

Technische Informatik

Eine einführende Darstellung

von

Prof. Dr. Bernd Becker

Prof. Dr. Paul Molitor

Oldenbourg Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Was ist überhaupt ein Rechner?	1
1.1.1	Die verschiedenen Abstraktionsebenen	2
1.1.2	Hierarchie virtueller Rechner	4
1.2	Historischer Rückblick	5
	1938-1941: Die Z1, Z2 und Z3	6
	1946: Die ENIAC	8
	1952: Die IAS	10
	1953: Die TRADIC	11
	1971: Der Intel 4004	13
	1986: Der MIPS R2000*	14
	2000: Der Intel Pentium 4	14
I	Grundlagen	17
2	Grundlegende mathematische Begriffe	21
2.1	Boolesche Algebra	21
2.2	Boolesche Funktionen	25
2.3	Boolesche Ausdrücke	28
2.4	Übungsaufgaben	37
3	Darstellungen im Rechner	41
3.1	Information	41
3.2	Darstellung von Zeichen	42
3.3	Darstellung von Zahlen	45
3;3.1	Festkommadarstellungen	45
3.3.2	Gleitkommadarstellungen	54
3.4	Übungsaufgaben	66
4	Elementare Bauelemente	69
4.1	Grundlagen elektronischer Schaltkreise	69
4.1.1	Elektrische Ladung	70

4.1.2	Elektrischer Strom	71
4.1.3	Elektrischer Widerstand, spezifischer Widerstand	71
4.1.4	Elektrische Spannung, Potentiale	72
4.1.5	Elektrische Kapazität	72
4.2	Die wichtigsten Gesetze der Elektronik	73
4.2.1	Das Ohm'sche Gesetz	73
4.2.2	Die Kirchhoff'schen Regeln	74
4.2.3	Seriell und parallel angeordnete Widerstände	75
4.3	Die wichtigsten Bauelemente	77
4.3.1	Spannungsquelle	77
4.3.2	Widerstand	78
4.3.3	Schalter	78
4.3.4	Kondensator	79
4.3.5	Operationsverstärker, Differenzverstärker	80
5	Elektronische Schaltungen	85
5.1	Spannungsteiler	85
5.2	Eine Taste zur Eingabe einer 0 oder einer 1	86
5.3	Tastenfeld	87
5.4	Logische Grundbausteine	89
5.5	Digital/Analog-Wandler	91
5.6	Analog/Digital-Wandler	92
II	Entwurf digitaler Hardware	95
6	Darstellung Boolescher Funktionen durch Decision Diagrams	99
6.1	Grundlagen	99
6.2	Decision Diagrams	101
6.3	Kronecker Functional Decision Diagrams	106
6.4	Übungsaufgaben	122
7	Entwurf zweistufiger Logik	125
7.1	Schaltkreisrealisierung durch PLAs	125
7.1.1	Kosten Disjunktiver Normalformen	128
7.1.2	Visualisierung am Würfel	130
7.2	Implikanten und Primimplikanten	135
7.3	Berechnung von Minimalpolynomen	139
7.3.1	Verfahren von Quine/McCluskey	139

7.3.2	Bestimmung eines Minimalpolynoms	145
7.4	Übungsaufgaben	153
8	Entwurf mehrstufiger Logik	157
8.1	Schaltkreise	157
8.1.1	Realisierung	157
8.1.2	Syntaktische Beschreibung von Schaltkreisen	160
8.1.3	Semantik von kombinatorischen Schaltkreisen	165
8.1.4	Symbolische Simulation	167
8.1.5	Hierarchischer Entwurf und Teilschaltkreise	168
8.2	Logiksynthese	169
8.2.1	Darstellungssatz	169
8.2.2	Kostenberechnung bei Schaltkreisen	172
8.2.3	Einfache Ansätze zur Verringerung der Kosten	173
8.2.4	Synthese unter Verwendung der Shannon'sehen Dekomposition	176
8.2.5	Abbildung von Decision Diagrams	179
8.2.6	Funktionale Dekomposition Boolescher Funktionen	181
8.2.7	Schaltungstransformationen	182
8.3	Übungsaufgaben	186
9	Grundlegende Schaltungen	189
9.1	Addition in der Zweier-Komplement-Darstellung	193
9.2	Addierer	196
9.2.1	Halbaddierer und Volladdierer	196
9.2.2	Carry-Ripple-Addierer	198
9.2.3	Inkrementierer und Dekrementierer	201
9.2.4	Conditional-Sum-Addierer	202
9.2.5	Carry-Lookahead-Addierer	206
9.3	Multiplizierer, ALU	213
9.3.1	Multiplizierer	213
9.3.2	Prinzipieller Aufbau einer ALU	215
9.4	Übungsaufgaben	218
III	Architektur eines Prozessors	221
10	Ein einfacher Mikroprozessor	225
10.1	Prinzipieller Aufbau eines Rechners	225
10.2	Aufbau des Ein-Zyklus-Prozessors OurMips	230
10.2.1	Rahmengrößen/Eckdaten	231
10.2.2	Schnittstelle des Speichers	232

10.2.3	Der Datenregistersatz	233
10.2.4	Die Arithmetisch-Logische Einheit	236
10.2.5	Der Befehlszähler und das Statusregister	238
10.2.6	Der Gesamtrechner	240
10.3	Befehlssatz von OurMips	242
10.3.1	Initialisierung	243
10.3.2	Der Befehlssatz im Überblick	244
10.3.3	Befehlsaufbau und Befehlsklassen	244
10.3.4	Lade- und Speicherbefehle	248
10.3.5	Arithmetische Befehle vom Register-Typ	251
10.3.6	Arithmetische Befehle vom Immediate-Typ	255
10.3.7	Logische Befehle	259
10.3.8	Sprungbefehle	260
10.4	Das Steuerwerk	266
10.4.1	Berechnung der Befehlsklasse	268
10.4.2	Berechnung der Steuersignale	268
10.4.3	Berechnung des Load-Enable-Signals	270
10.4.4	ALU-Ansteuerung	271
10.5	Übungsaufgaben	272
11	Weitergehende Architekturkonzepte	277
11.1	CISC und RISC	278
	Eigenschaften von CISC-Rechnern	278
	Eigenschaften von RISC-Rechnern	279
	CISC versus RISC	280
11.2	Pipelining	282
11.2.1	Pipelining bei der Befehlsausführung	283
11.2.2	Maximale Beschleunigung	285
11.2.3	Pipeline-Konflikte	286
	Data Hazards	287
	Control Hazards	291
11.3	Speicherhierarchie	293
11.3.1	Die wichtigsten Speichertypen	293
	SRAM- und DRAM-Speicherzellen, Latches und Flipflops	293
	Hauptspeicher	296
	Festplatte	300
	CD und DVD	303
	Magnetband	305
11.3.2	Die Idee der Speicherhierarchie	306
11.4	Caches	308
11.4.1	Ideen, Konzepte, Eigenschaften	309
11.4.2	Der Lesezugriff	310
11.4.3	Interne Organisation	312

	Vollasoziative Cache-Speicher	312
	Direkt abgebildete Cache-Speicher	314
11.4.4	Der Schreibzugriff	316
11.5	Der virtuelle Speicher	319
11.6	Übungsaufgaben	324

IV Kommunikation 329

12	Kommunikation innerhalb eines Rechners	333
12.1	Parallele und serielle Busse, Protokolle	333
12.1.1	Serielle Busse	334
12.1.2	Parallele Busse	337
12.2	Zuteilung des Busses an einen Master	343
12.2.1	Stichleitungen	344
12.2.2	Daisy-Chaining	344
12.2.3	Polling	346
12.2.4	Carrier Sense Multiple Access	346
12.3	Busstruktur in modernen Rechnern	347
12.4	Übungsaufgaben	349
13	Fehlertolerante Kodierungen	351
13.1	Grundlegende Begriffe	351
13.2	Grundlegende Eigenschaften fehlertoleranter Codes	352
13.2.1	Fehlererkennende Codes f.	353
13.2.2	Fehlerkorrigierende Codes	356
13.3	Beispiele fehlertoleranter Codes	360
13.3.1	Eindimensionale Parity-Überprüfung	360
13.3.2	Zweidimensionale Parity-Überprüfung	362
13.3.3	Hamming-Code	365
13.3.4	CRC-Kodierung	367
13.4	Übungsaufgaben	372
14	Datenkompression	375
14.1	Grundlagen der Informationstheorie	375
14.2	Eindeutige Dekodierbarkeit	378
14.3	Präfixcodes	379
14.4	Längenoptimale Codes	386
14.4.1	Historischer Rückblick	386

14.4.2	Shannon-Fano-Kodierung	387
14.4.3	Huffman-Kodierung	388
14.4.4	Erweiterte Huffman Kodierung	390
14.4.5	Arithmetische Kodierung	391
14.5	Übungsaufgaben	394
15	Schlusswort	397
	Literaturverzeichnis	401
	Index	405