

VYUŽITÍ MATLABU VE VÝUCE ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ NA KATEDŘE MĚŘENÍ ČVUT FEL

Jan Blaška, Stanislav Ďad'o, Jan Holub, Miloš Sedláček, Radislav Šmíd

České Vysoké Učení Technické v Praze
Fakulta elektrotechnická, katedra měření

V rámci cvičení předmětů "Zpracování signálu a obrazu" a "Vybrané metody digitalizace" je na katedře měření ČVUT FEL používán program MATLAB s toolboxy Signal Processing a Wavelets, které obsahují sadu funkcí zabývajících se analýzou a syntézou signálu. Pro následující úlohy byla vytvořena grafická interaktivní rozhraní (GUI): · základní seznámení s Rychlou Fourierovou transformací (FFT) a jejími vlastnostmi (efekt leakage) · návrh číslicových filtrů typu FIR a IIR z průběhu jejich přenosové charakteristiky · demonstrace výpočtů vzájemné korelační a autokorelační funkce a její použití pro potlačení šumu v periodickém signálu · filtrace periodicky rušeného ss. signálu (viz. Sdělovací technika 5/99) Moderní víceměřítkové metody analýzy signálu jsou demonstrovány na příkladu vlnkové (wavelet) transformace v předmětu "Vybrané metody digitalizace". Studenti mají možnost názorně se seznámit s problematikou analýzy signálů pomocí demonstrací i vlastního programování jednoduchých procedur v MATLABu.

Předmět „Zpracování signálu a obrazu“

Program MATLAB je na katedře měření ČVUT využíván ve cvičeních nově zavedeného předmětu *Zpracování signálu a obrazu*, ve kterém katedra měření vyučuje první polovinu semestru a to část věnovanou číslicovému zpracování jednorozměrných signálů. Laboratorních cvičení v této části je sedm a v pěti z nich se v současné době využívá MATLAB a Signal Processing Toolbox.

První tři cvičení probíhají v *počítačové laboratoři*, kde každý ze studentů pracuje na svém počítači. Classroom Kit MATLAB a Signal Processing Toolbox je využíván pro praktické seznámení studentů se základními oblastmi číslicového zpracování signálů – DFT/FFT spektrální analýza, číslicovými filtry a zpracováním stochastických signálů.

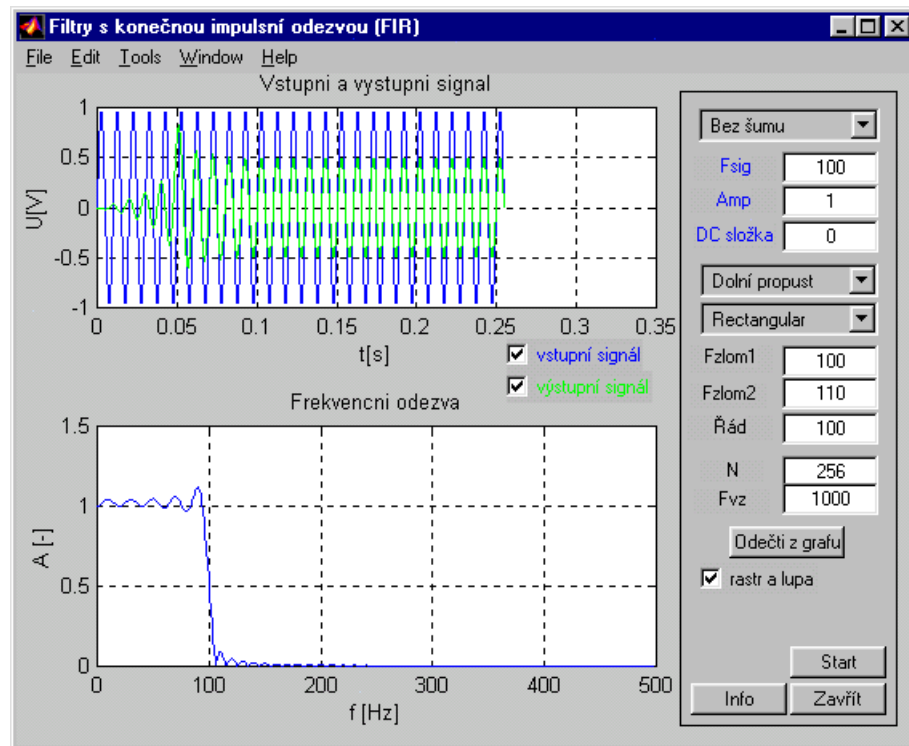
Ve všech případech jsou úlohy připraveny pomocí *grafického uživatelského rozhraní*, takže studenti ovládají program pomocí myši a ovládacích prvků po straně stínítka monitoru, a tedy v této části se nedostanou na úroveň příkazového okna MATLABu. Doplnující úkoly po nich v některých případech vyžadují modifikace připravených m-souborů, případně psaní krátkých vlastních souborů podle pokynů v návodu k měření. Průběhy zobrazené na stínítku při plnění zadaných úkolů mohou buď (přibližně) obkreslovat ručně, nebo je vytisknout na tiskárně využitím schránky a některého textového procesoru.

V úloze věnované *diskrétní Fourierově transformaci* si studenti demonstřují rozmazávání spektra (leakage) působené nedodržením vzorkování celého počtu period analyzovaného periodického signálu. Současně se seznámí s vybranými okny ze základních typů oken (Hann, Hamming, Blackman, Bartlett, Kaiser), vlivu použití okna na průběh spektra signálu, a ukáží si zvýšení rozlišovací schopnosti ve spektrální oblasti při vzorkování většího počtu period signálu.

V úloze *Číslicová filtrace* se studenti seznámí se základními typy FIR (obr. 1) a IIR frekvenčně selektivních filtrů, jejich frekvenčními charakteristikami a filtrací jednoduchých signálů těmito filtry. V případě FIR filtrů si demonstřují potlačení překmitu v amplitudové frekvenční charakteristice dolní propusti navržené metodou FTD a oken pomocí vybraných oken a ověří si odpovídající prodloužení přechodného pásma filtru. Je demonstřován také vliv řádu filtru na průběh frekvenční charakteristiky, kvalitu filtrace a zpoždění výstupního signálu proti vstupu. Vlastnosti základních frekvenčně selektivních filtrů (dolní a horní propust, pásmová propust a zádrž) jsou demonstřovány na příkladu filtrace harmonického signálu vhodné frekvence s nenulovou stejnosměrnou složkou. Zároveň jsou studenti seznámeni s přehledem příkazů Signal Processing Toolboxu pro návrh číslicových filtrů.

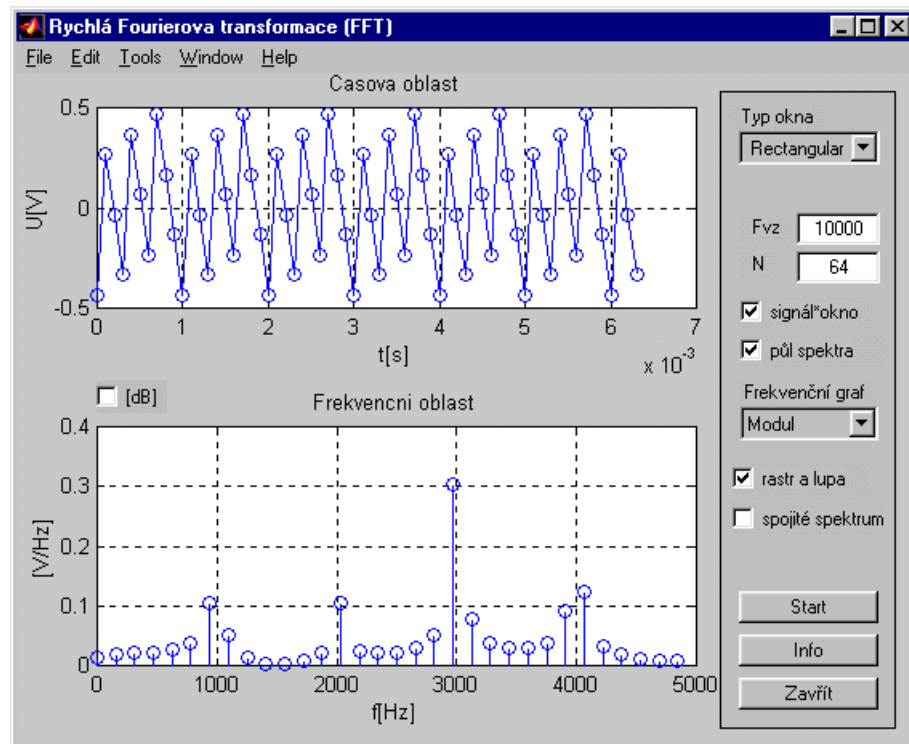
Poslední úloha v počítačové laboratoři je věnována *zpracování stochastických signálů*. Měří se autokorelační a vzájemné korelační funkce zašuměných signálů, pomocí korelační funkce se určuje poměr signálu k šumu pro periodický zašuměný signál. Demonstřuje se také možnost zvýšení poměru signál šum filtrací směsi signálu se šumem vhodným číslicovým filtrem. Studenti se také seznamují

s přehledem příkazů pro statistické zpracování signálů, které nabízí Signal Processing Toolbox a na závěr se podrobněji obeznámí s vlastnostmi Welchovy metody pro výpočet výkonové spektrální hustoty stochastických signálů.



Obr. 1 Ukázka návrhu číslicových filtrů typu FIR

Kromě počítačové laboratoře využíváme MATLAB také ve dvou laboratorních úlohách navazujících na cvičení na počítačích.



Obr. 2 Ukázka grafického rozhraní pro úlohu demonstrující aliasing (Nyquistova frekvence 5 kHz, pilovitý průběh o frekvenci 7 kHz)

V tomto semestru zavádíme do laboratorních cvičení úlohu využívající nový toolbox MATLABu – Data Acquisition Toolbox. Jde o úlohu ověření vzorkovací věty. V ní si studenti demonstrují vznik aliasingu při výskytu vyšších frekvencí v signálu než je polovina vzorkovací frekvence (obr. 2). Pro tuto úlohu je používán generátor s číslicovou syntézou HP 33120A, zásuvná měřicí karta PCI-6023 do PC od firmy National Instruments a jako programové vybavení Matlab 5.3 s Data Acquisition Toolboxem, kterým se ovládá měřicí karta a Signal Processing Toolboxem využívaného pro spektrální analýzu. Prostřednictvím grafického rozhraní (GUI) studenti ovládají vzorkovací frekvenci a počet vzorků signálu a tak v návaznosti na frekvenci signálu generovaného pomocí HP 33120A mohou zkoumat důsledky porušení vzorkovací věty. Po provedení FFT pak vidí jaký vliv má aliasing na vypočítané frekvenční spektrum signálu.

Předmět „Vybrané metody digitalizace a zpracování signálu“ podává přehled nových nebo méně známých metod digitalizace signálů a jeho číslicového, případně i analogového zpracování. Má sloužit jako základ příp. inspirační materiál pro řešení komplexních úkolů měřicí techniky. Výklad se opírá nejen o teoretické principy, ale také o jejich praktické využití při koncepci moderních měřicích přístrojů. Pozornost je také věnována oblastem, které jsou v laboratorních cvičeních demonstrovány pomocí Matlabu a to měření "nedostupných" veličin metodou Kalmánovské filtrace a nekonvenční metody spektrální analýzy, principy a aplikace vlnkové analýzy (wavelet analysis). Kalmánův filtr je prezentován pomocí úlohy zpřesnění údajů inkrementálního snímače. Vlnkovou transformaci studenti poznávají pomocí interaktivního skriptu z volně šiřitelného toolboxu WaveLab Stanfordské univerzity. Po seznámení se základními typy bazových funkcí včetně jejich frekvenčního obsahu následuje ukázka dekompozice signálu a její použití pro odstranění šumu a kompresi signálu. Po získání patřičných zkušeností s toolboxem Data Acquisition budou úlohy obohaceny o vstup skutečného signálu z prostředí pomocí levné zvukové karty.

Reakce studentů na uvedená cvičení je pozitivní, demonstrované jevy jsou považovány za zajímavé a získané znalosti za užitečné.