

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis	14
1 Elektronische Bauelemente	17
1.1 <i>Physikalische Grundlagen der Halbleiterelektronik</i>	17
1.1.1 Eigenleitung	17
1.1.2 Halbleiter mit Störstellen	18
1.1.3 Generationsmechanismen	20
1.1.4 Ladungsträgertransportmechanismen	21
1.1.5 Aufgaben	22
1.2 <i>Halbleiterdioden</i>	22
1.2.1 pn-Übergang	22
1.2.1.1 Wirkprinzip	23
1.2.1.2 Strom-Spannungs-Kennlinie	25
1.2.1.3 Ladungsspeicherung	26
1.2.2 Kleinsignalverhalten	27
1.2.3 Schaltverhalten	28
1.2.4 Temperaturverhalten	30
1.2.5 Spezielle Dioden und ihre Anwendungen	30
1.2.5.1 Gleichrichterdiode	30
1.2.5.2 Z-Diode	32
1.2.5.3 Kapazitätsdiode	34
1.2.5.4 Tunneldiode	35
1.2.5.5 Schottky-Diode	35
1.2.6 Mikrowellendioden	36
1.2.6.1 IMPATT-Diode	36
1.2.6.2 Gunn-Dioden	37
1.2.7 Aufgaben	38
1.3 <i>Bipolartransistoren</i>	39
1.3.1 Wirkprinzip	39
1.3.2 Strom-Spannungs-Kennlinie	41
1.3.3 Nutzbarer Betriebsbereich	44
1.3.4 Kleinsignalverhalten	46
1.3.5 Temperaturverhalten	49
1.3.6 Arbeitspunktabhängigkeit der Stromverstärkung	51

1.3.7	Schaltverhalten	51
1.3.8	Aufgaben	54
1.4	<i>Thyristoren</i>	57
1.4.1	Aufbau und Wirkungsweise	57
1.4.2	Thyristorvarianten	58
1.4.3	Anwendungen von Thyristoren	59
1.4.4	Aufgaben	62
1.5	<i>Feldeffekttransistoren</i>	62
1.5.1	MOSFET	62
1.5.1.1	Wirkprinzipien verschiedener Typen	62
1.5.1.2	Strom-Spannungs-Kennlinie	63
1.5.1.3	Kleinsignalverhalten	68
1.5.1.4	Effekte bei integrierten MOSFET	70
1.5.1.5	Schaltverhalten	71
1.5.1.6	Thermisches Verhalten	72
1.5.2	Sperrschicht-FET	72
1.5.2.1	Strom-Spannungs-Kennlinie	72
1.5.2.2	Kleinsignalverhalten	73
1.5.3	Aufgaben	73
1.6	<i>Rauschen elektronischer Bauelemente</i>	75
1.6.1	Widerstandsrauschen	75
1.6.2	Diodenrauschen	76
1.6.3	Transistorrauschen	77
1.6.4	Rauschspannung	78
1.6.5	Rauschfaktor	78
1.6.6	Aufgabe	80
1.7	<i>Operationsverstärker</i>	80
1.7.1	Der ideale Operationsverstärker	80
1.7.2	Aufbau eines Operationsverstärkers	81
1.7.3	Statische Kenngrößen realer Operationsverstärker	81
1.7.4	Dynamisches Verhalten von Operationsverstärkern	83
1.7.5	Rauschen in Operationsverstärkern	84
1.7.6	Aufgaben	85
1.8	<i>Optoelektronische Bauelemente und Halbleitersensoren</i>	85
1.8.1	Fotosensoren	85
1.8.2	Leuchtdioden	88
1.8.3	Optokoppler	89

1.8.4	Spezielle Halbleitersensoren	90
1.8.4.1	Temperatursensoren	90
1.8.4.2	Magnetfeldsensoren	91
1.8.4.3	Piezowandler	92
1.8.5	Aufgaben	93
2	Analogtechnik	95
2.1	<i>Berechnungsmethoden elektronischer Schaltungen</i>	<i>95</i>
2.1.1	Ersatzschaltbilder	95
2.1.2	Groß- und Kleinsignalanalyse	96
2.1.3	Kleinsignalersatzschaltung	97
2.1.4	Vierpoldarstellung	98
2.1.5	Darstellung des Übertragungsverhaltens	103
2.1.6	Signalflussdarstellung	104
2.1.7	Computergestützte Netzwerkanalyse	104
2.1.8	Aufgaben	106
2.2	<i>Lineare Verstärkergrundschaltungen</i>	<i>107</i>
2.2.1	Grundmodell eines Spannungsverstärkers	107
2.2.2	Einstufige Verstärker mit Bipolartransistoren	108
2.2.2.1	Emitterschaltung	108
2.2.2.2	Basisschaltung	112
2.2.2.3	Kollektorschaltung (Emitterfolger)	114
2.2.3	Einstufige Verstärker mit Feldeffekt-Transistoren	116
2.2.4	Grundschaltungen mit mehreren Transistoren	117
2.2.4.1	Kaskodeschaltung	117
2.2.4.2	Differenzverstärker	118
2.2.4.3	Stromspiegel	122
2.2.4.4	Differenzverstärker mit Stromspiegellast	124
2.2.4.5	Transistor-Stromquellen	124
2.2.4.6	Darlington-Schaltung	127
2.2.4.7	Leistungsendstufen	128
2.2.5	Frequenzverhalten von Verstärkerstufen	132
2.2.5.1	Untere Grenzfrequenz der Emitterschaltung	132
2.2.5.2	Obere Grenzfrequenz der Emitterschaltung	134
2.2.6	Kopplung von Verstärkerstufen	135
2.2.7	Aufgaben	136
2.3	<i>Gegenkopplung</i>	<i>139</i>
2.3.1	Allgemeines Modell der Gegenkopplung	139

2.3.2	Schaltungsarten der Gegenkopplung	140
2.3.3	Effekte der Gegenkopplung	141
2.3.3.1	Parameterempfindlichkeit	141
2.3.3.2	Einfluss der Gegenkopplung auf Ein- und Ausgangsimpedanz	142
2.3.3.3	Übertragungsbandbreite	143
2.3.3.4	Miller-Effekt	144
2.3.3.5	Bootstrap-Effekt	144
2.3.4	Anwendungen der Gegenkopplungsvarianten	145
2.3.4.1	Operationsverstärkerschaltungen mit Gegenkopplung	145
2.3.4.2	Transistorschaltungen mit Gegenkopplung	147
2.3.5	Stabilität rückgekoppelter Verstärker	149
2.3.6	Frequenzgangkorrektur von Verstärkern	151
2.3.7	Aufgaben	152
2.4	<i>Schaltungen mit Operationsverstärkern</i>	153
2.4.1	Lineare Verstärker	153
2.4.1.1	Nichtinvertierender Verstärker	153
2.4.1.2	Invertierender Verstärker	154
2.4.2	Rechenschaltungen	155
2.4.2.1	Addierer	155
2.4.2.2	Subtrahierer	155
2.4.2.3	Differenzierer	156
2.4.2.4	Integrator	157
2.4.2.5	Multiplizierer	158
2.4.2.6	Dividierer	159
2.4.3	Nichtlineare Schaltungen	159
2.4.4	Komparatoren und Schmitt-Trigger	160
2.4.5	Signalformung	161
2.4.6	Stromquellen	163
2.4.7	Aufgaben	164
2.5	<i>Aktive Filter</i>	164
2.5.1	Aktive RC-Filter	165
2.5.1.1	Tiefpässe 2. Ordnung	167
2.5.1.2	Hochpässe 2. Ordnung	170
2.5.1.3	Bandpässe 2. Ordnung	172
2.5.1.4	Bandsperrern 2. Ordnung	175
2.5.2	Universalfilter	176
2.5.3	SC-Filter	177
2.5.3.1	SC-Integrator	178

2.5.3.2	Schaltungsrealisierung von SC-Filtern	179
2.5.4	Aufgaben	180
2.6	<i>Oszillatoren</i>	180
2.6.1	Grundstruktur und Schwingbedingung	180
2.6.2	RC-Oszillatoren	181
2.6.2.1	Phasenschieberoszillator	181
2.6.2.2	Wien-Oszillator	182
2.6.2.3	Wien-Brücken-Oszillator	183
2.6.3	LC-Oszillatoren	184
2.6.4	Quarzoszillatoren	185
2.6.5	Aufgaben	186
2.7	<i>Stromversorgungseinheiten</i>	187
2.7.1	Gleichrichterschaltungen	187
2.7.2	Spannungsstabilisierung	190
2.7.2.1	Einfache Stabilisierungsschaltungen	190
2.7.2.2	Spannungsregler	191
2.7.3	Erzeugung von Referenzspannungen	192
2.7.3.1	Referenzspannungsquellen mit Z-Dioden	192
2.7.3.2	Bandgap-Referenz	192
2.7.4	Aufgaben	194
2.8	<i>Analog/Digital- und Digital/Analog-Wandler</i>	194
2.8.1	Kennwerte von A/D-Wandlern	194
2.8.2	A/D-Wandlungsverfahren	196
2.8.3	Grundprinzipien der D/A-Wandlung	198
2.8.3.1	D/A-Wandler mit Widerstandsnetzwerk	199
2.8.3.2	Summation gewichteter Ströme	199
2.8.3.3	Fehlerkorrigierende D/A-Wandler	201
2.8.4	Aufgaben	202
3	Digitaltechnik	203
3.1	<i>Signale</i>	203
3.2	<i>Quantisierung und Kodierung</i>	205
3.2.1	Quantisierung	205
3.2.2	Kodierung	206
3.2.2.1	Begriff der Kodierung	206
3.2.2.2	Bildung von Codes	206
3.2.2.3	Technisch bedeutsame Codes	207

3.2.2.4	Sicherung von Kodes gegen Fehler	209
3.2.3	Aufgaben	210
3.3	<i>Schaltkreisreihen</i>	210
3.3.1	Bipolare Schaltkreisreihen	211
3.3.1.1	Bipolarer Schalttransistor	211
3.3.1.2	Bipolare Schaltkreisreihen	213
3.3.2	Unipolare Schaltkreisreihen	217
3.3.2.1	NMOS-Technik	217
3.3.2.2	CMOS-Technik	218
3.3.3	Aufgaben	220
3.4	<i>Schaltalgebra</i>	220
3.4.1	Schaltfunktionen	221
3.4.2	Schaltfunktionen und Schalt(er)netze	222
3.4.3	Gesetze und Rechenregeln der Schaltalgebra	223
3.4.4	Schaltfunktionen und Wertetabelle	225
3.4.5	Minimierung von Schaltfunktionen	227
3.4.6	NAND-NAND- und NOR-NOR-Strukturen	230
3.4.7	OR-NAND- und AND-NOR-Strukturen	231
3.4.8	Aufgaben	231
3.5	<i>Synthese und Analyse kombinatorischer Schaltungen</i>	232
3.5.1	Begriff der kombinatorischen Schaltung	232
3.5.2	Entwurf technisch bedeutsamer Funktionsgruppen	233
3.5.2.1	Allgemeine Steuerschaltungen	233
3.5.2.2	Kodierer	234
3.5.2.3	Multiplexer	235
3.5.2.4	Rechenschaltungen	237
3.5.3	Analyse kombinatorischer Schaltungen	240
3.5.4	Aufgaben	241
3.6	<i>Entwurf synchroner sequentieller Schaltungen</i>	241
3.6.1	Flipflop	241
3.6.1.1	Elementarspeicher (asynchrones RS-Flipflop)	241
3.6.1.2	Steuerungsprinzipien für Flipflop	243
3.6.1.3	Erweiterte Flipflop	245
3.6.2	Synthese und Analyse synchroner sequentieller Schaltungen	247
3.6.2.1	Begriff synchroner sequentieller Schaltungen	247
3.6.2.2	Beschreibung sequentieller Schaltungen	251
3.6.2.3	Synthese technisch bedeutsamer Funktionsgruppen	253
3.6.2.4	Analyse sequentieller Schaltungen	259

3.6.3	Aufgaben	259
3.7	<i>Anwenderspezifische digitale Schaltkreise</i>	260
3.7.1	Schaltungsrealisierung in PAL	261
3.7.2	Schaltungsrealisierung mit FPGA	265
3.7.3	VHDL	268
3.7.4	Aufgaben	272
3.8	<i>Halbleiterspeicher</i>	278
3.8.1	Festwertspeicher	278
3.8.1.1	ROM	278
3.8.1.2	EPROM	279
3.8.1.3	EEPROM	280
3.8.1.4	Speicherorganisation und Schaltsymbole	280
3.8.2	Schreib-Lese-Speicher	282
3.8.2.1	Statische RAM	282
3.8.2.2	Dynamische RAM	286
3.8.3	Erweiterung der Speicherkapazität	287
3.8.4	Aufgaben	290
3.9	<i>Mikroprozessorsysteme</i>	290
3.9.1	Elementarer Mikroprozessor	290
3.9.2	Mikroprozessorsreihe 80x86	299
3.9.3	Assemblerprogrammierung	306
3.9.4	Aufgaben	309
3.10	<i>Mikrocontroller</i>	309
3.10.1	Architektur	309
3.10.2	Anwendungsbeispiele	312
3.10.3	Aufgaben	323
3.11	<i>Digitale Signalprozessoren</i>	323
3.11.1	Aufgaben	328
3.12	<i>Transputer</i>	329
Lösungen		338
Literaturverzeichnis		389
Sachwortverzeichnis		394