

# Mikrokontroléry ATMEL AVR programování v jazyce C

Popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C

Vladimír Váňa

Praha 2003



---

Vladimír Váňa

## **Mikrokontroléry ATMEL AVR – Programování v jazyce C – Popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C**

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 nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Vladimír Váňa, Praha 2003

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

Vladimír Váňa: Mikrokontroléry ATMEL AVR – Programování v jazyce C

BEN – technická literatura, Praha 2003

1. vydání

**ISBN 80-7300-102-0**

# OBSAH

Co najdete na doprovodném CD .....	7
<b>1</b> Ještě než začnete .....	<b>8</b>
<b>2</b> Popis CodeVisionAVR C .....	<b>9</b>
<b>3</b> Vývojové prostředí (IDE) CodeVisionAVR C .....	<b>11</b>
<b>4</b> Referenční manuál překladače C CodeVisionAVR .....	<b>17</b>
4.1 Direktivy preprocesoru a pragmy .....	17
4.1.1 Preprocesor .....	17
4.2 Komentáře .....	23
4.3 Klíčová slova .....	24
4.4 Identifikátory .....	24
4.5 Datové typy .....	24
4.6 Konstanty .....	24
4.7 Proměnné .....	26
4.8 Uživatelem definované datové typy .....	36
4.9 Typové konverze, přetypování .....	36
4.10 Operátory .....	38

4.11	Funkce .....	40
4.12	Ukazatele .....	40
4.13	Přístup k I/O registrům .....	42
4.14	Přístup k EEPROM .....	44
4.15	Použití přerušení .....	45
4.16	Využití SRAM .....	46
4.17	Použití externího souboru STARTUP.ASM .....	48
4.18	Využití assembleru ve zdrojovém kódu C jazyka .....	51
4.19	Volání funkcí napsaných v assembleru .....	51
4.20	Využití debuggeru AVR studia .....	53
4.21	Zbývající rysy překladače CodeVisionAVR C .....	54
<b>5</b>	<b>Knihovní funkce jazyka C CodeVisionAVR .....</b>	<b>55</b>
5.1	Znakové funkce .....	55
5.2	Standardní I/O funkce .....	56
5.3	Funkce standardní knihovny .....	59
5.4	Matematické funkce .....	60
5.5	Řetězcové funkce .....	63

5.6	BCD konverzní funkce .....	68
5.7	Konverzní funkce Grayova kódu .....	68
5.8	Funkce pro přístup k paměti .....	69
5.9	Funkce pro LCD .....	69
5.10	Funkce sběrnice I2C .....	73
5.11	SPI funkce .....	77
5.12	Funkce pro úsporný režim (Power Management Functions) .....	80
5.13	Funkce časových prodlev, časového zpoždění .....	81
<b>6</b>	<b>Vytváření knihoven .....</b>	<b>83</b>
6.1	Vytvoření vlastní knihovny .....	83
6.2	LCD displej a knihovna pro jeho ovládání z jazyka C .....	86
<b>7</b>	<b>Příklady .....</b>	<b>93</b>
7.1	Program 1 – ovládání LED diod, blikač .....	93
7.2	Program 2 – vyslání nápisu na LCD displej .....	101
7.3	Program 3 – vyslání řetězce znaků na RS232 .....	104
7.4	Program 4 – vstupy z tlačítek .....	110
7.5	Program 5 – maticová klávesnice .....	112

7.6	Program 6 – klávesnice PC .....	121
7.7	Program 7 – voltmetr .....	137
7.8	Program 8 – čítač .....	139
7.8a	Program 8 – měřiče kmitočtu .....	145
7.9	Program 9 – hodiny .....	146
7.10	Program 10 – sběrnice MicroWire .....	150
7.11	Program 11 – I <sup>2</sup> C zápis .....	155
7.12	Program 11 – I <sup>2</sup> C čtení .....	159
7.13	Program 11 – PLL syntezátor kmitočtu řízený I <sup>2</sup> C .....	162
7.14	Program 12 – SPI .....	170
7.14	Program 13 – PWM .....	178
7.15	Program 14 – USB .....	181
8	Závěrečná poznámka .....	197
9	Příloha – programování v AVR GCC .....	199
	Literatura a odkazy na Internetu .....	205
	Knihy BEN – technická literatura .....	206

# 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 off-line verzi www stránek nakladatelství BEN – technická literatura (aktualizováno k počátku léta 2003), jejichž součástí je počítačová verze tištěného katalogu – Edičního plánu „jaro a léto 2003“ a samostatného přehledu naší produkce „BEN 2003“.
- adresář **DATASHEET** obsahuje dokumentaci ve formátu PDF vybraných integrovaných obvodů ATMEL, které jsou v knize používány. Pro úplnost jsou zde i některé další periferní obvody mající vztah ke zveřejněným příkladům.

Najdete zde též samorozbalitelný archiv programu Adobe Acrobat Reader verze 5.0, který slouží k prohlížení PDF souborů,

- adresář **NAPADY** obsahuje skutečné aplikace posbírané na Internetu, které mají sloužit jako inspirace, zejména pro amatérské konstruktéry. Viz též str. 198,
- adresář **PRIKLADY** obsahuje zdrojové i přeložené formy všech programů realizovaných v knize,
- adresář **SW** obsahuje samostatné složky s volně šiřitelnými verzemi nebo demoverzemi vývojového prostředí určeného pro procesory ATMEL AVR.

**ATMEL** – obsahuje především více verzí vývojového prostředí AVR Studio v3.20, v3.56 a v4.07. Všechny verze pracují pod operačním systémem Windows. Starší verze (3.xx) jsme uvedli proto, že pracují téměř na každém PC s prostředím alespoň Windows 95.

Navíc je na CD program WAVRASM v1.30, který rovněž umožňuje kompletní vývoj programů pro ATMEL AVR v assembleru. Pro čtenáře bude jistě i užitečný ovládací program pro programátor ATMEL AVR ISP 3.30, který je rovněž ve složce ATMEL.

**BASCOM** – vývojové prostředí včetně překladače z jazyka, který se podobá známému Visual Basicu 6.0. Je produktem firmy MCS Electronics. Omezení je na maximálně 2 kB výsledného kódu (HEX). Výhodou jsou speciální příkazy podporující práci s LCD displeji, komunikaci I<sup>2</sup>C, 1WIRE atd.

**CVAVR** – výborným kompilátorem C pro AVR, včetně vývojového prostředí, je CodeVision AVR. Rovněž tento překladač C lze nainstalovat jako součást AVR Studia. Zdarma je jeho školní verze (CodeVisionAVR C Compiler v1.23.5 Evaluation), jejímž jediným omezením je velikost výsledného kódu do 2 kB.

**GNU\_C** – Kompilátor C, který lze nainstalovat jako součást AVR Studia. Na tento překladač není žádné časové omezení nebo omezení velikosti kódu. Je k dispozici zcela zdarma. Pro jeho užití je pouze nutné dodržet licenci GNU.

**IAR** – obsahuje časově omezená vývojová prostředí firmy IAR. Jedná se především o assembler a překladač z jazyka C/C++. Konkrétně se jedná o IAR Embedded Workbench Evaluation version for Atmel AVR v2.27B a IAR Embedded Workbench Assembler Edition for Atmel AVR v1.50B. Navíc je zde umístěn i produkt IAR MakeApp for Atmel AVR v3.01.

**JAVA** – klasická Java, ke které jsou přidány knihovny JEPES dánské firmy Mjolner Informatics. Demoverze umožňuje programovat pouze AT90S8515.

**PASCAL** – ideální prostředek pro programování, jedná se o školní verzi produktu (demo) německé firmy E-LAB Computers. Omezení je na maximálně 4 kB výsledného kódu (HEX), což pro většinu aplikací stačí. V assembleru to představuje cca 6000 řádků kódu.

# 1

## JEŠTĚ NEŽ SE ZAČTETE

Mikrokontroléry ATMEL AVR AT90S si získávají stále větší oblibenost mezi profesionálními i amatérskými konstruktéry vestavěných (embedded) zařízení. Při vytváření zařízení s mikropočítači či mikrokontroléry je důležitou částí jejich vývoje a konstrukce tvorba jejich programového vybavení. K tomu je ovšem potřeba mít vhodné prostředky – nějaké vývojové prostředí zahrnující mj. překladač z nějakého jazyka do kódu procesoru mikrokontroléru. Neméně důležité je mít schopnost s těmito prostředky pracovat.

Prvními programovacími jazyky byly assembly. U větších počítačů jako jsou osobní počítače PC, pracovní stanice či mainfraily se již téměř nepoužívají a tak jediným polem působnosti pro assembly zůstaly především jednočipové mikropočítače a mikrokontroléry. Pokud potřebujeme vytvořit jednoduchý program pro takový „jednočipák“ je použití assembleru ještě únosné. S rozvojem schopností těchto malých počítačů potřebují k jejich využití konstruktéři vytvářet programy poměrně rozsáhlé a složité a jejich tvorba v assembleru se stává již neúnosná.

Proto byly pro jednočipové mikrokontroléry a mikropočítače vytvořeny překladače z vyšších programovacích jazyků. Velké obliby dosáhl zejména jazyk C, což je dané tím, že má nejenom vlastnosti, které očekáváme od vyšších programovacích jazyků, ale i vlastnosti očekávané spíše u assemblerů. Z vyšších programovacích jazyků má jazyk C „nejblíže“ k hardwaru. Proto se i u velkých počítačů používá při vytváření operačních systémů.

Používání vyšších programovacích jazyků respektují dokonce i tvůrci procesorů, když navrhují jejich jádro optimalizované pro práci s kompilátory nějakého vyššího jazyka. Příkladem může být např. procesor Chip švédské firmy Imsys optimalizovaný pro jazyk Java.

RISCový procesor mikrokontrolérů ATMEL AVR byl v norském vývojovém centru Nordic VLSI v Trondheimu navržen tak, aby vyhovoval zejména široce používanému jazyku C. Programováním mikrokontrolérů ATMEL AVR v jazyce C se budeme zabývat v této publikaci. Ta je určena především začátečníkům, předpokládá se u nich alespoň základní znalost jazyka C, např. na úrovni středoškolské učebnice jazyka C.