

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Einführung	1
1.1 Grundlagen	1
1.2 Der Signalprozessor als Digitalrechner	4
1.3 Anwendungen	6
1.3.1 Korrelation	7
1.3.2 Diskrete Fourier-Transformation	8
1.3.3 Digitale Filterung	10
1.3.4 Signalerzeugung	11
1.4 Vorteile und Nachteile der DSV	12
1.4.1 Vorteile der digitalen Signalverarbeitung	12
1.4.2 Nachteile der digitalen Signalverarbeitung	14
2 Signale und Spektren	17
2.1 Charakterisierung von Signalen	17
2.1.1 Elementarsignale	17
2.1.2 Kontinuierliche und diskrete Signale	20
2.1.3 Deterministische und stochastische Signale	21
2.1.4 Periodische, kausale, gerade und ungerade Signale	21
2.1.5 Reelle und komplexe Signale	23
2.1.6 Energie- und Leistungssignale	23
2.1.7 Orthogonale Signale	24
2.2 Fourier-Reihe und Fourier-Transformation	25
2.2.1 Fourier-Reihe	25

2.2.2	Fourier-Transformation	28
2.2.3	Eigenschaften der Fourier-Transformation	35
2.3	Faltung und Korrelation von Signalen	44
2.3.1	Impulsantwort und Faltung	44
2.3.2	Korrelation von Signalen	51
2.4	Abtastung und Rekonstruktion	54
2.4.1	Abtastung	54
2.4.2	Rekonstruktion und Abtasttheorem	56
2.4.3	Antialiasingfilter und Abtastfrequenz	58
2.4.4	Rekonstruktion und Glättungsfilter	60
2.5	Aufgaben	61
3	Zeitdiskrete Signale und Systeme	65
3.1	Zeitdiskrete Signale	65
3.1.1	Zeitdiskrete Elementarsignale	66
3.1.2	Periodische und kausale diskrete Signale	68
3.1.3	Diskrete Energie- und Leistungssignale	69
3.2	Lineare zeitinvariante diskrete Systeme	72
3.2.1	Grundlagen	72
3.2.2	Impulsantwort	73
3.2.3	Die diskrete Faltung	74
3.3	Die z-Transformation	77
3.3.1	Von der Fourier- zur z-Transformation	77
3.3.2	Eigenschaften der z-Transformation	80
3.3.3	Frequenzgang und Übertragungsfunktion	82
3.4	Nichtrekursive und rekursive Systeme	87
3.4.1	Differenzengleichung	87
3.4.2	Übertragungsfunktion	91
3.5	Aufgaben	95
4	Zeitdiskrete stochastische Signale	99
4.1	Die Zufallsvariable	99
4.2	Erwartungswerte	102
4.3	Stochastische Signale	107

4.3.1	Mittelwert und Korrelation stochastischer Signale	108
4.3.2	Stationäre und ergodische Signale	109
4.4	Leistungsdichtespektrum und Filterung	113
4.4.1	Leistungsdichtespektrum	113
4.4.2	Filterung stochastischer Signale	116
4.5	Schätzung von Erwartungswerten	118
4.5.1	Eigenschaften von Schätzfunktionen	118
4.5.2	Schätzung des Mittelwertes und der Korrelationsfunktion	119
4.6	Aufgaben	126
5	Diskrete Fourier-Transformation	131
5.1	Einführung	131
5.1.1	Motivation	131
5.1.2	Definition	132
5.2	Interpretation und Eigenschaften der DFT	133
5.2.1	Matrix-Interpretation der DFT	133
5.2.2	Die DFT-Koeffizienten als Korrelationen	135
5.2.3	Graphische Interpretation	136
5.2.4	Eigenschaften der DFT	137
5.3	Die DFT als Approximation	138
5.3.1	Die DFT als Approximation der Fourier- Transformierten	139
5.3.2	Die DFT als Approximation der Fourier-Reihe	140
5.3.3	Die DFT als Approximation der DTFT	141
5.4	Die Berechnung der DFT mittels der FFT	142
5.5	Der Goertzel-Algorithmus	146
5.5.1	Herleitung	146
5.5.2	Der Goertzel-Algorithmus als dezimierendes Bandpassfilter	149
5.6	Fensterung	152
5.6.1	Die DFT periodischer Signale	152
5.6.2	Mathematische Interpretation der Fensterung	154
5.6.3	Fensterfunktionen	155
5.7	Die praktische Durchführung der DFT	162
5.7.1	Die Wahl der Abtastfrequenz	162

5.7.2	Die Wahl der Anzahl Abtastwerte	163
5.7.3	Beispiele	164
5.7.4	Fazit	171
5.8	Aufgaben	172
6	Digitalfilter	177
6.1	Einführung	177
6.1.1	Echtzeitsystem zur digitalen Filterung	177
6.1.2	Filterfunktionen	178
6.1.3	Das Digitalfilter als LTI-System	180
6.2	Eigenschaften und Strukturen digitaler Filter	184
6.2.1	Eigenschaften und Strukturen von FIR-Filtern	184
6.2.2	Eigenschaften und Strukturen von IIR-Filtern	190
6.3	Entwurf digitaler Filter	196
6.3.1	Einführung	196
6.3.2	Entwurf von FIR-Filtern	199
6.3.3	Entwurf von IIR-Filtern	203
6.4	Nichtideale Effekte bei Digitalfiltern	207
6.4.1	Zahlendarstellungen	207
6.4.2	Quantisierung bei der Analog-Digital-Wandlung	212
6.4.3	Quantisierung der Filterkoeffizienten	215
6.4.4	Überlauf und Quantisierung von Zwischen- ergebnissen	218
6.4.5	Skalierung zur Verhinderung von Überläufen	221
6.4.6	Quantisierungsrauschen	225
6.4.7	Zusammenfassung	230
6.5	Realisierung digitaler Filter	232
6.5.1	Vorgehen zur Realisierung eines Digitalfilters	232
6.5.2	Anwendungsbeispiel	236
6.6	Aufgaben	240
7	Signalgeneratoren	249
7.1	Einfache Signalgeneratoren	249
7.1.1	Sägezahngenerator	250
7.1.2	Rechteckgenerator	252

7.1.3	Dreiecksgenerator	254
7.2	Direkte digitale Synthese	256
7.3	Polynomapproximation	258
7.4	Impulsantwort-Generatoren	264
7.4.1	Das stabile Digitalfilter als Signalgenerator	264
7.4.2	Das instabile Digitalfilter als Sinusoszillator	265
7.4.3	Kombinierter Sinus-Cosinus-Oszillator	267
7.5	Rauschgeneratoren	269
7.5.1	Rauschgenerator mit gleichverteilten Abtastwerten	269
7.5.2	Rauschgenerator mit gaussverteilten Abtastwerten	270
7.5.3	Generator für farbiges Rauschen	271
7.6	Aufgaben	272
,		
A	Inhalt der CD-ROM	275
A.1	Inhaltsverzeichnis der CD-ROM	275
A.2	Voraussetzungen	275
A.3	Installation	276
A.3.1	Installation des Programmpakets 'dspertools'	276
A.3.2	Installation des Verzeichnisses 'MatDSV1'	276
A.4	Das DSV-System 'EZ-KIT Lite'	277
B	Das Programm spfilt	279
B.1	Starten	279
B.2	Bedienung	279
B.2.1	Grundlagen	279
B.2.2	Benutzeroberfläche	280
B.2.3	Export und Import von Filtern	282
B.2.4	Code-Generator	284
B.2.5	Hilfe bei Problemen mit spfilt	284
B.2.6	Zusammenfassung	285
C	Der Simulator simdsp	287
C.1	Starten	287
C.2	Bedienung	287
C.2.1	Grundlagen	287

C.2.2	Benutzeroberfläche	288
C.2.3	Prozessor-Einstellungen	290
C.2.4	Bedeutung der Prozessor-Einstellungen bei der Digitalfilter-Simulation	293
D	Das Programm spgen	295
D.1	Starten	295
D.2	Bedienung	295
D.2.1	Grundlagen	295
D.2.2	Benutzeroberfläche	296
D.2.3	Code-Generator	298
D.2.4	Hilfe bei Problemen mit spgen	298
D.2.5	Zusammenfassung	299