

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Die Autoren	6
1 Oszilloskope	17
1.1 Allgemeines	17
1.2 Einstrahl-Oszilloskope	20
1.2.1 Die Elektronenstrahlröhre	20
1.2.2 Die Vertikal- oder Y-Ablenkung	21
1.2.3 Die Horizontal- oder X-Ablenkung	26
1.2.4 Die Triggerung	30
1.3 Zweistrahl- und Zweikanal-Oszilloskope	32
1.3.1 Zweistrahl-Oszilloskope	32
1.3.2 Zweikanal-Oszilloskope	33
2 Passive Zwei- und Vierpole	35
2.1 Allgemeines	35
2.2 Zweipole	38
2.2.1 Ideale Wirk- und Blindwiderstände	38
2.2.2 Reihenschaltung von Wirk- und Blindwiderstand	40
2.2.3 Parallelschaltung von Wirk- und Blindwiderstand	41
2.2.4 Reale Spulen und Kondensatoren	42
2.2.5 Schwingkreise	43
2.2.5.1 Reihenschwingkreis	43
2.2.5.2 Parallelschwingkreis	51
2.3 Vierpole	58
2.3.1 Grundprinzip der Vierpoltheorie	58
2.3.2 Tief- und Hochpässe	59
2.3.2.1 RC-Tiefpaß	59
2.3.2.2 LR-Tiefpaß	64
2.3.2.3 CR-Hochpaß	65
2.3.2.4 RL-Hochpaß	68
2.3.2.5 Zusammenfassung	70
2.3.3 Bandpaß und Bandsperre	70
2.3.4 T-Glieder und π -Glieder	74
2.3.5 Impulsformer	75
2.3.5.1 RC-Integrierglied	75
2.3.5.2 CR-Differenzierglied	78
3 Halbleiterdioden	83
3.1 Allgemeines	83
3.2 Halbleiterphysik	85
3.2.1 Halbleiterwerkstoffe	85

3.2.2	Eigenleitfähigkeit	90
3.2.3	Dotierte Halbleiter	94
3.2.3.1	Störstellenleitfähigkeit	94
3.2.3.2	n-Halbleiter	94
3.2.3.3	p-Halbleiter	95
3.2.4	pn-Übergang	96
3.2.4.1	Herstellung eines pn-Überganges	96
3.2.4.2	pn-Übergang ohne angelegte Spannung	97
3.2.4.3	pn-Übergang in Durchlaßrichtung	99
3.2.4.4	pn-Übergang in Sperrichtung	100
3.3	Gleichrichter- und Schaltdioden	101
3.3.1	Kennlinien	101
3.3.2	Kennwerte	105
3.3.2.1	Grenzdaten	105
3.3.2.2	Kenndaten	108
3.3.2.3	Wärmewiderstand	115
3.3.3	Beispiele für Original-Datenblätter	121
3.3.4	Charakteristische Eigenschaften von Si-, Ge- und Se-Dioden	126
3.3.5	Kennzeichnung von Dioden	127
3.3.5.1	Kennzeichnung nach »JEDEC«	127
3.3.5.2	Kennzeichnung nach »Pro Electron«	127
3.3.6	Herstellungsverfahren von Dioden	130
3.3.7	Gehäuseformen von Dioden	135
3.4	Anwendungsbeispiele für Gleichrichter- und Schaltdioden	137
3.4.1	Gleichrichterschaltungen	137
3.4.1.1	Einweggleichrichterschaltungen	137
3.4.1.2	Zweiweggleichrichterschaltungen	145
3.4.1.3	Siebung der Ausgangsspannung	151
3.4.2	Diodenschalter	154
3.5	Z-Dioden	160
3.5.1	Grundprinzip und Arbeitsweise	160
3.5.2	Kennwerte	162
3.5.2.1	Kennlinien	162
3.5.2.2	Spannungsbereiche	164
3.5.2.3	Temperaturverhalten	165
3.5.2.4	Differentieller Widerstand r_z	168
3.5.2.5	Kenn- und Grenzdaten	169
3.5.3	Beispiele für Original-Datenblätter	170
3.5.4	Anwendungsbeispiele	174
3.5.4.1	Spannungsstabilisierung	174
3.5.4.2	Spannungsbegrenzung	180
3.6	Kapazitätsdioden	182
3.6.1	Grundprinzip und Arbeitsweise	182
3.6.2	Kennwerte	184
3.6.3	Anwendungsbeispiele	187
3.7	Schottky-Dioden	188

4	Bipolare Transistoren	192
4.1	Allgemeines	192
4.2	Grundprinzip	195
4.2.1	Wirkungsweise von NPN- und PNP-Transistoren	195
4.2.2	Gegenüberstellung von Ge- und Si-Transistoren	200
4.2.3	Herstellungsverfahren	200
4.3	Kennlinien	202
4.3.1	Eingangskennlinie	203
4.3.2	Stromverstärkungskennlinie	204
4.3.3	Ausgangskennlinie	206
4.3.4	Rückwirkungskennlinie	208
4.3.5	Steuerkennlinie	209
4.3.6	Vierquadranten-Kennlinienfeld	210
4.4	Kennwerte	212
4.4.1	Allgemeines	212
4.4.2	Grenzdaten	213
4.4.2.1	Grenzwerte für Spannungen und Ströme	213
4.4.2.2	Grenzwerte für die Verlustleistung	215
4.4.2.3	Grenzwerte für die Sperrschichttemperatur T_J	215
4.4.2.4	Grenzwerte für die Umgebungstemperatur T_U	216
4.4.2.5	Zulässiger Arbeitsbereich	217
4.4.3	Kenndaten	217
4.4.3.1	Statische Kenndaten	217
4.4.3.2	Dynamische Kenndaten	221
4.4.4	Wärmewiderstand	232
4.5	Transistorausführungen	237
4.5.1	Transistorarten	237
4.5.2	Bezeichnungsschema für Halbleiter	238
4.5.3	Gehäuseformen von Transistoren	239
4.5.4	Beispiele für Original-Datenblätter	242
4.6	Einstellung und Stabilisierung des Arbeitspunktes	261
4.6.1	Bestimmung des Kollektorwiderstandes R_C	261
4.6.2	Erzeugung der Basisvorspannung	264
4.6.3	Thermische Arbeitspunktstabilisierung	267
4.6.3.1	Stabilisierung durch NTC-Widerstand	267
4.6.3.2	Stabilisierung durch Emitterwiderstand	268
4.6.3.3	Stabilisierung durch Spannungsgegenkopplung	271
4.7	Transistor-Grundsaltungen	273
4.7.1	Emitterschaltung	274
4.7.2	Kollektorschaltung	280
4.7.3	Basisschaltung	285
4.7.4	Zusammenfassung und Gegenüberstellung	290
4.8	Anwendungsbeispiele	291
4.8.1	Gleichspannungsverstärker	291
4.8.2	Wechselspannungsverstärker	294

4.8.3	Leistungsverstärker	300
4.8.4	Schaltverstärker	304
5	Feldeffekt-Transistoren	309
5.1	Allgemeines	309
5.2	Sperrschicht-FETs	312
5.2.1	Aufbau und Wirkungsweise	312
5.2.2	Bezeichnungen und Schaltzeichen	313
5.2.3	Kennlinien	314
5.2.3.1	Steuer- und Übertragungskennlinie	314
5.2.3.2	Ausgangskennlinie	316
5.2.3.3	Temperaturabhängigkeit	319
5.2.4	Kennwerte	320
5.2.4.1	Grenzdaten	320
5.2.4.2	Kenndaten	322
5.2.4.3	Wärmewiderstand	329
5.2.5	Original-Datenblatt	330
5.3	MOS-FETs	335
5.3.1	Selbstleitende MOS-FETs	335
5.3.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	335
5.3.1.2	Bezeichnungen und Schaltzeichen	336
5.3.1.3	Kennlinien	336
5.3.2	Selbstsperrende MOS-FETs	339
5.3.2.1	Aufbau und Wirkungsweise	339
5.3.2.2	Bezeichnungsweise und Schaltzeichen	340
5.3.2.3	Kennlinien	341
5.3.3	Kennwerte	342
5.3.3.1	Grenzdaten	342
5.3.3.2	Kenndaten	342
5.3.3.3	Wärmewiderstand	344
5.3.4	Original-Datenblatt	344
5.4	MOS-FET-Sonderbauformen	349
5.4.1	Dual-Gate-MOS-FET	349
5.4.2	VMOS-FET	351
5.4.3	SIPMOS-FET	353
5.5	Einstellung des Arbeitspunktes	355
5.6	FET-Grundsaltungen	359
5.6.1	Sourceschaltung	360
5.6.2	Drainschaltung	363
5.6.3	Gateschaltung	367
5.6.4	Zusammenfassung und Gegenüberstellung	368
5.7	Anwendungsbeispiele	369
5.7.1	Wechselspannungsverstärker	369
5.7.2	Gleichspannungsverstärker	372
5.7.3	Konstantstromquelle	374
5.7.4	Steuerbarer Widerstand	376

6	Fotohalbleiter und Anzeigeeinheiten	378
6.1	Allgemeines	378
6.2	Lichttechnische Grundgrößen	380
6.3	Lichtempfindliche Fotohalbleiter	386
6.3.1	Fotowiderstände	387
6.3.2	Fotoelemente und Solarzellen	392
6.3.2.1	Grundprinzip	392
6.3.2.2	Kennlinien und Kennwerte von Fotoelementen	394
6.3.2.3	Kennlinien und Kennwerte von Solarzellen	399
6.3.3	Fotodioden	401
6.3.4	Fototransistoren	407
6.3.5	Anwendungsbeispiele	413
6.4	Lichtemittierende Fotohalbleiter	416
6.4.1	Grundprinzip	416
6.4.2	Leuchtdioden für sichtbares Licht	418
6.4.3	Leuchtdioden für Infrarotlicht	422
6.4.4	Anwendungsbeispiele	424
6.5	Optokoppler	427
6.6	Anzeigeeinheiten	432
6.6.1	LED-Anzeigen	432
6.6.2	LCD-Anzeigen	435
7	Halbleiter mit speziellen Eigenschaften	439
7.1	Allgemeines	439
7.2	Spannungsabhängige Widerstände	440
7.2.1	Grundprinzip und Kennlinien	440
7.2.2	Anwendungsbeispiele	443
7.3	Temperaturabhängige Widerstände	444
7.3.1	Heißleiter	444
7.3.1.1	Kennlinien und Kennwerte	444
7.3.1.2	Anwendungsbereiche und Bauformen	448
7.3.1.3	Anwendungsbeispiele	452
7.3.2	Kaltleiter	457
7.3.2.1	Kennlinien und Kennwerte	457
7.3.2.2	Anwendungsbereiche	460
7.3.2.3	Anwendungsbeispiele	464
7.4	Magnetfeldabhängige Halbleiter	467
7.4.1	Feldplatten	468
7.4.1.1	Grundprinzip und Arbeitsweise	468
7.4.1.2	Kennlinien und Kennwerte	469
7.4.1.3	Bauformen und Anwendungsbereiche	471
7.4.2	Hallgeneratoren	474
7.4.2.1	Grundprinzip und Arbeitsweise	474
7.4.2.2	Kennlinien und Kennwerte	475
7.4.2.3	Bauformen und Anwendungsbereiche	476

8	Integrierte Schaltkreise	479
8.1	Allgemeines	479
8.2	Technologische Grundlagen	480
8.3	Integrierte Schaltkreise in Bipolar-Technik	482
8.3.1	Transistoren	482
8.3.2	Dioden	484
8.3.3	Widerstände	484
8.3.4	Kondensatoren	485
8.3.5	Leiterbahnen	486
8.3.6	Anwendungsbeispiele	487
8.4	Integrierte Schaltkreise in MOS-Technik	489
8.4.1	Standard-MOS-Technik	489
8.4.2	Silicon-Gate-Technik	491
8.4.3	C-MOS-Technik	492
8.4.4	Anwendungsbeispiele	492
8.5	Integrierte Schaltungen in Hybrid-Technik	494
8.5.1	Dickschicht-Schaltungen	494
8.5.2	Dünnschicht-Schaltungen	495
8.6	Operationsverstärker	496
8.6.1	Eigenschaften und Kenndaten	496
8.6.1.1	Schaltzeichen und Anschlüsse	496
8.6.1.2	Leerlaufverstärkung V_o	497
8.6.1.3	Eingangs- und Ausgangsspannungen	498
8.6.1.4	Offsetspannung U_o	499
8.6.1.5	Gleichtaktverstärkung V_{Gl}	500
8.6.1.6	Eingangsstrom I_{E+} und I_{E-}	501
8.6.1.7	Ausgangsstrom, Ausgangswiderstand	502
8.6.1.8	Frequenzverhalten	503
8.6.1.9	Kennwerte und Bauformen	504
8.6.2	Anwendungsbeispiele	507
8.6.2.1	Komparator	507
8.6.2.2	Invertierender Verstärker	508
8.6.2.3	Nicht-invertierender Verstärker	510
9	Thyristoren	512
9.1	Allgemeines	512
9.2	Unijunction-Transistoren	514
9.2.1	Technologischer Aufbau	514
9.2.2	Wirkungsweise	514
9.2.3	Kennwerte	517
9.2.3.1	Grenzdaten	518
9.2.3.2	Kenndaten	518
9.2.3.3	Original-Datenblatt	519
9.2.4	Anwendungsbeispiel	521

9.3	Thyristordioden	523
9.3.1	Einrichtungs-Thyristordioden (Vierschichtdioden)	523
9.3.1.1	Technologischer Aufbau	523
9.3.1.2	Wirkungsweise	524
9.3.1.3	Kennwerte	526
9.3.1.4	Anwendungsbeispiel	528
9.3.2	Zweirichtungs-Thyristordioden (Diacs)	529
9.3.2.1	Technologischer Aufbau	529
9.3.2.2	Wirkungsweise	530
9.3.2.3	Kennwerte	531
9.3.2.4	Anwendungsbeispiel	533
9.4	Einrichtungs-Thyristortrioden (Thyristoren)	534
9.4.1	Technologischer Aufbau und Wirkungsweise	534
9.4.2	Zünden von Thyristoren	538
9.4.3	Durchlaßverhalten von Thyristoren	541
9.4.4	Löschen von Thyristoren	542
9.4.5	Verlustleistung	543
9.4.6	Kennwerte	544
9.4.6.1	Kenndaten	544
9.4.6.2	Grenzdaten	545
9.4.6.3	Thermische Kennwerte	546
9.4.6.4	Dynamische Kennwerte	548
9.4.7	Schutzmaßnahmen	549
9.4.7.1	Überstromschutz	549
9.4.7.2	Überspannungsschutz	550
9.4.8	Gehäuseformen und Kennzeichnung von Thyristoren	551
9.4.8.1	Gehäuseformen	551
9.4.8.2	Kennzeichnung	553
9.4.9	Datenblatt eines Thyristors	553
9.4.10	Anwendungsbeispiele	559
9.4.10.1	Thyristorbetrieb mit Gleichspannungszündung	559
9.4.10.2	Thyristorbetrieb mit Wechselfspannungszündung	560
9.4.10.3	Phasenanschnittsteuerung mit RC-Glied	561
9.4.10.4	Phasenanschnittsteuerung mit Impulszündung	562
9.5	Zweirichtungs-Thyristortrioden (Triacs)	568
9.5.1	Technologischer Aufbau und Wirkungsweise	568
9.5.2	Kennwerte	571
9.5.3	Schutzmaßnahmen	571
9.5.4	Gehäuseformen und Kennzeichnung von Triacs	572
9.5.5	Datenblatt eines Triacs	573
9.5.6	Anwendungsbeispiel	580
	Sachwortverzeichnis	583
	Informationen	598