

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	1
1.1 Definitionen	1
1.2 Der Mikroprozessor als Teil des Mikrocomputers	2
<b>2 Ein Modell-Mikroprozessor</b>	5
2.1 Aufbau und Organisation	5
2.1.1 Die ALU und ihre Steuerung	6
2.1.2 Register	6
2.1.2.1 Akkumulator und weitere Universalregister	9
2.1.2.2 Befehlszählerregister	9
2.1.2.3 Zustandsregister	9
2.1.2.4 Register für den Stapselspeicherzeiger	10
2.1.2.5 Indexregister	10
2.2 Kontrollsignale	11
2.3 Vergleich Modellmikroprozessor mit realen Mikroprozessoren	12
2.3.1 Z80	14
2.3.2 8085	15
2.3.3 2650	15
2.3.4 8080	15
2.3.5 6802	16
2.3.6 6502	17
2.3.7 1802	17
2.3.8 SCMP	18
<b>3 Die Sprachen der Computer</b>	19
3.1 Symbolsprachen	20
3.2 Assemblersprachen	20
3.3 Maschinensprachen	22
3.3.1 Oktalkode	23
3.3.2 Hexadezimalkode	25
<b>4 Das Arbeiten mit dem Mikroprozessor alleine</b>	29
4.1 Übungssysteme	29
4.2 Das Primitivsystem	29
4.2.1 Der Mikroprozessor	31
4.2.2 Taktgenerator	31
4.2.3 Befehlsschrittsteuerung	32
4.2.4 Datenein- und -ausgabe	33

4.3	Einschreiben und Auslesen von Daten . . . . .	33
4.4	Addition . . . . .	36
4.4.1	Einfache Addition ohne Übertrag . . . . .	36
4.4.2	Addition mit Übertrag . . . . .	38
4.4.3	Addition binärkodierter Dezimalzahlen (BCD) . . . . .	39
4.5	Subtraktion . . . . .	41
4.5.1	Logische und arithmetische Zahlen . . . . .	41
4.5.2	Subtraktion durch Addition . . . . .	42
4.5.3	Subtraktionsprogramm . . . . .	44
4.6	Logische Verknüpfungen . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Der Umgang mit dem Speicher . . . . .</b>	<b>49</b>
5.1	Übersicht . . . . .	49
5.2	Arbeitsweise kleiner ein- und auslesbarer Speicherbausteine . . . . .	50
5.3	Arbeitsweise kleiner festprogrammierter Speicherbausteine . . . . .	52
5.4	Die Organisation des Speicherbereichs . . . . .	54
5.5	Der Aufbau eines kleinen Speichers . . . . .	56
5.5.1	$128 \times 8 \text{ bit} = 128 \text{ byte}$ . . . . .	56
5.5.2	$2 \times 128 \text{ byte} = 256 \text{ byte}$ . . . . .	58
5.5.3	$2 \times (256 \times 4) \text{ bit} = 256 \text{ byte}$ . . . . .	59
5.5.4	$4 \times 256 \text{ byte} = 1 \text{ Kbyte}$ . . . . .	60
5.6	Das Einschreiben und Auslesen von Programmen . . . . .	61
<b>6</b>	<b>Mikroprozessor + Speicher = einfaches Grundsystem . . . . .</b>	<b>63</b>
6.1	Belastungen der Anschlüsse . . . . .	63
6.2	Das Grundsystem mit einfacher Ein- und Ausgabe . . . . .	65
6.2.1	Mikroprozessor-Einheit . . . . .	65
6.2.2	Ein- und Ausgabeeinheit . . . . .	66
6.2.3	Steuereinheit . . . . .	68
6.2.4	Speichereinheit . . . . .	69
6.2.5	Das Arbeiten mit dem einfachen Grundsystem . . . . .	69
<b>7</b>	<b>Ein Programm für das einfache Grundsystem (Tonprogramm) . . . . .</b>	<b>71</b>
7.1	Flußdiagramm . . . . .	71
7.2	Die speziellen Befehle . . . . .	73
7.2.1	Dekrementierung . . . . .	73
7.2.2	Sprünge . . . . .	74
7.2.2.1	Absolute (und direkte) Adressierung . . . . .	74
7.2.2.2	Relative Adressierung . . . . .	75
7.2.2.3	Unbedingter und bedingter Sprung . . . . .	76
7.3	Das Tonprogramm für verschiedene Mikroprozessoren . . . . .	78
7.3.1	Absolute Adressierung . . . . .	78
7.3.2	Relative Adressierung . . . . .	80

7.4	Das Interface und die Peripherie	82
7.5	Echtzeitprogramm	83
7.5.1	Die Taktzeit	83
7.5.2	Die Befehlsausführungszeit	83
7.5.3	Das Tonprogramm ist ein Echtzeitprogramm	86
<b>8</b>	<b>Einfaches Grundsystem + Tastatur + Ziffernanzeige</b>	
	<b>= Komplettsystem</b>	88
8.1	Systemübersicht	88
8.2	Dateneingabe mit Tastatur	89
8.3	Datenausgabe mit Siebensegmentanzeige	92
8.4	Gesamtschaltung	94
<b>9</b>	<b>Betriebssystem = Monitor</b>	96
9.1	Die Funktionen eines Betriebssystems	96
9.2	Die Organisation eines Betriebssystems	97
9.3	Liste der verfügbaren Monitorfunktionen	100
<b>10</b>	<b>Unterprogrammtechnik und Tabellenabruf (Melodieprogramm)</b>	101
10.1	Programmbeschreibung	101
10.2	Flußdiagramme	104
10.2.1	Flußdiagramm für das Unterprogramm TON	104
10.2.2	Flußdiagramm für Hauptprogramm MELODIE	106
10.3	Die speziellen Befehle	108
10.3.1	Unterprogrammaufrufe	108
10.3.2	Adressierung des Speichers	113
10.3.3	Indizierte Adressierung des Speichers	115
10.4	Programmlisten für die einzelnen Mikroprozessor-Modelle	117
10.4.1	Melodieprogramm für 2650	118
10.4.2	Melodieprogramm für Z80, 8080, 8085	120
10.4.3	Melodieprogramm für 6502	123
10.4.4	Melodieprogramm für 6802	126
10.4.5	Melodieprogramm für SCMP	128
10.4.6	Melodieprogramm für 1802	132
<b>11</b>	<b>Interaktives Echtzeit-Programm (Uhr)</b>	135
11.1	Programmbeschreibung	135
11.1.1	Zweck des Programms	135
11.1.2	Interaktion mit dem Benutzer	135
11.1.3	Synchronisation mit der Echtzeit (real time)	137
11.1.4	Übersichtsblockbild	139
11.1.5	Eingabe, Speicherung und Ausgabe der Daten	141

11.2 Flußdiagramm . . . . .	143
11.2.1 Lesen . . . . .	143
11.2.2 Stellen . . . . .	145
11.2.3 Leuchtanzeige . . . . .	146
11.2.4 Synchronisation . . . . .	147
11.2.5 Sekunde und Blinker . . . . .	148
11.2.6 Zeit weiterzählen . . . . .	149
11.2.7 Unterprogramm UPP . . . . .	149
11.2.8 Mitternacht . . . . .	150
11.2.9 Weckzeit . . . . .	150
11.2.10 Wecker . . . . .	151
11.3 Programmlisten für die einzelnen Mikroprozessor-Modelle . . . . .	152
11.3.1 Allgemeine Tabellenwerte . . . . .	152
11.3.2 Uhrprogramm für Z80, 8080, 8085 . . . . .	153
11.3.3 Uhrprogramm für 2650 . . . . .	158
11.3.4 Uhrprogramm für 6802 . . . . .	163
11.3.5 Uhrprogramm für SCMP . . . . .	168
11.3.6 Uhrprogramm für 1802 . . . . .	174
11.3.7 Uhrprogramm für 6502 . . . . .	179
11.3.8 Bemerkung über das Programmtesten . . . . .	184
11.4 Modifikationen des Uhrprogramms . . . . .	187
11.4.1 Uhr mit Dezimalminuten . . . . .	187
11.4.2 Uhr mit Dezimalstunden . . . . .	187
11.4.3 Dezimalzähler . . . . .	188
11.4.4 Dualzähler . . . . .	188
11.4.5 Lichtschranke mit Zähler . . . . .	189
11.4.6 Schaltuhr . . . . .	189
12 Interrupt . . . . .	191
12.1 Einleitung . . . . .	191
12.2 Der Interrupt beim 8080 und Z80 . . . . .	191
12.2.1 Der nicht maskierbare Interrupt . . . . .	191
12.2.2 Der maskierbare Interrupt . . . . .	192
12.2.2.1 Interruptmodus 0 . . . . .	192
12.2.2.2 Interruptmodus 1 . . . . .	193
12.2.2.3 Interruptmodus 2 . . . . .	193
12.2.2.4 Programmbeispiel für Interruptmodus 2 . . . . .	194
12.3 Der Interrupt beim 6800 und 6502 . . . . .	196
12.3.1 Der nicht maskierbare Interrupt . . . . .	196
12.3.2 Der maskierbare Interrupt . . . . .	197
12.3.3 Programmbeispiel für den 6800 . . . . .	198
12.3.4 Programmbeispiel für den 6502 . . . . .	199

---

<b>13 16-Bit-Mikroprozessoren</b> .....	201
13.1 Die verschiedenen Typen .....	201
13.2 Die erhöhte Leistungsfähigkeit .....	202
13.3 Der Umgang mit 16-Bit-Prozessoren .....	203
<b>Anhang</b> .....	205
Kleines Mikrocomputer-Lexikon .....	205
Tabelle zur Umwandlung hexadezimal/oktal und umgekehrt .....	211
Sockelschaltungen der einzelnen Mikroprozessoren .....	212
CALM-Übersetzungstabellen der einzelnen Mikroprozessoren .....	215
Lösungen der Übungen .....	232
Kreuzworträtsel .....	242
Literatur .....	243
Lösung des Kreuzworträtsels .....	244
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	245