

David Matoušek

**C pro mikrokontroléry
ATMEL AT89S52**

**Příklady a aplikace pro C51
ve vývojovém prostředí
KEIL μ Vision3**

6. díl

Praha 2007



V dnešní době stále více programátorů postupně přechází z klasického psaní kódu v assembleru na integrovaná vývojová prostředí na bázi jazyka C. Není se co divit, neboť produktivita vytváření aplikací je několikrát vyšší a přechod na jiný typ procesoru je snadnější.

Tato kniha vznikla proto, aby ukázala jak snadná je cesta programování v jazyce C. Na příkladu procesoru ATMEL AT89S52 (s jádrem C51) jsou ukázány základní operace, které budete při vývoji vlastních aplikací potřebovat. Vše si okamžitě můžete vyzkoušet na vývojovém kitu a na jednotlivých modulech.

Jste-li začátečník, v češtině doposud neexistovala didaktičtější příručka, než je tato, podle které byste se efektivněji dostali do celé problematiky vývoje aplikací v jazyce C. Pro ty, kteří rutinně pracují v assembleru, bude přechod na programování C hračkou.



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

Soubory na doprovodném CD ROM mající přímo vztah ke knize, které vytvořil sám autor (tj. obsah adresářů FOTO, PROGRAMY, SDK51, SPOJE a USB51KITv1.1), nejsou volně šiřitelné a vztahují se na ně autorská práva. Další šíření, např. umístování na jiné webové stránky nebo na jiné datové nosiče, je zakázáno.

David Matoušek

C pro mikrokontroléry ATMEL AT89S52

Příklady a aplikace pro C51 ve vývojovém prostředí KEIL μ Vision 3

6. díl

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. 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, 2007

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

David Matoušek:

C pro mikrokontroléry Atmel AT89S52

BEN – technická literatura, Praha 2007

1. vydání

ISBN 978-80-7300-215-2

OBSAH

0 KNIZE	9
1 ZÁKLADNÍ POJMY – TERMINOLOGIE	11
1.1 Standardní registry a jejich význam	15
2 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI MIKROKONTROLÉRU AT89S52	17
2.1 Popis vývodů	19
2.2 Mikrokontrolér AT89S8253	24
3 SDK51 – PROGRAMÁTOR A VÝVOJOVÝ KIT PRO AT89S52	25
3.1 Schéma zapojení	26
3.2 Výkres desky plošných spojů	26
3.3 Úprava konstrukce SDK8252 na SDK51	30
3.4 Propojovací kabely	31
3.5 Oživení vývojového kitu SDK51	31
3.6 Ovládací program SDK51.EXE	32
3.7 Počáteční nastavení vývojového kitu	33
3.8 Ovládání vývojového kitu z příkazového řádku	33
3.9 Nová verze ovládacího programu pro USB51KIT	33
4 PROGRAMÁTORSKÝ MODEL AT89S52	35
4.1 Rozdělení paměťového prostoru	36
4.2 Základní registry	41
4.3 Banky registrů R0 až R7	43
5 ÚVOD DO PROGRAMOVÁNÍ V JAZYCE C51	45
5.1 Základní pojmy algoritmicke a programování	46
5.2 Základní pojmy programování v jazyce C	47
5.3 Základní datové typy jazyka C51	49

6	OPERÁTORY JAZYKA C	53
6.1	Aritmetické operátory	54
6.2	Logické operátory	56
6.3	Relační operátory	56
6.4	Bitové operátory	57
6.5	Přiřazovací operátory	59
6.6	Zvláštní operátory	60
6.7	Priority všech operátorů	61
7	ZAČÍNÁME PROGRAMOVAT	63
7.1	Vnitřní zapojení portů	64
7.2	Přípravek AT8LED – osmice LED	65
7.3	Instalace vývojového prostředí C51	66
7.4	Příklad PROG_01 – rozsvícení LED	72
7.5	Obsah souboru REGX52.H	74
7.6	Direktiva #define a její použití	75
8	POKROČILEJŠÍ PŘÍKLADY	77
8.1	Podmíněný příkaz (if)	78
8.2	Příkazy cyklů	79
8.3	Přípravek ATDIPSW2 – osmice spínačů	81
8.4	Příklad PROG_02 – řízení LED pomocí spínačů	82
8.5	Příklad PROG_03 – blikání LED	83
8.6	Přepínač (switch)	85
8.7	Přípravek AT7SEG – 7segmentovka	85
8.8	Příklad PROG_04 – zobrazení hexačíslice na přípravku AT7LED	87
9	STRUKTUROVANÉ DATOVÉ TYPY A FUNKCE	89
9.1	Datové typy	90
9.2	Pole	91
9.3	Příklad PROG_05 – ovládání AT7SEG (upravená verze PROG_04)	93
9.4	Funkce	95
9.5	Příklad PROG_06 – ovládání AT7SEG (upravená verze PROG_05)	96

9.6	Přípravek ATSW – pětice tlačítek	98
9.7	Výčtový typ (enum)	100
9.8	Příklad PROG_07 – ošetření zákmitů od ATSW	101
9.9	Struktura, sjednocení, bitové pole	104
9.10	Příklad PROG_08 – použití struktury, sjednocení a bitového pole	107
10	PŘERUŠENÍ A PŘERUŠOVACÍ SYSTÉM	109
10.1	Přerušení (interrupt)	110
10.2	Přípravek ATIKBD	114
10.3	Příklad PROG_09 – příjem znaku z ATIKBD pomocí přerušení	117
11	ČÍTAČE/ČASOVAČE 0 A 1 A JEJICH POUŽITÍ	121
11.1	Popis čítačů/časovačů 0 a 1	122
11.2	Příklad ATREPRO – piezoměnič	125
11.3	Příklad PROG_10 – generování tónu na přípravku ATREPRO ...	127
11.4	Příklad PROG_11 – blikání LED pomocí časovače	128
11.5	Přípravek AT4SDYNR – displej s časovým multiplexem	130
11.6	Příklad PROG_12 – řízení přípravku AT4SDYNR	133
11.7	Příklad PROG_13 – editace údaje AT4SDYNR pomocí ATIKBD	135
12	SÉRIOVÝ KANÁL A JEHO POUŽITÍ	139
12.1	Režimy sériového kanálu (portu)	140
12.2	Příklad PROG_14 – příjem znaku pomocí jednotky UART	142
12.3	Přípravek ATRS232+	144
12.4	Příklad PROG_15 – jednoduchá komunikace s PC	146
13	LCD DISPLEJ A JEHO POUŽITÍ	151
13.1	Řadič HD44780	152
13.2	Přípravek ATLCDTX2 – LCD displej (4bitová komunikace)	157
13.3	Soubor ATLCDTX2.H – Rutiny pro řízení displeje	159
13.4	Příklad PROG_16 – zobrazení textu na displeji	159

14	UKAZATELE A ŘETĚZCE	161
14.1	Ukazatel (pointer)	162
14.2	Řetězec	165
15	FUNKCE PRINTF	169
15.1	Formátovaný výstup	170
15.2	Pravidla pro zápis konverze	170
15.3	Příznaky	170
15.4	Šířka	171
15.5	Přesnost	171
15.6	Modifikátor	172
15.7	Konverze	173
15.8	Návratová hodnota	173
15.9	Implementace funkce printf v C51	173
15.10	Příklad PROG_17 – ukázka použití funkce printf	174
15.11	Přípravek ATSVORKY+	175
15.12	Příklad PROG_18 – měření kmitočtu čítačem	176
16	TŘÍDRÁTOVÁ SÉRIOVÁ SBĚRNICE	181
16.1	Zmnožení vstupů a výstupů	182
16.2	Přípravek ATSPITST	183
16.3	Příklad PROG_19 – ukázka použití přípravku ATSPITST	184
16.4	Přípravek ATUSIDSP – 3místný displej řízený 3drátovou sběrnicí	186
16.5	Příklad PROG_20 – ukázka použití přípravku ATUSIDSP	189
17	ČÍTAČ/ČASOVAČ 2	193
17.1	Registry čítače/časovače 2	194
17.2	Režimy čítače/časovače 2	196
17.3	Příklad PROG_21 – ukázka použití čítače/časovače 2	201
17.4	Příklad PROG_22 – generátor	202

18	DALŠÍ RYSY AT89S52	207
18.1	PCON – registr řízení spotřeby	208
18.2	WDT – obvod Watchdog	209
18.3	Registry AUXR a AUXR1	210

PŘÍLOHY

A.	Logické systémy, číselné soustavy	213
-----------	--	------------

B.	Stručný popis vývojového prostředí μVision 3	219
-----------	--	------------

B.1	Stručný popis jednotlivých položek nabídky	220
B.2	Ukázka možností ladění	226
B.3	Konfigurace prostředí pro přímé řízení vývojového kitu SDK51/USB51KIT	229

LITERATURA	230
-------------------------	------------

PŘEHLED PŘÍPRAVKŮ ATMEL	231
--------------------------------------	------------

PLOŠNÉ SPOJE	231
---------------------------	------------

Knihy na problematiku procesorů ATMEL	232
--	------------

Prodejny technické literatury	239
--	------------

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 polovině března 2007), jejichž součástí je počítačová verze tištěného „Katalogu – Edičního plánu 2007“ ve formátu PDF.
- adresář **DATASHEET** obsahuje nezbytnou originální dokumentaci ve formátu PDF. Najdete zde též samorozbalitelný archiv programu Adobe Acrobat Reader v několika verzích, který slouží k prohlížení PDF souborů.
- 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 ACDSsee staženou z Internetu (<http://www.acdsystems.com>): **ACDSsee Classic** (velikost instalačního souboru cca 1,6 MB, minimální požadavky Windows 95/98/Me/NT4/2000/XP, PC 486DX s 32 MB RAM, režim grafického adaptéru s 256 barvami, 4 MB volného místa na pevném disku, vhodný Internet Explorer 4.0 nebo pozdější).

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).

- v adresáři **KEIL** je vývojové prostředí Keil μ Vision3 Release 7/2006 – Keil C51 verze 8.05. Pro rychlou orientaci je zde také přímý odkaz na výrobce a wordovský dokument, kde je přehled podporovaných procesorů.
- adresář **PROGRAMY** obsahuje zdrojové i přeložené formy všech programů realizovaných v knize. Programy nejsou volně šiřitelné.
- adresář **SDK51** obsahuje oživovací a ovládací aplikaci vývojového kitu SDK51. Ovládací program je koncipován jako jednoduchá aplikace pro Windows, která si neklade extrémní nároky na možnosti počítače nebo procesoru. Programy nejsou volně šiřitelné.
- adresář **USB51KITv1.1** obsahuje novou verzi ovládacího programu pro vývojový kit USB51KIT, který byl před nedávnem zveřejněn jako stavební návod [7]. Nová verze poskytuje možnost vypnutí verifikace a dále podporuje ovládání z příkazového řádku (podobně jako v kapitole 3.7). Rovněž podporuje procesor AT89S8253.
- adresář **SPOJE** obsahuje klišé plošných spojů všech přípravků popsaných v knize ve formátu TIF a navíc ve zdrojových formátech BRD a SCH programu EAGLE v. 2.61, aby si čtenáři případně mohli plošné spoje upravit podle vlastních představ. Některé spoje jsme ještě v redakci dodatečně upravovali (úprava kritických vzdáleností, ...), takže finální verze je uložena pouze ve formátu TIF (je shodná s klišé otištěnými v knize),
Klišé nejsou volně šiřitelná.

O KNIZE

Tato kniha je věnována programování mikrokontroléru **AT89S52** pomocí programovacího jazyka C. Programovací jazyk C poskytuje rychlý vývoj programů a nevyžaduje znalost instrukčního souboru.

Kniha je určena hlavně začátečníkům. To znamená, že v ní najdete nezbytný výklad jazyka C a vlastností mikrokontroléru **AT89S52**. Prakticky je používáno vývojové prostředí **µVision3** od firmy **KEIL**.

Všechny probírané partie, jak z programování v jazyce C tak z vlastností mikrokontroléru **AT89S52**, jsou prokládány příklady.

První kapitola vykládá základní pojmy mikroprocesorové techniky jako je: paměť, bit, bajt, adresa, sběrnice, mikroprocesor, registr, instrukce, zásobník.

Druhá kapitola uvádí základní vlastnosti mikrokontroléru **AT89S52**. Jedná se především o popis vývodů.

Třetí kapitola popisuje stavbu levného vývojového kitu **SDK51**, který je určen pro sériový port.

Čtvrtá kapitola je věnována programátorskému modelu. Popisuje rozdělení paměťového prostoru, připojení vnější paměti, základní registry.

Pátá kapitola představuje **úvod do programovacího jazyka C51**. Kapitola je určena především těm, kteří dosud neprogramovali. Proto vykládá základní pojmy jako je: algoritmus, program, programovací jazyk, překladač, syntax, sémantika, vývojový diagram. Dále se věnuje základním datovým typům (celá čísla, reálná čísla, znaky).

Šestá kapitola vysvětluje **operátory** jazyka C.

V sedmé kapitole je předveden první příklad. Nejdříve je popsána **vnitřní stavba portu**, dále je uveden přípravek **AT8LED** (osmice LED), je předvedena instalace vývojového prostředí. V příkladu je ukázáno rozsvícení LED.

Osmá kapitola vysvětluje **řídící příkazy jazyka C** (podmíněný příkaz, příkazy cyklů, prepínač). S jejich pomocí lze již vytvářet složitější programy. Jsou uvedeny přípravky **ATDIPSW2** (osmice spínačů) a **AT7SEG** (7segmentovka). Příklady ukazují řízení LED pomocí spínačů, blikání LED, použití 7segmentovky.

Devátá kapitola popisuje **složitější datové typy a funkce**. Po výkladu polí je ukázána dokonalejší varianta řízení 7segmentovky. Tento příklad je ještě zdokonalen po seznámením s možnostmi funkcí. Dále je uveden přípravek **ATSW** (pětice tlačítek), který je ukázán v příkladu ošetření zákmitů tlačítek. Další příklad ukazuje možnost zápisu údaje v dvojkové soustavě v jazyce C.

Desátá kapitola je věnována **přerušení** a přerušovacímu systému. Po výkladu pojmu přerušení a vyložení funkce jednotlivých registrů je uveden přípravek **ATIKBD** (maticová klávesnice s odesláním znaku přes přerušení a sériovou linku). Následující příklad pak ukazuje příjem znaku z ATIKBD přes přerušení.

Jedenáctá kapitola je ukazuje možnosti **čítačů/časovačů 0 a 1**. V této kapitole je uveden přípravek **ATREPRO** (piezoměnič), který je následně použit v příkladu generování tónu. Dále je ukázáno blikání pomocí časovače a obsluha displeje

AT4SDYNR (4místný LED displej) s časovým multiplexem. Další příklad používá klávesnici ATIKBD pro editaci údaje na displeji AT4SDYNR.

Dvanáctá kapitola se zabývá **sériovým kanálem** (UART). V kapitole je uveden přípravek **ATRS232+** (umožňuje připojení sériového kanálu k počítači). První příklad ukazuje příjem znaku z klávesnice ATIKBD přes sériový kanál. Druhý příklad ukazuje ovládání mikrokontroléru pomocí počítače.

Třináctá kapitola ukazuje připojení **LCD** displeje, jedná se o přípravek **ATLCD-TX2**. Po popisu funkcí, pro ovládání displeje je ukázán krátký příklad pro zobrazení textu na LCD.

Čtrnáctá kapitola vysvětluje složitější pojmy programování, jedná se o **ukazatel a řetězec**.

Patnáctá kapitola popisuje funkci **printf**, která umožňuje formátovaný výpis proměnných různých typů. V této kapitole je uveden přípravek **ATSVORKY+** (svorkovnice). Příklady ukazují výpis textu na LCD pomocí funkce printf a měření kmitočtu pomocí čítače.

Šestnáctá kapitola je věnována zmnožení počtu vstupů resp. výstupů pomocí posuvných registrů. V této kapitole jsou uvedeny přípravky **ATSPITST** (8bitové rozšíření sběrnice) a **ATUSIDSP** (3místný LED displej ovládaný sériovou sběrnici). Příklady ukazují práci s těmito přípravky.

Sedmnáctá kapitola uvádí možnosti **čítače/časovače 2**. Příklady ukazují použití režimu programovatelného hodinového výstupu.

Osmnáctá kapitola popisuje zbývající možnosti a registry mikrokontroléru AT89S52. Jedná se o režimy snížené spotřeby a WDT.

První příloha vysvětluje vzájemné převody čísel mezi dvojkovou, desítkovou a šestnáctkovou soustavou.

Druhá příloha podrobněji popisuje možnosti vývojového prostředí μ Vision3. Uказuje především možnosti ladění.