

David Matoušek

USB PRAKTICKY S OBVODY FTDI – 1. DÍL

**Měření, řízení a regulace pomocí několika
jednoduchých přípravků**

Praha 2003



Komerční využití stavebních návodů je povoleno jen s písemným souhlasem autora a nakladatelství. Soubory na CD-ROM mají přímo vztah ke knize, tj. obsah adresáře PROGRAMY, nejsou volně šiřitelné.

David Matoušek

USB PRAKTICKY S OBVODY FTDI – 1. DÍL

Měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků

Lektor Václav Dvořáček

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, 2003

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

David Matoušek:

USB prakticky s obvody FTDI – 1. Díl

Měření, řízení a regulace pomocí několika jednoduchých přípravků

BEN – technická literatura, Praha 2003

1. vydání

ISBN 80-7300-103-9

OBSAH

	CO NAJDETE NA DOPROVODNÉM CD-ROM	9
	O KNIZE	10
1	ZÁKLADNÍ POJMY USB	11
1.1	Parametry USB	12
1.2	Konektory a kabely	12
1.3	Verze USB a přenosové rychlosti	13
1.4	Přenos dat a příbuzné pojmy	14
1.5	Typy přenosů na USB	15
1.6	Enumerace – rozpoznávání zařízení	16
1.7	Nejdůležitější položky deskriptoru zařízení	17
1.8	Huby – rozbočovače	17
2	POPIS OBVODU FT232BM	19
2.1	Základní vlastnosti FT232BM	20
2.2	Rozšíření schopností v řadě B	21
2.3	Blokové schéma FT232BM	24
2.4	Popis vývodů FT232BM	26
2.4.1	UART rozhraní	26
2.4.2	USB rozhraní	28
2.4.3	E ² PROM rozhraní	28
2.4.4	Řízení spotřeby	28
2.4.5	Pomocné signály	28
2.4.6	Napájecí vývody	29
2.5	Rozměry a značení pouzdra LQFP-32	30
2.6	Mezní údaje	30
2.7	Příklady zapojení obvodu FT232BM	30
2.7.1	Připojení oscilátoru	30
2.7.2	Připojení E ² PROM	31
2.7.3	Napájení aplikace z USB sběrnice	32
2.7.4	Napájení aplikace z vlastního zdroje (1)	32
2.7.5	Napájení aplikace z vlastního zdroje (2)	33
2.7.6	Zapojení UART rozhraní	34
2.7.7	Rozhraní pro připojení indikačních LED	35
2.7.8	Rozhraní pro 3,3V logiku	36
2.7.9	Řízení spotřeby vnějších obvodů	37
2.8	Bit Bang režim	38

2.9	Použití pracovního krystalu pro mikrokontrolér	38
3	OVLÁDACÍ ROZHRANÍ	41
3.1	Architektura D2XX	43
3.2	Klasické funkce	43
3.2.1	<i>Typ FT_STATUS</i>	44
3.2.2	<i>FT_ListDevices</i>	45
3.2.3	<i>FT_Open</i>	45
3.2.4	<i>FT_OpenEx</i>	45
3.2.5	<i>FT_GetDeviceInfo</i>	46
3.2.6	<i>FT_Close</i>	46
3.2.7	<i>FT_Read</i>	46
3.2.8	<i>FT_Write</i>	47
3.2.9	<i>FT_ResetDevice</i>	47
3.2.10	<i>FT_SetBaudRate</i>	48
3.2.11	<i>FT_SetDivisor</i>	48
3.2.12	<i>FT_SetDataCharacteristics</i>	48
3.2.13	<i>FT_SetFlowControl</i>	49
3.2.14	<i>FT_SetDtr a FT_ClrDtr</i>	49
3.2.15	<i>FT_SetRts a FT_ClrRts</i>	49
3.2.16	<i>FT_SetBreakOn a FT_SetBreakOff</i>	50
3.2.17	<i>FT_GetModemStatus</i>	50
3.2.18	<i>FT_SetChars</i>	50
3.2.19	<i>FT_Purge</i>	51
3.2.20	<i>FT_SetTimeouts</i>	51
3.2.21	<i>FT_GetQueueStatus</i>	51
3.2.22	<i>FT_GetStatus</i>	52
3.2.23	<i>FT_SetEventNotification</i>	52
3.3	Funkce pro programování E²PROM	53
3.3.1	<i>FT_EE_Program</i>	53
3.3.2	<i>FT_EE_Read</i>	54
3.3.3	<i>FT_EE_UASize</i>	54
3.3.4	<i>FT_EE_UARead</i>	55
3.3.5	<i>FT_EE_UAWrite</i>	55
3.4	Rozšířené funkce	55
3.4.1	<i>FT_SetBitMode</i>	56
3.4.2	<i>FT_GetBitMode</i>	56
3.4.3	<i>FT_SetLatencyTimer</i>	57
3.4.4	<i>FT_GetLatencyTimer</i>	57
3.4.5	<i>FT_SetUSBParameters</i>	57
3.5	Funkce FT_Win32 API	58
3.5.1	<i>FT_W32_CreateFile</i>	58
3.5.2	<i>FT_W32_CloseHandle</i>	59

3.5.3	<i>FT_W32_ReadFile</i>	59
3.5.4	<i>FT_W32_WriteFile</i>	60
3.5.5	<i>FT_W32_GetLastError</i>	62
3.5.6	<i>FT_W32_GetOverlappedResult</i>	62
3.5.7	<i>FT_W32_ClearCommBreak</i>	62
3.5.8	<i>FT_W32_SetCommBreak</i>	63
3.5.9	<i>FT_W32_EscapeCommFunction</i>	63
3.5.10	<i>FT_W32_GetCommModemStatus</i>	63
3.5.11	<i>FT_W32_ClearCommError</i>	64
3.5.12	<i>FT_W32_SetCommState</i>	65
3.5.13	<i>FT_W32_GetCommState</i>	66
3.5.14	<i>FT_W32_SetCommTimeouts</i>	66
3.5.15	<i>FT_W32_GetCommTimeouts</i>	67
3.5.16	<i>FT_W32_SetupComm</i>	67
3.5.17	<i>FT_W32_PurgeComm</i>	68
3.5.18	<i>FT_W32_SetCommMask</i>	68
3.5.19	<i>FT_W32_WaitCommEvent</i>	68
4	ZAŘÍZENÍ USB OD FIRMY ASIX	71
4.1	Firma ASIX	72
4.2	Zajímavé přípravky	72
4.3	Modul UMS2	73
5	UNIVERZÁLNÍ MODUL S FT232BM	75
5.1	Přípravek FT232TST	76
5.2	Plug&Play ovladač	78
5.3	Naprogramování E ² PROM	81
5.4	Aktualizace ovladače po změně PID	83
5.5	Seznam zařízení	85
5.6	Přímé řízení linek modemu	88
5.6.1	<i>Přípravek FTDITEST</i>	88
5.6.2	<i>Použití časovače</i>	89
5.6.3	<i>Kvazipřerušení (čekání na signalizaci události)</i>	92
5.7	Řízení linek v režimu Bit Bang	97
5.7.1	<i>Použití přípravku FTDITEST</i>	97
5.8	Testovací přípravek s D/A převodníkem TC1320	100
5.8.1	<i>Stručný popis obvodu TC1320</i>	100
5.8.2	<i>Testovací přípravek TC1320</i>	103
5.8.3	<i>Příklad použití funkcí FT_Win32 API</i>	104
5.9	Další příklady	108

6	ATPROG 3.0	109
6.1	Výchozí idea	110
6.2	Programovací algoritmus	110
6.2.1	<i>Paměť Flash</i>	<i>110</i>
6.2.2	<i>Vnitřní adresový čítač</i>	<i>111</i>
6.2.3	<i>Režimy programování</i>	<i>111</i>
6.3	Vlastní realizace	113
6.3.1	<i>Program řídicího mikrokontroléru</i>	<i>118</i>
6.3.2	<i>Popis tvorby ovládacího programu</i>	<i>121</i>
6.4	Stručná uživatelská příručka	128
6.5	Autorská práva	131
6.6	Ladicí program ATP3DBG.EXE	131
6.7	Příklady použití	132
7	USBAVR – VÝVOJOVÉ KITY PRO MIKROKONTROLÉR AT90S2313	133
7.1	Popis mikrokontroléru AT90S2313 a sériového downloadu	134
7.1.1	<i>Základní vlastnosti mikrokontroléru AT90S2313</i>	<i>134</i>
7.1.2	<i>Paměťové zámky</i>	<i>135</i>
7.1.3	<i>Signatura</i>	<i>135</i>
7.1.4	<i>Sériový download</i>	<i>135</i>
7.2	Dvě konstrukce USBAVR	137
7.3	USBAVR verze 1.0	137
7.4	USBAVR verze 2.0	142
7.5	Ovládací program pro obě verze USBAVR	148
8	PŘÍKLADY KOMUNIKACE VYBRANÝCH MIKROKONTROLÉRŮ S OBVODEM FT232BM	151
8.1	Nastavení přenosové rychlosti	152
8.2	Příklady použití mikrokontrolérů AT89C2051 a AT90S2313	157
9	NAPÁJECÍ ZDROJ S REGULOVATELNOU PROUDOVOU POJISTKOU	165
9.1	Výchozí idea	166
9.2	Schéma zapojení	166
9.3	Program pro AT90S2313	173
9.4	Program pro PC	179
9.5	Oživení zdroje	182

10	USBMC – UNIVERZÁLNÍ MĚŘICÍ DESKA.....	185
10.1	Schéma zapojení	186
10.2	Řídicí příkazy	192
10.3	Ovládací rozhraní	194
10.4	Firmware – Program pro mikrokontrolér AT90S2313	200
10.5	Komplexní testovací aplikace	210
10.6	Plošné spoje	217
10.7	Oživení	220
10.8	Měření V-A charakteristiky diody – příklad konkrétní aplikace	221
10.9	Návrhy na další vylepšení	226
11	EFSPROG – PROGRAMÁTOR KONFIGURAČNÍCH E²PROM	227
11.1	Uživatelská příručka programu EFSProg	228
11.1.1	<i>Stručný popis položek menu</i>	<i>229</i>
11.1.2	<i>Možné chyby při manipulaci s programem.....</i>	<i>229</i>
11.1.3	<i>Inicializační soubor EFSProg.INI</i>	<i>231</i>
11.1.4	<i>Příklad naprogramování konfigurační E²PROM.....</i>	<i>232</i>
11.2	Komentovaný výpis programu EFSProg	233
12	KONVERTORY SBĚRNICE USB<=>RS-232C A POUŽITÍ MODULU UMS2	241
12.1	USB<=>RS verze 1.0	242
12.2	USB<=>RS verze 2.0	245
12.3	Příklady použití	248
12.3.1	<i>Na řadě je VCP ovladač</i>	<i>248</i>
12.3.2	<i>Aplikace USB<=>RS verze 1.0</i>	<i>250</i>
12.3.3	<i>Aplikace USB<=>RS verze 2.0</i>	<i>250</i>
12.4	UMS2TST – Testovací deska pro modul UMS2	250
13	VÝPIS SOUBORŮ EFS.INF A FTD2XXUN.INI	253
14	DODAVATELÉ SOUČÁSTEK, MODULŮ A HOTOVÝCH PŘÍPRAVKŮ UVEDENÝCH V TÉTO KNIZE	257
13.1	GM Electronic	258
13.2	Zásilková služba Electronic Obecnice	258
13.3	ASIX s. r. o	258

13.4	Hotové přípravy	258
13.5	Závěr	259
	PŘEHLED PŘÍPRAVKŮ ATMEL	260
	PLOŠNÉ SPOJE	260
	LITERATURA	261
	KNIHY BEN – TECHNICKÁ LITERATURA	262

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 **ATMEL** je off-line podoba části www stránek firmy ATMEL zaměřených na AVR.
- adresář **BEN** obsahuje off-line verzi www stránek nakladatelství BEN – technická literatura (aktualizováno k počátku března 2003), jejichž součástí je počítačová verze tištěného katalogu – Edičního plánu „jaro/léto 2003“,
- adresář **DATASHEET** obsahuje dokumentaci vybraných integrovaných obvodů, 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,
- 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 ACDSee staženou z Internetu (<http://www.acdsystems.com>): **ACDSee Classic** (velikost instalačního souboru cca 1,6 MB, minimální požadavky Windows 95/98/Me/NT4/2000, PC 486DX s 32 MB RAM, režim grafického adaptéru s 256barvami, 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).

- adresář **KATALOG** obsahuje elektronický ceník firmy GM Electronic stažený z Internetu (z počátku března 2003) a počítačovou podobu tištěného katalogu v PDF. Aktualizovanou verzi lze získat na URL: <http://www.gme.cz>. Orientační ceny všech součástek byly brány z tohoto katalogu. Navíc je zde umístěna počítačová verze (PDF) tištěného katalogu pro rok 2003,
- adresář **OBEKNICE** je off-line podoba www stránek (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, jakožto ovládací program programátoru ISP (**SDKAVR**),
- 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 software vhodné k vážné práci s procesory Atmel AVR, stažené z internetových stránek firmy ATMEL:

AVR_3.1 (wAVRasm), **AVR_3.5** (AVR Studio 3.5), **AVR_4.0** (AVR Studio 4.0).

O KNIZE

Tato kniha je zaměřena na praktické aplikace sběrnice **USB** spolu se specializovaným konvertorem **FT232BM** od firmy **FTDI Chip** (na českém trhu ji zastupuje firma **ASIX s. r. o.**). Jistě zaujme čtenáře, kteří chtějí využívat schopností sběrnice USB a přitom vytvářet své aplikace velmi rychle (a bez zdlouhavého studia komunikačních protokolů). Navíc cena konvertoru je relativně nízká (asi 180 Kč) takže představuje i levné řešení.

Po úvodním popisu sběrnice USB a obvodu FT232BM jsou uvedeny a vysvětleny funkce ovládacího rozhraní, které umožňují vytvářet aplikace pro operační systémy **Windows 98/2000/Me/XP** (je zde i podpora pro operační systémy Linux a MAC OS).

Dále jsou stručně zmíněny vlastnosti modulů firmy **ASIX** (použití modulů osazených obvodem FT232BM zjednodušuje a urychluje proces vývoje aplikací).

Následuje kapitola představující základy práce s obvodem **FT232BM** včetně tvorby jednoduché testovací desky (instalace ovladačů, programování konfigurační E²PROM přímo v aplikaci, zjištění připojených zařízení, přímé řízení linek modemu, řízení linek v režimu Bit Bang).

Další dvě kapitoly představují programátory mikrokontrolérů **AT89C2051** a **AT90S2313**. Napájení je získáno přímo ze sběrnice USB.

Následuje kapitola s příklady použití mikrokontrolérů **AT89C2051** a **AT90S2313** pro asynchronní sériovou komunikaci s obvodem **FT232BM** včetně diskuze nastavení přenosových rychlostí.

Dále jsou publikovány **napájecí zdroj** a **měřicí deska**. Obojí je realizováno na základě mikrokontroléru **AT90S2313**.

Nakonec jsou publikovány konvertory USB \leftrightarrow RS-232C, použití modulu UMS2 od firmy ASIX, programátor konfiguračních E²PROM a kontakty na dodavatele součástek a hotových přípravků.