

# LabViEW bazirano laboratorijsko okruženje za učenje koncepata filtriranja

Dorđe Đ. Damnjanović, Radojka R. Krneta *Member, IEEE*

**Sadržaj** — Bolje razumevanje stečenih teorijskih znanja iz oblasti digitalne obrade signala, radi njihove uspešne primene u budućoj inženjerskoj praksi, postiže se uvođenjem hardverskih laboratorijskih eksperimenata u nastavu. U radu je prikazana realizacija aktivnog filtra propusnika opsega na NI-ELVIS II+ razvojnoj platformi koja se može koristiti u DSP laboratoriji za “vizuelizaciju” koncepata filtriranja.

**Gljučne reči** — filter propusnik opsega, filterske karakteristike, hardverska razvojna platforma, vizuelizacija DSP teorije.

## I UVOD

Učenje osnovnih teorijskih koncepta analize i sinteze signala i sistema je po pravilu teško za studente inženjerskih studija. Ova poteškoća je rezultat jaza koji postoji između razumevanja matematičkih formalizma tih koncepata i sposobnosti studenata da te teorijske koncepte povežu sa praktičnim inženjerskim aplikacijama. U cilju rešavanja ovog problema mnogi “recepti” sugerišu “vizuelizaciju” teorije digitalne obrade signala [1].

MATLAB softverski paket je odavno postao standardni i nezaobilazni način “vizuelizacije” DSP teorije. Mnogi MATLAB bazirani DSP “virtuelni eksperimenti” su sastavni deo nastave i vežbi na kursovima iz teorije signala i sistema i digitalne obrade signala [2], [3], [4]. Sposobnost programiranja u MATLAB-u je podrazumevana veština koju studenti elektrotehnike stiču već na ranim godinama studija.

Međutim, gotovo sve što se može uraditi sa MATLAB baziranim DSP “virtuelnim eksperimentima”, na jednostavniji način, bez pisanja linija programskog koda, može se uraditi i korišćenjem softverskog paketa LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench). LabVIEW je grafičko razvojno okruženje sa ugrađenom funkcionalnošću za simulaciju, akviziciju podataka, instrumentaciju, analizu merenja i prikaz podataka. Korisnički interfejs za neku aplikaciju se kreira bez i jedne linije koda, jednostavnim prevlačenjem predefinisanih objekata. [5]. Grafičke aplikacije kreirane u LabVIEW-u nazivaju se virtuelni instrumenti (VI), jer

Dorđe Đ. Damnjanović, Tehnički fakultet Čačak, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (telefon: , +381 32 302 721, e-mail: fic177@hotmail.com), Radojka R. Krneta *Member, IEEE*, Tehnički fakultet Čačak, Svetog Save 65, 32000 Čačak, Srbija (telefon:+381 32 302 762, e-mail: rkrneta@gmail.com)

njihov izgled i funkcionisanje “imitiraju” stvarne instrumente: osciloskope, voltmetre, ampermetre, funkcijske generatore i dr. [6] LabVIEW sadrži veliki broj bibliotečkih funkcija pomoću kojih se kreiraju aplikacije za rešavanje niza standardnih zadataka iz oblasti digitalne obrade signala kao, na primer: DFT i FFT transformacija, prikaz i analiza signala u spektralnom i vremenskom domenu, analogni i digitalni FIR i IIR filtri, višebrzinski (multirate) filtri, itd. LabVIEW filterska paleta poseduje bogati arsenal alata za sintezu i analizu filtera [5].

Međutim, virtuelno laboratorijsko okruženje MATLAB-a i LabVIEW-a ne mogu u potpunosti da pripreme studente elektrotehnike za rad sa hardverskom opremom i stvarnim instrumentima, koji su potrebni za dizajniranje, testiranje i rad praktičnih inženjerskih aplikacija. Na studijama su, dakle, neophodni i eksperimenti sa hardverskom opremom i stvarnim instrumentima. Cilj hardverskih laboratorijskih eksperimenata u obrazovanju inženjera kroz “fizički kontakt sa hardverom” je, takođe, bolje razumevanje stečenih teorijskih znanja radi njihove uspešne primene u budućoj inženjerskoj praksi.

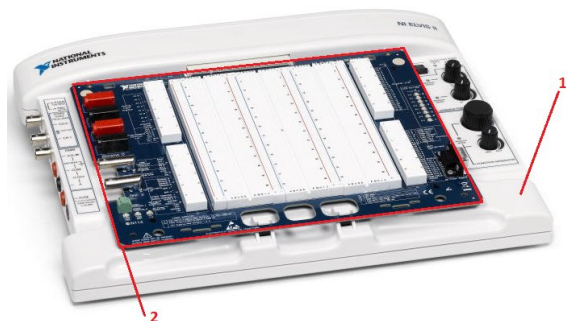
Hardverske laboratorijske eksperimente za “vizuelizaciju” DSP teorije moguće je realizovati i bez laboratorije koja zahteva često skupi hardver za digitalnu obradu signala. Umesto skupe i “kabaste” laboratorijske opreme u DSP laboratoriji za laboratorijske eksperimente celishodnije je upotrebiti National Instruments (NI) LabVIEW softverski paket u kombinaciji sa NI-ELVIS II+ hardverskom razvojnom platformom i PC računarom.

National Instrument Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite Ni Elvis II+ je hardverska razvojna platforma (Sl. 1.), kompletno prilagođena softverskom paketu LabVIEW, čime je njena upotreba u mnogome olakšana, sa druge strane, pak, i ograničena na ovaj softverski paket. Ni Elvis razvojna platforma ima veliki skup mogućnosti koje se mogu primeniti kako u laboratorijama na fakultetima tako i u dizajniranju profesionalnih uređaja.

Pored standardne palete virtuelnih instrumenata iz LabVIEW-a, Ni-ELVIS omogućava i korišćenje seta dodatnih virtuelnih instrumenata (sl. 2.).

Paleta sadrži 12 najčešće korišćenih laboratorijskih instrumenata kao što su osciloskop, DMM (digitalni multimetar), generator funkcija, Bode-ov analizador, spektralni analizador itd. Pomenuti VI pogodni su za jednostavna merenja, dok je za kompleksnija merenja, kontinualno snimanje merenih podataka i obradu signala, moguće kreirati nove LabVIEW bazirane VI (korišćenjem

raspoloživih SubVI [6]) koji će u punoj meri iskoristiti potencijale hardverskog platforme.



Sl. 1. Ni Elvis II+ hardverska razvojna platforma:  
1 – radno postolje (bench-top workstation);  
2 - prototipska razvojna ploča (prototype board)

Prenos izmerenih podataka sa razvojne ploče na računar i u obrnutom smeru, odvija se preko USB porta, koji je, nažalost, usko grlo celog sistema i ograničava brzinu rada hardverskog dela na 1.25 MS/s (podatak se odnosi na osciloskop).



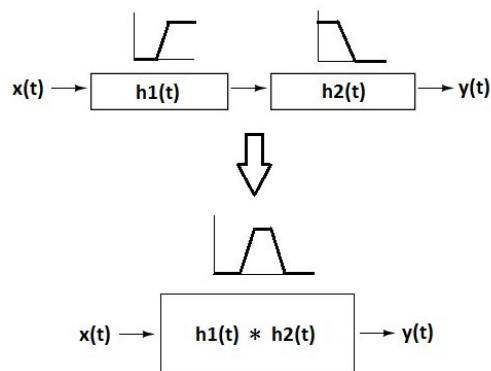
Slika 2. Paleta Ni-ELVIS virtuelnih instrumenata

## II DSP LABORATORIJSKI EKSPERIMENTI BAZIRANI NA NI ELVIS II+ RAZVOJNOJ PLATFORMI

Na NI-ELVIS II+ razvojnoj platformi je realizovana jednostavna hardverska laboratorijska vežba za merenje karakteristika aktivnog filtra propusnika opsega frekvencija.

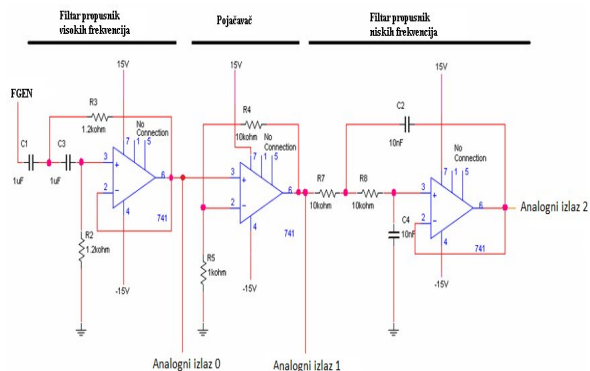
Rednom vezom filtra propusnika visokih frekvencija (VF filter) i filtra propusnika niskih frekvencija (NF filter) moguće je realizovati filter propusnik opsega (PO filter) i filter nepropusnik opsega (NO filter) zavisno od izbora graničnih frekvencija. Impulsni odziv PO filtra dobija se konvolucijom impulsnih odziva redno vezanih filtara propusnika visokih i propusnika niskih frekvencija, kao što je prikazano na slici 3 [7].

Filtar propusnika opsega čija je električna šema prikazana na slici 4. realizovan je kaskadnom vezom tri stepena [8]: filtra propusnika visokih frekvencija, pojačavača i filtra propusnika niskih frekvencija čime je omogućeno praćenje signala i njihovih oblika na izlazu svakog stepena. Svaki stepen sadrži operacioni pojačavač LM741 koji predstavlja aktivnu komponentu i otpornike i kondenzatore koji predstavljaju pasivne komponente, pa i filter realizovan na ovaj način predstavlja aktivan filter.



Sl. 3. Redna veza VF filtra i NF filtra

Pobuđivanje filtra vrši se pomoću LabVIEW-ovog generatora funkcija (FGEN).



Sl. 4. Električna šema filtra propusnika opsega

Prvi stepen na slici 4. predstavlja filter propusnik visokih frekvencija. Njegova granična frekvencija („cutoff frequency“) je :

$$f_{cvf} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_2 R_3 C_1 C_3}} \approx 132.6\text{Hz} \quad (1)$$

Drugi stepen predstavlja pojačavač čije je pojačanje:

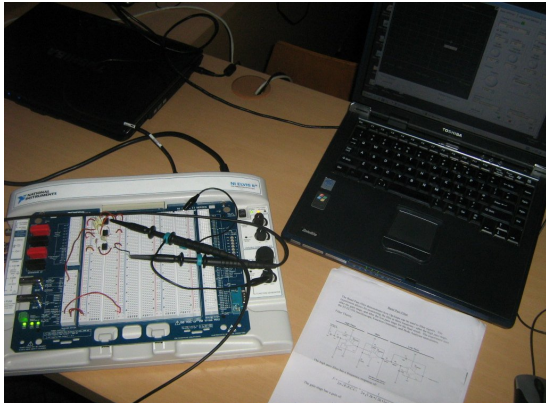
$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} \Rightarrow V_{out} = A * V_{in} \quad (2)$$

$$A = \left(1 + \frac{R_4}{R_5}\right) = 11$$

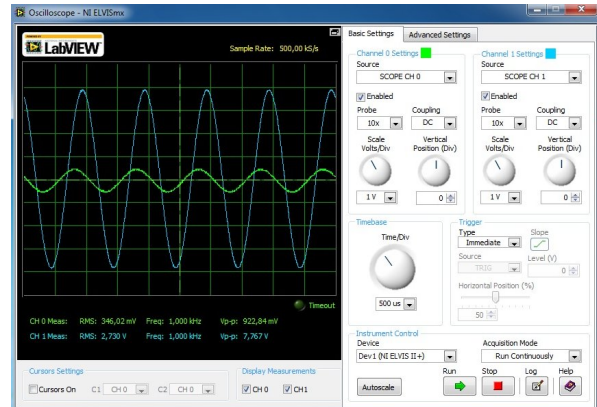
Poslednji stepen predstavlja filter propusnik niskih frekvencijama čija je granična frekvencija :

$$f_{cnf} = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_7 R_8 C_2 C_4}} \approx 1591.5\text{Hz} \quad (3)$$

Električna šema filtra propusnika opsega sa slike 4. realizovana je na NI Elvis II+ hardverskoj razvojnoj platformi (sl. 5.)



Sl. 5. Realizacija PO filtra na NI Elvis II+ hardverskoj razvojnoj platformi

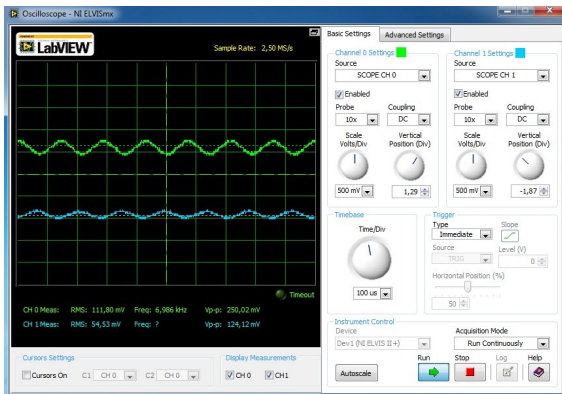


Sl.7. Izgledi signala na ulazu i izlazu PO filtra – frekvencija ulaznog signala veća od  $f_{cvf} = 136.2\text{Hz}$

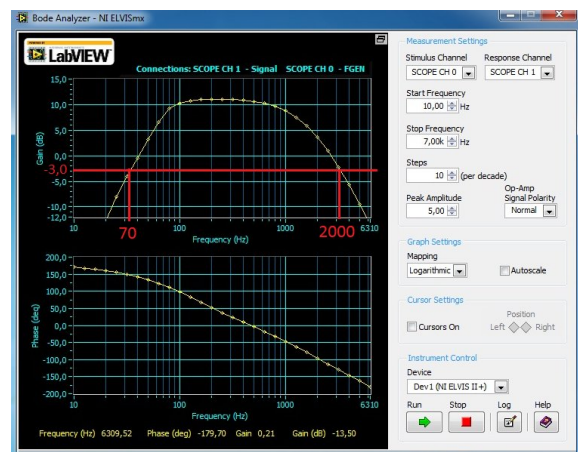
### III PRIKAZ IZMERENIH KARAKTERISTIKA AKTIVNOG FILTRA KORIŠĆENJEM NI ELVIS II+ RAZVOJNE PLATFORME

U cilju ilustracije osnovne funkcije filtra – propuštanja (ili nepropuštanja) signala bez slabljenja u određenom opsegu frekvencija, korišćenjem generatora funkcija na ulaz FGEN kola sa slike 4. dovođeni su signali različitih frekvencija. Izgledi signala na ulazu PO filtra i izlazu - Analogni izlaz 2, pokazuju, očekivano, da filter propusnik visokih frekvencija propušta signale čija je frekvencija manja od njegove granične frekvencije 136.2Hz sa značajnim slabljenjem (sl.6.), dok su signali sa frekvencijama višim od granične propušteni bez slabljenja (sl. 7). Treba napomenuti da je amplituda signala pojačana jer signal prolazi kroz pojačavački stepen.

Upotrebom Bode Analizer-a iz Ni-ELVIS palete virtuelnih instrumenata snimane su spektralne karakteristike realizovanog PO filtra. Bodeovi dijagrami za filter propusnik opsega sa naznačenim graničnim frekvencijama prikazani su na sl. 8.

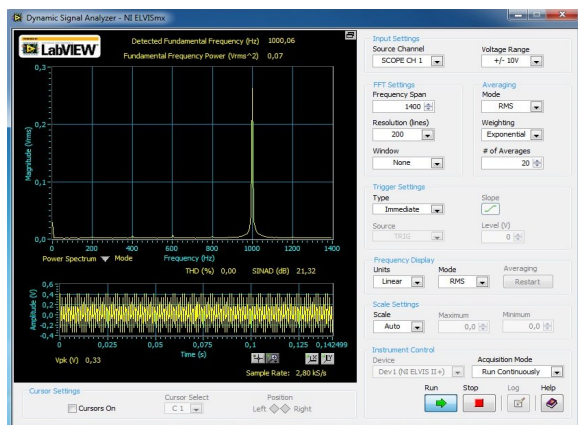


Sl.6. Izgledi signala na ulazu i izlazu PO filtra – frekvencija ulaznog signala manja od  $f_{cvf} = 136.2\text{Hz}$



Sl. 8. Bodeovi dijagrami za PO filter

Upotrebom Dynamic Signal Analyzer-a iz Ni-ELVIS palete virtuelnih instrumenata snimane su spektralne karakteristike signala na izlazu PO filtra. Moguće je odabrati prikaz sa logaritamskim [ Magnitude (dB/ms) ili linearnim označavanjem [Magnitude (/ms)] osa. Spektar signala na izlazu filtra propusnika frekvencija prikazan je na sl. 9.



Sl. 9. Spektar signala na izlazu PO filtra

#### IV ZAKLJUČAK

Laboratorijske vežbe realizovane sa hardverskim komponentama veoma su važne u obrazovanju inženjera. Rad sa hardverom osposobljava ih da bolje razumeju naučene teorijske koncepte i uspešno ih primenjuju u budućoj inženjerskoj praksi. Teorija signala i sistema i obrada signala izučavaju se na studijama elektotehnike kroz nekoliko nastavnih predmeta koji su po svom konceptu najvećim delom teorijski. Sa DSP laboratorijskim eksperimentima koji se realizuju na hardverskoj razvojnoj platformi NI Elvis i sa LabVIEW softverom koji verno imitira stvarne instrumente, studenti hardverski realizuju i vizuelizuju matematičke koncepte filtriranja, kako je to opisano u ovom radu. U radu su, radi ilustracije mogućnosti NI Elvis razvojne platforme, prikazana samo neka od merenja koja se mogu izvesti na realizovanom aktivnom filtru. Međutim, još čitav niz karakteristika moguće je snimiti korišćenjem Ni-ELVIS palete virtuelnih instrumenata kao i kreiranjem novih. Takođe je moguće snimiti izmerene podatke u vidu datoteka, radi njihove naknadne obrade. Sam LabVIEW softverski paket poseduje paletu bibliotečkih funkcija za digitalnu obradu signala sa kojima je moguće napraviti niz različitih virtuelnih eksperimenata koji vizuelizuju DSP matematičke algoritme, kao što je DFT i FFT transformacija, spektralna analiza, projektovanje analognih i digitalnih FIR i IIR filtara, višebrzinskih

filtara, itd. Isti DSP virtuelni eksperimenti mogu se zatim realizovati i u MATLAB-u i onda vršiti poređenje i analiza dobijenih rezultata.

#### LITERATURA

- [1] Shuhui Li and Abrar A. Khan, "Developing Digital Measurement and Analysis Laboratory in Circuits and Electronics Lab at TAMUK", in *Proc. of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, Available: [http://www.ni.com/pdf/academic/us/2004-165\\_final.pdf](http://www.ni.com/pdf/academic/us/2004-165_final.pdf)
- [2] Taan S. ElAli, "Discrete Systems and Digital Signal Processing with MATLAB®", CRC Press LLC, 2004
- [3] V. Marozas, V. Dumbrava, "Motivating the Students to Study the Basics of Digital Signal Processing by using Virtual Learning Environment", *ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING*, ISSN 1392 – 1215, 2010. No. 6(102), Available: [http://www.ktu.lt/mokslas/zurnalai/elektros\\_z/z102/22\\_ISSN\\_1392-1215\\_Motivating%20the%20Students%20to%20Study%20the%20Basics%20of%20Digital%20Signal%20Processing%20by%20using%20Virtual%20Learning%20Environment.pdf](http://www.ktu.lt/mokslas/zurnalai/elektros_z/z102/22_ISSN_1392-1215_Motivating%20the%20Students%20to%20Study%20the%20Basics%20of%20Digital%20Signal%20Processing%20by%20using%20Virtual%20Learning%20Environment.pdf)
- [4] R. Krmeta, M. Bjekić, A. Dostanić, M. Acović, "Influence of use of the MATLAB as underlying technology on development of the curriculum for the course in signals and systems", in *CD Proceedings of 2007 14th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2007 and 6th EURASIP Conference Focused on Speech and Image Processing, Multimedia Communications and Services EC-SIPMCS 2007*, IEEE Catalog Number: 07EX1858C, ISBN: 978-961-248-029-5, Maribor, Slovenija, 27 -30 June 2007,
- [5] Cory L. Clark, "LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications", McGraw-Hill, 2005
- [6] Alenka Milovanović Miroslav Bjekić, Branko Koprivica, "Virtuelna instrumentacija", Tehnički fakultet Čačak, 2010.
- [7] Steven W. Smith, "Digital signal processing, A practical guide for engineers and scientists", Newnes, USA, 2003
- [8] *Band Pass Filter Creation with NI ELVIS*, NI Developer Zone, Available: <http://zone.ni.com/devzone/cda/epd/p/id/442>

#### ABSTRACT

Better understanding of the acquired theoretical knowledge in the field of digital signal processing, for their successful use in future engineering practice, is achieved by introducing a hardware laboratory experiments in the classroom. In this paper we present realization of an active bandpass filter on the NI-ELVIS II + development platform that can be used in the DSP lab for "visualization" filtering concepts.

#### LABVIEW-BASED LABORATORY ENVIRONMENT FOR LEARNING OF FILTERING CONCEPTS

Đorđe Damnjanović, Radojka Krmeta