

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Grundlegende Ideen, Technologien und Komponenten 2

- 1.1 Einführung 4
- 1.2 Das verbirgt sich hinter einem Programm 10
- 1.3 Unter der Gehäuseabdeckung 14
- 1.4 Fallstudien: Herstellung von Pentium-4-Chips 26
- 1.5 Fallstricke und Fehlschlüsse 30
- 1.6 Schlussbetrachtungen 31
- 1.7 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 33
- 1.8 Aufgaben 33

## 2 Befehle: Die Sprache des Rechners 36

- 2.1 Einführung 38
- 2.2 Operationen der Rechnerhardware 39
- 2.3 Operanden der Rechnerhardware 41
- 2.4 Darstellung von Befehlen im Rechner 48
- 2.5 Logische Operationen 54
- 2.6 Befehle zum Treffen von Entscheidungen 58
- 2.7 Unterstützung von Prozeduren durch die Rechnerhardware 64
- 2.8 Kommunikation mit Menschen 73
- 2.9 Umgang mit 32-Bit-Direktooperanden und 32-Bit-Adressen 79
- 2.10 Übersetzen und Starten eines Programms 88
- 2.11 Optimierung durch den Compiler 97
- 2.12 Wie arbeiten Compiler: Eine Einführung 102
- 2.13 Zusammenfassung am Beispiel eines Sortierprogramms in C 103
- 2.14 Implementierung einer objektorientierten Programmiersprache 111
- 2.15 Felder und Zeiger im Vergleich 111
- 2.16 Fallstudien: IA-32-Befehle 115
- 2.17 Fallstricke und Fehlschlüsse 124
- 2.18 Schlussbetrachtungen 125
- 2.19 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 127
- 2.20 Aufgaben 128

## 3 Rechnerarithmetik 132

- 3.1 Einführung 134
- 3.2 Vorzeichenbehaftete und nicht vorzeichenbehaftete Zahlen 134
- 3.3 Addition und Subtraktion 143
- 3.4 Multiplikation 148
- 3.5 Division 154
- 3.6 Gleitkommaarithmetik 161
- 3.7 Fallstudie: Gleitkommaarithmetik in der IA-32-Architektur 184
- 3.8 Fallstricke und Fehlschlüsse 187
- 3.9 Schlussbetrachtungen 191
- 3.10 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 194
- 3.11 Aufgaben 195

## 4 Rechenleistung beurteilen und verstehen 198

- 4.1 Einführung 200
- 4.2 Prozessorleistung und leistungsbestimmende Faktoren 205
- 4.3 Leistungsmessung 211
- 4.4 Fallstudien: Zwei SPEC-Benchmarks  
und die Leistungsfähigkeit neuer Intel-Prozessoren 216
- 4.5 Fallstricke und Fehlschlüsse 222
- 4.6 Schlussbetrachtungen 226
- ④ 4.7 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 227
- 4.8 Aufgaben 227

## 5 Der Prozessor: Datenpfad und Steuerwerk 230

- 5.1 Einführung 232
- 5.2 Konventionen für den Entwurf von Logikschaltungen 236
- 5.3 Aufbau eines Datenpfads 239
- 5.4 Eine einfache Implementierungsmethode 246
- 5.5 Eine Mehrzyklenimplementierung 261
- 5.6 Ausnahmebehandlung 281
- ④ 5.7 Mikroprogrammierung: Vereinfachung des Steuerwerkdesigns 286
- ④ 5.8 Eine Einführung in digitales Design mithilfe einer  
Hardwarebeschreibungssprache 287
- 5.9 Fallstudien: Die Organisation aktueller  
Pentium-Implementierungen 287
- 5.10 Fallstricke und Fehlschlüsse 290
- 5.11 Schlussbetrachtungen 292
- ④ 5.12 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 293
- 5.13 Aufgaben 293

## 6 Leistungssteigerung durch Pipelining 296

- 6.1 Übersicht über die Technik des Pipelining 298
- 6.2 Pipelining des Datenpfads 311
- 6.3 Pipelining der Steuerung 324
- 6.4 Pipelinehemmnisse durch Datenabhängigkeit und die Technik  
des Forwarding 328
- 6.5 Pipelinehemmnisse durch Datenabhängigkeit und  
Pipelineverzögerungen 336
- ④ 6.6 Pipelinehemmnisse durch Kontrollflussabhängigkeiten 338
- ④ 6.7 Verwendung einer Hardwarebeschreibungssprache  
zum Beschreiben und Modellieren einer Pipeline 349
- 6.8 Pipelinehemmnisse durch interne Unterbrechungen 349
- 6.9 Weitere Leistungssteigerung durch erweiterte  
Pipelining-Techniken 354
- 6.10 Fallstudie: Die Pentium-4-Pipeline 368
- 6.11 Fallstricke und Fehlschlüsse 371
- 6.12 Schlussbetrachtungen 372
- ④ 6.13 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 374
- 6.14 Aufgaben 374

## 7 Speicherhierarchie 378

- 7.1 Einführung 380
- 7.2 Caches – Grundlagen 385

- 7.3 Cache-Leistung messen und verbessern 401
- 7.4 Virtueller Speicher 416
- 7.5 Ein gemeinsames Gerüst für Speicherhierarchien 442
- 7.6 Fallstudien: Speicherhierarchien des Pentium P4 und des AMD Opteron 449
- 7.7 Fallstricke und Fehlschlüsse 452
- 7.8 Schlussbetrachtungen 454
- 7.9 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 457
- 7.10 Aufgaben 457

## **8 Sekundärspeicher, Netzwerke und andere Peripheriegeräte 462**

- 8.1 Einführung 464
- 8.2 Festplattenspeicher und Zuverlässigkeit 466
- 8.3 Netzwerke 478
- 8.4 Busse und andere Verbindungen zwischen Prozessoren, Speicher und Ein-/Ausgabe-Geräten 478
- 8.5 Schnittstellen von den Ein-/Ausgabe-Geräten zu Prozessor, Speicher und Betriebssystem 485
- 8.6 Leistungsmaße für die Ein-/Ausgabe: Beispiele aus Festplatten- und Dateisystemen 494
- 8.7 Entwurf eines Ein-/Ausgabe-Systems 497
- 8.8 Fallstudien: Digitalkamera 499
- 8.9 Fallstricke und Fehlschlüsse 502
- 8.10 Schlussbetrachtungen 506
- 8.11 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 507
- 8.12 Aufgaben 507

## **9 Multiprozessoren und Cluster 510**

- 9.1 Einführung 512
- 9.2 Multiprozessoren programmieren 515
- 9.3 Über einen einzelnen Bus verbundene Multiprozessoren 518
- 9.4 Über ein Netzwerk verbundene Multiprozessoren 528
- 9.5 Cluster 531
- 9.6 Netzwerktopologien 533
- 9.7 Chip-Multiprozessoren und Mehrfädigkeit 535
- 9.8 Fallstudien: Das PC-Cluster von Google 539
- 9.9 Fallstricke und Fehlschlüsse 545
- 9.10 Schlussbetrachtungen 547
- 9.11 Historische Perspektiven und Literaturhinweise 552
- 9.12 Aufgaben 552

## **Glossar 553**

## **Abbildungsnachweis 575**

## **Index 577**