

DIGITALIZATION OF SIGNAL FROM BLOOD FLOW DETECTOR

Martin ČÍŽEK, Master Degree Programme (5)
Dept. of Biomedical Engineering, FEEC, BUT
E-mail: xcizek05@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Vlastimil Václavík

ABSTRACT

The aim of the project is the application of modern digital signal processing algorithms in the ultrasound blood flow detector output signal digitalization. The utilization of a higher programming language and a modern integrated development environment significantly speeds up the whole software design and debug process.

1 ÚVOD

Cílem projektu je aplikace moderních metod číslicového zpracování signálu při digitalizaci výstupního signálu jednoduchého ultrazvukového detektoru průtoku krve. Jedná se především o snahu o maximální využití a demonstraci výhod poskytovaných hybridním digitálním signálovým procesorem (DSP) Motorola DSP56805 a vývojem softwarového vybavení v jazyce C v moderním integrovaném vývojovém prostředí. Díky přenositelnému kódu je možno algoritmy testovat a využívat na různých cílových platformách.

2 ROZBOR ŘEŠENÍ

Vstupní analogový signál je odebírán z bloku nízkofrekvenčního zesilovače jednoduchého dopplerovského detektoru průtoku krve DOPPY 4.

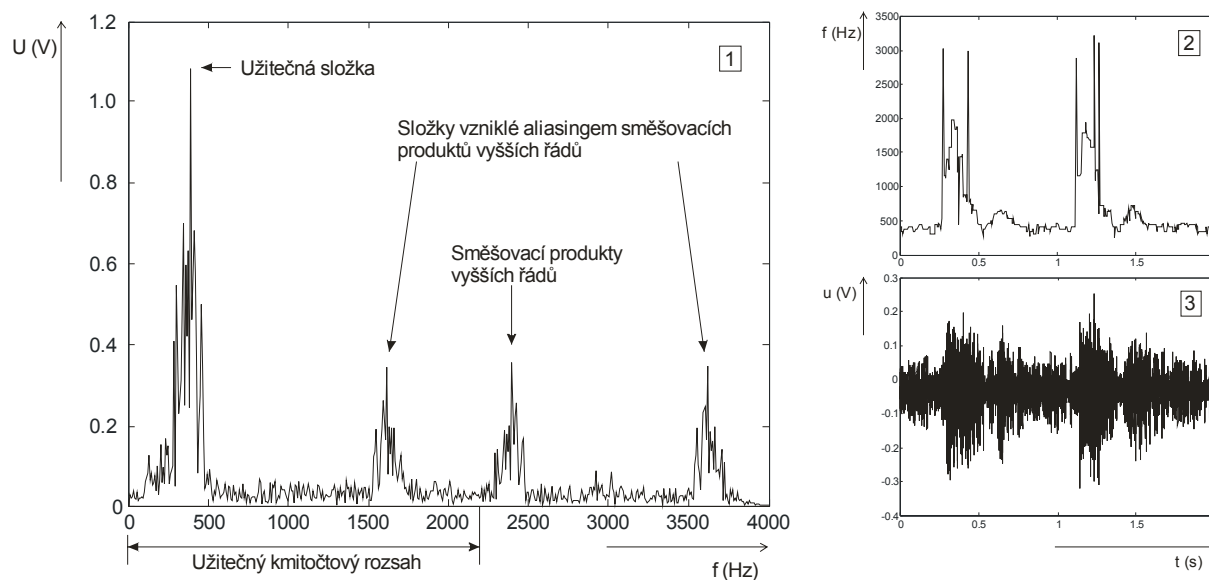
Jedná se o signál získávaný směřováním přijatého odraženého signálu a signálu vysílaného o kmitočtu 4 MHz. V ideálním případě má tedy zpracovávaný signál dopplerovský kmitočet odpovídající rychlosti toku krve dle patřičně upraveného vztahu pro Dopplerův jev

$$f_D = \frac{2f_s v}{c} \cos(\theta), \quad (1)$$

kde f_D je dopplerovský kmitočet, f_s vysílaný kmitočet, c rychlost šíření ultrazvuku v prostředí, v rychlost pohybujícího se média a θ je úhel svíraný osou sondy a vektorem rychlosti v .

2.1 VLASTNOSTI ZPRACOVÁVANÉHO SIGNÁLU

Spektrum zpracovávaného signálu z detektoru průtoku krve obsahuje kromě nejvýraznější složky o kmitočtu odpovídajícím rychlosti toku krve dle vztahu (1) i řadu jiných složek vzniklých např. odrazem od pulsujících stěn cév, dále je nutno počítat se složkami vzniklými jako směšovací produkty vyšších řádů ve směšovači přístroje či složkami vzniklými aliasingem směšovacích produktů vyšších řádů. Antialiasingový filtr typu dolní propust zařazený před vstupem A/D převodníku pracujícího se vzorkovacím kmitočtem 8 kHz potlačuje složky o kmitočtech nad 4 kHz minimálně o 3 dB, jak je patrné ze spektra na obr. 1.



Obr. 1: 1) spektrum vstupního signálu ve vybraném časovém okamžiku; 2) závislost kmitočtu nejvýraznější složky na čase; 3) časový průběh vstupního signálu

Z rozboru na obr. 1 vyplývá, že užitečná oblast spektra vstupního signálu se nachází v rozsahu přibližně 250 – 2250 Hz. Rušivé špičky viditelné v časovém průběhu na obr. 1 jsou způsobeny přítomností složek o frekvencích nad 2250 Hz.

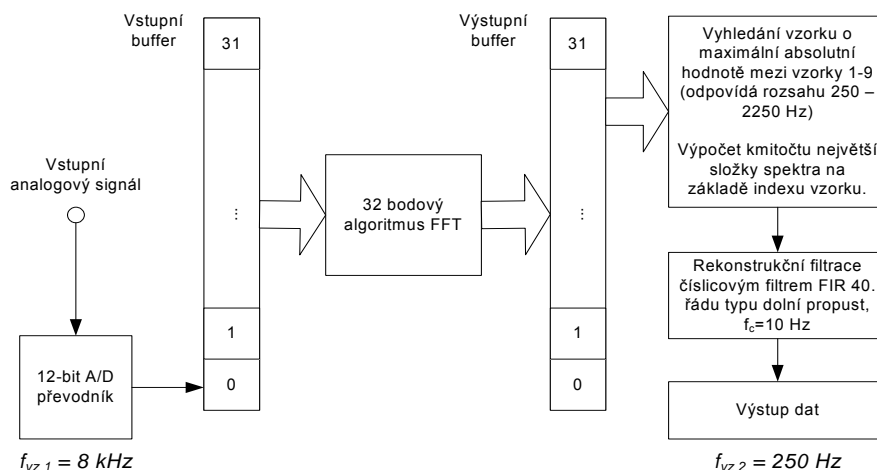
2.2 ZPRACOVÁNÍ A DEMODULACE SIGNÁLU

Na základě poznatků uvedených v odstavci 2.1 je zřejmé, že vhodná metoda demodulace signálu spočívá ve sledování kmitočtu složky spektra o maximální amplitudě.

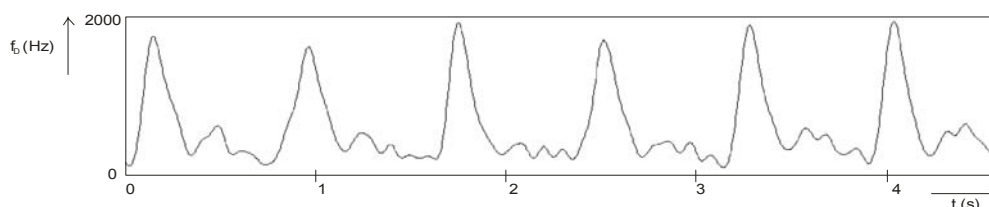
V realizovaném projektu byl zvolen následující postup demodulace signálu. Vstupní vzorky v časové oblasti jsou převáděny rychlou Fourierovou transformací (FFT) na jejich reprezentaci ve frekvenční oblasti. Mezi vzorky odpovídajícími kmitočtovému rozsahu 250 – 2250 Hz je identifikován vzorek o největší absolutní hodnotě a výstupem algoritmu je pak kmitočet složky spektra, jejíž amplitudu absolutní hodnota tohoto vzorku udává. Získaný údaj o frekvenci lze pomocí vztahu (1) jednoduše převést na rychlost toku krve.

3 VÝSLEDNÉ ŘEŠENÍ

Po odladění na platformě PC byl do signálového procesoru Motorola DSP56805 implementován kód provádějící algoritmus znázorněný na obr. 2.



Obr. 2: *Postup zpracování signálu v DSP*



Obr. 3: *Ukázka průběhu signálu na výstupu DSP vyjadřujícího časovou závislost kmitočtu nejvýraznější složky spektra, jenž je přímo úměrný rychlosti toku krve*

Integrace všech potřebných rozhraní přímo v DSP umožnila realizaci celého zařízení s minimálním počtem součástek. Navržené řešení využívá integrovaný 12-bitový A/D převodník pro vstup signálu, k výstupu dat je možno volitelně použít buď rozhraní RS-232 nebo sběrnici CAN, což umožňuje začlenění do komplexních měřicích systémů. Zpoždění způsobené systémem bylo vyčísleno na 84 ms, skládá se z doby potřebné pro naplnění vstupního bufferu a skupinového zpoždění výstupního číslicového rekonstrukčního filtru.

4 ZÁVĚR

Navržené zařízení doplňující akustickou signalizaci u jednoduchého detektoru průtoku krve slouží jako pomůcka pro identifikaci jednotlivých fází srdečního cyklu při měření krevního tlaku. Detektor je spolu s dalšími zařízeními, např. EKG či měřičem krevního tlaku, začleněn do vícekanalového systému sběru dat využívajícího sběrnici CAN.

LITERATURA

- [1] Smékal, Z., Vích, R.: Zpracování signálů pomocí signálových procesorů, Praha, Radix 1998, ISBN 80-86031-18-7
- [2] Liley, D.: The Physics of Doppler Ultrasound, on-line výukové texty Swinbourne University of Technology, Austrálie 1998. <http://marr.bsee.swin.edu.au/~dt1/het408/doppler/doppler.html>
- [3] DSP56800 Family Manual. Motorola, Inc., Denver, 2002