

Aufgaben über Operationsverstärker- und Filterschaltungen

von

Prof. Dr.-Ing. Günther Wieseemann

Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel und

Dr.-Ing. Karl Heinz Kraft

Siemens AG Braunschweig



Bibliographisches Institut Mannheim/Wien/Zürich

B. I.-Wissenschaftsverlag

Verzeichnis der Aufgaben	IX
1. Einführung	1
2. Rückkopplung von Operationsverstärkern	6
2.1 Der ideale Operationsverstärker	6
2.2 Stabile und labile Betriebszustände	12
2.3 Gegenkopplungs-Grundsaltungen	21
2.3.1 Invertierende Gegenkopplung (Umkehrverstärker)	21
2.3.2 Nichtinvertierende Gegenkopplung (Elektrometer-Verstärker)	28
2.3.3 Stabilisierung der Verstärkung durch Gegenkopplung	33
2.4 Mitkopplungs-Grundsaltungen	36
2.4.1 Nichtinvertierende Mitkopplung	36
2.4.2 Invertierende Mitkopplung	47
2.5 Spezielle Gegenkopplungs-Saltungen	55
2.5.1 Umkehraddierer	56
2.5.2 Subtrahierer	58
2.5.3 Integrierer und Differenzierer	59
2.5.4 Impedanzwandler	62
2.5.5 Negativ-Impedanz-Konverter	63
2.6 Kombination von Mit- und Gegenkopplung	73
2.7 Oszillator-Saltungen	77
2.7.1 RC-Generatoren	78
2.7.2 Meißnerschaltung	82
3. Frequenzverhalten passiver und aktiver Filter	87
3.1 Grundlagen	87
3.1.1 Komplexe Frequenz	87
3.1.2 Übertragungsfunktion	89
3.1.3 Betriebsgrößen	93
3.1.4 Filtertypen und ihre Charakterisierung	95

3..2 Passive Filter	101
3..3 Aktive> Filter mit Operationsverstärkern	112
3.3.1 Aktive Filter mit einfacher Gegenkopplung	114
3.3.2 Aktive Filter mit zweifacher Gegenkopplung	120
3.3.3 Aktive Filter mit Mit- und Gegenkopplung	134
3.3.4 Aktive Filter mit mehreren Operationsverstärkern	147
3.3.5 Entwurfsbeispiele	153
4. Zeitverhalten impulsformender Netzwerke	163
4.1 Grundlagen	164
4.1.1 Beschreibung von Signalen im Zeitbereich	164
4.1.2 Zeitfunktionen, Frequenzspektrum und Laplace-Transformation	167
4.1.3 Laplace-Transformierte elementarer Zeitfunktionen	174
4.1.4 Allgemeine Transformationsregeln	176
4.1.5 Anwendung der Laplace-Transformation	178
4.1.6 Partialbruchzerlegung	181
4.2 Passive Netzwerke	184
4.3 Schaltungen mit Operationsverstärkern	210
Reglerbausteine mit Operationsverstärkern	239
5.1 Grundlagen	239
5.1.1 Geschlossener Regelkreis	239
5.1.2 Wichtige Typen linearer Regler	240
5.2 Reglerschaltungen	242
(Abschnitte 3.1, 3.2,, 3.3.5, 4, 5: K. H. Kraft; Abschnitte 2, 3.3.1 bis 3.3.4: G. Wiesemann)	
Literaturverzeichnis	264
Sachverzeichnis	267

Verzeichnis der Aufgaben

Aufgabe 2.1	: Verstärkerschaltung mit mehreren Arbeitspunkten	12
2.2	: Verstärkerschaltung mit einem stabilen Arbeitspunkt	18
2.3	: Umkehrverstärker	22
2.4	: Elektrometer-Verstärker	28
2.5	: Verstärkungs-Stabilisierung	33
2.6	: Nichtinvertierende Mitkopplung mit asymmetrischer Hysterese	41
2.7	: Unterdrückung von Störungsimpulsen	43
2.8	: Asymmetrische Hysterese durch Spannungsbegrenzung mit Diode	45
2.9	: Dimensionierung eines invertierenden Schmitt-Triggers	49
2.10	: Erzeugung einer Rechteckschwingung aus einer Sinusschwingung	51
2.11	: Übertragungskennlinie eines invertierenden Schmitt-Triggers	53
2.12	: Subtrahierer	58
2.13	: Miller-Integrierer	59
2.14	: Verhalten eines NIC innerhalb und außerhalb des Bereiches linearer Verstärkung	63
2.15	: Gyrator	69
2.16	: Operationsverstärker mit nichtinvertierender Mit- und Gegenkopplung	73
2.17	: Meißner-Oszillator	82

Aufgabe 3.1	: Entwurf eines Butterworth-Tiefpasses zweiter Ordnung (TP2)	103
3.2	: Entwurf eines Tschebyscheff-Tiefpasses (TP2)	106
3.3	: Bandpaß-Parameter	110
3.4	: Aktiver Tiefpaß (TP1)	114
3.5	: Invertierender aktiver Hochpaß (HP1)	115
3.6	: Nichtinvertierender aktiver Hochpaß (HP1)	116
3.7	: Aktiver RLC-Bandpaß	118
3.8	: Aktiver RC-Bandpaß mit zweifacher Gegen- kopplung (BP2)	122
3.9	: Aktiver RC-Tiefpaß mit zweifacher Gegen- kopplung (TP2)	125
3.10	: Aktiver RC-Hochpaß mit zweifacher Gegen- kopplung (HP2)	129
3.11	: Berechnung der Übertragungsfunktion eines aktiven Tiefpasses 3. Ordnung (TP3)	132
3.12	: Aktiver RC-Tiefpaß mit einfacher Mit- und Gegenkopplung (TP2)	136
3.13	: Aktiver RC-Hochpaß mit einfacher Mit- und Gegenkopplung (HP2)	141
3.14	: Aktiver RC-Bandpaß mit einfacher Mit- und Gegenkopplung (BP2)	144
3.15	: Bandsperre mit zwei Operationsverstärkern	147
3.16	: Filter zweiter Ordnung nach dem Analog- rechnerprinzip	150
3.17	: Tiefpaß-Dimensionierung für den aperiodi- schen Grenzfall	153
3.18	: Entwurf eines aktiven Bessel-Tiefpasses	156
3.19	: Entwurf eines aktiven Butterworth- Tiefpasses	158
3.20	: Güteberechnung und -Optimierung bei einem aktiven Bandpaß	160

Aufgabe 4.1	: RC-Glied mit einem Rechteckimpuls als Eingangssignal	185
4.2	: CR-Glied (HP1) mit einem Rechteckimpuls als Eingangssignal	187
4.3	: Rechteck-Doppelimpuls bei einem CR-Glied (HP1)	189
4.4	: Ausgangsspannung $U_2(t)$ beim TP1 bei gegebener Bildfunktion $U_1(p)$	192
4.5	: Das "Tastkopf-Problem"	196
4.6	: Anstiegszeit und Bandbreite (TP1 und TP2 mit $D = 1$)	199
4.7	: Einschwingverhalten eines Butterworth- Tiefpasses	203
4.8	: Sprungantworten für Filter zweiter Ord- nung für den aperiodischen Grenzfall ($D = 1$)	204
4.9	: Filter mit Trennverstärker	210
4.10	: Schaltung mit einfacher Gegen- kopplung	214
4.11	: Zwei verschobene Sprungfunktionen bei einem summierenden Verzögerungsglied	217
4.12	: Integrierer mit Verzögerung	219
4.13	: Aktives RC-Filter	223
4.14	: Einschwingverhalten von Tiefpässen (TP2)	227
4.15	: Bestimmung der Übertragungsfunktion aus dem Zeitverhalten eines Netzwerks	232
4.16	: Nachbildung der Schrittfunktion durch die Sprungantwort eines aktiven Filters	234

Aufgabe	5.1	: Analyse einer wichtigen Regler-Grund- schaltung	242
	5.2	: Proportionalglied mit variabler Ver- stärkung	244
	5.3	: PI-Regler	247
	5.4	: Regelkreis mit PI-Regler	249
	5.5	: Dimensionierung eines PD-Reglers	254
	5.6	: PID-Regler	258
	5.7	: Sprungantwort eines realen PID-Reglers	261