

Inhaltsverzeichnis

1	Mikrocontrollergrundlagen	1
1.1	Architekturen	1
1.2	Complex und Reduced Instruction Set Computer	4
1.3	Start mit Mikrocontrollern der Firma Intel	6
1.3.1	Low Power	8
1.4	Spannungsversorgung, Oszillator und Reset	10
1.5	Arbeitsspeicher	11
1.6	Interrupt-Logik	14
1.7	Watchdog	17
1.8	Brown Out Detection	19
1.9	JTAG-Interface	19
1.10	DMA-Logik	20
1.11	Adressierung	22
1.12	Programmierung	23
2	Mikrocontrollerfamilien beurteilen und auswählen	27
2.1	8051-Mikrocontroller	28
2.1.1	Architektur	31
2.2	Microchip-Mikrocontroller – PIC	34
2.2.1	Architektur und Ausstattungsmerkmale	36
	Oszillatoren	39
	Reset-Konfiguration	40
	ICSP-Interface	41
	Programmspeicher	43

2.2.2	Konfigurationsdaten	44
	Taktgeneratoreinstellung	44
	Power Up Timer	44
	Brown Out Detect	44
	Watchdog Timer	45
	CCP2Mux	45
	Stack Overflow Reset	45
	Low Voltage Programming	46
	Code Protection	46
	Schreiben der Konfigurationsdaten	46
2.2.3	PIC-Mikrocontrollerfamilien	47
2.2.4	NanoWatt-Technologie	50
2.2.5	Entwicklungsumgebung	51
2.3	Atmel-Mikrocontroller	54
2.3.1	Architektur	56
2.3.2	AVR-Controller-Familien im Überblick	58
2.3.3	Power-Save-Betriebsarten	60
2.3.4	Entwicklungsumgebung	62
2.4	MSP430-Mikrocontroller	64
2.4.1	Architektur	64
2.4.2	MSP430-Controllerfamilien	67
2.4.3	Low Power Modes	71
2.4.4	Entwicklungsumgebung und Programmierung	72
2.5	ARM-Prozessoren und -Mikrocontroller	77
2.5.1	ARM-Architektur und -Typen	78
2.5.2	Cortex-Cores	81
2.5.3	EFM32-Gecko	84
	Peripheral Reflex System	87
	Advanced Energy Monitoring	88
	Energy Aware Profiler	92
	Betriebsarten – Energy Modes	93
	Entwicklungsplattform	95
3	Single-Board-Systeme einsetzen	101
3.1	Raspberry Pi	102
3.1.1	Inbetriebnahme	104
3.1.2	Netzwerkverbindung herstellen	109
	Manuelle Konfigurierung	110
	SSH- und FTP-Verbindungen	112

3.1.3	Software und Programmierung	114
3.2	Beaglebone Black	119
3.3	mbed-Plattform	122
3.4	Gadgeteer	125
3.5	Arduino	126
3.5.1	Boards	126
3.5.2	Shields	130
3.5.3	Start und Entwicklungsumgebung	131
4	Anwenderprogrammierbare Ein- und Ausgabeeinheiten	135
4.1	GPIO	135
4.2	UART, USART und serielle Schnittstelle	137
4.3	I2C-Bus	140
4.4	Serial Peripheral Interface – SPI	143
4.5	A/D-Wandler	146
4.6	D/A-Wandler	150
4.7	PWM-Output	151
5	Spannungsversorgungen planen und aufbauen	153
5.1	Netzteile	153
5.2	Batterien	156
5.3	Akkumulatoren	159
5.3.1	Bleiakkumulator	159
5.3.2	Nickel-Cadmium-Akkumulator	160
5.3.3	Nickel-Metall-Hydrid-Akkumulator	161
Ladeschaltung	162	
5.3.4	Lithium-Ionen-Akkumulator	162
5.3.5	Lithium-Polymer-Akkumulator	164
Ladeschaltung	164	
5.4	Energy Harvesting	165
5.4.1	Solarzellen	169
Funktionsprinzip	169	
Elektrisches Verhalten	170	
Standard Test Conditions	172	
Typen	174	

5.4.2	Piezoelemente	177
	Aufbau und Typen	178
	Wandlerschaltung mit selbst gebautem Balkenschwinger .	179
5.4.3	Elektrodynamische Wandler	184
5.4.4	Thermogeneratoren	186
5.5	Energiespeicher und Energiemanagement	190
5.5.1	Kondensatoren	190
5.5.2	Solid State Batteries	194
	Thin-Film Batteries	194
	Ladeschaltung	195
	EnerChips	197
	EnerChips mit Power-Management-Logik	198
	Energy-Harvesting-Module und Energy Processor	200
6	Die Funkpraxis	207
6.1	ISM-Bänder	208
6.2	Nahfunksysteme in der Übersicht	210
6.3	Modulationsverfahren	213
6.4	WLAN	215
6.5	Sensorknoten im WLAN	217
6.5.1	Inbetriebnahme	219
6.5.2	Systemaufbau	220
6.5.3	Konfigurierung	221
6.5.4	Erweiterungsschaltungen	223
6.5.5	Sensoren am SPI	226
6.5.6	Steuerung mit Mikrocontroller	227
6.6	Bluetooth	229
6.6.1	Topologien und Implementierungen	230
6.6.2	Entwicklungssystem	233
6.7	Bluetooth Low Energy	235
6.7.1	Chips und Schaltung	237
6.7.2	Software und Programmierung	243
6.8	ZigBee	245
6.8.1	Topologien	247
6.8.2	ZigBee Green Power	249
6.9	ANT/ANT+	250
6.10	Low-Power-Funklösungen – Low Power RF	251

6.10.1	Module	252
6.10.2	Transceiver	254
6.10.3	Datenrate und Reichweite	257
6.10.4	Einfache Kommunikation aufbauen	258
6.10.5	SimplicTI-Protokoll	260
6.10.6	Software	261
6.11	EnOcean-Funktechnik	263
6.11.1	Dolphin System Architecture	266
6.11.2	Starter und Programmer Kit	272
6.11.3	Entwicklung und Programmierung	277
7	Mess- und Steuerschaltungen für den Raspberry Pi	291
7.1	GPIO-Port	291
7.2	A/D- und D/A-Wandlerplatine für SPI	293
7.2.1	Python und grafische Oberfläche	303
7.3	Erweiterungen mit I ² C-Bus-Schaltungen	315
7.3.1	Temperaturmessung	322
7.3.2	LCD-Ansteuerung	325
7.3.3	A/D- und D/A-Messung	326
7.3.4	Echtzeituhr stellen und lesen	331
8	Solarzellentester selbst gebaut	339
8.1	Verfahren für die Charakterisierung von Solarzellen	339
8.2	Schaltungsaufbau	342
8.2.1	Spannungsversorgung	342
8.2.2	Widerstandsmatrix und Peripherie	344
8.2.3	Relais und Treiber	347
8.2.4	Lichtsensor zur Messung der Beleuchtungsstärke	348
8.3	Programmablauf und Bedienung	350
8.4	Implementierung der Software	351
8.4.1	LCD- und Menüsteuerung	353
8.4.2	Messen der Beleuchtungsstärke	355
8.4.3	Maximum-Power-Point-Messung	360
8.4.4	Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom messen	362
8.4.5	Ausgabe der Messergebnisse	364
	Index	377