

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА ЮРИДИЧНА АКАДЕМІЯ»

**О. В. Задерейко, О. Г. Трофименко, Н. І. Логінова,
П. О. Чикунов, О. М. Грезіна, В. І. Гура**

**КОМП'ЮТЕРНА
СХЕМОТЕХНІКА
ТА
АРХІТЕКТУРА
КОМП'ЮТЕРІВ**

Навчальний посібник

*Для підготовки здобувачів вищої освіти
галузі знань 12 «Інформаційні технології»*

Одеса
Фенікс
2024

*Рекомендовано вченою радою
Національного університету «Одеська юридична академія»
(протокол № 8 від 15 червня 2024 р.)*

Р е ц е н з е н т и:

Положаєнко С. А. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих систем керування Національного університету «Одеська Політехніка»;

Щербакова Г. Ю. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних систем Національного університету «Одеська Політехніка».

Задерейко О. В.

З 15 **Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів** : навч. посіб. 3-тє вид. перероб. і доп. [Електронне видання] / О. В. Задерейко, Н. І. Логінова, О. Г. Трофименко, В. І. Гура, П. О. Чикунів, О. М. Грезіна ; Нац. ун-т «Одес. юрид. академія». – Одеса : Фенікс, 2024. – 251 с. – Режим доступу: <https://hdl.handle.net/11300/27830>

ISBN 978-617-8430-12-2

Розглянуто основні принципи схематичної побудови основних вузлів персонального комп'ютера, що формують багаторівневу структурну організацію комп'ютерних систем.

Призначено для підготовки до лекційних занять і практичних робіт, які виконуються в рамках навчальної дисципліни, присвяченої вивченню фундаментальних основ комп'ютерної схемотехніки та архітектури комп'ютерів майбутніми ІТ-спеціалістами.

Матеріал викладено в рамках навчальної дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів», присвяченої вивченню фундаментальних основ функціонування і синтезу комп'ютерної техніки.

УДК 004.3:004.31

ISBN 978-617-8430-12-2

© О. В. Задерейко, Н. І. Логінова, О. Г. Трофименко,
П. О. Чикунів, В. І. Гура, О. М. Грезіна, 2024

ПЕРЕДМОВА

У навчальному посібнику подано базовий теоретичний матеріал з основ функціонування комп'ютерних обчислювальних систем, який сприятиме оволодінню дисципліною «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів», що вивчається здобувачами вищої освіти за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» галузі знань 12 «Інформаційні технології». Вона разом з іншими складають теоретично-практичну основу сукупності компетентностей, що формують профіль фахівця в галузі інформаційних технологій.

Актуальність поданого матеріалу обумовлена об'єктивною необхідністю успішного засвоєння майбутніми ІТ-фахівцями принципів функціонування комп'ютерної техніки та принципів оброблення цифрової інформації, формування навичок з цифрового моделювання, вміння використовувати здобуті знання для аналізу і синтезу схем комп'ютерів (електронних обчислювальних машин) і засобів їхньої технічної реалізації.

Предметом вивчення поданого матеріалу є сучасні алгоритми функціонування комп'ютерних пристроїв, а також методи їх цифрового моделювання і проєктування та аналізу.

Основними завданнями вивчення матеріалу є оволодіння студентами апаратом математичної логіки, аналіз та синтез складових комп'ютерних пристроїв, комбінаційних і послідовних схем, які необхідні для моделювання реальних процесів у сучасних обчислювальних системах, удосконалення архітектури комп'ютерів, якісного підвищення їхньої продуктивності та надійності, істотного зменшення масових та габаритних показників.

Підсумкові програмні результати навчання дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів» дозволяють студентам:

- аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки;
- знати методи опису функціональних вузлів цифрових пристроїв;
- володіти методиками проєктування і розрахунку функціональних вузлів цифрових пристроїв;
- аналізувати отримані результати цифрового моделювання цифрових пристроїв.

УВАГА!

Повна версія навчального посібника розташована
на сайті дистанційного навчання факультету
кібербезпеки та інформаційних технологій
Національного університету "Одеська юридична
академія"

за адресою: <https://cyber.onua.edu.ua>

З усіх питань стосовно повної версії навчального
посібника звертатися за адресою:
zadereyko@onua.edu.ua

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ТА РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Цифрова схемотехніка: підручник / Л.Л. Верьовкін, М.В. Світанко, Є.М. Кісельов, С.Л. Хрипко. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2016. 214 с.
2. Цифрова схемотехніка: навч. посіб. / М.Г. Лорія, П.Й. Єлісєєв, О.Б. Целіщев. Северодонецьк: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2016. 280 с.
3. Матвієнко М.П., Розен В.П. Комп'ютерна схемотехніка: навч. посіб. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 192 с.
4. Гололобов В. Н. Схемотехника с программой Multisim для любознательных. СПб.: Наука и техника, 2019. 272 с.
5. Дэвид М. Харрис, Сара Л. Харрис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. [2-е изд.] ДМК Пресс. 2018. 792 с.
6. Шустов М.А. Цифровая схемотехника. Основы построения. СПб.: Наука и Техника, 2018. 320 с.
7. Схемотехніка: пристрої цифрової електроніки: електронний підручник. / Рябенський В.М. Жуйков В.Я. Ямненко Ю.С. Заграничний А.В. Київ: НТУ «КПІ», 2016. 399 с.
8. Борисенко О.А. Цифрова схемотехніка: підручник. Суми: СумДУ, 2016. – 200 с.
9. Воробйова О.М. Основи схемотехніки: підручник / О.М. Воробйова, В.Д. Іванченко. [2-ге вид.] Одеса: Фенікс, 2009. С. 279–289.
10. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка: підручник. [2-е вид.] / За ред. А.Г. Соскова. – К.: Каравелла, 2009. – 416 с.
11. Воробйова О.М. Основи схемотехніки: навч. посіб. / О.М. Воробйова, В.Д. Іванченко. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. Ч.2. – 275 с.
12. Шкурко О.І, Процюк Р.О., Корнійчук В.І. Комп'ютерна схемотехніка в прикладах та задачах. К.: Корнійчук, 2003. 144 с.
13. Комп'ютерна схемотехніка: конспект лекцій / Уклад. Л.А. Матвійчук. Чернігів: ЧіБіП, 2017. 156 с.
14. Комп'ютерна схемотехніка: метод. вказівки до моделювання мікропроцесорних пристроїв при виконанні лабораторних робіт / О. М. Долголенко, В. І. Корнійчук, С. В. Аксьоненко. К.: НТУУ «КПІ», 2017. 17 с.
15. Методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни «Аналогова та цифрова схемотехніка» / Укл.: Іванов Ю.Д., Лозка Б.В, Галієв Р. Р. Одеса: ОНПУ, 2017. 24 с.
16. Коваленко А.Є. Комп'ютерна схемотехніка і архітектура комп'ютерів. Підготовка та оформлення курсових робіт: навч.-метод. посіб. [Електронне видання] К.: НТУУ «КПІ», 2016. 472 с.
17. Комп'ютерна схемотехніка: метод. вказівки до виконання лабораторних робіт / О.М. Долголенко, В.І. Корнійчук, О.О. Кучмій. К.: НТУУ «КПІ», 2017. 22 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
Розділ 1 ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ТЕХНІКИ.....	4
1.1 Загальні характеристики комп'ютерної техніки	4
1.1.1 Історія розвитку комп'ютерної техніки.....	4
1.1.2 Архітектура комп'ютерів	5
1.1.3 Принципи побудови комп'ютера. Архітектура Фон Неймана	8
1.1.4 Архітектура обчислювальних мікропроцесорних систем	10
1.1.5 Архітектура системи команд центрального процесора	12
1.1.6. Логічна організація мікропроцесора	16
1.1.7 Режими роботи центрального процесора	20
1.1.8 Принципи функціонування комп'ютерів	21
1.1.9 Основні характеристики комп'ютерів	22
1.1.10 Покоління комп'ютерів	24
Розділ 2 ОСНОВИ ЦИФРОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ	32
2.1 Основні поняття цифрової електроніки	32
2.1.1 Переваги цифрових пристроїв	32
2.1.2 Термінологія цифрової електроніки	32
2.1.3 Поняття про цифрові сигнали	33
2.1.4 Перетворення безперервних сигналів на дискретні.....	34
2.1.5 Теорема Котельникова	36
Розділ 3 МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ЦИФРОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ	37
3.1 Системи числення	37
3.1.1 Різновиди систем числення	37
3.1.2 Одиниці інформації	37
3.1.3 Основні позиційні системи числення	39
3.1.4 Переведення чисел з однієї системи числення до іншої	40
3.1.5 Арифметичні операції в різних системах числення	45
Контрольні запитання	46
Розділ 4 ЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ І МАТЕМАТИЧНІ ОПЕРАЦІЇ В ЦИФРОВІЙ ЕЛЕКТРОНІЦІ	48
4.1 Логічні функції та форми їх подання	48
4.2 Основні закони і співвідношення алгебри логіки.....	53
4.3 Мінімізація логічних функцій засобами законів алгебри логіки.....	55
4.3.1 Мінімізація логічних функцій.....	55
4.3.2 Безпосереднє перетворення логічних функцій	56
4.3.3 Мінімізація логічних функцій за допомогою карт Карно	57

4.4 Комбінаційні схеми і цифрові автомати	62
4.4.1 Поняття про комбінаційні схеми і цифрові автомати.....	62
4.4.2 Комбінаційні схеми	62
4.4.3 Цифрові автомати	63
Контрольні запитання	64

Розділ 5 ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ В КОМП'ЮТЕРІ

5.1 Перетворення аналогових сигналів у цифрові	66
5.1.1 Принципи перетворення аналогового сигналу у цифровий	66
5.1.2 Розрядність АЦП	66
5.1.3 Характеристики АЦП	67
5.1.4 Архітектура АЦП.....	70
5.1.5 Архітектура паралельного перетворення	71
5.1.6 Конвеєрна архітектура.....	72
5.1.7 Архітектура послідовного наближення	73
5.2 Перетворення цифрових сигналів в аналогові	74
5.2.1 Принципи перетворення цифрових сигналів в аналогові.....	74
5.2.2 Загальна характеристика цифро-аналогових перетворювачів	75
5.2.3 Схеми цифро-аналогових перетворювачів.....	75
5.2.4 Двійкові коди, використовувані в цифро-аналогових перетворювачах.	78
5.2.5 Помножувальні цифро-аналогові перетворювачі	79
5.2.6 Основні параметри і характеристики цифро-аналогових перетворювачів.....	80
Контрольні запитання	81

Розділ 6 ЕЛЕМЕНТИ, ВУЗЛИ І ПРИСТРОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

6.1 Технічні засоби комп'ютерної електроніки	83
6.2 Характеристики логічних елементів	87
6.3 Тригери.....	92
6.3.1 Визначення і призначення тригерів.....	92
6.3.2 Класифікація тригерів	94
6.3.3 Динамічні параметри тригерів	97
6.3.4 RS-тригери	97
6.3.5 Синхронні RS-тригери	100
6.3.6 Т-тригери.....	104
6.3.7 D-тригери	107
6.3.8 JK-тригери.....	112
6.4 Регістри	114
6.4.1 Загальна характеристика регістрів.....	114
6.4.2 Установчі мікрооперації. Однофазний і парафазний способи запису інформації	117
6.4.3 Запис інформації від двох джерел	118

6.4.4 Зчитування інформації	119
6.4.5 Логічні мікрооперації в регістрах	120
6.4.6 Мікрооперації зсуву	121
6.4.7 Перетворення послідовного коду на паралельний і навпаки	123
6.4.8 Розподільники тактів	123
6.5 Лічильники	125
6.5.1 Загальна характеристика лічильників	125
6.5.2 Підсумовуючі лічильники	127
6.5.3 Віднімальні лічильники	128
6.5.4 Реверсивні лічильники	128
6.5.5 Часові характеристики лічильників	130
6.5.6 Двійкові лічильники	130
6.6 Дешифратори	136
6.6.1 Загальна характеристика дешифраторів	136
6.6.2 Лінійні дешифратори на два входи і чотири виходи	140
6.6.3 Пірамідальні дешифратори	142
6.6.4 Прямокутні дешифратори	143
6.6.5 Каскадні дешифратори	144
6.6.6 Багатоступеневі дешифратори	144
6.7 Шифратори	146
6.7.1 Загальна характеристика шифратора	146
6.7.2 Пріоритетні шифратори	149
6.8 Мультиплексори	151
6.8.1 Загальна характеристика мультиплексорів	151
6.8.2 Каскадні мультиплексори	154
6.8.3 Реалізація логічних функцій мультиплексорами	155
6.8.4 Мультиплексування шин	156
6.9 Демультиплексори	157
6.9.1 Загальна характеристика демультиплексорів	157
6.9.2 Каскадування демультиплексорів	158
6.8.3 Демультиплексування шин	159
6.10 Суматори	160
6.10.1 Призначення суматорів	160
6.10.2 Напівсуматори	162
6.10.3 Повні суматори	163
6.10.4 Комбінаційні суматори	164
6.10.5 Послідовні суматори	165
6.10.6 Паралельні суматори	166
Розділ 7 ПАМ'ЯТЬ КОМП'ЮТЕРІВ	168
7.1 Загальна характеристика пам'яті	168
7.1.1 Функція пам'яті	168

7.1.2 Основні параметри пам'яті	169
7.1.3 Організація пам'яті у персональних комп'ютерах	170
7.1.4 Вхідні й вихідні сигнали мікросхеми пам'яті.....	172
7.1.5 Часові характеристики мікросхем пам'яті.....	173
7.1.6 Способи доступу до даних у напівпровідниковій пам'яті	173
7.2 Основні структури напівпровідникової пам'яті	176
7.2.1 Поняття структури пам'яті	176
7.2.2 Пам'ять зі структурою 2D.....	176
7.2.3 Пам'ять зі структурою 3D.....	178
7.2.4 Пам'ять зі структурою 2DM	179
7.2.4 Пам'ять із послідовним доступом	181
7.3 Кеш-пам'ять	182
7.3.1 Загальна характеристика кеш-пам'яті.....	182
7.3.2 Повністю асоціативний кеш.....	183
7.3.3 Кеш-пам'ять із прямим розміщенням	184
7.3.4. Асоціативний-асоціативний-набірно-асоціативний кеш.....	185
7.4. Постійна пам'ять	186
7.4.1 Загальна характеристика постійної пам'яті	186
7.4.2 Мікросхеми постійних запам'ятовувальних пристроїв	187
7.4.3 Мікросхеми програмувальних постійних запам'ятовувальних пристроїв.....	187
7.4.4 Мікросхеми РПЗП на МОН-транзисторах	190
7.4.5 Мікросхеми РПЗП на ЛІЗМОП-транзисторах	192
7.5. Флеш-пам'ять.....	194
7.5.1 Загальна характеристика флеш-пам'яті	194
7.5.2 Основні напрямки розвитку флеш-пам'яті	195
7.5.3 Пам'ять типу Strata Flash	196
7.6. Статичні запам'ятовуючі пристрої.....	196
7.6.1 Загальна характеристика статичних запам'ятовувальних пристроїв .	196
7.6.2. Модуль статичної пам'яті	198
7.7 Динамічна пам'ять	199
7.7.1 Принцип побудови динамічного запам'ятовувального елемента	199
7.7.2 Схема динамічного запам'ятовувального пристрою.....	201
7.7.3 Динамічні запам'ятовувальні пристрої підвищеної швидкодії	203
7.7.4 Регенерація динамічної пам'яті.....	207
7.7.5 Модуль динамічної пам'яті	208
Контрольні запитання	210
Розділ 8 АРХІТЕКТУРА МІКРОПРОЦЕСОРІВ.....	217
8.1 Технології виготовлення мікропроцесорів	217
8.1.1 CMOS-технології виготовлення мікропроцесорів	218
8.1.2 Ієрархія кешів у сучасних процесорах	219

8.2 Генезис розвитку мікропроцесорів.....	220
8.2.1 Технології збільшення потужності мікропроцесорів	226
8.2.2 Основні поняття, визначення та класифікація мікропроцесорів	228
8.2.4 Методи адресації даних в центральних процесорах.....	234
8.2.4 Режими роботи центрального процесора	238
8.2.5 Технологія обчислювального конвеєра.....	239
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ТА РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	245

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

*Олександр Владиславович Задерейко,
Олена Григорівна Трофименко,
Наталія Іванівна Логінова,
Павло Олександрович Чикунов
Гура Володимир Ігоревич
Грезіна Олена Миколаївна*

**КОМП'ЮТЕРНА
СХЕМОТЕХНІКА
ТА
АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРІВ**

Навчальний посібник
*Для підготовки здобувачів вищої освіти
галузі знань 12 «Інформаційні технології»*

Електронне видання

В авторській редакції

Ум-друк. арк. 15,06.
Зам. № 2406-03.

Видавець ПП «Фенікс»
(Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1044 від 17.09.02).
Україна, м. Одеса, 65009, вул. Зоопаркова, 25.
e-mail: fenix-izd@ukr.net