

Springer-Lehrbuch



Manfred Broy

Informatik

Eine grundlegende Einführung

Teil II. Rechnerstrukturen und
maschinennahe Programmierung

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona

Budapest

Professor Dr. Manfred Broy

Institut für Informatik
Technische Universität München
Arcisstraße 21
D-80333 München

Mit 46 Abbildungen und 33 Tabellen

CR-Klassifikation (1991): A.1, B.0, C.0, D.3.4

ISBN-13: 978-3-540-56969-5 e-ISBN-13: 978-3-642-97520-2

DOI: 10.1007/978-3-642-97520-2

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Broy, Manfred: Informatik: eine grundlegende Einführung / Manfred Broy. –
Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona;
Budapest: Springer.

(Springer-Lehrbuch)

Teil 2. Rechnerstrukturen und maschinennahe Programmierung. – 1993

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1993

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage vom Autor
45/3140 - 5 4 3 2 1 0 – Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort

In diesem zweiten Teil der vierteiligen Einführung in die Informatik beschäftigen wir uns mit dem Grundthema Darstellung und Verarbeitung von Informationen durch technische Mittel. Dazu gehört die Darstellung von Informationen durch Zeichen und Zeichenfolgen über einem zweistelligen Alphabet und damit Aspekte der Binärcodierung. Während sich der Teil I auf die problemnahe Programmierung und die abstrakte Darstellung von Information richtet, steht im Teil II die technische Realisierung von Informationsverarbeitungsvorgängen im Sinne der Informatik im Zentrum. In Teil III werden dann die für den Informatiker bedeutsamen Fragen der Systemstrukturen, der verteilten Systeme, Betriebssysteme, der Systemprogrammierung bis hin zur Übersetzung und Interpretation von Programmiersprachen behandelt. In Teil IV gehen wir auf Themen der theoretischen Informatik ein. Dazu gehören formale Sprachen, Berechenbarkeit, Komplexität und Algorithmen für hochkomplexe Systeme. Wir wenden uns abschließend der Behandlung großer Datenmengen zu.

Im vorliegenden Teil II beschäftigen wir uns, ausgehend von Codierung und insbesondere Binärcodierung, mit Schaltnetzen, Schaltwerken und Booleschen Funktionen. Dadurch wird eine für den Informatiker angemessen abstrakte Sicht auf Schaltungen gegeben, die ihre Funktionsweise deutlich macht. Schaltungen stellen ein vorzügliches Beispiel für verteilte informationsverarbeitende Systeme dar. So fallen bei der Behandlung von Schaltungen viele der Begriffsbildungen an, die für den Informatiker auch im Zusammenhang mit verteilten Systemen von allgemeiner Bedeutung sind.

Das Studium der Schaltnetze und Schaltwerke vermittelt das Verständnis der Bausteine zum Verarbeiten, Speichern und Übertragen von Informationen und der Realisierung solcher Bausteine. Auf dieser Grundlage können wir die Funktionsweise der Komponenten von Rechnern erklären. Die Rechnerarchitektur verzichtet jedoch auf eine schaltungstechnische Darstellung und bedient sich einer abstrakten, auf die Programmierung ausgerichteten Sicht. Gemäß dieser Auffassung behandeln wir in Kapitel 3 die grundlegenden Strukturen der von-Neumann-Rechnerarchitektur.

Exemplarisch wird eine spezielle Rechnerarchitektur beschrieben, die hypothetische Rechenmaschine MI. Die MI ist eine Abstraktion der Rechnerarchitektur VAX der Firma Digital Equipment. Die abstrakte Maschine MI wurde an der Technischen Universität München als Basis für die Erklärung von Rechnerstrukturen im Informatikstudium von meinen Kollegen H.-G. Hegering und H.-J. Siegert eingeführt. Die in diesem Buch verwendeten Strukturen der MI zielen auf ein genaues Verständnis der

Funktionsweise und der maschinennahen Programmierung von Rechenanlagen. Aufbauend auf diesen maschinennahen Programmstrukturen werden schrittweise abstrakte Programmierkonzepte entwickelt, und es wird gezeigt, wie sich diese in die maschinennahen Sprachkonzepte umsetzen lassen.

Ausgehend von den grundlegenden Fragen der Codierung von Information durch Binärwörter behandeln wir also alle Aspekte der technischen Informationsverarbeitung, von Schaltungen über Maschinenarchitekturen bis hin zur maschinennahen und problemnahen Programmierung. Wichtig und nützlich sind dabei für den Informatiker nicht allein die konkret beschriebenen Strukturen, sondern auch die Schichtung in Abstraktionsebenen, die typisch für die Arbeitsweise der Informatik ist.

Der vorliegende Band gibt im wesentlichen den Stoff einer Vorlesung wieder, wie sie im zweiten Semester des Informatikstudiums im Rahmen der Einführung gehalten wird. Er hat sich aus der Einführungsvorlesung entwickelt, die ich erstmals an der Universität Passau im Sommersemester 1984 und dann mehrfach in Passau und an der Technischen Universität München gehalten habe. Die Ausarbeitung und Gestaltung der Vorlesung haben meine Mitarbeiter und auch Studenten entscheidend mitbeeinflusst. Ihnen bin ich zu großem Dank verpflichtet. Im einzelnen möchte ich dabei meine Passauer Mitarbeiter Heinrich Hußmann, Thomas Pinegger, Friederike Nickl, Michael Breu und meinen Münchner Mitarbeiter Maximilian Fuchs dankend erwähnen. Auch meinen Kollegen in Passau und München verdanke ich zahlreiche Anregungen.

Dank gebührt auch dem Springer Verlag und damit Hans Wössner, der die Gestaltung entscheidend geprägt hat.

München, im Juli 1993

Manfred Broy

Inhaltsverzeichnis

1.	Codierung und Informationstheorie	1
1.1	Codes und Codierung	2
1.1.1	Codes fester Länge	3
1.1.2	Codes variierender Länge	7
1.1.3	Serien- und Parallelwortcodierung von Zeichenfolgen	8
1.2	Optimalität von Codes und Entscheidungsinformation	11
1.3	Sicherung der Übertragung von Nachrichten	17
1.3.1	Codesicherung	18
1.3.2	Übertragungssicherung	19
2.	Binäre Schaltnetze und Schaltwerke	23
2.1	Boolesche Algebra und Boolesche Funktionen	23
2.1.1	Boolesche Funktionen	24
2.1.2	Ordnungen auf Booleschen Abbildungen	27
2.2	Normalformen Boolescher Funktionen	29
2.2.1	Das Boolesche Normalform-Theorem	29
2.2.2	Vereinfachte Normalformen	32
2.3	Schaltnetze	35
2.3.1	Repräsentationen für Schaltfunktionen und Schaltnetze	36
2.3.2	Konstruktion von Schaltnetzen	46
2.3.3	Arithmetische Schaltnetze	47
2.3.4	Zahldarstellung	51
2.3.5	Schaltnetze mit Steuerleitungen	61
2.3.6	Schaltelemente als Schalter	66
2.3.7	Technische Realisierung von Schaltnetzen und Schaltern	67
2.4	Schaltwerke	71
2.4.1	Schaltwerksfunktionen	72
2.4.2	Schaltfunktionen als Schaltwerksfunktionen	74
2.4.3	Schaltwerke	76
2.4.4	Speichernde Schaltwerksfunktionen und endliche Automaten	77
2.4.5	Schaltwerke mit verzögerungsfreier Rückkopplung	82
2.4.6	Sinbilder für Schaltwerke und ihre Funktionen	87
2.4.7	Zusammenwirken speichernder und verarbeitender Schaltwerke	91
2.4.8	Technische Realisierung von Schaltwerken	93
2.4.9	Höchstintegration	94
3.	Aufbau von Rechenanlagen	97
3.1	Zum strukturellen Aufbau von Rechnern	97
3.1.1	Der Rechnerkern	99
3.1.2	Die Speichereinheit	101

3.1.3	Ein-/Ausgabe	102
3.1.4	Befehle und Daten auf Rechnerkernebene	103
3.1.5	Operandenspezifikation und Adreßrechnung	110
3.1.6	Der Befehlszyklus	116
3.2	Überblick über heutige Hardwarekomponenten	120
3.2.1	Prozessoren und Verarbeitungselemente	120
3.2.2	Speichergeräte	121
3.2.3	Eingabegeräte	123
3.2.4	Ausgabegeräte	124
3.2.5	Datenübertragungsgeräte	124
3.3	Rechnerarchitekturen	125
3.3.1	Monoprozessorrechner	125
3.3.2	Multiprozessorrechner	126
3.3.3	Neuartige Rechnerarchitekturen	127
3.4	Rechnernetze	128
3.4.1	Grundbegriffe	128
3.4.2	Rahmenbildung für Nachrichten	128
3.4.3	Netzwerktypen	129
3.4.4	Vermittlungsarten	130
3.4.5	Nachrichtenstruktur	130
4.	Maschinennahe Programmstrukturen	133
4.1	Maschinennahe Programm Sprachen	133
4.1.1	Maschinenwörter als Befehle	133
4.1.2	Der Befehlsvorrat der MI	135
4.1.3	Einfache Maschinenprogramme	142
4.1.4	Assemblersprachen	146
4.1.5	Einadreßform und Mehradreßform	146
4.1.6	Einfache Unterprogrammtechniken	148
4.2	Adressiertechniken und Speicherverwaltung	153
4.2.1	Konstante	153
4.2.2	Operandenversorgung über Register	154
4.2.3	Absolute Adressierung	154
4.2.4	Relative Adressierung	154
4.2.5	Indexierung und Linearisierung von Feldern	155
4.2.6	Symbolische Adressierung	158
4.2.7	Geflechtsstrukturen: Indirekte Adressierung	158
4.2.8	Speicherverteilung	161
4.2.9	Kellerspeicherverwaltung für blockorientierte Sprachen	162
4.3	Techniken maschinennaher Programmierung	166
4.3.1	Auswertung von Ausdrücken durch maschinennahe Programme	166
4.3.2	Maschinennahe Realisierung von Ablaufstrukturen	171
4.4	Maschinennahe Realisierung von Rekursion	174
4.4.1	Kellerartige Verwaltung von Parametern	174
4.4.2	Kellerartige Verwaltung von rekursiven Prozeduraufrufen	177
4.4.3	Optimierung	179
Literaturangaben	187	
Stichwortverzeichnis	191	