

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen	XIII
Verzeichnis der Formelzeichen	XIV

1 Einführung 1

1.1 Das Konzept der Systemtheorie	1
---	---

1.2 Übersicht über die Methoden der Signalverarbeitung	4
--	---

2 Analoge Signale 13

2.1 Klassierung der Signale	13
-----------------------------------	----

2.1.1 Unterscheidung kontinuierlich - diskret	13
---	----

2.1.2 Unterscheidung deterministisch - stochastisch	15
---	----

2.1.3 Unterscheidung Energiesignale - Leistungssignale	15
--	----

2.2 Die Fourierreihe (FR)	17
---------------------------------	----

2.2.1 Einführung	17
------------------------	----

2.2.2 Sinus- / Cosinus-Darstellung	19
--	----

2.2.3 Betrags- / Phasen-Darstellung	20
---	----

2.2.4 Komplexe Darstellung	21
----------------------------------	----

2.2.5 Das Theorem von Parseval für Leistungssignale	23
---	----

2.3 Die Fouriertransformation (FT)	26
--	----

2.3.1 Herleitung des Amplitudendichtespektrums	26
--	----

2.3.2 Die Faltung	31
-------------------------	----

2.3.3 Das Rechnen mit der Delta-Funktion	33
--	----

2.3.4 Die Fouriertransformation von periodischen Signalen	36
---	----

2.3.5 Die Eigenschaften der Fouriertransformation	40
---	----

2.3.6 Das Theorem von Parseval für Energiesignale	49
---	----

2.3.7 Tabelle einiger Fourier-Korrespondenzen	51
---	----

2.4 Die Laplace-Transformation (LT)	52
---	----

2.4.1 Wieso eine weitere Transformation?	52
--	----

2.4.2 Definition der Laplace-Transformation und Beziehung zur FT	52
--	----

2.4.3 Die Eigenschaften der Laplace-Transformation	56
--	----

2.4.4 Die inverse Laplace-Transformation	59
--	----

2.4.5 Tabelle einiger Laplace-Korrespondenzen (einseitige Transformation)	60
---	----

3 Analoge Systeme	61
3.1 Klassierung der Systeme	61
3.1.1 Linearität.....	61
3.1.2 Zeitinvarianz	64
3.1.3 Kausale und deterministische Systeme	64
3.1.4 Gedächtnislose und dynamische Systeme.....	65
3.1.5 Stabilität.....	65
3.2 Die Impulsantwort oder Stossantwort	66
3.3 Der Frequenzgang und die Übertragungsfunktion	67
3.4 Die Schrittantwort oder Sprungantwort	72
3.5 Kausale Systeme.....	74
3.6 Pole und Nullstellen	75
3.6.1 Einführung	75
3.6.2 Amplitudengang, Phasengang und Gruppenlaufzeit.....	77
3.6.3 Bodediagramme	81
3.6.4 Spezielle Systeme	84
3.6.4.1 Mindestphasensysteme	84
3.6.4.2 Allpässe.....	86
3.6.4.3 Zweipolfunktionen.....	87
3.6.4.4 Polynomfilter	88
3.6.5 Systemverhalten im Zeitbereich	89
3.6.6 PN-Schemata der Filterarten.....	91
3.6.6.1 Tiefpass.....	91
3.6.6.2 Hochpass	91
3.6.6.3 Bandpass	92
3.6.6.4 Bandsperre	92
3.6.6.5 Allpass	92
3.6.7 Realisierungsmöglichkeiten.....	93
3.7 Normierung	93
3.8 Übersicht über die Systembeschreibungen.....	95
3.8.1 Einführung	95
3.8.2 "Nette" Systeme: linear, stabil, zeitinvariant und mit konzentrierten Elementen.....	97
3.8.3 "Garstige" Systeme	98
3.8.4 Bestimmen der Systemgleichung.....	99

4 Analoge Filter	102
4.1 Einführung.....	102
4.2 Approximation des idealen Tiefpasses	109
4.2.1 Einführung.....	109
4.2.2 Butterworth-Approximation.....	110
4.2.3 Tschebyscheff-I - Approximation	113
4.2.4 Bessel-Approximation.....	115
4.2.5 Tschebyscheff-II- und Cauer-Approximation	116
4.2.6 Filter mit kritischer Dämpfung.....	116
4.3 Frequenztransformation.....	117
4.3.1 Tiefpässe	117
4.3.2 Hochpässe	118
4.3.3 Bandpässe.....	119
4.3.4 Bandsperren.....	123
4.3.5 Allpässe	123
4.4 Die praktische Realisierung von aktiven Filtern	124
4.4.1 Darstellung in der Kaskadenstruktur.....	124
4.4.2 Bestimmen der Koeffizienten	125
4.4.3 Skalierung	126
4.4.4 Grundsaltungen	127
4.4.4.1 Polynom-Tiefpass 1. Ordnung	128
4.4.4.2 Polynom-Tiefpass 2. Ordnung	128
4.4.4.3 Hochpass 1. Ordnung	128
4.4.4.4 Hochpass 2. Ordnung	129
4.4.4.5 Bandpass 2. Ordnung	129
4.4.4.6 Bandsperre 2. Ordnung / elliptisches Grundglied	129
4.4.4.7 Allpass 1. Ordnung.....	130
4.4.5 Tabellen der Polynom-Tiefpässe.....	130
4.4.5.1 Butterworth-Tiefpässe.....	130
4.4.5.2 Bessel-Tiefpässe.....	130
4.4.5.3 Tschebyscheff-I-Tiefpässe	131
4.4.5.4 Kritisch gedämpfte Tiefpässe.....	131

5 Digitale Signale	132
5.1 Einführung	132
5.2 Die Fouriertransformation für Abtastsignale (FTA)	135
5.2.1 Einführung	135
5.2.2 Die ideale Abtastung von Signalen	135
5.2.3 Das Spektrum von abgetasteten Signalen	136
5.2.4 Das Abtasttheorem	140
5.2.5 Die Abtastung von Bandpass-Signalen	143
5.2.6 Die Rekonstruktion von abgetasteten Signalen ("DA-Wandlung")	144
5.3 Die diskrete Fouriertransformation (DFT)	147
5.3.1 Die Herleitung der DFT	147
5.3.2 Verwandtschaft mit der komplexen Fourierreihe	148
5.3.3 Die Eigenschaften der DFT	151
5.3.4 Die schnelle Fouriertransformation (FFT)	153
5.3.5 Die Redundanz im Spektrum reeller Zeitfolgen	157
5.4 Praktische Frequenzanalyse	160
5.4.1 Übersicht über die Methoden	160
5.4.2 Spektralanalyse mit der DFT/FFT	161
5.4.2.1 Periodische Signale	161
5.4.2.2 Quasiperiodische Signale	163
5.4.2.3 Nichtperiodische, stationäre Leistungssignale	173
5.4.2.4 Nichtstationäre Leistungssignale	173
5.4.2.5 Transiente Signale	174
5.4.2.6 Zusammenfassung	175
5.4.3 Messung von Frequenzgängen	176
5.5 Die diskrete Faltung	176
5.6 Die z-Transformation (ZT)	178
5.6.1 Definition der z-Transformation	178
5.6.2 Zusammenhang mit der LT und der FTA	180
5.6.3 Eigenschaften der z-Transformation	183
5.6.4 Die inverse z-Transformation	185
5.6.5 Tabelle einiger z-Korrespondenzen	186
5.7 Übersicht über die Signaltransformationen	187
5.7.1 Welche Transformation für welches Signal?	187
5.7.2 Eigenschaften der Transformationen	188

6 Digitale Systeme	192
6.1 Einführung	192
6.2 Die Differenzengleichung	196
6.3 Die Impulsantwort	198
6.4 Der Frequenzgang und die z-Übertragungsfunktion	201
6.5 Die Schrittantwort	204
6.6 Pole und Nullstellen	205
6.7 Strukturen und Blockschaltbilder	206
6.8 Digitale Simulation analoger Systeme	212
6.9 Übersicht über die Systeme	214
6.10 Der Einfluss der Amplitudenquantisierung	216
6.10.1 Einführung	216
6.10.2 Quantisierung bei der AD-Wandlung	216
6.10.3 Quantisierung der Filterkoeffizienten	218
6.10.4 Quantisierung der Rechenergebnisse	220
6.10.5 Die Vektorquantisierung	222
6.11 Die Realisierung von digitalen Systemen	223
6.11.1 Die Signalwandler	223
6.11.1.1 Sample- and Hold-Schaltungen (S&H)	223
6.11.1.2 Analog-Digital-Wandler (ADC)	224
6.11.1.3 Digital-Analog-Wandler (DAC)	225
6.11.2 Die Verarbeitungseinheit	225
6.11.2.1 Hardware	226
6.11.2.2 Mikrocomputer und -Controller	226
6.11.2.3 Digitale Signalprozessoren (DSP)	227
6.11.2.4 Die Software-Entwicklung	228

7 Digitale Filter	232
7.1 IIR-Filter.....	232
7.1.1 Einführung	232
7.1.2 Impulsinvarianter Entwurf	234
7.1.3 Entwurf mit bilinearer Transformation	241
7.1.4 Frequenztransformation im z-Bereich	246
7.1.5 Direkter Entwurf im z-Bereich	246
7.1.6 Filter mit linearem Phasengang	249
7.2 FIR-Filter.....	255
7.2.1 Einführung	255
7.2.2 Die 4 Typen linearphasiger FIR-Filter	256
7.2.3 Fenstermethode	259
7.2.4 Frequenz-Abtastung.....	266
7.2.5 Synthese im z-Bereich	267
7.2.6 Synthese von linearphasigen Hochpässen, Bandpässen und Bandsperren	268
7.3 Die Realisierung eines Digitalfilters	273
7.3.1 Gegenüberstellung FIR-Filter - IIR-Filter	273
7.3.2 Schema zur Filterentwicklung	273
7.3.3 Weitere Filterarten	274
7.4 Systeme mit mehreren Abtastraten.....	275
7.4.1 Einführung	275
7.4.2 Dezimation.....	276
7.4.3 Interpolation.....	277
7.4.4 Rationale Änderung der Abtastfrequenz.....	279
 Hinweise zur Weiterarbeit	 280
 Literaturverzeichnis	 281
 Sachwortverzeichnis	 282