

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Mikrocontrollergrundlagen</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Mikrocontrollerfamilien beurteilen und auswählen</b>	<b>27</b>
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
<b>3</b>	<b>Single-Board-Systeme einsetzen</b>	<b>101</b>
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
<b>4</b>	<b>Anwenderprogrammierbare Ein- und Ausgabeeinheiten</b>	<b>135</b>
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
<b>5</b>	<b>Spannungsversorgungen planen und aufbauen</b>	<b>153</b>
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
<b>6</b>	<b>Die Funkpraxis</b>	<b>207</b>
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 Programmier Kit	272
6.11.3	Entwicklung und Programmierung	277
<b>7</b>	<b>Mess- und Steuerschaltungen für den Raspberry Pi</b>	<b>291</b>
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 <sup>2</sup> 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
<b>8</b>	<b>Solarzellentester selbst gebaut</b>	<b>339</b>
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
	<b>Index</b>	<b>377</b>