PC & Elektronik

Herbert Bernstein

PC Digital Labor

**Praxisnahes Lernen
mit TTL- und CMOS-
Bausteinen**

Mit 317 Abbildungen

FRANZIS

Inhalt

1	Boolesche Algebra	13
1.1	Mengenalgebra	14
1.1.1	Festlegung und Darstellung von Mengen	15
1.1.2	Relationen zwischen Mengen	16
1.1.3	Gleichmächtige oder äquivalente Mengen	17
1.1.4	Verknüpfungen von Mengen	19
1.1.5	Gesetze der Mengenalgebra	26
1.1.6	Zählaufgaben zur Mengenlehre	31
1.2	Aussagenalgebra	34
1.2.1	Grundbegriffe der Aussagenalgebra	35
1.2.2	Arbeitsweise der Aussagenlogik	38
1.2.3	Wahrheitstafeln für aussagenlogische Verknüpfungen	42
1.2.4	Karnaugh-Veitch-Diagramme	48
1.2.5	Aussagenlogische Verknüpfungen ohne Bedeutung für die Digitaltechnik, PC-Systeme und SPS-Anlagen	53
1.2.6	Quantorenlogik	60
1.2.7	Vergleich von Begriffen	62
2	Schaltalgebra	63
2.1	Darstellungsarten der Booleschen Funktionen	64
2.1.1	Schaltterme	64
2.1.2	Schaltnetz und Schaltsymbole	66
2.1.3	Axiome, Gesetze und Theoreme der Schaltalgebra	69
2.1.4	Vergleich von logischen Schaltungen	71
2.1.5	Termumformungen	73
2.1.6	Konjunktive und disjunktive Normalform	76
2.1.7	Logische Funktionen	83
2.2	NOR- und NAND-Schaltungen	90
2.2.1	EXOR-Funktion	92
2.2.2	XOR-Funktion	93
2.2.3	Vereinfachung von Schaltungen	94
2.2.4	Entwicklungstheoreme	99
2.2.5	Verfahren nach Quine und McCluskey	102
2.2.6	Entwurf von digitalen Steuerungsschaltungen	107
2.2.7	Grundschaltungen für die Steuerungstechnik	109

2.2.8	Codierschaltungen	112
2.2.9	Speicherschaltung	113
2.2.10	Rechenschaltungen	114
2.2.11	Addierschaltung.....	118
3.	Schaltungen mit logischen Grundfunktionen	120
3.1	Arbeiten mit der TTL-Bibliothek	125
3.1.1	Untersuchen des NAND-Gatters 7400	125
3.1.2	Untersuchen des NAND-Gatters 7403N	134
3.1.3	Untersuchen des AND-Gatters 7408	135
3.1.4	Untersuchen des ODER-Gatters 7432	137
3.1.5	Untersuchen des NICHT-Gatters 7404	138
3.1.6	Untersuchen des Exklusiv-ODER-Gatters 7486	140
3.1.7	Untersuchen des Inklusiv-ODER-Gatters	141
3.2	Statisches und dynamisches Verhalten von Digitalschaltungen	142
3.2.1	Kenndaten der TTL-Technik	142
3.2.2	Kenndaten über die CMOS-Technik	152
3.2.3	Untersuchung von Verzögerungszeiten	157
3.2.4	Störeinflüsse auf TTL-Schaltungen	163
3.2.5	Störungen durch Leitungsreflexionen	168
3.2.6	Leitungsreflexionen	170
3.2.7	Störungen durch Masse- und Betriebsspannungsleitungen	180
3.2.8	Stützkondensatoren	183
3.3	Statische und dynamische Eigenschaften von TTL-Bausteinen	188
3.3.1	NICHT-Gatter	188
3.3.2	Treiber (nicht invertierender TTL-Verstärker)	192
3.3.3	UND-Verknüpfung mit dem TTL-Baustein 7408	193
3.3.4	ODER-Verknüpfung mit dem Baustein 7432	194
3.3.5	NAND-Verknüpfung mit dem Baustein 7400	197
3.3.6	NOR-Verknüpfung mit dem Baustein 7402	204
3.4	Beispiele zur Booleschen Algebra	205
3.4.1	Verknüpfung von Eingangsvariablen	205
3.4.2	Inhibition und Implikation	208
3.4.3	Aufbau einer Antivalenz- bzw. Exklusiv-ODER-Funktion	209
3.4.4	Aufbau einer Äquivalenz- bzw. Inklusiv-ODER-Funktion	210
3.4.5	UND/ODER/NICHT-Gatter	211
3.4.6	Digitaler Komparator	213
3.4.7	Größer-Gleich-Kleiner-Vergleicher	216
3.4.8	Halbaddierer	218
3.4.9	Halbsubtrahierer	219
3.4.10	Volladdierer	221
3.4.11	Arithmetische Recheneinheit	223
3.4.12	Elektronische Weiche	227
3.4.13	Digitaler Polumschalter	228

3.4.14	Digitaler Drehschalter	229
3.5	Digitaler Analogschalter	232
3.5.1	Bilateraler Schalter (Analogschalter)	233
3.5.2	Arbeitsweise von Analogschaltern	238
3.5.3	Analoge Frequenzweiche	241
3.5.4	Programmierbare Eingangsstufen	242
3.6	Schaltung mit CMOS-Bausteinen	244
3.6.1	Invertierender CMOS-Buffer 4049	245
3.6.2	Nicht invertierender CMOS-Buffer 4050	251
3.6.3	Nicht invertierender und invertierender CMOS-Buffer 4041	253
3.6.4	CMOS-NAND-Gatter 4011	254
3.6.5	CMOS-NOR-Gatter 4001	256
3.6.6	Elektronische Schalter mit mechanischer Auslösung	261
3.6.7	NOR- und NAND-Flipflops	262
3.6.8	Sensorenschaltung mit CMOS-Bausteinen	265
4	Codierer, Decodierer und Umcodierer	268
4.1	Codierer	274
4.1.1	Dezimal- zu BCD-Codierer mit ODER-Gatter	275
4.1.2	Dezimal- zu BCD-Codierer 74147	277
4.1.3	Dezimal-zu-Aiken-Codierer	281
4.1.4	Dezimal-zu-Exzess-3-Codierer	283
4.1.5	Dezimal-zu-Jump-at-2-Codierer	285
4.1.6	BCD-zu-Dezimal-Decoder 7442	287
4.2	Anzeigeeinheiten mit Decoder	293
4.2.1	7-Segment-Anzeige ohne und mit 7-Segment-Decoder	294
4.2.2	7-Segment-Decoder	299
4.2.3	Pegel- und Signalauswertung mit 7-Segment-Anzeige	302
4.2.4	Dezimal-zu-Gray-Codierer	304
4.3	Schaltkreise in TTL-Technik	306
4.3.1	BCD-zu-Dezimal-Decoder/Anzeigentreiber (o.C., 30V, 80 mA) 7445	306
4.3.2	BCD-zu-7-Segment-Decoder/Anzeigentreiber (o.C., 30 V) 7446	308
4.3.3	3-Bit-Binärdecoder/Demultiplexer (3 zu 8) 74138	310
4.3.4	Zwei 2-Bit-Binärdecoder/Demultiplexer 74139	312
4.3.5	BCD-zu-Dezimal-Decoder/Anzeigentreiber 74145	316
4.3.6	Binärer 8-zu-3-Prioritätscodierer 74148	318
4.3.7	Zwei 2-Bit-Binärdecoder/Demultiplexer 74155	320
4.3.8	Zwei 2-Bit-Binärdecoder/Demultiplexer (o.C., 2 zu 4) 74156	323
4.3.9	4-Bit-Binärdecoder/Demultiplexer (o.C., 4 zu 16, 50 μ A) 74159	325
4.3.10	Binärer 8-zu-3-Prioritätscodierer (Tri-State) 74348.....	328
4.4	Schaltkreise in CMOS-Technik	330
4.4.1	BCD-zu-Dezimal-Decoder 4028	330
4.4.2	8-zu-3-Prioritätscodierer 4532	333

5	Speicherschaltungen und spezielle Schaltfunktionen	335
5.1	Bistabile Kippschaltungen bzw. Flipflops	338
5.1.1	NAND- und NOR-Flipflop	339
5.1.2	NAND- und NOR-Speicherflipflop	340
5.1.3	D-Flipflop	343
5.1.4	JK-Flipflop	344
5.1.5	Master-Slave-Flipflop	351
5.1.6	JK-Master-Slave-Flipflop 7472	352
5.1.7	D-Flipflop mit Preset und Clear	356
5.1.8	Untersuchung und Anwendungen des TTL-Bausteins 7475 (Latch-Funktion)	358
5.1.9	Untersuchung und Anwendungen des TTL-Bausteins 74116 (Latch-Funktion) ..	360
5.1.10	Untersuchung und Anwendungen des TTL-Bausteins 74279 (Latch-Funktion)....	361
5.1.11	Untersuchung und Anwendungen des TTL-Bausteins 74373 (Latch-Funktion) ...	365
5.1.12	Untersuchung und Anwendungen des TTL-Bausteins 74375 (Latch-Funktion) ...	366
5.1.13	Untersuchung des TTL-Bausteins 74173 (Registerfunktion).....	368
5.1.14	Untersuchung des TTL-Bausteins 74174 (Registerfunktion).....	370
5.1.15	Untersuchung des TTL-Bausteins 74273 (Registerfunktion).....	371
5.1.16	Untersuchung des TTL-Bausteins 74374 (Registerfunktion).....	373
5.1.17	Untersuchung des TTL-Bausteins 74377 (Registerfunktion).....	375
5.2	Monostabile Kippschaltung oder Monoflop	378
5.2.1	Monoflops mit NAND- und NOR-Gattern	379
5.2.2	Einfache Monoflops mit NAND- und NOR-Gattern	385
5.2.3	Integriertes Monoflop 74121	387
5.2.4	Monoflops für extrem kurze Verzögerungszeiten	390
5.2.5	Monoflops mit dem Baustein 555	392
5.2.6	Nachtriggerbares Monoflop mit dem 555	395
5.2.7	Verzögerungen von Impulsflanken durch ein Monoflop	396
5.2.8	Impulsverzögerungen durch zwei Monoflops	397
5.2.9	Sequentielle Laufzeitschaltung	399
5.3	Rechteckgeneratoren	401
5.3.1	Grundschaltungen eines Rechteckgenerators	401
5.3.2	Rechteckgenerator mit Start-Stopp-Eingang	404
5.3.3	Rechteckgenerator mit Monoflop	405
5.3.4	Rechteckgenerator mit Schmitt-Trigger	408
5.3.5	Rechteckgenerator mit simulierten CMOS-NICHT-Gattern	410
5.3.6	Quarzstabilisierter Rechteckgenerator	413
5.3.7	Rechteckgenerator mit dem 555	419
5.3.8	Schmitt-Trigger mit dem 555	421
5.3.9	Spannungsgesteuerter Frequenzgenerator	422
5.3.10	Astabiler Betrieb des 555 mit symmetrischem Tastverhältnis	424
5.3.11	Einstellbarer Rechteckgenerator	426
5.3.12	Rechteckgenerator mit einstellbarem Tastverhältnis	427

6	Frequenzteiler und Zähler	430
6.1	Unterschied zwischen Zähler und Teiler	433
6.1.1	Codes von Zählern	434
6.1.2	Dekadische Codes	437
6.1.3	Tetradischen Codes	438
6.2	Frequenzteiler	442
6.2.1	Frequenzteiler 1:2	442
6.2.2	Frequenzteiler 1:4	443
6.2.3	Frequenzteiler 1:8	445
6.2.4	Frequenzteiler 1:16	446
6.2.5	Vor- und Rückwärtszähler	448
6.2.6	Teiler mit negativ-flankengetriggerten JK-Flipflops	449
6.2.7	Frequenzteiler 1:3	451
6.2.8	Frequenzteiler 1:5	452
6.2.9	Frequenzteiler 1:6	454
6.2.10	Frequenzteiler 1:7.....	455
6.2.11	Frequenzteiler 1:10.....	457
6.3	Integrierte Binärteiler und Binärzähler	458
6.3.1	TTL-Baustein 7492	458
6.3.2	Frequenzteiler 1:16 mit dem 7493	461
6.3.3	Frequenzteiler 1:256 mit dem 74393	463
6.3.4	Dezimalzähler 7490 und 74290	468
6.3.5	Modulo-100-Zähler mit zweistelliger Anzeige	473
6.3.6	Modulo-60-Zähler mit zweistelliger Anzeige	474
6.3.7	Modulo-50-Zähler mit zweistelliger Anzeige	476
6.3.8	Modulo-24-Zähler mit zweistelliger Anzeige	477
6.3.9	Modulo-12-Zähler mit zweistelliger Anzeige	478
6.4	Synchrone Zähler	480
6.4.1	Synchroner Modulo-4-Vorwärtszähler	481
6.4.2	Synchroner Modulo-8-Vorwärtszähler	484
6.4.3	Synchroner Modulo-16-Vorwärtszähler	484
6.4.4	Synchroner Vorwärtszähler für den BCD-Code	488
6.4.5	Synchroner Vorwärtszähler für den Aiken-Code	491
6.4.6	Synchroner Vorwärtszähler für den Exzess-3-Code	492
6.4.7	Synchroner Vorwärtszähler bis 2	494
6.4.8	Synchroner Vorwärtszähler bis 4	494
6.4.9	Synchroner Vorwärtszähler bis 5	496
6.4.10	Synchroner Vorwärtszähler bis 6.....	496
6.4.11	Synchroner Rückwärtszähler für den Dualcode.....	498
6.4.12	Synchroner Rückwärtszähler für den BCD-Code	499
6.5	Programmierbare Zähler	500
6.5.1	Dezimalzähler 74160	501
6.5.2	Vorwärts-Rückwärts-Dezimalzähler 74190 und 4-Bit-Binärzähler 74191	507

6.5.3	Vorwärts-Rückwärts-Dezimalzähler 74192 und 4-Bit-Binärzähler 74193	514
6.6	Zähler in CMOS-Technik	520
6.6.1	CMOS-Zähler 4017	521
6.6.2	CMOS-Zähler 4024	523
6.6.3	CMOS-Zähler 4040	524
6.6.4	CMOS-Zähler 4510	525
6.6.5	CMOS-Zähler 4516	526
6.6.6	CMOS-Zähler 4518	527
7	Schieberegister	528
7.1	Funktionen von Schieberegistern	528
7.1.1	Schieberegister mit seriellem Ein- und Ausgang	529
7.1.2	Schieberegister mit seriellem Eingang und parallelem Ausgang	531
7.1.3	Schieberegister mit parallelem Eingang und seriellem Ausgang	534
7.1.4	Schieberegister mit parallelem Ein- und Ausgang	535
7.1.5	Schieberegister als Ringzähler nach dem Libaw-Craig-Code	536
7.2	Integrierte Schieberegister in TTL-Technik	538
7.2.1	Rechts/Links-4-Bit-Schieberegister 74194	538
7.2.2	4-Bit-Schieberegister 74195 mit serieller und paralleler Ein-/Ausgabe und Löschen	543
7.2.3	4-Bit-Schieberegister 74395 mit paralleler Ein-/Ausgabe, Clear und Tri-State-Ausgängen	546
7.2.4	8-Bit-Schieberegister 7491	548
7.2.5	8-Bit-Schieberegister 74164 mit paralleler Ausgabe und Clear	550
7.2.6	8-Bit-Schieberegister 74165 mit paralleler Eingabe	551
7.2.7	8-Bit-Universal-Schieberegister 74198	553
7.2.8	8-Bit-Schieberegister 74199 mit serieller und paralleler Ein-/Ausgabe und Clear... ..	557
7.3	Schieberegister in CMOS-Technik	561
7.3.1	8-Stufen-Schieberegister mit Paralleleingang und Serienausgang 4014	561
7.3.2	Statisches CMOS-Schieberegister 4015	564
7.3.3	Vierphasen-Taktgenerator	564
7.3.4	Zufalls- und Testgeneratoren	567
	Sachverzeichnis	574