

# Inhoud

	Voorwoord	11
<b>1</b>	<b>Inleiding tot de microcontrollertechniek</b>	<b>13</b>
1.1	Toepassingsgebieden van microcontrollers	14
1.2	Wat is een microcontroller?	16
	1.2.1 Microcontroller-geheugen	18
	1.2.2 De RISC-architectuur	19
1.3	De juiste controller op de juiste plaats	20
	1.3.1 Omvang van de instructieset	21
	1.3.2 Snelheid	22
	1.3.3 Functionaliteit van de geïntegreerde hardware	23
	1.3.4 Prijs en verkrijgbaarheid	24
	1.3.5 De behuizing	25
	1.3.6 Grootte van het geheugen	26
	1.3.7 Kwaliteit van de documentatie	27
	1.3.8 Acceptatie door andere gebruikers	28
	1.3.9 Beschikbaarheid van ontwikkeltools	29
1.4	Kies de juiste Atmel AVR	30
<b>2</b>	<b>De ontwikkelomgeving</b>	<b>33</b>
2.1	De voeding	34
	2.1.1 Standaardvoeding	35
	2.1.2 Automobiele voeding	37
	2.1.3 Brownout-detectie	39
2.2	De programmeeradapter	40
	2.2.1 ISP-aansluiting	42

2.2.2	Een very-low-cost programmeeradapter	44
2.2.3	STK200-compatibele programmeeradapter	45
2.2.4	Seriële programmeeradapter	46
2.3	De C-compiler WinAVR	46
2.3.1	Installatie van WinAVR	47
2.3.2	De editor Programmers Notepad	49
2.4	De programmeersoftware	51
2.4.1	PonyProg	51
2.4.2	yaap	52
2.4.3	avrdude	54
2.4.4	AVR8 Burn-O-Mat	54
2.5	Branden en debuggen via JTAG	55
2.5.1	De JTAG-interface	56
2.5.2	AVR Studio	59
2.5.3	Programmering van de JTAG-interface	59
2.5.4	JTAG-testproject	62
<b>3</b>	<b>Eerste experimenten met de <math>\mu</math>C</b>	<b>69</b>
3.1	Minimalistische $\mu$ C	69
3.1.1	Uitweiding: buffercondensator	71
3.1.2	Uitweiding: klokgenerator	73
3.2	Compilatie van uw eerste programma	76
3.2.1	Uitweiding: compiler en MAKEFILE	79
3.3	Programmeren van de microcontroller	83
3.3.1	yaap	83
3.3.2	AVR8 Burn-O-Mat	85
3.3.3	Aanroep van avrdude vanuit de editor	86
3.4	Configuratie: Fuse Bits en Security Bits	88
3.4.1	De belangrijkste Fuse Bits	88
3.4.2	Het Fuse Bit-rampenlan	96
3.4.3	Uw software beveiligen met Lock Bits	97
<b>4</b>	<b>Het Mini-Mega-board</b>	<b>103</b>
4.1	Opbouw van het Mini-Mega-board	104
4.1.1	Eenvoudig en veelzijdig	104
4.1.2	Alles aan boord	105

4.2	In System Programming	107
4.2.1	Standaard Fuse Bits	109
4.2.2	Verbetering van de leesbaarheid van de code	110
<b>5</b>	<b>De beginselen van in- en uitvoer</b>	<b>113</b>
5.1	Standaardbibliotheken en het aansturen van LED's	114
5.1.1	LED's op de microcontroller aansluiten	115
5.1.2	Register-constanten uit de I/O-standaardbibliotheek	116
5.1.3	Nogmaals de AVR Libc	118
5.1.4	De uitvoering van het programma vertragen	118
5.1.5	Heeltallige datatypen (integers)	121
5.1.6	Bitmanipulatie en data-uitvoer	122
5.2	Zeven-segment- en alfanumerieke displays	129
5.2.1	Gemeenschappelijke anode of kathode	130
5.2.2	Aansturing van zeven-segment-displays	131
5.2.3	Alfanumerieke LED-displays	133
5.3	Aansturen van zwaardere belastingen	138
5.3.1	Transistoren voor kleine belastingen	138
5.3.2	Power-MOSFET's voor zwaardere belastingen	139
5.3.3	Oud maar niet verouderd: relais	140
5.3.4	Galvanische scheiding met optocouplers	142
5.4	Signaalingangen	144
5.4.1	Pullup of pulldown	144
5.4.2	Ingangsniveaus inlezen	145
5.4.3	Problemen met contactdender	148
5.5	Multiplexen spaart aansluitingen	149
5.5.1	Multiplexen van zeven-segment-displays	150
5.5.2	Opsplitsen van getallen	153
5.5.3	Multiplexen met een timer	154
5.5.4	Uitweiding: schuifregister	157
5.5.5	5x7-matrix met schuifregister	158
5.5.6	Tekst op het matrix-display	162

<b>6</b>	<b>Vloeibaar-kristaldisplays</b>	<b>165</b>
6.1	HD44780-compatibel	165
6.1.1	Aansluiting van LCD's	166
6.1.2	Geheugenindeling	167
6.1.3	De HD44780-instructieset	168
6.2	Gebruik van het LC-display	169
6.2.1	Initialisering van de 4-bit-modus	169
6.2.2	Displayconfiguratie	172
6.2.3	Uitvoer van tekens	173
6.2.4	Uitvoer van getallen	174
6.3	Definiëren van eigen tekens	178
6.3.1	Tekendefinitie	178
6.3.2	Extra grote cijfers	179
<b>7</b>	<b>Seriële data-overdracht</b>	<b>181</b>
7.1	RS232-interface	181
7.2	Configuratieregister van de USART	183
7.2.1	Software-UART	185
7.3	Data zenden en ontvangen	186
7.3.1	Handshaking ter voorkoming van misverstanden	187
<b>8</b>	<b>Analoge in- en uitvoer</b>	<b>189</b>
8.1	Resolutie en ingangsschakeling van de ADC	189
8.1.1	Spanningsdeler	190
8.1.2	Berekening van de ingangsspanning	191
8.1.3	Referentiespanning	191
8.2	A/D-omzetting in de praktijk	192
8.2.1	Configuratie van de ADC	192
8.2.2	Enkele praktische tips	193
8.3	Temperatuurmeting	194
8.4	Toevalsgenerator	196
8.5	Digitaal-analoog-omzetter	197
8.5.1	Digitale functiegenerator	200

<b>9</b>	<b>Programmasturing met interrupts</b>	<b>205</b>
9.1	Waar komen de interrupts vandaan?	206
9.1.1	Interruptafhandeling	207
9.1.2	Interrupts activeren	209
9.2	Externe IRQ's verwerken	210
9.2.1	Uitweiding: volatile	212
9.2.2	Atomaire datatoegang	214
9.3	Een waakhond tegen programmeerfouten	216
9.3.1	De waakhond gebruiken	217
<b>10</b>	<b>Timers en counters</b>	<b>221</b>
10.1	De werking van een timer	222
10.1.1	Bitbreedte en interrupt van de timer	222
10.1.2	Kloksignaal en prescaler	223
10.2	De timers van de ATmega16	224
10.2.1	Overflow met 8-bit-timer 0	224
10.2.2	Timer 0 met preset	226
10.2.3	Timer 0 met vergelijkswaarde	227
10.2.4	De CTC-modus van timer 0	229
10.2.5	Timer 0 als signaalgenerator	230
10.2.6	Externe impulsen tellen met timer 0	231
10.2.7	Even voorstellen: 8-bit timer 2	233
10.2.8	Een stopwatch met 16-bit timer 1	235
10.3	Pulsbreedtemodulatie	239
10.3.1	Softwarematige PWM	240
10.3.2	Fast PWM met timer 0	242
10.3.3	Timer 1: Fast PWM met willekeurige frequentie	244
<b>11</b>	<b>Geheugenoperaties</b>	<b>247</b>
11.1	Toegang tot het programmeergeheugen (flash)	247
11.1.1	String-arrays in het flash-geheugen opslaan	249
11.2	Toegang tot het EEPROM	251
11.2.1	EEPROM-imagebestand	254
11.2.2	Geheugenoperaties met drijvende-komma-getallen	255

<b>12</b>	<b>De seriële databus I<sup>2</sup>C (TWI) en SPI</b>	<b>259</b>
12.1	Two-Wire Interface I <sup>2</sup> C	259
12.1.1	De werking van de I <sup>2</sup> C-bus	260
12.1.2	Adressering van de slaves	261
12.1.3	Het I <sup>2</sup> C-busprotocol	261
12.2	Aansturing van een EEPROM via TWI	262
12.2.1	Het standaard geheugen-IC 24Cxx	263
12.2.2	TWI en het Mini-Mega-board	267
12.3	De Serial Peripheral Interface (SPI)	274
12.3.1	SPI tussen een ATmega16 en een ATmega8	275
<b>13</b>	<b>Voorbeeldprojecten</b>	<b>281</b>
13.1	Radioklok met DCF77-ontvanger	281
13.1.1	De opbouw van het tijdsignaal	282
13.1.2	De vorm van het tijdsignaal	284
13.1.3	De ontvangermodule	284
13.1.4	Voorbeeldapplicatie	285
13.2	Global Positioning System	286
13.2.1	GPS-ontvangers	286
13.2.2	Aansluiten van de GPS-ontvanger	288
13.2.3	Verwerking van NMEA-data	289
13.3	Een PC-toetsenbord voor de invoer	291
13.3.1	Het toetsenbord-protocol	291
13.3.2	Voorbeeldapplicatie met een toetsenbord	292
13.4	Data-overdracht en afstandsbediening per handy	293
13.4.1	Gratis schakelen	294
13.4.2	Dataverbinding met de handy	295
13.4.3	GSM-AT-commando's	296
13.4.4	Tekstberichten versturen per PDU	297
	Index	303