

621.385

B 65

**ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Войцицький А.П., Войцицький М.А.

ЕЛЕКТРОНІКА І МІКРОСХЕМОТЕХНІКА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЕЛЕКТРОНІКА І МІКРОСХЕМОТЕХНІКА

ПІДРУЧНИК

Херсон
ОЛДІ-ПЛЮС
2018

УДК 621.38
В 61

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Житомирського національного агроєкологічного університету
як підручник для вищих навчальних закладів
(протокол № 8 від 30.03.2018 р.)

Рецензенти:

Кирилович В. А. – д.т.н., професор Житомирського державного технологічного університету;

Манойлов В. П. – д.т.н., професор Житомирського державного технологічного університету;

Матишинюк Г. М. – директор державного підприємства СКТБ Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України;

Молодецька-Гринчук К. В. – к.т.н. доцент Житомирського національного агроуніверситету

Войцицький А. П.

В 61 Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / А. П. Войцицький, М. А. Войцицький / Вид. 2-ге, виправ. / Житомир: ЖНАЕУ. – Херсон: «Олді-Плюс», 2018. – 300 с.

ISBN 978-966-289-211-6

Розглянуто елементну базу електроніки (резистори, конденсатори, індуктивні компоненти, напівпровідникові діоди, транзистори, тиристори тощо). Основні процеси та принцип дії транзистора, як активного елемента електронних схем. Будова, та принцип дії електронних блоків живлення, підсилювачів, генераторів, імпульсних і цифрових пристроїв та основи мікропроцесорної техніки.

Для студентів напряму підготовки «Енергетика та електротехнічні системи в АПК».

УДК 621.38

ISBN 978-966-289-211-6

© А.П. Войцицький, 2018

© М.А.Войцицький, 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
ВСТУП	5
СПИСОК ОСНОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	9

Частина 1**ЕЛЕМЕНТНА БАЗА ЕЛЕКТРОНІКИ**

Розділ 1 ♦ РЕЗИСТОРИ	11
1.1. Загальні відомості	11
1.2. Класифікація резисторів	12
1.2.1. <i>Лінійні резистори сталого опору</i>	13
1.2.2. <i>Резистори змінного опору</i>	16
1.3. Нелінійні резистори	18
1.3.1. <i>Терморезистори</i>	18
1.3.2. <i>Варистори</i>	20
1.3.3. <i>Фоторезистори</i>	21
1.3.4. <i>Тензорезистори</i>	22
1.3.5. <i>Магніторезистори</i>	24
1.4. Резистори поверхневого монтажу (SMD)	25
1.5. Основні електричні параметри і властивості резисторів	26
Запитання для самоперевірки	28
Розділ 2 ♦ ЕЛЕКТРИЧНІ КОНДЕНСАТОРИ	29
2.1. Загальні відомості	29
2.2. Класифікація конденсаторів	30
2.2.1. <i>За видом діелектрика</i>	30
2.2.2. <i>За можливістю зміни ємності</i>	34
2.2.3. <i>За способом монтажу</i>	37
2.3. SMD конденсатори	38
Запитання для самоперевірки	41

Розділ 3 ♦ ІНДУКТИВНІ КОМПОНЕНТИ	42
3.1. Загальні відомості	42
3.3. Електричні дроселя	47
3.4. Високочастотні і імпульсні трансформатори	49
3.5. Основні параметри котушок індуктивності	50
Запитання для самоперевірки	51
Розділ 4 ♦ НАПІВПРОВІДНИКОВІ ДІОДИ	52
4.1. Випрямні діоди	53
4.2. Високочастотні діоди	54
4.3. Діоди Шоттки	55
4.4. Імпульсні діоди	56
4.5. Діоди Зенера	57
4.6. Фотодіоди та світлодіоди	59
4.7. Тунельні діоди та діоди Ганна	64
4.8. Варикапи	65
4.9. Магнітодіоди	66
4.10. SMD діоди	67
Запитання для самоперевірки	70
Розділ 5 ♦ ТРАНЗИСТОРИ	71
5.1. Загальні відомості	71
5.2. Біполярні транзистори	72
5.2.1. <i>Будова та принцип дії біполярного транзистора</i>	73
5.2.2. <i>Класифікація біполярних транзисторів</i>	74
5.2.3. <i>Режим роботи біполярного транзистора</i>	75
5.2.4. <i>Основні параметри біполярного транзистора</i>	76
5.2.4. <i>Схеми включення біполярних транзисторів</i>	78
5.3. Польові транзистори	80
5.3.1. <i>Будова та основні види польових транзисторів</i>	81
5.3.2. <i>Статичні характеристики польового транзистора з керуючим р-п-переходом</i>	83
5.3.3. <i>СІТ транзистори</i>	84

	295
5.3.4. <i>Польові транзистори з індукованим каналом</i>	84
5.4. Транзистори БТІЗ	86
5.5. Фото і магнітотранзистори	87
5.6. Цифрові транзистори	91
5.7. SMD транзистори	92
Запитання для самоперевірки	93
Розділ 6 ♦ ТИРИСТОРИ	94
6.1. Загальні відомості	94
6.2. Класифікація та умовні графічні позначення тиристорів	95
6.3. Принцип роботи тиристорів	96
6.4. Диністори	98
6.5. Симістори	99
6.6. Фототиристори та оптоотиристори	101
6.7. Мемристор	103
Запитання для самоперевірки	104
Розділ 7 ♦ ЕЛЕКТРОВАКУУМНІ ПРИЛАДИ	105
7.1. Загальні відомості	105
7.2. Класифікація та призначення	105
7.3. Газорозрядні ЕВП	107
7.4. Принцип роботи електронних ламп	107
7.5. Конструкція	108
7.6. Позначення електронних ламп	110
Запитання для самоперевірки	111
Розділ 8 ♦ ЛОГІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ. АЛГЕБРА ЛОГІКИ	112
8.1. Загальні відомості	112
8.2. Транзисторний ключ	113
8.3. Логічні елементи. Схеми логічних елементів	116
8.4. Двійкові логічні операції з цифровими сигналами	119
8.5. Закони алгебри логіки	122
Запитання для самоперевірки	124

Частина 2

ЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ

Розділ 9 ♦ ПІДСИЛЮВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ	126
9.1. Загальні відомості	126
9.2. Класифікація підсилювачів електричних сигналів	128
9.2.1. <i>Однокаскадний підсилювач постійного струму</i>	128
9.2.2. <i>Однокаскадний підсилювач змінного струму</i>	129
9.2.3. <i>Диференційні підсилювачі</i>	131
9.2.4. <i>Підсилювачі на польових транзисторах</i>	134
9.2.5. <i>Підсилювачі потужності</i>	136
9.2.6. <i>Багатокаскадні підсилювачі</i>	140
9.3. Зворотний зв'язок у підсилювачах	142
Запитання для самоперевірки	144
Розділ 10 ♦ ОПЕРАЦІЙНІ ПІДСИЛЮВАЧІ	145
10.1. Основні уявлення та визначення	145
10.2. Інвертуючий підсилювач	147
10.3. Неінвертуючий підсилювач	148
10.4. Інтегруючий підсилювач	149
10.5. Диференціюючий підсилювач	150
10.6. Компаратор	151
10.7. Підсилювач змінного струму на ОП	152
10.8. Суматор із багатьма входами	152
10.9. Масштабний підсилювач	153
10.10. Логарифмічний підсилювач	153
10.11. Стандартна схема операційного підсилювача	154
Запитання для самоперевірки	156
Розділ 11 ♦ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ	157
11.1. Загальне уявлення	157
11.2. Трансформатори	158
11.2.1. <i>Конструкція трансформаторів</i>	160

11.2.2.	<i>Спрощений розрахунок силових трансформаторів</i>	161
11.3.	Некеровані однофазні випрямлячі	163
11.3.1.	<i>Основні параметри некерованих випрямлячів</i>	164
11.3.2.	<i>Однонапівперіодний випрямляч</i>	164
11.3.3.	<i>Двонапівперіодний випрямляч</i>	165
11.3.4.	<i>Випрямлячі - помножувачі напруги</i>	168
11.4.	Некеровані трифазні випрямлячі	168
11.4.1.	<i>Схема Міткевича</i>	169
11.4.2.	<i>Схема Ларіонова</i>	170
11.5.	Згладжувальні фільтри	171
11.5.1.	<i>Ємнісні фільтри</i>	172
11.5.2.	<i>Індуктивні фільтри</i>	174
11.5.3.	<i>LC- та RC-фільтри</i>	174
11.5.4.	<i>Електронні фільтри</i>	176
11.6.1	Стабілізатори напруги	177
11.6.1.	<i>Параметричний стабілізатор напруги</i>	177
11.6.2.	<i>Компенсаційні стабілізатори напруги</i>	179
11.6.3.	<i>Інтегральні стабілізатори напруги</i>	181
11.6.4.	<i>Імпульсні стабілізатори напруги</i>	182
11.6.5.	<i>Стабілізатори струму</i>	187
11.7.	Керовані випрямлячі	188
11.7.1.	<i>Керовані випрямлячі на тиристорах</i>	189
11.7.2.	<i>Трифазні керовані випрямлячі</i>	190
11.8.	Інвертори	192
11.8.1.	<i>Транзисторний інвертор з насичуванням трансформатора</i>	192
11.8.2.	<i>Практична схема інвертора напруги</i>	194
11.9.	Тиристорні інвертори	196
11.9.1.	<i>Однофазні тиристорні інвертори</i>	197
11.9.2.	<i>Трифазний тиристорний інвертор</i>	198
	Запитання для самоперевірки	200

РОЗДІЛ 12 ♦ ЦИФРОВА ЕЛЕКТРОНІКА	201
12.1. Загальні відомості та визначення	201
12.2. Тригери на логічних елементах	202
12.2.1. <i>Асинхронний та синхронний RS-тригери</i>	202
12.2.2. <i>Лічильний T-тригер</i>	205
12.3. Лічильники імпульсів	206
12.4. Регістри	209
12.5. Дешифратори	210
12.6. Мультиплексори	212
12.7. Запам'ятовуючі пристрої	213
12.8. Цифрові перетворювачі	215
12.8.1. <i>Цифро-аналогові перетворювачі</i>	215
12.8.2. <i>Аналого-цифровий перетворювач</i>	217
12.9. Загальні відомості про інтегральні мікросхеми	220
Запитання для самоперевірки	225
РОЗДІЛ 13 ♦ ЕЛЕКТРОННІ ГЕНЕРАТОРИ	226
13.1. Загальні відомості	226
13.2. Принцип отримання незатухаючих гармонійних коливань	227
13.3. LC-автогенератори	232
13.4. RC-автогенератори	233
13.5. Генератори імпульсів	234
13.5.1. <i>Мультивібратори на ОП</i>	235
13.5.2. <i>Мультивібратори на логічних елементах</i>	236
13.5.3. <i>Одновібратор на тригері</i>	237
13.5.4. <i>Генератор трикутної форми</i>	238
13.5.5. <i>Генератори лінійно-змінної напруги</i>	240
Запитання для самоперевірки	241
РОЗДІЛ 14 ♦ ОСНОВИ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ТЕХНІКИ	242
14.1. Загальні відомості та визначення	242
14.2. Система команд мікропроцесорів	246

	299
14.3. Організація та призначення шин	248
14.4. Принципи побудови мікропроцесорних систем	249
14.5. Подання чисел у мікропроцесорах	252
14.6. Архітектура мікропроцесорів	254
14.7. Багатоядерні процесори	259
14.8. Загальні уявлення про мікроконтролери	260
Запитання для самоперевірки	263
РОЗДІЛ 15 ♦ НАДІЙНІСТЬ	264
15.1. Базове поняття надійності	264
15.2. Пошкодження та відмови. Класифікація відмов	266
15.3. Надійність технічних об'єктів	267
15.3.1. <i>Показники надійності</i>	268
15.3.2. <i>Підвищення надійності</i>	269
15.3.3. <i>Основні фактори впливу на надійність</i>	270
15.4. Інтенсивність відмов	270
15.5. Розрахунок надійності за експоненціальним розподілом	272
Запитання для самоперевірки	275
ГЛОСАРІЙ	276
СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	281
Додаток А	283
КАТАЛОГ ДСТУ ЕЛЕКТРОННОГО СПРЯМУВАННЯ	283
Додаток Б	285
МАРКУВАННЯ РЕЗИСТОРІВ	285
Додаток В	289
ПОЗНАЧЕННЯ РЕЗИСТОРІВ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМАХ	289
Додаток Г	291
КОДУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНДЕНСАТОРІВ	291
МАРКУВАННЯ КОНДЕНСАТОРІВ	292