

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>1 Einführung</b>	<b>11</b>
1.1 Was ist technische Informatik? . . . . .	11
1.2 Vom Abakus zum Supercomputer . . . . .	13
1.3 Wohin geht die Reise? . . . . .	30
<b>2 Halbleitertechnik</b>	<b>33</b>
2.1 Halbleiter . . . . .	34
2.1.1 Atommodell von Bohr . . . . .	34
2.1.2 Reine Halbleiter . . . . .	37
2.1.3 Dotierte Halbleiter . . . . .	39
2.2 Integrierte Schaltelemente . . . . .	41
2.2.1 Halbleiterdioden . . . . .	41
2.2.2 Bipolartransistoren . . . . .	42
2.2.3 Feldeffekttransistoren . . . . .	46
2.3 Chip-Fertigung . . . . .	51
2.3.1 Produktion integrierter Schaltkreise . . . . .	51
2.3.2 Integrationsdichte . . . . .	57
2.4 Übungsaufgaben . . . . .	58
<b>3 Zahlendarstellung und Codes</b>	<b>59</b>
3.1 Zahlensysteme . . . . .	60
3.2 Rechnerinterne Zahlenformate . . . . .	67
3.2.1 Darstellung natürlicher Zahlen . . . . .	67
3.2.2 Darstellung rationaler Zahlen . . . . .	73
3.3 Zahlencodes . . . . .	80
3.3.1 Tetraden-Codes . . . . .	80
3.3.2 Fehlererkennende Codes . . . . .	84
3.4 Übungsaufgaben . . . . .	86
<b>4 Boolesche Algebra</b>	<b>89</b>
4.1 Axiomatisierung nach Huntington . . . . .	90
4.1.1 Mengenalgebra . . . . .	91
4.1.2 Schaltalgebra . . . . .	93
4.2 Boolesche Ausdrücke und Aussagen . . . . .	95
4.2.1 Abgeleitete Operatoren . . . . .	97
4.2.2 Erfüllbarkeit und Äquivalenz . . . . .	100
4.2.3 Strukturelle Induktion . . . . .	102
4.2.4 Dualitätsprinzip . . . . .	105

4.3	Rechnen in booleschen Algebren . . . . .	109
4.3.1	Abgeleitete Umformungsregeln . . . . .	109
4.3.2	Vereinfachung boolescher Ausdrücke . . . . .	111
4.3.3	Vollständige Operatorensysteme . . . . .	117
4.4	Normalformdarstellungen . . . . .	119
4.4.1	Konjunktive und disjunktive Normalform . . . . .	119
4.4.2	Reed-Muller-Normalform . . . . .	122
4.4.3	Binäre Entscheidungsdiagramme . . . . .	125
4.5	Übungsaufgaben . . . . .	133
<b>5</b>	<b>Schaltnetze</b>	<b>139</b>
5.1	Grundlagen der Digitaltechnik . . . . .	140
5.1.1	Schaltkreisfamilien . . . . .	140
5.1.2	MOS-Schaltungstechnik . . . . .	145
5.1.3	Lastfaktoren . . . . .	155
5.2	Schaltungssynthese . . . . .	156
5.2.1	Zweistufige Schaltungssynthese . . . . .	157
5.2.2	BDD-basierte Schaltungssynthese . . . . .	158
5.2.3	FDD-basierte Schaltungssynthese . . . . .	159
5.3	Formelsynthese . . . . .	161
5.3.1	Funktionale Formelsynthese . . . . .	161
5.3.2	Relationale Formelsynthese . . . . .	163
5.3.3	Definitorische Formelsynthese . . . . .	164
5.4	Komplexitätsanalyse . . . . .	167
5.5	Zeitverhalten digitaler Schaltungen . . . . .	169
5.5.1	Signalausbreitung und -verzögerung . . . . .	169
5.5.2	Störimpulse . . . . .	171
5.6	Übungsaufgaben . . . . .	175
<b>6</b>	<b>Minimierung</b>	<b>181</b>
6.1	Minimierungsziele . . . . .	182
6.2	Karnaugh-Veitch-Diagramme . . . . .	186
6.2.1	Minimierung partiell definierter Funktionen . . . . .	190
6.2.2	Konstruktion Hazard-freier Schaltungen . . . . .	194
6.2.3	Minimierung mehrstelliger Funktionen . . . . .	196
6.3	Quine-McCluskey-Verfahren . . . . .	197
6.4	Übungsaufgaben . . . . .	201
<b>7</b>	<b>Standardschaltnetze</b>	<b>205</b>
7.1	Motivation . . . . .	206
7.2	Multiplexer und Demultiplexer . . . . .	206
7.3	Komparatoren . . . . .	213
7.4	Präfix-Logik . . . . .	215

7.5	Addierer . . . . .	218
7.5.1	Halb- und Volladdierer . . . . .	218
7.5.2	Carry-ripple-Addierer . . . . .	220
7.5.3	Carry-look-ahead-Addierer . . . . .	221
7.5.4	Conditional-Sum-Addierer . . . . .	224
7.5.5	Präfix-Addierer . . . . .	227
7.5.6	Carry-save-Addierer . . . . .	229
7.6	Inkrementierer . . . . .	232
7.7	Subtrahierer . . . . .	233
7.8	Multiplizierer . . . . .	234
7.8.1	Matrixmultiplizierer . . . . .	235
7.8.2	Carry-save-Multiplizierer . . . . .	238
7.8.3	Wallace-Tree-Multiplizierer . . . . .	241
7.8.4	Dadda-Tree-Multiplizierer . . . . .	246
7.9	Barrel-Shifter . . . . .	249
7.10	Arithmetisch-logische Einheit . . . . .	251
7.11	Programmierbare Logikbausteine . . . . .	253
7.12	Übungsaufgaben . . . . .	256
<b>8</b>	<b>Schaltwerke</b> . . . . .	<b>265</b>
8.1	Digitale Speicherelemente . . . . .	266
8.1.1	Asynchrone Speicherelemente . . . . .	267
8.1.2	Taktzustandsgesteuerte Speicherelemente . . . . .	271
8.1.3	Taktflankengesteuerte Speicherelemente . . . . .	274
8.1.4	Bevorrechtigte Eingänge . . . . .	281
8.1.5	CMOS-Implementierung . . . . .	282
8.2	Vom Flipflop zum Schaltwerk . . . . .	285
8.2.1	Endliche Automaten . . . . .	286
8.2.2	Schaltwerksynthese . . . . .	289
8.3	Übungsaufgaben . . . . .	293
<b>9</b>	<b>Standardschaltwerke</b> . . . . .	<b>299</b>
9.1	Register . . . . .	300
9.1.1	Auffangregister . . . . .	300
9.1.2	Schieberegister . . . . .	302
9.1.3	Universalregister . . . . .	304
9.1.4	Akkumulatoren . . . . .	305
9.2	Zähler . . . . .	308
9.2.1	Synchrone Binärzähler . . . . .	309
9.2.2	Asynchrone Binärzähler . . . . .	313
9.2.3	Mischzähler . . . . .	314
9.2.4	Instruktionszähler . . . . .	316

9.3	Hauptspeicher . . . . .	318
9.3.1	SRAM-Speicher . . . . .	318
9.3.2	DRAM-Speicher . . . . .	320
9.3.3	Fehlererkennung und -korrektur . . . . .	327
9.4	Übungsaufgaben . . . . .	330
<b>10</b>	<b>Register-Transfer-Entwurf</b>	<b>335</b>
10.1	Entwurf komplexer Systeme . . . . .	336
10.1.1	Operationswerksynthese . . . . .	338
10.1.2	Steuerwerksynthese . . . . .	340
10.2	Mikroprogrammierung . . . . .	343
10.3	Übungsaufgaben . . . . .	349
<b>11</b>	<b>Mikroprozessortechnik</b>	<b>351</b>
11.1	Elemente eines Mikrorechners . . . . .	352
11.1.1	Von-Neumann-Architektur . . . . .	352
11.1.2	Aufbau der CPU . . . . .	356
11.2	Ein einfacher Modellprozessor . . . . .	360
11.3	Übungsaufgaben . . . . .	374
<b>12</b>	<b>Rechnerstrukturen</b>	<b>377</b>
12.1	Rechnerklassifikation nach Flynn . . . . .	378
12.2	Instruktionsarchitekturen . . . . .	379
12.2.1	CISC-Prozessoren . . . . .	380
12.2.2	RISC-Prozessoren . . . . .	384
12.3	Methoden zur Leistungssteigerung . . . . .	388
12.3.1	Pipelining . . . . .	388
12.3.2	Cache-Speicher . . . . .	393
12.4	Leistungsbewertung . . . . .	399
12.4.1	Maßzahlen zur Leistungsbewertung . . . . .	399
12.4.2	Benchmarks . . . . .	402
12.5	Übungsaufgaben . . . . .	405
<b>A</b>	<b>Notationsverzeichnis</b>	<b>411</b>
<b>B</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>413</b>
<b>C</b>	<b>Glossar</b>	<b>415</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>433</b>
	<b>Namensverzeichnis</b>	<b>437</b>
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>438</b>