

Inhalt

1 Transistoren mit besonderen Eigenschaften

1.1 Feldeffekt-Transistoren	1
1.1.1 Einführung und Übersicht	1
1.1.2 Sperrschicht-FET	2
1.1.2.1 Aufbau. 1.1.2.2 Wirkungsweise und Kennlinien. 1.1.2.3 Kenngrößen.	
1.1.2.4 Berechnung der Kennlinien	
1.1.3 MOS-FET	11
1.1.3.1 MOS-FET vom Verarmungstyp. 1.1.3.2 MOS-FET vom Anreicherungstyp. 1.1.3.3 Kennlinien	
1.1.4 Temperaturverhalten	19
1.1.4.1 Temperaturabhängigkeit des Gate-Stroms. 1.1.4.2 Temperaturabhängigkeit des Drain-Stroms	
1.1.5 Durchbruchspannungen	22
1.1.5.1 Gate-Durchbruchspannung. 1.1.5.2 Drain-Source-Durchbruchspannung	
1.1.6 Kapazitäten und Hochfrequenzverhalten	24
1.1.6.1 Ersatzschaltung. 1.1.6.2 Frequenzabhängige Leitwertparameter.	
1.1.6.3 Schaltverhalten	
1.1.7 Rauschen	31
1.1.7.1 Rauschquellen im FET. 1.1.7.2 Rauschzahl und Rauschspannung	
1.1.8 Doppel-Gate-FET	34
1.1.9 Anwendungen	35
1.1.9.1 Kleinsignalverstärkung. 1.1.9.2 Konstantstromquellen. 1.1.9.3 Gesteuerte Widerstände. 1.1.9.4 Digitale Schaltungen. 1.1.9.5 Hochfrequenzschaltungen	
1.2 Unijunction-Transistoren	67
1.2.1 Aufbau	67
1.2.2 Wirkungsweise, Kennlinien und Kenngrößen	67
1.2.3 Temperaturverhalten	70
1.2.4 Temperaturstabilisierung der Höckerspannung	72
1.2.5 Anwendungen	73
1.2.5.1 Sägezahngenerator. 1.2.5.2 Triggerimpulsgenerator. 1.2.5.3 Zeitverzögerungsschaltung	
1.3 Lawinen-Transistoren	80
1.3.1 Durchbruchverhalten bipolarer Transistoren	80
1.3.2 Betrieb als Lawinen-Transistor	82
1.3.3 Anwendung als Impulsgenerator	86

VIII Inhalt

2 Thyristoren

2.1 Allgemeine Übersicht	89
2.2 Trigger-Dioden	91
2.2.1 Rückwärts sperrende Trigger-Diode	91
2.2.1.1 Wirkungsweise, Kennlinien und Kenngrößen. 2.2.1.2 Anwendung als Triggerimpuls-Generator	
2.2.2 Bidirektionale Trigger-Diode (DIAC)	95
2.3 Thyristor-Dioden	96
2.3.1 Rückwärts sperrende Thyristor-Diode (Vierschicht-Diode)	96
2.3.1.1 Wirkungsweise. 2.3.1.2 Kennlinie und Kenngrößen. 2.3.1.3 Anwendungen	
2.3.2 Bidirektionale Thyristor-Diode (Fünfschicht-Diode)	101
2.4 Thyristor-Trioden	102
2.4.1 Rückwärts sperrende Thyristor-Triode (Thyristor)	102
2.4.1.1 Wirkungsweise. 2.4.1.2 Kennlinie. 2.4.1.3 Kenngrößen der Anoden-Kathoden-Strecke. 2.4.1.4 Kennlinien und Kenngrößen der Gate-Kathoden-Strecke. 2.4.1.5 Schaltverhalten. 2.4.1.6 Technischer Aufbau und Kühlung. 2.4.1.7 Anwendungen	
2.4.2 Bidirektionale Thyristor-Trioden (TRIAC)	135
2.4.2.1 Kennlinie. 2.4.2.2 Triggerung in den vier Betriebszuständen. 2.4.2.3 Kenngrößen. 2.4.2.4 Technologischer Aufbau. 2.4.2.5 Anwendungen	
2.5 Thyristor-Tetroden	153
2.5.1 Aufbau und Wirkungsweise	153
2.5.2 Kennwerte	154
2.5.3 Anwendungsbeispiel	155

3 Optoelektronische Bauelemente

3.1 Grundlagen der Optoelektronik	157
3.1.1 Eigenschaften optischer Strahlung	157
3.1.1.1 Wellencharakter des Lichts. 3.1.1.2 Teilchencharakter des Lichts	
3.1.2 Thermische Strahlungsquellen	161
3.1.2.1 Absorption und Emission. 3.1.2.2 Raumwinkelabhängige Strahlung. 3.1.2.3 Spektrale Energieverteilung des schwarzen Strahlers	
3.1.3 Radiometrische und photometrische Größen	166
3.1.3.1 Photometrische Größen. 3.1.3.2 Umrechnung radiometrischer in photometrische Größen. 3.1.3.3 Farbtemperatur und Normlicht-A	
3.1.4 Wechselwirkung von Licht mit Halbleitern	170
3.1.4.1 Photoleiter. 3.1.4.2 Photoemitter	
3.2 Photowiderstände als Strahlungsempfänger	172
3.2.1 Aufbau und Wirkungsweise	173
3.2.2 Kennlinien und Kenngrößen	175
3.2.2.1 Empfindlichkeit. 3.2.2.2 Dynamische Eigenschaften. 3.2.2.3 Grenzwerte	
3.2.3 Anwendungen	179
3.2.3.1 Dämmerungsschalter. 3.2.3.2 Helligkeitssteuerung von Lampen	
3.3 Photodioden als Strahlungsempfänger	181
3.3.1 PN-Übergang unter Lichteinwirkung	181

3.3.2 Aufbau und Kennlinien	184
3.3.2.1 Kennlinienfeld. 3.3.2.2 Photoelement. 3.3.2.3 Solarzelle	
3.3.3 Kenngrößen	188
3.3.3.1 Statische Kenngrößen. 3.3.3.2 Dynamische Kenngrößen. 3.3.3.3 Richtcharakteristik	
3.3.4 Photo-PIN-Dioden	193
3.3.5 Photo-Lawinen-Dioden	193
3.3.5.1 Wirkungsweise und Kennlinien. 3.3.5.2 Verstärkung-Bandbreite-Produkt	
3.3.6 Photo-Duo-Dioden	197
3.3.6.1 Aufbau und Wirkungsweise. 3.3.6.2 Kennwerte und Kennlinien	
3.3.7 Schaltung mit Photodioden	199
3.4 Phototransistoren als Strahlungsempfänger	202
3.4.1 Aufbau und Wirkungsweise	202
3.4.2 Statische Kennlinien und Kenngrößen	203
3.4.3 Dynamisches Verhalten	206
3.4.3.1 Ersatzschaltung. 3.4.3.2 Kurzschlußgrenzfrequenz. 3.4.3.3 Grenzfrequenz bei Belastung. 3.4.3.4 Schaltzeiten. 3.4.3.5 Verbesserung des Schalt- und Frequenzverhaltens	
3.4.4 Anwendungen	215
3.4.4.1 Einfaches optisches Relais. 3.4.4.2 Optisches Relais mit Schmitt-Trigger	
3.5 Photothyristoren als Strahlungsempfänger	218
3.5.1 Aufbau und Wirkungsweise	219
3.5.2 Kennwerte	220
3.5.3 Anwendung	220
3.6 Photo-FET als Strahlungsempfänger	221
3.7 Lumineszenz-Dioden als Strahlungssender	222
3.7.1 Lichterzeugung in Halbleitern	222
3.7.1.1 Direkte und indirekte Halbleiter. 3.7.1.2 PN-Übergang als Lichtemitter	
3.7.2 GaAs-Lumineszenz-Dioden	226
3.7.2.1 Herstellung und Aufbau. 3.7.2.2 Abgestrahltes Spektrum. 3.7.2.3 Wirkungsgrad und Quantenausbeute. 3.7.2.4 Statische Kennlinien. 3.7.2.5 Schaltverhalten	
3.7.3 GaP-Lumineszenz-Dioden	233
3.7.3.1 Herstellung und Dotierung. 3.7.3.2 Abgestrahlte Leistung, Quantenausbeute und Lichtstärke. 3.7.3.3 Weitere Kennwerte	
3.7.4 GaAsP-Lumineszenz-Dioden	239
3.7.4.1 Strahlungserzeugung im Mischkristall aus GaAs und GaP. 3.7.4.2 Herstellung und Aufbau. 3.7.4.3 Abgestrahlte Leistung, Quantenausbeute und Lichtstärke. 3.7.4.4 Weitere Kennwerte	
3.7.5 Lumineszenz-Dioden als Anzeigeelemente	243
3.7.5.1 Sieben-Segment-Anzeige. 3.7.5.2 Anzeige mit 7 · 5-Diodenmatrix	
3.8 Optoelektronische Koppler	247
3.8.1 Optokoppler aus Lumineszenz-Diode und Photodiode	247
3.8.2 Optokoppler aus Lumineszenz-Diode und Phototransistor	248
3.8.2.1 Kennwerte. 3.8.2.2 Photo-Darlington-Optokoppler	

X Inhalt

3.8.3 Photothyristor-Optokoppler	249
3.8.4 Optokoppler-Strahlschranken	250
3.8.4.1 Strahlschranken ohne Schwellwertschalter. 3.8.4.2 Strahlschranken mit Schwellwertschalter	
3.8.5 Optokoppler-Gleichstromrelais	252
3.8.6 Optokoppler-Wechselstromrelais	253
3.9 Laser-Dioden	254
3.9.1 Strahlungserzeugung durch stimulierte Emission	254
3.9.2 Resonator und Laser-Bedingung	255
3.9.2.1 Resonator. 3.9.2.2 Laser-Bedingung	
3.9.3 Aufbau und Kennwerte	257
3.9.3.1 Aufbau. 3.9.3.2 Kennwerte	
3.9.4 Informationsübertragung	260
4 Magnetoelektronische Bauelemente	
4.1 Hall-Generatoren	263
4.1.1 Hall-Effekt	263
4.1.2 Aufbau und Kennwerte	265
4.1.2.1 Aufbau. 4.1.2.2 Kennwerte	
4.1.3 Anwendungen	268
4.1.3.1 Messung von Magnetfeldstärken. 4.1.3.2 Kontaktlose Schalter. 4.1.3.3 Hall-Multiplikator	
4.2 Feldplatten	272
4.2.1 Magneto-Widerstand	272
4.2.2 Aufbau und Kennwerte	273
4.2.3 Anwendungen	274
4.3 Magnet-Dioden	277
4.3.1 Aufbau und Kennwerte	277
4.3.2 Anwendungen	279
5 Spannungsabhängige Widerstände	
5.1 Aufbau und Kennwerte	281
5.1.1 Kennlinie	281
5.1.2 Gleichstromwiderstand und differentieller Widerstand	282
5.1.3 Verlustleistung	283
5.2 Anwendungen	284
6 Temperaturabhängige Widerstände	
6.1 Heißleiter	287
6.1.1 Aufbau und Kennwerte	287
6.1.1.1 Aufbau. 6.1.1.2 Heißleiter-Widerstand. 6.1.1.3 Strom-Spannungs-Kennlinie. 6.1.1.4 Erholzeit	
6.1.2 Anwendungen	293
6.1.2.1 Temperaturmessung. 6.1.2.2 Kompensationsschaltungen. 6.1.2.3 Verzögerungsschaltungen	

6.2 Kaltleiter	297
6.2.1 Aufbau und Kennwerte	297
6.2.1.1 Aufbau. 6.2.1.2 Kaltleiter-Widerstand. 6.2.1.3 Strom-Spannungskennlinie. 6.2.1.4 Verlustleistung	
6.2.2 Anwendungen	302
6.2.2.1 Überstromsicherung. 6.2.2.2 Temperaturstabilisierung. 6.2.2.3 Flüssigkeits-Niveaufühler	
Anhang	
1 Weiterführende Bücher und Literatur	305
2 Normblätter	306
3 Schaltzeichen	306
4 Übersichtstafel	308
5 Formelzeichen	310
Sachverzeichnis	317