

Міністерство освіти і науки України
Національний лісотехнічний університет України

**Соколовський Я.І, Пірко І.Б., Кенс І.Р.,
Дендюк М.В., Яцишин С.І.**

Комп'ютерна схемотехніка

Навчальний посібник

Серія «Комп'ютинг»

За загальною редакцією д.т.н, професора В.В. Пасічника

Видавництво «Магнолія 2006»
Львів – 2024

УДК 004.3/.4(075.8)
ББК 32.973я73
К63

*Розповсюдження та тиражування
без офіційного дозволу
видавництва заборонено*

*Рекомендовано Вченою радою Національного лісотехнічного університету
України протокол №6 від 25 травня 2017 року*

Рецензенти:

- Стахів П.Г.* – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної та загальної електротехніки Національного університету «Львівська політехніка».
- Бодяньський Є.В.* – доктор технічних наук, професор кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету електроніки.
- Поберейко Б.П.* – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного лісотехнічного університету України.

Соколовський Я.І., Пірко І.Б., Кенс І.Р., Дендюк М.В., Яцишин С.І.
Комп'ютерна схемотехніка: навчальний посібник. / Я.І. Соколовський, І.Б. Пірко, І.Р. Кенс, М.В. Дендюк, С.І. Яцишин. – Львів : «Магнолія – 2006», 2024. – 313 с.

У навчальному посібнику розглянуто базові питання роботи основних пристроїв цифрової та аналогової техніки: найпростіші і складні логічні елементи, шифратори і дешифратори, мультиплексори і демультиплексори, суматори, тригери, лічильники імпульсів, регістри, операційні підсилювачі, компаратори, інтегратори, диференціатори, інвертуючі та неінвертуючі підсилювачі та інші пристрої. Наведено основи проектування цифрових пристроїв.

Посібник може бути використаний для вивчення комп'ютерної схемотехніки, контролю знань, викладання лабораторних практикумів, курсового та дипломного проектування. Детально розглянуто можливості програми Electronics Workbench та включено завдання для комп'ютерного моделювання.

Для студентів вищих навчальних закладів за спеціальностями «Комп'ютерні науки» та «Інформаційні системи та технології». Посібник буде корисним бажаним самостійно оволодіти основами комп'ютерної схемотехніки.

Іл. 227, Табл. 33, Бібліографій 35.

ISBN 978-617-574-116-0

© Я.І. Соколовський, І.Б. Пірко, І.Р. Кенс, М.В. Дендюк, С.І. Яцишин, 2024
© НЛТУ України, 2024
© Видавництво «Магнолія-2006», 2024

ЗМІСТ

Передмова наукового редактора серії підручників та навчальних посібників «КОМП'ЮТИНГ».....	8
ПЕРЕДМОВА	16
ЧАСТИНА I. ОСНОВИ СХЕМОТЕХНІКИ.....	19
РОЗДІЛ I. АРИФМЕТИЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СХЕМОТЕХНІКИ	19
ТЕМА 1. ПЕРЕВІД ЦІЛИХ ТА ДРОБОВИХ ЧИСЕЛ ІЗ ОДНІЄЇ СИСТЕМИ ЧИСЛЕННЯ В ІНШУ	19
1.1. Системи числення	19
1.2. Перевід цілого числа із однієї системи числення в іншу	20
1.3. Перевід числа із системи числення з основою q в десяткову систему	22
1.4. Перевід дробових чисел із однієї системи числення в іншу	22
1.5. Перевід чисел між системами числення $2 \leftrightarrow 8 \leftrightarrow 16$	24
Контрольні запитання та завдання.....	26
ТЕМА 2. АРИФМЕТИЧНІ ДІЇ В РІЗНИХ СИСТЕМАХ ЧИСЛЕННЯ.....	28
2.1. Додавання чисел у різних системах числення	28
2.2. Віднімання чисел в різних системах числення	31
2.3. Множення чисел в різних системах числення	32
Контрольні запитання та завдання.....	35
ТЕМА 3. ОСНОВИ МАШИННОЇ АРИФМЕТИКИ З ДВІЙКОВИМИ ЧИСЛАМИ.....	37
3.1. Прямий, обернений та додатковий коди числа	37
3.2. Особливості додавання чисел в оберненому та додатковому кодах	39
3.3. Форми подання чисел в комп'ютері	40
3.4. Арифметичні дії над числами з плаваючою крапкою	42
Контрольні запитання та завдання.....	44
РОЗДІЛ II. ЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СХЕМОТЕХНІКИ	48

ТЕМА 4. ВИВЧЕННЯ ЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	48
4.1. Логічні елементи	48
4.2. Досконала диз'юнктивна нормальна форма та досконала кон'юнктивна нормальна форма	50
4.3. Карти Карно	52
4.4. Теореми де Моргана.....	53
4.5. Логічні елементи І, Чи, Не, реалізовані в базисі І-Не.....	54
4.6. Логічні елементи І, Чи, Не, реалізовані в базисі Чи-Не	54
Контрольні запитання та завдання.....	55
РОЗДІЛ ІІІ. КОМБІНАЦІЙНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВУЗЛИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СХЕМОТЕХНІКИ.....	56
ТЕМА 5. ДЕШИФРАТОРИ ТА ШИФРАТОРИ.....	56
5.1. Визначення та класифікація дешифраторів.....	56
5.2. Лінійні дешифратори з прямими виходами	57
5.3. Лінійні дешифратори з інверсними виходами	61
5.4. Пірамідальні дешифратори.....	65
5.5. Матричні дешифратори	65
5.6. Будова і принцип роботи шифраторів	71
5.7. Пріоритетні шифратори	74
Контрольні запитання та завдання.....	76
ТЕМА 6. БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ ТА ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОРІВ	77
6.1. Мультиплексор $2 \Rightarrow 1$	77
6.2. Мультиплексор $4 \Rightarrow 1$	78
6.3. Мультиплексор $8 \Rightarrow 1$	79
6.4. Мультиплексор $16 \Rightarrow 1$	80
6.5. Каскадування мультиплексорів.....	82
6.6. Демультимплексор $1 \Rightarrow 2$	85
6.7. Демультимплексор $1 \Rightarrow 4$	85
6.8. Демультимплексор $1 \Rightarrow 8$	86
6.9. Демультимплексор $1 \Rightarrow 16$	87
6.10. Каскадування демультимплексорів	88
Контрольні запитання та завдання.....	91

ТЕМА 7. ВИВЧЕННЯ БУДОВИ І ПРИНЦИПУ РОБОТИ КОМПАРАТОРІВ, СУМАТОРІВ, ВІДНІМАЮЧИХ ПРИСТРОЇВ	93
7.1. Будова і принцип роботи компаратора	93
7.2. Напівсуматор	94
7.3. Повний суматор	96
7.4. Напіввіднімаючий пристрій.....	98
7.5. Повний віднімаючий пристрій	99
7.6. Проектування трирозрядного паралельного суматора	100
7.7. Проектування трирозрядного віднімаючого пристрою.....	101
7.8. Використання суматорів для віднімання.....	101
7.9. Трирозрядні суматори-віднімаючі пристрої	103
Контрольні запитання та завдання.....	105
РОЗДІЛ ІV. ПІДСИЛЮВАЧІ.....	106
ТЕМА 8. ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ПАРАМЕТРИ ПІДСИЛЮВАЧІВ. ЕЛЕКТРИЧНІ ФІЛЬТРИ.....	106
8.1. Класифікація підсилювачів.....	106
8.2. Основні технічні показники підсилювачів	107
8.3. Коефіцієнти підсилення	108
8.4. Основні параметри підсилювачів.....	110
8.5. Електричні фільтри	116
8.6. Характеристики фільтрів	118
Контрольні запитання та завдання.....	119
ТЕМА 9. ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ. ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ.....	121
9.1. Операційні підсилювачі	121
9.2. Обернений зв'язок в операційних підсилювачах.....	122
9.3. Інвертуючий підсилювач	124
9.4. Неінвертуючий підсилювач.....	125
9.5. Інтегруючий підсилювач (інтегратор)	126
9.6. Диференційний підсилювач (диференціатор)	128
Контрольні запитання та завдання.....	129
РОЗДІЛ V. ПОСЛІДОВНІСНІ ВУЗЛИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СХЕМОТЕХНІКИ.....	131

ТЕМА 10. ТРИГЕРИ. БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ АСИНХРОННИХ ТА СИНХРОННИХ RS-ТРИГЕРІВ.....	131
10.1. Визначення та класифікація тригерів	131
10.2. Будова і принцип роботи асинхронного RS-тригера.....	134
10.2.1. Асинхронний RS-тригер з прямим управлінням.....	134
10.2.2. Асинхронний RS-тригер з інверсним управлінням	136
10.3. Зміна характеру управління асинхронного RS-тригера на протилежний.....	138
10.4. Будова і принцип роботи синхронного RS-тригера.....	141
Контрольні запитання та завдання.....	144
ТЕМА 11. БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ ДВОСТУПЕНЕВИХ RS-ТРИГЕРІВ, D-, JK- ТА T-ТРИГЕРІВ.	146
11.1. Двохступеневі синхронні RS-тригери	146
11.2. Будова і принцип роботи D-тригера	152
11.3. Будова і принцип роботи JK-тригера.....	155
11.4. Будова і принцип роботи T-тригера.....	157
Контрольні запитання та завдання.....	159
ТЕМА 12. БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ ЛІЧИЛЬНИКІВ....	160
12.1. Визначення, класифікація лічильників.....	160
12.2. Лічильники зі скрізним перенесенням.....	161
12.3. Асинхронні лічильники за модулем 10.....	164
12.4. Будова і принцип роботи синхронних лічильників	165
12.5. Будова і принцип роботи віднімаючих лічильників	167
12.6. Лічильники, які самі зупиняються	168
12.7. Лічильники-дільники частоти	169
12.8. Інтегральні схеми лічильників	171
Контрольні запитання та завдання.....	175
ТЕМА 13. БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ РЕГІСТРІВ.....	177
13.1. Визначення, класифікація, застосування регістрів	177
13.2. Послідовні регістри (регістри зсуву)	178
13.3. Паралельні регістри зсуву.....	183
13.4. Паралельні регістри збереження	185
13.5. Збільшення розрядності регістрів шляхом каскадування мікросхем	191
Контрольні запитання та завдання.....	193

ТЕМА 14. ЦИФРОВО-АНАЛОГОВІ ТА АНАЛОГОВО-ЦИФРОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ	194
14.1. Принципи побудови та робота цифрово-аналогових перетворювачів	194
14.1.1. Цифрово-аналогові перетворювачі з ваговими резисторами	194
14.1.2. Цифрово-аналогові перетворювачі типу R-2R	196
14.2. Будова і принцип роботи аналогово-цифрових перетворювачів	198
Контрольні запитання та завдання	203
ЧАСТИНА II. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ	204
Лабораторна робота 1. Дослідження логічних елементів	204
Лабораторна робота 2. Мінімізація логічних функцій з допомогою карт Карно. Приведення логічних функцій до одного базису	218
Лабораторна робота 3. Дослідження логічних схем з допомогою віртуального логічного конвертора	223
Лабораторна робота 4. Проектування дешифраторів	230
Лабораторна робота 5. Проектування мультиплексорів та демультимплексорів	236
Лабораторна робота 6. Дослідження компараторів, суматорів, віднімаючих пристроїв	248
Лабораторна робота 7. Вивчення характеристик операційного підсилювача	258
Лабораторна робота 8. Дослідження інтеграторів та диференціаторів на основі операційних підсилювачів	264
Лабораторна робота 9. Дослідження тригерів	270
Лабораторна робота 10. Проектування двійкових лічильників імпульсів	276
Лабораторна робота 11. Проектування регістрів зсуву	288
Лабораторна робота 12. Вивчення принципу роботи цифрово-аналогових перетворювачів	301
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	309
ЛІТЕРАТУРА	311

Навчальне видання

Ярослав Іванович Соколовський
Ігор Богданович Пірко
Ігор Романович Кенс
Михайло Володимирович Дендюк
Світлана Іванівна Яцишин

КОМП'ЮТЕРНА СХЕМОТЕХНІКА

Навчальний посібник

Літературний коректор *Н. М. Дуда*

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Умовн. друк. арк.
16.58 Гарнітура Таймс Нью-Роман.

Видавництво ПП “Магнолія 2006”

м. Львів-53, 79053, Україна,

E-mail: magnol06@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців і розповсюджувачів
видавничої продукції: серія ДК № 17976180 від 00.00.2006 р.,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України.

Надруковано в поліграфічному центрі ПП “Магнолія 2006”