

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1. Einführung in die Mikrocontrollertechnik	11
1.1 Einsatzgebiete für Mikrocontroller	12
1.2 Was ist ein Mikrocontroller?	13
1.2.1 Mikrocontroller-Speicher.	14
1.2.2 RISC-Architektur.	15
1.3 Der passende Mikrocontroller-Typ	16
1.3.1 Funktionsumfang Befehlssatz	16
1.3.2 Geschwindigkeit.	17
1.3.3 Funktionsumfang integrierter Hardware	17
1.3.4 Preis und Beschaffbarkeit	18
1.3.5 Bauform	19
1.3.6 Speichergröße	20
1.3.7 Qualität der Dokumentation	21
1.3.8 Akzeptanz bei anderen Nutzern	22
1.3.9 Verfügbarkeit an Entwicklungstools.	22
1.4 Entscheidungshilfe Atmel AVR	23
2. Die Entwicklungsumgebung	25
2.1 Spannungsversorgung.	26
2.1.1 Standard-Spannungsversorgung	26
2.1.2 Spannungsversorgung im Fahrzeug	28
2.1.3 Brownout-Erkennung	30
2.2 Programmieradapter	31
2.2.1 ISP-Anschluss	32
2.2.2 Low-Cost Programmieradapter	33
2.2.3 STK200-kompatibler Programmieradapter	34
2.2.4 Serieller Programmieradapter	35
2.3 C-Compiler WinAVR.	36
2.3.1 WinAVR Installieren	36
2.3.2 Der Editor Programmers Notepad	38

Inhaltsverzeichnis

2.4	Programmiersoftware	40
2.4.1	PonyProg	40
2.4.2	yaap	41
2.4.3	avrdude.	42
2.4.4	AVR8 Burn-O-Mat.	43
2.5	Brennen und Debugging per JTAG.	44
2.5.1	JTAG Interface	45
2.5.2	AVR Studio	47
2.5.3	JTAG Interface programmieren	48
2.5.4	JTAG Testprojekt	50
3.	Erste Schritte mit dem μC	56
3.1	μ C Minimalistisch	56
3.1.1	Exkurs: Abblockkondensator	58
3.1.2	Exkurs: Taktgenerator	59
3.2	Das erste Programm compilieren	63
3.2.1	Exkurs: Compiler und makefile.	65
3.3	Den Mikrocontroller programmieren	69
3.3.1	yaap	69
3.3.2	AVR8 Burn-O-Mat.	70
3.3.3	avrdude aus dem Editor heraus aufrufen	71
3.4	Konfiguration des AVR8 mittels Fuse Bits und Security Bits	73
3.4.1	Die wichtigsten Fuse Bits.	73
3.4.2	Der Fuse Bit Notfallplan	79
3.4.3	Mit Lock Bits den Prozessorinhalt schützen	80
4.	Das Mini-Mega-Board.	84
4.1	Aufbau des Mini-Mega-Board	84
4.1.1	Einfach und vielseitig	85
4.1.2	Alles an Bord	86
4.2	In System Programming	88
4.2.1	Standard Fuse Bits.	89
4.2.2	Lesbarkeit und Anpassung des Codes erhöhen	90
5.	I/O Grundlagen.	92

5.1	Standardbibliotheken kennen lernen und LEDs ansteuern	93
5.1.1	LEDs am Mikrocontroller anschließen	93
5.1.2	Register-Konstanten aus der I/O Standardbibliothek	94
5.1.3	Ein (zweiter) Blick auf die AVR Libc	96
5.1.4	Die Programmausführung verzögern	96
5.1.5	Ganzzahlige (Integer) Datentypen	98
5.1.6	Bitmanipulation und Datenausgabe	99
5.2	7-Segmentanzeigen und alphanumerische LEDs	105
5.2.1	Gemeinsame Anode oder Kathode	105
5.2.2	7-Segmentanzeige ansteuern	106
5.2.3	Alphanumerische LEDs	108
5.3	Größere Lasten betreiben	112
5.3.1	Der Transistor für kleine Lasten	112
5.3.2	Power MOSFETs für hohe Belastungen	113
5.3.3	Alt, aber noch immer praktisch: Relais	114
5.3.4	Galvanische Trennung mit Optokopplern	116
5.4	Signaleingänge	118
5.4.1	Pull-Up oder Pull-Down	118
5.4.2	Eingangstatus im Programm abfragen	119
5.4.3	Tasten entprellen	120
5.5	Ressourcenschonung mit Multiplexbetrieb	121
5.5.1	7-Segmentdisplay multiplexen	122
5.5.2	Zahlenzerlegung	125
5.5.3	Multiplexen mit Timer	125
5.5.4	Exkurs Schieberegister	127
5.5.5	5x7 Matrix mit Schieberegister	128
5.5.6	Textausgabe auf der Punktmatrix	132
6.	Flüssigkristalldisplays	135
6.1	HD44780-kompatibel	135
6.1.1	LCDs elektrisch anschließen	136
6.1.2	Speicherabbild	137
6.1.3	Befehlsatz HD44780	138

Inhaltsverzeichnis

6.2 LC Displaybetrieb	139
6.2.1 Initialisierung 4-Bit Modus	139
6.2.2 Displaykonfiguration	141
6.2.3 Ausgabe von Zeichen	141
6.2.4 Zahlen ausgeben	142
6.3 Eigene Zeichen definieren	146
6.3.1 Zeichendefinition.	146
6.3.2 Extra große Zahlen.	147
7. Serielle Datenübertragung.	148
7.1 RS232 Schnittstelle	148
7.2 Register zur Konfiguration des USART.	150
7.2.1 Software UART.	152
7.3 Daten senden und empfangen	152
7.3.1 Hände schütteln für eine bessere Verständigung.	153
8. Analoge Ein- und Ausgabe	155
8.1 Auflösung und Eingangsbeschaltung des ADC	155
8.1.1 Spannungsteiler	156
8.1.2 Wertberechnung	157
8.1.3 Referenzspannung	157
8.2 A/D-Wandlung durchführen	158
8.2.1 Konfiguration des ADC.	158
8.2.2 Tipps für die Praxis.	159
8.3 Temperaturmessung	160
8.4 Zufallszahlengenerator.	161
8.5 Digital-Analog-Wandler	162
8.5.1 Digitaler Funktionsgenerator	164
9. Programmablaufsteuerung mit Interrupts	168
9.1 Quellen für Interrupts	169
9.1.1 Interruptbehandlung	170
9.1.2 Interrupts aktivieren	171
9.2 Externe Unterbrechungsanforderungen verarbeiten	172
9.2.1 Exkurs: volatile.	174

9.2.2 Atomare Datenzugriffe	175
9.3 Ein Wachhund gegen Programmfehler	176
9.3.1 Den Watchdog nutzen	177
10. Timer/Counter	180
10.1 Arbeitsweise eines Timers.	181
10.1.1 Bitbreite und Interrupt des Timers	181
10.1.2 Taktquellen und Vorteiler	181
10.2 Die Timer des ATmega16	182
10.2.1 Überlauf mit 8-Bit Timer 0	182
10.2.2 Timer 0 mit Voreinstellung	183
10.2.3 Timer 0 mit Vergleichswert	184
10.2.4 Der CTC-Modus des Timer 0	185
10.2.5 Timer 0 als Signalgenerator.	186
10.2.6 Externe Impulse mit Timer 0 zählen	187
10.2.7 Kurz vorgestellt: 8-Bit Timer 2	189
10.2.8 Stoppuhr mit dem 16-Bit Timer 1	190
10.3 Pulsweitenmodulation	193
10.3.1 PWM per Software	193
10.3.2 Fast PWM mit Timer 0	196
10.3.3 Timer 1: Fast PWM mit beliebiger Frequenz	196
11. Speicherzugriffe	199
11.1 Zugriff auf den Programmspeicher (Flash).	199
11.1.1 String-Array im Flash ablegen.	201
11.2 Zugriff aufs EEPROM	202
11.2.1 EEPROM Abbilddatei	204
11.2.2 Für Fließkommazahlen auf Speicherbereiche zugreifen.	205
12. Serieller Datenbus I2C (TWI) und SPI	207
12.1 Two-Wire Interface (TWI) I2C.	207
12.1.1 Funktionsprinzip des I2C-Bus	208
12.1.2 Adressierung der Slaves.	209
12.1.3 I2C Busprotokoll	209
12.2 EEPROM per TWI ansteuern	210

Inhaltsverzeichnis

12.2.1 Standard Speichertyp 24Cxx	210
12.2.2 TWI am Mini-Mega-Board	214
12.3 Das Serial Peripheral Interface (SPI)	219
12.3.1 SPI zwischen ATmega16 und ATmega8	220
13. Beispielprojekte	224
13.1 Funkuhr mit DCF77 Signal	224
13.1.1 Aufbau des Zeitsignals	224
13.1.2 Signalform des Zeitsignals	226
13.1.3 Empfangsmodul	227
13.1.4 Beispielapplikation	227
13.2 Global Positioning System	228
13.2.1 GPS Empfänger	228
13.2.2 GPS Empfänger anschließen	229
13.2.3 NMEA Daten auswerten.	230
13.3 PC Tastatur als Eingabegerät	232
13.3.1 Protokoll der Tastatur	232
13.3.2 Tastatur Beispielanwendung.	233
13.4 Datenübermittlung und Fernwirken per Handy	234
13.4.1 Kostenlos Schalten	234
13.4.2 Datenverbindung zum Mobiltelefon	235
13.4.3 GSM AT-Kommandos	235
13.4.4 Kurznachrichten per PDU absetzen	237
Stichwortverzeichnis	241