

APLIKACE ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ S DSC

Ing. Petr Hudeček, Ing. Jan Michalík, Ing. Jan Pumr,
Ing. Martin Sobek, Ing. Jan Vaněk

VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky
17. listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba

petr.hudecek.st@vsb.cz, jan.michalik@vsb.cz, jan.pumr.fe@vsb.cz,
martin.sobek.stl@vsb.cz, jan.vanek@vsb.cz

Abstrakt:

Tento příspěvek se zabývá popisem digitálních signálových mikrokontrolérů firem Freescale MC56F8023 a Texas Instruments TMS320F28335 s plovoucí řádovou čárkou, které jsou stále aktuálními novinkami v oblasti této problematiky. Součástí mikrokontrolérů jsou také vývojové starter kity se softwarovým vybavením, které umožňují maximální flexibilitu využití všech jejich možností. Na katedře elektroniky VŠB-TUO byly k těmto deskám vyvinuty podpůrné standy pro vědecko-výzkumné a pedagogické účely. Závěrem článku jsou uvedeny oblasti využití a praktické zkušenosti s těmito digitálními systémy v příslušných aplikacích.

1. Úvod

V dnešních dnech se v moderních mikropočítačových systémech standardně již aplikují systémy založené výhradně na signálových procesorech a především v poslední době se pak výrobci zaměřují na systémy s hybridními mikrokontroléry. Hybridní mikrokontroléry jsou monolitické mikropočítače, obsahující výpočetní jádro signálového procesoru, které je doplněno množstvím periférií. Výhodou hybridního řešení je, že signálové jádro nabízí značný výpočetní výkon, především ve výpočetních operacích typu MAC, a periférie dodávají výkonné prostředí pro styk z danou aplikací. Toto řešení taktéž odstraňuje případné problémy s rychlostí přístupu k perifériím a usnadňuje obvodový návrh zařízení. Jistým omezením je pak horší pozdější modifikovatelnost oproti jiným systémům jako například systémům se zásuvnými kartami.

Je zřejmé, že v praxi najdeme široké uplatnění pro aplikaci s digitálními signálovými procesory od zpracování zvuku, obrazu až po řídicí systémy složitých sofistikovaných aplikací, kde jsou kladeny vysoké nároky na výpočetní výkon soustavy jako celku. Náročnost výpočtu je specifikována především složitostí aplikovaných algoritmů, komunikací řídicí jednotky s perifériemi a také systémem přerušení, který se uplatní například v aplikacích zpracování dat v reálném čase. Signálové procesory TMS320F28335 od firmy Texas Instruments i MC56F8023 od firmy Motorola mají výkonové předpoklady nejen pro řízení pohonů a aplikací digitálních číslicových filtrů, ale i zpracování zvukových a obrazových signálů. Možnosti těchto signálových procesorů, se bude snažit tento článek nastínit.

2. Charakteristika MC56F8023 a kitu

Použitý vývojový kit firmy Freescale obsahuje signálový mikrokontrolér typu 56F8023. Periferie tohoto mikrokontroléru jsou navrženy pro nasazení v elektrických pohonech, především v segmentu pohonů se střídavými stroji. Základní parametry 56F8023 dle literatury [1] jsou:

- 32 MIPSu při frekvenci jádra 32 MHz
- DSP má implementováno prostředí uzpůsobené pro snadnou práci v jazyce C
- 32 KB (16K x 16) programové paměti typu Flash
- 4 KB (2K x 16) sjednocenou datovou a programovou RAM
- Jeden 6-kanálový PWM modul
- Dva 3-kanálové 12-bitové A/D převodníky
- Dva vnitřní 12-bitové D/A převodníky
- Dva analogové komparátory
- Jeden programovatelný PIT
- Jedno rozhraní QSCI s funkcí LIN
- Jedno rozhraní QSPI
- Jeden 16-bitový čtyřnásobný časovač
- Jedno rozhraní I²C
- COP a Watchdog
- Integrovaný oscilátor, který je aktivní v režimu watchdog a snížené spotřeby
- Integrovaný mód Power-On Reset (POR) a Low-Voltage
- Přerušovací LVI modul
- JTAG rozhraní
- Více než 26 GPIO linek
- 32-pinové pouzdro LQFP

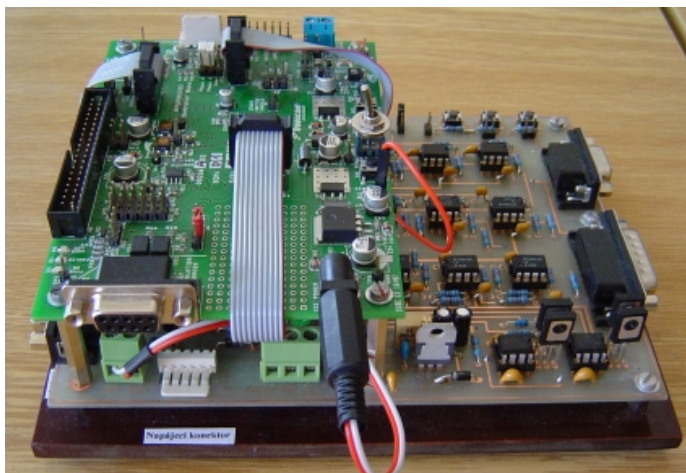
Samotný vývojový kit firmy Freescale obsahuje kromě signálového mikrokontroléru MC56F8023 ještě:

- zdroj zajišťující napájecí napětí pro analogovou část
- zdroj zajišťující napájecí napětí pro digitální část mikrokontroléru
- rozhraní pro připojení inkrementálního čidla otáček
- rozhraní pro připojení tachogenerátoru
- galvanicky oddělené RS232 rozhraní
- konektor rozhraní JTAG/OnCETM a konektory, na které jsou vyvedeny piny DSC
- konektor pro připojení rozšiřující desky s rozhraním UNI-3.

Podrobnější informace o tomto kitu lze nalézt v dokumentaci výrobce [2].

3. Rozšiřující deska kitu

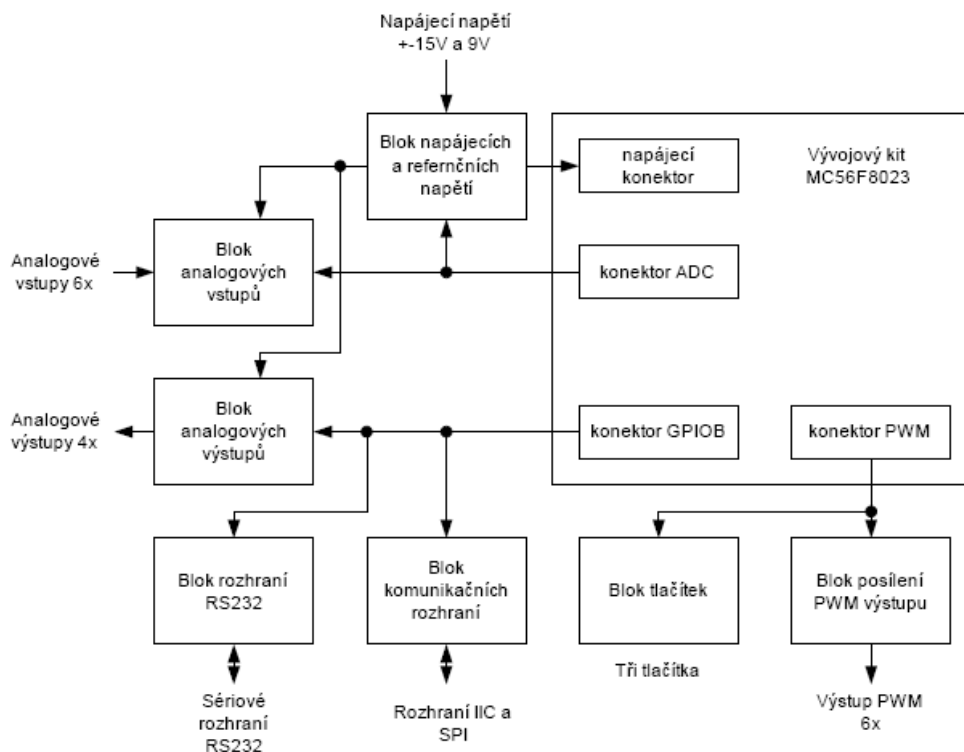
Vývojový kit je sice určen pro vývoj aplikací zaměřených na elektrické pohony, ovšem pro využití kitu na naší katedře bylo potřeba doplnit tento kit ještě o přídatnou desku (obr.1).



Obr.1 Rozšiřující deska s kitem firmy Freescale

Tato rozšiřující deska obsahuje bloky (obr.2) analogových vstupů, analogových výstupů, napájecích a referenčních napětí, rozhraní RS232, posílení PWM výstupů, tlačítek a komunikačních rozhraní. Jednotlivé bloky mají následující funkci:

- Blok analogových vstupů má na své vstupní části obvody pro změnu napěťového rozsahu $\pm 10V$ na rozsah 0 až 3,3V, za touto úpravou úrovní následuje ochrana vstupů mikrokontrolérů proti napěťovému přetížení.
- Blok analogových výstupů obsahuje 4-kanálový D/A převodník, který komunikuje s mikrokontrolérem pomocí rozhraní SPI. Za D/A převodníkem následuje obvod změny rozsahu napěťových úrovní.
- Blok napájecích a referenčních napětí obsahuje ochrany proti přepólování napájecích napětí, filtraci napájecích napětí, zdroj referenčního napětí, zdroje omezovacích napětí a výstupní konektor, na který je vyvedeno napájecí napětí, kterým je napájen vývojový kit. Z kitu je rovněž přivedeno na rozšiřující desku již stabilizované napájecí napětí analogové části kitu 3,3V, od něho je odvozeno omezovací napětí, také napájecí napětí digitální části kitu a napětí 5V pro napájení externích digitálních obvodů.
- Blok rozhraní RS232 přizpůsobuje sériové rozhraní mikrokontroléru standardnímu sériovému rozhraní RS232. Tento obvod přenáší pouze signály RxD a TxD.
- Blok komunikačních rozhraní zajišťuje správné propojení mezi mikrokontrolérem a externími zařízeními, především je pomocí něho připojena deska s obvody, které komunikují po sběrnici I²C. Je možno pomocí propojek zvolit na které vývody mikrokontroléru bude sběrnice připojena. Tento blok vznikl z požadavků v předmětu číslicová a mikropočítačová technika.
- Blok tlačítek představuje jednoduché zapojení tří mikrospínačů, které je možné pomocí propojek připojit k portu A mikrokontroléru.
- Blok posílení PWM výstupů obsahuje šestinásobný budič s otevřeným kolektorem, s maximálním spínaným napětím 30V.



Obr.2 Blokové schéma funkce rozšiřující desky a její propojení s kitem

4. SW vybava

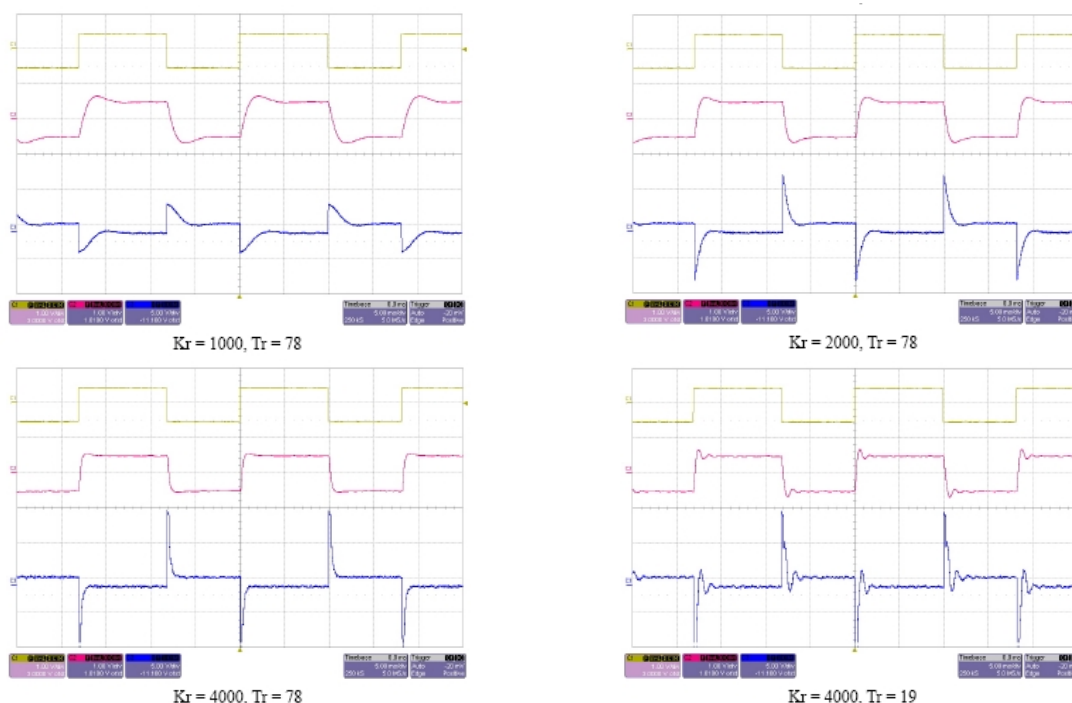
Každá periférie obsahuje značné množství registrů, které kontrolují jejich činnost nebo obsahují výsledky jejich činností. Potom je pro vývojáře programu značně zdoluhavé hledat jednotlivá nastavení, především v jaké kombinaci je dané řešení správné. Proto byl vyvinut firmou Freescale programový nástroj jako přídavek k programu CodeWarrior se jménem QuickStart. Tento nástroj vloží do nového projektu sadu funkcí a maker, které provedou základní inicializaci mikrokontroleru. Celé nastavení se provádí v grafickém prostředí a je dokonce obsažena kontrola správnosti nastavení tak, aby nedocházelo k chybnému nastavení.

Samotný vývoj programového vybavení pro mikrokontrolér MC56F8023 se nejlépe provádí v dodávaném vývojovém prostředí Metrowerks CodeWarrior. Toto prostředí umožňuje návrh programu v jazyce symbolických adres nebo ve vyšším programovacím jazyce C. Také je možná kombinace obojího, kdy na časově náročné algoritmy a tam, kde chceme zajistit vyšší efektivitu výpočtu, použijeme jazyk symbolických adres (assembler) a na podpůrné části, inicializaci a zadní program vyšší programovací jazyk.

V předešlých řádcích tohoto příspěvku jsme popisovali HW celého kitu a rozšiřující desky, ovšem aby celý systém k něčemu byl, musely vzniknout i knihovny ovládající rozšiřující desku. Knihovny vznikly dvě `spi_dac` a `regfun`. Prvá obsahuje příkazy, které ovládají sériovou linku (tedy přídavný display, D/A převodník, komunikaci s PC atd.) a druhá obsahuje funkce pro regulaci a řízení (vektorový analyzátor, funkce pro určení hodnot $\sin$ a $\cos$ z tabulky, transformace 2/3 a 3/2, vektorové natočení, funkce pro I a PI regulátor).

5. Závěr a zhodnocení dosažených výsledků na platformě MC56F8023

Myslíme si, že vzniklý systém obsahující kit firmy Freescale s mikrokontrolérem MC56F8023 připojeným na naši rozšiřující desku je nejen výbornou učební pomůckou, ale i vynikajícím vývojovým nástrojem pro tuto platformu pro výzkum, který probíhá na naší katedře. V současné době na systému probíhá kromě výuky předmětu Mikroprocesorová a řídicí technika II i výzkum v oblasti řízení a diagnostiky střídavých strojů. Dále pak jsme na kitech firmy Freescale realizovali úlohy, jako jsou například řízení výstupního napětí tří-fázového střídače pomocí vektorové PWM, řízení pulzního měniče, regulace rychlosti stejnosměrného motoru s permanentními magnety napájeného z pulzního měniče, detekce průchodu nulou proudu atd. Ukázky funkčnosti systému je možné ověřit na následujících obrázcích, kde je realizována regulace napětí na RC členu pro různé konstanty K_R a T_R .



Obr.3 Regulace napětí na RC členu pro různé konstanty K_R a T_R

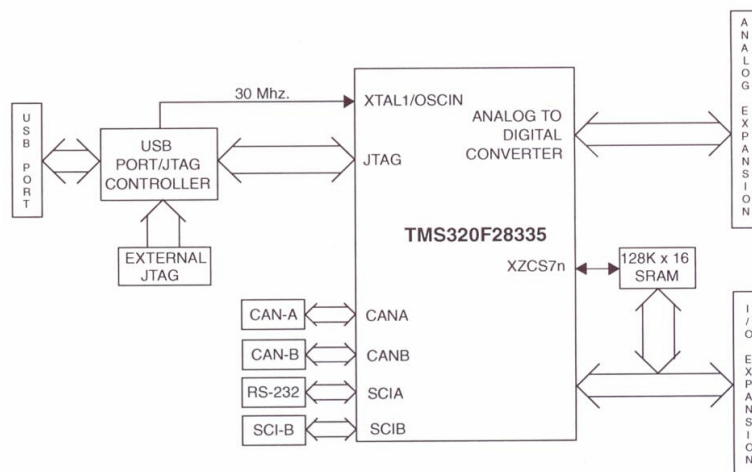
6. Základní informace o kitu obsahující procesor TMS320F28335

Specifikace hardware kitu eZdspTM F28335:

- Frekvence jádra je 150 MHz
- Procesor obsahující 32-bitovou plovoucí čárku
- Integrovaná 68 KB RAM
- Integrovaná 512 KB paměť Flash
- Externí 256 KB paměť SRAM na kitu
- Integrovaný 12-bitový A/D převodník s 16-kanálovým vstupem
- Obsahuje rozhraní RS-232, JTAG a CAN 2.0
- Rozšiřující analogový vstup/výstup
- Napájecí napětí 5V
- Připojení pomocí mini-USB rozhraní

Softwarové vybavení:

- TI F28xx Code Composer Studio™ verze 3.3
- Texas Instruments F28335 hlavičkové soubory a vzorové příklady kódu

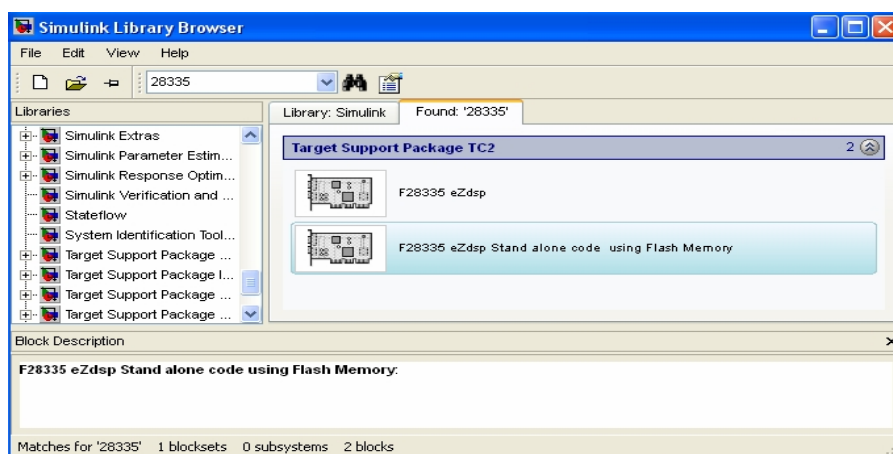


Obr.4 Blokové schéma vývojového kitu

7. Softwarové prostředky pro vývoj aplikací

Po zakoupení vývojového kitu TMS320F28335 obdržíme CD se softwarovou aplikací Code Composer Studio. Code Composer studio umožňuje zápis instrukcí buď v assembleru nebo v jazyce C nebo kombinovaný zápis kódu. Code Composer Studio umožňuje také komunikaci vývojového prostředí a vývojového kitu TMS320F28335 a reálného odladění aplikací v praxi. Výhodné je i použití knihoven, které výrobce k danému vývojovému kitu dodává.

V mnoha dalších aplikacích lze využít i dalších programových prostředků k realizaci konkrétních aplikací. Představitelem může být programové prostředí Matlab. To obsahuje prostředí Simulink, kde lze nalézt blokovou strukturu pro vývojový kit s TMS320F28335 (obr.5), kde lze nastavit příslušné periferie, paměť a mnoho dalších nastavení pro snadnější vývoj aplikací.

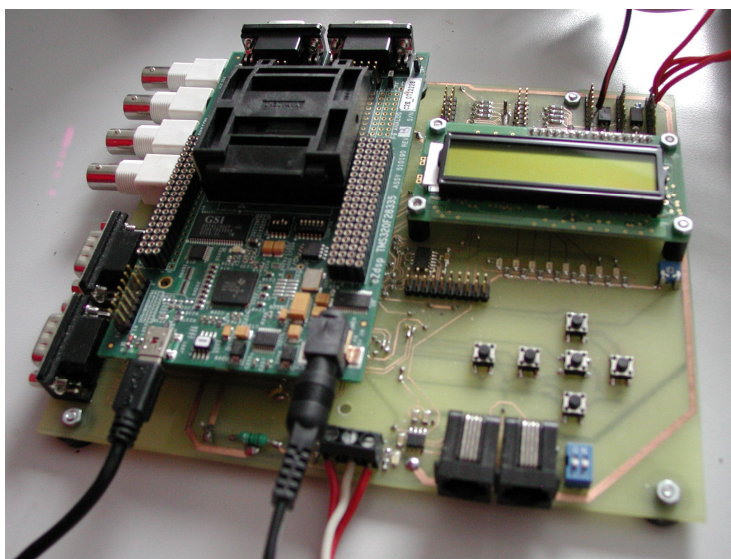


Obr.5 Knihovna Simulinku podporující kit s TMS320F28335

V Simulinku lze najít podporu i pro starší verze procesorových kitů. Výběr kitu je proveden přetažením příslušné ikony pomocí myši na pracovní plochu Simulink. Po tomto kroku je možné provádět nastavení vlastností kitů.

8. Rozšiřující deska kitu

Na obr. 6 je vyfotografován kit doplněný o rozšiřující interface. Interface je napájen dvěma stabilizovanými zdroji 5V a 3,3V. Analogová a digitální část obou zdrojů (+5V a +3,3V) je rovněž oddělena pomocí tlumivek. Pro A/D převodník je na interface vytvořen referenční zdroj 3ppm tvořený obvodem Burr-Brown REF5020, který je rozdělen pomocí přesných operačních zesilovačů na dvě napěťové úrovně 1,024V a 2,048V. Na čipu obvodu referenčního zdroje je dále výstup nesoucí informaci o teplotě. Ten je zesílen sledovačem a přes volitelnou propojku přiveden na vstup ADC. K A/D převodníku byly navrženy externí vstupy s pasivními ochranami.



Obr.6 Rozšiřující deska kitu

Velmi často je potřeba zobrazit si vnitřní proměnné pomocí osciloskopu. Interface proto obsahuje 12-bitové D/A převodníky řízené po sériové lince SPI. K dispozici jsou celkem 4 kanály s napěťovým rozsahem 0 - 5V. Pro realizaci byl použit obvod Texas Instruments TLV5614. SPI řízení je dostatečně rychlé pro zobrazování veličin např. při řízení asynchronního motoru, kde bývá perioda regulační smyčky v řádu jednotek kHz. Nevhodné je pro zobrazování velmi rychlých dějů, kdy již sériový přenos není dostatečně rychlý.

Připraveno je uživatelské rozhraní ve formě 6-ti tlačítkové klávesnice, displeje 2 x 16 znaků a 8-mi LED. Displej je řízen standardním řadičem HD44780. Napájen je 3,3V, protože brány procesoru s touto napěťovou úrovní pracují taktéž, komunikace je obousměrná a není tedy nutné použití převodníku napěťových úrovní. Aby však bylo možné na displeji něco vidět, bylo potřeba přes trimr přivést na svorky V0, kterými se ovládá kontrast zobrazení záporné napětí získané z převodníku sériové linky MAX3232.

Výstupy PWM pro budiče jsou od procesoru odděleny hradly s otevřenými kolektory. Zde je to nutné zejména z hlediska převodu napětových úrovní. Brány procesoru operují s napětovými hladinami 3,3V, zatímco většina budičů výkonových tranzistorů pracuje s úrovněmi napětí 5V. Procesor má pro generování PWM možnost doplnění i mrtvých dob nastavením dead-band jednotky.

Dvě sériové linky RS232 jsou vhodné pro přenos dat oběma směry a jsou velmi výhodné při ladění i řízení aplikace mikroprocesoru. Obě sériové linky jsou připojeny na SCIA/SCIB piny procesoru přes převodník napětových úrovní MAX3232. Mezi periferie procesoru patří i CAN 2.0B sběrnice.

9. Zhodnocení výsledků dosažených na TMS320F28335

Cílem části zabývající se procesorem firmy Texas Instruments TMS320F28335 bylo stručně seznámit veřejnost s novým vývojovým kitem eZdspTM F28335 na platformě procesoru s plovoucí řádovou čárkou. Byly shrnuty základní rysy jak procesoru, tak i samotného vývojového kitu s důrazem na použité periferie a také podpůrné softwarové prostředky. Pro naprogramování mikroprocesoru není nutné znát programovací jazyky, ale je možné využít pro jednoduché aplikace Matlab-Simulink. Tento kit je mocným nástrojem pro vývoj aplikací nejen pro průmyslovou a řídicí elektroniku, ale i další oblasti elektroniky.

Literatura

- [1] 56F8023 Data Sheet, Preliminary Technical Data, Rev 2, www.freescale.com, 12/2006
- [2] MC56F8013 Controller Board, Hardware User's Manual, Rev 1.0, www.freescale.com, 9/2005
- [3] TMS320F28335 eZdsp Starter Kit [online]. 1995-2008 [cit. 2008-07-09]. Dostupný z WWW: <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/tmdxez28335.html>