

Inhaltsverzeichnis

1	Physikalische Grundlagen der Halbleiterelektronik	13
1.1	Leitfähigkeit von Halbleitern	13
1.1.1	Eigenleitung	13
1.1.2	Halbleiter mit Störstellen	15
1.2	Ladungsträgergeneration in Halbleitern	19
1.3	Ladungsträgertransport in Halbleitern	20
1.4	Aufgaben	21
2	Berechnungsmethoden elektronischer Schaltungen	22
2.1	Analysemethoden und -werkzeuge zur Schaltungsberechnung	23
2.1.1	Ersatzschaltbilder	25
2.1.2	Groß- und Kleinsignalanalyse	26
2.1.3	Kleinsignalersatzschaltung	27
2.2	Vierpoldarstellung	28
2.3	Zusammenschaltung von Vierpolen	32
2.4	Vierpole mit äußerer Beschaltung	33
2.5	Darstellung des Übertragungsverhaltens	34
2.6	Signalflussdarstellung	36
2.7	Computergestützte Netzwerkanalyse	37
2.8	Aufgaben	39
3	Halbleiterdioden	41
3.1	pn-Übergang	41
3.1.1	Wirkprinzip	41
3.1.2	Strom-Spannungs-Kennlinie	44
3.1.3	Ladungsspeicherung	46
3.2	Kleinsignalverhalten	47
3.3	Schaltverhalten	50
3.4	Temperaturverhalten	52
3.5	Spezielle Dioden und ihre Anwendungen	53
3.5.1	Gleichrichterdiode	53
3.5.2	Z-Diode	55
3.5.3	Kapazitätsdiode	58
3.5.4	Tunneldiode	59
3.5.5	Schottky-Diode	60
3.6	Mikrowellendioden	61
3.6.1	IMPATT-Diode	61
3.6.2	Gunn-Diode	62
3.7	Aufgaben	63

4	Bipolartransistoren	65
4.1	Wirkprinzip	65
4.2	Strom-Spannungs-Kennlinie	67
4.3	Nutzbarer Betriebsbereich	72
4.4	Bipolartransistor als Verstärker	74
4.4.1	Kleinsignalmodell des Bipolartransistors	75
4.4.2	Frequenzabhängigkeit des Übertragungsverhaltens des Bipolartransistors	78
4.5	Temperaturverhalten von Bipolartransistoren	83
4.6	Arbeitspunktabhängigkeit der Stromverstärkung	85
4.7	Bipolartransistor als elektronischer Schalter	86
4.7.1	Schaltung eines Transistorschalters	86
4.7.2	Stationäres Schaltermodell des Bipolartransistors	86
4.7.3	Dynamisches Verhalten eines Transistorschalters	88
4.8	Aufgaben	91
5	Thyristoren	95
5.1	Aufbau und Wirkungsweise	95
5.2	Thyristorvarianten	97
5.3	Anwendungen von Thyristoren	98
5.4	Aufgaben	101
6	Feldeffekttransistoren	102
6.1	MOSFET	103
6.1.1	Wirkprinzipien verschiedener MOSFET-Typen	103
6.1.2	Strom-Spannungs-Kennlinie eines MOSFET	104
6.1.3	Ableitung der Strom-Spannungs-Kennlinie eines MOSFET	108
6.1.4	MOSFET als Verstärker	110
6.1.4.1	Kleinsignalmodell des MOSFET	110
6.1.4.2	Frequenzabhängigkeit des Übertragungsverhaltens	113
6.1.4.3	Effekte bei integrierten MOSFET	114
6.1.5	MOSFET als elektronischer Schalter	115
6.1.6	Thermisches Verhalten des MOSFET	118
6.2	Sperrschicht-FET	119
6.2.1	Strom-Spannungs-Kennlinie eines SFET	119
6.2.2	Kleinsignalverhalten eines SFET	120
6.3	SFET als Verstärker	121
6.4	Aufgaben	122
7	Rauschen elektronischer Bauelemente	125
7.1	Widerstandsrauschen	125
7.2	Diodenrauschen	126
7.3	Transistorrauschen	128
7.4	Rauschspannung	129
7.5	Rauschfaktor	130
7.6	Aufgabe	131

8	Operationsverstärker	132
8.1	Der ideale Operationsverstärker	132
8.2	Aufbau eines Operationsverstärkers	133
8.3	Statische Kenngrößen realer Operationsverstärker	134
8.4	Dynamische Kenngrößen realer Operationsverstärker	138
8.5	Verstärkerschaltungen mit Operationsverstärker	139
8.5.1	Grundsaltungen eines Spannungsverstärkers	139
8.5.2	Kompensation von Offsetspannung und Offsetstrom des Operationsverstärkers	141
8.6	Dynamisches Verhalten von Operationsverstärkerschaltungen	142
8.7	Rauschen in Operationsverstärkern	144
8.8	Moderne Operationsverstärkertypen	144
8.9	Aufgaben	147
9	Optoelektronische Bauelemente und Halbleitersensoren	149
9.1	Fotosensoren	149
9.2	Leuchtdioden	152
9.3	Optokoppler	155
9.4	Spezielle Halbleitersensoren	155
9.4.1	Temperatursensoren	155
9.4.2	Magnetfeldsensoren	157
9.4.3	Piezowandler	158
9.5	Aufgaben	159
10	Lineare Verstärkergrundsaltungen	161
10.1	Allgemeines Kleinsignalmodell eines Spannungsverstärkers	161
10.2	Einstufige Verstärker mit Bipolartransistoren	163
10.2.1	Emitterschaltung	164
10.2.2	Basisschaltung	171
10.2.3	Kollektorschaltung (Emitterfolger)	174
10.2.4	Vergleich der einstufigen Transistorverstärkerschaltungen	176
10.3	Einstufige Verstärker mit Feldeffekt-Transistoren	177
10.4	Grundsaltungen mit mehreren Transistoren	178
10.4.1	Kaskodeschaltung	178
10.4.2	Differenzverstärker	180
10.4.3	Stromspiegel	184
10.4.4	Differenzverstärker mit Stromspiegellast	187
10.4.5	Transistor-Stromquellen	188
10.4.6	Darlington-Schaltung	191
10.4.7	Leistungsendstufen	192
10.5	Frequenzverhalten von Verstärkerstufen	197
10.6	Kopplung von Verstärkerstufen	199
10.7	Aufgaben	200

11	Gegenkopplung	204
11.1	Allgemeines Modell der Gegenkopplung	204
11.2	Schaltungsarten der Gegenkopplung	206
11.3	Effekte der Gegenkopplung	207
11.3.1	Einstellung eines definierten Übertragungsfaktors	207
11.3.2	Linearisierung des Übertragungsfaktors	207
11.3.3	Parameterempfindlichkeit	209
11.3.4	Einfluss der Gegenkopplung auf Ein- und Ausgangsimpedanz	210
11.3.5	Übertragungsbandbreite	211
11.3.6	Miller-Effekt	212
11.3.7	Bootstrap-Effekt	213
11.3.8	Gezielte Beeinflussung des Frequenzganges eines Verstärkers	214
11.4	Anwendungen der Gegenkopplungsvarianten	214
11.4.1	Operationsverstärkerschaltungen mit Gegenkopplung	214
11.4.2	Transistorschaltungen mit Gegenkopplung	217
11.5	Stabilität rückgekoppelter Verstärker	220
11.6	Frequenzgangkorrektur von Verstärkern	223
11.7	Aufgaben	225
12	Schaltungen mit Operationsverstärkern	227
12.1	Lineare Verstärker	227
12.1.1	Nicht invertierender Verstärker	227
12.1.2	Invertierender Verstärker	228
12.2	Rechenschaltungen	229
12.2.1	Addierer	229
12.2.2	Subtrahierer	230
12.2.3	Differenzierer	232
12.2.4	Integrator	236
12.2.5	Multiplizierer	239
12.2.6	Dividierer	240
12.3	Nichtlineare Schaltungen	240
12.4	Komparatoren und Schmitt-Trigger	241
12.5	Stromquellen	243
12.6	Schaltungstechnik mit modernen Operationsverstärkern	244
12.6.1	VC-OPV und seine Anwendung	244
12.6.2	CV-OPV als Hochfrequenz-Baublock	246
12.6.3	CC-OPV und seine Anwendung als idealer Transistor	248
12.7	Elektronische Regler	249
12.7.1	P-Regler	250
12.7.2	PI-Regler	251
12.7.3	PID-Regler	252
12.8	Aufgaben	254

13 Filterschaltungen	256
13.1 Filtereigenschaften und Kennwerte	256
13.2 Passive Filter	261
13.3 Aktive <i>RC</i> -Filter	265
13.3.1 Tiefpässe 2. Ordnung	266
13.3.2 Hochpässe 2. Ordnung	270
13.3.3 Bandpässe 2. Ordnung	273
13.3.4 Bandsperren 2. Ordnung	277
13.4 Universalfilter	280
13.5 <i>SC</i> -Filter	281
13.5.1 <i>SC</i> -Integrator	281
13.5.2 Schaltungsrealisierung von <i>SC</i> -Filtern	283
13.6 Aufgaben	284
14 Schwingungserzeugung	285
14.1 Sinusoszillatoren	285
14.1.1 Zweipoloszillatoren	285
14.1.2 Vierpoloszillatoren	288
14.1.2.1 Grundstruktur und Schwingbedingung	288
14.1.2.2 <i>RC</i> -Oszillatoren	289
14.1.2.3 <i>LC</i> -Oszillatoren	292
14.1.2.4 Quarzoszillatoren	295
14.2 Impulsoszillatoren	297
14.2.1 Funktionsgeneratoren	297
14.2.2 Relaxationsoszillatoren	298
14.2.2.1 Dreieck-Rechteck-Generator	298
14.2.2.2 Kippschaltungen	300
14.3 Aufgaben	301
15 Frequenzumsetzer	302
15.1 Amplitudenmodulation	303
15.1.1 AM-Modulatoren	304
15.1.2 AM-Demodulatoren	306
15.2 Frequenzmodulation	309
15.2.1 FM-Modulatoren	312
15.2.2 FM-Demodulatoren	313
15.3 Phasenmodulation	315
15.3.1 PM-Modulatoren	315
15.3.2 PM-Demodulatoren	316
15.4 Mischer	317

16 Stromversorgungseinheiten	320
16.1 Gleichrichterschaltungen	320
16.2 Spannungsstabilisierung	324
16.2.1 Ungeregelte Stabilisierungsschaltungen	325
16.2.2 Kontinuierliche Spannungsregler	325
16.2.3 Diskontinuierliche Spannungsregler	327
16.2.3.1 Drosselregler	328
16.2.3.2 Ladungspumpen	333
16.3 Erzeugung von Referenzspannungen	335
16.3.1 Referenzspannungsquellen mit Z-Dioden	335
16.3.2 Bandgap-Referenz	335
16.4 Schaltnetzteile	337
16.5 Aufgaben	340
17 Analog/Digital- und Digital/Analog-Wandler	342
17.1 Kennwerte von A/D- und D/A-Wandlern	343
17.1.1 Stationäre Kennwerte	343
17.1.2 Dynamische Kennwerte	346
17.2 A/D-Wandlungsverfahren	348
17.2.1 A/D-Wandlung nach dem Zählverfahren	348
17.2.2 A/D-Wandlung mit sukzessiver Approximation	350
17.2.3 A/D-Wandlung nach dem Parallelverfahren	350
17.2.4 A/D-Wandlung nach dem Pipeline-Verfahren	351
17.2.5 Sigma-Delta-Wandler	352
17.3 D/A-Wandlungsverfahren	354
17.3.1 D/A-Wandlung nach dem Zählverfahren	355
17.3.2 D/A-Wandlung nach dem Wägeverfahren	356
17.3.3 D/A-Wandlung nach dem Parallelverfahren	359
17.3.4 Fehlerkorrigierende D/A-Wandlung	360
17.4 Aufgaben	360
Formelzeichenverzeichnis	362
Literaturverzeichnis	365
Sachwortverzeichnis	368