

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Symbole.....	13
Umrechnungsfaktoren und Konstanten.....	16
1.0 Grundlagen der Halbleiterphysik.....	17
1.1 Theorie des Bändermodells.....	17
1.2 Dotierte Halbleiter.....	22
1.3 Gleichungen für den Halbleiter im thermodyn. Gleichgewicht.....	24
1.3.1 Fermi-Verteilungsfunktion.....	24
1.3.2 Ladungsträgerkonzentration im thermodyn. Gleichgewicht.....	27
1.3.3 Das Dichteprodukt im thermodyn. Gleichgewicht.....	29
1.3.4 Elektronenenergie, Spannung und elektrische Feldstärke.....	33
1.4 Ladungsträgertransport.....	36
1.4.1 Driftgeschwindigkeit.....	36
1.4.2 Driftstrom.....	38
1.4.3 Diffusionsstrom.....	41
1.4.4 Kontinuitätsgleichung.....	42
1.5 Störungen des thermodyn. Gleichgewichts.....	44
Übungen.....	52
Die wichtigsten Beziehungen.....	54
Literaturhinweise.....	55
2.0 Die Diode.....	56
2.1 Inhomogener n-Typ-Halbleiter.....	56
2.2 Der pn-Übergang im thermodyn. Gleichgewicht.....	58
2.3 Die pn-Diode bei Anlegen einer Spannung.....	60
2.3.1 Die pn-Diode in Durchlaßrichtung.....	61
2.3.2 Die pn-Diode in Sperrichtung.....	63
2.3.3 Das Dichteprodukt bei Abweichungen v. thermodyn. Gleichgewicht.....	65
2.4 PN-Diodengleichung.....	67
2.4.1 Ideale Diodengleichung.....	67
2.4.2 Abweichungen von der idealen Diodengleichung.....	70
2.4.3 Spannungsbezugspunkt.....	73
2.5 Kapazitätsverhalten des pn-Übergangs.....	74
2.5.1 Sperrschichtkapazität.....	74
2.5.2 Diffusionskapazität.....	80
2.6 Modellierung der pn-Diode.....	85
2.6.1 Dynamisches Großsignal-Ersatzschaltbild.....	86
2.6.2 Kleinsignal-Ersatzschaltbild.....	90
2.6.3 Diodenmodell für CAD-Anwendungen.....	92
2.7 Schaltverhalten der pn-Diode.....	93
2.8 Temperaturverhalten.....	95
2.9 Durchbruchverhalten.....	96
2.10 Metall-Halbleiter-Übergang.....	98

2.10.1 Schottky-Diode.....	99
2.10.2 Ohmsche Kontakte.....	105
Übungen.....	107
Die wichtigsten Beziehungen.....	110
Literaturhinweise.....	111
3.0 Bipolarer Transistor.....	112
3.1 Wirkungsweise des bipolaren Transistors.....	112
3.1.1 Transistor im normalen Verstärkerbetrieb.....	116
3.1.2 Transistor im inversen Verstärkerbetrieb.....	123
3.1.3 Transistor im normalen Sättigungsbetrieb.....	127
3.2 Effekte zweiter Ordnung.....	130
3.2.1 Abhängigkeit der Stromverstärkung vom Arbeitspunkt.....	130
3.2.2 Basisweitenmodulation.....	134
3.2.3 Emitterrandverdrängung.....	138
3.2.4 Temperaturverhalten.....	141
3.2.5 Durchbruchverhalten.....	143
3.3 Modellierung des bipolaren Transistors.....	146
3.3.1 Dynamisches Großsignal-Ersatzschaltbild.....	146
3.3.2 Kleinsignal-Ersatzschaltbild.....	150
3.4 Transistormodell für CAD-Anwendungen.....	159
3.4.1 Modellrahmen.....	159
3.4.2 Transportmodell.....	162
3.4.3 Gummel-Poon-Modell.....	163
Übungen.....	174
Die wichtigsten Beziehungen.....	177
Literaturhinweise.....	179
4.0 Integrierte bipolare Schaltungen.....	181
4.1 Herstellung einer integrierten bipolaren Schaltung.....	181
4.2 Transistorstrukturen.....	187
4.2.1 Zusammenfassung mehrerer npn-Transistoren.....	187
4.2.2 pnp-Transistor.....	188
4.3 Passive Bauelemente.....	190
4.3.1 Widerstände.....	191
4.3.2 Kondensatoren.....	195
4.3.3 Dioden.....	197
4.4 Bipolarer Inverter.....	199
4.4.1 Störabstand beim Inverter.....	201
4.4.2 Schaltverhalten des Inverters.....	204
4.4.3 Ungesättigter Inverter.....	207
4.5 Gesättigte Gatterschaltungen.....	208
4.5.1 Transistor-Transistor Logik (TTL).....	211
4.6 Ungesättigte Gatterschaltungen.....	213
4.6.1 Schottky-TTL.....	213
4.6.2 CML-Schaltungen.....	215
4.6.3 ECL-Schaltungen.....	220

Übungen.....	227
Die wichtigsten Beziehungen.....	229
Literaturhinweise.....	230
5.0 Feldeffekttransistor.....	231
5.1 MOS-Struktur.....	231
5.1.1 Charakteristik der MOS-Struktur.....	233
5.1.2 Kapazitätsverhalten der MOS-Struktur.....	236
5.1.3 Flachbandspannung.....	238
5.1.4 Gleichungen der MOS-Struktur.....	243
5.1.4.1 Ladung in der Raumladungszone.....	243
5.1.4.2 Ladung in der Inversionsschicht.....	245
5.1.4.3 Einsatzspannung.....	251
5.2 Wirkungsweise des MOS-Transistors.....	253
5.2.1 Ableitung der Transistorgleichungen.....	254
5.2.2 Genauere Transistorgleichungen.....	259
5.3 Effekte zweiter Ordnung.....	260
5.3.1 Beweglichkeitsdegradation.....	261
5.3.2 Kanallängenmodulation.....	262
5.3.3 Einsatzspannungsveränderung bei kleinen Geometrien.....	265
5.3.4 MOS-Transistor bei schwacher Inversion.....	269
5.3.5 Implantierte MOS-Transistoren.....	271
5.3.6 Temperaturverhalten des MOS-Transistors.....	273
5.3.7 Durchbruchverhalten des MOS-Transistors.....	274
5.3.8 Bipolareffekte bei MOS-Transistoren.....	276
5.4 Modellierung des MOS-Transistors.....	280
5.4.1 Dynamisches Großsignal-Ersatzschaltbild.....	280
5.4.2 Kleinsignal-Ersatzschaltbild.....	283
5.5 Transistormodell für CAD-Anwendungen.....	286
5.5.1 Modellrahmen.....	286
5.5.2 Inneres Transistormodell.....	288
5.5.3 Ladungsmodell des inneren Transistors.....	291
5.5.4 Bestimmung der Modellparameter.....	293
5.6 Sonderbauelemente.....	296
5.6.1 Ladungsverschiebeelemente.....	296
5.6.2 Ein-Transistor-Speicherzelle.....	298
5.6.3 Nichtflüchtige Speicherzellen.....	301
Übungen.....	304
Die wichtigsten Beziehungen.....	308
Literaturhinweise.....	309
6.0 Grundlagen integrierter MOS-Schaltungen.....	312
6.1 Herstellung einer integrierten CMOS-Schaltung.....	312
6.2 Herstellung einer integrierten NMOS-Schaltung.....	320
6.3 Geometrische Entwurfsregeln.....	320
6.4 Elektrische Entwurfsregeln.....	323
6.5 CAD-Werkzeuge beim physikalischen Entwurf integr. Schaltungen.....	325

6.6 MOS-Inverter.....	327
6.6.1 NMOS-Inverter.....	329
6.6.2 CMOS-Inverter.....	333
6.6.3 Schaltverhalten der NMOS-Inverter.....	339
6.6.4 Schaltverhalten der CMOS-Inverter.....	344
6.6.5 Dimensionierung der MOS-Inverter.....	346
6.7 Treiberschaltungen.....	349
6.8 Transfer-Elemente.....	356
Übungen.....	357
Die wichtigsten Beziehungen.....	362
Literaturhinweise.....	363
7.0 Schaltnetze und Schaltwerke in CMOS-Technik.....	364
7.1 Statische Schaltnetze.....	364
7.1.1 Statische Gatterschaltungen.....	365
7.1.2 Layout statischer Gatterschaltungen.....	368
7.1.3 Transfer - Gatterschaltungen.....	371
7.2 Getaktete Schaltnetze.....	374
7.2.1 Getaktete Gatterschaltungen (C^2 MOS).....	375
7.2.2 Dominoschaltungen.....	377
7.2.3 Modifizierte Dominoschaltung (NORA).....	379
7.2.4 Differentiell kaskadierte Schaltung (DCVS).....	382
7.2.5 Schaltverhalten der Gatter.....	383
7.3 Logische Felder.....	385
7.3.1 Dekoder.....	386
7.3.2 Programmierbare Logikanordnung (PLA).....	390
7.4 Schaltwerke.....	392
7.4.1 Flipflops.....	393
7.4.2 Register und Zähler.....	396
7.4.3 MOS-Speicher.....	399
Übungen.....	415
Literaturhinweise.....	420
8.0 Integrierte BICMOS-Schaltungen.....	422
8.1 Herstellung einer BICMOS-Schaltung.....	422
8.2 Vergleich von CMOS- und Bipolargattern.....	424
8.3 BICMOS-Treiber und -Gatter.....	427
8.4 Bandabstands-Referenzspannung.....	432
8.5 ECL-Peripherieschaltungen.....	440
8.6 Statische BICMOS-Speicher.....	444
Übungen.....	448
Literaturhinweise.....	450
Sachregister.....	452