

Spis treści

Spis tablic / 12	
Przedmowa / 13	
Przedmowa do drugiego wydania angielskiego / 16	
Przedmowa do pierwszego wydania angielskiego / 18	
ROZDZIAŁ 1	
Podstawy / 21	
1.1. Wprowadzenie / 21	
1.2. Napięcie, prąd i rezystancja / 22	
1.2.1. Napięcie i prąd / 22	
1.2.2. Zależność między napięciem i prądem: oporniki (rezystory) / 23	
1.2.3. Dzielniki napięcia / 28	
1.2.4. Źródła napięciowe i prądowe / 29	
1.2.5. Układ równoważny Thevenina / 31	
1.2.6. Rezystancja małosygnałowa / 35	
1.2.7. Przykład: „Jest za gorąco!” / 36	
1.3. Sygnały / 37	
1.3.1. Sygnały sinusoidalne / 37	
1.3.2. Amplitudy sygnałów i decybele / 38	
1.3.3. Inne sygnały / 39	
1.3.4. Poziomy logiczne / 41	
1.3.5. Źródła sygnałów / 41	
1.4. Kondensatory i układy prądu przemiennego / 42	
1.4.1. Kondensatory / 42	
1.4.2. Układy RC: zależność U i / od czasu / 46	
1.4.3. Układy różniczkujące / 51	
1.4.4. Układy całkujące (integratory) / 52	
1.4.5. Nic nie jest doskonałe... / 54	
1.5. Cewki indukcyjne i transformatory / 54	
1.5.1. Cewki indukcyjne / 54	
1.5.2. Transformatory / 57	
1.6. Diody i układy z diodami / 58	
1.6.1. Diody / 58	
1.6.2. Prostowanie / 59	
1.6.3. Filtrowanie napięć wyjściowych zasilaczy sieciowych / 60	
1.6.4. Układy prostowników stosowane w zasilaczach sieciowych / 61	
1.6.5. Stabilizatory / 63	
1.6.6. Układowe zastosowania diod / 64	
1.6.7. Obciążenie indukcyjne i zabezpieczenie diodowe / 67	
1.6.8. Mały przerywnik: coś dobrego o cewkach / 69	
1.7. Impedancja i reaktancja / 69	
1.7.1. Analiza częstotliwościowa układów reaktancyjnych / 71	
1.7.2. Reaktancja cewki indukcyjnej / 74	
1.7.3. Napięcie i prąd jako liczby zespolone / 75	
1.7.4. Reaktancje kondensatorów i cewek / 76	
1.7.5. Uogólnione prawo Ohma / 76	
1.7.6. Moc w układach reaktancyjnych / 77	
1.7.7. Uogólniony dzielnik napięcia / 79	
1.7.8. Filtry górnoprzepustowe RC I / 79	
1.7.9. Filtry dolnoprzepustowe RC I / 81	
1.7.10. Różniczkujące i całkujące układy RC w dziedzinie częstotliwości / 82	
1.7.11. Cewki kontra kondensatory / 82	
1.7.12. Wykresy wskazowe / 83	
1.7.13. „Bieguny” i decybele na oktawę / 83	
1.7.14. Obwody rezonansowe / 84	
1.7.15. Filtry LC I / 86	
1.7.16. Inne zastosowania kondensatorów / 87	
1.7.17. Uogólnione twierdzenie Thevenina / 87	
1.8. Składamy wszystko razem - radio AM / 87	
1.9. Inne elementy pasywne / 89	
1.9.1. Elementy elektromechaniczne: przełączniki / 89	

1.9.2.	Elementy elektromechaniczne: przekaźniki / 92	2.5.	Ujemne sprzężenie zwrotne / 164
1.9.3.	Złącza / 92	2.5.1.	Wstęp do teorii sprzężenia zwrotnego / 164
1.9.4.	Wskaźniki / 96	2.5.2.	Równanie na wzmocnienie / 165
1.9.5.	Elementy regulowane / 97	2.5.3.	Wpływ sprzężenia zwrotnego na parametry wzmacniacza / 166
1.10.	Uwaga na pożegnanie: mylące oznakowania i mikroskopijne elementy / 99	2.5.4.	Dwa ważne detale dotyczące układów ze sprzężeniem zwrotnym / 170
1.10.1.	Montaż powierzchniowy: radości i smutki / 99	2.5.5.	Dwa przykłady wzmacniaczy tranzystorowych ze sprzężeniem zwrotnym / 171
	Podsumowanie rozdziału 1 / 102	2.6.	Kilka typowych układów tranzystorowych / 174
ROZDZIAŁ 2		2.6.1.	Stabilizator napięcia / 174
Tranzystory bipolarne / 106		2.6.2.	Układ stabilizacji temperatury / 175
2.1.	Wprowadzenie / 106	2.6.3.	Prosty tranzystorowo-diodowy układ logiczny / 175
2.1.1.	Pierwszy model tranzystora: wzmacniacz prądowy / 107		Podsumowanie rozdziału 2 / 177
2.2.	Kilka podstawowych układów z tranzystorami / 108	ROZDZIAŁ 3	
2.2.1.	Klucz tranzystorowy / 108	Tranzystory polowe / 185	
2.2.2.	Przykłady układów przełącznikowych / 113	3.1.	Wprowadzenie / 185
2.2.3.	Wtórnik emiterowy / 117	3.1.1.	Właściwości tranzystorów polowych / 186
2.2.4.	Wtórnik emiterowy jako stabilizatory napięcia / 121	3.1.2.	Rodzaje tranzystorów polowych / 189
2.2.5.	Ustalanie punktu pracy wtórnika emiterowego / 122	3.1.3.	Ogólne właściwości tranzystorów polowych / 191
2.2.6.	Źródło prądowe / 125	3.1.4.	Charakterystyki FET-ów / 193
2.2.7.	Wzmacniacz ze wspólnym emiterem / 128	3.1.5.	Rozrzut produkcyjny parametrów tranzystora polowego / 195
2.2.8.	Wtórnikowy układ symetryzujący / 129	3.1.6.	Podstawowe układy z FET-ami / 197
2.2.9.	Transkonduktancja / 130	3.2.	Układy liniowe z tranzystorami polowymi / 198
2.3.	Model Ebersa-Molla a podstawowe układy tranzystorowe / 132	3.2.1.	Zestaw reprezentatywnych JFET-ów: krótki przegląd / 198
2.3.1.	Poprawiony model tranzystora: wzmacniacz transkonduktancyjny / 132	3.2.2.	JFET-owe źródła prądowe / 200
2.3.2.	Konsekwencje modelu Ebersa-Molla: praktyczne reguły projektowe / 133	3.2.3.	Wzmacniacze z FET-ami / 205
2.3.3.	O wtórniku emiterowym jeszcze raz / 135	3.2.4.	Wzmacniacze różnicowe / 214
2.3.4.	Wzmacniacz ze wspólnym emiterem jeszcze raz / 136	3.2.5.	Generatory / 219
2.3.5.	Ustalanie punktu pracy wzmacniacza ze wspólnym emiterem / 139	3.2.6.	Wtórnik źródłowy / 219
2.3.6.	Dygresja: tranzystor doskonały / 144	3.2.7.	FET-y jako oporniki o zmiennej rezystancji / 226
2.3.7.	Lustra prądowe / 145	3.2.8.	Prąd bramki tranzystorów polowych / 228
2.3.8.	Wzmacniacze różnicowe / 147	3.3.	Więcej o JFET-ach / 231
2.4.	Wybrane podzespoły wzmacniaczy / 152	3.3.1.	Charakterystyki przejściowe JFET-ów / 232
2.4.1.	Wyjściowe stopnie przeciwobne / 152	3.3.2.	Charakterystyki wyjściowe: konduktancja wyjściowa / 234
2.4.2.	Połączenie Darlingtona / 156	3.3.3.	Zależność transkonduktancji od prądu drenu / 235
2.4.3.	Bootstrap (kompensacja napięcia sygnału) / 159	3.3.4.	Zależność transkonduktancji od napięcia drenu / 237
2.4.4.	Podział prądu między tranzystory bipolarne połączone równolegle / 160	3.3.5.	Pojemności JFET-ów / 237
2.4.5.	Pojemności i efekt Millera / 161	3.3.6.	Dlaczego wzmacniacze z JFET-ami (a nie z MOS-ami)? / 238
2.4.6.	Tranzystory polowe / 163		

3.4.	FET-y jako klucze / 238	4.3.5.	Generator impulsów o regulowanej szerokości / 346
3.4.1.	FET-owe klucze analogowe / 239	4.3.6.	Aktywny filtr dolnoprzepustowy / 347
3.4.2.	Niedoskonałości kluczy z FET-ami / 246	4.4.	Szczegółowy przegląd właściwości wzmacniacza operacyjnego / 347
3.4.3.	Kilka układów z FET-owymi kluczami analogowymi / 255	4.4.1.	Parametry rzeczywistych wzmacniaczy operacyjnych / 349
3.4.4.	Klucze MOS w układach cyfrowych / 258	4.4.2.	Wpływ niedoskonałości wzmacniacza operacyjnego na parametry układu / 361
3.5.	MOS-ymocy / 261	4.4.3.	Przykład: miliwoltomierz o dużej czułości / 367
3.5.1.	Duża impedancja, stabilność termiczna / 262	4.4.4.	Impedancja wyjściowa źródła prądowego a szerokości pasma i SR wzmacniacza operacyjnego / 369
3.5.2.	Parametry kluczy MOS mocy / 263	4.5.	Analiza wybranych układów ze wzmacniaczami operacyjnymi / 369
3.5.3.	Sterowanie kluczami mocy za pomocą sygnałów cyfrowych / 275	4.5.1.	Aktywny detektor szczytowy / 369
3.5.4.	Problemy związane z kluczami MOS mocy / 280	4.5.2.	Układ próbkująco-pamiętający / 371
3.5.5.	MOS kontra tranzystor bipolarny jako klucz silnoprądowy / 286	4.5.3.	Ogranicznik aktywny / 372
3.5.6.	Kilka układów z MOS-ami mocy / 288	4.5.4.	Przetwornik wartości bezwzględnej / 373
3.5.7.	IGBT-y i inne półprzewodnikowe elementy mocy / 295	4.5.5.	Wzmacniacz całkujący z bliska / 374
3.6.	Liniowe zastosowania MOS-ów / 297	4.5.6.	Układowe rozwiązanie problemu upływności FET-a / 376
3.6.1.	Wzmacniacz wysokonapięciowy / 297	4.5.7.	Wzmacniacze różniczkujące / 377
3.6.2.	Kilka układów z MOS-ami ze zubożanym kanałem / 299	4.6.	Zasilanie wzmacniacza operacyjnego pojedynczym napięciem / 378
3.6.3.	Równoległe łączenie MOS-ów / 303	4.6.1.	Ustalanie punktu pracy jednonapięciowych wzmacniaczy operacyjnych pracujących jako wzmacniacze napięć zmiennych / 379
3.6.4.	Przebiecie cieplne / 306	4.6.2.	Obciążenia pojemnościowe / 383
	Podsumowanie rozdziału 3 / 316	4.6.3.	„Jednonapięciowe” wzmacniacze operacyjne / 384
		4.6.4.	Przykład: generator przestrajany napięciem / 386
ROZDZIAŁ 4	Wzmacniacze operacyjne / 321	4.6.5.	Realizacja generatora: montaż przewlekany kontra powierzchniowy / 388
4.1.	Wprowadzenie w dziedzinę wzmacniaczy operacyjnych - „element doskonały” / 321	4.6.6.	Detektor przejścia przez zero / 390
4.1.1.	Sprzężenie zwrotne i wzmacniacze operacyjne / 322	4.6.7.	Tablica z parametrami wzmacniaczy operacyjnych / 391
4.1.2.	Wzmacniacze operacyjne / 323	4.7.	Inne rodzaje wzmacniaczy i wzmacniaczy operacyjnych / 391
4.1.3.	Złote reguły / 324	4.8.	Kilka typowych układów ze wzmacniaczami operacyjnymi / 392
4.2.	Podstawowe układy ze wzmacniaczami operacyjnymi / 324	4.8.1.	Wzmacniacz laboratoryjny ogólnego przeznaczenia / 392
4.2.1.	Wzmacniacz odwracający / 324	4.8.2.	Układ do wykrywania zwarć / 396
4.2.2.	Wzmacniacz nieodwracający / 325	4.8.3.	Wzmacniacz sygnału z czujnika prądu / 398
4.2.3.	Wtórnik napięciowy / 326	4.8.4.	Całkujący monitor dawki promieniowania UV / 400
4.2.4.	Wzmacniacz różnicy napięć / 326	4.9.	Kompensacja częstotliwościowa wzmacniaczy ze sprzężeniem zwrotnym / 403
4.2.5.	Źródła prądowe / 327		
4.2.6.	Wzmacniacze całkujące (integratory) / 331		
4.2.7.	Ważne zalecenia dotyczące układów ze wzmacniaczami operacyjnymi / 332		
4.3.	Inne układy ze wzmacniaczami operacyjnymi / 333		
4.3.1.	Układy liniowe / 333		
4.3.2.	Układy nieliniowe / 339		
4.3.3.	Generator fali trójkątnej / 343		
4.3.4.	Układ do testowania napięcia zaciskającego kanał / 344		

4.9.1.	Zależność wzmocnienia i przesunięcia fazy od częstotliwości / 404	5.8.4.	Bufory dużej mocy o wzmocnieniu 1 V/V / 449
4.9.2.	Metody częstotliwościowej kompensacji wzmacniaczy / 405	5.8.5.	Błąd wzmocnienia / 449
4.9.3.	Charakterystyki częstotliwościowe czwórnika sprzężenia zwrotnego / 408	5.8.6.	Nieliniowość wzmocnienia / 450
	Podsumowanie rozdziału 4 / 413	5.8.7.	Błąd fazy i „aktywna kompensacja” fazy / 452
ROZDZIAŁ 5		5.9.	Wzmacniacze operacyjne RRIO: dobre, złe i paskudne / 454
Układy precyzyjne / 419		5.9.1.	Kłopoty ze stopniem wejściowym / 454
5.1.	Metody projektowania precyzyjnych układów ze wzmacniaczami operacyjnymi / 420	5.9.2.	Kłopoty ze stopniem wyjściowym / 456
5.1.1.	Precyzja a dynamika układu / 420	5.10.	Wybór precyzyjnego wzmacniacza operacyjnego / 459
5.1.2.	Bilans błędów / 420	5.10.1.	„Siedem precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych” / 459
5.2.	Przykład: miliwoltomierz jeszcze raz / 421	5.10.2.	Liczba wzmacniaczy w obudowie / 466
5.2.1.	Wyzwanie: 10 mV, 1%, 10 MQ, zasilanie pojedynczym napięciem 1,8 V / 421	5.10.3.	Napięcie zasilania, zakres napięć wejściowych / 467
5.2.2.	Rozwiązanie: precyzyjne źródło prądowe ze wzmacniaczem operacyjnym z grupy RRIO / 422	5.10.4.	Praca z pojedynczym napięciem zasilania / 467
5.3.	Wnioski: bilans błędów, brakujące parametry / 425	5.10.5.	Napięcie niezrównoważenia / 468
5.4.	Inny przykład: precyzyjny wzmacniacz z zerowaniem napięcia wyjściowego / 426	5.10.6.	Napięcie szumu / 469
5.4.1.	Opis układu / 427	5.10.7.	Prąd polaryzacji / 471
5.5.	Bilans błędów układu precyzyjnego / 429	5.10.8.	Prąd szumu / 473
5.5.1.	Bilans błędów / 429	5.10.9.	CMRR i PSRR / 475
5.6.	Błędy wprowadzane przez elementy bierne / 430	5.10.10.	GBW, f_T , SR i „w” oraz czas ustalania odpowiedzi / 476
5.6.1.	Oporniki ustalające wzmocnienie / 431	5.10.11.	Zniekształcenia nieliniowe / 477
5.6.2.	Kondensator pamięciowy / 431	5.10.12.	„Dwa z trzech to nie jest złe”: tworzenie doskonałego wzmacniacza operacyjnego / 480
5.6.3.	Przełącznik uruchamiający proces zerowania / 433	5.11.	Wzmacniacze z autozerowaniem (z przerywaczową stabilizacją zera) / 482
5.7.	Błędy wprowadzane przez obwód wejściowy wzmacniacza / 434	5.11.1.	Właściwości wzmacniaczy operacyjnych z autozerowaniem / 483
5.7.1.	Impedancja wejściowa / 434	5.11.2.	Kiedy użyć wzmacniacza operacyjnego z autozerowaniem / 487
5.7.2.	Wejściowy prąd polaryzacji / 434	5.11.3.	Wybieranie wzmacniacza z autozerowaniem / 487
5.7.3.	Wejściowe napięcie niezrównoważenia / 437	5.11.4.	Różności na temat autozerowania / 492
5.7.4.	Tłumienie sygnału wspólnego / 440	5.12.	Projekty mistrzów: multimetry cyfrowe o dużej dokładności firmy Agilent / 494
5.7.5.	Tłumienie zmian napięć zasilających / 440	5.12.1.	To jest <i>niewykonalne!</i> I / 495
5.7.6.	Wzmacniacz z zerowaniem napięcia wyjściowego: błędy wejściowe / 440	5.12.2.	Błąd - to jest wykonalne! / 495
5.8.	Błędy wprowadzane przez obwód wyjściowy wzmacniacza / 442	5.12.3.	Schemat blokowy: prosta architektura układu / 495
5.8.1.	Szybkość zmian napięcia wyjściowego: rozważania ogólne / 442	5.12.4.	Stopień wejściowy 6,5-cyfrowego multimetru 34401A / 496
5.8.2.	Szerokość pasma a czas ustalania odpowiedzi / 444	5.12.5.	Stopień wejściowy 7,5-cyfrowego multimetru 34420A / 498
5.8.3.	Zniekształcenia przejścia oraz impedancja wyjściowa / 448	5.13.	Wzmacniacze różnicy napięć, różnicowe i pomiarowe: wprowadzenie / 501
		5.14.	Wzmacniacz różnicy napięć / 503
		5.14.1.	Podstawowe układy pracy / 503
		5.14.2.	Kilka zastosowań / 505

5.14.3.	Więcej o niektórych parametrach / 509
5.14.4.	Odmiany układowe / 514
5.15.	Wzmacniacz pomiarowy / 516
5.15.1.	Pierwszy (lecz naiwny) pomysł / 516
5.15.2.	Klasyczny wzmacniacz pomiarowy z trzema wzmacniaczami operacyjnymi / 517
5.15.3.	Rozważania na temat stopnia wejściowego / 518
5.15.4.	Wzmacniacz pomiarowy własnej konstrukcji / 521
5.15.5.	Wariacje na temat skutecznej ochrony wejścia / 523
5.16.	Rozmaitości o wzmacniaczach pomiarowych / 524
5.16.1.	Prąd wejściowy i szum / 525
5.16.2.	Tłumienie sygnału wspólnego / 525
5.16.3.	Impedancja źródła a CMRR / 529
5.16.4.	EMI i ochrona wejścia / 533
5.16.5.	Usuwanie napięcia niezrównoważenia i maksymalizacja CMRR / 533
5.16.6.	Dołączanie obciążenia / 534
5.16.7.	Polaryzacja wejść wzmacniacza / 534
5.16.8.	Zakres napięć wyjściowych / 534
5.16.9.	Przykład zastosowania: źródło prądowe / 534
5.16.10.	Inne konfiguracje / 535
5.16.11.	Wzmacniacze pomiarowe przerywaczowe i z autozerowaniem / 538
5.16.12.	Wzmacniacze pomiarowe o programowalnym wzmocnieniu / 538
5.16.13.	Wytwarzanie wyjściowego sygnału różnicowego / 541
5.17.	Wzmacniacze w pełni różnicowe / 541
5.17.1.	Wzmacniacze różnicowe: pojęcia podstawowe / 549
5.17.2.	Przykład zastosowania wzmacniacza różnicowego: szerokopasmowe łącze analogowe / 552
5.17.3.	Przetworniki A/C z wejściem różnicowym / 552
5.17.4.	Dopasowanie impedancji / 556
5.17.5.	Kryteria wyboru wzmacniacza różnicowego / 557
	Podsumowanie rozdziału 5 / 562

ROZDZIAŁ 6

Filtry / 567

6.1.	Wprowadzenie / 567
6.2.	Filtry pasywne / 567
6.2.1.	Charakterystyki częstotliwościowe filtrów RC I / 567

6.2.2.	O doskonałych właściwościach filtrów LC I / 570
6.2.3.	Kilka prostych przykładów / 570
6.2.4.	Filtry aktywne: przegląd / 575
6.2.5.	Podstawowe parametry filtrów / 578
6.2.6.	Rodzaje filtrów / 580
6.2.7.	Realizacje filtrów / 586
6.3.	Układy filtrów aktywnych / 586
6.3.1.	Układy ZNSN / 588
6.3.2.	Projektowanie filtrów ZNSN za pomocą uproszczonej tablicy / 588
6.3.3.	Filtry modelujące zmienne stanu / 592
6.3.4.	Filtry z czwórnikiem podwójne T / 597
6.3.5.	Filtry wszechprzepustowe / 598
6.3.6.	Filtry z przełączanymi kondensatorami / 599
6.3.7.	Cyfrowe przetwarzanie sygnałów / 603
6.3.8.	Rozmaitości na temat filtrów / 607
	Podsumowanie rozdziału 6 / 608

ROZDZIAŁ 7

Generatory i układy czasowe / 611

7.1.	Generatory / 611
7.1.1.	Ogólnie o generatorach / 611
7.1.2.	Generatory relaksacyjne / 611
7.1.3.	555 - klasyczny czasowy układ scalony / 615
7.1.4.	Inne scalone generatory relaksacyjne / 620
7.1.5.	Generatory sygnału sinusoidalnego / 625
7.1.6.	Generatory kwarcowe / 635
7.1.7.	Większa stałość częstotliwości: generatory TCXO, OCXO i jeszcze lepsze / 645
7.1.8.	Synteza częstotliwości: DDS i PLL / 646
7.1.9.	Generatory kwadraturowe / 649
7.1.10.	Drżenie okresu generatora (jitter) / 653
7.2.	Układy czasowe / 654
7.2.1.	Impulsy wyzwalane skokiem napięcia / 654
7.2.2.	Przerzutniki monostabilne / 658
7.2.3.	Przykład zastosowania przerzutników monostabilnych: układ ograniczania szerokości impulsu i współczynnika wypełnienia / 664
7.2.4.	Układy czasowe z licznikami cyfrowymi / 665
	Podsumowanie rozdziału 7 / 670

ROZDZIAŁ 8

Elementy i układy niskoszumowe / 674

8.1.	„Szum” / 675
8.1.1.	Szum cieplny (Johnsona, Nyquista) / 676
8.1.2.	Szum śrutowy / 677
8.1.3.	Szum typu $\sqrt{f}$ (szum migotania, szum strukturalny) / 678
8.1.4.	Szum wybuchowy / 679

8.1.5.	Szum o ograniczonym paśmie / 680	8.6.1.	Napięcie szumu złączeniowego tranzystora polowego / 722
8.1.6.	Zakłócenia / 681	8.6.2.	Prąd szumu złączeniowego tranzystora polowego / 724
8.2.	Stosunek sygnał-szum oraz współczynnik szumu / 681	8.6.3.	Przykład projektu: niskoszumowy szerokopasmowy wzmacniacz hybrydowy z JFET-ami / 725
8.2.1.	Widmowa gęstość mocy szumu i szerokość pasma / 681	8.6.4.	Projekty mistrzów: niskoszumowy przedwzmacniacz SR560 / 727
8.2.2.	Stosunek sygnał-szum / 682	8.6.5.	Wybieranie JFET-ów do układów niskoszumowych / 730
8.2.3.	Współczynnik szumu / 682	8.7.	Pojedynyk między tranzystorami bipolarnymi a tranzystorami polowymi przedstawiony na wykresach / 735
8.2.4.	Temperatura szumowa / 683	8.7.1.	Szum tranzystorów MOS / 737
8.3.	Szum wzmacniacza z tranzystorem bipolarnym / 684	8.8.	Szumy we wzmacniaczu różnicowym i we wzmacniaczu ze sprzężeniem zwrotnym / 738
8.3.1.	Widmowa gęstość napięcia szumu e_n / 685	8.9.	Szum w układach ze wzmacniaczami operacyjnymi / 739
8.3.2.	Widmowa gęstość prądu szumu i_n / 687	8.9.1.	Przewodnik po tablicy 8.3: wybieranie niskoszumowych wzmacniaczy operacyjnych / 739
8.3.3.	Napięcie szumu tranzystora bipolarnego jeszcze raz / 689	8.9.2.	Współczynnik tłumienia zmian napięcia zasilającego / 761
8.3.4.	Przykład prostego projektu: głośnik jako mikrofon / 691	8.9.3.	Podsumowanie: wybór niskoszumowego wzmacniacza operacyjnego / 762
8.3.5.	Szum śrutowy w źródłach prądowych i wtórnikach emiterowych / 692	8.9.4.	Niskoszumowe wzmacniacze pomiarowe i wzmacniacze wizyjne / 763
8.4.	Wyznaczanie e_n z wykresów współczynnika szumu F / 695	8.9.5.	Niskoszumowe hybrydowe wzmacniacze operacyjne / 763
8.4.1.	Krok 1: zależność F od I_c / 695	8.10.	Transformatory sygnałowe / 765
8.4.2.	Krok 2: zależność F od R_{oz} / 696	8.10.1.	Niskoszumowy wzmacniacz szerokopasmowy z transformatorem w obwodzie sprzężenia zwrotnego / 766
8.4.3.	Krok 3: obliczanie e_n / 696	8.11.	Szum we wzmacniaczach transimpedancyjnych / 767
8.4.4.	Krok 4: widmo napięcia szumu e_n / 697	8.11.1.	Problem ze stabilnością: podsumowanie / 768
8.4.5.	Widmo prądu szumu i_n / 697	8.11.2.	Szum wejściowy wzmacniacza / 768
8.4.6.	Gdy nie masz możliwości wyboru punktu pracy układu / 698	8.11.3.	Problem szumu $e_n C$ / 769
8.5.	Projektowanie układów niskoszumowych z tranzystorami bipolarnymi / 698	8.11.4.	Szum wzmacniacza transrezystancyjnego / 770
8.5.1.	Przykład obliczenia współczynnika szumu / 699	8.11.5.	Przykład: szerokopasmowy JFET-owy wzmacniacz sygnału z fotodiody / 771
8.5.2.	Wykreślanie napięcia szumu wzmacniacza dla danych e_n i i_n / 700	8.11.6.	Szum kontra wzmocnienie we wzmacniaczu transimpedancyjnym / 773
8.5.3.	Rezystancja szumowa / 700	8.11.7.	Ograniczanie pasma sygnału wyjściowego wzmacniacza transimpedancyjnego / 774
8.5.4.	Wykresy jako sposób porównania właściwości szumowych układów / 701	8.11.8.	Kompozytowe wzmacniacze transimpedancyjne / 775
8.5.5.	Niskoszumowe wzmacniacze z tranzystorami bipolarnymi: dwa przykłady / 702	8.11.9.	Redukcja pojemności źródła sygnału techniką bootstrapowania / 779
8.5.6.	Minimalizowanie szumu: tranzystory bipolarnie, FET-y i transformatory / 704	8.11.10.	Separacja pojemności źródła sygnału za pomocą układu ze wspólną bazą / 781
8.5.7.	Przykład projektu: przedwzmacniacz - „detektor błyskawic” za 40 centów / 704		
8.5.8.	Wybór niskoszumowego tranzystora bipolarnego / 708		
8.5.9.	Wyzwanie projektowe: ekstremalnie niskoszumowy beztransformatorowy przedwzmacniacz do mikrofonu wstęgowego / 717		
8.6.	Projektowanie układów niskoszumowych z JFET-ami / 721		

8.11.11.	Wzmacniacz transimpedancyjny z pojemnościowym sprzężeniem zwrotnym / 786	8.13.4.	Wyznaczanie częstotliwości granicznej $1//$ / 804
8.11.12.	Przedwzmacniacz skaningowego mikroskopu tunelowego / 786	8.13.5.	Pomiar napięcia szumu / 806
8.11.13.	Osprzęt do testowania przydatny do kompensacji i kalibracji / 789	8.13.6.	Pomiar prądu szumu / 808
8.11.14.	Uwaga końcowa / 789	8.13.7.	Inny sposób: zmontuj własny przyrząd pracujący w zakresie pojedynczych f_{AA}/Hz / 811
8.12.	Pomiary parametrów szumowych i generatory szumu / 789	8.13.8.	Szumowe rozmaitości / 814
8.12.1.	Pomiary bez użycia generatora szumu / 790	8.14.	Poprawa stosunku S/N przez zmniejszenie szerokości pasma / 815
8.12.2.	Przykład: układ do pomiaru parametrów szumowych tranzystora bipolarnego / 791	8.14.1.	Detekcja synchroniczna / 816
8.12.3.	Pomiary z użyciem generatora szumu / 791	8.15.	Szum zasilacza / 819
8.12.4.	Generatory szumu i generatory sygnałowe / 794	8.15.1.	Powielacz pojemności / 820
8.13.	Ograniczanie szerokości pasma oraz pomiary wartości skutecznej napięcia / 798	8.16.	Zakłócenia, ekranowanie i uziemianie / 821
8.13.1.	Ograniczanie szerokości pasma / 798	8.16.1.	Sygnały zakłócające / 821
8.13.2.	Obliczanie pasmowego napięcia szumu / 801	8.16.2.	Problem mas / 825
8.13.3.	Asymetryczna filtracja niskoczęstotliwościowego szumu wzmacniacza operacyjnego / 803	8.16.3.	Problem mas przy łączeniu przyrządów ze sobą / 826
			Ćwiczenia dodatkowe do rozdziału 8 / 833
			Podsumowanie rozdziału 8 / 834