

# Leitfäden der angewandten Informatik

K. Bauknecht / C. A. Zehnder

**Grundzüge der Datenverarbeitung**

Methoden und Konzepte für die Anwendungen

286 Seiten. Kart. DM 24,80

H. Hultsch

**Prozeßdatenverarbeitung**

216 Seiten. Kart. DM 22,80

H. Kästner

**Architektur und Organisation digitaler Rechenanlagen**

224 Seiten. Kart. DM 22,80

V. Schmidt et al.

**Digitalschaltungen mit Mikroprozessoren**

2. Aufl. 208 Seiten. Kart. DM 23,80

H. J. Schneider

**Problemorientierte Programmiersprachen**

226 Seiten. Kart. DM 23,80

F. Singer

**Programmieren in der Praxis**

176 Seiten. Kart. DM 18,80

F. Wingert

**Medizinische Informatik**

272 Seiten. Kart. DM 21,80

*In Vorbereitung:*

G. Lausen / G. Schlageter / W. Stucky

**Datenbanksysteme: Eine Einführung**

Preisänderungen vorbehalten



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

**Leitfäden der angewandten Informatik**

**V. Schmidt et al.  
Digitalschaltungen  
mit Mikroprozessoren**

# **Leitfäden der angewandten Informatik**

Herausgegeben von

Prof. Dr. L. Richter, Dortmund

Prof. Dr. W. Stucky, Karlsruhe

Die Bände dieser Reihe sind allen Methoden und Ergebnissen der Informatik gewidmet, die für die praktische Anwendung von Bedeutung sind. Besonderer Wert wird dabei auf die Darstellung dieser Methoden und Ergebnisse in einer allgemein verständlichen, dennoch exakten und präzisen Form gelegt. Die Reihe soll einerseits dem Fachmann eines anderen Gebietes, der sich mit Problemen der Datenverarbeitung beschäftigen muß, selbst aber keine Fachinformatik-Ausbildung besitzt, das für seine Praxis relevante Informatikwissen vermitteln; andererseits soll dem Informatiker, der auf einem dieser Anwendungsgebiete tätig werden will, ein Überblick über die Anwendungen der Informatikmethoden in diesem Gebiet gegeben werden. Für Praktiker, wie Programmierer, Systemanalytiker, Organisatoren und andere, stellen die Bände Hilfsmittel zur Lösung von Problemen der täglichen Praxis bereit; darüber hinaus sind die Veröffentlichungen zur Weiterbildung gedacht.

# **Digitalschaltungen mit Mikroprozessoren**

Von Dr. rer. nat. Volker Schmidt  
Dipl.-Ing. Dietbert Kollbach  
Dipl.-Ing. Hans-Georg Metzler  
Dr.-Ing. Heiko Pangritz  
Dipl.-Ing. Bernd Uhlmann

2., durchgesehene Auflage  
Mit 97 Bildern und 12 Tabellen



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

**Dr. rer. nat. Volker Schmidt**

1944 geboren; 1963 bis 1970 Studium der Physik in Saarbrücken; 1970 bis 1974 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich Angewandte Mathematik und Informatik der Universität des Saarlandes; von 1974 bis 1978 wissenschaftlicher Mitarbeiter des Hahn-Meitner-Instituts für Kernforschung (HMI) Berlin; seit 1978 wissenschaftlicher Mitarbeiter des europäischen Kernfusionsexperiments JET (Joint European Torus) in Abingdon, Oxfordshire, Großbritannien.

**Dipl.-Ing. Dietbert Kollbach**

1943 geboren; von 1962 bis 1969 Studium der Nachrichtentechnik an der Technischen Universität Berlin; seit 1970 wissenschaftlicher Mitarbeiter des HMI.

**Dipl.-Ing. Hans-Georg Metzler**

1947 geboren, Studium der Elektrotechnik an der Ingenieurschule Ulm und an der Technischen Universität Berlin; von 1974 bis 1978 wissenschaftlicher Mitarbeiter des HMI; seit 1978 Mitarbeiter im Forschungsbereich der Daimler-Benz AG, Stuttgart.

**Dr.-Ing. Heiko Pangritz**

1937 geboren; Studium der Nachrichtentechnik an der Technischen Universität Berlin; seit 1965 wissenschaftlicher Mitarbeiter des HMI; seit 1973 Leiter der Projektgruppe „Prozeßdatenverarbeitung in der Medizin“ im HMI.

**Dipl.-Ing. Bernd Uhlmann**

1946 geboren, 1965 bis 1968 Studium (Meß- und Regelungstechnik) an der Ingenieurschule in Berlin; bis 1970 Prüfung und Entwicklung von Fernsehsendern bei SEL; 1970 bis 1974 Studium der Elektrotechnik an der Technischen Universität Berlin; von 1974 bis 1979 wissenschaftlicher Mitarbeiter des HMI; seit 1979 angestellt bei SESA Deutschland GmbH, Frankfurt/M.

Die Autoren sind bzw. waren Mitarbeiter einer Projektgruppe innerhalb des Bereichs Datenverarbeitung und Elektronik des Hahn-Meitner-Instituts für Kernforschung Berlin GmbH. Diese Gruppe befaßt sich mit Prozeßdatenverarbeitung in der Medizin und hat bisher mehrere vom BMFT geförderte Vorhaben auf diesem Gebiet durchgeführt. Der vorliegende Text ist ein „Nebenprodukt“ dieser Arbeiten, bei denen Mikroprozessoren in größerem Umfang zum Einsatz kommen.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Digitalschaltungen mit Mikroprozessoren** / von

Volker Schmidt . . . – 2., durchges. Aufl. –  
Stuttgart : Teubner, 1981.

(Leitfäden der angewandten Informatik)

ISBN 978-3-519-02452-1      ISBN 978-3-663-05765-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-05765-9

NE: Schmidt, Volker [Mitverf.]

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, besonders die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Bildentnahme, der Funksendung, der Wiedergabe auf photo-mechanischem oder ähnlichem Wege, der Speicherung und Auswertung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei Verwendung von Teilen des Werkes, dem Verlag vorbehalten.

Bei gewerblichen Zwecken dienender Vervielfältigung ist an den Verlag gemäß § 54 UrhG eine Vergütung zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1981

Originally published by B.G. Teubner, Stuttgart in 1981

**Umschlaggestaltung: W. Koch, Sindelfingen**

## Vorwort zur ersten Auflage

Dieses Buch entstand aus den Erfahrungen, die die Autoren beim Einsatz von Mikroprozessoren in der rechnergesteuerten Meßwertfassung und -verarbeitung gemacht haben. Ziel des Buches ist es, Lesern, die mit der 'normalen' Digitalelektronik vertraut sind, möglichst praxisorientiert den Einstieg in die Anwendung von Mikroprozessoren in komplexen Digitalschaltungen zu ermöglichen. Das Buch erhebt keineswegs den Anspruch, sehr systematisch oder gar vollständig das Gebiet 'Mikroprozessoren' zu behandeln; vielmehr haben sich die Autoren bemüht, anhand einiger Beispiele einen Einblick in das Gebiet zu geben. Der Leser sollte nach der Lektüre des Buches in der Lage sein, unter Heranziehung von Hersteller-Datenblättern eigene Entwürfe zu realisieren. In diesem Zusammenhang ist zu bemerken, daß auf die technologische Seite - wie z.B. Herstellungsprozesse - bewußt nicht eingegangen wird. Dieses Buch ist einerseits eine Art zweiter Band des Buches 'Digitalelektronisches Praktikum' /1/, indem ungefähr die Kenntnis dieses Buches beim Leser vorausgesetzt wird. Andererseits ist der Grundgedanke deutlich entgegengesetzt: Im 'Digitalelektronischen Praktikum' war ein wesentliches Ziel, digitale Schaltungen zu entwerfen, die eine möglichst kleine Zahl von logischen Gattern und Flipflops enthielten. Demgegenüber ist aufgrund der Verfügbarkeit von Bausteinen hoher und sehr hoher Integrationsdichte das Minimierungskriterium verschoben worden: Ziel des Hardware-Entwurfs ist es, mit möglichst wenigen, aber sehr komplexen Standard-Bauelementen auszukommen, und die Strukturierung für die Anwendung möglichst weitgehend in die 'Programmierung' im weiteren Sinne zu verlegen.

Der Aufbau des Buches ist gewissermaßen zweigleisig: Zum einen wird eine Reihe von Bauelementen beschrieben, die häufig in Mikroprozessor-gesteuerten Schaltungen verwendet werden (RAM, FIFO, (P)ROM, (F)PLA), zum anderen soll der Leser aufgrund der Lektüre des Buches das 'Innenleben' eines Mikroprozessors verstehen können. Aus diesem Grund werden zunächst in den Kapiteln 1 und 2 einige Funktionskomponenten von Mikroprozessoren beschrieben (RAM, ROM, PLA, ALU); anschließend wird darauf aufbauend in Kapitel 3 der Begriff des Mikroprozessors eingeführt. Ferner wird eine Reihe von grundlegenden Konzepten (Hard- und Software) dargestellt, die für den Einsatz von Mikroprozessoren von Bedeutung sind. In Kapitel 4 wird zunächst ausführlich über Bit-Slice-Prozessoren berichtet. Dieser Abschnitt ist gleichzeitig sowohl Beschreibung des Bauelementes 'Slice-Processor' und seines Einsatzes, als auch Erläuterung des prinzipiellen Aufbaus einer

Zentraleinheit. In Kapitel 5 folgt die Beschreibung eines typischen One-Chip-Mikroprozessors; dabei wird ausführlich auf das Bus-Konzept und auf Ein/Ausgabe-Bausteine eingegangen. Kapitel 6 befaßt sich mit der Programmierung von Mikroprozessoren, wobei vor allem auf die Aspekte der Programmierung Wert gelegt wird, in denen sich Mikroprozessoren von 'normalen' Rechnern unterscheiden. Kapitel 7 behandelt den Test von Schaltungen, die Mikroprozessoren enthalten. Im letzten Kapitel wird dann eine komplette Schaltung für den Parallel-Betrieb von 8 Strich-Code-Lesestiften beschrieben, die auf einem One-Chip-Prozessor basiert.

An dieser Stelle möchten wir den Leser um Verständnis für das amerikanisch-deutsche Kauderwelsch bitten, das an vielen Stellen auftaucht. Uns erschien es nicht sinnvoll, alle amerikanischen Fachausdrücke zu übersetzen; es wären in vielen Fällen Eigenbau-Wörter geworden, die der Leser nirgendwo sonst finden würde. Weiter möchten wir darauf hinweisen, daß wir bewußt die Schaltsymbole der alten DIN-Norm 14700, Blatt 14, verwendet haben. Die Symbolik der seit Sommer '76 gültigen neuen Fassung unterscheidet sich ganz wesentlich davon. Wir glauben jedoch, daß die alten Symbole den meisten Lesern vertraut sein werden und daher keine zusätzlichen Verständnis-Schwierigkeiten entstehen werden.

Wir möchten an dieser Stelle allen danken, die zum Zustandekommen dieses Textes beigetragen haben; unser Dank gilt insbesondere Frau R. Metzler für das Schreiben des Textes (auf einem Mikroprozessor-gesteuerten Textverarbeitungsgerät) und Frau D. Seidlitz für die Herstellung der Zeichnungen.

Berlin, im Februar 1978

Die Autoren

#### Vorwort zur zweiten Auflage

Die vorliegende zweite Auflage unterscheidet sich inhaltlich nicht von der ersten. Es wurden lediglich Druckfehler berichtigt und einige Textverbesserungen durchgeführt.

Berlin, im Dezember 1980

Die Autoren

Inhalt

	Seite
0 Einführung	7
1 Schreib/Lese-Speicher	9
1.1 Random Access Memories (RAM's)	9
1.1.1 Statische RAM's	10
1.1.2 Dynamische RAM's	13
1.2 First-In-First-Out - Speicher (FIFO's)	20
1.2.1 FIFO's mit RAM-Datenspeicherung	23
1.2.2 FIFO's mit asynchronem Schieberegister	24
2 Spezielle Schaltnetze	28
2.1 Read-Only Memories (ROM's)	28
2.2 Programmable Logic Arrays (PLA's)	30
2.3 Arithmetisch-logische Einheit (ALU)	36
3 Mikroprozessoren	46
3.1 Begriffsbestimmung	46
3.2 Allgemeine Struktur einer Zentraleinheit	48
3.3 Externe Bus-Struktur	51
3.4 Programmiersprachen für Mikroprozessoren	53
3.5 Programmspeicherung, Datenspeicherung	56
3.6 Daten-Ein/Ausgabe	57
3.7 Programmunterbrechungen	57
3.8 Direkter Speicher-Zugriff (DMA)	58
4 Prozessoren aus Bit-Slice-Prozessorelementen	61
4.1 Architektur eines Bit-Slice-Prozessorelementes	62
4.2 Aufbau eines Rechenwerks aus Bit-Slice-Prozessorelementen	73
4.3 Aufbau einer Zentraleinheit aus Bit-Slice-Prozessorelementen	77
4.3.1 Befehlsstruktur	78
4.3.2 Hardware-Struktur der CPU	81
4.3.3 Leitwerk	83
4.4 Beispiel eines Mikroprogramms	87



5	One-Chip-Mikroprozessoren	94
5.1	Interner Aufbau eines One-Chip-Mikroprozessors	94
5.2	Ein/Ausgabe, Bus-Struktur	100
5.2.1	Beispiel eines parallelen E/A-Bausteins	103
5.2.2	Beispiel einer asynchronen seriellen E/A-Nahtstelle	108
5.2.3	Beispiel: Kopplung zweier Bus-Systeme über eine parallele Nahtstelle mit Zwischenspeicher	114
6	Programmerstellung für Mikrorechner	118
6.1	Befehlsvorrat und Adressierungsarten eines Mikroprozessors	119
6.2	Programmierung im Maschinencode	122
6.3	Programmierung in Assembler-Schreibweise	123
6.4	Programmierung in höheren Programmiersprachen	128
6.5	Programmierungstechniken für Mikrorechner	132
7	Test von Mikroprozessor-gesteuerten Digitalschaltungen	139
7.1	Mikroprozessor-Entwicklungssysteme	139
7.2	Entwicklungssysteme mit 'In-Circuit-Emulation'	149
7.3	Simulationsprogramme	150
7.4	Logic State Analyzer	157
7.5	Vergleich der verschiedenen Testverfahren	164
8	Beispiel eines Mikroprozessor-gesteuerten Gerätes: Strich-Code-Lesegerät	166
8.1	Beschreibung der Aufgabenstellung	166
8.2	Hardware	167
8.3	Software	173
8.3.1	Initialisierungs- und Vorbereitungsprogramm	175
8.3.2	Sammelprogramm	180
8.3.3	Auswertungsprogramm	185
8.3.4	Datenausgabeprogramm	194
	Literaturverzeichnis	195
	Anhang: Befehlsliste des M6800-Mikroprozessors	197
	Liste der verwendeten Abkürzungen	202
	Stichwortverzeichnis	204