
Spis treści

1. Wprowadzenie	11
1.1. Rozwój elektroniki	12
1.2. Sygnały elektryczne	17
1.3. Przykładowe pytania i zadania kontrolne	25
2. Właściwości wybranych materiałów elektronicznych	27
2.1. Właściwości materiałów półprzewodnikowych	28
2.1.1. Budowa krystaliczna półprzewodników	28
2.1.2. Model pasmowy	30
2.1.3. Półprzewodniki niedomieszkowane (samoistne)	32
2.1.4. Półprzewodniki domieszkowane (niesamoistne)	32
2.1.5. Przepływ prądu w półprzewodniku domieszkowanym	36
2.1.6. Szumy w półprzewodnikach	39
2.2. Budowa i właściwości grafenu, fosforu czarnego i molibdenitu	40
2.3. Właściwości materiałów piezoelektrycznych	44
2.3.1. Wprowadzenie	44
2.3.2. Materiały piezoelektryczne ceramiczne	45
2.3.3. Właściwości materiałów piezoelektrycznych foliowych	49
2.4. Przykładowe pytania i zadania kontrolne	50
3. Elementy bierne układów elektronicznych	53
3.1. Wprowadzenie	54
3.2. Rezystory	54
3.3. Kondensatory	57
3.4. Cewki indukcyjne	61
3.5. Elementy piezoelektryczne	64
3.6. Przykładowe pytania i zadania kontrolne	68
4. Elementy półprzewodnikowe układów elektronicznych	69
4.1. Wprowadzenie	70
4.2. Bezzłączowe elementy półprzewodnikowe	70
4.2.1. Warystory	70
4.2.2. Termorezystory	71
4.2.3. Elementy galwanomagnetyczne	74

4.3.	Diody półprzewodnikowe	78
4.3.1.	Wprowadzenie	78
4.3.2.	Właściwości złączy <i>PN</i>	79
4.3.3.	Rodzaje i parametry diod	84
4.4.	Tranzystory bipolarne	93
4.4.1.	Wprowadzenie	93
4.4.2.	Zasada działania	94
4.4.3.	Właściwości i parametry	96
4.5.	Tranzystory unipolarne	105
4.5.1.	Wprowadzenie	105
4.5.2.	Tranzystory złączowe JFET	105
4.5.3.	Tranzystory z izolowaną bramką MOSFET	110
4.6.	Półprzewodnikowe elementy przełączające	116
4.6.1.	Wprowadzenie	116
4.6.2.	Tyrystory	116
4.6.3.	Inne elementy przełączające	120
4.7.	Przykładowe pytania i zadania kontrolne	122
5.	Układy scalone	129
5.1.	Wprowadzenie	130
5.2.	Układy monolityczne	132
5.3.	Układy hybrydowe	136
5.4.	Przykładowe pytania i zadania kontrolne	137
6.	Elementy optoelektroniczne	139
6.1.	Wprowadzenie	140
6.2.	Półprzewodnikowe detektory promieniowania	142
6.2.1.	Wiadomości podstawowe	142
6.2.2.	Fotorezystory	142
6.2.3.	Fotodiody	145
6.2.4.	Ogniwa fotoelektryczne	147
6.2.5.	Fototranzystory	149
6.2.6.	Fotodetektory scalone	150
6.3.	Półprzewodnikowe źródła promieniowania	152
6.3.1.	Wiadomości podstawowe	152
6.3.2.	Diody elektroluminescencyjne	152
6.3.3.	Lasery	156
6.3.3.1.	Wiadomości podstawowe	156
6.3.3.2.	Budowa i zasada działania wybranych typów laserów	157
6.4.	Transoptory	160
6.5.	Wyświetlacze	162
6.5.1.	Wiadomości wstępne	162
6.5.2.	Wyświetlacze ciekłokrystaliczne	162
6.5.3.	Wyświetlacze plazmowe	165
6.5.4.	Wyświetlacze półprzewodnikowe	167
6.6.	Przykładowe pytania i zadania kontrolne	169

7. Układy prostownicze	173
7.1. Wprowadzenie	174
7.2. Prostowniki niesterowane	175
7.2.1. Prostowniki z obciążeniem rezystancyjnym	175
7.2.2. Prostowniki z obciążeniem pojemnościowym i indukcyjnym	179
7.3. Prostowniki sterowane	184
7.4. Filtry prostownicze	188
7.5. Powielacze napięcia	191
7.6. Przykładowe pytania i zadania kontrolne	193
8. Wzmacniacze	195
8.1. Wprowadzenie	196
8.2. Charakterystyki i parametry wzmacniaczy	196
8.3. Sprzężenie zwrotne we wzmacniaczach	202
8.4. Podstawowe układy wzmacniające	208
8.4.1. Układy pracy tranzystorów we wzmacniaczach	208
8.4.2. Właściwości podstawowych układów wzmacniających z tranzystorami bipolarnymi	210
8.4.3. Właściwości podstawowych układów wzmacniających z tranzystorami unipolarnymi	217
8.4.4. Zasilanie i stabilizacja punktu pracy tranzystorów bipolarnych	220
8.4.5. Zasilanie i stabilizacja punktu pracy tranzystorów unipolarnych	228
8.5. Wzmacniacze różnicowe	230
8.6. Wzmacniacze napięciowe wielostopniowe	234
8.6.1. Wzmacniacze o sprzężeniu pojemnościowym	234
8.6.2. Wzmacniacze o sprzężeniu bezpośrednim	239
8.6.3. Wzmacniacze z przetwarzaniem	242
8.7. Wzmacniacze operacyjne	246
8.7.1. Właściwości i parametry	246
8.7.2. Typy i struktura	249
8.7.3. Zastosowanie wzmacniaczy operacyjnych w układach liniowych	251
8.7.4. Zastosowanie wzmacniaczy operacyjnych w układach nieliniowych	260
8.8. Wzmacniacze mocy	270
8.9. Wzmacniacze selektywne	278
8.9.1. Wprowadzenie	278
8.9.2. Wzmacniacze rezonansowe	279
8.9.3. Amplifiltry	283
8.10. Przykładowe pytania i zadania kontrolne	287
9. Generatory	299
9.1. Wprowadzenie	300
9.2. Generatory z rezystancją ujemną	301
9.3. Generatory przebiegów sinusoidalnych ze sprzężeniem zwrotnym	302
9.3.1. Wstęp	302
9.3.2. Generatory LC	303
9.3.3. Generatory RC	308
9.3.4. Generatory piezoelektryczne	311
9.3.5. Modulacja i demodulacja amplitudy, fazy i częstotliwości	313

9.4.	Generatory przebiegów niesinusoidalnych	338
9.4.1.	Wstęp	338
9.4.2.	Generatory przebiegów prostokątnych	339
9.4.3.	Generatory przebiegów liniowych	345
9.5.	Generatory uniwersalne	350
9.6.	Generatory sterowane	352
9.7.	Generatory cyfrowe	356
9.8.	Pętla fazowa PLL	359
9.9.	Generatory mocy	361
9.10.	Przykładowe pytania i zadania kontrolne	362
10.	Stabilizatory napięcia i prądu stałego	367
10.1.	Wprowadzenie	368
10.2.	Parametry stabilizatorów	368
10.3.	Stabilizatory parametryczne	372
10.4.	Stabilizatory kompensacyjne o działaniu ciągłym	375
10.5.	Stabilizatory impulsowe	381
10.6.	Stabilizatory scalone	386
10.7.	Przykładowe pytania i zadania kontrolne	387
11.	Układy i urządzenia cyfrowe	391
11.1.	Wprowadzenie	392
11.2.	Operacje logiczne	392
11.2.1.	Pojęcia podstawowe	392
11.2.2.	Zależności logiczne wyrażane w języku	393
11.2.3.	Zależności logiczne w działaniu urządzeń technicznych	393
11.2.4.	Podejście formalne – Rachunek zdań	394
11.3.	Systemy zapisu liczb. Operacje arytmetyczne	396
11.3.1.	Systemy dwójkowe zapisu liczb	396
11.3.2.	Operacje arytmetyczne w dwójkowych systemach zapisu liczb	400
11.3.2.1.	Dodawanie liczb dodatnich	400
11.3.2.2.	Odejmowanie liczb dodatnich	402
11.3.2.3.	Mnożenie liczb dodatnich	403
11.3.2.4.	Dzielenie liczb dodatnich	404
11.3.2.5.	Dodawanie liczb o dowolnym znaku	404
11.3.2.6.	Odejmowanie liczb o dowolnym znaku. Zmiana znaku	405
11.3.2.7.	Mnożenie i dzielenie liczb o dowolnym znaku	405
11.3.2.8.	Obliczanie funkcji	406
11.3.2.9.	Nadmiar	406
11.4.	Proste układy logiczne	407
11.4.1.	Cechy fizyczne układów logicznych	407
11.4.2.	Podstawowe techniki realizacyjne	411
11.4.2.1.	Układy TTL	411
11.4.2.2.	Układy MOS, CMOS	413
11.4.2.3.	Układy BICMOS	414
11.4.3.	Elementy kombinacyjne	415
11.4.3.1.	Wprowadzenie	415
11.4.3.2.	Bramki	417

11.4.3.3. Bramki trójanowe – magistrale	417
11.4.3.4. Iloczyn galwaniczny	418
11.4.4. Układy sekwencyjne. Przerzutniki	419
11.4.4.1. Układy sekwencyjne	419
11.4.4.2. Przerzutniki	420
11.4.4.3. Przerzutnik prosty RS	420
11.4.4.4. Przerzutniki synchroniczne	422
11.4.5. Elementy pomocnicze	427
11.4.5.1. Układy sprzęgające wejściowe	427
11.4.5.2. Układy sprzęgające wyjściowe	429
11.4.5.3. Układy czasowe	429
11.5. Bloki funkcjonalne i układy specjalizowane	430
11.5.1. Wiadomości podstawowe	430
11.5.2. Rejestry	431
11.5.3. Liczniki	433
11.5.4. Bloki arytmetyczne	436
11.5.4.1. Sumator	436
11.5.4.2. Komparator cyfrowy	438
11.5.4.3. Jednostka arytmetyczno-logiczna	439
11.5.5. Układy komutacyjne	439
11.5.5.1. Multiplexer	439
11.5.5.2. Demultiplexer	441
11.5.5.3. Dekoder	441
11.5.5.4. Koder	441
11.5.6. Pamięci	442
11.5.7. Układy sprzęgające z urządzeniami analogowymi	445
11.6. Urządzenia cyfrowe	446
11.6.1. Konstruowanie urządzeń cyfrowych	446
11.6.2. Układy sterowania i procesory	448
11.6.3. Mikroprocesory. Mikrokomputery	455
11.6.4. Układy cyfrowe programowane	458
11.6.5. Mikrokomputery jednoukładowe	461
11.7. Informacja cyfrowa	462
11.7.1. Przetwarzanie informacji cyfrowej	462
11.7.2. Kontrola poprawności przesyłania informacji	465
11.7.3. Przechowywanie informacji cyfrowej. Uwagi	468
11.8. Przykładowe pytania i zadania kontrolne	470
12. Wprowadzenie do elektronicznej techniki pomiarowej	477
12.1. Podstawowe pojęcia metrologii	478
12.1.1. Obiekt fizyczny i wielkości fizyczne	478
12.1.2. Jednostki miar i układy jednostek miar	478
12.1.3. Urządzenia pomiarowe	479
12.1.4. Metody pomiarowe	481
12.1.5. Błąd a niepewność pomiaru	483
12.2. Elementy techniki eksperymentu	485
12.2.1. Planowanie i przeprowadzanie pomiarów	485
12.2.2. Ocena dokładności pomiaru	487

12.2.3. Opracowanie wyników pomiarów	489
12.3. Aparatura pomiarowa	492
12.3.1. Wprowadzenie	492
12.3.2. Analogowe przetworniki do kondycjonowania sygnałów	497
12.3.3. Przetworniki cyfrowo-analogowe C/A i analogowo-cyfrowe A/C	506
12.3.4. Woltomierze i multimetry cyfrowe	519
12.3.5. Oscyloskopy	525
12.3.6. Systemy pomiarowe i przyrządy wirtualne	531
12.4. Pomiar i analiza sygnałów oraz elementów elektronicznych	541
12.4.1. Pomiar napięcia i natężenia prądu	541
12.4.2. Pomiar mocy	545
12.4.3. Pomiar częstotliwości, przedziału czasu i przesunięcia fazowego	547
12.4.4. Wyznaczanie wielkości charakteryzujących przebiegi impulsowe	552
12.4.5. Zasady analizy widmowej	554
12.4.6. Pomiar parametrów R , L , C	557
12.5. Wybrane urządzenia elektroniczne do pomiaru wielkości fizycznych	565
12.5.1. Wprowadzenie	565
12.5.2. Czujniki i przetworniki piezorezystywne	567
12.5.3. Czujniki i przetworniki piezoelektryczne	571
12.5.4. Światłowodowe czujniki optoelektroniczne	576
12.5.5. Dalmierze laserowe	579
12.5.6. Skanery 3D	580
12.5.7. Kamery termowizyjne	582
12.5.8. Kamery hiperspektralne	591
12.6. Przykładowe pytania i zadania kontrolne	593
13. Zasady bezpiecznego użytkowania i badania urządzeń elektronicznych	601
Rozwiązania wybranych zadań rachunkowych i testowych	605
Literatura	641