

David Matoušek

**APLIKACE
MIKROKONTROLÉRŮ
ATMEGA644**

Praha 2013



David Matoušek

Aplikace mikrokontrolérů ATmega644

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

© David Matoušek, 2013

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

David Matoušek: Aplikace mikrokontrolérů ATmega644

BEN – technická literatura, Praha 2013

1. vydání

ISBN 978-80-7300-492-7 (tištěná kniha)

ISBN 978-80-7300-493-4 (elektronická kniha v PDF)

Obsah

| | | |
|------|--|-----|
| 1. | Úvod do mikrokontrolérů ATmega..... | 1-1 |
| 1.1. | Základní vlastnosti..... | 1-1 |
| 1.2. | Pouzdra..... | 1-1 |
| 1.3. | Vstupně/výstupní porty..... | 1-3 |
| 1.4. | Základní vnější periferie..... | 1-4 |
| 2. | Vytváření aplikace, simulace, ověření návrhu..... | 2-1 |
| 2.1. | Vytvoření nového projektu ve vývojovém prostředí AVR Studio..... | 2-1 |
| 2.2. | Přípravek M8LED – skupina osmi LED..... | 2-2 |
| 2.3. | PROG_01 – Blikání LED..... | 2-3 |
| 2.4. | Datové typy..... | 2-6 |
| 3. | Dekódování stavů skupiny LED pomocí pole konstant..... | 3-1 |
| 3.1. | Uvedení do problematiky..... | 3-1 |
| 3.2. | PROG_02 – Dekódování stavů skupiny LED..... | 3-1 |
| 3.3. | Přípravek M7SEG – 7segmentovka se společnou anodou..... | 3-3 |
| 3.4. | PROG_03 – Dekódování stavů na 7segmentovce..... | 3-3 |
| 4. | Čtení stavu tlačítek..... | 4-1 |
| 4.1. | Připojení tlačítka..... | 4-1 |
| 4.2. | Ošetření zákmitů tlačítka..... | 4-1 |
| 4.3. | Současné čtení stavu několika tlačítek a následné vyhodnocení..... | 4-2 |
| 4.4. | Poziční kód..... | 4-2 |
| 4.5. | Přípravek MLEDSW – tlačítka a LED..... | 4-3 |
| 4.6. | PROG_04 – Ošetření zákmitů a získání pozičního kódu..... | 4-4 |
| 4.7. | Rozdělení zdrojového textu do modulů..... | 4-7 |
| 4.8. | PROG_05 – Jednoduché řízení pomocí tlačítek..... | 4-9 |
| 5. | LCD modul a jeho obsluha..... | 5-1 |
| 5.1. | Popis komunikace..... | 5-1 |
| 5.2. | Použití funkce printf..... | 5-4 |
| 5.3. | Přípravek MLCD – modul LCD..... | 5-6 |
| 5.4. | MLCdfn – skupina funkcí pro řízení MLCD..... | 5-7 |
| 5.5. | PROG_06 – test funkce MLCD..... | 5-9 |
| 6. | Rotační spínač a jeho obsluha..... | 6-1 |
| 6.1. | Přípravek MROTSW – rotační spínač se středovým tlačítkem..... | 6-1 |
| 6.2. | PROG_07 – editace čísla pomocí rotačního spínače..... | 6-2 |
| 7. | Maticová klávesnice a její obsluha..... | 7-1 |
| 7.1. | Přípravek MMATKBD – maticová klávesnice 4×4..... | 7-1 |
| 7.2. | PROG_08 – zjištění pozičního kódu maticové klávesnice..... | 7-3 |
| 8. | Přerušení, vstupy vnějšího přerušení..... | 8-1 |
| 8.1. | Přerušení u ATmega644..... | 8-1 |
| 8.2. | Řešení obsluhy přerušení ve WinAVR..... | 8-2 |
| 8.3. | Vstupy vnějšího přerušení..... | 8-2 |
| 8.4. | PROG_09 – obsluha rotačního spínače přes přerušení..... | 8-4 |
| 9. | Čítač/časovač 0..... | 9-1 |
| 9.1. | Stručný popis čítače/časovače 0..... | 9-1 |
| 9.2. | Registry čítače/časovače 0..... | 9-2 |
| 9.3. | Popis jednotlivých režimů..... | 9-4 |

| | | |
|------|---|------|
| 10 | Použití čítače/časovače 0 v režimu časovače..... | 10-1 |
| 10.1 | Přípravek MPEZO – piezoměnič | 10-1 |
| 10.2 | PROG_10 – generování tónu přes přerušení..... | 10-1 |
| 10.3 | PROG_11 – blikání LED přes přerušení..... | 10-3 |
| 10.4 | Přípravek MDYNDSP – dynamicky řízený displej | 10-5 |
| 10.5 | PROG_12 – obsluha dynamicky řízeného displeje | 10-6 |
| 10.6 | PROG_13 – digitální stopky | 10-8 |
| 11 | Použití výstupních vývodů čítače/časovače 0..... | 11-1 |
| 11.1 | PROG_14 – PWM generátor..... | 11-1 |
| 11.2 | PROG_15 – laditelný generátor signálu..... | 11-2 |
| 11.3 | Další možnosti použití čítače/časovače..... | 11-4 |
| 12 | Sériový kanál SPI..... | 12-1 |
| 12.1 | Příklady SPI obvodů..... | 12-4 |
| 12.2 | Integrovaný obvod MCP4921 | 12-4 |
| 12.3 | Přípravek MSPIDAC – 12bitový D/A převodník se sběrnici SPI..... | 12-6 |
| 12.4 | PROG_16 – Řízení D/A převodníku pomocí rotačního spínače..... | 12-6 |
| 13 | Čítač/časovač 1..... | 13-1 |
| 13.1 | Registry čítače/časovače 1..... | 13-1 |
| 13.2 | Pracovní režimy..... | 13-3 |
| 14 | Použití čítače/časovače 1 v režimu čítače..... | 14-1 |
| 14.1 | Přípravek MRX555 – generátor obdélníkového signálu | 14-1 |
| 14.2 | PROG_17 – měření kmitočtu v rozsahu 0 až 65 535 Hz..... | 14-2 |
| 14.3 | PROG_18 – měření kmitočtu v rozsahu nad 65 535 Hz..... | 14-3 |
| 14.4 | PROG_19 – snížení chyby měření kmitočtu..... | 14-6 |
| 15 | Analogový komparátor a jeho použití..... | 15-1 |
| 15.1 | Popis analogového komparátoru..... | 15-1 |
| 15.2 | Praktické použití analogového komparátoru..... | 15-3 |
| 15.3 | Přípravek MACRX – měření odporu převodem na časový interval | 15-5 |
| 15.4 | PROG_20 – použití záchytného registru a analog. komparátoru | 15-6 |
| 16 | A/D převodník..... | 16-1 |
| 16.1 | Operace..... | 16-2 |
| 16.2 | Start převodu..... | 16-3 |
| 16.3 | Předdělička a časování převodu | 16-3 |
| 16.4 | Změna kanálu nebo referenčního zdroje..... | 16-4 |
| 16.5 | Funkce potlačovače šumu..... | 16-4 |
| 16.6 | Výsledek A/D převodu..... | 16-5 |
| 16.7 | Řídící registry | 16-5 |
| 17 | Použití A/D převodníku | 17-1 |
| 17.1 | Přípravek MADTEST – regulátor napětí pro analogový vstup..... | 17-1 |
| 17.2 | PROG_21 – programové spouštění A/D převodu | 17-1 |
| 17.3 | PROG_22 – režim volného běhu..... | 17-2 |
| 17.4 | PROG_23 – spouštění A/D převodu časovačem | 17-3 |
| 18 | Jednotka USART..... | 18-1 |
| 18.1 | Vysílání dat..... | 18-3 |
| 18.2 | Příjem dat..... | 18-3 |
| 18.3 | Popis registrů jednotky USART..... | 18-4 |
| 19 | Použití jednotky USART | 19-1 |
| 19.1 | Přípravek MLCDGEN – LCD řízený sériovou linkou | 19-1 |
| 19.2 | PROG_24 – vytvoření sady funkcí pro řízení MLCDGEN | 19-1 |

| | | |
|------|--|------|
| 20 | Jednotka TWI (I ² C)..... | 20-1 |
| 20.1 | Definice TWI..... | 20-1 |
| 20.2 | Přenos dat a formát rámce..... | 20-2 |
| 20.3 | Úvod do TWI modulu..... | 20-3 |
| 20.4 | Registry TWI modulu..... | 20-5 |
| 20.5 | Použití TWI..... | 20-7 |
| 20.6 | Přenosové režimy..... | 20-9 |
| 21 | Použití jednotky TWI..... | 21-1 |
| 21.1 | Přípravek MI2CEXP8 – 8bitový expandér řízený I ² C..... | 21-1 |
| 21.2 | PROG_25 – provoz obvodu MCP23008 ve výstupním režimu..... | 21-2 |
| A. | Příloha – podklady pro výrobu přípravků..... | A-1 |
| A.1 | COM644KIT – vývojový kit..... | A-1 |
| A.2 | Přípravek M8LED – osmice LED..... | A-5 |
| A.3 | M7SEG – 7segmentovka se společnou anodou..... | A-6 |
| A.4 | MLED SW – spínače a LED..... | A-7 |
| A.5 | MLCD – modul LCD..... | A-9 |
| A.6 | MROTSW – rotační spínač se středovým tlačítkem..... | A-10 |
| A.7 | MMATKBD – maticová klávesnice 4×4..... | A-11 |
| A.8 | MPIEZO – piezoměnič..... | A-13 |
| A.9 | MDYNDSP – dynamický displej..... | A-14 |
| A.10 | MSPIDAC – 12bitový D/A převodník s SPI sběrnici..... | A-16 |
| A.11 | MRX555 – generátor obdélníkového signálu..... | A-17 |
| A.12 | MACRX – měření odporu převodem na časový interval..... | A-18 |
| A.13 | MADTEST – regulátor napětí pro analogový vstup..... | A-19 |
| A.14 | MLCDGEN – LCD řízený sériovou linkou..... | A-20 |
| A.15 | MI2CEXP8 – 8bitový expandér řízený I ² C..... | A-24 |
| B. | Literatura..... | B-1 |

Plošné spoje

Originální klišé pro výrobu plošných spojů jsme předali firmě SPOJ.
V objednávce postačí uvést označení plošného spoje, např. BEN0262.

Vše je pozitivní, tj. černá je spojový obrazec,
rozlišení 300 dpi v měřítku 1 : 1.

Kontaktní adresa:

SPOJ – výroba plošných spojů, Nosická 16, 100 00 Praha 10

tel. 274 813 823

e-mail: spoj@volny.cz

Internet: <http://www.volny.cz/plspoj>

otevírací doba: Po – Čt 8.00 – 11.00 a 16.00 – 18.00 hod.

Předmluva

Tato kniha je určena všem zájemcům o programování mikrokontrolérů řady Atmel AVR ATmega. Důraz je kladen na typ ATmega644. V textu jsou interpretovány a formou příkladů předvedeny nejpodstatnější periferie. Knihu pak lze použít pro seznámení s mikrokontroléry ATmega a budování složitějších aplikací.

Kromě vlastního popisu mikrokontroléru ATmega644 a jeho periférií jsou popsány a prakticky předvedeny postupy používané při realizaci běžných úloh z oblasti mikroprocesorové techniky s přihlédnutím k otázce měření elektrických i neelektrických veličin.

Předpokládá se, že čtenář má znalosti programovacího jazyka C v rozsahu [1] a orientujete se v základních pojmech mikroprocesorové techniky.

První kapitola popisuje základní vlastnosti mikrokontrolérů ATmega644, rozmístění vývodů na pouzdře, AVR jádro a paměti, vstupně/výstupní porty a jejich konfiguraci.

Druhá kapitola uvádí vývojové prostředí AVR Studio včetně prvního příkladu a dále seznamuje s celočíselnými datovými typy.

Třetí kapitola se zabývá technikou tabulkové transformace a ukazuje úsporu datové paměti v případě, že je transformační tabulka umístěna do paměti programu.

Čtvrtá kapitola ukazuje techniku programového ošetření zákmitů tlačítek a současnou obsluhu více tlačítek s převodem na poziční kód. Dále seznamuje s technikou rozdělení zdrojového kódu do modulů.

Pátá kapitola popisuje obsluhu LCD modulu, ukazuje také přesměrování standardního výstupu funkce printf pro výpis na LCD.

Šestá a sedmá kapitola jsou věnovány obsluze rotačního spínače a maticové klávesnice.

Osmá kapitola vysvětluje pojem přerušení, seznamuje s možnými zdroji přerušení u mikrokontroléru ATmega644, řešením obsluhy přerušení, konkretizuje informace ke vstupům vnějšího přerušení.

Devátá kapitola popisuje vlastnosti čítače/časovače 0. Desátá kapitola přináší příklady použití čítače/časovače 0 v režimu časovače, jedenáctá kapitola ukazuje použití výstupních vývodů čítače/časovače 0.

Dvanáctá kapitola popisuje sběrnici SPI a obvod MCP4921 (D/A převodník pro SPI).

Třináctá kapitola je věnována popisu čítače/časovače 1. Čtrnáctá kapitola ukazuje použití čítače/časovače v režimu čítače. Jsou zde prezentovány různé techniky měření kmitočtu.

Patnáctá kapitola ukazuje možnosti analogového komparátoru a jeho použití při měření elektrických i neelektrických veličin.

Šestnáctá a sedmnáctá kapitola se zabývají popisem a použitím zabudovaného A/D převodníku.

Osmnáctá a devatenáctá kapitola jsou věnovány jednotce USART. Sériová linka je zde použita pro komunikaci s mikrokontrolérem ATtiny2313, který ovládá LCD displej.

Dvacátá a jednadvacátá kapitola popisují jednotku TWI a obvod MCP23008 (8bitový expandér).

V příloze nalezneme schéma jednotlivých přípravků: **COM644KIT** (levný vývojový kit pro ATmega644), **M8LED** (osmice LED), **M7SEG** (7segmentovka), **MLED SW** (kombinovaný přípravek s LED a tlačítky), **MLCD** (textový LCD modul), **MROTSW** (rotační spínač), **MMATKBD** (maticová klávesnice), **MPIEZO** (piezoměnič), **MDYNDSP** (dynamicky řízený displej), **MSPIDAC** (12bitový D/A převodník řízený SPI), **MRX555** (generátor signálu s NE555), **MACRX** (měření odporu převodem na časový interval), **MADTEST** (testovací přípravek pro A/D převodník), **MLCDGEN** (LCD řízený sériovou linkou), **MI2CEXP8** (8bitový expandér řízený řC).

Přehled uváděných příkladů:

- PROG_01 – programové blikání LED,
- PROG_02 – generování bitové sekvence pomocí transformační tabulky,
- PROG_03 – dekódování stavů 7segmentovky pomocí transformační tabulky,
- PROG_04 – ošetření zákmitů tlačítek a získání pozičního kódu,
- PROG_05 – řízení programu pomocí tlačítek,
- PROG_06 – použití funkce printf na textovém LCD modulu,
- PROG_07 – editace čísla pomocí rotačního spínače,
- PROG_08 – zjištění pozičního kódu maticové klávesnice,
- PROG_09 – obsluha rotačního spínače přes přerušení,
- PROG_10 – generování tónu přes přerušení,
- PROG_11 – blikání LED přes přerušení,
- PROG_12 – obsluha dynamicky řízeného displeje,
- PROG_13 – digitální stopky,
- PROG_14 – PWM generátor,
- PROG_15 – laditelný generátor signálu,
- PROG_16 – regulace napětí pomocí D/A převodníku a rotačního spínače,
- PROG_17 – měření kmitočtu v rozsahu do 65 535 Hz,
- PROG_18 – měření kmitočtu nad 65 535 Hz,
- PROG_19 – snížení chyby měření kmitočtu,
- PROG_20 – použití záchytného registru a analogového komparátoru,
- PROG_21 – programové spuštění A/D převodu,
- PROG_22 – režim volného běhu A/D převodu,
- PROG_23 – spouštění A/D převodu časovačem,
- PROG_24 – obsluha LCD přes sériovou linku,
- PROG_25 – použití expandéru MCP23008 ve výstupním režimu.