

Przedmowa XI

Wykaz oznaczeń XIII

Wykaz skrótów XV

1. Sygnały i ich parametry	1
1.1. Pojęcia podstawowe	1
1.2. Klasyfikacja sygnałów	2
1.3. Sygnały deterministyczne	4
1.3.1. Parametry	4
1.3.2. Przykłady	7
1.3.3. Sygnały zespolone	13
1.3.4. Rozkład sygnałów na składowe	14
1.3.5. Funkcja korelacji własnej i wzajemnej	14
1.3.6. Splot sygnałów	17
1.3.7. Transformacja Fouriera	22
1.4. Sygnały losowe	24
1.4.1. Zmienne losowe	24
1.4.2. Procesy losowe, stacjonarność, ergodyczność	26
1.4.3. Funkcje korelacji i kowariancji, gęstość widmowa mocy	28
1.4.4. Estymatory parametrów i funkcji	30
1.4.5. Filtracja sygnałów losowych	34
1.5. Przykład ćwiczenia komputerowego	35
2. Podstawy matematyczne analizy sygnałów deterministycznych	39
2.1. Przestrzeń sygnałów deterministycznych	39
2.2. Dyskretna reprezentacja ciągłych sygnałów deterministycznych	41
2.3. Ciągłe reprezentacje ciągłych sygnałów deterministycznych - przekształcenia całkowe	47
2.4. Reprezentacje sygnałów dyskretnych - przestrzeń wektorowa	50
2.5. Przykład ćwiczenia komputerowego	60
3. Szereg Fouriera	63
3.1. Ortogonalne funkcje bazowe	63
3.2. Harmoniczne zespolone funkcje bazowe	65
3.3. Harmoniczne rzeczywiste funkcje bazowe	66
3.4. Przykład obliczeniowy	67
3.5. Przykład ćwiczenia komputerowego	68
3.6. Szereg Fouriera sygnałów dyskretnych - dyskretna przekształcenie Fouriera	71
4. Całkowe przekształcenie Fouriera	74
4.1. Definicja	74
4.2. Podstawowe właściwości	75
4.3. Transformaty Fouriera wybranych sygnałów	79
4.4. Widmo iloczynu i splotu dwóch sygnałów	87
4.5. Twierdzenie o próbkowaniu	93

4.6. Widmo sygnału spróbkowanego	97
4.7. Przykład ćwiczenia komputerowego	101
5. Układy analogowe	103
5.1. Analogowe układy LTI	103
5.2. Transmitancja układu analogowego, zera i bieguny	107
5.3. Przekształcenie Laplace'a, transmitancja Laplace'a	112
5.4. Wykresy Bodego	116
5.5. Złożone układy analogowe LTI	118
5.6. Analiza matematyczna wybranych układów	120
5.7. Przykłady projektowania	124
5.8. Przykład ćwiczenia komputerowego	129
6. Analogowe filtry Butterwortha i Czebyszewa	131
6.1. Ogólne zasady projektowania filtrów analogowych	132
6.2. Transformacja częstotliwości	139
6.3. Filtry Butterwortha	146
6.4. Filtry Czebyszewa typu I	157
6.5. Filtry Czebyszewa typu II	161
6.6. Sprzętowa implementacja filtrów analogowych	165
7. Dyskretyzacja sygnałów analogowych	173
7.1. Podstawy	173
7.2. Przetworniki analogowo-cyfrowe	179
7.3. Przetworniki cyfrowo-analogowe	184
7.4. Tor przetwarzania analogowo-cyfrowego i cyfrowo-analogowego	185
8. Analiza częstotliwościowa sygnałów dyskretnych	192
8.1. Widmo Fouriera sygnałów dyskretnych	192
8.1.1. Przekształcenie Fouriera dla sygnałów ciągłych	193
8.1.2. Szereg Fouriera dla sygnałów ciągłych	193
8.1.3. Przekształcenie Fouriera dla sygnałów dyskretnych	194
8.1.4. Szereg Fouriera dla sygnałów dyskretnych, czyli dyskretne przekształcenie Fouriera	198
8.2. Przykłady dyskretnych transformat Fouriera sygnałów	202
8.3. Interpretacja dyskretnego przekształcenia Fouriera	206
8.4. Tor przetwarzania sygnałów podczas analizy częstotliwościowej	210
8.5. Dyskretne okna czasowe	212
8.5.1. Okna nieparametryczne	212
8.5.2. Okna parametryczne	217
8.6. Przykłady analizy częstotliwościowej z wykorzystaniem funkcji okien;	220
8.7. Szybkie wyznaczanie funkcji autokorelacji i funkcji gęstości widmowej mocy	226
9. Algorytmy wyznaczania dyskretnej transformacji Fouriera	231
9.1. Metoda bezpośrednia	231
9.2. Algorytm Goertzela	234

9.3. Rekurencyjne wyznaczanie sekwencji dyskretnych transformat Fouriera	236
9.4. Transformacja �wiergotowa - lupa w dziedzinie częstotliwości	239
9.5. Szybka transformacja Fouriera - algorytm radix-2	241
9.5.1. Podział w dziedzinie czasu - DIT (Decimation in Time)	241
9.5.2. Podział w dziedzinie częstotliwości - DIF (Decimation in Frequency)	252
9.6. Szybka transformacja Fouriera dla sygnałów rzeczywistych	255
9.7. Dwuwymiarowa dyskretna transformacja Fouriera	257
9.8. Wyznaczanie DCT metod� szybkiej transformacji Fouriera	258
10. Układy dyskretnne	260
10.1. Układy dyskretnne LTI	260
10.2. Algorytm filtracji sygnałów za pomocą dyskretnych układów LTI	265
10.3. Transformacja Z	267
10.4. Odwrotna transformacja Z	270
10.5. Właściwości transformacji Z	274
10.6. Transmitancja układów dyskretnych	275
10.7. Przykłady projektowania układów dyskretnych metod� "zer i biegunów"	280
10.8. Przykład �wiczenia komputerowego	284
11. Projektowanie rekursywnych filtrów cyfrowych	288
11.1. Wymagania stawiane filtrom cyfrowym	289
11.2. Metoda Yule'a-Walkera	291
11.3. Metoda niezmienn�ci odpowiedzi impulsowej	291
11.4. Metoda dopasowanej transformacji Z	293
11.5. Metoda transformacji bilingowej	293
11.6. Przykłady projektowania filtrów w języku Matlak	297
11.7. Przykład �wiczenia komputerowego;	304
12. Projektowanie nierekursywnych filtrów cyfrowych	307
12.1. Wprowadzenie	308
12.2. Metoda ��btkowania w dziedzinie częstotliwości	313
12.3. Metoda optymalizacji średniokwadratowej	317
12.4. Metoda aproksymacji Czebyszewa (algorytm Remeza)	321
12.5. Metoda okien	325
12.6. Filtry specjalne	339
12.6.1. Filtr Gilberta	339
12.6.2. Filtr różniczkujący	345
12.6.3. Filtr interpolatora i decymatora cyfrowego	347
12.6.4. Przykład �wiczenia komputerowego	351
12.7. Synchronizacja ��bek wejściowych i wyjściowych filtra	353
13. Algorytmy filtracji cyfrowej	356
13.1. Klasyczne struktury filtrów cyfrowych	356
13.2. Struktura zmiennych stanu	361
13.3. Inne struktury filtrów cyfrowych;	363

13.4. Splot liniowy i kołowy	364
13.5. Algorytmy szybkiego splotu sygnałów dyskretnych	371
13.6. Algorytmy sekcjonowanego szybkiego splotu sygnałów dyskretnych	373
13.7. Przykład ćwiczenia komputerowego	376
14. Filtry adaptacyjne	379
14.1. Wprowadzenie	379
14.2. Podstawy filtracji adaptacyjnej	380
14.3. Filtracja optymalna - filtr Wienera	382
14.4. Gradientowe filtry adaptacyjne	384
14.5. Filtry adaptacyjne LSM - bez pamięci	386
14.6. Filtry adaptacyjne LS (RLS) - filtry z pamięcią	388
14.7. Przykłady zastosowań	391
14.8. Przykład ćwiczenia komputerowego - filtr adaptacyjny (N)LMS	394
15. Liniowa estymacja rekursywna	399
15.1. Metoda najmniejszych kwadratów. Filtry RLS i WRLS	399
15.2. Metoda minimalno-średniokwadratowa. Filtr Kalmana	408
16. Zaawansowane metody analizy częstotliwościowej sygnałów	420
16.1. Wprowadzenie	420
16.2. Modelowanie parametryczne AR, MA i ARMA	423
16.2.1. Podstawy	423
16.2.2. Model AR	426
16.2.3. Model MA	427
16.2.4. Model ARMA	429
16.2.5. Podsumowanie	430
16.3. Metody podprzestrzeni	430
16.3.1. Podstawy	430
16.3.2. Metoda Pisarenki	432
16.3.3. Metody pochodne: MUSIC, EV i MV	435
16.3.4. Metoda ESPRIT	437
16.3.5. Metody podprzestrzeni sygnału (składowych głównych)	439
16.4. Przykład ćwiczenia komputerowego	440
17. Metody czasowo-częstotliwościowej analizy sygnałów	443
17.1. Problem analizy czasowo-częstotliwościowej	444
17.2. Transformacja Gabora	450
17.3. Krótkoczasowa transformacja Fouriera STFT	455
17.4. Transformacja falkowa	459
17.5. Transformacja Wignera-Ville'a	427
17.6. Reprezentacje czasowo-częstotliwościowe z klasy Cohena	477
17.7. Przykłady zastosowań	486
17.8. Przykład ćwiczenia komputerowego	493
18. Zespoły filtrów	496

18.1. Wprowadzenie	496
18.2. Pojęcia podstawowe	500
18.2.1. Decymator i interpolator	500
18.2.2. Dekompozycja polifazowa sygnałów	503
18.2.3. Decymator i interpolator w zapisie polifagowym	506
18.3. Opis matematyczny zespołu filtrów	507
18.3.1. Analiza jednej gałęzi	507
18.3.2. Analiza wszystkich gałęzi	511
18.3.3. Zapis polifazowy zespołu filtrów	512
18.3.4. Warunek perfekcyjnej rekonstrukcji	514
18.4. Zespoły filtrów z modulacją zespoloną	515
18.4.1. DFT jako modulowany zespół filtrów	516
18.4.2. Krótkoczasowa transformacja Fouriera; STFT jako modulowany zespół filtrów	518
18.4.3. Uogólniony modulowany zespół filtrów oparty na DFT	519
18.5. Zespoły filtrów z modulacją kosinusową	527
18.5.1. Równania, budowa	527
18.5.2. Projektowanie filtrów prototypowych	533
18.6. Implementacja programowa zespołu filtrów standardu MPEG audio	539
19. Projekt LPC-10: podstawy kompresji i rozpoznawania sygnału mowy	545
19.1. Wprowadzenie	545
19.2. Model generacji sygnału mowy	549
19.3. Układ decyzyjny "mowa dźwięczna/bezdźwięczna"	551
19.4. Wyznaczanie filtra traktu głosowego	557
19.5. Algorytm kodera i dekodera mowy standardu LPC-10	563
19.6. Przykład programu komputerowego	566
19.7. Od kodowania do rozpoznawania mowy	569
20. Projekt LPC-10: kompresja sygnału mowy - metody zaawansowane	577
20.1. Metoda Durbina-Levinsona	577
20.2. Filtry kratowe	581
20.3. Przykładowy program komputerowy	590
21. Projekt MPEG AUDIO: psychoakustyczna kompresja dźwięku	592
21.1. Wprowadzenie do standardu MPEG audio	593
21.2. Podstawy modelowania psychoakustycznego	594
21.3. Modele psychoakustyczne standardu MPEG audio	603
21.3.1. Model psychoakustyczny I	603
21.3.2. Model psychoakustyczny II	604
21.3.3. Program komputerowy	612
21.4. Zespoły filtrów w standardzie MPEG audio	618
21.5. Kodowanie dźwięku na poziomach MP1 i MP2	631
21.5.1. Algorytm kompresji i dekompresji	631

21.5.2. Program komputerowy	638
22. Projekt OBRAZ: podstawy analizy i przetwarzania sygnałów dwuwymiarowych	647
22.1. Wprowadzenie do świata 2D i 3D	649
22.2. Transformaty ortogonalne 2D obrazów	658
22.2.1. Dyskretna transformacja Fouriera	658
22.2.2. Dyskretna transformacja kosinusowa	663
22.2.3. Dowolna transformacja ortogonalna - interpretacja współczynników	665
22.2.4. Program komputerowy	668
22.3. Filtracja 2D obrazów	670
22.3.1. Splot 2D	670
22.3.2. Projektowanie filtrów 2D	674
22.3.3. Przykładowe filtry 2D	683
22.3.4. Program komputerowy	686
22.4. Falkowa dekompozycja 2D obrazów	690
22.4.1. Jednowymiarowa predykcyjna transformacja falkowa	691
22.4.2. Związki pomiędzy klasyczną a predykcyjną transformacją falkową	697
22.4.3. Program komputerowy do falkowej dekompozycji obrazów	700
22.5. Przykłady zastosowań	707
22.5.1. Kompresja JPEG i MPEG	707
22.5.2. Znaki wodne w obrazach	715
22.5.3. Dopasowywanie do siebie obrazów cyfrowych	718
22.5.4. Detekcja linii w inżynierii materiałowej - transformacja Hougha	730
22.5.5. Algorytmiczna stabilizacja obrazu w zastosowaniach medycznych	733
22.5.6. Systemy nawigacji wspomagające zabiegi medyczne	737
23. Projekt MODEM ADSL: szybki dostęp do Internetu po linii telefonicznej	740
23.1 Podstawy modulacji	741
23.2. Cyfrowe modulacje wielotonowe	745
23.3. Standard ADSL	748
23.4. Modulator-demodulator DMT	751
23.5. Źródła zniekształceń i zakłóceń	754
23.6. Wybrane zagadnienia implementacyjne	759
23.6.1. Identyfikacja odpowiedzi impulsowej kanału	759
23.6.2. Korekcja czasowa kanału - skracanie czasu trwania odpowiedzi impulsowej	764
23.6.3. Synchronizacja blokowa	767
23.6.4. Korekcja częstotliwościowa kanału	769
23.6.5. Estymacja przepływności bitowej	770
23.6.6. Właściwy dobór korektora czasowego	773
23.7. Przykład ćwiczenia komputerowego;	773
24. Projekt FAZA: estymacja chwilowego przesunięcia fazowego	778
24.1. Estymatory proste	778

24.2. Estymatory złożone	781
24.3. Przykłady algorytmów	782
24.4. Przykładowy program komputerowy	786
25. EPILOG: implementacja algorytmów DSP na procesorach sygnałowych	787
25.1. Wprowadzenie do budowy i programowania procesorów DSP	788
25.2. Splot sygnałów na procesorze DSP	791
25.3. Wybrane zagadnienia implementacyjne	796
25.3.1. Specyfika budowy i zastosowań procesorów sygnałowych	796
25.3.2. Podstawy pisania i uruchamiania programów	800
25.3.3. Zaawansowane narzędzia	803
25.3.4. Przykład projektowania filtra IIR	805
25.4. Przykładowa aplikacja procesora DSP	807
25.5. Procesory DSP a układy programowalne FPGA	808
25.6. Przyszłość - czy jesteśmy trendy?	810
Literatura	813
Dodatki	823
D.1. Wykaz programów	823
D.2. Wersja elektroniczna programów	824
Skorowidz	825