

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	9
1.1 Grundlegendes	9
1.2 Anwendungen	11
1.2.1 Überblick	11
1.2.2 Spektralanalyse des Netzstromes	12
1.2.3 Korrelator	13
1.2.4 DTMF-Empfänger	14
1.3 Vor- und Nachteile der digitalen Signalverarbeitung	18
1.3.1 Vorteile der digitalen Signalverarbeitung	18
1.3.2 Nachteile der digitalen Signalverarbeitung	20
Übungen zu Kapitel 1	20
2. Signale und Spektren	21
2.1 Definition und Einteilung von Signalen	21
2.1.1 Deterministische Signale	22
2.1.2 Stochastische Signale	23
2.1.3 Der Diracpuls	23
2.2 Spektren	24
2.2.1 Definition und Einteilung	24
2.2.2 Alternative Definition	25
2.2.3 Beispiele	26
2.3 Eigenschaften der Fourier-Transformation	30
2.3.1 Parceval-Theorem	30
2.3.2 Verwandschaft zur Laplace-Transformation	30
2.3.3 Linearität	31
2.3.4 Symmetrie	31
2.3.5 Zeit- und Frequenzskalierung	31
2.3.6 Zeit- und Frequenzverschiebung	32
2.3.7 Reelle, gerade und ungerade Signale	33
2.3.8 Periodische Signale und Linienspektren	34
2.3.9 Diskrete Signale und periodische Spektren	34
2.3.10 Die Fourier-Reihe und ihre Fourier-Transformierte	34
2.3.11 Faltung	35
2.3.12 Die Fourier-Transformierte eines periodisch fortgesetzten Signals	38
2.3.13 Korrelation	40
2.4 Abtastung und Rekonstruktion	42
2.4.1 Abtastung	42
2.4.2 Rekonstruktion und Abtasttheorem	44
2.4.3 Praktische Aspekte der Rekonstruktion	46
2.4.4 Wahl der Abtastfrequenz und des Bandbegrenzungsfilters	47
2.4.5 Zusammenfassung	50
Übungen zu Kapitel 2	51

3. Zeitdiskrete Signale und Systeme	53
3.1 Zeitdiskrete Signale	53
3.1.1 Grundlagen	53
3.1.2 Einheitspuls und Einheitsschritt	54
3.1.3 Die Fourier-Transformierte zeitdiskreter Signale	55
3.2 Lineare zeitinvariante diskrete Systeme	55
3.2.1 Grundlagen	55
3.2.2 Die Differenzengleichung	57
3.2.3 Die Impulsantwort	59
3.2.4 Die diskrete Faltung	61
3.3 Die z-Transformation	63
3.3.1 Definition	63
3.3.2 Die inverse z-Transformation	63
3.3.3 Eigenschaften der z-Transformation	64
3.3.4 Übertragungsfunktion und Frequenzgang	65
3.3.5 Pole und Nullstellen der Übertragungsfunktion	69
Übungen zu Kapitel 3	71
4. Diskrete Fourier-Transformation	75
4.1 Motivation und Definition	75
4.1.1 Motivation	75
4.1.2 Definition	75
4.2 Interpretation und Eigenschaften der DFT	76
4.2.1 Grafische Interpretation	76
4.2.2 Eigenschaften der DFT	78
4.3 Zusammenhang mit anderen Transformationen	80
4.3.1 Überblick der Fourier-Transformationen	80
4.3.2 Die DFT als Approximation der Fourier-Transformationen	82
4.4 Die Berechnung der DFT mittels der FFT	84
4.5 Die DFT von periodischen Signalen	85
4.6 Datenfenster	88
4.6.1 Motivation	88
4.6.2 Fensterfunktionen	89
4.7 Die praktische Durchführung der DFT	95
4.7.1 Die Wahl der Abtastfrequenz und der Anzahl Abtastwerte	95
4.7.2 Beispiele	97
4.7.3 Schlussbemerkung	102
Übungen zu Kapitel 4	103
5. Diskrete Faltung und diskrete Korrelation	107
5.1 Grundlegendes	107
5.1.1 Motivation	107
5.1.2 Definitionen	107
5.1.3 Grafische Interpretation	108
5.1.4 Alternative Definitionen der diskreten Korrelation	110
5.2 Berechnungsverfahren	112
5.2.1 Grundlagen	112
5.2.2 Berechnung mittels der FFT	112

5.3 Anwendungsbeispiele	114
5.3.1 Anwendungsbeispiel für die diskrete Faltung	114
5.3.2 Anwendungsbeispiel für die diskrete Korrelation	114
Übungen zu Kapitel 5	117
6. Digitale Filter	121
6.1 Grundlagen	121
6.1.1 Echtzeit-System zur digitalen Filterung	121
6.1.2 Das digitale Filter als LTD-System	122
6.2 Digitalfilter-Strukturen	126
6.2.1 Grundstrukturen	126
6.2.2 Eigenschaften nichtrekursiver Digitalfilter	128
6.2.3 Rekursive Digitalfilter und ihre Eigenschaften	133
6.3 Entwurf von Digitalfiltern	139
6.3.1 Grundsätzliches	139
6.3.2 Entwurf von FIR-Filtern	142
6.3.3 Entwurf von IIR-Filtern	143
6.4 Unerwünschte Effekte bei Digitalfiltern	147
6.4.1 Zahlendarstellungen	147
6.4.2 Abtastung und Quantisierung beim AD-Umsetzer	151
6.4.3 Quantisierung der Filterkoeffizienten	154
6.4.4 Überlauf von Additionsergebnissen	155
6.4.5 Quantisierung von Multiplikationsergebnissen	159
6.5 Realisierung von Digitalfiltern	163
6.5.1 Zusammenfassung der Entwurfsprinzipien	163
6.5.2 Anwendungsbeispiel	165
Übungen zu Kapitel 6	179
Lösungen zu den Übungen	186
Lösungen zu den Übungen von Kapitel 1	186
Lösungen zu den Übungen von Kapitel 2	187
Lösungen zu den Übungen von Kapitel 3	194
Lösungen zu den Übungen von Kapitel 4	208
Lösungen zu den Übungen von Kapitel 5	221
Lösungen zu den Übungen von Kapitel 6	229
Literaturverzeichnis	256
Glossar der wichtigsten Begriffe der digitalen Signalverarbeitung	260
Stichwortverzeichnis	266