

Bohumil BRTNÍK, David MATOUŠEK

ALGORITMY ČÍSLICOVÉHO ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ

Praha 2011



Tato monografie vznikla především pro podporu výuky oboru Počítačové systémy na Vysoké škole polytechnické v Jihlavě.

Tato monografie byla vypracována a publikována s podporou Rozvojového projektu Vysoké školy polytechnické v Jihlavě na rok 2011.

Věnováno Jitce a Janě

Bohumil Brtník, David Matoušek

Algoritmy číslicového zpracování signálů

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.

Autoři 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

© Bohumil Brtník, David Matoušek, Algoritmy číslicového zpracování signálů, 2011

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

Bohumil Brtník, David Matoušek, Algoritmy číslicového zpracování signálů

BEN – technická literatura, Praha 2011

1. vydání

ISBN 978-80-7300-400-2

ISBN 978-80-7300-402-6 (elektronická kniha v PDF)

Předmluva

Kniha je určena rovněž všem zájemcům o číslicové zpracování signálů z řad odborné veřejnosti. Pojednává o číslicových generátorech a číslicových filtrech od jejich teoretických principů přes návrh až po praktickou realizaci.

První kapitola je úvodem do číslicového zpracování signálů.

Druhá kapitola je zaměřena na teoretické aspekty realizace číslicově řízených generátorů.

*Třetí kapitola se věnuje stručnému popisu mikrokontroléru **ATmega644**, který je použit při implementaci jednotlivých úloh.*

*Čtvrtá kapitola popisuje konstrukci vývojového kitu **COM644KIT**, který umožňuje souběžné programování mikrokontroléru ATmega644 a vývoj aplikací.*

*Pátá kapitola popisuje konstrukci přípravku **EDAC**, což je modul obsahující levný 2kanálový D/A převodník typu **TLC7528CN** s rozlišením 8 bitů.*

Šestá kapitola předvádí praktickou realizaci jednoduchého generátoru signálu. Nejdříve jsou vysvětleny použité instrukce a následně je předvedena tvorba programu.

*Sedmá kapitola se věnuje popisu přípravku **PANEL**, což je modul s řídicí jednotkou a LCD. Tento modul je dále použit pro přeladování generátoru.*

Osmá kapitola ukazuje realizaci laditelného generátoru signálu pracujícího na principu decimace vzorků.

V deváté kapitole jsou popsány principy činnosti, funkce a základní vlastnosti číslicových filtrů typu FIR a IIR pro dolní i horní propust.

Desátá kapitola obsahuje řešené příklady návrhu číslicových filtrů základními metodami s podrobným komentářem postupu návrhu filtru FIR metodou okna a filtru IIR metodou analogového prototypu s využitím bilineární transformace a impulsní invariance. Je zmíněn vliv odchylek kmitočtových charakteristik důsledkem konečného počtu cifer, což si vynucuje tuto charakteristiku u realizovaného filtru ověřit měřením.

*Jedenáctá kapitola uvádí konstrukci přípravku **EADC**, což je přizpůsobovací modul pro připojení vstupního signálu na vstupy A/D převodníku zabudovaného do mikrokontroléru ATmega644. Provedení je dvoukanálové.*

Dvanáctá kapitola vysvětluje realizaci vzorkování pomocí časovače 0 a prakticky ji předvádí na tzv. transparentním režimu, kdy je vstupní signál převeden A/D převodníkem na číslo a následně D/A převodníkem převeden zpět na výstupní signál. Vzorkování je prováděno kmitočtem 3,5 kHz.

Třináctá kapitola shrnuje předchozí teoretické a praktické poznatky do realizace tří číslicových filtrů typu dolní propust. Jedná se o použití metody impulsní invariance, metody analogového prototypu s bilineární transformací a realizaci FIR filtru.

Ve čtrnácté kapitole je stručně popsán princip výpočtu kmitočtové charakteristiky číslicového filtru při jeho simulaci počítačem a v patnácté kapitole je uveden konkrétní postup při simulaci filtru FIR programem MicroCap 10.

Schéma zapojení pro měření a postup při zpracování naměřených hodnot užitím programu Microsoft Excel jsou popsány v kapitole poslední.

Obsah

1	Úvod do číslicového zpracování signálů.....	1-1
2	Číslicové generátory	2-1
2.1	Princip číslicových generátorů.....	2-2
3	Stručný popis mikrokontroléru ATmega644	3-1
4	Vývojový kit COM644KIT	4-1
4.1	Ovládací program.....	4-3
4.2	Konektory a kabely.....	4-4
5	Přípravek EDAC – levný D/A převodník	5-1
6	Jednoduchý generátor signálu.....	6-1
6.1	Konfigurace portů	6-1
6.2	Instrukce pro řízení portů	6-2
6.3	Zásobník a jeho konfigurace	6-2
6.4	Další instrukce pro registry R0 až R31	6-3
6.5	Ukazatele a blokové operace	6-4
6.6	Pseudoinstrukce (direktivy)	6-4
6.7	Vývojový diagram generátoru signálu	6-5
6.8	Cílový program.....	6-7
6.9	Test generátoru.....	6-10
7	Přípravek PANEL – řídicí panel	7-1
8	Laditelný generátor signálu.....	8-1
8.1	O přeladování	8-1
8.2	Generování posloupnosti vzorků signálu	8-2
8.3	Hlavní smyčka.....	8-2
8.4	Přerušení	8-5
8.5	USART0 – sériový kanál	8-5
8.6	Celý program.....	8-6
8.7	Test generátoru.....	8-8
9	Filtrace signálů	9-1
9.1	Znázornění činnosti analogového filtru typu dolní propust	9-2
9.2	Znázornění činnosti číslicového filtru typu dolní propust.....	9-2
9.3	Popis činnosti filtrů	9-3
9.4	Obecná rovnice číslicového filtru.....	9-8
9.5	Problém stability číslicového filtru	9-9
9.6	Impulsní charakteristika číslicového filtru	9-11
9.7	Souvislost kmitočtové charakteristiky s rozmístěním pólů.....	9-12
10	Realizace číslicových filtrů.....	10-1
10.1	Bilineární transformace	10-1
10.2	Metoda rozmístění nulových bodů a pólů.....	10-3
10.3	Metoda analogového prototypu s bilineární transformací.....	10-4
10.4	Metoda analogového prototypu s impulsní invariancí	10-7
10.5	Syntéza metodou okna	10-8
10.6	Příklad návrhu číslicového filtru metodou analogového prototypu s užitím bilineární transformace jsou-li dány hodnoty součástek prototypu	10-10
10.7	Příklad návrhu číslicového filtru metodou analogového prototypu s užitím bilineární transformace je-li dán mezní kmitočet číslicového filtru	10-12
10.8	Příklad návrhu číslicového filtru typu horní propust metodou analogového prototypu bilineární transformací	10-15
10.9	Příklad návrhu číslicového filtru metodou okna	10-17
11	Přípravek EADC – levný A/D převodník	11-1
11.1	Přípravek EADC.....	11-1
11.2	Zabudovaný A/D převodník – základní údaje.....	11-2
11.3	Řídicí registry A/D převodníku.....	11-3

12	Použití zabudovaného A/D převodníku	12-1
12.1	Transparentní režim	12-1
12.2	Čítač/časovač 0	12-1
12.3	Časování A/D převodu	12-2
12.4	Celý program	12-3
12.5	Test transparentního režimu	12-5
13	Praktická realizace filtrů typu dolní propust	13-1
13.1	Hardwarová násobička	13-1
13.2	Příklad CZS_04 – Filtr typu dolní propust realizovaný metodou impulsní invariance	13-1
13.3	Příklad CZS_05 – Metoda analogového prototypu s bilin. transf.	13-4
13.4	Příklad CZS_06 – FIR filtr typu dolní propust	13-6
14	Úvod do simulace diskrétně pracujících obvodů	14-1
15	Kmitočtová analýza diskrétních obvodů programem MicroCap10	15-1
16	Ověření vypočtených charakteristik měřením	16-1
16.1	Postup provádění měření a následného vyhodnocení	16-1
16.2	Příklad CZS_04 – Filtr typu dolní propust realizovaný metodou impulsní invariance	16-4
16.3	Příklad CZS_05 – Metoda analogového prototypu s bilin. transf.	16-5
16.4	Příklad CZS_06 – FIR filtr typu dolní propust	16-6

Obsah CD ROM

CD ROM není z úsporných důvodů součástí knihy, lze jej stáhnout na vyžádání zasláním e-mailu na adresu: matousek@vspj.cz.

Adresář APLIKACE

- COM644KIT.EXE – ovládací program pro programátor ATmega644,
- COM644KIT.INI – inicializační soubor pro programátor (lze volit číslo sériového portu, na který je připojen programátor).

Adresář APLIKACE

- CZS_01 až CZS_06 – jednotlivé příklady z kapitol 6, 8, 12 a 13,
- PANEL – zdrojové soubory pro přípravek PANEL.

Adresář DATASHEET

- katalogové listy použitých součástek,
- AVR instrukce,
- hw násobička.

Adresář SOFTWARE

- instalace AVR Studia,
- GENSIN – program pro generování 32 K vzorků funkce sinus.

Adresář SPOJE

- soubory s výkresy plošných spojů v programu Eagle 5.4.0.