

Inhalt

1	Ein-Bit-Rechner	15
1.1	Rechenwerk	15
1.1.1	Register und Takt	16
1.1.2	Zwischenspeicher	17
1.1.3	Native und emulierte Datenmanipulationsbefehle	18
1.2	Steuerwerk	20
1.2.1	Programmsteuerbefehle	21
1.2.2	Befehlsliste	22
1.3	Programmspeicher	24
1.4	Befehlszähler	26
1.5	Zusammenfassung	27
2	Mikrorechentechnik-Grundlagen	29
2.1	Codes	29
2.1.1	ASCII-Code	29
2.1.2	BCD-Code	29
2.2	Darstellung von Zahlen in Mikrorechnern	30
2.2.1	Binäres Zahlensystem	30
2.2.1.1	Vorzeichenlose ganze Zahlen	30
2.2.1.2	Vorzeichenlose gebrochene Zahlen, Festkommazahlen	31
2.2.1.3	Vorzeichenbehaftete ganze Zahlen	31
2.2.2	Informationsgehalt eines Bytes	32
2.2.3	Hexadezimalen Zahlensystem	33
2.2.4	Zahlendarstellung in 16-Bit-Systemen	34
2.3	Statusbits	35
2.3.1	Z-Flag	35
2.3.2	N-Flag	35
2.3.3	C-Flag	36
2.3.4	V-Flag	36
2.4	Rechnerarchitekturen	37

3 Das Mikrocontrollersystem –

ein Überblick am Beispiel MSP430F2274	40
3.1 Die Mikrocontrollereinheit (MCU) – ein Überblick.....	40
3.1.1 Zentrale Verarbeitungseinheit (CPU)	41
3.1.2 Speicherarchitektur	41
3.1.3 Adressbereichsaufteilung (Memory Map)	41
3.1.4 Peripherie	42
3.1.5 Oszillator und Systemsicherheit	43
3.1.6 Adressbereich, Speicher und Inhalte	43
3.2 Die CPU der MSP430-Mikrocontroller-Familie	47
3.2.1 Register	48
3.2.2 Adressierungsarten	51
3.2.3 Befehle	61

4 Programmierung und Implementierung **67**

4.1 Vorbereitungen zur Softwareentwicklung.....	67
4.2 Programmentwicklung	67
4.3 Preprozessor-Anweisungen	70
4.4 Das erste eigene Programm	72
4.5 Programmiertechniken	80
4.5.1 Unterprogrammtechnik	80
4.5.2 Interrupttechnik	84
4.5.2.1 Polling oder Interrupt	85
4.5.2.2 Funktionsgruppen im Interruptprozess	85
4.5.2.3 Interruptvektortabelle	86
4.5.2.4 Interruptquellen und Interruptlogik	87
4.5.2.5 Interruptpriorität	87
4.5.2.6 Interruptmaskierung	87
4.5.2.7 Interruptprozess	87
4.5.2.8 Verschachtelung und Reaktionszeit	89
4.5.2.9 Interruptprogrammstruktur	89

5 Hardwaremodule des Mikrocontrollers MSP430F2274..... **91**

5.1 System Reset und Initialisierung	91
5.1.1 Die Signale POR und PUC	91
5.1.2 Der Initialisierungsstatus	91
5.2 Basic-Clock-Modul	92
5.2.1 DCO	93

5.2.2	Quarzoszillator	96
5.2.3	Taktsignale des Basic-Clock-Moduls	97
5.2.4	Low-Power Modi	97
5.2.5	Taktfehlererkennung	98
5.2.6	Register des Basic-Clock-Moduls	98
5.3	Watchdog-Timer	99
5.4	Die parallelen Schnittstellen	102
5.4.1	Überblick zu den parallelen Ports	102
5.4.1.1	Datenrichtung	102
5.4.1.2	Daten ausgeben	104
5.4.1.3	Signalzustände einlesen	104
5.4.1.4	Arbeiten mit gemischten Eingabe-Ausgabe-Ports	105
5.4.1.5	Pull-up und pull-down Widerstände	105
5.4.2	Die Interruptmöglichkeiten der parallelen Ports 1 und 2	105
5.4.3	Alternative Verwendung der Portpins	107
5.4.4	Einschaltzustand	107
5.4.5	Die Register der parallelen Ports	108
5.4.6	Ströme und Spannungen an den Portpins	109
5.4.7	Programmbeispiele	109
5.4.7.1	Parallelport ausgeben	109
5.4.7.2	Parallelport einlesen	112
5.4.7.3	LC-Display-Ansteuerung	114
5.5	Timer_A und Timer_B	124
5.5.1	Einführung am Beispiel Timer_A	124
5.5.2	16-Bit-Timer	125
5.5.2.1	Taktquellenauswahl und Vorteiler	126
5.5.2.2	Das CLR-Bit im IACTL-Register	126
5.5.2.3	Mode-Auswahl	126
5.5.2.4	Timer starten	129
5.5.3	Die Capture/Compare-Einheit	129
5.5.3.1	Capture-Funktion	130
5.5.3.2	Compare-Funktion	132
5.5.4	Signalerzeugung	132
5.5.4.1	Konstante Zeitintervalle im Continuous Mode	132
5.5.4.2	Zeitintervalle im Up Mode	133
5.5.4.3	Zeitintervalle im Up/Down Mode	133
5.5.5	Output Unit	134
5.5.6	Anschlüsse der Timer_A-Peripheriebaugruppe	134

5.5.7	Verhältnis zwischen Zeitintervall und Zählerstand	138
5.5.8	Die Register der Timer_A-Baugruppe	139
5.5.9	Interrupt Handling Timer_A	139
5.5.10	Programmbeispiele	140
5.5.10.1	Signalerzeugung im Continuous Mode	140
5.5.10.2	PWM-Signalerzeugung im Up Mode	142
5.5.11	Timer_B	143
5.5.12	Interrupt Handling Timer_B	145
5.6	USCI	147
5.6.1	Das asynchrone Übertragungsverfahren	148
5.6.1.1	USART – asynchrone Betriebsart	149
5.6.1.1.1	Baud-Rate-Generator	153
5.6.1.1.2	Weitere Features im asynchronen Mode des USART	156
5.6.1.2	Die Register der USCI-Baugruppe	157
5.6.1.3	Programmbeispiel	158
5.6.2	Synchrone Übertragung	159
5.6.2.1	USCI – synchrone Betriebsart	159
5.6.2.2	Programmbeispiel	163
5.6.3	USCI_B-Modul	164
5.6.3.1	I2C-Bus	164
5.6.3.2	Aufbau der USCI_B-Einheit in I2C-Betriebsart	167
5.7	ADC10	171
5.7.1	Hardware und Funktion der ADC-Peripherieeinheit	171
5.7.2	ADC-Betriebsarten	176
5.7.3	Hinweise zum PCB-Design	177
5.7.4	ADC10-Register	178
5.7.5	Anschlusspin der ADC-Peripheriebaugruppe	178
5.7.6	ADC-Beispielprogramm	179
5.7.7	Der versteckte DMA-Controller	181
5.7.7.1	Die Register der DTC-Einheit	183
5.7.7.2	Programmbeispiel zur DTC-Einheit	183
5.8	Flash Memory	184
5.8.1	Lesen vom Flash Memory	186
5.8.2	Löschen des Flashspeichers	186
5.8.3	Beschreiben/Programmieren des Flashspeichers	186
5.8.4	Flash-Memory-Register	188
5.8.5	Programmbeispiele zum Flash Memory	188

5.8.5.1	Löschen eines Flashsegmentes mit Software außerhalb des Flashmoduls	189
5.8.5.2	Löschen eines Flashsegmentes mit Software innerhalb des Flashmoduls	189
5.8.5.3	Schreiben eines 16-Bit-Wertes in ein Flashsegment mit Software außerhalb des Flashmoduls	190
5.8.5.4	Schreiben eines 16-Bit-Wertes in ein Flashsegment mit Software innerhalb des Flashmoduls	190

6 Mikrocontroller-Programmieren in C192

6.1	Hochsprache C	192
6.2	C-Programmbeispiele	194
6.2.1	Parallele Ports	194
6.2.1.1	Verwenden zweier Leuchtdioden am Port 1	194
6.2.1.2	Taster am Port 2	195
6.2.2	Timer_A	196
6.2.2.1	Timer_A-Erzeugen von Impulsfolgen	196
6.2.2.2	Timer_A-Erzeugen von PWM-Signalen	197
6.2.3	ADC10	198
6.2.4	USCI	200
6.2.4.1	USCI im Asynchron Mode	200
6.2.4.2	USCI im I2C-Mode	201
6.2.5	LCD	201

Anhang A209

A1	Übersicht des Entwicklungstools	209
A1.1	Hauptbestandteile der IAR-Embedded-Workbench	209

Anhang B214

B1	Das Education System zum Buch	214
B1.1	Hardware	214
B1.1.1	Leuchtdioden	215
B1.1.2	Taster	215
B1.1.3	LC-Display	219
B1.1.4	Drehencoder 24/360	220
B1.1.5	Lautsprecher	222
B1.1.6	Serielle Schnittstelle RS-232	222
B1.1.7	Potentiometer	223
B1.1.8	Servomotoransteuerung	224
B1.1.9	I2C Schnittstelle/Diodenmatrix	224

Anhang C	227
C1 MSP430-Befehlsliste	227
C2 Befehle des MSP430	229
 Anhang D	 251
D1 Peripheral File Map	251
D2 Special Function-Register SFR (.byte access)	254
D3 Port-Register (.byte access)	256
D4 Basic Clock Modul+Register (.byte access)	262
D5 USCI_A0-Register (.byte access)	265
D6 USCI_B0-Register (.byte access)	273
D7 Operational amplifiers-Register	280
D8 Watchdog Timer+Register (.word access)	283
D9 Flash Memory-Register (.word access)	284
D10 Timer_B-Register (.word access)	287
D11 Timer_A-Register (.word access)	292
D12 ADC10-Register (.word and .byte access)	296
 Anhang E	 302
E1 Die Interruptvektortabelle	302
 Anhang F	 303
F1 ASCII-Code Tabelle eines LC-Displays	303
 Abkürzungen	 306
 Literatur	 308
 Index	 309