

Inhalt

Vorwort

1	Einführung	1
1.1	Was ist ein digitales Filter	1
1.2	Warum digitale Filter?	8
1.3	Art der Behandlung digitaler Filter	10
1.4	Sollte man Spezialcomputer oder allgemeine Computer bei der Behandlung digitaler Filter einsetzen?	11
1.5	Erforderliche Vorkenntnisse aus dem Gebiet der Statistik ...	12
1.6	Statistische Verteilung	16
1.7	Rauschverstärkung im Filter	18
2	Frequenzmethode	21
2.1	Einführung	21
2.2	Rückfaltung	22
2.3	Eigenfunktionen	25
2.4	Invarianz bei Translation	28
2.5	Lineare Systeme	31
2.6	Eigenfunktionen bei äquidistanter Signalabtastung	33
2.7	Zusammenfassung	34
3	Einige klassische Anwendungen	35
3.1	Einführung	35
3.2	Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate bei der Annäherung einer Datenfolge durch ein Polynom	35
3.3	Näherung durch Polynome zweiten und vierten Grades nach der Methode der kleinsten Quadrate	41
3.4	Abgewandelte Form der Methode der kleinsten Quadrate ...	46
3.5	Differenzen und Ableitungen	50
3.6	Weiteres zur Glättung: Dezibel	54
3.7	Fehlende Daten und Interpolation	56
3.8	Nichtrekursive glättende Filter	59
3.9	Wirkung eines Filters (Beispiel)	63
3.10	Integration: Rekursive Filter	65
3.11	Zusammenfassung	69

4	Fourier-Reihen stetiger Funktionen	71
4.1	Forderungen an die Theorie	71
4.2	Orthogonalität	72
4.3	Reihenentwicklungen	76
4.4	Ungerade und gerade Funktionen	82
4.5	Fourier-Reihen und die Methode der kleinsten Quadrate	86
4.6	Funktionsklasse und Konvergenzgeschwindigkeit	88
4.7	Konvergenz an einer Stetigkeitsstelle	89
4.8	Konvergenz an einer Unstetigkeitsstelle der Funktion	92
4.9	Komplexe Fourier-Reihen	93
4.10	Phasendarstellung von Fourier-Reihen	98
5	Fenster	101
5.1	Einführung	101
5.2	Generierung neuer Fourier-Reihen: Faltungs-Theoreme	102
5.3	Das Gibbssche Phänomen	104
5.4	Glättung nach Lanczos: Sigma-Faktoren	107
5.5	Nochmals: Das Gibbssche Phänomen	110
5.6	Modifizierte Fourier-Reihen	113
5.7	Das von Hann-Fenster	114
5.8	Hamming-Fenster: Erhöhtes Cosinus-Fenster mit Plateau	116
5.9	Fenster (Übersicht)	119
	Anhang 5.A	120
6	Entwurf nichtrekursiver Filter	121
6.1	Einführung	121
6.2	Entwurf eines Tiefpaßfilters	124
6.3	Entwurfsmethoden für stetige Filter (Zusammenfassung)	127
6.4	Differenzierfilter	130
6.5	Prüfung des Differenzierfilters mittels Daten	135
6.6	Weiterentwicklungen und Verbesserungen	138
6.7	Bandpaß-Differenzierung	143
6.8	Mittelwertgleichungen	144
7	Monotone nichtrekursive Filter	147
7.1	Maßnahmen gegen Schwingungen in einer Übertragungsfunktion	147
7.2	Monotone Filter	149
7.3	Transformation in der Fourier-Reihe	153
7.4	Allgemeine Polynomverarbeitung	155
7.5	Entwurf eines monotonen Filters	157
7.6	Monotones Bandpaßfilter	159

8	Fourier-Integral und Abtasttheorem	161
8.1	Einführung	161
8.2	Zusammenfassung der Ergebnisse	162
8.3	Das Abtasttheorem	163
8.4	Das Fourier-Integral	166
8.5	Einige Transformiertenpaare	167
8.6	Bandbegrenzte Funktionen und das Abtasttheorem	169
8.7	Das Faltungstheorem	172
8.8	Einfluß der endlichen Länge des Abtastbereiches	173
8.9	Fenster	175
8.10	Unbestimmtheitsprinzip	177
9	Kaiser-Fenster und Optimierung	181
9.1	Fenster	181
9.2	Gibbssches Phänomen und Rechteckfenster	183
9.3	Das Kaiser-Fenster: I_0 -sinh-Fenster	185
9.4	Herleitung der Kaiser-Gleichungen	189
9.5	Entwurf eines Bandpaßfilters	190
9.6	Entwurf eines Filters mit Hilfe des Kaiser-Fensters, Zusammenfassung	192
9.7	Nochmals der gleiche Differenzierer	192
9.8	Spezialfall einer Differenzierung	197
9.9	Optimierung des Filterentwurfes	198
9.10	Grobe Optimierung	199
10	Endliche Fourier-Reihen	203
10.1	Einführung	203
10.2	Orthogonalität	203
10.3	Beziehung zwischen diskreter und stetiger Entwicklung	207
10.4	Die Schnelle Fourier-Transformation	208
10.5	Cosinus-Entwicklungen	211
10.6	Weitere Entwurfsmethoden	212
11	Das Spektrum	213
11.1	Übersicht	213
11.2	Einfluß der endlichen Proben	214
11.3	Faltung	214
11.4	Berechnung des Spektrums	215
11.5	Nichtharmonische Frequenzen	217
11.6	Herausnahme des Mittelwertes	218
11.7	Phasenspektrum	221
11.8	Zusammenfassung	222

12	Rekursive Filter	223
12.1	Warum rekursive Filter?	223
12.2	Lineare Differentialgleichung, Theorie	226
12.3	Lineare Differentialgleichung	230
12.4	Vereinfachungen	231
12.5	Stabilität und z -Transformation	235
12.6	Butterworth-Filter	237
12.7	Butterworth-Filter, Beispiel	241
12.8	Herausnahme der Phase: Doppelwegfilter	243
13	Tschebyschowsche Näherung und Tschebyschow-Filter	245
13.1	Einführung	245
13.2	Tschebyschowsche Polynome	246
13.3	Das Tschebyschowsche Kriterium	248
13.4	Tschebyschow-Filter	250
13.5	Tschebyschowsche Filter, Typ 1	250
13.6	Tschebyschowsche Filter, Typ 2	254
13.7	Elliptische Filter	255
13.8	Ausgleich einer Fehlerkurve	256
13.9	Tschebyschowsche Identität	257
13.10	Beispiel für den Entwurf eines Integrators	259
13.11	Phasenfreie rekursive Filter	261
13.12	Einschwingerscheinungen	262
14	Verschiedenes	265
14.1	Entwurfsarten	265
14.2	Effekte der endlichen Arithmetik	266
14.3	Rekursive Filter im Vergleich zu nichtrekursiven Filtern	268
14.4	Direkte Modellierung	269
14.5	Dezimierung	270
14.6	Zeitvariante Filter	271
14.7	Literatur	271
	Literatur	273
	Register	275