

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einführung	15
1.1 Prinzip der Datenverarbeitung	15
1.1.1 Binäre Daten	16
1.1.2 Verarbeitung binärer Daten	19
1.2 Blockschaltbild eines Mikrocomputers	21
1.2.1 Zentraleinheit	21
1.2.2 Zentralspeicher	22
1.2.3 Ein-/Ausgabebausteine	23
1.2.4 Busleitungen	23
1.2.5 Mikrocontroller	23
1.3 Prinzipielle Arbeitsweise eines Computers	24
1.3.1 Historische Entwicklung	24
1.3.2 Prinzipieller Ablauf eines Programms	25
2 Baugruppen eines Mikrocomputers	29
2.1 Systembus	29
2.1.1 Bausteine an Busleitungen	30
2.1.2 Adressierung von Daten in Speicher- und E/A-Bausteinen	32
2.1.3 Bausteinauswahl, Decodierung	35
Unvollständige Decodierung	38
Auswahl mit Jumpern	38
Auswahl mit speziellen Decoderbausteinen	38
Busleitungen im Multiplexbetrieb	38
2.1.4 Bustreiber und Empfänger	42
2.2 Zentraleinheit (CPU, Central Processing Unit)	44
2.2.1 Übersicht	44
2.2.2 Rechenwerk	45
2.2.3 Befehls- oder Steuerwerk	46
2.2.4 Adreß- und Hilfsregister	46
Adreßregister	47
2.3 Zentralspeicher	50
2.3.1 Aufbau von Halbleiterspeichern	50
2.3.2 Erweiterung der Wortbreite von gegebenen Speicherschaltungen	51
2.3.3 Vergrößerung der Speicherzellenzahl	52
2.3.4 Arten von Halbleiterspeichern	53
Schreib-/Lesespeicher (RAM)	53
Festwertspeicher	59
2.3.5 Lernziel-Test	64
3 Programmierung von Mikrocomputern	67
3.1 Maschinenbefehle	67
3.1.1 Begriffe	67
3.1.2 Prinzip der Steuerung durch binäre Befehle	68

3.1.3	Struktur eines Maschinenbefehls	68
3.1.4	Erkennung von OP-Codes	71
3.1.5	Darstellung von Befehlen und Zahlen	71
3.1.6	Lernziel-Test	73
4	Hardware des 8051-Mikrocontrollers	75
4.1	Blockschaltbild 80C537	75
4.2	Anschlußtechnik bei 80C537-Systemen	77
4.2.1	Anschlußtechnik des 80C537	77
4.2.2	Anschluß der externen Speicher	79
4.2.3	Externe Programm- und Datenspeicher	80
	Harvard-Architektur	80
	Von-Neumann-Architektur	81
4.2.4	Lernziel-Test	82
5	Maschinenprogrammierung des 80C537	85
5.1	Speichermodell	85
5.2	Transportbefehle	88
5.2.1	Allgemeine Schreibweise	88
5.2.2	Adressierungsarten	89
	Immediate-Adressierung	90
	Direkte Adressierung	91
	Registeradressierung	92
	Registerindirekte Adressierung	92
	Stackbefehle PUSH und POP	93
5.2.3	Adressierung externer Speicher	94
5.2.4	Zuordnung der Adressierungsart zum Speicherbereich	96
	Index-Basis-Adressierung	97
5.2.5	Symbolische Adressen	98
5.2.6	Parallele Ein-/Ausgabe-Ports	99
5.2.7	Lernziel-Test	100
5.3	Bearbeitung von Daten	101
5.3.1	Überblick	101
5.3.2	Rechnen mit dualen Zahlen	101
	Zahlengerade, Zahlenkreis	101
	Addieren und Subtrahieren im Rechenwerk	102
	Komplementdarstellung von Zahlen	103
	Rechnen mit positiven und negativen Dualzahlen	106
5.3.3	Flags	107
5.3.4	Arithmetische Befehle	107
	Zählbefehle (INC, DEC)	108
	Addier- und Subtrahierbefehle (ADD, ADDC, SUBB)	109
5.3.5	Binäre Befehle (ANL, ORL, XRL)	112
5.3.6	Schiebebefehle (RL, RLC, RR, RRC)	114
5.3.7	Einzelbitbefehle (SETB, CLR, CPL)	116
5.3.8	Lernziel-Test	117
5.4	Programmsteuerbefehle	117
5.4.1	Übersicht	117
5.4.2	Unbedingte Sprungbefehle	119
5.4.3	Bedingte Sprungbefehle	120
5.5	Struktur von Programmen	123
5.5.1	Symbolische Adressierung (Symbol, Marke, Label)	123
5.5.2	Strukturierte Programmierung	125
	Folge (lineare Struktur, Sequenz)	128
	Schleife (Wiederholung, loop)	128

	Alternativen (Entscheidungen)	130
5.5.3	Programmbeispiele	132
	Erstellen einer Tabelle im externen Datenspeicher	132
	Verlagern einer Tabelle	135
	Binäre Verknüpfung	136
	Vergleicher	138
	Zeitschleife	141
5.5.4	Lernziel-Test	142
5.6	Unterprogramme (Subroutines)	143
5.7	Interrupt	151
5.7.1	Polling/Interrupt	151
5.7.2	Ablauf eines Interrupts	151
5.7.3	Ansteuern der Interrupt-Service-Routine (ISR)	152
	Leitergebundener Interrupt	152
	Vektorisierter Interrupt	152
5.7.4	Priorität	154
5.7.5	Interrupt beim 80C537	154
	Darstellung der Steuerregister	156
	Anforderung von Interrupt (Interrupt-Request)	156
	Interrupt-Freigabe (Interrupt-Enable)	157
	Priorität	158
	Interrupt-Adressen (Interrupt-Vektor-Tabelle)	159
	Rücksprung aus Interrupts	159
	Reaktionszeiten bei externen Interrupts	160
	Maschinenprogramm mit Interrupt	160
5.7.6	Lernziel-Test	162
6	E/A-Baugruppen Teil 1	163
6.1	Parallelports	163
6.1.1	Blockschaltbild eines Portanschlusses	163
6.1.2	Treiberschaltung am Portanschluß	164
6.1.3	Anschluß von Peripheriebausteinen	165
6.1.4	Read-Modify-Write-Befehle	165
6.1.5	Zeitlicher Ablauf einer Port-Ansteuerung	166
6.2	Analog-Digital-Umsetzung (ADU)	166
6.2.1	Betriebsarteneinstellung	166
6.2.2	Kanaleinstellung	168
6.2.3	Referenzspannungen	169
6.2.4	Zeitlicher Ablauf einer A/D-Umsetzung	171
6.2.5	Beispielprogramme	172
6.2.6	Lernziel-Test	175
7	Programmierung in C	177
7.1	Warum eine höhere Programmiersprache verwenden?	177
7.2	Grundlagen von C	178
7.2.1	Kommentare	178
7.2.2	Namen	178
7.2.3	Schlüsselwort (reserviertes Wort, Keyword)	178
7.2.4	Konstante	179
7.2.5	Zeichenketten (String Literal, String)	180
7.2.6	Variable (Objekt)	181
7.2.7	Operatoren	182
7.2.8	Felder	184
7.3	Bestandteile eines C-Quelltextes	185
7.3.1	Deklarationen (Vereinbarungen)	185

7.3.2	Ausdrücke, Zuweisungen und Funktionsaufrufe, Blockanweisung	187
7.4	Strukturierte Programmierung in C	189
7.4.1	Schleifen (loop)	189
	While-Schleife	189
	For-Schleife	192
	Do-While-Schleife	193
7.4.2	Entscheidungen, Alternativen	194
	If-Else-Entscheidung, einfache Alternative	194
	Schachtelung von If-Anweisungen	196
	If-Else-if-Else-Entscheidung, mehrfache Alternative	197
	Switch-Alternative	200
7.4.3	Sprunganweisungen	202
	Break-Anweisung	203
	Continue-Anweisung	203
	Return-Anweisung	204
	Goto-Anweisung	204
7.5	Funktionen	204
7.5.1	Funktionsdeklaration, Funktionsdefinition, Funktionsaufruf	204
	Funktionsdeklaration, Funktionsprototyp	205
	Funktionsdefinition	205
	Funktionsaufruf	206
7.5.2	Standardfunktionen	207
	Funktionen für Ausgabe	207
	Funktionen für Eingabe	211
	Funktionen zur Stringbearbeitung	214
	Sonstige Funktionen	216
7.6	Zeiger (Pointer)	216
7.6.1	Deklaration und Manipulation von Zeigern	216
7.6.2	Zeiger und Felder	219
7.6.3	Zeiger und Übergabe von Funktionsargumenten	221
7.6.4	Felder von Zeigern	224
7.7	Strukturen	224
7.7.1	Übergabe von Strukturen an Funktionen	226
7.7.2	Felder von Strukturen	227
7.8	Interrupt in C	230
7.9	Lernziel-Test	231
8	E/A-Baugruppen Teil 2	233
8.1	Serielle Schnittstelle	233
8.1.1	Synchrone Übertragung	233
8.1.2	Asynchrone Übertragung	234
8.1.3	Serielle Standardschnittstelle RS 232 C – V.24/V.28	236
	Einrichtungen zur seriellen Datenübertragung	236
	Schnittstellenleitungen und ihre Bedeutung	236
	Betriebliche Anforderungen	238
	Elektrische Eigenschaften	239
	Anschlußtechnik	239
	Stromschleife	241
8.1.4	Serielle Schnittstelle 0 (S0)	241
8.1.5	Serielle Schnittstelle 1 (S1)	242
8.1.6	Betriebsarten der seriellen Schnittstellen	242
	Mode 0: Synchroner Betrieb (Schieberegister), nur S0	242
	Mode 1 (S0), Mode B (S1): 8 Bit UART	245
	Mode 2: 9 Bit UART, nur S0	245
	Mode 3 (S0), Mode A (S1): 9 Bit UART	246

	Multiprozessor-Übertragung	247
8.1.7	Beispiele	247
	Synchrone Übertragung mit S0	247
	Asynchrone Übertragung 9 Bit (8 Datenbit und 1 Paritybit) über S0 ..	248
	Senden asynchron über S1	249
	Empfangen von Zeichen über S1	250
8.1.8	Baudratenerzeugung	251
8.1.9	Lernziel-Test	253
8.2	Timer, Counter (Zeitgeber, Zähler)	253
8.3	Timer 0 und Timer 1	256
8.4	Compare/Capture Unit (CCU)	263
8.4.1	Reload-Funktion	266
	Sekundentakt mit dem Compare-Timer erzeugen	266
	Beispiel mit Timer 2	268
8.4.2	Compare-Funktion	268
	Compare-Funktion Mode 0	269
	Compare-Funktion Mode 0 mit dem Compare-Timer	269
	Compare-Funktion Mode 0 mit dem Timer 2	274
	Compare-Funktion Mode 1 mit dem Timer 2	276
	Zusammenfassung der Compare-Funktion	283
8.4.3	Capture-Funktion	283
9	Sicherheitsmaßnahmen und Energieeinsparung	285
9.1	Watchdog (Fail Save)	285
9.1.1	Programmierbarer Watchdog-Timer	286
9.1.2	Oszillator-Watchdog	287
9.2	Energiesparende Betriebsarten (Power-Saving)	288
9.2.1	Slow-down Mode	289
9.2.2	Idle Mode	289
9.2.3	Power-down Mode	290
9.3	Lernziel-Test	291
10	Multiplizier-Dividier-Einheit	293
10.1	Programmierung der MDU	293
10.2	Steuerregister ARCON (Arithmetic Unit Control)	295
10.3	Schieben und Normalisieren	295
11	Programmbeispiele	297
11.1	Ansteuerung einer Flüssigkristallanzeige (LCD)	298
11.2	Balkenanzeige	303
11.3	Centronics-Schnittstelle	305
11.4	Zweipunktregler	308
11.5	Abfrage eines Tastenfeldes	311
11.5.1	Abfrage größerer Tastenfelder	314
11.5.2	Interruptgesteuerte Tastaturabfrage	315
11.6	Erzeugung sinusförmiger Signale mit PWM	315
11.7	I ² C-Bus	323
11.7.1	Anschlußtechnik	323
11.7.2	Busprotokoll	323
11.7.3	Bestandteile des Busprotokollprogramms	325
11.7.4	Ablauf einer Kommunikation	326
12	Weitere Prozessor-Architekturen	329
12.1	Signalprozessoren	329

12.1.1	Grundlagen der digitalen Signalverarbeitung	330
	Aufbereitung des Signals	330
	Verarbeitung des Signals	331
12.1.2	Aufbau und Programmierung von Signalprozessoren	332
	Signalprozessor ADSP 2181 von Analog Devices	333
	Signalprozessor TMS 32010 von Texas Instruments	340
12.1.3	Ausblick	342
12.2	RISC-Architektur	342
12.2.1	Probleme der CISC-Architektur	342
12.2.2	Prinzip der RISC-Architektur	344
12.2.3	Leistungssteigerung bei RISC-Architektur	345
	Verkleinerung der Anzahl der Befehle	345
	Überlappende Befehlsabläufe (Pipelining)	346
	Registerorganisationen	348
	Speicherorganisation	348
12.2.4	Zusammenfassung	350
12.2.5	RISC-Controller PIC16C5x von Microchip Technology	351
	Aufbau und Anschlüsse	351
	Befehlsablauf, Pipelining	352
	Blockschaltbild	354
	Befehlsliste	356
13	Entwicklungshilfsmittel	361
13.1	Schritte bei der Programmentwicklung	361
13.2	Editor	362
13.3	Assembler (Assemblierer)	362
13.3.1	Befehle, Symbole, Kommentare	363
13.3.2	Assemblerdirektiven	363
	Absolute Segmente	363
	Verschiebbare Segmente (relocatable segments)	364
	Weitere wichtige Assemblerdirektiven	366
	Vom Assemblierer bzw. Linker erzeugte Dateien	368
13.4	Compiler, Kompilierer	368
13.5	Linker	369
13.6	Simulator (Debugger)	369
13.7	Programmtest im Zielsystem	370
13.7.1	Download über die serielle Schnittstelle	370
13.7.2	EPROM-Emulator	370
13.7.3	CPU-Emulator	371
13.8	Entwicklungsumgebung (EU, engl. IDE: Integrated Development Environment)	371
13.8.1	Installieren der EU Ride	371
13.8.2	Erzeugen eines Quellprogrammes	372
13.8.3	Erzeugen eines Projektes	373
13.8.4	Assemblieren und Linken	374
13.8.5	Testen (Debuggen) des Programmes	374
13.9	Optionseinstellungen	375
14	Anhang	377
14.1	Schaltungsbeispiele	377
14.1.1	Schaltungsbeispiel mit Harvard-Architektur	377
14.1.2	Schaltungsbeispiel mit Von-Neumann-Architektur	380
14.1.3	Schaltungsbeispiel mit Flash-System	384
14.2	Ablaufsteuerung	386
14.2.1	System-Reset	386
14.2.2	Oszillatorschaltung	387

14.2.3	Taktausgang	388
14.2.4	Zeitlicher Ablauf von Befehlen	388
14.2.5	Zugriff auf den externen Speicher	390
14.3	Befehlslisten	394
14.4	Selten verwendete Befehle	399
14.5	Zusammenfassung der Special Function Register	401
14.6	Anschlußbelegung	404
14.7	Intel-Hex-Format	406
14.8	Zeichensatz PC 850	407
15	Lösungen von Aufgaben der Lernziel-Tests	409
	Literaturverzeichnis	419
	Stichwortverzeichnis	421