

ROZDZIAŁ 9

Przetwarzanie i stabilizacja napięcia / 13

9.1. Samouczek: od diody Zenera do liniowego stabilizatora szeregowego / 14

9.1.1. Dodajemy sprzężenie zwrotne / 16

9.2. Podstawowe układy liniowych stabilizatorów napięcia z klasycznym elementem 723 / 18

9.2.1. Stabilizator napięcia typu 723 / 19

9.2.2. Kilka słów na obronę surowo ocenianego układu 723 / 21

9.3. Całkowicie scalone liniowe stabilizatory napięcia / 22

9.3.1. Klasyfikacja liniowych scalonych stabilizatorów napięcia / 22

9.3.2. Stabilizatory trzykońcówkowe o ustalonym napięciu wyjściowym / 22

9.3.3. Stabilizatory trzykońcówkowe o ustawialnym napięciu wyjściowym / 25

9.3.4. Stabilizator typu 317: wskazówki dla użytkownika / 27

9.3.5. Przykładowe układy z wykorzystaniem stabilizatora typu 317 / 33

9.3.6. Stabilizatory o zmniejszonym minimalnym napięciu we-wy / 36

9.3.7. Stabilizatory o prawdziwie małym minimalnym napięciu we-wy / 37

9.3.8. Stabilizatory 3-końcówkowe z wbudowanym źródłem prądu wzorcowego / 38

9.3.9. Porównanie minimalnych napięć we-wy różnych stabilizatorów / 39

9.3.10. Przykład stabilizatora dwunapięciowego / 47

9.3.11. Wybór stabilizatora liniowego / 48

9.3.12. Osobliwości stabilizatorów liniowych / 49

9.3.13. Filtracja szumu i tętnień / 54

9.3.14. Źródła prądowe / 55

9.4. Projektowanie z uwzględnieniem mocy i ciepła / 59

9.4.1. Tranzystory mocy i rozpraszanie ciepła / 60

9.4.2. Obszar bezpiecznej pracy / 65

9.5. Od gniazda sieciowego do wyjścia zasilacza niestabilizowanego / 66

9.5.1. Elementy sieciowe / 67

9.5.2. Transformator sieciowy / 70

9.5.3. Elementy obwodu stałoprądowego zasilacza / 72

9.5.4. Zasilacz niestabilizowanych napięć symetrycznych – test prawdy na stole laboratoryjnym! / 74

9.5.5. Zasilacze liniowe kontra zasilacze impulsowe: tętnienia i zakłócenia / 75

9.6. Stabilizatory impulsowe i przetwornice napięcia stałego / 76

9.6.1. Stabilizatory liniowe kontra stabilizatory impulsowe / 76

9.6.2. Topologie przetwornic impulsowych / 78

9.6.3. Bezcewkowe przetwornice impulsowe / 79

9.6.4. Przetwornice z cewkami: topologie podstawowe bez izolacji we-wy / 85

9.6.5. Przetwornica obniżająca napięcie / 91

9.6.6. Przetwornica podwyższająca napięcie / 101

9.6.7. Przetwornica odwracająca napięcie / 102

9.6.8. Uwagi na temat przetwornic impulsowych bez izolacji we-wy / 103

9.6.9. Tryby pracy stabilizatorów impulsowych: napięciowy i prądowy / 107

9.6.10. Przetwornice impulsowe z transformatorami: informacje podstawowe / 109

9.6.11. Przetwornica zaporowa / 109

9.6.12. Przetwornica przepustowa / 112

9.6.13. Przetwornice mostkowe / 113

9.7. Sieciowe przetwornice impulsowe / 115

9.7.1. Stopień wejściowy przetwarzający napięcie przemienne na napięcie stałe / 116

9.7.2. Stopień przetwarzania napięcia stałego na napięcie stałe / 118

9.8. Przykład rzeczywistego sieciowego impulsowego stabilizatora napięcia / 122

9.8.1. Sieciowe stabilizatory impulsowe: obraz ogólny / 122

9.8.2. Sieciowe stabilizatory impulsowe: sposób działania – opis ogólny / 123

9.8.3. Sieciowe stabilizatory impulsowe: sposób działania – opis szczegółowy / 126

9.8.4. Projekt wzorcowy / 131

9.8.5. Podsumowanie: ogólne uwagi na temat sieciowych zasilaczy impulsowych / 132

9.8.6. Kiedy stosować zasilacze impulsowe /	133
9.9. Inwertery i wzmacniacze impulsowe /	133
9.10. Wzorce napięcia /	135
9.10.1. Diody Zenera /	135
9.10.2. Wzorzec napięcia z tranzystorów bipolarnych /	144
9.10.3. Wzorzec napięcia z JFET-ów /	146
9.10.4. Wzorzec napięcia z tranzystorem MOS /	147
9.10.5. Trzykońcówkowe precyzyjne wzorce napięcia /	147
9.10.6. Szum wzorców napięcia /	148
9.10.7. Wzorce napięcia: uwagi dodatkowe /	150
9.11. Komercyjne moduły zasilające /	152
9.12. Magazynowanie energii: baterie i kondensatory /	154
9.12.1. Charakterystyki ogniw, baterii i akumulatorów /	155
9.12.2. Wybór baterii lub akumulatora /	157
9.12.3. Magazynowanie energii w kondensatorach /	157
9.13. Zasilacze: tematy dodatkowe /	160
9.13.1. Zabezpieczenia nadnapięciowe /	160
9.13.2. Poszerzanie zakresu napięć wejściowych /	164
9.13.3. Ograniczanie prądu wyjściowego przez jego redukcję /	165
9.13.4. Zewnętrzny tranzystor szeregowy /	167
9.13.5. Stabilizatory wysokonapięciowe /	168
Podsumowanie rozdziału 9 /	172

ROZDZIAŁ 10

Technika cyfrowa /	179
10.1. Podstawy techniki cyfrowej /	179
10.1.1. Dyskretne czy analogowe? /	179
10.1.2. Stany logiczne /	180
10.1.3. Kody liczbowe /	182
10.1.4. Bramki i tablice prawdy /	186
10.1.5. Bramki z elementów dyskretnych /	189
10.1.6. Przykłady układów z bramkami /	190
10.1.7. Miejsce symbolu negacji stanu /	192
10.2. Scalone układy cyfrowe: CMOS i bipolarne (TTL) /	193
10.2.1. Wykaz powszechnie stosowanych bramek /	195
10.2.2. Budowa bramek scalonych /	196
10.2.3. Charakterystyki układów CMOS i bipolarnych (TTL) /	197
10.2.4. Układy z wyjściem trójstanowym i układy z otwartym kolektorem /	200
10.3. Układy kombinacyjne /	204
10.3.1. Tożsamości logiczne /	204
10.3.2. Minimalizacja i tablice Karnaugh'a /	205
10.3.3. Scalone układy kombinacyjne /	206
10.4. Układy sekwencyjne /	212
10.4.1. Układy z pamięcią: przerzutniki /	212
10.4.2. Przerzutniki synchroniczne /	213
10.4.3. Połączenie przerzutników i bramek: układy sekwencyjne /	218
10.4.4. Synchronizator /	222
10.4.5. Przerzutnik monostabilny /	224
10.4.6. Wytwarzanie pojedynczych impulsów za pomocą przerzutników i liczników /	225
10.5. Scalone układy sekwencyjne /	226
10.5.1. Zatraski i rejestry /	226
10.5.2. Liczniki /	227
10.5.3. Rejestry przesuwające /	231
10.5.4. Programowalne układy cyfrowe /	233
10.5.5. Różnorodne funkcje sekwencyjne /	234
10.6. Kilka typowych układów cyfrowych /	236
10.6.1. Licznik modulo n: przykład zależności czasowych /	236

10.6.2. Sekwencyjny układ sterowania wyświetlaczami LED /	239
10.6.3. Generator o programowalnej liczbie impulsów /	241
10.7. Projektowanie mikromocowych układów cyfrowych /	243
10.7.1. Utrzymanie niskiego poziomu mocy wydzielanej w układzie CMOS /	243
10.8. „Choroby” układów cyfrowych /	245
10.8.1. Problemy statyczne /	245
10.8.2. Problemy dynamiczne /	246
10.8.3. Wrodzone wady układów TTL i CMOS /	249
Ćwiczenia dodatkowe do rozdziału 10 /	253
Podsumowanie rozdziału 10 /	254

ROZDZIAŁ 11

Programowalne układy cyfrowe /	258
11.1. Krótki rys historyczny /	258
11.2. Sprzęt /	260
11.2.1. Podstawowy układ rodziny PAL /	260
11.2.2. Układy PLA /	263
11.2.3. Układy FPGA /	263
11.2.4. Pamięć konfiguracji /	265
11.2.5. Inne układy PLD /	266
11.2.6. Oprogramowanie /	266
11.3. Przykład: generator pseudolosowych bajtów /	266
11.3.1. Sposób wytwarzania pseudolosowych bajtów /	267
11.3.2. Realizacja za pomocą układów standardowych /	268
11.3.3. Realizacja za pomocą układu programowalnego /	269
11.3.4. Układ programowalny – tekstowe wprowadzanie danych (HDL) /	272
11.3.5. Realizacja z użyciem mikrokontrolera /	277
11.4. Rady /	283
11.4.1. Wybór technologii /	283
11.4.2. Wybór z punktu widzenia potrzeb użytkownika /	284
Podsumowanie rozdziału 11 /	286

ROZDZIAŁ 12

Transmisja sygnałów cyfrowych /	290
12.1. Łączenie się z układami CMOS i TTL /	290
12.1.1. Chronologia układów cyfrowych – krótki zarys historyczny /	290
12.1.2. Charakterystyki wejściowe i wyjściowe /	296
12.1.3. Łączenie ze sobą układów cyfrowych z różnych rodzin /	301
12.1.4. Sterowanie wejściami układów cyfrowych /	305
12.1.5. Zabezpieczanie wejść układów cyfrowych /	308
12.1.6. Kilka uwag na temat obwodów wejściowych układów cyfrowych /	311
12.1.7. Komparatory i wzmacniacze operacyjne jako źródła sygnałów wejściowych układów cyfrowych /	312
12.2. Dygresja: obserwacja sygnałów cyfrowych /	315
12.3. Komparatory /	316
12.3.1. Wyjścia /	316
12.3.2. Wejścia /	320
12.3.3. Inne parametry /	326
12.3.4. Inne przestrogi /	327
12.4. Łączenie układów cyfrowych z zewnętrznymi obciążeniami /	328
12.4.1. Obciążenie zasilane dodatnim napięciem: sterowanie bezpośrednie /	328
12.4.2. Obciążenie zasilane dodatnim napięciem: sterowanie pośrednie /	332
12.4.3. Obciążenie zasilane ujemnym napięciem lub napięciem przemiennym /	334
12.4.4. Zabezpieczanie kluczy mocy /	336
12.4.5. Sprzęganie układów NMOS LSI /	340
12.5. Elementy optoelektroniczne: źródła światła /	344
12.5.1. Diody LED: kontrolki i inne zastosowania /	344

12.5.2. Diody laserowe /	352
12.5.3. Wyświetlacze /	354
12.6. Elementy optoelektroniczne: detektory /	359
12.6.1. Fotodiody i fototranzystory /	359
12.6.2. Fotopowielacze /	361
12.7. Transoptory i przekaźniki /	362
12.7.1. Transoptory z fototranzystorem na wyjściu (I) /	364
12.7.2. Transoptory z wyjściem cyfrowym (II) /	365
12.7.3. Transoptory – sterowniki MOS-ów i IGBT-ów (III) /	366
12.7.4. Transoptory do zastosowań analogowych (IV) /	367
12.7.5. Przekaźniki półprzewodnikowe z tranzystorem na wyjściu (V) /	369
12.7.6. Przekaźniki półprzewodnikowe z tyrystorem/triakiem na wyjściu (VI) /	371
12.7.7. Transoptory z wejściem przemiennoprądowym (VII) /	372
12.7.8. Przerzywacze optyczne /	373
12.8. Optoelektronika: światłowodowe łącza cyfrowe /	374
12.8.1. TOSLINK /	374
12.8.2. Versatile Link /	376
12.8.3. Moduły do światłowodów szklanych ze złączami SC/ST /	377
12.8.4. Całkowicie scalone moduły nadawczo-odbiorcze do szybkiej transmisji światłowodowej /	378
12.9. Sygnały cyfrowe a długie przewody /	379
12.9.1. Połączenia lokalne /	379
12.9.2. Połączenia między płytkami /	381
12.10. Transmisja sygnałów cyfrowych za pośrednictwem kabli /	382
12.10.1. Kable współosiowe (koncentryczne) /	382
12.10.2. Właściwy sposób transmisji (I): dopasowanie falowe na końcu kabla /	384
12.10.3. Kable symetryczne /	390
12.10.4. RS-232 /	399
12.10.5. Podsumowanie /	401
Podsumowanie rozdziału 12 /	403

ROZDZIAŁ 13

Na styku techniki analogowej i techniki cyfrowej /	410
13.1. Kilka uwag wstępnych /	411
13.1.1. Podstawowe parametry przetworników C/A i A/C /	411
13.1.2. Kody /	411
13.1.3. Błędy przetwarzania /	411
13.1.4. Przetworniki autonomiczne kontra wbudowane /	412
13.2. Przetworniki cyfrowo-analogowe (C/A) /	413
13.2.1. Przetworniki C/A z łańcuchem oporników /	413
13.2.2. Przetworniki C/A z drabinką R-2R /	414
13.2.3. Przetworniki C/A z przełączaniem prądów /	416
13.2.4. Mnożące przetworniki C/A /	416
13.2.5. Wytwarzanie napięcia wyjściowego /	417
13.2.6. Sześć przetworników C/A /	419
13.2.7. Przetworniki C/A sigma-delta /	422
13.2.8. Modulator szerokości impulsów jako przetwornik cyfrowo-analogowy /	422
13.2.9. Przetworniki częstotliwość-napięcie /	425
13.2.10. Mnożący eliminator impulsów /	425
13.2.11. Wybór przetwornika cyfrowo-analogowego /	426
13.3. Przykładowe układy z przetwornikami C/A /	426
13.3.1. Laboratoryjne źródło napięcia stałego ogólnego przeznaczenia /	426
13.3.2. Ośmiokanałowe źródło napięcia /	432
13.3.3. Nanoamperowe bipolarne źródło prądowe o szerokim zakresie napięcia wyjściowego /	432
13.3.4. Precyzyjny sterownik cewki /	435
13.4. Nieliniowość przetworników C/A /	438
13.5. Przetworniki analogowo-cyfrowe (A/C) /	439
13.5.1. Digitalizacja: aliasing, częstotliwość próbkowania i głębokość próbkowania /	439

- 13.5.2. Sposoby przetwarzania analogowo-cyfrowego / 442
- 13.6. Przetworniki A/C – grupa I: przetworniki równoległe („flash”) / 443
 - 13.6.1. Zmodyfikowane przetworniki równoległe / 446
 - 13.6.2. Sterowanie przetwornikami A/C: równoległymi, składankowymi i RF / 448
 - 13.6.3. Przykład przetwornika równoległego z próbkowaniem podpasmowym / 450
- 13.7. Przetworniki A/C – grupa II: przetworniki kompensacyjne / 451
 - 13.7.1. Przykład prostego kompensacyjnego przetwornika A/C / 456
 - 13.7.2. Odmiany przetworników kompensacyjnych / 457
 - 13.7.3. Przykład układu przetwarzania A/C / 457
- 13.8. Przetworniki A/C – grupa III: przetworniki całkujące / 460
 - 13.8.1. Przetwarzanie napięcia na częstotliwość / 460
 - 13.8.2. Metoda jednokrotnego całkowania / 461
 - 13.8.3. Metody oparte na równoważeniu ładunków / 461
 - 13.8.4. Metoda dwukrotnego całkowania / 462
 - 13.8.5. Dygresja: klucze analogowe w układach przetwarzania sygnałów / 463
 - 13.8.6. Projekty mistrzów: światowej klasy przetworniki A/C z wielokrotnym całkowaniem firmy Agilent / 467
- 13.9. Przetworniki A/C – grupa IV: przetworniki sigma-delta / 471
 - 13.9.1. Prosty przetwornik sigma-delta do naszego monitora dawki promieniowania UV / 471
 - 13.9.2. Demistyfikacja przetwornika sigma-delta / 473
 - 13.9.3. Analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe przetworniki sigma-delta / 474
 - 13.9.4. Proces przetwarzania sigma-delta / 474
 - 13.9.5. Dygresja: kształtowanie widma szumu / 481
 - 13.9.6. Konkluzja / 482
 - 13.9.7. Symulacja / 484
 - 13.9.8. A co z przetwornikami C/A? / 485
 - 13.9.9. Zalety i wady nadpróbkujących przetworników sigma-delta / 486
 - 13.9.10. Sygnały spoczynkowe / 487
 - 13.9.11. Kilka przykładów zastosowań przetworników sigma-delta / 489
- 13.10. Przetworniki A/C: wybór i kompromisy / 495
 - 13.10.1. Przetworniki sigma-delta i ich konkurencja / 495
 - 13.10.2. Przetworniki A/C próbujące kontra uśredniające: szum / 498
 - 13.10.3. Mikromocowe przetworniki A/C / 499
- 13.11. Kilka niezwykłych przetworników A/C i C/A / 500
 - 13.11.1. ADE7753: wielofunkcyjny układ scalony do pomiaru mocy pobieranej z sieci energetycznej / 501
 - 13.11.2. AD7873: digitalizer ekranu dotykowego / 504
 - 13.11.3. AD7927: przetwornik A/C z sekwencerem / 505
 - 13.11.4. AD7730: podsystem do precyzyjnych pomiarów mostkowych / 505
- 13.12. Przykłady systemów przetwarzania A/C / 507
 - 13.12.1. Multipleksowany 16-kanalowy system zbierania danych / 507
 - 13.12.2. Wielokanałowy system równoległego zbierania danych z przetwornikami kompensacyjnymi / 511
 - 13.12.3. Wielokanałowy system równoległego zbierania danych z przetwornikami sigma-delta / 514
- 13.13. Pętla fazowa / 518
 - 13.13.1. Wprowadzenie / 518
 - 13.13.2. Podzespoły pętli fazowej / 520
 - 13.13.3. Projektowanie pętli fazowej / 524
 - 13.13.4. Projektowanie powielacza częstotliwości / 524
 - 13.13.5. Zaskok pętli fazowej i jej pozostawanie w stanie synchronizmu / 529
 - 13.13.6. Niektóre zastosowania pętli fazowej / 531
 - 13.13.7. Podsumowanie: jak pętla fazowa tłumi szum i jitter / 543
- 13.14. Generatory sekwencji pseudolosowych i generatory szumu / 544
 - 13.14.1. Cyfrowa generacja szumu / 544
 - 13.14.2. Rejestry liniowe / 544
 - 13.14.3. Wytwarzanie szumu analogowego z ciągów maksymalnie długich / 547
 - 13.14.4. Widmo mocy ciągu pseudolosowego / 547

- 13.14.5. Filtracja dolnoprzepustowa / 550
- 13.14.6. Podsumowanie / 552
- 13.14.7. Generatory szumu wytwarzające sygnał prawdziwie losowy / 554
- 13.14.8. Hybrydowy filtr cyfrowy / 555
- Podsumowanie rozdziału 13 / 556

ROZDZIAŁ 14

- Komputery, kontrolery i łącza do transmisji danych / 562
- 14.1. Architektura komputera: procesor i magistrala / 563
 - 14.1.1. Procesor (CPU) / 564
 - 14.1.2. Pamięć / 565
 - 14.1.3. Pamięć masowa / 565
 - 14.1.4. Grafika, sieć komputerowa, sterowniki łącz równoległych i szeregowych / 566
 - 14.1.5. Układy wejścia/wyjścia czasu rzeczywistego / 566
 - 14.1.6. Magistrala / 566
- 14.2. Zbiór instrukcji komputera / 567
 - 14.2.1. Język symboliczny i język maszynowy / 567
 - 14.2.2. Uproszczony zbiór instrukcji procesorów rodziny x86 / 568
 - 14.2.3. Przykład programowania / 572
- 14.3. Sygnały magistrali i sposoby łączenia się z nią / 573
 - 14.3.1. Podstawowe sygnały magistrali: dane, adresy, sygnały strobuujące / 573
 - 14.3.2. Programowa obsługa wejścia/wyjścia: wysyłanie danych / 574
 - 14.3.3. Programowanie wektorowego wyświetlacza XY / 577
 - 14.3.4. Programowa obsługa wejścia/wyjścia: przyjmowanie danych / 578
 - 14.3.5. Programowa obsługa wejścia/wyjścia: rejestry stanu / 579
 - 14.3.6. Programowalny układ we/wy: rejestr rozkazów / 582
 - 14.3.7. Przerwania / 583
 - 14.3.8. Obsługa przerwania / 584
 - 14.3.9. Uogólnienie metody przerwania / 587
 - 14.3.10. Bezpośredni dostęp do pamięci / 591
 - 14.3.11. Zestawienie sygnałów 8-bitowej magistrali PC104/ISA / 593
 - 14.3.12. Magistrala PC104 we wbudowywanym komputerze jednopłytkowym / 595
- 14.4. Rodzaje pamięci / 596
 - 14.4.1. Pamięci ulotne i nieulotne / 597
 - 14.4.2. Statyczne i dynamiczne pamięci RAM / 597
 - 14.4.3. Statyczna pamięć RAM (SRAM) / 598
 - 14.4.4. Pamięć DRAM / 601
 - 14.4.5. Pamięć nieulotna / 605
 - 14.4.6. Pamięci półprzewodnikowe: podsumowanie / 611
- 14.5. Inne magistrale i łącza do transmisji danych: ogólny zarys / 612
- 14.6. Magistrale i łącza równoległe / 616
 - 14.6.1. Magistrala równoległa między podzespołami elektronicznymi – przykład / 616
 - 14.6.2. Szybkie łącza równoległe między elementami elektronicznymi – dwa przykłady / 617
 - 14.6.3. Inne równoległe magistrale komputerowe / 618
 - 14.6.4. Równoległe magistrale i łącza peryferyjne / 619
- 14.7. Magistrale i łącza szeregowo / 620
 - 14.7.1. SPI / 621
 - 14.7.2. Dwuprzewodowa magistrala I2C („TWI”) / 622
 - 14.7.3. Szeregowo magistrala jednoprzewodowa („1-wire”) / 625
 - 14.7.4. JTAG / 625
 - 14.7.5. Precz z linią sygnału zegarowego: można go odtworzyć z ciągu danych / 626
 - 14.7.6. SATA, eSATA i SAS / 627
 - 14.7.7. PCI Express / 627
 - 14.7.8. Asynchroniczne magistrale szeregowo (RS232, RS485) / 628
 - 14.7.9. Kodowanie Manchester / 631
 - 14.7.10. Kodowanie bifazowe / 631
 - 14.7.11. RLL w ciągach binarnych: przetykanie bitami / 634

- 14.7.12. Kodowanie RLL: 8b/10b i inne / 634
- 14.7.13. USB / 635
- 14.7.14. FireWire / 636
- 14.7.15. Magistrala CAN (Controller Area Network) / 636
- 14.7.16. Ethernet / 640
- 14.8. Formaty liczb / 641
- 14.8.1. Liczby całkowite / 641
- 14.8.2. Liczby zmiennoprzecinkowe / 641
- Podsumowanie rozdziału 14 / 644

ROZDZIAŁ 15

Mikrokontrolery / 649

- 15.1. Wstęp / 649
- 15.2. Projekt 1: monitor promieniowania UV (V) / 650
- 15.2.1. Realizacja z użyciem mikrokontrolera / 651
- 15.2.2. Program mikrokontrolera („firmware”) / 653
- 15.3. Przegląd popularnych rodzin mikrokontrolerów / 657
- 15.3.1. Wewnętrzne układy peryferyjne / 659
- 15.4. Projekt 2: układ sterowania zasilaniem urządzeń sieciowych / 660
- 15.4.1. Realizacja za pomocą mikrokontrolera / 661
- 15.4.2. Program mikrokontrolera / 663
- 15.5. Projekt 3: syntezytor częstotliwości / 664
- 15.5.1. Program mikrokontrolera / 667
- 15.6. Projekt 4: układ sterujący temperaturą / 670
- 15.6.1. Sprzęt / 670
- 15.6.2. Pętla sterowania / 676
- 15.6.3. Program mikrokontrolera / 677
- 15.7. Projekt 5: układ stabilizacji platformy pojazdu dwukołowego / 679
- 15.8. Scalone układy peryferyjne dla mikrokontrolerów / 680
- 15.8.1. Układy peryferyjne łączone bezpośrednio z mikrokontrolerem / 682
- 15.8.2. Układy peryferyjne z łączem SPI / 685
- 15.8.3. Układy peryferyjne z łączem I2C / 688
- 15.8.4. Kilka ważnych ograniczeń sprzętowych / 690
- 15.9. Środowisko uruchomieniowe / 691
- 15.9.1. Oprogramowanie / 691
- 15.9.2. Ograniczenia związane z programowaniem w czasie rzeczywistym / 693
- 15.9.3. Sprzęt / 695
- 15.9.4. Projekt Arduino / 698
- 15.10. Na zakończenie / 699
- 15.10.1. O kosztach sprzętu i oprogramowania / 699
- 15.10.2. Kiedy używać mikrokontrolerów / 700
- 15.10.3. Jak wybrać mikrokontroler / 701
- 15.10.4. Uwaga na odchodnym / 701
- Przegląd rozdziału 15 / 702

DODATEK A

Powtórka z matematyki / 705

- A.1. Trygonometria, funkcje wykładnicze i logarytmiczne / 705
- A.2. Liczby zespolone / 705
- A.3. Obliczanie pochodnych (rachunek różniczkowy) / 707
- A.3.1. Pochodne niektórych popularnych funkcji / 708
- A.3.2. Kilka reguł na obliczanie pochodnych funkcji złożonych / 708
- A.3.3. Obliczanie pochodnych: kilka przykładów / 708

DODATEK B

Jak rysować schematy / 709

- B.1. Zasady ogólne / 709

- B.2. Reguły / 709
- B.3. Wskazówki / 710
- B.4. Prosty przykład / 710

DODATEK C

Oporniki / 712

- C.1. Szczypta historii / 712
- C.2. Dostępne wartości rezystancji / 712
- C.3. Znakowanie oporników / 713
- C.4. Typy oporników / 713
- C.5. Komedia omyłek / 715

DODATEK D

Twierdzenie Thévenina / 716

- D.1. Dowód / 716
 - D.1.1. Dwa przykłady: dzielnik napięcia i quasi-dzielnik napięcia / 717
- D.2. Twierdzenie Nortona / 717
- D.3. Jeszcze jeden przykład / 717
- D.4. Twierdzenie Millmana / 718

DODATEK E

Filtry LC o charakterystyce Butterwortha / 719

- E.1. Filtr dolnoprzepustowy / 719
- E.2. Filtr górnoprzepustowy / 720
- E.3. Przykłady filtrów / 720

DODATEK F

Proste obciążenia / 723

- F.1. Przykład / 723
- F.2. Elementy o trzech końcówkach / 724
- F.3. Elementy nieliniowe / 724

DODATEK G

Charakterograf / 726

DODATEK H

Linie transmisyjne i dopasowywanie impedancji / 727

- H.1. Niektóre właściwości linii transmisyjnych / 727
 - H.1.1. Impedancja charakterystyczna (falowa) / 727
 - H.1.2. Impulsowe sterowanie linią transmisyjną z różnym obciążeniem jej końca / 729
 - H.1.3. Sinusoidalne sterowanie linią transmisyjną z różnym obciążeniem jej końca / 733
 - H.1.4. Straty w liniach transmisyjnych / 734
- H.2. Dopasowywanie impedancji / 735
 - H.2.1. Szerokopasmowe rezystorowe układy dopasowujące / 736
 - H.2.2. Tłumik rezystorowy / 737
 - H.2.3. Szerokopasmowe (bezstratne) transformatorowe układy dopasowujące / 737
 - H.2.4. Wąskopasmowe (bezstratne) reaktancyjne układy dopasowujące / 739
- H.3. Linie opóźniające i układy formowania impulsów z elementów o parametrach skupionych / 740
- H.4. Epilog: wyznaczanie impedancji falowej linii transmisyjnej / 741
 - H.4.1. Metoda pierwsza: linia obciążona opornikiem o rezystancji równej impedancji falowej / 741
 - H.4.2. Metoda druga: linia o nieskończonej długości / 742
 - H.4.3. Postscriptum: linie opóźniające z elementów dyskretnych / 742

DODATEK I

Telewizja: krótkie wprowadzenie / 746

- I.1. Telewizja: wizja + fonia / 746
 - I.1.1. Fonia / 746
 - I.1.2. Wizja / 747

- I.2. Łączenie i przesyłanie wizji + fonii: modulacja / 749
- I.3. Rejestrowanie analogowych programów telewizyjnych / 752
- I.4. Telewizja cyfrowa: co to takiego? / 752
- I.5. Telewizja cyfrowa: rozsiwca i kablowa / 755
- I.6. Bezpośrednia telewizja satelitarna / 756
- I.7. Transmisja strumieniowa cyfrowego sygnału wizyjnego za pośrednictwem internetu / 759
- I.8. Cyfrowa telewizja kablowa: usługi premium i dostęp warunkowy / 760
- I.8.1. Cyfrowa telewizja kablowa: wideo na życzenie / 760
- I.8.2. Cyfrowa telewizja kablowa: transmisje kluczowane / 761
- I.9. Rejestrowanie cyfrowych programów telewizyjnych / 761
- I.10. Wyświetlacze obrazu telewizyjnego / 762
- I.11. Łączy wizyjne: analogowe (sygnału zespolonego, sygnałów składowych) i cyfrowe (HDMI/DVI, DisplayPort) / 763

DODATEK J

Elementarz programu SPICE: jak uruchomić bezpłatny ICAP/4 demo / 767

- J.1. Instalacja programu ICAP SPICE / 767
- J.2. Wprowadzanie schematu / 767
- J.3. Symulacje / 767
 - J.3.1. Wprowadzenie schematu / 768
 - J.3.2. Symulacja: analiza częstotliwościowa (małosygnałowa) / 768
 - J.3.3. Symulacja: analiza stanów przejściowych (przebiegi napięcia wejściowego i wyjściowego) / 769
- J.4. Kilka uwag końcowych / 770
- J.5. Przykład wykorzystania programu SPICE: badanie zniekształceń nieliniowych wzmacniacza / 770
- J.6. Dodawanie elementów do bazy danych / 770

DODATEK K

„Gdzie można kupić te wszystkie dobra elektroniczne?” / 771

DODATEK L

Przyrządy i narzędzia laboratoryjne / 773

DODATEK M

Katalogi, czasopisma, dane techniczne elementów / 775

DODATEK N

Lektury uzupełniające i bibliografia / 777

DODATEK O

Oscyloskop / 782

- O.1. Oscyloskop analogowy / 782
 - O.1.1. Tor odchyłania pionowego / 782
 - O.1.2. Tor odchyłania poziomego / 784
 - O.1.3. Wyzwalanie / 784
 - O.1.4. Wskazówki dla początkujących / 784
 - O.1.5. Sondy / 785
 - O.1.6. Masa (uziemiaenie) oscyloskopu / 786
 - O.1.7. Inne cechy oscyloskopu / 786
- O.2. Oscyloskop cyfrowy / 787
 - O.2.1. Różnice między oscyloskopem cyfrowym a oscyloskopem analogowym / 788
 - O.2.2. Kilka ostrzeżeń / 790

DODATEK P

Skróty i skrótowce / 792