

Inhalt

Teil I	Einstieg in die Hard- und Software	11
1	Einführung	13
1.1	Die Welt der Mikrocontroller	14
1.2	Kursvoraussetzungen	15
1.3	Kurzer Rückblick auf die Mikrocontroller-Entwicklung	18
1.4	Grundlagen der Controllertechnik	20
1.5	Von-Neumann- und Harvard-Architektur	23
1.6	CISC und RISC	25
1.7	Prefetching und Pipelining	25
1.8	Unterschiede zwischen Controllern und Mikroprozessoren	26
1.9	Aktuelle Mikrocontroller	27
1.10	Vergleich verschiedener Controller-Familien	28
1.11	Die 8051-Serie	29
1.12	Die XMEGA-Technologie im Überblick	29
1.13	XMEGA-Controller-Familien: A1, A3 und A4	33
1.14	Leistungsmerkmale der XMEGA-Controller	35
1.15	Auswahlkriterien für Mikrocontroller	40
1.16	Einsatzgebiete von Mikrocontrollern	41
1.17	Kontrolle des Lernerfolgs	45
2	Das Mikrocontroller-Board XMEGA-A3BU Xplained	47
2.1	Inbetriebnahme des Boards	48
2.2	Die Stromversorgung des Boards	49
2.3	Messung der Versorgungsspannungen	50
2.4	Bereit zum ersten Test: die vorinstallierte Firmware	51
2.5	Die Funktionseinheiten des Controllerboards	52
2.6	Der Mikrocontroller ATXMEGA256A3BU	52
2.7	Die LEDs	54
2.8	Die Bedienelemente	55
2.9	Das grafische LCD-Display	56
2.10	Der Temperatursensor	56
2.11	Sensor für die Umgebungshelligkeit	58
2.12	Die I/O-Pins des Controller-Boards	59
2.13	Zusätzlicher Speicher: Externes Data Flash	60

2.14	Das Batterie-Backup-System	61
2.15	Kontrolle des Lernerfolgs	61
3	Einstieg in die Mikrocontroller-Programmierung	63
3.1	Systemvoraussetzungen für das Atmel-Studio 6	64
3.2	Installation der USB-Treiber	65
3.3	Das erste Programm	66
3.4	Flexible In-Circuit Programmierung: FLIP	69
3.5	Laden des Programms in den Controller	69
3.6	Erstellen eines neuen Projektes	71
3.7	Projekte für Stand-alone-Controller	75
3.8	Der Programmer JTAGICE3	77
3.9	Der Bootloader	78
3.10	Praxisübungen	81
4	Ausblick	83
Teil II	Embedded C	85
5	Einführung	87
5.1	Grundstruktur eines embedded C-Programms	88
5.2	Hello World auf dem Controllerboard	91
5.3	Praxisübungen und Verständnisfragen	92
6	Programmentwicklung	93
6.1	Praxisübungen und Verständnisfragen	94
7	Syntaxelemente	95
7.1	Praxisübungen und Verständnisfragen	96
8	C-Schlüsselwörter (Keywords)	97
9	C-Zeichensatz	99
10	Variablen	101
11	Variablen-Typen	105
11.1	Ganzzahlen (Integer)	105
11.2	Fließkommazahlen (Float)	106
11.3	Weitere Variablen-Typen	107
11.4	Verständnisfragen und Übungen	108
12	Konstanten	109

13	Operatoren und Anweisungen	111
13.1	Arithmetische Operatoren	111
13.2	Compound-Operatoren	112
13.3	Logische Operatoren	114
13.4	Bitweise Verknüpfung	115
13.5	Shift-Operatoren	116
13.6	Vergleichsoperatoren	118
13.7	Übungen und Verständnisfragen	118
14	Kontrollstrukturen	119
14.1	Die if-Verzweigung	119
14.2	Die else-Verzweigung	120
14.3	Die else if-Verzweigung	121
14.4	Der Ternäre Operator	122
14.5	Die switch-Verzweigung	123
14.6	Die while-Schleife	124
14.7	Die do ... while-Schleife	125
14.8	Die for-Schleife	126
14.9	Die komplexe for-Schleife	130
14.10	Abbruch von Schleifen	131
14.11	Verständnisfragen und Praxisübungen	133
15	Funktionen	135
15.1	Parameterübergabe	136
15.2	Globale und lokale Variablen	141
15.3	Rekursiver Funktionsaufruf	144
15.4	Verständnisfragen	146
16	Zeiger in C	147
16.1	Zeiger auf Variablen	147
16.2	Variablen im Speicher	148
16.3	Nullzeiger	150
16.4	Funktion mit Pointer-Übergabe	151
16.5	Verkettete Zeiger	152
16.6	Verständnisfragen	153
17	Arrays und Strings	155
17.1	Arrays (Felder)	155
17.2	Initialisierung von Feldern	156
17.3	Zwei- und mehrdimensionale Felder	157
17.4	Höherdimensionale Felder	159
17.5	Zeichenketten (Strings)	160
17.6	Stringlänge und Nullterminierung	161
17.7	Länge eines Strings ermitteln	162
17.8	Vergleichen von Strings	163

17.9	Formatierung mit printf()	164
17.10	Strings kopieren und verknüpfen	166
17.11	In einem String nach einem Zeichen oder Unterstring suchen	167
17.12	Umwandlung von Strings in Zahlen	169
17.13	Umwandlung von Zahlen in Strings	170
17.14	Verständnisfragen und Praxisübungen	173
18	Strukturierte Datentypen	175
18.1	Strukturen	175
18.2	Vereinfachte Initialisierung	178
18.3	Verständnisfragen und Praxisübungen	180
19	Der Präprozessor	183
19.1	Symbolische Konstanten	184
19.2	Vordefinierte Konstanten	185
19.3	Makros	186
19.4	Verständnisfragen	188
20	Bedingte Kompilierung	191
20.1	Bedingte Kompilierung mit Konstanten-Definition	191
20.2	Bedingte Kompilierung mit Konstanten-Abfrage	192
20.3	Verständnisfragen und Übungen	194
21	Header-Dateien und Include-Files	195
21.1	Einfügen von Header-Files in Quelltextdateien	196
21.2	Vermeidung von Mehrfach-Einbindungen	197
21.3	Aufnahme von C-Dateien in das aktuelle Projekt	197
21.4	Implementierung einer einfachen Funktion	198
21.5	Maximale Auslagerung	199
21.6	Standard-Headerdateien	200
21.7	Eigene Bibliotheken und kommerzielle Libraries	201
21.8	Verständnisfragen und Praxisübungen	201
22	Ausblick	203
Teil III	Hardwarenahe Programmierung	205
23	Einführung	207
24	Ansteuerung der I/O-Ports	209
24.1	LED-Blinker an PortR0	210
24.2	Bitweise Portkonfiguration	211
24.3	Setzen der Register	212
24.4	Verständnisfragen und Praxisübungen	213

25	Anwendung der Registerstruktur der ATX-Mega-Serie	215
25.1	Das Datenrichtungsregister (DIR)	215
25.2	Ausgänge schalten (OUT)	216
25.3	Eingänge einlesen (IN)	216
26	Direktes Ansprechen von Port-Pins	219
26.1	Bitmanipulation und Bit-Masken	219
26.2	Klassische Bit-Manipulation	221
26.3	Bitmaskierungen der XMEGA-Register	222
26.4	Der Wechselblinker	225
26.5	Toggeln von Bits (DIRTGL, OUTTGL)	225
26.6	Schnelles Rechtecksignal erzeugen	226
26.7	Verständnisfragen und Praxisübungen	227
27	Konfigurationseigenschaften der Ports	229
27.1	Schnelle Bitmanipulation	230
27.2	Die Pin-Control-Register	231
27.3	Spezielle Pinkonfigurationen (PINxCTRL)	232
27.4	Verständnisfragen	235
28	Takterzeugung und Oszillatoroptionen	237
28.1	Der interne 2 MHz Standard-Oszillator	238
28.2	Aktivierung interner Oszillatoren	239
28.3	Umschalten auf den internen 32 MHz Ringoszillator	240
28.4	Rücksetzen auf den internen 2 MHz-Oszillator	241
28.5	Ausgabe der Controller-Taktfrequenz auf einen I/O-Pin	242
28.6	Ausgabe der 32 MHz-Taktfrequenz	243
28.7	Auswählen externer Taktquellen	244
28.8	Verständnisfragen und Praxisübungen	245
29	Interrupts	247
30	Timer und Counter	249
30.1	Leistungsmerkmale der Timer/Counter	250
30.2	Timer-gesteuerte Signalerzeugung	250
30.3	Timergesteuerte LED	253
30.4	Real-Time-Counter (RTC)	254
30.5	Leistungsmerkmale des Real-Time-Counters	255
30.6	Präziser Sekundentakt mit RTC	255
30.7	Externe Interrupts	257
30.8	Verständnisfragen und Praxisübungen	260
31	Pulsweitenmodulation (PWM)	261
31.1	Features des PWM-Systems	261
31.2	Erzeugung eines PWM-Signals	261

31.3	Dimmen von LEDs	265
31.4	Helligkeitssteuerung einer Hintergrundbeleuchtung	266
31.5	Berechnung PWM-Frequenz	267
31.6	Verständnisfragen und Praxisübungen	268
32	Digital/Analog-Converter (DAC)	269
32.1	Leistungsmerkmale der DACs	269
32.2	Programmierung der DAC-Register	270
32.3	Einstellung der Ausgangsspannung	271
32.4	Ausgabe von zeitabhängigen Spannungen	273
32.5	Funktionsgenerator	274
32.6	Verständnisfragen und Praxisübungen	276
33	Analog/Digital-Konverter (ADC)	277
33.1	Leistungsmerkmale der ADCs	277
33.2	Konfiguration der ADC-Register	278
33.3	ADC-Betriebsarten	280
33.4	Spannungsmessung	282
33.5	ADC Ansteuerung über Funktionen	287
33.6	Mittelwertbildung	290
33.7	Verständnisfragen und Praxisübungen	292
34	Ausblick	293
35	Literatur	295
36	Die Programme zum Kurs	297
37	Abbildungs-, Tabellen- und Programmverzeichnis	299
37.1	Abbildungen	299
37.2	Tabellen	300
37.3	Programme	302