

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	13
I Mikrocontroller-8051-Familie und AT89C51	27
I.I Einführung	27
I.I.I Unterschiede in der Familie 8051	29
I.I.2 Vom Einchip-Mikrocontroller 8048 zur 8051-Familie	31
I.I.3 Bussysteme	35
I.I.4 Programmierung in Assemblersprache	36
I.I.5 Speicheradressierung	39
I.I.6 Unterprogramme und die Verwendung des Stacks für die Adressierung	42
I.I.7 Register des Mikrocontrollers 8051	43
I.2 Oszillator- und Taktgeberschaltung	48
I.3 Aufbau und Betrieb der Ports	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
I.4 Zeitgeber und Zähler im 8051	75
I.5 Serielle Schnittstelle	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
I.6 Interrupt-Verarbeitung	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-/Rückwärtzzähler	199
3.7.9	Einfacher Ein-/Ausgangsbetrieb	200
3.7.10	UND-Verknüpfungen mit Ein-/Ausgangsbetrieb	201
3.7.II	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

3.11.2	16-Bit-Zähler mit externem Taktgenerator und Bargraphen	237
3.11.3	Zähler mit internem Taktgenerator	238
3.11.4	Zähler mit Oszilloskop	239
3.11.5	LED-Blinker	242
3.12	Interrupt-Steuerungen	244
3.12.1	Interrupt-gesteuerter LED-Blinker	249
3.12.2	Interrupt-gesteuerter AD-Wandler	251
3.12.3	AD-Wandler mit Speicherung der Daten	252
3.12.4	Digitalvoltmeter mit zwei 7-Segment-Anzeigen	253
3.12.5	Rauschspannungsmessung mit Digitalvoltmeter	254
3.12.6	Ampelsteuerungen	257
3.13	Serielle Schnittstelle	260
3.13.1	Sender für serielle Daten	263
3.13.2	Mikrocontroller und Terminal	265
3.13.3	Ausgabe durch die serielle Schnittstelle	267
3.14	Schaltbeispiele	268
3.14.1	Hexadezimal-zu-Dezimal-Konverter	268
3.14.2	Externer RAM-Controller	270
3.14.3	Testen von digitalen Mustern	271
3.14.4	Steuerung eines Förderbandes	273
3.14.5	Steuerung eines Flüssigkeitsbehälters	275
4	Programmierung in C	279
4.1	Arbeitsweise von C	280
4.1.1	Erstes Programm in C	280
4.1.2	Kommentare	281
4.1.3	Variablen	282
4.1.4	Datentypen	283
4.1.5	Hexadezimale und oktale Notation	284
4.1.6	Longinteger	284
4.1.7	Beispiele für bitorientierte Operationen	285
4.1.8	Programmbeispiele für logische Operationen	292
4.1.9	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

Inhaltsverzeichnis

4.10.23 »fopen«-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
Stichwortverzeichnis	359