

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

**М.П. МАТВІЄНКО**

# **ПРИСТРОЇ ЦИФРОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ**

*Навчальний посібник*



Київ 2017

ББК 32.973  
УДК 517.1  
М 33

*Копіювання, сканування, запис на електронні носії і тому подібне, будь-якої частини посібника без дозволу видавництва заборонено*

**Рецензенти:**

*А.С. Довбиш* – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук Сумського державного університету;

*В.М. Чермалих* – доктор технічних наук, професор кафедри автоматизації управління електротехнічними комплексами НТУУ «КПІ»;

*М.М. Проценко* – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж Національного авіаційного університету, м. Київ.

*Рекомендовано Вченою радою Сумського державного університету, протокол №8 від 10 квітня 2014 р.*

*як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*

М33 Матвієнко М. П.

**Пристрої цифрової електроніки:** навчальний посібник. — К.:

Видавництво Ліра-К, 2017. — 392 с.

ISBN 978-966-2609-89-9

В навчальному посібнику викладені логічні, автоматні та схемотехнічні основи проектування та побудови логічних елементів різного призначення, комбінаційних пристроїв, цифрових пристроїв із пам'яттю, запам'ятовувальних цифрових пристроїв, матричних логічних структур, інтегрованих цифрових пристроїв, розглянуті цифроаналогові і аналого – цифрові перетворювачі інформації, обслуговуючі елементи цифрових пристроїв, їх завадостійкість, приведені способи контролю й діагностування цифрових пристроїв як в процесі функціонування, так і при виробництві, а також запропоновані методи їх проектування і монтажу.

Теоретичний і практичний матеріал проілюстровано великою кількістю вправ і задач для набуття читачем практичного досвіду.

Навчальний посібник призначено для студентів, аспірантів і спеціалістів відповідних спеціальностей, а також окремі розділи навчального посібника можуть бути використані студентами технічних учбових закладів та коледжів.

ISBN 978-966-2609-89-9

**ББК 32.973**

**УДК 517.1**

© Матвієнко М. П., 2015

© «Видавництво Ліра-К», 2015



## ЗМІСТ

---

Зміст .....	3
Передмова .....	8
<b>Розділ 1. Основи теорії цифрових пристроїв .....</b>	<b>10</b>
1.1. Логічні основи цифрових пристроїв .....	10
1.2. Автоматні основи цифрових пристроїв .....	23
Контрольні запитання .....	32
Задачі для самостійного розв'язування .....	32
Коментарі .....	33
<b>Розділ 2. Логічні елементи цифрових пристроїв .....</b>	<b>34</b>
2.1. Діодні логічні елементи .....	34
2.2. Резисторно – транзисторні логічні елементи .....	36
2.3. Діодно – транзисторні логічні елементи .....	38
2.4. Транзисторно – транзисторні логічні елементи .....	40
2.5. Транзисторно – транзисторні логічні елементи з використанням діодів і транзисторів Шотткі .....	44
2.6. Емітерно – зв'язні логічні елементи .....	46
2.7. Логічні елементи на МОН – транзисторах .....	51
2.8. Логічні елементи на комплементарних МОН – транзисторах .....	54
2.9. Інтегрально – інжекційні логічні елементи .....	56
2.10. Швидкодія логічних елементів .....	59
2.11. Функціональні позначення логічних елементів .....	60
Контрольні запитання .....	63
Задачі для самостійного розв'язування .....	63
Коментарі .....	64
<b>Розділ 3. Комбінаційні цифрові пристрої .....</b>	<b>65</b>
3.1. Дешифратори і шифратори .....	65
3.2. Мультиплексори і демультиплексори .....	70
3.3. Суматори .....	74
3.4. Компаратори .....	79
Контрольні запитання .....	81

Коментарі.....	82
<b>Розділ 4. Цифрові пристрої із пам'яттю .....</b>	<b>83</b>
4.1. <i>RS</i> – тригери.....	83
4.2. <i>D</i> – тригери .....	88
4.3. <i>T</i> – тригери.....	89
4.4. <i>JK</i> – тригери.....	92
4.5. Лічильники .....	95
4.6. Регістри.....	99
Контрольні запитання.....	101
Коментарі.....	102
<b>Розділ 5. Інтегровані прості цифрові пристрої.....</b>	<b>103</b>
5.1. Побудова одновихідних комбінаційних пристроїв на логічних елементах .....	103
5.2. Побудова одновихідних комбінаційних пристроїв на мультиплексорах .....	107
5.3. Побудова багатовихідних комбінаційних пристроїв на логічних елементах .....	111
5.4. Побудова багатовихідних комбінаційних пристроїв на дешифраторах .....	114
5.5. Побудова часових логічних пристроїв.....	116
5.6. Побудова рекурентних логічних пристроїв другого роду .....	119
Контрольні запитання.....	121
Задачі для самостійного розв'язування.....	122
Коментарі.....	122
<b>Розділ 6. Основні визначення, позначення і структури запам'ятовувальних цифрових пристроїв .....</b>	<b>123</b>
6.1. Основні визначення і позначення.....	123
6.2. Основні структури запам'ятовувальних пристроїв .....	127
Контрольні запитання.....	132
Коментарі.....	132
<b>Розділ 7. Оперативні запам'ятовувальні пристрої.....</b>	<b>133</b>
7.1. Статичні оперативні запам'ятовувальні пристрої.....	133
7.2. Динамічні оперативні запам'ятовувальні пристрої .....	137
Контрольні запитання.....	144
Коментарі.....	144
<b>Розділ 8. Постійні запам'ятовувальні пристрої .....</b>	<b>145</b>
8.1. Загальні визначення .....	145
8.2. Масочні ПЗП .....	146
8.3. Однократно програмуємі ПЗП.....	147
8.4. Репрограмуємі ПЗП .....	150

8.5. Імпульсне живлення ПЗП .....	154
8.6. Флеш–пам’ять .....	155
Контрольні запитання .....	158
Коментарі .....	158
<b>Розділ 9. Програмуємі логічні матриці .....</b>	<b>159</b>
9.1. Призначення і напрямки застосування .....	159
9.2. Базова структура ПЛМ .....	160
9.3. Схемотехніка застосування ПЛМ .....	166
9.4. Функціональні різновиди ПЛМ .....	171
Контрольні запитання .....	175
Задачі для самостійного розв’язування .....	176
Коментарі .....	176
<b>Розділ 10. Програмуєма матрична логіка .....</b>	<b>177</b>
10.1. Основні визначення .....	177
10.2. Функціональні різновиди ПМЛ .....	178
10.3. ПМЛ з поділом кон’юнкторів .....	178
10.4. ПМЛ серії КР 1556 .....	180
10.5. ПМЛ серії PAL і PLD .....	182
Контрольні запитання .....	186
Задачі для самостійного розв’язування .....	186
Коментарі .....	187
<b>Розділ 11. Базові матричні кристали .....</b>	<b>188</b>
11.1. Основні поняття і визначення .....	188
11.2. Класифікація БМК .....	191
11.3. Параметри БМК .....	196
Контрольні запитання .....	197
Коментарі .....	197
<b>Розділ 12. Програмуємі надвеликі інтегральні схеми .....</b>	<b>198</b>
12.1. Основні визначення .....	198
12.2. Класифікація НВІС програмуємої логіки .....	199
12.3. Програмуємі користувачем вентильні матриці .....	204
12.4. Програмуєма логіка типу "система на кристалі" .....	218
Контрольні запитання .....	225
Коментарі .....	225
<b>Розділ 13. Обслуговуючі елементи цифрових пристроїв .....</b>	<b>226</b>
13.1. Елементи затримки .....	226
13.2. Формувачі тривалості цифрових сигналів .....	228
13.3. Одновібратори .....	229
13.4. Таймери .....	234
13.5. Генератори імпульсів .....	239

13.6. Елементи синхронізації .....	244
13.7. Елементи індикації.....	249
13.8. Перетворювачі рівнів.....	253
13.9. Типові ситуації при побудові цифрових пристроїв з застосуванням інтегральних мікросхем .....	256
Контрольні запитання.....	260
Задачі для самостійного розв'язування.....	261
Коментарі.....	262
<b>Розділ 14. Цифроаналогові перетворювачі.....</b>	<b>263</b>
14.1. Основні визначення .....	263
14.2. ЦАП із зваженими резисторами .....	264
14.3. ЦАП із резистивними ланками .....	267
Контрольні запитання.....	268
Коментарі.....	269
<b>Розділ 15. Аналого – цифрові перетворювачі.....</b>	<b>270</b>
15.1. Основні визначення .....	270
15.2. АЦП послідовного рахунку .....	272
15.3. АЦП з порозрядним кодуванням.....	273
15.4. АЦП паралельної дії .....	274
15.5. АЦП паралельно – послідовної дії .....	275
Контрольні запитання.....	276
Коментарі.....	276
<b>Розділ 16. Імпульсні завади та завадостійкість цифрових пристроїв .....</b>	<b>277</b>
16.1. Загальні визначення .....	277
16.2. Види імпульсних завод .....	280
16.3. Імпульсна завадостійкість інтегральних мікросхем .....	285
16.4. Методи зменшення завод в шинах джерел живлення.....	290
16.5. Використання екранів для зменшення імпульсних завод .....	294
Контрольні запитання.....	295
Коментарі.....	295
<b>Розділ 17. Контроль цифрових пристроїв .....</b>	<b>296</b>
17.1. Основні визначення .....	296
17.2. Контроль з використанням мажоритарних елементів .....	297
17.3. Контроль за модулем 2 .....	298
17.4. Контроль логічних перетворювачів .....	301
17.5. Контроль з використанням кодів Хеммінга .....	302
Контрольні запитання.....	308
Задачі для самостійного розв'язування.....	308
Коментарі.....	308

<b>Розділ 18. Діагностування цифрових пристроїв</b> .....	309
18.1. Основні визначення несправностей.....	309
18.2. Основні визначення тестів.....	311
18.3. Основи тест – процедур.....	314
18.4. Тестування комбінаційних пристроїв методом Елдріда.....	317
18.5. Тестування комбінаційних пристроїв методом активізації одновимірного шляху.....	318
18.6. Тестування комбінаційних пристроїв з використанням <i>d</i> -алгоритма.....	322
18.7. Тестування комбінаційних пристроїв з використанням еквівалентної нормальної форми.....	338
18.8. Тестування цифрових пристроїв з пам'яттю.....	340
18.9. Тестування процесорних цифрових пристроїв.....	350
Контрольні запитання.....	351
Задачі для самостійного розв'язування.....	352
Коментарі.....	353
<b>Розділ 19. Методи проектування і монтажу цифрових пристроїв</b> .....	354
19.1. Загальні визначення.....	354
19.2. Проектування цифрових пристроїв з використанням теорії автоматів і ПЛМ.....	355
19.3. Проектування цифрових пристроїв з використанням ПМЛ.....	363
19.4. Проектування цифрових пристроїв із застосуванням засобів автоматичного діагностування.....	369
19.5. Рекомендації по монтажу цифрових пристроїв.....	375
Контрольні запитання.....	387
Коментарі.....	387
Список літератури.....	388