



Dieter Ebner

Technische Grundlagen der Informatik

Elektronik, Datenverarbeitung und
Prozeßsteuerung für Naturwissenschaftler
und Ingenieure

Mit 314 Abbildungen

*Dieses Buch ist Teil einer Bücherspende
der Vereinigung der Freunde der Uni-
versität des Saarlandes e.V.*

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo 1988

Dr. rer. nat. Dieter Ebner
Universität Konstanz, Fakultät für Physik

ISBN-13:978-3-540-18701-1 e-ISBN-13:978-3-642-93371-4
DOI: 10.1007/978-3-642-93371-4

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Ebner, Dieter:
Technische Grundlagen der Informatik :
Elektronik, Datenverarbeitung u. Prozeßsteuerung für Naturwissenschaftler u. Ingenieure / Dieter Ebner. -
Berlin ; Heidelberg ; New York ; London ; Paris ; Tokyo : Springer, 1988
ISBN-13:978-3-540-18701-1

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 Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin, Heidelberg 1988

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.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

2362/3020-543210

Vorwort

Während die amerikanische **Computer-Science** sowohl Fragen der **Software** wie auch der **Hardware** beinhaltet, konzentriert sich die Mehrzahl der hiesigen Informatiklehrgänge auf eine Unterweisung in Software bzw. derer mathematischen Grundlagen.

Diesem Ungleichgewicht soll mit vorliegendem Lehrbuch begegnet werden. Es wendet sich an **Leser**, welche

- den **inneren Aufbau** von **Computern** verstehen wollen,
- eine **allgemeine Einführung** in **Informatik** mit Schwergewicht **Hardware** wünschen,
- eine erste Einführung in analoger und digitaler **Elektronik** suchen,
- an bestehenden Computersystemen Anpassungen vornehmen müssen für **Datenerfassung, Steuerung von Experimenten, Rechnerkopplung und Automatisierung**,
- die **Hardwareeigenschaften** von Computern beurteilen wollen oder mit **Hardwarespezialisten** kooperieren müssen.

Die **Stoffauswahl** erfolgte nach **modernen Gesichtspunkten** aus der Sicht des **Anwenders**. Der Aufbau von Schaltungen, die man heute für wenig Geld kaufen kann, wird nicht ausführlich besprochen. Stattdessen werden alle grundlegenden Prinzipien an typischen und **einfachen Beispielen** erläutert, sowie ein besonderes Gewicht auf eine Einführung in die **Lektüre** von **Datenblättern** gelegt.

Einige Kapitel gehen mit ausgewählten Beispielen in die **Tiefe**, während andere eine **breite Übersicht** aller vorhandenen Systeme und Anwendungsfälle bringen. Besonderer Wert wurde auf die Vermittlung eines umfangreichen **Vokabulars**, einschließlich der **englisch-sprachigen Übersetzungen**, gelegt.

Abstrakte Formulierungen werden weitgehend vermieden und stattdessen der Grundsatz "**Lehren durch Beispiele**" befolgt. Andererseits wurde nirgends der Aufwand gescheut, mögliche Unklarheiten oder Schwierigkeiten auszuräumen.

Vom **Leser** wird ein beträchtliches Maß an **Mitarbeit** erwartet. Ohne genaues Studium aller vorgeführten Beispiele wird man dem Stoff nicht folgen können. Diese Warnungen werden im Text an einigen Stellen durch [!] wiederholt. Klammern wie [3.7] weisen auf die Literaturliste, (3.7) auf Gleichungen und {5.7} auf Teilkapitel, welche der **Leser** konsultieren möge.

Der Stoff ist bezüglich Wichtigkeit typographisch stark strukturiert. Das Symbol ■ deutet auf weitergehende Kapitel, Teilkapitel oder Abschnitte, die bei der ersten Lektüre weggelassen werden können. ■■ erlaubt alle Teile bis zum Ende eines Kapitels oder Teilkapitels wegzulassen. Dadurch liegt ein in sich abgerundeter, verkürzter Lehrgang von ca. 120 Seiten vor, der vom Leser nach Bedarf erweitert werden kann. *Es wird dem Leser empfohlen, zuerst den verkürzten Lehrgang zu absolvieren.*

Bei der riesigen Zahl von außerordentlich interessanten Bausteinen, welche von den einzelnen Firmen angeboten werden, muß jede Stoffauswahl willkürlich und unvollständig bleiben. Wir haben uns dabei hauptsächlich nach **didaktischen** Gesichtspunkten gerichtet, indem wir aus der Sicht des Anwenders einfache Bausteine, welche die wesentlichen Eigenschaften aufweisen, auswählten. Des Weiteren bevorzugten wir Bauteile, welche als **Industriestandard** zu bezeichnen sind, welche ein gutes Preis/Leistungsverhältnis aufweisen oder welche für den nicht-professionellen Anwender am ehesten in Frage kommen.

Auch falls der Leser nicht alle besprochenen Teile tatsächlich benutzen möchte, gibt ihm das Studium der dargebotenen Beispiele die Voraussetzung, sich rasch an Hand von **Datenbüchern** in anderen Fällen zurecht zu finden.

Die Tatsache, daß Schaltungen oder Bauteile hier erwähnt werden, impliziert nicht, daß diese anderen technologisch überlegen sind, daß diese frei von Patentschutz sind, oder daß deren Namen ungeschützte Warenzeichen darstellen. Für die Richtigkeit der in diesem Buche wiedergegebenen Information kann keine Garantie übernommen werden.

Mein herzlicher Dank gilt zuerst Frau Renate Beck für die sorgfältige und geschickte Ausführung aller Zeichnungen. Den Herren Dr. E. Schreck, Dr. K. Läger und Dr. K. Froböse danke ich für die angenehme Zusammenarbeit in unserem *Praktikum für Elektronik, Datenverarbeitung und Prozeßsteuerung an der Universität Konstanz.*

Des Weiteren danke ich folgenden Personen für fachlichen Rat: Dr. habil W. Lehmann, Dipl.-Phys. O. Stolz, R. Gehl IBM, Elektronik Obser Konstanz, Prof. Dr. H. Dehnen, Dipl.-Ing. A. Hagemeyer, Dr. W. Nagl, Dr. W. Graf, Prof. Dr. K. Dransfeld, Dip.-Ing. E. Ströbele, Dipl.-Inf. W. Mehl. Schließlich danke ich dem Springer-Verlag für klare Richtlinien und eine angenehme Zusammenarbeit.

Inhaltsverzeichnis

1.	Physikalische Grundlagen	1
1.1	Der elektrische Strom	1
1.2	Das ohmsche Gesetz	4
1.3	Die Kirchhoffschen Gesetze	5
1.4	Die elektrische Leistung	7
1.5	Widerstandsbauelemente	8
1.6	Kapazität	9
1.7	Wechselstrom	11
1.8	Kapazitätsbauelemente	15
1.9	Das elektromagnetische Feld ■■	16
1.10	Das Induktionsgesetz	19
1.11	Komplexe Wechselstromwiderstände	24
2.	Dioden und einfachste Anwendungen	26
2.1	Dioden	26
2.2	Diodenschaltungen	27
2.3	Umladen eines Kondensators	30
2.4	Entstörkondensatoren ■	32
2.5	Hochpaß	35
2.6	Das Superpositionsprinzip ■	36
2.7	Transformatoren	37
2.8	Gleichrichter	38
2.9	Schutzdioden	40
2.10	Abschalten von Induktivitäten	41
2.11	Zenerdioden	43
2.12	Schwingkreis	46
3.	Elektrische Geräte und Meßinstrumente	50
3.1	Gefahren des elektrischen Stromes	50
3.2	Erdung als Schutzmaßnahme	51
3.3	Sicherungssystem Nullung	52
3.4	Schutzleiter mit Fehlstromsicherung	53
3.5	Oszillograph: Grundlegendes	54
3.6	Triggerung	56

3.7	Tastkopf ■■	57
3.8	Erdung beim Oszillographen	57
3.9	Spezialoszilloskope	58
3.10	Multimeter	59
3.11	Lektüre von Datenblättern: Multimeter	59
3.12	Lektüre von Datenblättern: Oszilloskop	61
3.13	Drehstrom	62
3.14	Relais	64
3.15	Telefon	67
3.16	Schrittmotor	70
4.	Der Transistor	71
4.1	Transistor als Schalter	71
4.2	Grenzwerte	74
4.3	Dimensionierung einer Emitterschaltung	75
4.4	Die Darlington-Schaltung ■■	77
4.5	nnp- und pnp-Transistoren	78
4.6	Transistoren im ungesättigten Bereich	81
4.7	Gegenkopplung	84
4.8	Einstellung des Arbeitspunktes	86
4.9	Kollektorschaltung	88
4.10	Basisschaltung	92
4.11	Inversbetrieb	92
4.12	Optoelektronik	94
4.13	Feldeffekttransistoren	95
4.14	Halbleiterphysik	99
4.15	Innerer Aufbau von Dioden	101
4.16	Innerer Aufbau von Transistoren	103
4.17	Fabrikationsprozesse	105
5.	Der Operationsverstärker	108
5.1	Allgemeines	108
5.2	Komparator	111
5.3	Grundsaltungen	112
5.4	Analoge Arithmetik ■■	114
5.5	Instrumentenverstärker	116
5.6	NIC-Schaltungen	118
5.7	Schwellwertdetektoren	121
5.8	Funktionsgeneratoren	123
5.9	Nicht-Idealitäten	127
5.10	Lektüre von Datenblättern: OP	129

6.	Analoge Spezialbauteile und Spezialanwendungen ■	132
6.1	Widerstände	132
6.2	Dioden	132
6.3	Thyristoren	134
6.4	Spannungsregler	135
6.5	Spezielle Spannungsregler	138
6.6	Elektronenröhren	140
6.7	Bildschirmröhren	141
6.8	Aktive Filter	142
6.9	Modulation und Demodulation	143
6.10	Transducer	147
6.11	Aktuatoren	150
6.12	Reglertheorie	152
6.13	Nachlaufsynchronisation (PLL-Technik)	155
6.14	Videosignale	156
6.15	Farbinformation	158
7.	Elektromagnetische Kompatibilität (EMC) ■	163
7.1	Allgemeines	163
7.2	Erdung (Grounding)	164
7.3	Stützkondensatoren	169
7.4	Leitungsreflexionen	170
7.5	Leitungsabschluß	173
7.6	Leitungsanpassung	174
7.7	Elektrische Abschirmung	176
7.8	Aktive Abschirmung	178
7.9	Magnetische Abschirmung	178
7.10	Verdrosselung	180
7.11	Elektromagnetische Abschirmung	182
7.12	Externe Störquellen	184
7.13	Abschalten von Induktivitäten	185
7.14	Verbindung zur Erde	187
7.15	Erdung mehrerer Systeme	189
7.16	Signalleitungen zwischen verschiedenen Systemen	190
7.17	Rauschen	193
7.18	Extraktion verrauschter Signale	197
7.19	Die Lock-In-Technik	199
8.	Die Programmiersprache BASIC	203
8.1	Allgemeines	203
8.2	Bit, Byte, Computerwort	203
8.3	Peek und Poke, erste Beispiele	205

8.4	Dualzahlen und Hexadezimalzahlen	208
8.5	Zahlenkonstanten und Zahlenvariablen	209
8.6	Arithmetische Operationen	212
8.7	Stringoperationen ■	215
8.8	Logische Operationen ■	218
8.9	Programmablaufsteuerung	221
8.10	Unterprogramme	225
8.11	Dimensionierte Variablen	228
8.12	Fehlersuche ■	229
8.13	Fehlerbehandlung ■	230
8.14	Interpreter und Compiler	231
8.15	Betriebssystem	233
8.16	Editor	233
8.17	Disketten-Operationen	234
8.18	Drucker ■■	235
8.19	Tastatur	237
8.20	Dateien	240
8.21	Grafik	243
8.22	Zusammenfassung	244
9.	Architektur und Maschinensprache eines Mikroprozessors	251
9.1	Allgemeines	251
9.2	Register	252
9.3	Assembler	253
9.4	Adressen	254
9.5	Symbolische Adressen	255
9.6	Emulation ■■	258
9.7	Arithmetische und logische Operationen	259
9.8	Sprungbefehle	263
9.9	Unterprogramme	264
9.10	Einige 16-Bit-Operationen	266
9.11	Betriebssystem und Dienstprogramme	270
9.12	Shift- und Rotationsbefehle	273
9.13	Bitbefehle	276
9.14	Periphere Geräte	278
9.15	Interrupts	279
9.16	Verschiedene Befehle	282
9.17	Assembler und Disassembler	283
9.18	Monitor	285
9.19	Mikroprogramm	286

10.	Die TTL-Bausteine der Digitalelektronik	287
10.1	Die TTL-Logik	287
10.2	Logische Gatter	287
10.3	Flip-Flops	291
10.4	Encoder und Demultiplexer	292
10.5	Tristate und Open Collector Ausgänge	293
10.6	Latches	296
10.7	Zähler	297
10.8	Schmitt-Trigger Eingänge	300
10.9	Pulse und Oszillatoren	300
11.	Das Z80-PIO als Kontakt zur Außenwelt	303
11.1	Anschluß des PIO an die CPU	303
11.2	Die internen Register des PIO	305
11.3	Die Programmierung des Z80-PIO	306
11.4	Bitmode	308
11.5	Handshake Modes	309
11.6	Interrupts	311
12.	Datenerfassung und Prozeßsteuerung	314
12.1	Bauteile zur Datenerfassung	314
12.2	Innerer Aufbau von DA- und AD-Wandlern	317
12.3	Lektüre von Datenblättern: UAIO ■	319
13.	Der IEC-Bus als genormte Schnittstelle zur Steuerung von Experimenten	327
13.1	Gerätenachrichten	327
13.2	Schnittstellenbefehle: Talker und Listener ■■	328
13.3	Die einzelnen Buslinien	331
13.4	Spezielle Schnittstellenbefehle	333
13.5	Handshaking	336
13.6	Tristate oder Open-Collector	337
13.7	Programmierung des IEC-Bus	338
14.	Die IEC-Symbolik für digitale Bauteile	340
14.1	Logische Gatter	340
14.2	Spezielle Ein- und Ausgänge	342
14.3	Bistabile Kippglieder	343
14.4	Monoflops ■■	349

14.5	Logische Abhängigkeiten	350
14.6	Zähler	352
14.7	Dekoder/Demultiplexer	354
14.8	Enkoder/Multiplexer	357
14.9	Schieberegister	358
14.10	Arithmetische Bauteile	359
14.11	Memories	360
14.12	Transceiver	360
15.	Digitale Spezialbauteile ■	362
15.1	Logikfamilien	362
15.2	Field-Programmable Logic Array (FPAL)	365
15.3	Die Z80-CPU	368
15.4	Memories	372
15.5	Serielle Datenübertragung und die Z80-SIO	377
15.6	Der Zähler-Zeitgeber-Baustein Z80-CTC	380
15.7	Eine moderne Z80: der HD 64180	382
15.8	Memory Management Unit (MMU)	384
15.9	Direct Memory Access (DMA)	385
15.10	Bit-Slice-Mikroprozessoren	387
15.11	Einige 8- und 16-Bit Mikroprozessoren	392
15.12	Der 32-Bit Prozessor MC 68020	393
15.13	Microprocessor Support Chips	397
15.14	Die Centronics-Schnittstelle	398
15.15	Die RS-232-C und V.24-Schnittstelle	400
15.16	Weitere Schnittstellen	403
15.17	Lokale Netze (LAN)	403
	Literaturverzeichnis	406
	Sachverzeichnis	412