МІКРОПРОГРАМНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ.....</b>	<b>136</b>
9.1. Принцип мікропрограмного керування. Концепція операційного та керуючого автомата.....	136
9.2. Методи опису алгоритмів та мікропрограм.....	138
9.2.1. Граф-схема алгоритму.....	138
9.2.2. Змістовна граф-схема алгоритму.....	141
9.2.3. Логічна схема алгоритму.....	142
9.2.4. Формули переходу.....	148
9.2.5. Матричні схеми алгоритмів.....	149
9.3. Операційні автомати.....	150
9.3.1. Структурна організація операційних автоматів.....	150

9.3.2. Характеристики операційних автоматів.....	155
9.3.3. Структурна організація та синтез І-автоматів.....	157
9.3.4. Структурна організація та синтез М-автоматів.....	158
9.3.5. Структурна організація та синтез ІМ-автоматів.....	161
9.3.6. Операційний S-автомат.....	164
9.3.7. Синтез операційних автоматів.....	166
9.4. Керуючий автомат.....	168
9.4.1. Синтез керуючого автомата з жорсткою логікою за граф-схемою алгоритму.....	168
9.4.2. Структурний синтез мікропрограмних автоматів з жорсткою логікою.....	171
9.4.2.1. Структурний синтез автомата Мілі.....	172
9.4.2.2. Структурний синтез автомата Мура.....	174
9.4.2.3. Синтез керуючого автомата Мура на базі реєстра зсуву.....	176
9.4.3. Керуючий автомат з програмованою логікою.....	180
9.4.3.1. Принципи організації керуючих автоматів з програмованою логікою.....	180
9.4.3.2. Адресація мікрокоманд.....	181
9.4.3.3. Кодування мікрооперацій.....	185
9.4.3.4. Синтез керуючого автомата з програмованою логікою.....	187
Основні підсумки розділу.....	193
Контрольні запитання та завдання.....	194

<b>РОЗДІЛ 10. ЕЛЕМЕНТИ ВИСОКОРІВНЕВОЇ ЛОГІКИ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ, ЩО ЗАСНОВАНІ НА ЗНАННЯХ</b> .....	<b>196</b>
10.1. Роль моделей представлення знань як основи високорівневої логіки інтелектуалізованих інформаційних систем, що засновані на знаннях.....	196
10.2. Логічна модель представлення знань. Логіка предикатів.....	198
10.2.1. Означення та властивості предикатів.....	198
10.2.2. Логічні операції над предикатами. Алгебра предикатів.....	200
10.2.3. Логіка предикатів як формальна аксіоматична система.....	207
10.3. Продукційна модель представлення знань.....	210
10.4. Семантична мережа як модель представлення знань.....	212
10.5. Фреймова модель представлення знань.....	213
10.6. Онтології та дескриптивні логіки.....	217
10.6.1. Онтології та онтоорієнтовані інформаційні інтелектуалізовані системи.....	217
10.6.2. Дескриптивні логіки.....	220
10.6.3. Мова опису та середовище розробки онтологій.....	227

10.7. Аксиоматико-дедуктивна стратегія організації знань із використанням онтологічного підходу на прикладі формування контенту навчальної дисципліни.....	229
10.7.1. Концептуальні основи аксиоматико-дедуктивної стратегії організації знань.....	229
10.7.2. Формалізовані об'єкти та структури аксиоматико-дедуктивної підстратегії організації термінологічно-понятійного апарату власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни.....	242
10.7.2.1. Термінологічно-понятійний апарат власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни у вербальній формі.....	242
10.7.2.2. Термінологічно-понятійний апарат власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни як формальна аксіоматична система.....	244
10.7.2.3. Термінологічно-понятійний апарат власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни у машинно-інтерпретовній формі.....	245
10.7.3. Формалізовані об'єкти та структури аксиоматико-дедуктивної підстратегії організації сукупності тверджень власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни.....	247
10.7.3.1. Сукупність тверджень власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни у вербальній формі.....	247
10.7.3.2. Сукупність тверджень власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни як формальна аксіоматична система.....	248
10.7.3.3. Сукупність тверджень власного абстрактного логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни у машинно-інтерпретовній формі.....	249
10.7.4. Приклад реалізації елементів аксиоматико-дедуктивної стратегії організації логіко-семантичного ядра змістовного простору навчальної дисципліни «Комп'ютерна логіка» у середовищі Protégé з використанням мови опису онтологій OWL.....	252
Основні підсумки розділу.....	277
Контрольні запитання.....	280
ОЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ І ТЕРМІНІВ.....	282
ВИКОРИСТАНІ ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА.....	308

**С.А. Лупенко**

# **КОМП'ЮТЕРНА ЛОГІКА**

**Том 2**

## **ПІДРУЧНИК**

Керівник видавничого проекту – *В.М. Піча*

Формат 70×100/16. Папір офсетний.  
арнітура Times New Roman  
Умовн. друк. арк. 25,27.

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»