

Spis treści

Przedmowa	9
Spis ważniejszych skrótów i oznaczeń	11
1. Sygnały dyskretne – ciągi	13
1.1. Podstawowe operacje na ciągach	14
1.2. Ciągi deterministyczne	14
1.2.1. Impuls jednostkowy	15
1.2.2. Skok jednostkowy	15
1.2.3. Ciąg wykładniczy	16
1.2.4. Ciąg sinusoidalny	17
1.2.5. Zespolony ciąg eksponencjalny	19
1.2.6. Ciągi okresowe	20
1.3. Ciągi losowe	21
1.3.1. Opis procesu stochastycznego	21
2. Układy dyskretne	27
2.1. Układ liniowy	28
2.2. Układ niezmienny względem przesunięcia	28
2.3. Układ przyczynowy	28
2.4. Stabilność	28
2.5. Układ liniowy, niezmienny względem przesunięcia	29
2.6. Własności układów LTI	31
2.7. Reprezentacja częstotliwościowa sygnałów i układów dyskretnych	32
2.8. Reprezentacja Fouriera ciągów	32
2.8.1. Transformata Fouriera ciągu stałego	34
2.8.2. Transformata Fouriera zespolonego ciągu eksponencjalnego	35
2.8.3. Transformaty Fouriera wybranych ciągów	37
2.8.4. Symetria transformacji Fouriera	38
2.8.5. Własności transformacji Fouriera dla ciągów	39
2.8.6. Twierdzenie o splocie	40

3. Układy analogowe	42
4. Transformacja Z	47
4.1. Analiza własności układów LTI	48
4.2. Charakterystyki częstotliwościowe układu dyskretnego	55
4.3. Układ wszechprzepustowy	56
4.4. Układ odwrotny	58
4.5. Dekompozycja minimalnofazowo-wszechprzepustowa	59
5. Próbkowanie sygnałów	60
5.1. Rekonstrukcja sygnału ciągłego z reprezentacji dyskretniej	68
5.2. Metoda niezmienniej odpowiedzi impulsowej	69
5.3. Zmiana częstotliwości próbkowania	71
5.4. Cyfrowy tor analizy i przetwarzania sygnałów	83
6. Projektowanie filtrów analogowych	85
6.1. Filtr Butterwortha	85
6.2. Filtry Czebyszewa	89
6.3. Filtr eliptyczny	93
6.4. Porównanie charakterystyk filtrów analogowych	94
6.5. Transformacja częstotliwości – filtry LP, HP, BP, BS	96
7. Projektowanie filtrów cyfrowych	99
7.1. Transformacja biliniowa	99
7.2. Filtry FIR	104
7.2.1. Układy LTI z liniową charakterystyką fazową	108
7.2.2. Projektowanie filtrów FIR metodą okien	113
7.2.2.1. Okno Kaisera – okno parametryczne	116
7.2.3. Optymalny filtr FIR – algorytm Parks–McClellana	118
7.2.4. Filtr Hilberta	119
7.2.5. Dyskretne układy różniczkujące	124
8. Dyskretne przekształcenie Fouriera	127
8.1. Dyskretny szereg Fouriera	127
8.2. Dyskretne przekształcenie Fouriera	129
8.2.1. Splot kołowy	132
8.2.2. Obliczanie splotu liniowego za pomocą splotu kołowego	133
8.2.3. Splot sekcjonowany	134
8.2.4. Obliczanie DFT algorytmem Goertzla	137
8.2.5. Transformacja Chirp-Z	138
8.2.6. Algorytmy FFT	140

8.2.6.1. FFT z podziałem w czasie (DIT – <i>decimation in time</i>).....	140
8.2.6.2. FFT z podziałem w częstotliwości (DIF – <i>decimation in frequency</i>)	144
8.2.7. DFT sygnałów o wartościach rzeczywistych	147
9. Analiza sygnałów z wykorzystaniem DFT	150
9.1. Analiza DFT sygnałów sinusoidalnych	151
9.2. Interpolowane DFT	158
9.3. Krótkoczasowa transformacja Fouriera, spektrogram	166
9.4. Analiza stacjonarnych sygnałów losowych – periodogram	172
10. Aproksymacja sygnałów, filtry optymalne i filtry adaptacyjne	176
10.1. Aproksymacja sygnałów w przestrzeni wielowymiarowej	176
10.2. Filtracja optymalna w sensie najmniejszych kwadratów	181
10.3. Filtry adaptacyjne RLS	184
10.4. Estymacja w sensie minimum średnich kwadratów	188
10.5. Filtry adaptacyjne LMS	191
10.6. Zastosowania filtrów adaptacyjnych	193
11. Transformacja falkowa	197
11.1. Ciągła transformacja falkowa	197
11.2. Dyskretna transformacja falkowa	200
11.2.1. DWT w wersji predykcyjnej	211
11.2.1.1. Problem brzegowy	213
11.2.1.2. Predykcyjna transformacja falkowa w wersji całkowitoliczbowej	213
12. Kodowanie entropijne	216
12.1. Kodowanie Huffmana	216
12.2. Kodowanie arytmetyczne	220
12.3. Kodowanie słownikowe	225
13. Obrazy cyfrowe	229
13.1. Filtracja 2D	229
13.1.1. Filtry specjalne	231
13.2. Transformacja Fouriera obrazów	235
13.3. Projektowanie filtrów 2D metodą okien	237
13.4. DFT obrazów	243
13.5. DWT obrazów	244
13.6. Tomografia komputerowa	246
Literatura	252