

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Einleitung</b> .....	13
<b>I</b>	<b>Mikrocontroller-8051-Familie und AT89C51</b> .....	27
<b>I.1</b>	<b>Einführung</b> .....	27
I.1.1	Unterschiede in der Familie 8051 .....	29
I.1.2	Vom Einchip-Mikrocontroller 8048 zur 8051-Familie ....	31
I.1.3	Bussysteme .....	35
I.1.4	Programmierung in Assemblersprache .....	36
I.1.5	Speicheradressierung. ....	39
I.1.6	Unterprogramme und die Verwendung des Stacks für die Adressierung .....	42
I.1.7	Register des Mikrocontrollers 8051 .....	43
<b>I.2</b>	<b>Oszillator- und Taktgeberschaltung</b> .....	48
<b>I.3</b>	<b>Aufbau und Betrieb der Ports</b> .....	52
I.3.1	Eingangspuffer und Ausgangstreiber .....	52
I.3.2	E/A-Struktur .....	55
I.3.3	Schreiben in einen Port .....	56
I.3.4	Read-Modify-Write-Merkmale .....	57
I.3.5	Programmierung einer Eingabeoperation .....	58
I.3.6	Zugriff auf externe Speicher .....	69
I.3.7	Signal PSEN .....	73
I.3.8	Signal ALE .....	73
<b>I.4</b>	<b>Zeitgeber und Zähler im 8051</b> .....	75
<b>I.5</b>	<b>Serielle Schnittstelle</b> .....	81
I.5.1	Betriebsarten des seriellen Ports .....	82
I.5.2	Senden und Empfangen von Informationen .....	84
I.5.3	Datenverkehr in Multiprozessorsystemen .....	87
I.5.4	Baudraten (Übertragungsraten) .....	89
<b>I.6</b>	<b>Interrupt-Verarbeitung</b> .....	90
I.6.1	Interrupt-Register .....	92
I.6.2	Prioritäten der Interruptfolge .....	94
I.6.3	Externe Interrupt-Quellen .....	95

1.7	EinzelSchrittbetrieb .....	96
1.8	Rücksetzen des 8051 .....	97
1.9	Betriebsarten mit reduzierter Leistungsaufnahme .....	98
1.10	Speicherorganisation und Adressierungsarten .....	101
1.11	Boole'scher Prozessor .....	106
1.12	CMOS-Mikrocontroller-Familie AT89C51 .....	106
1.12.1	Schneller CPU-Kern im AT89C51 .....	107
1.12.2	Interner Programmspeicher und interner Datenspeicher .....	108
1.12.3	Taktquelle .....	109
1.12.4	Power-Management-Betriebsarten .....	112
1.13	Programmierung des 8751 .....	115
1.13.1	Programmierung des EPROM im 8751 .....	115
1.13.2	Programmsicherung .....	117
1.13.3	Programmierung des AT89C51 .....	118
2	Befehlsvorrat der Mikrocontroller-Familie 8051 .....	121
2.1	Adressierungsarten .....	122
2.1.1	Datentransport .....	122
2.1.2	Arithmetische Operationen .....	123
2.1.3	Logische Operationen .....	125
2.2	Definition der Befehle .....	127
3	Praktische Beispiele in Assembler .....	137
3.1	Programmierung von Mikrocontrollern .....	137
3.1.1	Assemblerprogrammierung .....	138
3.1.2	Editoren .....	140
3.1.3	Cross-Assembler .....	141
3.1.4	Emulatoren und Stand-alone Debug-Stationen .....	143
3.1.5	Einstellungen für den Mikrocontroller 8051 .....	145
3.1.6	Entwicklungshilfen für die Simulation in Multisim .....	146
3.2	Beispiele für Systemerweiterungen .....	150
3.2.1	Ein- und Ausgabe von Informationen .....	150
3.2.2	Ansteuerung einer Glühlampe .....	151
3.2.3	Ansteuerung von zwei Leuchtdioden durch zwei Taster .....	153

3.2.4	Eingabe durch DIL-Schalter und Ausgabe mittels Bar-Anzeige .....	153
3.2.5	UND-Verknüpfung mit zwei DIL-Schaltern .....	154
3.2.6	ODER-Verknüpfung mit zwei DIL-Schaltern .....	156
3.2.7	Exklusiv-ODER-Verknüpfung mit zwei DIL-Schaltern .....	157
3.2.8	Komplementiere Akkumulator .....	158
3.2.9	NAND-Verknüpfung mit zwei DIL-Schaltern .....	159
3.2.10	NOR-Verknüpfung mit zwei DIL-Schaltern .....	160
3.2.11	Inklusiv-ODER-Verknüpfung mit zwei DIL-Schaltern ....	160
3.3	Arithmetische Befehle .....	161
3.3.1	INR-Befehl .....	162
3.3.2	DEC-Befehl .....	163
3.3.3	ADD-Befehl (Tetradenaddition) .....	163
3.3.4	SUBB-Befehl (Tetradensubtraktion) .....	166
3.3.5	Dezimalkorrektur bei der Addition .....	167
3.3.6	Multipliziere Akkumulator mit Register B .....	168
3.3.7	Dividiere Akkumulator durch Register B .....	169
3.4	Registeranweisungen .....	169
3.4.1	Rotieren des Akkumulators nach links .....	170
3.4.2	Rotieren des Akkumulators nach rechts .....	171
3.4.3	Rotieren des Akkumulators durch das Carrybit nach links .....	171
3.4.4	Rotieren des Akkumulators durch das Carrybit nach rechts .....	172
3.4.5	Vertausche Register mit Akkumulator .....	173
3.5	Befehle zur internen Datenübertragung .....	174
3.5.1	Übertragung vom Register nach Akkumulator .....	174
3.5.2	Laden eines Registers aus dem Speicher .....	175
3.5.3	Laden eines Registers aus der Peripherie .....	177
3.5.4	Unmittelbares Laden und Speichern eines Registers ....	178
3.5.5	Abspeichern eines Registers im Speicher und in der Peripherie .....	179
3.6	Logik-Analysator .....	180
3.6.1	Analog-Digital-Wandler am Logik-Analysator .....	182
3.6.2	Digital-Analog-Wandler am Logik-Analysator .....	185
3.6.3	Sägezahngeneratoren mit Mikrocontroller .....	186

3.6.4	Mikrocontroller mit AD-Wandler .....	188
3.6.5	Mikrocontroller mit AD- und DA-Wandler .....	189
3.7	Programmierung der Ein- und Ausgänge .....	191
3.7.1	Programmierung der Eingänge .....	191
3.7.2	Schnittstelle für externen Zähler (0 bis 99) .....	192
3.7.3	Schnittstelle für zwei 8-Bit-AD-Wandler .....	193
3.7.4	Mikrocontroller mit 16-Bit-AD-Wandler .....	195
3.7.5	Einfache Schnittstelle für 8-Bit-Ausgabe .....	196
3.7.6	Zwei 8-Bit-DA-Wandler am 8051 .....	197
3.7.7	16-Bit-DA-Wandler am 8051 .....	198
3.7.8	Externe synchrone Vorwärts-/Rückwärtszähler .....	199
3.7.9	Einfacher Ein-/Ausgangsbetrieb .....	200
3.7.10	UND-Verknüpfungen mit Ein-/Ausgangsbetrieb .....	201
3.7.11	AD- und DA-Wandlersystem .....	203
3.8	Externe Speichereinheiten .....	205
3.8.1	Adressierung eines externen Datenspeichers mit 2 Kbyte .....	205
3.8.2	Adressierung eines externen Datenspeichers mit 4 Kbyte .....	209
3.8.3	Adressierung eines externen 8-Kbyte-Datenspeichers .....	212
3.8.4	Adressierung eines externen 8-Kbyte-Befehlsspeichers .....	213
3.8.5	Adressierung eines externen 8-Kbyte-Daten- und 8-Kbyte-Befehlsspeichers .....	214
3.8.6	Stackpointer .....	215
3.9	BCD-Arithmetik .....	219
3.9.1	BCD-Addition .....	221
3.9.2	BCD-Subtraktion .....	222
3.9.3	Bildung eines Zehnerkomplements .....	224
3.9.4	Multiplikation .....	225
3.9.5	Division .....	226
3.10	Sprungbefehle und Programmschleifen .....	227
3.10.1	Bedingte Sprünge für Bytes und Bits .....	229
3.10.2	»if else«-Abfragen .....	230
3.11	Zeitgeber und Zähler .....	233
3.11.1	8-Bit-Zähler mit externem Taktgenerator und Bargraphen .....	235

3.II.2	16-Bit-Zähler mit externem Taktgenerator und Bargraphen .....	237
3.II.3	Zähler mit internem Taktgenerator .....	238
3.II.4	Zähler mit Oszilloskop .....	239
3.II.5	LED-Blinker .....	242
3.I2	Interrupt-Steuerungen .....	244
3.I2.1	Interrupt-gesteuerter LED-Blinker .....	249
3.I2.2	Interrupt-gesteuerter AD-Wandler .....	251
3.I2.3	AD-Wandler mit Speicherung der Daten .....	252
3.I2.4	Digitalvoltmeter mit zwei 7-Segment-Anzeigen .....	253
3.I2.5	Rauschspannungsmessung mit Digitalvoltmeter .....	254
3.I2.6	Ampelsteuerungen. ....	257
3.I3	Serielle Schnittstelle .....	260
3.I3.1	Sender für serielle Daten .....	263
3.I3.2	Mikrocontroller und Terminal .....	265
3.I3.3	Ausgabe durch die serielle Schnittstelle .....	267
3.I4	Schaltbeispiele .....	268
3.I4.1	Hexadezimal-zu-Dezimal-Konverter. ....	268
3.I4.2	Externer RAM-Controller. ....	270
3.I4.3	Testen von digitalen Mustern .....	271
3.I4.4	Steuerung eines Förderbandes .....	273
3.I4.5	Steuerung eines Flüssigkeitsbehälters .....	275
4	Programmierung in C. ....	279
4.I	Arbeitsweise von C .....	280
4.I.1	Erstes Programm in C .....	280
4.I.2	Kommentare. ....	281
4.I.3	Variablen. ....	282
4.I.4	Datentypen .....	283
4.I.5	Hexadezimale und oktale Notation. ....	284
4.I.6	Longinteger. ....	284
4.I.7	Beispiele für bitorientierte Operationen. ....	285
4.I.8	Programmbeispiele für logische Operationen .....	292
4.I.9	Programmbeispiele für Vergleichsoperationen .....	296
4.2	Manipulation einer Variablen. ....	299
4.2.1	Operatoren .....	300
4.2.2	Standard-Operationen .....	300
4.2.3	Bit-Operatoren .....	300

4.2.4	Logische Operatoren .....	301
4.2.5	Zuweisungsoperatoren .....	302
4.2.6	Inkrement- und Dekrement-Operatoren .....	303
4.2.7	Programmbeispiele für arithmetische Operationen .....	304
4.3	Entscheidungen .....	309
4.3.1	»if«-Anweisung .....	310
4.3.2	»else if«-Anweisung .....	310
4.3.3	Programmbeispiele .....	311
4.3.4	Beispiele mit dem 8-Bit-AD-Wandler .....	313
4.3.5	Entscheidungsoperator .....	314
4.4	Programmschleifen .....	315
4.4.1	»for«-Anweisung .....	315
4.4.2	»while«-Anweisung .....	315
4.4.3	»do...while«-Schleife .....	316
4.4.4	»break«-Befehl .....	316
4.4.5	»continue«-Anweisung .....	317
4.4.6	»goto«-Anweisung .....	317
4.4.7	Vorzeitiges Verlassen einer Schleife .....	317
4.4.8	Programmbeispiele .....	317
4.5	Funktionen .....	322
4.5.1	Unterprogramme .....	322
4.5.2	Funktionsübergabe (return) .....	322
4.5.3	»exit«-Funktion .....	323
4.5.4	»void«-Vereinbarung .....	323
4.6	Speicherklassen .....	324
4.6.1	»auto«-Funktion .....	324
4.6.2	»static«-Funktion .....	324
4.6.3	»extern«-Funktion .....	325
4.6.4	»register«-Variable .....	325
4.6.5	Anwendungsbeispiele .....	326
4.7	Pointer-Funktionen .....	333
4.7.1	Zeigerfunktion .....	333
4.7.2	Array-Anweisungen .....	333
4.7.3	Funktionen und Zeiger .....	334
4.7.4	Zeiger auf Funktionen .....	334
4.7.5	Pointer-Zuweisungen .....	334
4.7.6	Anwendungsbeispiele .....	334

4.8	Strukturen und Unions. . . . .	337
4.8.1	Was sind Strukturen?. . . . .	337
4.8.2	Initialisierung von Strukturvariablen . . . . .	338
4.8.3	Funktionen und Strukturen . . . . .	338
4.8.4	Zeiger und Strukturen. . . . .	338
4.8.5	Listen mit Strukturen. . . . .	338
4.8.6	»unions«-Datentyp . . . . .	339
4.8.7	Zeiger und Unions. . . . .	339
4.8.8	Anwendungsbeispiele . . . . .	339
4.9	Dateien und Files. . . . .	342
4.9.1	Dateien . . . . .	342
4.9.2	»stdio.h«-Datei . . . . .	342
4.9.3	Standard-I/O-Operationen. . . . .	343
4.9.4	»fopen«-Funktion. . . . .	344
4.9.5	Anwendungsbeispiele . . . . .	345
4.10	I/O-Funktionen . . . . .	346
4.10.1	»scanf()«-Funktion . . . . .	346
4.10.2	Formatierte »scanf«-Eingaben . . . . .	347
4.10.3	Eingabe-Fehler bei »scanf« . . . . .	347
4.10.4	»fprintf«-Funktion . . . . .	348
4.10.5	»fscanf«-Funktion . . . . .	348
4.10.6	»sprintf«-Funktion . . . . .	348
4.10.7	»sscanf«-Funktion . . . . .	349
4.10.8	»getchar«-Funktion . . . . .	349
4.10.9	»putchar«-Funktion . . . . .	349
4.10.10	»getc«-Funktion . . . . .	349
4.10.11	»putc«-Funktion . . . . .	350
4.10.12	»fgetc«-Funktion . . . . .	350
4.10.13	»fputc«-Funktion . . . . .	350
4.10.14	»gets«-Funktion . . . . .	350
4.10.15	»puts«-Funktion . . . . .	351
4.10.16	»fgets«-Funktion . . . . .	351
4.10.17	»fputs«-Funktion . . . . .	351
4.10.18	»ungetc«-Funktion . . . . .	352
4.10.19	»fread«-Funktion . . . . .	352
4.10.20	»fwrite«-Funktion. . . . .	352
4.10.21	»feof«-Funktion . . . . .	352
4.10.22	»rewind«-Funktion. . . . .	353

4.10.23	»freopen«-Funktion .....	353
4.10.24	»fseek«-Funktion .....	353
4.10.25	»ftell«-Funktion .....	354
4.10.26	»fclose«-Funktion .....	354
4.10.27	Anwendungsbeispiele .....	354
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>359</b>