

Inhaltsangabe

Kapitel 1: Es war einmal... Boolesche Algebra	20
1.1 : Die Operatoren	20
1.2 : Die grundlegenden Gesetze	21
1.2.1 : Die Basisregeln	21
1.2.2 : Beweisführung	22
1.3 : Erweiterte Regeln	23
1.3.1 : Kommutativgesetz	23
1.3.2 : Assoziativgesetz	23
1.3.3 : Distributivgesetz	23
1.3.4 : Absorptionsgesetz	24
1.4 : Die Gesetze von De Morgan	25
1.5 : Übersicht der Rechenregeln	29
1.5.1 : AND mit einer Konstante	29
1.5.2 : OR mit Konstante	29
1.5.3 : Inverter	29
1.5.4 : Operationen mit der eigenen Inversen	29
1.5.5 : Kommutativgesetz	29
1.5.6 : Assoziativgesetz	29
1.5.7 : Distributivgesetz	29
1.5.8 : Absorptionsgesetz	29
1.5.9 : De Morgan	29
Kapitel 2: Die Zahlensysteme	30
2.1 : Das binäre System	30
2.1.1 : Binäre Notationen	30
2.1.2 : Zählen in binär	31
2.1.3 : Spezielle binäre Codes	32
2.2 : Das hexadezimale Zahlensystem	34
2.2.1 : Zählen in HEX	34
2.3 : Konvertierung von Zahlensystemen	35
2.3.1 : Konvertierung von und nach Binär	35
2.3.2 : Konvertierung von und nach HEX	37
2.3.3 : Konvertierung zwischen HEX und Binär	38
2.3.4 : Oktal und andere Zahlensysteme	40
2.4 : Notation der Basis	40

Kapitel 3: Logische Gleichungen	41
3.1 : Einfache Gleichungen	41
3.2 : Wahrheitstabellen	42
3.2.1 : Aufstellen der Eingangskombinationen	43
3.2.2 : Das Ausfüllen der Ausgangszustände	44
Kapitel 4: Optimierung logischer Gleichungen	45
4.1 : Boolesche Algebra und De Morgan	45
4.2 : Karnaugh-Diagramme	45
4.2.1 : Aufbau des Diagramms	46
4.2.2 : Ausfüllen des Diagramms	47
4.2.3 : Lösen eines KV-Diagramms	47
4.2.4 : Karnaugh für Nullterme	49
4.3 : Quine-McCluskey	49
4.3.1 : Der QM-Algorithmus	50
4.3.2 : Zusammenfassung	55
Kapitel 5: Die Basisgatter	57
5.1 : Die grundlegenden Gatter	57
5.1.1 : NOT	58
5.1.2 : AND	59
5.1.3 : OR	60
5.2 : Abgeleitete Gatter	60
5.2.1 : NAND	61
5.2.2 : NOR	62
5.2.3 : XOR	63
5.2.4 : XNOR	64
5.2.5 : Majority-Gatter	65
5.3 : Transponieren von Gattern	66
5.3.1 : Zusammenfügen und Aufteilen von Gattern	69
5.4 : Positive Logik gegen negative Logik	71
5.5 : Übersicht über die Basisgatter	72
Kapitel 6: Kombinatorische Systeme	73
6.1 : Encoder und Dekoder	73
6.1.1 : Encoder	73
6.1.2 : Priority Encoder	77
6.1.3 : Dekoder	83

6.1.4 : Transcoder	83
6.1.5 : Praktische Methode, um schnell Transcoder zu erzeugen	83
6.1.6 : Zusammenfassung	86
6.2 : Multiplexer und Demultiplexer	86
6.2.1 : Multiplexer	86
6.2.2 : Demultiplexer	89
6.3 : Arithmetische Schaltungen	92
6.3.1 : Adder-Schaltungen (Addierer)	92
6.3.2 : Look Ahead Adder	97
6.3.3 : Subtractors (Subtrahierer)	102
6.3.4 : Multiplier (Multiplizierer)	106
6.3.5 : Andere Arten von Multipliern	109
6.3.6 : Divider (Teiler)	112
6.4 : Code Konverter	113
6.5 : Komparatoren	116
6.5.1 : Der einfache Komparator	117
6.5.2 : Der Magnitude-Komparator	118
6.6 : Parity und Paritygeneratoren	123
6.6.1 : Odd/Even Detector	123
6.6.2 : Byte-wise Parity	123
6.6.3 : Parity Correction	125
6.7 : Lookup Tables	126
6.7.1 : Implementierung von Logik durch LUTs	126
6.8 : Spezielle Gatter	127
6.8.1 : Tristate-Gatter	127
6.8.2 : Bus Multiplexing	128
6.8.3 : Bus Switches	129
6.8.4 : Analoge Switches	130
6.8.5 : Erweiterbare Gatter	132
6.8.6 : Open Collector / Drain / Emitter / Source	132
6.8.7 : Wired Logik	134
Kapitel 7: Speicherelemente	136
7.1 : Das RS-Flipflop	136
7.1.1 : Umsetzung mit identischen Gattern	138
7.2 : Das RST-Flipflop	141
7.3 : Das Latch	142
7.4 : Fehlerfreies RS-Flipflop	142
7.5 : Erweiterte Flipflops	143
7.5.1 : Master-Slave-Flipflops	144

7.6 Das JK-Flipflop	145
7.6.1 : Abweichende JK-Flipflops	147
7.6.2 : Fehlerzustände des JK-Flipflop	148
7.7 : Flipflops mit asynchronen Set- und Reset-Eingängen	150
7.8 : Das JK-Flipflop als universeller Baustein	151
7.9 : Spezielle Flipflops	152
7.9.1 : Doppelt getaktete Flipflops	153
7.9.2 : NOT-Ketten-Flipflops	153
7.10 : Flipflop Symbole	154
7.10.1 : Praktische Flipflops	155
7.10.2 : Anwendungen	155
Kapitel 8: Schaltungen mit Speicherelementen	159
8.1 : Register	160
8.1.1 : Transparente Register	160
8.1.2 : Edge getriggerte Register	161
8.1.3 : Erhältliche Register	162
8.2 : Schieberegister	163
8.2.1 : Serial In / Parallel Out	163
8.2.2 : Parallel In / Serial Out	168
8.2.3 : First In, First Out / FIFO	170
8.2.4 : Last in, First out / LIFO	173
8.2.5 : Praktische Anwendungen von Schieberegistern	174
8.2.6 : Schieberegister – anders aufgebaut	178
8.3 : Zähler	179
8.3.1 : Zähler-Definitionen	179
8.3.2 : Asynchrone Zähler	181
8.3.3 : Synchrone Zähler	184
8.3.4 : State-Counter	191
8.3.5 : Marktübliche Zähler	193
8.4 : Teiler	196
8.5 : Binary-Rate-Multipliers	199
8.5.2 : Warum BRM besser sind als PWM	201
8.6 : LFS-Register und PRBS-Erzeuger	202
8.7 : State-Machines	204
8.7.1 : Das Bubble- oder State-Diagramm	205
8.7.2 : Moore-Automaten	207
8.7.3 : Mealy-Automaten	207
8.7.4 : Implementierung von Automaten	208
8.8 : Multiphase-Generatoren	209
8.8.1 : Non-overlapping Generatoren	210
8.8.2 : Overlapping Generatoren	212

8.8.3 : Aufbau von Multiphase-Generatoren	212
8.9 : PLL-Schaltungen	213
8.9.1 : Der Phasenkomparator	214
8.9.2 : Der Teiler	215
8.9.3 : Der Referenzoszillator	215
8.9.4 : Typische PLLs: 4046 und 7046	215
8.9.5 : PLL in FPGA	216
8.10 : Synchronisierer	217
8.10.1 : Synchronisieren von Signalen	217
8.10.2 : Gefahren des Synchronisierens	218
8.10.3 : Clock-Synchroniser	219
8.11 : Debouncer	221
8.11.1 : RS-Flipflop als Debouncer	222
8.11.2 : Shifter Loop	222
8.11.3 : Counter Loop	223
8.11.4 : Analoge Debouncer	224
8.12 : Edge-Detector	224
8.12.1 : Stabiler Edge-Detector	225
8.12.2 : Erkennen beider Flanken	226
8.13 : Speicherelemente	226
8.13.1 : RAM	227
8.13.2 : ROM	232
8.13.3 : Non Volatile RAM	240
8.13.4 : Multiport	244
8.13.5 : Dual Port	245
Kapitel 9: Fixed Logic Familien	247
9.1 : RTL und DTL	247
9.1.1 : RTL	248
9.1.2 : DTL	249
9.2 : TTL	250
9.3 : ECL	252
9.4 : NMOS	254
9.5 : CMOS	255
9.6 : I2L	256
9.7 : GTL / BTL	256
9.8 : Übersicht der gebräuchlichen Familien	257
9.9 : Gehäuse	258
9.9.1 : DIL / DIP	258
9.9.2 : PGA – Pin Grid Array	259
9.9.3 : LCC / PLCC	260

9.9.4 : SOJ	261
9.9.5 : SO / SOP / TSSOP	261
9.9.6 : QFP / TQFP	262
9.9.7 : BGA – Ball Grid Array	263
9.9.8 : QFN – Quad Flat No Leads	264
9.9.9 : Chipscale Gehäuse (Flipchip)	264
Kapitel 10: Entwürfe mit echter Logik	266
10.1 : Logische Niveaus und die verbotene Zone	266
10.1.1 : Die Ausgangsniveaus	266
10.1.2: Die Eingangsniveaus	267
10.1.3 : Die verbotene Zone	268
10.1.4 : Der Ausgangsstrom	268
10.2 : Rise- und Faltime von Signalen	269
10.3 : Fan-In und Fan-Out	270
10.3.1 : Fan-Out	270
10.3.2 : Fan-In	270
10.3.3 : Was tun damit?	271
10.4 : Statischer und dynamischer Stromverbrauch	271
10.4.1 : Bipolare Technik (TTL)	271
10.4.2 : CMOS	272
10.5 : Propagation-Delay	273
10.6 : Setup- and Hold-Time	273
10.7 : Race-Conditions	274
10.7.1 : Das EXOR-Drama	275
10.7.2 : Glitch freies EXOR	275
10.8 : Metastabilität	277
10.9 : Ground-Bounce	278
10.10 : Ringing, Overshoot und Undershoot	280
10.10.1 : Terminationswiderstände	281
10.10.2 : Serienwiderstände	284
10.11 : Board-Layout	285
10.12 : Spannungsversorgung	286
10.12.1 : Grundprinzip einer Regelung	287
10.12.2 : Impulsverhalten	288
10.12.3 : Derating von Kondensatoren	289
10.12.4 : Faustregeln	291
10.12.5 : Schutz des Reglers	292
10.13 : Bord-Layout für Spannungsverteilung	294
10.13.1 : Trennen kritischer Spannungen	296
10.13.2 : Digital gegen Analog Domäne	297

Kapitel 11: Lesen eines Datenblattes	299
11.1 : Die „Marketing“ Information	299
11.2 : Das richtige Datenblatt	299
11.2.1 : Die elektrischen Parameter	299
11.2.2 : Funktionale Parameter	300
11.2.3 : Pinbelegung	300
11.2.4 : Betriebstemperatur	300
11.2.5 : Operating Conditions	301
11.2.6 : Absolute maximum ratings	301
11.2.7 : Typical performance characteristics	301
11.2.8 : Thermische Informationen	301
11.2.9 : DC-Parameter	301
11.2.10 : AC oder switching parameters	302
11.2.11 : Package Information	302
11.3 : Application Information	302
11.3.1 : Board Layout Information	303
11.3.2 : Software Beispiele	303
Kapitel 12: Logische Schaltungen aus klassischen Bausteinen	304
12.1 : Übersicht der wichtigsten 74xx Bausteine	304
12.1.1 : Inverter	304
12.1.2 : Basisgatter	305
12.1.3 : XOR und Komparatoren	306
12.1.4 : Dekoder	307
12.1.5 : Buffer	307
12.1.6 : Flipflops	308
12.1.7 : Schieberegister	308
12.1.8 : Counter	309
12.1.9 : Display Treiber	310
12.1.10 : Bus Register	311
12.1.11 : Bus Treiber	312
12.1.12 : Monoshots	313
12.2 : Übersicht der wichtigsten 4xxx Bausteine	313
12.2.1 : Inverter	313
12.2.2 : Basisgatter	314
12.2.3 : Analoge Multiplexer	314
12.2.4 : Display-Driver	315
12.2.5 : Flipflops	315
12.2.6 : CMOS-Zähler	316
12.3 : Tipps und Tricks	317
12.3.1 : Bessere Display-Driver	317

12.3.2 : Pin-kompatible Schmitt-Trigger	318
12.3.3 : Alternativer Puffer	318
12.3.4 : Singlegate Logik	318
12.3.5 : Bündeln von Bussen	319
12.3.6 : Mischen von Familien	319
12.3.7 : Einzelne Transistoren	320
12.3.8 : Pull-up / Pull-down	321
12.3.8 : Unbenutzte Ausgänge	323
Kapitel 13: Kontakt mit der Außenwelt	324
13.1 : Eingangsschaltungen	324
13.1.1 : Level-Shifting	324
13.1.2 : Debouncing (Entprellung) und Filterung	327
13.1.3 : Sichern von Eingängen	328
13.2 : Ausgangsschaltungen	332
13.2.1 : Spannungsanpassung (level-shifting)	333
13.2.2 : Stromanpassung	337
13.2.3 : Sichern von Ausgangsstufen	337
13.3 : Galvanisch Isolieren	338
13.3.1. : Optokoppler	338
13.3.2 : Kapazitive Koppler	341
13.3.3 : Induktive Koppler	341
13.4 : Sicheres Boardlayout	342
13.4.1 : Trennen von gefährlichen und sicheren Signalen	342
13.4.2 : Komponenten Auswahl	343
13.4.3 : Beispiel	344
Kapitel 14: Analoge Schaltungen	345
14.1 Schmitt-Trigger	345
14.2 : Delay- und Impuls-Erzeuger	346
14.2.1 : Monoshot	346
14.2.2 : Restartbare Monoshots	347
14.2.3 : RC-Netzwerke	348
14.2.4 : Digitale Lösungen	351
14.3 : Oszillatoren	353
14.3.1 : Ringoszillator	353
14.3.2 : RC-Oszillator	354
14.3.3 : Kristalloszillator	355
14.4 : NE555 Universelle Timing-Komponente	355
14.4.1 : 555 als Monoshot	356
14.4.2 : 555 als Monoshot (restartbar)	357

14.4.3 : 555 als Oszillator	357
14.5 : Analog-Digital-Wandler	358
14.5.1 : Flash-Konverter	358
14.5.2 : Sukzessive Approximation	359
14.5.3 : Integrating ADC	360
14.5.4 : Sigma-Delta	361
14.6 : Digital-Analog-Wandler	362
14.6.1 : Thermometer-DAC	362
14.6.2 : R-2R-DAC / Widerstandsleiter-DAC	363
14.6.3 : Binary weighted DAC	365
14.6.4 : PWM und BRM DAC	365
Kapitel 15: Programmierbare Logik	366
15.1 : Geschichte	366
15.2 : Typen	368
15.2.1 : FPLA	368
15.2.2 : PAL	370
15.2.3 : GAL	372
15.2.4 : EPLD	373
15.2.5 : CPLD	375
15.2.6 : Gate-Array	376
15.2.7 : FPGA	376
15.2.8 : Hybride Komponenten	379
Kapitel 16: Entwerfen mit PLDs und FPGAs	380
16.1 : Versorgung	380
16.1.1 : Multivoltage I/O Circuits	381
16.2 : Busanschlüsse	381
16.3 : Programmierung	381
16.3.1 : Programmieranschlüsse von Altera Komponente	382
16.3.2 : Altera Programmieradapter	384
16.4 : Clock-Anschlüsse	386
16.4.1 : Oscillator-Module	387
16.4.2 : Selbstbau Oszillatoren	388
Kapitel 17: Synthesesprachen	389
17.1 : Geschichte der Synthesesprachen	389
17.1.1 : PALASM	389
17.1.2 : ABEL	389

17.1.3 : CUPL	389
17.1.4 : AHDL	390
17.1.5 : Verilog	390
17.1.6 : VHDL	390
17.2 : Arbeitsweise eines Synthesizers	391
17.3 : Synthese-Probleme	395
17.4 : Entwicklungssysteme	397
Kapitel 18: Quartus Tutorial	398
18.1 : Installation	398
18.1.1 : Installieren	398
18.1.2 : Lizenz Installation	398
18.1.3 : Firewall Einstellungen	398
18.2 : Starten	399
18.2.1 : Der erste Start	399
18.3 : Erstellen eines Projektes	400
18.3.1 : Projektverwaltung	407
18.4 : Die Designumgebung	407
18.5 : Erstellen des ersten Blocks	408
18.5.1 : Design File Typen	409
18.5.2 : Andere Dateien	411
18.6 : Entwurfsmethodologie	411
18.6.1 : Top-down hierarchischer Entwurf mit Toplevel Schema	411
18.7 : Erstellen des Toplevels	412
18.8 : Zeichnen eines Schemas (Schaltbild)	414
18.8.1 : Komponenten platzieren und verschieben	414
18.8.2 : Verbinden von Komponenten	418
Erstellen von Unterschaltungen	419
18.9 : Erstellen einer HDL Datei	421
18.9.1 : Schreiben von Code	423
18.10 : Device Assignment	424
18.11 : Die erste Kompilation	425
18.11.1 : Pin-Assignment	427
18.12 : Simulation	429
18.12.1 : Erstellen der Simulationsdatei	430
18.12.2 : Hinzufügen von Signalen	431
18.12.3 : Beobachten interner Knoten	433
18.12.4 : Erstellen von Signalverläufen	437
18.13 : Spezielle Funktionsblöcke	439
18.13.1 : Counter-Megafunction	440
18.14 : Konfigurieren eines PLL	450

Kapitel 19: Verilog in aller Kürze	460
19.1 : Verilog Module	460
19.2 : Whitespaces und Kommentare	461
19.3 : Logische Niveaus	462
19.3.1 : Logisches x	462
19.3.2 : Logisches z	462
19.4 : Signale	462
19.4.1 : Einzelne Signale	462
19.4.2 : Signal-Vektoren	463
19.4.3 : Praktische Verwendung von Reg und Wire	463
19.5 : Definieren von Ein- und Ausgängen	464
19.5.1 : Reg und Wire	464
19.5.2 : inout	464
19.6 : Basisoperatoren in Verilog	465
19.6.1 : Logische Operationen	465
19.6.2 : Reduktionsoperatoren	467
19.6.3 : Abgeleitete Reduktionsoperatoren	468
19.6.4 : Relationale Operatoren	469
19.7 : Mathematische Operationen	470
19.7.1 : Notation von Zahlen	470
19.7.2 : Addieren und Subtrahieren	472
19.7.3 : Dividieren und Multiplizieren	472
19.8 : Andere Manipulationen von Vektoren	474
19.8.1 : Schiebeoperationen	474
19.8.2 : Erstellen von Teilvektoren	474
19.8.3 : Gruppieren von Signalen	475
19.8.4 : Wiederholung von Signalen	476
19.8.5 : Konditionaler Operator	477
19.9 : Basiskonstruktionen in Verilog	478
19.9.1 : Assign	478
19.9.2 : Blocking und Non-blocking Assignments	479
19.9.3 : Always	480
19.9.4 : Sensitivity Lists	483
19.9.5 : Sensitivity für asynchrone Signale in synchronen Block	483
19.10 : Entscheidungslogik	485
19.10.1 : If-then-else	485
19.10.2 : Case-Statement	486
19.11 : Scheduling	488
19.12 : Defines	489
19.13 : Verilog 2001	489
19.13.1 : Arrays und multidimensionale Arrays	490

19.13.2 : Signed Zahlen	491
19.13.3 : Modul-Definition	491
19.13.4 : Automatisches Erstellen von Netzen	492
19.13.5 : Andere Elemente	492
19.14 : Verilog 2005	493
19.14.1 : Always_ff	493
19.14.2 : Always_comb	493
19.14.3 : Always_latch	493
19.15 : Instanzieren von Teilschaltungen	493
19.15.1 : Eingebaute Primitives	494
19.15.2 : Instanzieren eines Primitives	494
19.15.3 : Instanzierung eines eigenen Primitives	494
19.15.4 : Verbinden mit symbolischen Namen	495
19.16 : Praktische Systeme in Verilog	496
19.16.1 : Kombinatorischer Block	496
19.16.2 : Sequenzielle Logik	499
19.16.3 : Ein Read/Write Schieberegister mit Ausgangsregister	501
19.16.4 : State-Machine	502
Kapitel 20: VHDL in aller Kürze	506
20.1 : VHDL Module	506
20.2 : Whitespaces und Kommentare	507
20.3 : Die Standardbibliotheken	507
20.4 : Logische Niveaus	507
20.4.1 : Logisches x	508
20.4.2 : Logisches z	508
20.5 : Signale	508
20.5.1 : Signal-Vektoren	508
20.6 : Variablen	509
20.7 : Das Erzeugen einer Entity	510
20.7.1 : Die Ports einer Entity	510
20.8 : Basisoperatoren in VHDL	511
20.8.1 : Logische Operationen	511
20.8.2 : Abgeleitete Operatoren	512
20.8.3 : Relationale Operatoren	512
20.9 : Mathematische Operationen	514
20.9.1 : Notation von Zahlen	514
20.9.2 : Umwandlung von Zahlen	515
20.9.3 : Addieren und Subtrahieren	517
20.9.4 : Dividieren und Multiplizieren	518
20.9.5 : Modulo und Remainder	519

20.10 : Andere Manipulationen von Vektoren	520
20.10.1 : Schiebeoperationen	520
20.10.2 : Rotieren von Vektoren	520
20.10.3 : Erstellen von Teilvektoren	521
20.10.4 : Gruppieren von Signalen	521
20.10.5 : Konstanten und Aliase	522
20.11 : Basiskonstruktionen in VHDL	523
20.11.1 : When	523
20.11.2 : With-select	525
20.12 : Prozess	526
20.13 : Entscheidungslogik	528
20.13.1 : If-then-else	528
20.13.2 : Case Statement	529
20.14 : Latches	530
20.15 : Flankengesteuerte Prozesse	531
20.16 : Scheduling	531
20.17 : Instanzieren von Teilmodulen in VHDL	532
20.17.1 : Instanzieren von Teilmodulen	532
20.18 : Praktische Systeme in VHDL	534
20.18.1 : Kombinatorischer Block	534
20.18.2 : Sequenzielle Logik	535
20.18.3 : Ein Read/Write Schieberegister, mit Ausgangsregister	538
20.18.4 : State-Machine	539
Kapitel 21: Implementierung von Logik in PLDs	542
21.1 : Das Projekt	542
21.2 : Schematischer Entwurf	542
21.2.1 : Displaysteuerung	542
21.2.2 : Der Teiler	544
21.2.3 : Die Zähler	546
21.2.4 : Die Alarmfunktion	551
21.2.5 : Toplevel	552
21.2.6 : Verifikation	555
21.3 : Verilog Entwurf	556
21.3.1 : Display-Steuerung	557
21.3.2 : Der Teiler	560
21.3.3 : Die Zähler	562
21.3.4 : Die Alarmfunktion	568
21.3.5 : Toplevel	570
21.4 : VHDL-Entwurf	573
21.4.1 : Displaysteuerung	573
21.4.2 : Der Teiler	576

21.4.3 : Die Zähler	578
21.4.4 : Die Alarmfunktion	583
Kapitel 22: Fusemap und Programmierung	585
22.1 : Endgültige Device-Auswahl	585
22.2 : Pin-Zuweisung	587
22.3 : Fusemap erzeugen	589
22.4 : Programmierung	589
Kapitel 23: Experimentierplattformen	591
23.1 : Terasic Max II Mikro Kit	591
23.2 : Elektor-FPGA-Board	592
23.3 : Andere Plattformen	592
Index	593