

**David Matoušek**

**PRÁCE  
S MIKROKONTROLÉRY  
ATMEL AVR AT90S**

**2. vydání**

Praha 2006



*Původně jsme již dotisk této knihy nechťeli vůbec udělat, protože se procesory Atmel AVR řady AT90S.. přestaly již vyrábět. Poté co jsme původní vydání doprodali, mnoho čtenářů se o tuto knihu stále zajímalo, neboť obsahuje mnoho praktických příkladů, konkrétních řešení a programovacích postupů.*

*Protože tento tlak sílil (a na veletrhu AMPER 2006 obzvlášť), rozhodli jsme se tento díl s drobnými úpravami dotisknout – autor dodatečně připravil krátkou kapitulu 14, aby bylo možné provozovat programátory pro nastupující typy **ATtiny2313** (místo AT90S2313) a **ATmega8535** (místo AT90S8535) – viz migrační datasheety na doprovodném CD. Z časových důvodů nebylo možné tento díl celý přepracovat na nové typy obvodů Atmel AVR. Také předpokládáme, že se tento díl nedostane do ruky vysloveným začátečníkům. Ale zejména těm, kteří již nějakou zkušenost s mikrokontroléry mají a dokáží si při úpravách programů poradit. Vždyť jde o to, využít bohatého potenciálu scénářů řešících jednotlivé problémy, s nimiž se můžete v praxi setkat.*

*A také bylo by škoda na některé přípravy „zapomenout“, přičemž je lze využít také při práci s jinými procesory (jsou na ně z jiných knih odkazy).*



*Komerční využití stavebních návodů je povoleno jen s písemným souhlasem autora a nakladatelství.*

*Soubory na CD ROM mající přímo vztah ke knize, které vytvořil sám autor (tj. obsah adresářů FOTO, PROGRAMY, SPOJE a UPDATE), nejsou volně šířitelné a vztahují se na ně autorská práva.*

---

David Matoušek

## **PRÁCE S MIKROKONTROLÉRY ATMEL AVR AT90S**

Lektor 1. vydání: Jiří Kopelent

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřejímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládaná zapojení a informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Veškerá práva vyhrazena.

© Ing. David Matoušek, 2006

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

David Matoušek:

Práce s mikrokontroléry Atmel AVR AT90S

BEN – technická literatura, Praha 2006

2. vydání

**ISBN 80-7300-209-4**

# OBSAH

<b>CO NAJDETE NA DOPROVODNÉM CD</b>	
<b>O KNIZE ..... 10</b>	
<b>1</b>	<b>ÚVOD ..... 11</b>
1.1	Základní pojmy – terminologie ..... 12
1.2	Standardní registry a jejich význam ..... 14
<b>2</b>	<b>ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI MIKROKONTROLÉRŮ AVR ..... 17</b>
2.1	Mutace a pouzdra ..... 21
2.2	Stručný popis vývodů ..... 28
2.3	Oscilátor ..... 28
2.4	AVR architektura ..... 30
2.5	Programování mikrokontrolérů AVR ..... 33
2.5.1	<i>Paměťové zámky</i> ..... 33
2.5.2	<i>Propojky</i> ..... 33
2.5.3	<i>Signatura</i> ..... 34
2.5.4	<i>Paralelní programování</i> ..... 34
2.5.5	<i>Sériový download</i> ..... 35
2.6	Charakteristické a mezní údaje ..... 39
<b>3</b>	<b>PROGRAMÁTORY A VÝVOJOVÉ KITY PRO VYBRANÉ MIKROKONTROLÉRY ..... 41</b>
3.1	<b>Myšlenka platformy SDK – Programátor a vývojový kit v jednom! ..... 42</b>
3.1.1	<i>Tři desky a jeden ovládací program</i> ..... 42
3.1.2	<i>Datové konektory</i> ..... 43
3.1.3	<i>Propojovací „kablíky“</i> ..... 43
3.1.4	<i>Propojovací kabel</i> ..... 44
3.2	<b>SDK2313 – programátor pro AT90S2313 ..... 44</b>
3.2.1	<i>Výkres desky plošných spojů SDK2313</i> ..... 46
3.3	<b>SDK8535 – programátor pro AT90S8535 ..... 48</b>
3.3.1	<i>Výkres desky plošných spojů SDK8535</i> ..... 50
3.4	<b>SDK2343 – programátor pro AT90S2343 ..... 52</b>
3.4.1	<i>Výkres desky plošných spojů SDK2343</i> ..... 53
3.5	<b>Oživení SDK kitů ..... 55</b>
3.6	<b>Komplexní programátor SDKAVR 1.0 ..... 56</b>

## **4 PROGRAMÁTORSKÝ MODEL MIKROKONTROLÉRŮ AVR ..... 57**

<b>4.1</b>	<b>Rozdělení paměťového prostoru .....</b>	<b>58</b>
4.1.1	<i>Vnitřní paměť .....</i>	58
4.1.2	<i>Vnější datová paměť u AT90S8515 .....</i>	59
<b>4.2</b>	<b>Úvodní popis registrů .....</b>	<b>65</b>
4.2.1	<i>Registrové pole (Register File) .....</i>	66
4.2.2	<i>Ukazatele (pointery) .....</i>	66
4.2.3	<i>Vstupně/výstupní registry (I/O Memory) .....</i>	67

## **5 INSTRUKČNÍ SOUBOR ..... 73**

<b>5.1</b>	<b>Operandy instrukcí .....</b>	<b>74</b>
5.1.1	<i>Základní pojmy .....</i>	74
5.1.2	<i>Přímé adresování jednoho registru .....</i>	74
5.1.3	<i>Přímé adresování dvou registrů .....</i>	75
5.1.4	<i>Přímé adresování vstupně/výstupního registru .....</i>	75
5.1.5	<i>Přímé adresování dat .....</i>	76
5.1.6	<i>Nepřímé adresování dat .....</i>	76
5.1.7	<i>Nepřímé adresování dat s posunutím .....</i>	77
5.1.8	<i>Nepřímé adresování dat s pre-dekrementem .....</i>	77
5.1.9	<i>Nepřímé adresování dat s post-inkrementem .....</i>	78
5.1.10	<i>Adresování konstant uložených v paměti programu (instrukce LPM) .....</i>	78
5.1.11	<i>Nepřímé adresování paměti programu (instrukce LJMPC nebo ICALL) .....</i>	79
5.1.12	<i>Relativní adresování paměti programu (instrukce RJMPC nebo RCALL) .....</i>	79
5.1.13	<i>Zkrácené relativní adresování paměti programu (podmíněné skoky) .....</i>	80
<b>5.2</b>	<b>Typy skoků .....</b>	<b>80</b>
<b>5.3</b>	<b>Zavedené symboly .....</b>	<b>81</b>
<b>5.4</b>	<b>Přesuny dat .....</b>	<b>82</b>
<b>5.5</b>	<b>Bitové operace .....</b>	<b>85</b>
<b>5.6</b>	<b>Skoky a přeskoky .....</b>	<b>87</b>
<b>5.7</b>	<b>Instrukce pro podporu podprogramů .....</b>	<b>90</b>
<b>5.8</b>	<b>Logické operace .....</b>	<b>91</b>
<b>5.9</b>	<b>Aritmetické operace .....</b>	<b>92</b>
<b>5.10</b>	<b>Porovnávací instrukce .....</b>	<b>96</b>
<b>5.11</b>	<b>Další instrukce .....</b>	<b>97</b>
<b>5.12</b>	<b>Realizace chybějících operací .....</b>	<b>97</b>
5.12.1	<i>Násobení dvou 8bitových čísel bez znaménka .....</i>	97
5.12.2	<i>Dělení dvou 8bitových čísel bez znaménka .....</i>	99
5.12.3	<i>Dělení dvou 16bitových čísel bez znaménka .....</i>	101

<b>6</b>	<b>ASSEMBLER AVR 3.1 PROGRAMÁTOR SDKAVR 1.0 .....</b>	<b>103</b>
<b>6.1</b>	<b>Základní pojmy při práci s AVR 3.1 .....</b>	<b>104</b>
6.1.1	<i>Symboly .....</i>	104
6.1.2	<i>Návěští .....</i>	104
6.1.3	<i>ASCII literály .....</i>	105
6.1.4	<i>Komentář .....</i>	105
6.1.5	<i>Lokační čítač programového segmentu (PC) .....</i>	105
6.1.6	<i>Čísla a operátory .....</i>	106
<b>6.2</b>	<b>Direktivy AVR 3.1 .....</b>	<b>108</b>
6.2.1	<i>Základní direktivy .....</i>	108
6.2.2	<i>Práce s makry .....</i>	111
6.2.3	<i>Řízení výpisu překladu .....</i>	112
<b>6.3</b>	<b>Ovládání AVR 3.1 .....</b>	<b>113</b>
<b>6.4</b>	<b>Co najdete v souborech INC .....</b>	<b>114</b>
<b>6.5</b>	<b>Ovládání vývojového prostředí SDKAVR 1.0 .....</b>	<b>118</b>
<b>7</b>	<b>ZÁKLADY POUŽÍVÁNÍ PARALELNÍCH PORTŮ ...</b>	<b>121</b>
<b>7.1</b>	<b>Popis paralelního portu .....</b>	<b>122</b>
<b>7.2</b>	<b>Buzení osmi LED – přípravek AT8LED .....</b>	<b>124</b>
7.2.1	<i>PROG_01 – běžící světlo .....</i>	126
<b>7.3</b>	<b>Buzení 7segmentového displeje – přípravek AT7SEG .....</b>	<b>129</b>
7.3.1	<i>PROG_02A – test 7segmentového displeje (varianta A) .....</i>	131
7.3.2	<i>PROG_02B – test 7segmentového displeje (varianta B) .....</i>	134
<b>7.4</b>	<b>Buzení LCD displeje 16 × 2 znaků .....</b>	<b>136</b>
7.4.1	<i>Popis komunikace .....</i>	136
7.4.2a	<i>Přípravek ATLCCTX2 .....</i>	139
7.4.2b	<i>Obslužné rutiny pro přípravek ATLCCTX2 .....</i>	143
7.4.3	<i>PROG_03 – Zobrazení jednoduchého textu .....</i>	147
7.4.4	<i>PROG_04 – Zobrazení češtiny .....</i>	153
7.4.5	<i>PROG_05 – Jednoduchá animace textu .....</i>	155
<b>7.5</b>	<b>Maticová klávesnice – přípravek ATKLAV .....</b>	<b>158</b>
7.5.1	<i>PROG_06 – Čtení znaků z klávesnice a jejich zobrazení na 7segmentovce .....</i>	159
7.5.2	<i>PROG_07 – Editace znaků na LCD displeji .....</i>	164
<b>7.6</b>	<b>Když je málo vývodů – přípravek ATSPI595 .....</b>	<b>168</b>
7.6.1	<i>PROG_08 – Ukázka práce s přípravkem ATSPI595 .....</i>	170
<b>8</b>	<b>OBVODY SE SBĚRNICÍ I<sup>2</sup>C .....</b>	<b>173</b>
<b>8.1</b>	<b>Základní informace o sběrnici I<sup>2</sup>C .....</b>	<b>174</b>
<b>8.2</b>	<b>SAA1064 – budič LED displeje pro 2/4 segmentovky .....</b>	<b>181</b>

8.2.1	Schéma zapojení .....	181
8.2.2	Čtení stavového bitu PR .....	183
8.2.3	Zápis řídicích a datových bitů .....	185
8.2.4	Diskuze výkonové ztráty .....	185
8.2.5	Přípravek ATSAA1064 .....	186
<b>8.3</b>	<b>Aplikace přípravku ATSAA1064 .....</b>	<b>189</b>
8.3.1	Základní rutiny pro práci s ATSAA1064 .....	189
8.3.2	Zobrazení 16bitového čísla hexadecimálně .....	194

## **9 RESET A PŘERUŠENÍ ..... 197**

<b>9.1</b>	<b>Vektory přerušení a resetu .....</b>	<b>198</b>
<b>9.2</b>	<b>Zdroje resetu .....</b>	<b>200</b>
9.2.1	Power-on Reset .....	202
9.2.2	Vnější reset .....	202
9.2.3	WDT reset .....	203
9.2.4	Registru MCUSR (pouze u některých typů) .....	206
<b>9.3</b>	<b>Obsluha přerušení .....</b>	<b>206</b>
9.3.1	Registru SREG .....	206
9.3.2	Vnější vstupy přerušení INT0 a INT1 .....	207
9.3.3	Časová odezva přerušení .....	209
<b>9.4</b>	<b>Příklady použití .....</b>	<b>210</b>
9.4.1	Použití obvodu Watchdog .....	210
9.4.2	Přípravky ATDIPSW a ATSVORKY .....	211
9.4.3	Příklad použití vnějšího vstupu přerušení INT0 .....	214

## **10 ČÍTAČE/ČASOVAČE ..... 219**

<b>10.1</b>	<b>Čítač/časovač 0 (jednoduchý 8bitový čítač/časovač) .....</b>	<b>221</b>
10.1.1	Registry čítače/časovače 0 .....	221
10.1.2	Podpora čítače/časovače 0 v přerušovacím systému .....	222
10.1.3	Závěrečné poznámky .....	222
<b>10.2</b>	<b>Čítač/časovač 1 (16bitový čítač/časovač vybavený obvodem Input Capture a Output Compare) .....</b>	<b>223</b>
10.2.1	Stručný výklad jednotlivých režimů .....	224
10.2.2	Registry čítače/časovače 1 .....	225
10.2.3	Režim PWM generátoru .....	229
10.2.4	Podpora čítače/časovače 1 v přerušovacím systému .....	232
10.2.5	Závěrečné poznámky .....	232
<b>10.3</b>	<b>Čítač/časovač 2 (8bitový čítač/časovač vybavený obvodem Output Compare; pouze u AT90S8535) .....</b>	<b>233</b>
10.3.1	Stručný výklad jednotlivých režimů .....	234
10.3.2	Registry čítače/časovače 2 .....	234
10.3.3	Režim PWM generátoru .....	236

10.3.4	Asynchronní režim čítače/časovače 2.....	237
10.3.5	Podpora čítače/časovače 2 v přerušovacím systému .....	240
<b>10.4</b>	<b>Registry pro řízení přerušovacího systému (TIMSK a TIFR) ..</b>	<b>240</b>
<b>10.5</b>	<b>Aplikace čítačů/časovačů .....</b>	<b>241</b>
10.5.1	Čítač/časovač 0 – generátor signálu 1 kHz .....	241
10.5.2	Čítač/časovač 0 – siréna .....	243
10.5.3	Čítač/časovač 1 v režimu PWM – PWM regulace .....	246
10.5.4	Čítač/časovač 0 – PWM regulace .....	249
10.5.5	D/A převodník využívající PWM regulaci .....	251
10.5.6	Další příklad z kapitol 11 a 12 .....	252

## **11 ASYNCHRONNÍ SÉRIOVÝ KANÁL (UART) A JEHO POUŽITÍ ..... 253**

<b>11.1</b>	<b>Popis UART mikrokontrolérů AVR.....</b>	<b>254</b>
11.1.1	Registry UART .....	254
11.1.2	Vysílání dat .....	258
11.1.3	Příjem dat .....	259
<b>11.2</b>	<b>Přípravek ATRS232.....</b>	<b>260</b>
<b>11.3</b>	<b>Sériový port a PC .....</b>	<b>261</b>
<b>11.4</b>	<b>Ovládání sériového portu v operačním systému Windows .....</b>	<b>262</b>
<b>11.5</b>	<b>Příklady .....</b>	<b>263</b>
11.5.1	Univerzální oživovací kit .....	264
11.5.2	Přeladitelný impulzní generátor.....	269
11.5.3	10bitový D/A převodník řízený počítačem .....	274
11.5.4	Programovatelný generátor.....	278

## **12 MĚŘENÍ NAPĚTÍ A JINÝCH FYZIKÁLNÍCH VELIČIN ..... 287**

<b>12.1</b>	<b>Zabudovaný analogový komparátor .....</b>	<b>288</b>
12.1.1	Registr ACSR .....	288
12.1.2	Měření kapacity nebo odporu bez použití záchytného registru .....	290
12.1.3	Měření napětí s použitím záchytného registru – přípravek AVRADC8 .....	297
<b>12.2</b>	<b>Vnější A/D převodník MCP3002 .....</b>	<b>302</b>
12.2.1	Základní principy činnosti .....	304
12.2.2	Přípravek ATMCP3002 .....	308
<b>12.3</b>	<b>Vnější převodník napětí – kmitočet LM331 .....</b>	<b>314</b>
12.3.1	Přípravek ATLM331 .....	315
12.3.2	Přípravek AT4SDYNR .....	316
12.3.3	Použití obou přípravků .....	318
<b>12.4</b>	<b>Zabudované A/D převodníky .....</b>	<b>325</b>
12.4.1	Základní vlastnosti .....	325
12.4.2	Parametry.....	326

12.4.3	Operace .....	327
12.4.4	Předdělička .....	328
12.4.5	Funkce potlačovače šumu .....	329
12.4.6	Technika snížení šumu .....	329
12.4.7	Řídicí registry .....	330
12.4.8	Skenování více kanálů .....	332
12.4.9	Příklad použití A/D převodníku .....	333
<b>12.5</b>	<b>Vnější převodník teplota – šířka impulzu SMT16-30 .....</b>	<b>336</b>
12.5.1	Stručný popis senzoru SMT160-30 .....	337
12.5.2	Měření střidy signálu .....	338
12.5.3	Měření teploty pomocí senzoru SMT160-30 .....	341

## **13 ZBÝVAJÍCÍ RYSY MIKROKONTROLÉRŮ AVR ..... 347**

<b>13.1</b>	<b>Sériový kanál SPI .....</b>	<b>348</b>
13.1.1	SPCR – řídicí registr SPI kanálu .....	350
13.1.2	SPSR – stavový registr SPI kanálu .....	351
13.1.3	SPDR – datový registr SPI kanálu .....	351
13.1.4	Příklad použití SPI kanálu .....	351
<b>13.2</b>	<b>Režimy spánku .....</b>	<b>354</b>
13.2.1	Idle mode (režim nečinnosti) .....	354
13.2.2	Power-down mode (režim sníženého napájecího napětí) .....	355
13.2.3	Power Save mode (režim snížené spotřeby) .....	355
13.2.4	Závěrečné poznámky .....	356
13.2.5	Použití režimu Idle .....	356
<b>13.3</b>	<b>Zabudovaná E<sup>2</sup>PROM .....</b>	<b>358</b>
13.3.1	Přístup do E <sup>2</sup> PROM .....	359
13.3.2	Registry pro práci s E <sup>2</sup> PROM .....	360
13.3.3	Prevence poškození obsahu E <sup>2</sup> PROM .....	362
13.3.4	Příklad práce s E <sup>2</sup> PROM .....	362
13.4	Nabídka přípravků .....	364

## **14 NOVÉ VÝVOJOVÉ KITY PRO MIKROKONTROLÉRY ATTINY2313 A ATMEGA8535 ..... 365**

<b>14.1</b>	<b>Nahrání programu do vývojového kitu SDK2313 nebo SDK8535 .....</b>	<b>366</b>
<b>14.2</b>	<b>Dialog Nastavení propojek .....</b>	<b>367</b>
<b>14.3</b>	<b>Dialog Programování EEPROM .....</b>	<b>368</b>
<b>14.4</b>	<b>Maximální hodinový kmitočet .....</b>	<b>369</b>
	<b>PŘEHLED PŘÍPRAVKŮ ATMEL .....</b>	<b>370</b>
	<b>PLOŠNÉ SPOJE .....</b>	<b>370</b>
	<b>LITERATURA .....</b>	<b>371</b>



# CO NAJDETE NA DOPROVODNÉM CD-ROM

Doprovodné CD-ROM obsahuje všechny informace potřebné pro snadnou práci s knihou. Tyto informace lze rozdělit do logických celků, které se nacházejí v oddělených adresářích:

- adresář **BEN** obsahuje přehled vydaných knih a CD nakladatelství BEN – technická literatura (aktualizováno k počátku června 2006), jejichž součástí je počítačová verze tištěného katalogu – Edičního plánu „Jaro/léto 2006“,
- adresář **DATASHEET** obsahuje dokumentaci vybraných integrovaných obvodů a především procesorů ATMEL, které jsou v knize používány, ve formátu PDF. Najdete zde též samorozbalitelný archiv programu Adobe Acrobat Reader verze 5.0, který slouží k prohlížení PDF souborů.

**Tip:** Zajímavá je také originální dokumentace (v angličtině) o přechodu ze starších typů procesorů AVR na nové.

- adresář **FOTO** obsahuje, jak sám název napovídá, fotografie hotových přípravků. Každý byl nafocen z několika pohledů, aby byla lépe dokumentována jejich možná stavba, Do shodného adresáře jsme umístili trial verzi prohlížeče staženou z Internetu (<http://www.acdsystems.com>): **ACDSee Classic**

**Tip:** pokud se vám fotografie zdají příliš tmavé, aktivujte ve vašem prohlížeči Gamma korekci na hodnotu např. 1.50 (optimální hodnota závisí na nastavení vašeho grafického subsystému).

- adresář **KATALOG** obsahuje počítačovou podobu tištěného katalogu v PDF z dubna 2006. Aktuální ceny součástek najdete na URL: <http://www.gme.cz>.

Protože orientační ceny všech součástek byly brány z katalogu a ceníku z roku 2003, jsou pro úplnost na CD také ponechána původní data ceníku z doby prvního vydání knihy, tj. z března 2003,

- adresář **OBEKNICE** je off-line podoba [www stránek](http://www.obecnice.cz) (včetně ceníku) předního českého prodejce obvodů (Zásilková služba ELEKTRONIC OBEKNICE), programovacích kitů a programátorů Atmel. Navíc je na těchto stránkách přehled zapojení konektorů a redukci ze známého webu „**Hardware book**“,

- adresář **PROGRAMY** obsahuje zdrojové i přeložené formy všech programů realizovaných v knize a ovládací programy pro programátor ISP (**SDKAVR**, **SDK2313**, **SDK8535**),

- adresář **SPOJE** obsahuje klišé plošných spojů všech přípravků popsaných v knize ve formátu TIF a navíc ve zdrojovém formátu BRD programu EAGLE je verze 2.6, aby si čtenáři případně mohli plošné spoje upravit podle vlastních představ. Některé spoje jsme ještě v redakci dodatečně upravovali (zvětšování úchytných plošek pro součástky, ...), takže finální verze je uložena pouze ve formátu TIF (je shodná s klišé otištěnými v knize),

- adresář **SW** obsahuje následující programové balíčky, které byly staženy ze stránek firmy Atmel ([http://www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card.asp?tool\\_id=2725](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725)) a které jsou vhodné pro vážnou práci s procesory Atmel AVR:

- AVR assembler pro Atmel AVR v. 3.1 (pro Windows), cca 1 MB
- AVR studio v. 3.56 (starší verze), cca 7,5 MB
- AVR studio v. 4.12 (build 460, 11/2005), cca 50 MB,
- AVR studio v. 4.12 service pack 1 (1/2006), cca 10 MB,
- AVR studio v. 4.12 service pack 2 (3/2006), cca 10 MB,
- doprovodná dokumentace v PDF (anglicky)

- adresář **UPDATE** obsahuje důležité informace oproti prvnímu vydání.

## O KNIZE

Tato kniha je zaměřena na popis a ukázky praktických použití mikrokontrolérů **ATMEL AVR** typů: **AT90S1200**, **AT90S2313**, **AT90S2343**, **AT90S4433**, **AT90S8515** a **AT90S8535**. Pozornost je věnována především typu **AT90S2313**, který bylo možno pořídit za rozumnou cenu (okolo 85 Kč) a vyniká relativně vysokým počtem zabudovaných periférií. Jsou však uvedeny i aplikace mikrokontrolérů **AT90S2343** (levný typ v 8vývodovém pouzdře) a **AT90S8535** (nejvíce vybavený typ). Všechny mikrokontroléry se vyznačují **RISC** architekturou (zajistí vysoký výpočetní výkon), velkým počtem pracovních registrů a hlavně možností sériového downloadu (podporuje programování přímo v navrhované aplikaci; značně zjednodušuje vývoj aplikací).

Nejdříve je proveden stručný popis vlastností jednotlivých mikrokontrolérů a AVR architektury včetně sériového downloadu. Tento popis je zakončen návodem na stavbu SDK kitů (programátorů – vývojových desek) pro mikrokontroléry **AT90S2313**, **AT90S2343** a **AT90S8535**. Zájemce si na podobném principu může sestavit vlastní programátory pro ostatní typy mikrokontrolérů.

Následuje uvedení programátorského modelu, instrukční sady a programování za pomoci direktiv překladače AVR 3.1.

Další kapitoly přinášejí klasické aplikace AVR (řízení skupiny LED, 7segmentového LED displeje, LCD displeje a maticové klávesnice) a ukazují použití obvodu **SAA1064** (budič 4místného segmentovkového LED displeje ovládaný sběrnici I<sup>2</sup>C).

Následuje popis přerušovacího systému a zdrojů resetu. Je ukázáno praktické použití zabudovaného obvodu **Watchdog**.

Velká pozornost je věnována použití čítačů/časovačů. Jedná se o obsluhu displeje s časovým multiplexem, měření kmitočtu, **PWM regulaci**, použití pro **A/D** a **D/A převody**.

Další kapitola popisuje možnosti sériového kanálu a připojuje 4 aplikace řízené programy, které pracují pod operačním systémem **Windows 95** a vyšším (univerzální 8bitový vstupně/výstupní port; impulzní generátor; D/A převodník řízený počítačem; generátor programovatelných průběhů).

Následuje kapitola, která je věnována otázce **měření fyzikální veličin** (především napětí). Jsou uvedeny příklady použití zabudovaného analogového komparátoru pro měření kapacity resp. odporu a napětí (spojeno s čítačem pracujícím v režimu **Input Capture**), čítače (měření napětí mezipřevodem na kmitočet), externího A/D převodníku **MCP3002** a zabudovaných A/D převodníků (pouze u typů **AT90S4433** a **AT90S8535**). Dále jsou uvedeny dva příklady práce s teplotním senzorem **SMT160-30 (SMARTEC)**.

Poslední kapitola se věnuje zbývajícím rysům AVR. Jedná se o ukázkou použití paměti **E<sup>2</sup>PROM**, **SPI** kanálu a režimů snížené spotřeby.

V příkladech jsou použity přípravky popsané v knihách: **Práce s mikrokontroléry AT89C2051** a **Práce s mikrokontroléry AT89S8252** (tyto knihy však nezbytně nepotřebujete, vždy je uveden krátký popis vysvětlující funkci a konstrukci přípravku). Dále jsou publikovány nové přípravky, které především demonstrují možnosti zabudovaných periférií AVR.