

Inhoud

	Voorwoord	9
1	Wat houdt 'filteren' in?	11
1.1	Fundamentele filtertypen	13
1.1.1	Hoogdoorlaatfilters	13
1.1.2	Laagdoorlaatfilters	13
1.1.3	Banddoorlaatfilters	14
1.1.4	Bandsperfilters	14
1.1.5	Correctiefilters	15
1.2	Praktische filtertoepassingen	15
1.2.1	Hoge- en lagetonenregelaars	16
1.2.2	Muzikale effecten	16
1.2.3	Andere voorbeelden van filtertoepassingen	17
2	Het RC-laagdoorlaatfilter	19
2.1	Laagdoorlaat in de praktijk	19
2.2	Analoge audio-interface	21
2.2.1	Filter plus CD-speler of cassettedeck in combinatie met een audio-hifi-versterker	22
2.2.2	Filter plus MP3-speler of geluidskaart met mini-klinkstekers	23
2.3	Experimenten met het laagdoorlaatfilter	23
2.4	Achter de schermen van het laagdoorlaatfilter	25
2.4.1	Frequentie-afhankelijke spanningsdeler	26
2.4.2	Laagdoorlaat-parameters	29
3	Overdrachtsfuncties en filterparameters	33
3.1	De algemene vorm van de overdrachtsfunctie	33
3.2	Excitatie signalen	34
3.3	Intermezzo: sinusgenerator met variabele uitgangsfrequentie	36
3.4	Meting van de amplitudekarakteristiek van een filter in de praktijk	39
3.4.1	Opmerkingen bij de overdrachtscurve	42
3.5	Frequentie- en amplitudekarakteristiek – algemeen	45
3.5.1	Frequentie- en tijddomein – amplitude- en fasekarakteristiek	48

3.6	Grensfrequentie	53
3.7	Flanksteilheid en filterorde	54
4	Passieve filters	57
4.1	RC-filters	58
4.1.1	Het RC-netwerk als hoogdoorlaatfilter	58
4.1.2	Het RC-netwerk als laagdoorlaatfilter	61
4.1.3	RC-banddoorlaatfilter	63
4.1.4	RC-bandsperfilters (notchfilters)	69
4.2	RLC-netwerken	71
4.2.1	RLC-hoogdoorlaatfilter	71
4.2.2	Tweede-orde laagdoorlaatfilter	73
4.2.3	RLC-banddoorlaatfilter/parallelkring	74
4.2.4	Bandsperfilter (notchfilter of zuigkring) met spoel	81
4.3	Toepassing: filters voor luidsprekerboxen	84
4.3.1	Wisselfilters voor tweewegsystemen	85
5	Actieve filters	89
5.1	Hogere-orde laag- en hoogdoorlaatfilters – algemeen	90
5.1.1	Algemene vergelijking voor n-de orde laagdoorlaatfilters	91
5.2	Optimalisatie van hoog- en laagdoorlaatfilters	92
5.2.1	Filters met maximale flanksteilheid	93
5.2.2	Optimalisering volgens Chebyshev	94
5.2.3	Optimalisering volgens Cauer	96
5.2.4	Filters met een zo vlak mogelijke doorlaatband	97
5.2.5	Filters met een zo lineair mogelijke fasekarakteristiek	98
5.2.6	Vergelijking	99
5.3	Actieve laagdoorlaatfilters	99
5.3.1	Actief RC-laagdoorlaatfilter	99
5.3.2	Tweede-orde Sallen-Key laagdoorlaatfilter	100
5.3.3	Zesde-orde laagdoorlaatfilter voor zeer lage frequenties	106
5.4	Actieve hoogdoorlaatfilters	115
5.4.1	Actief RC-hoogdoorlaatfilter	115
5.4.2	Sallen-Key hoogdoorlaatfilter	115
5.5	Actieve banddoorlaatfilters	117
5.5.1	Audio-equalizers	117
5.5.2	Een beetje equalizerkunde	119
5.5.3	Klanksynthese en klankanalyse	121
5.5.4	Schakelingen van actieve banddoorlaatfilters	126
5.6	Actieve bandsperfilters	127
5.6.1	Het actieve dubbel-T-filter in de praktijk	127

5.6.2	De dubbel-T-schakeling	129
5.6.3	Variaties op een thema	131
5.6.4	Definities	132
5.6.5	Theoretische achtergronden van het actieve dubbel-T-filter als bandsperfilter	133
5.7	Allpassfilters	135
5.8	Het kamfilter-effect	136
5.9	Analoge gitaar-phaser	139
5.9.1	Beschrijving van de schakeling	141
5.10	Het state-variable-filter	141
5.10.1	De schakeling	143
5.10.2	De voeding	144
5.10.3	Tips voor de bouw	145
5.10.4	Ingebruikneming en test	145
5.10.5	Overdracht	146
5.11	Spanningsgestuurd state-variable-filter met optocouplers	146
5.11.1	Afregeling	148
5.11.2	Ingrep in de filterschakeling	150
5.12	Het state-variable-filter als bandsperfilter	150
5.12.1	De theorie...	151
5.12.2	...en de praktijk	152
5.12.3	Test	154
5.13	Muziekelektronica	154
5.13.1	Spanningsgestuurde laagdoorlaatfilters	155
5.13.2	Waarom spanningsgestuurd?	155
5.13.3	Spanningsgestuurd laagdoorlaatfilter met OTA's	156
5.13.4	Omhullende-generator	160
6	Geschakelde filters	167
6.1	Werking van SC-filters	167
6.2	Commerciële SC-filters	169
6.3	Praktische toepassingen van de SCF-technologie	170
6.4	ELF-laagdoorlaatfilter met de LTC1062	172
7	Digitale filters	179
7.1	Filtering door convolutie	182
7.1.1	Impulsantwoorden en coëfficiënten	184
7.1.2	Filterparameters	188
7.1.3	Afvlakking	190
7.1.4	Laagdoorlaatfilters omrekenen naar hoogdoorlaatfilters	192
7.1.5	Filterprogramma's	192
7.2	Spreadsheet voor de berekening van niet-recursieve filters	209

7.2.1	Opzet van de spreadsheet	209
7.2.2	Weergave van de overdrachtsfunctie	211
7.2.3	Exporteren van de data	212
8	Correctiefilters	215
8.1	Vastleggen van de amplitude- en fasekarakteristiek	216
8.1.1	Interpolatie van de functiewaarden tussen twee frequentiewaarden	218
8.1.2	Programma voor de omrekening van een logaritmische naar een constante stapgrootte	220
8.2	Omrekening van polaire naar cartesische coördinaten	231
8.3	Berekening van de inverse DFT	232
8.4	Vorbereiding van het impulsantwoord	235
8.5	Testen van het impulsantwoord	237
8.6	FFT-convolutie	237
	Literatuur	239
	Index	241