

Jörg Zschocke

# **Mikrocomputer Aufbau und Anwendungen**

**Arbeitsbuch zum  $\mu$ P 6800**

Mit 103 Abbildungen, 13 Tabellen  
und zahlreichen Beispielen



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Zschocke, Jörg:**

Mikrocomputer, Aufbau und Anwendungen: Arbeitsbuch zum  $\mu$ P 6800/Jörg Zschocke. – Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1982.

(Viewegs Fachbücher der Technik: Informationstechnik)

ISBN 978-3-528-04166-3  
DOI 10.1007/978-3-322-90112-5

ISBN 978-3-322-90112-5 (eBook)

1982

Alle Rechte vorbehalten

© Springer Fachmedien Wiesbaden 1981

Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1981

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Bänder, Platten und andere Medien. Dieser Vermerk umfaßt nicht die in den §§ 53 und 54 URG ausdrücklich erwähnten Ausnahmen.

# Vorwort

Seit der Erfindung des Transistors hat der Mikroprozessor die wesentlichste Umstellung in der Elektrotechnik und auf den ihr benachbarten Gebieten gebracht. Der Mikroprozessor ist das Ergebnis einer stetigen Entwicklung zu immer höherer Integrationsdichte. Wenige, aber sehr komplexe Bausteine bilden ein Mikroprozessorsystem, mit dessen Hilfe heute Aufgaben gelöst werden, für die früher eine Vielzahl verschiedener Bausteine nötig war. Mit der Verringerung des schaltungstechnischen Aufwandes ging eine Zunahme der Programmieraufgaben einher. Mit den entsprechenden Fachwörtern ausgedrückt: Die Problemlösung verlagerte sich von der Hardware zur Software. Diese noch andauernde Entwicklung hat zwei Folgen: Alle diejenigen, die sich bisher mit Hardware beschäftigten, müssen sich in die neue Technik einarbeiten. Für viele bedeutet es eine beträchtliche Umstellung, sich plötzlich mit Befehlen, Adressen, Programmen und ähnlichen Begriffen beschäftigen zu müssen. Das sehr weite Einsatzgebiet dieses neuen Bausteins bringt es ferner mit sich, daß Personen mit dieser neuen Technik konfrontiert werden, die vorher nicht oder nur in sehr geringem Umfang mit der Elektronik in Berührung gekommen sind. An beide Zielgruppen wendet sich dieses Buch.

Um den Mikroprozessor sinnvoll einsetzen zu können, genügt es nicht, ihn als „black box“ zu betrachten. Struktur und Wirkungsweise von Mikroprozessoren werden daher in *Kapitel 1* an einem Modell erklärt.

*Kapitel 2* gibt eine Einführung in die Programmierung. Wichtige Begriffe und Arbeitsweisen auf dem Gebiet der Software werden beschrieben.

Für den Anwender wohl am wichtigsten ist die Fähigkeit, den Mikroprozessor an die Umwelt zu adaptieren. Entsprechend der Vielfalt möglicher Aufgaben muß der Mikroprozessor mit sehr unterschiedlichen Geräten zusammenarbeiten. Die dabei auftretenden Probleme gehören zum Gebiet „Interface-Technik“. Die Beschäftigung mit diesem Gebiet verlangt die gründliche Kenntnis eines konkreten Mikroprozessorbausteins. *Kapitel 3* will dem Leser dazu verhelfen. Besprochen wird der weit verbreitete Industriestandard 6800 von Motorola. Nach Durcharbeiten dieses Kapitels ist der Leser in der Lage, Datenblätter zu verstehen und sich anhand von Spezialliteratur weiter in die Materie einzuarbeiten.

*Kapitel 4* beschäftigt sich mit der Interface-Technik. Obwohl es das größte Kapitel ist, können die meisten Ausführungen nur Einblicke in diesen sehr komplexen Themenkreis geben. Die Darstellung von Prinzipien wird, wo immer möglich, durch einfache, aber konkrete Schaltungsbeispiele ergänzt.

Der Mikroprozessor kann nur aktiv werden, wenn er mit einem Speicher zusammenarbeitet. *Kapitel 5* vermittelt Kenntnisse über Organisation und Technologien von Halbleiterspeichern. Es wird ein Überblick über die derzeit verbreitetsten Speichertypen gegeben.

Zum Schluß beschreibt *Kapitel 6* noch einige Programmierverfahren, die in der Mikroprozessortechnik besondere Bedeutung haben. Es werden Beispiele und Tips gegeben, um den Mikroprozessor 6800 in Maschinensprache zu programmieren.

Der umfangreiche Anhang bezweckt zweierlei: Er soll zum einen dem Leser Gelegenheit geben, Grundlagen wieder aufzuarbeiten, und zum anderen soll er zum Nachschlagen dienen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Modell eines Microcomputers</b>	<b>1</b>
1.1	Einige Grundbegriffe über Computer	1
1.2	Blockschaltbild des Modellmikrocomputers	3
1.2.1	Mikroprozessor	4
1.2.2	Speicher	5
1.3	Einlesen und Verarbeiten eines Programmes	7
1.3.1	Aufbau eines Befehls	7
1.3.2	Bearbeitung eines Befehls	9
1.3.3	Ablauf eines Programmes	9
1.4	Adressierungsarten des Modellmikrocomputers	15
1.4.1	Inherent-Adressierung	15
1.4.2	Immediate-Adressierung	16
1.4.3	Direct-Adressierung	16
1.4.4	Beispielprogramm mit Direct-Adressierung	18
<b>2</b>	<b>Einführung in das Programmieren von Mikroprozessoren</b>	<b>22</b>
2.1	Arbeitsweise beim Programmieren	22
2.1.1	Entwurfsphase	22
2.1.2	Programmierung	23
2.1.3	Übersetzung	24
2.1.4	Test	25
2.1.5	Dokumentation	26
2.2.	Programmierungstechniken	26
2.2.1	Flußdiagramm	26
2.2.2	Verzweigung, Verteiler	27
2.2.3	Schleifen	28
2.2.4	Relative-Adressierung	28
2.2.5	Ausführung eines Verzweigungsbefehls	30
2.2.6	Vorwärtssprung	33
2.2.7	Rückwärtssprung	33
2.2.8	Bedingter Sprung	35
<b>3</b>	<b>Mikroprozessorsystem 6800</b>	<b>39</b>
3.1	Organisation des Mikroprozessorsystems 6800	39
3.2	CPU 6800	41
3.2.1	Programmiermodell der CPU 6800	41
3.2.2	Aufbau der CPU 6800	43

3.3	Adressierungsarten der CPU 6800	44
3.3.1	Extended-Adressierung	44
3.3.2	Indexed-Adressierung	45
3.4	Befehlsvorrat der CPU 6800	47
3.4.1	Arithmetische und logische Befehle	48
3.4.2	Verschiebe- und Transferbefehle	52
3.4.3	Statusregister- und Testbefehle	55
3.4.4	Indexregister- und Stack Pointer-Befehle	56
3.4.5	Verzweigungs- und Sprungbefehle	56
3.5	Der Stack	57
<b>4</b>	<b>Mikroprozessor in Verbindung mit seiner Peripherie</b>	<b>61</b>
4.1	Bus-Struktur	61
4.2	Schaltkreise zum Betrieb von Bus-Systemen	63
4.3	Adressendecodierung	67
4.3.1	Partielle Adressendecodierung	67
4.3.2	Volle Adressendecodierung	68
4.4	Steuerleitungen der CPU 6800	69
4.5	Timing beim Mikroprozessorsystem 6800	71
4.6	Ein-/Ausgabe-Prinzip	73
4.7	Anschluß von Anzeigen an den Mikroprozessor	75
4.7.1	LED-Anzeigen	75
4.7.2	Anschluß von Leuchtdioden	76
4.7.3	Anschluß von 7-Segment-Anzeigen mit Decoder	77
4.7.4	Anschluß von 7-Segment-Anzeigen mit adressierbarem Zwischenspeicher	77
4.8	Anschluß von Schaltern an den Mikroprozessor	81
4.8.1	Anschluß von Einzelschaltern	81
4.8.2	Anschluß von Tastaturen	83
4.9	Peripherie-Interface-Adapter (PIA)	84
4.9.1	Anschlüsse des PIA 6820	85
4.9.2	Interner Aufbau des PIA 6820	86
4.9.3	Steuerregister des PIA 6820	87
4.9.4	Adressierung des PIA 6820	88
4.9.5	Initialisierung des PIA 6820	89
4.9.6	Beispiel einer Ein-/Ausgabe-Schaltung mit einem PIA	90
4.9.7	Multiplexbetrieb von 7-Segment-Anzeigen mit einem PIA	92
4.9.8	Tastaturanschluß mit einem PIA	93
4.10	Beispiel eines asynchronen, seriellen Interface	95
4.10.1	Formatierung	95
4.10.2	Serielle Anpassung mit Software	96
4.10.3	Asynchronous Communications Interface Adapter (ACIA)	97

4.10.4	Anschluß eines Fernschreibers an einen Mikroprozessor mit Hilfe eines ACIA	100
4.11	Serielle Schnittstellenstandards	100
4.12	Elektrische Anpassung	102
4.13	Zeitliche Anpassung	104
4.14	Digital-/Analog-Wandler im Einsatz mit Mikroprozessoren	106
4.14.1	Prinzip eines Digital-/Analog-Wandlers	106
4.14.2	Anschluß eines Digital-/Analog-Wandlers an den Mikroprozessor	107
4.15	Analog-/Digital-Wandler im Einsatz mit Mikroprozessoren	108
4.15.1	Prinzip eines Analog-/Digital-Wandlers	108
4.15.2	Anschluß eines Analog-/Digital-Wandlers an den Mikroprozessor	109
4.15.3	Mikroprozessor als Teil des Analog-/Digital-Wandlers	110
<b>5</b>	<b>Halbleiterspeicher</b>	<b>112</b>
5.1	Ordnungsprinzip und Kenngrößen von Speichern	112
5.2	Einteilung der Halbleiterspeicher	113
5.2.1	Einteilung nach der Zugriffsart	114
5.2.2	Einteilung nach dem Verwendungszweck	114
5.2.3	Einteilung nach der Art der Speicherzelle	116
5.2.4	Einteilung nach der Technologie	116
5.3	Speicherorganisation	116
5.4	Speicherzellentypen	119
5.4.1	Überblick über die Technologien	119
5.4.2	Statische Bipolarzelle	120
5.4.3	Bipolarzelle mit Schottky-Dioden	121
5.4.4	ECL-Speicherzelle	121
5.4.5	I <sup>2</sup> L-Speicherzelle (Integrated Injection Logic)	122
5.4.6	Statische MOS-Speicherzelle	122
5.4.7	Dynamische MOS-Speicherzelle	123
5.4.8	CMOS-Speicherzelle	123
5.5	RAM-Speicher	124
5.5.1	Organisation der RAM	125
5.5.2	Aufbau von Speichersystemen	126
5.6	Einige Beispiele industrieller Standard-RAM-Speicher	128
5.6.1	RAM-Speicher 6810	128
5.6.2	RAM-Speicher 2112	129
5.6.3	RAM-Speicher 2102	131
5.6.4	RAM-Speicher 2114	131
5.7	Festwertspeicher	131
5.7.1	Maskenprogrammierbarer Festwertspeicher (ROM)	133
5.7.2	Anwenderprogrammierbarer Festwertspeicher (PROM)	134
5.7.3	Mehrfach programmierbarer Festwertspeicher (REPROM)	135

<b>6 Einführung in das Programmieren des Mikroprozessorsystems 6800</b>	<b>136</b>
6.1 Unterprogramme	136
6.2 Programmsteuerung des Datenaustauschs	137
6.3 Interrupt	139
6.3.1 Prinzip	139
6.3.2 Mehrfache Interrupt-Verarbeitung	140
6.3.3 Interrupt-Möglichkeiten beim 6800	141
6.4 Direkter Speicherzugriff	144
6.5 Programmierbeispiele und Programmiertips	146
6.5.1 Addition von Dualzahlen	146
6.5.2 Löschen, Suchen, Sortieren und Verschieben von Speicherinhalten	149
6.5.3 Operationen mit Zahlen in Mehrfachgenauigkeitsdarstellung	152
6.5.4 Multiplikation von zwei 8-bit-Dualzahlen	158
6.5.5 Umwandlung einer mehrstelligen Zahl im BCD-Code in eine Dualzahl	161
6.5.6 Beispiel einer Ausgabeschaltung mit Interruptsteuerung	163
<b>7 Anhang</b>	<b>166</b>
7.1 Allgemeine Zahlendarstellung – Stellenwertsystem	166
7.2 Dualsystem	166
7.3 Hexadezimalsystem	172
7.4 Tetraden-Codes (4-bit-Codes, BCD)	173
7.5 Alphanumerische Codes	175
7.6 Paritätsprüfung	175
7.7 Festkommadarstellung	178
7.8 Gleitkommadarstellung	178
7.9 Befehlstabelle des Mikroprozessorsystems 6800	180
Literaturverzeichnis	183
Verzeichnis der Anwender- und Programmierhandbücher	184
Sachwortverzeichnis	185