

Inhaltsverzeichnis

1	Analoge Signale und Systeme	1
1.1	Zeitkontinuierliche Signale	1
1.1.1	Sinusförmige Signale	1
1.1.2	Allgemeine periodische Signale	2
1.1.3	Beschreibung von Signalen durch ihre Frequenzspektren	3
1.2	Diskontinuierliche Signale	6
1.3	Beschreibung linearer zeitinvarianter Systeme	11
1.3.1	Allgemeines	11
1.3.2	Die Impulsantwort	11
1.3.3	Die Systemfunktion	13
1.3.4	Beschreibung im Zustandsraum	14
1.3.5	Stabilität	15
1.4	Zeitdiskrete Signale	16
1.4.1	Signalabtastung	16
1.4.2	Rekonstruktion eines Signals aus seinen Abtastwerten	17
1.4.3	Abtasten und Halten	20
1.5	Aufgaben	22
2	Grundlagen zur Beschreibung zeitdiskreter Signale und Systeme	25
2.1	Elementare Darstellung zeitdiskreter Signale	25
2.2	Einige Grundsignale	26
2.2.1	Die delta-Folge	26
2.2.2	Die Einheitssprung-Folge	27
2.2.3	Die komplexe Exponentialfolge	28
2.3	Transformation zeitdiskreter Signale	29
2.4	Die z -Transformation	30
2.4.1	Definition und Konvergenzbereich	30
2.4.2	Die inverse z -Transformation	33
2.4.3	Techniken zur Berechnung der inversen z -Transformation	35

2.4.4	Eigenschaften der z -Transformation	45
2.5	Die diskrete Fourier-Transformation (DFT)	58
2.5.1	Die Transformationsgleichungen	58
2.5.2	Verwandtschaft zwischen DFT und z -Transformation	61
2.5.3	Approximative Berechnung der Fourier-Transformierten mit Hilfe der DFT	63
2.6	Differenzgleichungen	71
2.6.1	Allgemeines	71
2.6.2	Grundoperationen in digitalen Systemen	73
2.6.3	Lösung von Differenzgleichungen	74
2.6.4	Differenzgleichungs-Systeme	76
2.7	Systembeschreibung im z -Bereich	81
2.7.1	Allgemeines	81
2.7.2	Die Impulsantwort	82
2.7.3	Stabilität	85
2.7.4	Die Systemfunktion	86
2.7.5	Die Systemfunktion stabiler Systeme	91
2.7.6	Zusammenhänge zwischen z -Ebene und s -Ebene	97
2.7.7	Allpaßverhalten und Minimalphasigkeit	99
2.8	Aufgaben	103
3	Digitalfilter-Strukturen	107
3.1	Allgemeines	107
3.2	Direkte Strukturen	108
3.2.1	Nichtrekursive Filter	108
3.2.2	Rekursive Filter	108
3.2.3	Strukturzerlegungen	109
3.2.4	Lattice-Filter	115
3.3	Beschreibung linearer Systeme durch Signallaßgraphen	123
3.3.1	Grundlagen	123
3.3.2	Transposition	126
3.3.3	Transponierte Strukturen	129
3.4	Spezielle Strukturen	130
3.4.1	Nichtrekursive Filter mit linearer Phase	130
3.4.2	Allpässe	133
3.5	Wellendigitalfilter	134
3.5.1	Analoge Reaktanzfilter	135
3.5.2	Wellendigitalfilter-Grundlagen	142
3.5.3	Elemente und Quellen	146
3.5.4	Adaptoren	149
3.5.5	Zusammenschaltung von Adaptoren	161

3.5.6	Zweiter-Adaptoren	166
3.5.7	Brücken-Wellendigitalfilter	168
3.6	Aufgaben	176
4	Filterapproximation	181
4.1	Rekursive Filter	182
4.1.1	Anwendung der Bilinear-Transformation	182
4.1.2	Impulsinvarianz-Methode	189
4.1.3	Frequenztransformationen auf der Basis der Bilinear- Transformation	191
4.2	Nichtrekursive Filter	195
4.2.1	Approximation mit Fensterfolgen	195
4.2.2	Abtastung der Systemfunktion	202
4.3	Wellendigitalfilter	204
4.4	Aufgaben	204
5	Die schnelle Fourier-Transformation (FFT)	207
5.1	Einleitende Bemerkungen	207
5.2	Dezimierung im Zeitbereich	208
5.3	Dezimierung im Frequenzbereich	218
5.4	Radix-4-FFT	222
5.5	Faltung mit Hilfe von FFT-Algorithmen	228
5.6	Aufgaben	229
6	Numerische Probleme	233
6.1	Binäre Zahlendarstellungen	233
6.2	Schneiden und Runden	234
6.3	Quantisierungs-Modelle für die Analog-Digital-Wandlung	238
6.4	Systemreaktion auf das Eingangsruschen	242
6.5	Rundungsfehler in Systemen mit Festkomma-Arithmetik	244
6.5.1	Rekursive Systeme	244
6.5.2	Nichtrekursive Systeme	246
6.6	Grenzyklus-Schwingungen	247
6.6.1	Addierer-Überläufe	247
6.6.2	Rundungs-Schwingungen	254
6.6.3	Parasitäre Schwingungen in Wellendigitalfiltern	258
6.7	Aufgaben	260
A	Dimensionierung analoger Filter	263
A.1	Formulierung der Dämpfungsforderungen	263
A.2	Approximation des Dämpfungsverlaufs	264
A.2.1	Butterworth-Filter	265

A.2.2	Tschebyscheff-Filter	267
A.2.3	Elliptische Filter	270
A.3	Frequenztransformationen	271
A.3.1	Tiefpaß-Hochpaß-Transformation	271
A.3.2	Tiefpaß-Bandpaß-Transformation	271
B	Das Gibbssche Phänomen	275
	Literaturverzeichnis	279
	Lösungen der Aufgaben	283
	Sachwortverzeichnis	328