

Spis treści

Od autorów	15
1 BHP podczas wykonywania pomiarów elektrycznych	17
1.1 Zagrożenia wynikające z działania prądu elektrycznego na organizm ludzki	17
1.1.1 Wprowadzenie	17
1.1.2 Przyczyny porażeń prądem elektrycznym	17
1.1.3 Czynniki decydujące o stopniu porażenia prądem elektrycznym	18
1.1.4 Skutki przepływu prądu elektrycznego przez organizm człowieka	19
1.1.5 Pośrednie działanie prądu elektrycznego	21
1.1.6 Ćwiczenie	21
1.1.7 Sprawdzenie wiadomości	22
1.2 Zasady BHP podczas wykonywania pomiarów elektrycznych i elektronicznych	22
1.2.1 Wprowadzenie	22
1.2.2 Przepisy BHP	23
1.2.3 Ćwiczenie	24
1.2.4 Sprawdzenie wiadomości	25
1.3 Zasady BHP w zakresie montażu układów elektronicznych	26
1.3.1 Wprowadzenie	26
1.3.2 Przed przystąpieniem do pracy	26
1.3.3 Organizacja stanowiska pracy	27
1.3.4 Wykonywanie montażu urządzeń elektronicznych	28
1.3.5 Ćwiczenie	30
1.3.6 Sprawdzenie wiadomości	30
1.4 Zasady BHP w zakresie wykonywania połączeń w układach elektronicznych	31
1.4.1 Wprowadzenie	31
1.4.2 Wykonywanie połączeń elektrycznych	32
1.4.3 Wykonywanie połączeń mechanicznych	35
1.4.4 Ćwiczenie	37
1.4.5 Sprawdzenie wiadomości	38
1.5 Zasady udzielania pierwszej pomocy porażonym prądem elektrycznym	39
1.5.1 Wprowadzenie	39
1.5.2 Postępowanie podczas ratowania porażonych prądem elektrycznym	39
1.5.3 Ćwiczenie	43
1.5.4 Sprawdzenie wiadomości	44
1.6 Test kontrolny	44

2	Pomiary wielkości elektrycznych	48
2.1	Technika wykonywania pomiarów	48
2.1.1	Wprowadzenie	48
2.1.2	Podział i rodzaje wykonywanych pomiarów	48
2.1.3	Sposób dokonywania pomiarów	49
2.1.4	Ćwiczenie	52
2.1.5	Sprawdzenie wiadomości	53
2.2	Opracowanie wyników pomiarów	53
2.2.1	Wprowadzenie	53
2.2.2	Notowanie wskazań mierników	54
2.2.3	Opracowanie dokonanych pomiarów	55
2.2.4	Wykresy i prezentacja wyników pomiarów	55
2.2.5	Ćwiczenie	56
2.2.6	Sprawdzenie wiadomości	57
2.3	Narzędzia pomiarowe i ich właściwości	58
2.3.1	Pojęcia ogólne	58
2.3.2	Podział narzędzi pomiarowych	59
2.3.3	Od pomiaru do wyniku	59
2.3.4	Właściwości przyrządów pomiarowych	60
2.3.5	Ćwiczenie	62
2.3.6	Sprawdzenie wiadomości	62
2.4	Rodzaje elektrycznych przyrządów pomiarowych	63
2.4.1	Podział przyrządów pomiarowych	63
2.4.2	Analogowe przyrządy pomiarowe	64
2.4.3	Cyfrowe przyrządy pomiarowe	66
2.4.4	Mierniki cęgowe	67
2.4.5	Ćwiczenie	68
2.4.6	Sprawdzenie wiadomości	68
2.5	Oznaczenia i symbole na miernikach	69
2.5.1	Wprowadzenie	69
2.5.2	Mierniki analogowe	69
2.5.3	Multimetry cyfrowe	70
2.5.4	Ćwiczenie	71
2.5.5	Sprawdzenie wiadomości	72
2.6	Pomocniczy sprzęt pomiarowy	73
2.6.1	Wprowadzenie	73
2.6.2	Transformator	73
2.6.3	Autotransformator	75
2.6.4	Stycznik	75
2.6.5	Rezystor suwakowy	76
2.6.6	Rezystor dekadowy	77
2.6.7	Kondensator dekadowy i indukcyjność dekadowa	78
2.6.8	Przekładnik prądowy	79
2.6.9	Ćwiczenie	80
2.6.10	Sprawdzenie wiadomości	81

2.7	Zakres pomiarowy i klasa dokładności miernika	81
2.7.1	Wprowadzenie	82
2.7.2	Zakres pomiarowy	82
2.7.3	Klasa dokładności	83
2.7.4	Ćwiczenie	83
2.7.5	Sprawdzenie wiadomości	84
2.8	Rozszerzanie zakresu pomiarowego miernika	85
2.8.1	Wiadomości ogólne o miernikach i ich zakresach pomiarowych	85
2.8.2	Rozszerzanie zakresu pomiarowego miernika prądu za pomocą bocznika	85
2.8.3	Rozszerzanie zakresu pomiarowego napięcia za pomocą posobnika	87
2.8.4	Rozszerzanie zakresu pomiarowego za pomocą przekładników	88
2.8.5	Przekładniki napięciowe	88
2.8.6	Przekładniki prądowe	89
2.8.7	Ćwiczenia	92
2.8.8	Sprawdzenie wiadomości	95
2.9	Włączanie mierników w obwód elektryczny	95
2.9.1	Wprowadzenie	95
2.9.2	Włączanie woltomierza w obwód	96
2.9.3	Włączanie amperomierza w obwód	97
2.9.4	Włączanie omomierza w obwód	97
2.9.5	Włączanie watomierza w obwód	98
2.9.6	Włączanie miernika częstotliwości w obwód	100
2.9.7	Włączanie fazonierza w obwód	101
2.9.8	Włączanie licznika energii elektrycznej w obwód	101
2.9.9	Ćwiczenie	104
2.9.10	Sprawdzenie wiadomości	104
2.10	Szacowanie wartości wielkości mierzonej	105
2.10.1	Wprowadzenie	105
2.10.2	Szacowanie wartości prądu i napięcia	106
2.10.3	Szacowanie wartości mocy	111
2.10.4	Ćwiczenie	113
2.10.5	Sprawdzenie wiadomości	113
2.11	Obliczanie wartości wielkości mierzonej na podstawie wskazań miernika	116
2.11.1	Wprowadzenie	116
2.11.2	Stała miernika i wynik pomiaru	116
2.11.3	Ćwiczenie	117
2.11.4	Sprawdzenie wiadomości	118
2.12	Odczytywanie wskazań miernika cyfrowego	118
2.12.1	Wprowadzenie	118
2.12.2	Budowa mierników cyfrowych	119
2.12.3	Zasada działania mierników cyfrowych	119
2.12.4	Opis funkcjonalny mierników cyfrowych	120
2.12.4.1	Opis funkcji pomiarowych	120
2.12.4.2	Odczytywanie wskazań mierników cyfrowych	122
2.12.5	Ćwiczenie	123
2.12.6	Sprawdzenie wiadomości	124

2.13	Dokładność pomiaru	125
2.13.1	Wprowadzenie	125
2.13.2	Błąd bezwzględny i poprawka	125
2.13.3	Błąd względny	126
2.13.4	Błąd graniczny	126
2.13.5	Ćwiczenie	127
2.13.6	Sprawdzenie wiadomości	127
2.14	Błędy i niepewności pomiarowe	128
2.14.1	Wprowadzenie	128
2.14.2	Błędy przyrządów wskazówkowych	128
2.14.3	Wyznaczanie błędów przyrządów cyfrowych	130
2.14.4	Błąd metody	130
2.14.5	Niepewność pomiaru	131
2.14.6	Ćwiczenie	131
2.14.7	Sprawdzenie wiadomości	132
2.15	Bezpośredni pomiar napięcia stałego	132
2.15.1	Wprowadzenie	132
2.15.2	Pomiar napięcia stałego woltomierzem	133
2.15.3	Ćwiczenie	133
2.15.4	Sprawdzenie wiadomości	134
2.16	Pomiary napięcia z zastosowaniem dzielnika napięcia	134
2.16.1	Wprowadzenie	134
2.16.2	Ćwiczenie	135
2.16.3	Sprawdzenie wiadomości	136
2.17	Nastawianie i odczytywanie żądanych wartości napięcia stałego	137
2.17.1	Wprowadzenie	137
2.17.2	Układ jednostopniowy	137
2.17.3	Układ dwustopniowy równoległy	138
2.17.4	Układ dwustopniowy szeregowy	138
2.17.5	Ćwiczenie	139
2.17.6	Sprawdzenie wiadomości	142
2.18	Pomiary bezpośrednie i pośrednie prądu stałego	142
2.18.1	Wprowadzenie	142
2.18.2	Bezpośredni pomiar prądu stałego	143
2.18.3	Pośredni pomiar prądu stałego	143
2.18.4	Ćwiczenie	144
2.18.5	Sprawdzenie wiadomości	145
2.19	Nastawianie i odczytywanie żądanych wartości natężenia prądu stałego	145
2.19.1	Wprowadzenie	146
2.19.2	Układ jednostopniowy	146
2.19.3	Układ dwustopniowy	146
2.19.4	Ćwiczenie	147
2.19.5	Sprawdzenie wiadomości	149
2.20	Badanie źródeł prądu stałego	149
2.20.1	Wprowadzenie	150
2.20.2	Rezystancja wewnętrzna źródła prądu stałego	150

2.20.3	Siła elektromotoryczna źródła prądu stałego	150
2.20.4	Pojemność elektrochemicznego źródła prądu stałego	151
2.20.5	Ćwiczenie	152
2.20.6	Sprawdzenie wiadomości	154
2.21	Badanie układów połączeń rezystorów – wyznaczanie rezystancji zastępczej	155
2.21.1	Wprowadzenie	155
2.21.2	Połączenie szeregowe rezystorów	156
2.21.3	Połączenie równoległe rezystorów	156
2.21.4	Połączenie mieszane rezystorów	157
2.21.5	Ćwiczenie	158
2.21.6	Sprawdzenie wiadomości	160
2.22	Sprawdzenie podstawowych praw elektrotechniki (prawa Ohma i praw Kirchhoffa)	161
2.22.1	Wprowadzenie	161
2.22.2	Prawo Ohma	162
2.22.3	Pierwsze prawo Kirchhoffa	162
2.22.4	Drugie prawo Kirchhoffa	163
2.22.5	Ćwiczenie	164
2.22.6	Sprawdzenie wiadomości	166
2.23	Pomiar rezystancji metodą bezpośrednią	167
2.23.1	Wprowadzenie	167
2.23.2	Omomierz szeregowy	168
2.23.3	Omomierz równoległy	168
2.23.4	Ćwiczenie	169
2.23.5	Sprawdzenie wiadomości	170
2.24	Pomiar rezystancji metodami technicznymi	170
2.24.1	Wprowadzenie	170
2.24.2	Układ poprawnie mierzonego napięcia	171
2.24.3	Układ poprawnie mierzonego prądu	171
2.24.4	Ćwiczenie	172
2.24.5	Sprawdzenie wiadomości	173
2.25	Pomiar rezystancji metodami porównawczymi	174
2.25.1	Wprowadzenie	174
2.25.2	Metoda porównawcza prądowa	174
2.25.3	Metoda porównawcza napięciowa	175
2.25.4	Ćwiczenie	175
2.25.5	Sprawdzenie wiadomości	176
2.26	Pomiar rezystancji metodami mostkowymi	177
2.26.1	Wprowadzenie	177
2.26.2	Mostek Wheatstone'a	177
2.26.3	Mostek Thomsona	180
2.26.4	Ćwiczenie	183
2.26.5	Sprawdzenie wiadomości	185
2.27	Pomiar mocy w obwodach prądu stałego	186
2.27.1	Wprowadzenie	186

2.27.2	Bezpośredni pomiar mocy	186
2.27.3	Pomiar pośredni z wykorzystaniem rezystora wzorcowego i woltomierza	188
2.27.4	Ćwiczenie.	188
2.27.5	Sprawdzenie wiadomości	190
2.28	Badanie wpływu napięcia na natężenie prądu – wykres $I = f(U)$ elementów liniowych i nieliniowych (warystor i termistor).	190
2.28.1	Wprowadzenie	190
2.28.2	Warystory – elementy nieliniowe.	191
2.28.3	Termistory – elementy nieliniowe	193
2.28.4	Ćwiczenie.	195
2.28.5	Sprawdzenie wiadomości	200
2.29	Regulacja i pomiar napięcia przemiennego	201
2.29.1	Wprowadzenie	201
2.29.2	Pomiary i zmiana wartości napięć w energetyce	201
2.29.3	Pomiary i zmiana wartości napięć w przemyśle i laboratorium	204
2.29.4	Ćwiczenie.	207
2.29.5	Sprawdzenie wiadomości	210
2.30	Regulacja i pomiar prądu przemiennego	211
2.30.1	Wprowadzenie	211
2.30.2	Od czego zależy wartość prądu przemiennego?.....	212
2.30.3	Pomiar i regulacja prądu przemiennego	214
2.30.4	Ćwiczenie.	216
2.30.5	Sprawdzenie wiadomości	220
2.31	Pomiary indukcyjności własnej metodami techniczną, rezonansową i innymi	220
2.31.1	Wprowadzenie	220
2.31.2	Pomiary indukcyjności własnej metodą techniczną	221
2.31.3	Pomiary indukcyjności własnej metodą rezonansową	223
2.31.4	Pomiary indukcyjności własnej metodą bezpośrednią miernikiem RLC	224
2.31.5	Pomiary indukcyjności własnej metodą porównawczą	224
2.31.6	Ćwiczenie.	225
2.31.7	Sprawdzenie wiadomości	228
2.32	Pomiary pojemności metodami techniczną, rezonansową i innymi.	228
2.32.1	Wprowadzenie	228
2.32.2	Pomiary pojemności metodą techniczną	230
2.32.3	Pomiary pojemności metodą rezonansową	231
2.32.4	Pomiary pojemności metodą bezpośrednią miernikiem RLC.	232
2.32.5	Pomiary pojemności metodą porównawczą.	232
2.32.6	Ćwiczenie.	233
2.32.7	Sprawdzenie wiadomości	235
2.33	Pomiary mocy w obwodach jednofazowych prądu przemiennego.	236
2.33.1	Wprowadzenie	236
2.33.2	Prądy, napięcia i moce w obwodach prądu przemiennego.	237
2.33.3	Ćwiczenie.	240
2.33.4	Sprawdzenie wiadomości	242

2.34	Badanie szeregowego obwodu RLC (rezonans napięć)	243
2.34.1	Wprowadzenie	243
2.34.2	Szeregowy obwód RLC	243
2.34.3	Częstotliwość rezonansowa	244
2.34.4	Zależność napięcia na cewce i kondensatorze od częstotliwości napięcia zasilania	245
2.34.5	Ćwiczenie	246
2.34.6	Sprawdzenie wiadomości	248
2.35	Badanie równoległego obwodu RLC (rezonans prądów)	248
2.35.1	Wprowadzenie	249
2.35.2	Częstotliwość rezonansowa	249
2.35.3	Zależność prądu cewki i kondensatora od częstotliwości napięcia zasilania	250
2.35.4	Rezonans prądów w obwodzie z elementami rzeczywistymi	252
2.35.5	Ćwiczenie	253
2.35.6	Sprawdzenie wiadomości	254
2.36	Badanie obwodów trójfazowych połączonych w gwiazdę i w trójkąt	255
2.36.1	Wprowadzenie	255
2.36.2	Prądy, napięcia i połączenia odbiorników w obwodach trójfazowych prądu przemiennego	257
2.36.2.1	Połączenie obwodu trójfazowego w gwiazdę	257
2.36.2.2	Połączenie obwodu trójfazowego w trójkąt	258
2.36.3	Ćwiczenie	260
2.36.4	Sprawdzenie wiadomości	262
2.37	Pomiary mocy czynnej w obwodach trójfazowych	263
2.37.1	Wprowadzenie	263
2.37.2	Układy pomiaru mocy czynnej stosowane w obwodach trójfazowych prądu przemiennego	264
2.37.3	Ćwiczenie	267
2.37.4	Sprawdzenie wiadomości	270
2.38	Pomiary mocy biernej w obwodach trójfazowych	271
2.38.1	Wprowadzenie	271
2.38.2	Układy pomiaru mocy biernej stosowane w obwodach trójfazowych prądu przemiennego	272
2.38.3	Ćwiczenie	274
2.38.4	Sprawdzenie wiadomości	276
2.39	Pomiary za pomocą oscyloskopu	277
2.39.1	Wprowadzenie	277
2.39.2	Budowa oscyloskopu analogowego	277
2.39.3	Zasada działania oscyloskopu analogowego	278
2.39.4	Obsługa oscyloskopu analogowego	279
2.39.5	Oscyloskopy cyfrowe	280
2.39.6	Podstawowe pomiary oscyloskopem	282
2.39.7	Ćwiczenie	285
2.39.8	Sprawdzenie wiadomości	287
2.40	Testy kontrolne	288
2.40.1	Test kontrolny nr 1	288
2.40.2	Test kontrolny nr 2	291

2.40.3	Test kontrolny nr 3	294
2.40.4	Test kontrolny nr 4	297
2.40.5	Test kontrolny nr 5	300
2.40.6	Test kontrolny nr 6	303
3	Pomiary elementów, układów i urządzeń elektronicznych	307
3.1	Pomiary parametrów diod półprzewodnikowych	307
3.1.1	Wprowadzenie	307
3.1.2	Rodzaje i parametry diod półprzewodnikowych	307
3.1.2.1	Diody prostownicze	309
3.1.2.2	Diody elektroluminescencyjne LED	311
3.1.2.3	Diody Zenera	314
3.1.2.4	Fotodiody	315
3.1.2.5	Inne diody półprzewodnikowe	316
3.1.3	Ćwiczenie	317
3.1.4	Sprawdzenie wiadomości	319
3.2	Pomiary parametrów półprzewodnikowych elementów przełączających	320
3.2.1	Wprowadzenie	320
3.2.2	Rodzaje i parametry półprzewodnikowych elementów przełączających	320
3.2.2.1	Dynistor	321
3.2.2.2	Diak	321
3.2.2.3	Tyristor	322
3.2.2.4	Triak	324
3.2.3	Ćwiczenie	326
3.2.4	Sprawdzenie wiadomości	330
3.3	Pomiary parametrów elementów optoelektronicznych	330
3.3.1	Wprowadzenie	330
3.3.2	Rodzaje elementów optoelektronicznych i ich parametry	331
3.3.2.1	Fotorezystor	331
3.3.2.2	Fototranzystor	332
3.3.2.3	Fototyristor	334
3.3.2.4	Transoptor	334
3.3.2.5	Fotoogniwo	336
3.3.3	Ćwiczenie	337
3.3.4	Sprawdzenie wiadomości	342
3.4	Pomiary parametrów tranzystorów bipolarnych i unipolarnych	342
3.4.1	Wprowadzenie	343
3.4.2	Rodzaje tranzystorów i ich parametry	343
3.4.2.1	Tranzystory bipolarne BJT	343
3.4.2.2	Tranzystory polowe (unipolarne) FET	346
3.4.2.3	Tranzystory bipolarne z izolowaną bramką IGBT	349
3.4.3	Ćwiczenie	350
3.4.4	Sprawdzenie wiadomości	356
3.5	Pomiary w układach prostowniczych	356
3.5.1	Wprowadzenie	356
3.5.2	Rodzaje i parametry prostowników	357

3.5.2.1	Prostowniki jednofazowe jedno- i dwupulsowe.....	357
3.5.2.2	Prostowniki trójfazowe trzy- i sześciopulsowe.....	359
3.5.2.3	Prostowniki sterowane.....	362
3.5.3	Ćwiczenie.....	362
3.5.4	Sprawdzenie wiadomości.....	363
3.6	Pomiary w układach powielaczy napięcia.....	364
3.6.1	Wprowadzenie.....	364
3.6.2	Rodzaje i parametry powielaczy napięcia.....	365
3.6.2.1	Symetryczny podwajacz napięcia.....	365
3.6.2.2	Niesymetryczny podwajacz napięcia.....	365
3.6.2.3	Wielostopniowy powielacz napięcia.....	366
3.6.3	Ćwiczenie.....	367
3.6.4	Sprawdzenie wiadomości.....	369
3.7	Pomiary w układach stabilizatorów.....	369
3.7.1	Wprowadzenie.....	369
3.7.2	Rodzaje i parametry stabilizatorów napięcia.....	370
3.7.2.1	Prosty stabilizator zbudowany na diodzie Zenera.....	370
3.7.2.2	Stabilizator szeregowy z tranzystorem regulującym.....	371
3.7.2.3	Stabilizator równoległy.....	371
3.7.2.4	Stabilizatory impulsowe.....	372
3.7.2.5	Stabilizatory elektroniczne trójkońcówkowe (monolityczne).....	373
3.7.3	Parametry stabilizatorów napięcia.....	373
3.7.4	Ćwiczenie.....	374
3.7.5	Sprawdzenie wiadomości.....	375
3.8	Pomiary w układach kształtujących przebiegi elektryczne.....	376
3.8.1	Wprowadzenie.....	376
3.8.2	Podstawowe pojęcia.....	377
3.8.3	Układy kształtujące przebiegi elektryczne.....	378
3.8.3.1	Układ całkujący.....	378
3.8.3.2	Układ różniczkujący.....	381
3.8.3.3	Układy ograniczające napięcie.....	382
3.8.4	Ćwiczenie.....	385
3.8.5	Sprawdzenie wiadomości.....	387
3.9	Pomiary w układach zasilaczy.....	388
3.9.1	Wprowadzenie.....	388
3.9.2	Budowa zasilaczy sieciowych.....	389
3.9.2.1	Zasilacz impulsowy.....	389
3.9.2.2	Zasilacz liniowy (tradycyjny).....	390
3.9.2.3	Zasilacz bezprzerwowy UPS.....	391
3.9.3	Parametry zasilaczy.....	391
3.9.4	Ćwiczenie.....	392
3.9.5	Sprawdzenie wiadomości.....	394
3.10	Pomiary w układach wzmacniaczy.....	395
3.10.1	Wprowadzenie.....	395
3.10.2	Budowa wzmacniaczy elektronicznych.....	395
3.10.2.1	Wzmacniacze z tranzystorami bipolarnymi.....	396
3.10.2.2	Wzmacniacze z tranzystorami unipolarnymi.....	401

3.10.3	Parametry wzmacniaczy	402
3.10.4	Ćwiczenie.	402
3.10.5	Sprawdzenie wiadomości	403
3.11	Pomiary w układach ze wzmacniaczem operacyjnym	404
3.11.1	Wprowadzenie	404
3.11.2	Układy pracy wzmacniaczy operacyjnych	405
3.11.2.1	Wzmacniacz odwracający	405
3.11.2.2	Wzmacniacz nieodwracający	406
3.11.2.3	Wzmacniacz sumujący	407
3.11.2.4	Wzmacniacz odejmujący	408
3.11.2.5	Wtórnik napięcia	409
3.11.3	Parametry wzmacniaczy operacyjnych	410
3.11.4	Ćwiczenie.	410
3.11.5	Sprawdzenie wiadomości	411
3.12	Pomiary w układach filtrów częstotliwościowych	411
3.12.1	Wprowadzenie	412
3.12.2	Układy filtrów częstotliwościowych	413
3.12.2.1	Filtr dolnoprzepustowy	413
3.12.2.2	Filtr górnoprzepustowy	414
3.12.3	Filtry aktywne	415
3.12.3.1	Filtry aktywne dolnoprzepustowe	415
3.12.3.2	Filtry aktywne górnoprzepustowe	416
3.12.4	Parametry filtrów częstotliwościowych	416
3.12.5	Ćwiczenie.	417
3.12.6	Sprawdzenie wiadomości	418
3.13	Pomiary w układach generatorów	419
3.13.1	Wprowadzenie	419
3.13.2	Układy generatorów	420
3.13.2.1	Generator RC i CR	420
3.13.2.2	Generator LC z dzieloną pojemnością – Colpittsa	421
3.13.2.3	Generator LC z dzieloną indukcyjnością – Hartleya	423
3.13.2.4	Generator LC Meissnera	424
3.13.2.5	Generator przebiegu prostokątnego i trójkątnego	425
3.13.3	Zastosowanie generatorów	426
3.13.4	Parametry generatorów	426
3.13.5	Ćwiczenie.	426
3.13.6	Sprawdzenie wiadomości	430
3.14	Badanie bramek logicznych	431
3.14.1	Wprowadzenie	431
3.14.2	Algebra Boole’a	431
3.14.3	Bramki logiczne	433
3.14.4	Ćwiczenie.	434
3.14.5	Sprawdzenie wiadomości	438
3.15	Synteza układów kombinacyjnych	438
3.15.1	Wprowadzenie	438
3.15.2	Dwójkowy system zapisu liczb	439

3.15.3	Realizacja układów logicznych na bramkach	440
3.15.4	Minimalizacja funkcji logicznych	441
3.15.5	Ćwiczenie	445
3.15.6	Sprawdzenie wiadomości	445
3.16	Badanie konwerterów kodów	446
3.16.1	Wprowadzenie	446
3.16.2	Kodery	447
3.16.3	Dekodery	448
3.16.4	Ćwiczenie	449
3.16.5	Sprawdzenie wiadomości	451
3.17	Badanie multiplekserów	451
3.17.1	Wprowadzenie	452
3.17.2	Łączenie multiplekserów	452
3.17.3	Realizacja funkcji logicznych	453
3.17.4	Ćwiczenie	454
3.17.5	Sprawdzenie wiadomości	456
3.18	Badanie demultiplekserów	457
3.18.1	Wprowadzenie	457
3.18.2	Łączenie demultiplekserów	458
3.18.3	Ćwiczenie	458
3.18.4	Sprawdzenie wiadomości	460
3.19	Badanie przerzutników	461
3.19.1	Wprowadzenie	461
3.19.2	Najczęściej stosowane przerzutniki	462
3.19.3	Sposoby wyzwalania przerzutników	464
3.19.4	Parametry przerzutników	464
3.19.5	Dwójka licząca	465
3.19.6	Ćwiczenie	465
3.19.7	Sprawdzenie wiadomości	469
3.20	Badanie liczników asynchronicznych	470
3.20.1	Wprowadzenie	470
3.20.2	Budowa liczników asynchronicznych modulo K	470
3.20.3	Liczniki asynchroniczne w technologii scalonej	472
3.20.4	Realizacja liczników mod K na układzie 7490	473
3.20.5	Licznik dwudekadowy na układzie 7490	474
3.20.6	Ćwiczenie	475
3.20.7	Sprawdzenie wiadomości	476
3.21	Badanie liczników synchronicznych	477
3.21.1	Wprowadzenie	477
3.21.2	Zasada działania liczników synchronicznych	477
3.21.3	Liczniki synchroniczne w technologii scalonej	478
3.21.4	Ćwiczenie	479
3.21.5	Sprawdzenie wiadomości	482
3.22	Badanie rejestrów	483
3.22.1	Wprowadzenie	483

3.22.2	Rejestry równoległe	484
3.22.3	Rejestry szeregowo	484
3.22.4	Rejestry scalone	485
3.22.5	Ćwiczenie	487
3.22.6	Sprawdzenie wiadomości	488
3.23	Badanie scalonych układów cyfrowych	489
3.23.1	Wprowadzenie	489
3.23.2	Minialarm domowy	489
3.23.2.1	Tablica prawdy – określenie wartości wyjścia układu w zależności od stanu wejść ..	489
3.23.2.2	Metoda Karnaugh'a i jej reguły	491
3.23.2.3	Od wzoru do schematu elektrycznego	492
3.23.3	Ćwiczenie	497
3.23.4	Sprawdzenie wiadomości	498
3.24	Testy kontrolne	499
3.24.1	Test kontrolny nr 1	499
3.24.2	Test kontrolny nr 2	502
3.24.3	Test kontrolny nr 3	506
3.24.4	Test kontrolny nr 4	509
Bibliografia		512
Źródła ilustracji		513
Rozwiązania testów kontrolnych		517