

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Halbleitermaterial	13
1.1 Reine Halbleiter	13
1.2 Verbindungshalbleiter	13
1.3 Kristallaufbau	13
1.4 Eigenleitung	16
1.5 Dotierung von Halbleitermaterial	17
1.5.1 n-Leitung	18
1.5.2 p-Leitung	19
2 Halbleiterwiderstände	21
2.1 Temperaturabhängige Halbleiterwiderstände	21
2.1.1 Heißeiter oder NTC-Widerstände	21
2.1.2 Kaltleiter oder PTC-Widerstände	25
2.2 Spannungsabhängige Halbleiterwiderstände	29
2.2.1 Funktion und Kennlinien	29
2.2.2 Grenz- und Kennwerte	31
2.2.3 Anwendungsbeispiele	31
2.3 Strahlungsabhängige Halbleiterwiderstände (Fotowiderstände)	33
2.4 Magnetfeldabhängige Halbleiterwiderstände	33
3 Halbleiterdioden	35
3.1 Signaldioden	49
3.2 Leistungsdioden	55
3.3 Z-Dioden	56
3.3.1 Funktion und Kennlinien	56
3.3.2 Grenz- und Kennwerte	61
3.3.3 Grundschialtung	61
3.3.4 Reihenschaltung von Z-Dioden	68
3.3.5 Anwendungsbeispiele	70
3.4 Suppressordioden	76
3.4.1 Funktion und Kennlinien	76
3.4.2 Anwendungen	77
3.5 Kapazitätsdioden	78
3.5.1 Funktion und Kennlinien	78
3.5.2 Grenz- und Kennwerte	79
3.5.3 Anwendungsbeispiele	81
3.6 Schottky-Dioden	84

3.6.1	Funktion und Kennlinien	84
3.6.2	Grenz- und Kennwerte	85
3.6.3	Anwendungen	86
3.7	Gleichrichterschaltungen mit Halbleiterdioden	86
3.7.1	Einwegschaltung	86
3.7.2	Mittelpunktschaltung	87
3.7.3	Brückenschaltung	90
3.7.4	Gleichrichterschaltungen mit Ladekondensator	91
3.7.5	Dreipulsige Drehstrom-Mittelpunktschaltung	94
3.7.6	Drehstrom-Brückenschaltung	95
3.7.7	Spannungsvervielfacherschaltungen	96
3.8	Begrenzer- und Stabilisierungsschaltungen	99
4	Bipolare Transistoren	101
4.1	Aufbau und Funktion	101
4.1.1	Bezeichnung der Ströme und Spannungen	104
4.1.2	Funktionsprüfung	104
4.1.3	Grenz- und Kennwerte	106
4.1.4	Kennlinien	112
4.2	Bipolartransistoren als Verstärker	115
4.2.1	Arbeitspunkteinstellung	122
4.2.2	Arbeitspunktstabilisierung	128
4.2.3	Verstärkergrundschaltungen	133
4.2.4	Darlingtonschaltung	138
4.2.5	Differenzverstärker	140
4.2.6	Leistungsstufen	142
4.3	Bipolartransistoren als Schalter	147
4.3.1	Arbeitspunkte im Kennlinienfeld	148
4.3.2	Pegelbezeichnungen, Störspannungsabstand	150
4.3.3	Unterschiedliche Belastungen des Schaltverstärkers	155
4.3.4	Kippschaltungen	159
5	Feldeffekttransistoren (FET)	169
5.1	Sperrschicht-Feldeffekttransistoren, pn-FET	170
5.1.1	Funktion und Eigenschaften des pn-FET	170
5.1.2	Grundschaltungen des pn-FET	174
5.1.3	Steuerbarer Widerstand mit pn-FET	179
5.2	MOS-Feldeffekttransistoren kleiner Leistung	180
5.2.1	Funktion und Anwendung	181
5.2.2	MOS-FET kleiner Leistung als Schalter	183
5.3	MOS-FET-Leistungstransistoren, Power-MOS-FET	187
5.3.1	Funktion und Eigenschaften von Power-MOS-FET	187
5.3.2	Leistungsschalter mit MOS-FET	191
5.3.3	Pulsweitensteuerung mit Power-MOS-FET	192
5.3.4	Wechselstromschalter mit Power-MOS-FET	194
5.4	IGBT – Bipolartransistor mit isoliertem Gate	196

6	Operationsverstärker	199
6.1	Grundprinzip und Schaltzeichen	199
6.2	Spannungsversorgung	202
6.3	Bauarten und Eigenschaften	203
6.3.1	Eingangsstufen	203
6.3.2	Endstufen	205
6.4	Dynamisches Verhalten	206
6.4.1	Grenzfrequenz	206
6.4.2	Anstiegsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung	207
6.5	Grundsaltungen	207
6.5.1	Invertierender Verstärker	208
6.5.2	Nichtinvertierender Verstärker	210
6.5.3	Wechselspannungsverstärker	211
6.5.4	Impedanzwandler oder Spannungsfolger	213
6.5.5	Summierverstärker oder Addierer	214
6.5.6	Differenzverstärker oder Subtrahierer	216
6.5.7	Integrierender Verstärker oder Integrator	217
6.5.8	Differenzierender Verstärker oder Differenzierer	221
6.5.9	Komparator und Schmitt-Trigger	223
6.6	Astabile Kipperschaltung, Taktgenerator mit OP	228
7	Thyristoren	231
7.1	Rückwärtssperrende Thyristortriode (Thyristor)	231
7.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	231
7.1.2	Kennlinien	234
7.1.3	Schaltverhalten (dynamisches Verhalten)	236
7.1.4	Grenz- und Kennwerte	239
7.1.5	Datenblatt, Bauformen	241
7.1.6	Schutzmaßnahmen gegen Überspannung und Überstrom	243
7.1.7	Prüfung	243
7.1.8	Anwendungen am Wechselstromnetz	245
7.2	GTO-Thyristor (Abschalthyristortriode)	250
7.2.1	Aufbau und Wirkungsweise	250
7.2.2	Grenz- und Kennwerte	251
7.3	Triac (Zweirichtungs-Thyristortriode)	251
7.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	251
7.3.2	Grenz- und Kennwerte	253
7.3.3	Datenblatt, Bauformen	253
7.3.4	Schutzbeschaltungen	256
7.3.5	Prüfmethoden	256
7.3.6	Anwendungen	256
7.4	Diac	257
7.4.1	Aufbau und Wirkungsweise	257
7.4.2	Datenblatt	258
7.4.3	Anwendung von Diac und Triac als Phasenanschnittsteuerung	258
7.5	Phasenanschnittsteuerung mit IC	260
7.6	Entstörung und Blindleistung bei Phasenanschnittsteuerungen	261
7.7	Nullspannungsschalter	263

7.8	Elektronische Lastrelais	264
7.8.1	Datenblatt	267
7.9	Schwingungspaketsteuerung	267
8	Optoelektronik	271
8.1	Physikalische Grundlagen	271
8.1.1	Entstehung von Lichtstrahlung	271
8.1.2	Frequenz und Wellenlänge	273
8.1.3	Optische Strahlung	273
8.1.4	Fotoelektrischer Effekt	274
8.2	Optoelektronische Empfängerbauteile	275
8.2.1	Fotowiderstand (LDR)	275
8.2.2	Fotoelement und Solarzelle	279
8.2.3	Fotodiode	282
8.2.4	Fototransistor	286
8.2.5	Fotothyristor	288
8.3	Optoelektronische Senderbauteile	290
8.3.1	Lumineszenzdioden (LED, IRED)	290
8.3.2	Laserdioden (LD)	296
8.4	Optoelektronische Systeme mit Sender und Empfänger	301
8.4.1	Optoelektronisches Koppelement (Optokoppler)	302
8.4.2	Optische Strahlschranken (Lichtschranken)	306
8.4.3	Informationsübertragung, Lichtwellenleiter	308
8.5	Anzeigeeinheiten (Displays)	312
8.5.1	LED-Displays	312
8.5.2	Flüssigkristallanzeigen (LCD)	316
8.5.3	Vakuum-Fluoreszenz-Displays	321
9	Magnetfeldabhängige Bauelemente	323
9.1	Hallgeneratoren	323
9.1.1	Funktion und Kennlinien	323
9.1.2	Grenz- und Kennwerte von Hallgeneratoren	326
9.1.3	Anwendungsbeispiele	328
9.2	Feldplatten	332
9.2.1	Funktion und Kennlinien	332
9.2.2	Grenz- und Kennwerte	334
9.2.3	Anwendungsbeispiele	336
10	Elektronische Strom- und Spannungsquellen	341
10.1	Elektronische Konstantstromquellen	342
10.1.1	Konstantstromquelle mit Feldeffekttransistor	342
10.1.2	Konstantstromquelle mit Bipolartransistor	345
10.1.3	Konstantstromquelle mit Operationsverstärker	347
10.2	Lineare Konstantspannungsquellen	347
10.2.1	Konstantspannungsquelle mit Z-Diode	350
10.2.2	Querstabilisierung mit Transistor	352
10.2.3	Spannungsregler mit Längstransistor	352
10.2.4	Konstantspannungsquelle mit Operationsverstärker	354

10.2.5	Konstantspannungsquelle mit Strombegrenzung	355
10.2.6	Low-drop-Schaltung	356
10.2.7	Integrierte Konstantspannungsquellen	357
10.2.8	Anwendungsbeispiele	360
10.3	Getaktete Spannungsquellen	362
10.3.1	Ladungspumpen	364
10.3.2	Drosselwandler	365
10.3.3	Wandlerschaltungen mit Transformator	367
10.3.4	Anwendungsbeispiele	369
11	Grundlagen der Digitaltechnik	377
11.1	Zahlensysteme	377
11.1.1	Dezimals Zahlensystem	377
11.1.2	Duales Zahlensystem	378
11.1.3	Hexadezimalsystem	380
11.2	Binärcodes	381
11.2.1	Dualcode	382
11.2.2	BCD-Codes	382
11.2.3	7-Segment-Code	384
11.2.4	Einschrittiger Code	384
11.2.5	Alphanumerischer Code	385
11.3	Digitale Schaltungsfamilien	386
11.4	Logische Operationen	390
11.4.1	Grundoperationen	392
11.4.2	Erweiterte Operationen	393
11.4.3	Funktionsgleichungen	395
11.5	Binäre mathematische Operationen	399
11.5.1	Addierer	399
11.5.2	Subtrahierer	400
11.5.3	Digitaler Komparator	401
11.6	Kippstufen	403
11.6.1	Bistabile Kippstufen	403
11.6.2	Monostabile Kippstufen	409
11.6.3	Rechteckgeneratoren	412
11.7	Zählschaltungen und Frequenzteiler	414
11.7.1	Asynchrone Zähler	416
11.7.2	Synchrone Zähler	421
11.8	Schieberegister	424
11.9	Codewandler	426
11.10	Digital-Analog-Umsetzer	428
11.11	Analog-Digital-Umsetzer	431
11.11.1	Integrationswandler	431
11.11.2	Verfahren der schrittweisen Annäherung	434
11.11.3	Parallelwandler	436

12 Kühlung von Bauelementen	439
12.1 Wärmeableitung	439
12.2 Berechnung der maximal zulässigen Verlustleistung	443
12.3 Kühlkörperberechnung	445
13 Technischer Anhang	447
13.1 Bezeichnungsschemata für Halbleiterbauelemente	447
13.1.1 Europäisches Bezeichnungsschema	447
13.1.2 Amerikanisches Bezeichnungsschema	449
13.1.3 Japanisches Bezeichnungsschema	449
13.2 Gehäusebauformen von Halbleiterbauelementen	449
13.3 Kühlkörperbauformen	458
Stichwortverzeichnis	467