

Inhalt

Vorworte — 1

- 1 Einführung, AVR®-Hardware — 3**
 - 1.1 Aufbau der AVR-MCU — 4
 - 1.1.1 Prozessorregister — 5
 - 1.1.2 Statusregister, Statusbits — 5
 - 1.1.3 Befehlssatz und Adressmodi — 6
 - 1.2 Fusebits — 8
 - 1.3 Reset — 9
 - 1.4 MCU-Takt, Taktquellen, interne Takte — 10
 - 1.4.1 Taktquellen, Startup-Phase — 13
 - 1.4.2 Interne Taktsignale — 13
 - 1.4.3 Sleep-Modi — 14
 - 1.5 Interrupts — 16
 - 1.6 Speicheraufbau — 24
 - 1.6.1 Zugriffe auf das Registerfile — 25
 - 1.6.2 Zugriffe auf das SRAM — 26
 - 1.6.3 Zugriffe auf I/O-Register — 27
 - 1.6.4 Zugriffe auf das Flash-ROM — 28
 - 1.6.5 Zugriffe auf das EEPROM — 32
 - 1.7 Default-Einstellungen — 33
 - 1.8 Grundschialtung — 34
 - 1.8.1 MCU-Haupttaktquelle — 35
 - 1.8.2 Resetschialtung — 36
 - 1.8.3 ISP- und serielle Schnittstelle — 36
 - 1.8.4 Spannungsversorgung — 37
 - 1.8.5 Benötigte Hardware — 38

- 2 AVR®-Programmierung unter AVR-GCC — 40**
 - 2.1 Aufbau eines C-Programms — 40
 - 2.1.1 Variablentypen und -deklarationen — 44
 - 2.1.2 Symbole, Konstanten, Headerfiles — 51
 - 2.1.3 16 bit-Werte und -Register — 58
 - 2.1.4 Interrupts und -vektoren — 60
 - 2.2 Aufbau eines reinen Assemblerprogramms — 61
 - 2.3 Aufbau gemischter C- und Assemblerprogramme — 68
 - 2.3.1 Speicheradressen vs. I/O-Adressen (Registernummern) — 69
 - 2.3.2 Übergabe von Argumenten, Registernutzung — 71
 - 2.3.3 Deklarationen von Funktionen und Variablen — 72

- 2.3.4 Inline-Assembler — 73
- 2.3.5 Beispiel — 76
- 2.3.6 Interrupthandler in Assembler — 79

- 3 Praktischer Einstieg mit Atmel Studio® — 80**
 - 3.1 Anlegen einer Lösung und eines Projektes — 80
 - 3.1.1 Erzeugen einer Solution — 81
 - 3.1.2 Projekte für ausführbare C-Programme — 83
 - 3.1.3 Projekte für statische Bibliotheken — 85
 - 3.2 Übersetzen und Linken eines Programms — 87
 - 3.3 Programmierung (Flashen) — 89
 - 3.3.1 Die Atmel Studio-Kommandozeile — 90
 - 3.3.2 Die Atmel Studio-GUI — 93
 - 3.4 Unterstützung der Quellcodebearbeitung, Code Snippets — 97
 - 3.5 Gliederung von Projekten mit Libraries — 99
 - 3.5.1 Erstellung einer Bibliothek — 99
 - 3.5.2 Nutzung einer Bibliothek — 99
 - 3.5.3 Mathematische und andere Standardbibliotheken — 102
 - 3.6 Simulation und Debugging — 103
 - 3.6.1 Debugging eines C-Programms — 104
 - 3.6.2 Debuggen von Assemblerprogrammen — 108
 - 3.7 On-chip-Debugging mit der JTAG-Schnittstelle — 109
 - 3.7.1 Programmieren von Flash-ROM und Fusebits über JTAG — 110
 - 3.7.2 Debugging — 111
 - 3.7.3 Tracing — 112
 - 3.8 Weitere Entwicklungsumgebungen — 113

- 4 Digital-I/O — 114**
 - 4.1 Pin-Zuordnung — 114
 - 4.2 Registerbeschreibung — 115
 - 4.2.1 Digitale Ein- und Ausgabe — 115
 - 4.2.2 Umschaltung auf Ausgänge, definierte Startzustände — 118
 - 4.2.3 Externe Interrupts — 120
 - 4.3 Compilerunterstützung, symbolische Namen (AVR-GCC) — 122
 - 4.4 Ausgabebeschaltungen — 126
 - 4.5 Eingabebeschaltungen — 129
 - 4.6 Einfache digitale Ein- und Ausgabe, 2:4-Dekoder — 130
 - 4.6.1 Einlesen von Tastern und Schaltern — 131
 - 4.6.2 Ausgaben über 7-Segment-Anzeigen — 132
 - 4.7 Auslesen von Tastern mit Entprellung — 134
 - 4.7.1 Bibliothek zur Entprellung langer/kurzer Tastendrücke — 138
 - 4.7.2 Codeschloss — 151

- 4.7.3 Einlesen einer Tastaturmatrix — 155
- 4.7.4 Bibliothek zur Entprellung wiederholter Tastendrucke — 159
- 4.8 Emulation eines 8 bit-Bussystems — 172
- 4.8.1 Bibliothek zur Ansteuerung einer LCD-Punktmatrix-Anzeige — 173
- 4.8.2 Digitaluhr mit LCD-Anzeige — 179
- 4.8.3 Metronom mit industriellem Ausgabebaustein für 8 bit-Bus — 182
- 4.8.4 Digitaler Portexpander mit 8 bit-Datenbus — 191
- 4.9 Software-PWM via Digitalport — 194
- 4.10 Stimmgabel/Synthesizer mit NCO — 199
- 4.10.1 Numerisch kontrollierter Oszillator — 206
- 4.10.2 NCO als Grundlage einer Wavetable-Synthese — 207
- 4.11 Analogausgabe über Digitalports und R-2R-Leiter — 210
- 4.12 Externe Interrupts — 212
- 4.12.1 Bibliothek für externe Interrupts — 212
- 4.12.2 Treppenhauslicht — 214

- 5 Timer/Counter — 216
 - 5.1 Pin-Zuordnung — 216
 - 5.2 Registerbeschreibung — 217
 - 5.3 Betriebsmodi — 225
 - 5.3.1 Zählen im normalen Modus — 226
 - 5.3.2 Clear Timer on Compare Match/CTC-Modus — 228
 - 5.3.3 Pulsweitenmodulation PWM — 230
 - 5.3.4 Input Capture-Funktion — 237
 - 5.4 Zählumfang, Frequenzbereiche und Impulsdauer — 241
 - 5.5 Bibliothek für Timer/Counter — 244
 - 5.6 Anwendung der einfachen Ereigniszählung — 254
 - 5.6.1 Mikrosekundengenaue Stopuhr — 254
 - 5.6.2 Hochfrequenzmessung, zeitgenaue Pulserzeugung — 268
 - 5.7 Anwendung von Input Capture-Ereignissen — 274
 - 5.7.1 Zeitmarken und Stopuhr — 274
 - 5.7.2 Fahrradtachometer, basierend auf ICP-Frequenzmessung — 278
 - 5.7.3 Niederfrequenzmessung — 283
 - 5.8 Anwendung des CTC-Modus, Signalerzeugung, Steuerungen — 287
 - 5.8.1 Rechteck-Signalgenerator — 287
 - 5.8.2 Blinker — 290
 - 5.8.3 Einmalige Impulse definierter Dauer, Treppenhauslicht — 293
 - 5.8.4 Steuerung mit Zustandsautomat (Waschmaschine) — 297
 - 5.8.5 Bibliothek für 7-Segment-Anzeigen im Multiplexbetrieb — 305
 - 5.8.6 Einfache Digitaluhr mit 7-Segment-Anzeige — 311
 - 5.8.7 Digitaluhr mit Zeiteinstellung über Tastatur — 314
 - 5.9 Stufenlose Helligkeitssteuerung mit PWM, elektronische Kerze — 321

- 6 USART, Serielle Schnittstelle — 323**
 - 6.1 Pin-Zuordnung und Registerbeschreibung — 323
 - 6.2 RS232 und USB — 326
 - 6.3 Bibliothek zur minimalen USART-Nutzung — 327
 - 6.4 Seriell gesteuerter Port-I/O — 333

- 7 TWI, Two Wire-Interface — 340**
 - 7.1 Pin-Zuordnung und Registerbeschreibung — 342
 - 7.2 Bibliothek zur Ansteuerung des TWI-Busses (Master) — 346
 - 7.2.1 Realisierung des Master Transmit-Modus — 346
 - 7.2.2 Realisierung des Master Receive-Modus — 347
 - 7.3 TWI-Netzwerk mit Master- und Slave-MCUs — 349
 - 7.4 Ansteuerung des TWI-I/O-Expanders PCF8574 — 353
 - 7.5 Ansteuerung der TWI-RTC (Echtzeituhr) PCF8583P — 356

- 8 SPI, Serial Peripheral Interface — 365**
 - 8.1 Ablauf einer SPI-Datenübertragung — 366
 - 8.2 Pin-Zuordnung, mehrere Geräte am SPI-Bus — 367
 - 8.3 Registerbeschreibung — 369
 - 8.4 Bibliothek zur SPI-Nutzung — 371
 - 8.4.1 Konfiguration des Mastermodus — 371
 - 8.4.2 Konfiguration des Slavemodus — 372
 - 8.5 Master-Slave-System via SPI-Bus — 375
 - 8.6 Datenlogger mit Datenpersistenz in SPI-EEPROM — 380
 - 8.7 Output-Portexpander mit 74HCT595 — 391
 - 8.8 Input-Portexpander mit 74HC165 — 395
 - 8.9 Ansteuerung MAX7219 Displaycontroller — 399

- 9 Analog-I/O — 404**
 - 9.1 Pin-Zuordnung und Registerbeschreibung — 405
 - 9.1.1 Analog-Digital-Wandler ADC — 405
 - 9.1.2 Analogkomparator — 407
 - 9.2 Elektrische Charakteristik, Beschaltung, Berechnungen — 408
 - 9.3 Analoge Eingabegeräte — 411
 - 9.4 Bibliothek zum ADC- und Komparatorhandling — 412
 - 9.5 Analogkomparator als Dämmerungsschalter — 418
 - 9.6 Messung einer Abkühlungskurve — 422

Literatur — 429

Stichwortverzeichnis — 431