

Inhalt

1 Einleitung	1
2 Passive Bauelemente	2
2.1 Widerstände	2
Spezifischer Widerstand	2
Begriff des Schichtwiderstandes	5
Temperaturkoeffizient	7
Bauformen	8
Ersatzschaltbild	8
Normwerte	9
2.2 Kondensatoren	10
Kapazität	10
Verlustfaktor	12
Bauformen	13
2.3 Spulen	16
Induktivität	16
Güte	18
Bauformen	19
2.4 Aufgaben	20
3 Dioden	21
3.1 Sperrschichten	21
3.1.1 Festkörper	21
Ionenbindung	22
Kovalente Bindung	23
Metallische Bindung	24
Bändermodell des Festkörpers, bewegliche Ladungsträger	25
Beispiele für Bändermodelle	26
3.1.2 Dotierung	30
n-Dotierung	30
p-Dotierung	33
3.1.3 Stromfluß	36
Feldstrom	36
Diffusionsstrom	37
3.1.4 Strom-Spannungs-Gleichung	37
Diffusionsspannung	39
Strom bei äußerer Spannung	41

Bahnwiderstand und Ersatzschaltbild	45
3.1.5 Sperrschichtweite und Sperrschichtkapazität	47
Sperrschichtweite	47
Sperrschichtkapazität	51
3.1.6 Diffusionskapazität	53
Diffusionsspeicherladung	53
Diffusionskapazität	54
3.1.7 Durchbruchsspannung	56
3.1.8 Temperaturverhalten	58
Betrieb an einer Spannungsquelle	59
Betrieb an einer Stromquelle	61
Sperrbereich	61
3.1.9 Modellparameter	61
3.1.10 Technologischer Aufbau	63
Epitaxie	64
Dotieren durch Diffusion	65
Dotieren durch Ionenimplantation	66
Gehäuse	67
3.2 Diodenschaltungen	68
3.2.1 Elektrisches Verhalten der Diode	68
Wechselspannung ist groß gegen die Durchlaßspannung	68
Wechselspannung ist klein gegen die Durchlaßspannung	73
Allgemeiner Fall (Potenzreihennäherung)	74
3.2.2 Gleichrichterschaltungen	76
Einweggleichrichter mit Ladekondensator	76
Zweiweggleichrichter	78
Spannungsvervielfacher	80
Innenwiderstände von Gleichrichterschaltungen	81
3.2.3 Stabilisierungsschaltung	83
3.3 Photodioden und Solarzellen	87
Photodioden	87
Solarzellen	90
3.4 Aufgaben	91
4 Bipolarer Transistor	94
4.1 Aufbau und Wirkungsweise	94
4.1.1 Transistorgleichung	101
4.1.2 Stromverstärkung	101
Definitionen	101
Emitterwirkungsgrad	104
Transportfaktor	105
4.1.3 Steilheit und Eingangswiderstände	108

Steilheit	108
Eingangswiderstände	112
4.1.4 Early-Effekt	115
Earlyspannung	117
Ausgangswiderstand	118
Verstärkungs- und Rückwirkungsfaktor	118
4.1.5 Bahnwiderstände	119
4.1.6 Kennlinien	122
4.1.7 Vierpolparameter	126
4.1.8 Grenzfrequenzen	130
Transitfrequenz	130
Grenzfrequenz der Stromverstärkung	132
Emitterdiffusionskapazität	135
4.1.9 Sättigung	137
Transistor als Schalter	137
Sättigungsspeicherladung und Speicherzeit	139
Sättigungsspannung	142
4.1.10 Rauschen	143
Rauschursachen	143
Rauschzahl	145
4.1.11 Grenzwerte	146
Durchbruchspannungen	146
Sicheres Betriebsgebiet (SOAR)	149
4.1.12 Temperaturverhalten	150
Temperaturkoeffizient	150
Kühlung	151
4.1.13 Transistormodelle	155
Ebers-Moll-Modell	155
Gummel-Poon-Modell	157
4.1.14 Bauformen	159
Kristallaufbau	159
Gehäuseformen	162
4.2 Grundsaltungen	164
4.2.1 Arbeitspunkt	164
4.2.2 Verstärker in Emitterschaltung	168
Spannungsverstärkung	168
Eingangswiderstand	172
Verstärker ohne Gegenkopplung	174
4.2.3 Emitterfolger	176
Arbeitspunkt	176
Spannungsverstärkung	177
Ein- und Ausgangswiderstand	177
Darlington-Schaltung	179

Komplementärer Emitterfolger	180
Stabilität	181
4.2.4 Basisschaltung	182
4.2.5 Stromspiegelschaltung	183
Grundsaltung	183
Erweiterte Schaltungen	185
4.2.6 Differenzverstärker	188
Kennliniengleichung	188
Verstärkungsfaktoren	192
Ein- und Ausgangswiderstand	196
Steilheitsmultiplizierer	199
Aktive Last	200
Operationsverstärker	203
4.2.7 Bandabstandsschaltung	207
Stromquelle	207
Referenzspannungsquelle	208
4.2.8 Schalter	210
Schalter	210
Inverter	212
Digitale Schaltungsfamilien	213
4.3 Thyristor und Triac	220
4.4 Aufgaben	223
5 Feldeffekttransistoren	225
5.1 Funktionsprinzip „steuerbarer Widerstand“	225
5.1.1 Steuerbare Widerstände	225
5.1.2 Sperrschicht-Feldeffekttransistor	226
Abschnürung	228
Kennliniengleichungen	229
Transistormodell	231
Systemgrößen	231
Einstellung des Arbeitspunktes	233
5.2 MOS-Feldeffekttransistor	234
5.2.1 MOS-Struktur	234
Inversion	235
Schwellenspannung	237
5.2.2 Aufbau und Kennliniengleichungen	239
Aufbau des MOS-Feldeffekttransistors	239
Kennliniengleichung für kleine Spannung U_{DS}	240
Allgemeine Kennliniengleichung	244
5.2.3 Betriebsgrößen im Abschnürbereich	248
Steilheit	248
Ausgangswiderstand	249

Eingangswiderstand	250
5.2.4 Transistorarten	251
5.2.5 Transistormodelle mit SPICE-Parametern	253
Level-1-Modell	253
Erweiterte Modelle	255
5.3 Grundsaltungen	257
5.3.1 Torschaltung	257
5.3.2 Inverter	259
Grundsaltung	259
NMOS-Inverter	262
CMOS-Inverter	263
5.3.3 Gatterschaltung	265
5.3.4 Stromspiegelschaltung	266
5.3.5 Differenzverstärker	267
Kennliniengleichung	267
Spannungsverstärkung	271
Offsetspannung	274
5.3.6 Speicherprinzipien	275
Statischer Speicher (SRAM)	275
Dynamischer Speicher (DRAM)	276
Nichtflüchtiger Speicher (EPROM)	278
5.4 Leistungstransistoren	281
Diffundierte MOS-Transistoren (DMOS)	281
Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)	282
5.5 Aufgaben	284
 6 Lösungen zu den Aufgaben	 285
6.1 Zu Kapitel 2 „Passive Bauelemente“	285
6.2 Zu Kapitel 3 „Dioden“	288
6.3 Zu Kapitel 4 „Bipolarer Transistor“	294
6.4 Zu Kapitel 5 „Feldeffekttransistor“	299
 7 Literaturverzeichnis	 303
 8 Sachverzeichnis	 304