



DIZAJNIRANJE I SIMULACIJA AKTIVNIH FILTARA U PROGRAMU FILTERLAB

Anđelka Milošević¹, Slovenka Živanović²

Rezime: Sve bržim razvojem nauke i tehnike, naročito u oblasti obrade analognih i digitalnih signala, stvara se potreba za što bržim i jeftinijim dobijanjem projekatata spremnih da se upuste u sve izazove i zadatke postavljene pred njih. U te svrhe, u ovom radu predstavljen je novi softverski alat, FilterLab, koji pojednostavljuje dizajniranje analognih aktivnih filtara. FilterLab obezbeđuje potpuni šematski dijagram filterskih kola sa preporučenim vrednostima komponenti i željenim frekventnim odzivom. Time svaki njegov korisnik stvara na veoma jednostavan način pravu sliku o parametrima koji su karakteristični za projektovanje analognih filtara kao što su prenosna i fazna karakteristika, grupno kašnjenje i sve uticaje reda filtra na same karakterisitike. Dizajniranje ovim alatom traje izuzetno brzo i kratko, simulacija se praktično dobija istog trenutka čime se dosta štedi na vremenu. Simulator utvrđuje elemente, veze i njihovo međusobno reagovanje.

Ključne reči: Simulacija, električna kola, analogni filter, prenosna karakteristika, fazna karakteristika, grupno kašnjenje, red filtra.

DESIGN AND SIMULATION OF ACTIVE FILTERS IN FILTERLAB SOFTWARE

Summary: Rapid development of science and technique, especialy field of of analogue and digital signal processing, the need is appeared for faster and chiper making of planner that ready to solve many challenges and tasks. For this reasons, the new software tool is shown, FilterLab, which on the siple way design analogue active filters. FilterLab provides full shematic diagram of filter's circuits with recommended values of components and desired frequence responce. On this way, every user can get real figure about parameters which are characteristic for design of analogue filters as transfer funcion, phase function and group delay and all influences of filter order to all characteristics. With this tool, designing lasts very fast and short, simulation is got in same moment where the time is economized. Simulator establishes the elements, connections and mutual reaction.

¹ Dipl. inž. Anđelka Milošević, prof. el. Mašinsko-elektrotehnička škola, Branka Krsmanovića bb, Paraćin, E-mail: mespnsr@ptt.yu

² Dipl. inž Slovenka Živanović, prof. el. Mašinsko-elektrotehnička škola, Branka Krsmanovića bb, Paraćin, E-mail: mespnsr@ptt.yu

Key words: *Simulation, electrical circuit, analogue filter, transfer function, phase function, group delay, filter order*

1. UVOD

FilterLab je novi softverski alat koji pojednostavljuje dizajniranje aktivnih filtara. FilterLab obezbeđuje potpuni šematski dijagram filterskog kola sa preporučenim vrednostima komponenti i željenim frekventnim odzivom. Pomoću ovog softvera moguće je projektovati propusnik niskih i visokih učestanosti, kao i propusnik opsega do osmog reda sa Čebiševljevom, Beselovom ili Batervortovom aproksimacijom u opsegu od 0.1Hz do 1MHz. Realizacija filtarskih kola podržana je na dva načina preko *Sallen Key* topologije i višestruke povratne sprege (*MFB - Multiple Feedback*).

Korisnici mogu da biraju ravnu ili ostru karakteristiku u propusnom opsegu do prekidne frekvencije. Maksimalna fleksibilnost dizajniranja, promene u vrednostima kapacitivnosti mogu se lako implementirati u željenu primenu. FilterLab će ponovo izračunati sve vrednosti i postaviti u željeni odziv, dozvoliće da vrednosti budu zamenjene i promenjene kao deo procesa projektovanja.

FilterLab takođe generiše *SPICE* model projektovanog filtra koji dozvoljava da se analiza prati i simulira u frekventnom domenu.

Dalje razmatranje obuhvata vezu sa analogno-digitalnom konverzijom. Predloženi filter može biti generisan prostim unošenjem rezolucije i brzine odmeravanja preko *Anti-Aliasing Wizard*-a. Ovo eliminiše pogrešne signale generisanih u digitalnom signalu usled aliasing efekata (efekata preklapanja).

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE PROGRAMA FILTERLAB

Značajne karakteristike koje program FilterLab čine korisnim su:

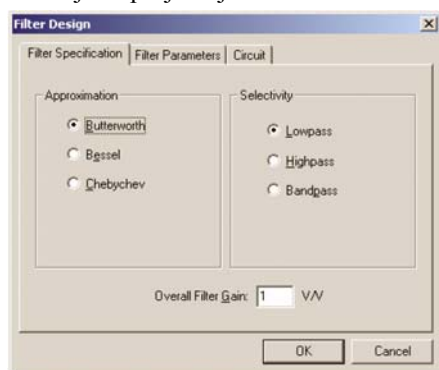
- raznovrsnost tipova aktivnih filtara
 - niskopropusnik opsega, propusnik opsega i propusnik visokih učestanosti
 - Beselova, Butervortova ili Čebiševljeva topologija filtra
 - Sallen Key i višestruke povratne sprege
- širok opseg vrednosti parametara
 - pojačanje: 1 i 10 V/V
 - red filtra: od 1 do 8
 - talasnost u propusnom opsegu: od 0.01 dB do 3.0 dB
 - slabljenje u nepropusnom opsegu: od 10 dB do 100 dB
 - prekidna frekvencija: od 0.1 Hz do 1 MHz
 - granična frekvencija: od 0.1 Hz do 1 MHz
- projektovanje po metodi Lako-za-Korišćenje (*Easy-to-Use Design*)
 - frekventni odziv
 - električna šema kola
 - SPICE listing
- pomoć pri projektovanju
 - Toolbar
 - Filter Design Wizard
 - Filter Selection Wizard
 - Anti-Aliasing Wizard (za A/D konvertore)

- podešavanje vrednosti komponenti
 - automatsko izračunavanje vrednosti komponenti
 - bilo koja tačnost ili 1% od vrednosti otpornika
 - ručno podešavanje vrednosti kondenzatora

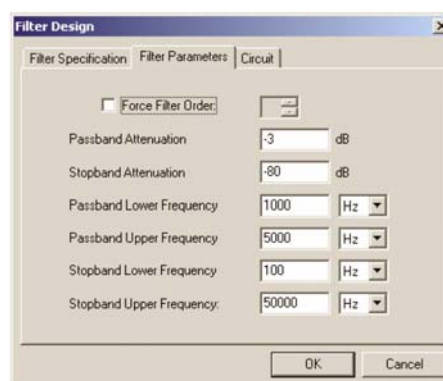
3. PROCES PROJEKTOVANJA

Proces projektovanja uključuje biranje filterskih specifikacija (*Filter Specification*) čime korisnik podešava vrstu aproksimacije, parametre i oblik filtra, prilagođava selektivnost i pojačanje filtra željenim zahtevima.

Nakon pokretanja programa po default-u se otvara setovani filter sa Batervortovom aproksimacijom petog reda u opsegu od 100 Hz do 10 KHz. U sledećem delu teksta biće opisan postupak projektovanja filtra na osnovu zadatih zahteva. Prvi korak u projektovanju obuhvata izbor aproksimacije. Na slici 1. prikazan je prozor sa opcijama sa navedenim podešavanjima (putanja: *Filter* → *Design*). Ovde se specificira aproksimacija kao i vrsta filtra koja se projektuje.



Slika 1: Opcije za podešavanje specifikacija filtra

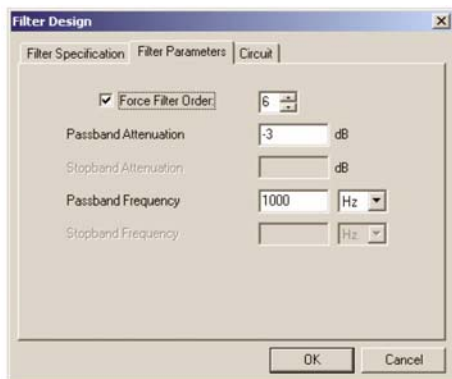


Slika 2: Opcije za podešavanje parametara filtra

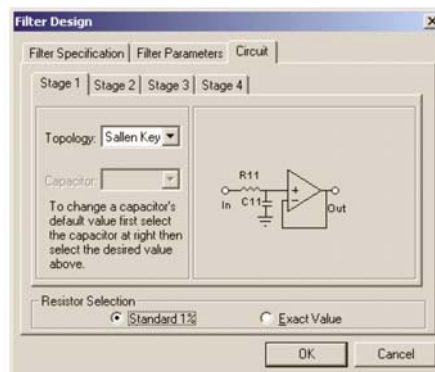
Na slici 2. prikazane su opcije za podešavanje parametara filtra. Od opcija se lako uočava da postoje lokacije za podešavanje: red filtra (*Force Filter Order*), podešavanje slabljenja kao i graničnih frekvencija.

Opcija *Force Filter Order* omogućava da korisnik specificira red filtra ili da podesi program da sam izračuna red filtra na osnovu prethodno zadatih parametara. Ako je podešen red filtra korisnik podešava slabljenje i frekvenciju u propusnom opsegu (*Pass Band Attenuation* i *Pass Band frequencies*).

FilterLab će izračunati slabljenje i frekvencije u nepropusnom opsegu (*Stop Band Attenuation* i *Stop Band frequencies*) na osnovu zadatog reda filtra. Ukoliko korisnik ne izabere red filtra FilterLab će sva izračunavanja i podešavanja uraditi automatski.



Slika 3: Opcije za podešavanje reda filtra

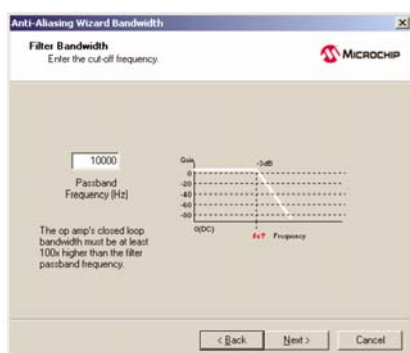


Slika 4: Opcije za podešavanje topologije filtra

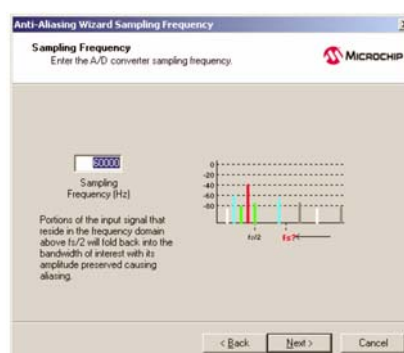
Treći prozor daje mogućnost da se za specificirani filter na osnovu parametara bira topologije filtra u dve varijante i vrednosti komponenti. Date su dve mogućnosti topologije. Jedna je Sallen Key i druga je topologije višestruke povratne sprege. Program daje mogućnost da se kombinuju topologije i svaki stepen može imati drugačiju topologiju što daje veliku mogućnost da se aproksimacija projektuje mnogo preciznije. Ova opcija je prikazana na slici 4.

4. ANTI-ALIASING WIZARD

Anti-aliasing wizard (čarobnjak) pomaže korisniku da dizajnira niskopropusni filter korišćen sa A/D konvertorom. Wizard omogućava brzo podešavanje propusnog opsega, frekvencije odmeravanja, rezolucije i odnosa signal/šum kod A/D konvertora. Pokreće se tako što se odabere putanja *Filter* → *Anti-Aliasing Wizard*. Prvi od koraka je zadavanje propusnog opsega filtra sa prekidnom frekvencijom na -3dB. Frekventni opseg u kome je moguće projektovati anti-aliasing filter je od 0.1Hz do 1MHz gde će prilikom zadavanja svake druge frekvencije van opsega program javljati grešku.



Slika 5: Opcije za podešavanje topologije filtra

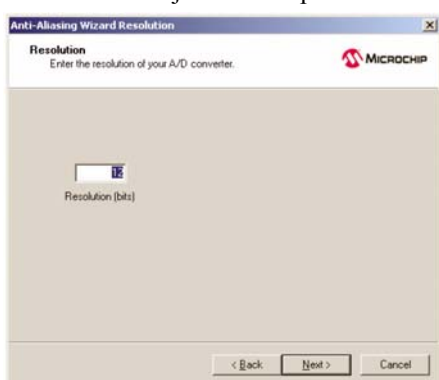


Slika 6: Opcije za podešavanje frekvencije odmeravanja

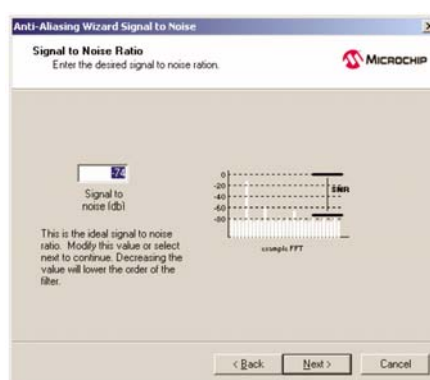
Drugi korak je biranje frekvencije odmeravanja koja po teoremi o odmeravanju mora biti najmanje dva puta veća od granične frekvencije (sl. 6).

Jedna od važnih opcija prilikom konstrukcije A/D konvertora je broj bitova koji će se koristiti u daljoj obradi. U te svrhe treći korak daje mogućnost izbora rezolucije A/D konvertora koji se kreće u opsegu od 8 do 24 bita. Prilikom zadavanja vrednosti rezolucije van opsega program će dati obaveštenje o grešci.

Poslednji korak u podešavanju Anti-aliasing filtra je odnos signal/šum. Default-na vrednost je $6.02 * \text{broj bitova} + 1.76$. Manja vrednost odnosa signal/šum smanjiće red filtra, dok će se u obrnutom slučaju red filtra povećavati.



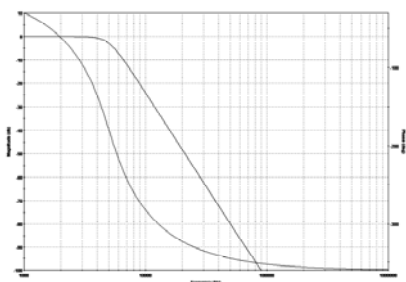
Slika 7: Opcije za podešavanje rezolucije



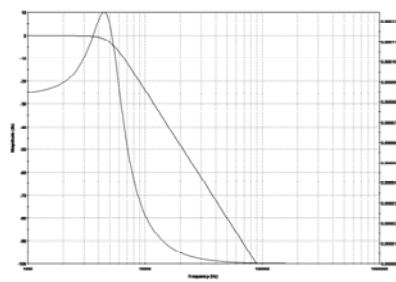
Slika 8: Opcije za podešavanje odnosa signal/šum

5. PRIMER

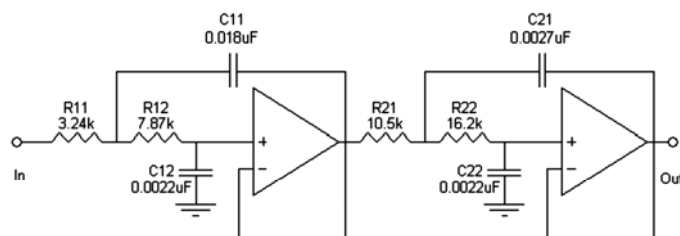
U ovom delu demonstriran je rad na dizajniranju filtra sa sledećim karakteristikama: filter je niskopropusnik sa Batervortovom aproksimacijom, prekidna frekvencija je na 6KHz i filter je četvrtog reda. Na slici 9 prikazane su karakteristike faze i amplitude a na slici 10 karakteristika grupnog kašnjenja i amplitude. Na slici 11 prikazan je izgled filtra sa konkretnim vrednostima komponenti.



Slika 9: Fazna i amplitudna karakteristika



Slika 10: Karakteristika amplitude i grupnog kašnjenja



Slika 11: Izgled filterskog kola četvrtog reda

6. ZAKLJUČAK

U eri brzog razvoja nauke i tehnike, pa samim tim i obrazovanje se mora razvijati u korak sa tehnikom. Poznato je da od obrazovanja jednog društva u velikoj meri zavisi i razvoj države, pa se ono mora prilagoditi novim potrebama koje zahteva društvo. U ovom radu predstavljen je novi softverski alat koji pojednostavljuje dizajniranje analognih aktivnih filtara koji obezbeđuje potpuni šematski dijagram filterskih kola sa preporučenim vrednostima komponenti i željenim frekventnim odzivom. Pre same njegove upotrebe veoma je jednostavan za brzo savladavanje osnovnih karakteristika filtara i pruža opšti uvid u parametre projektovanja tako da je veoma koristan i za proces obrazovanja. Dizajniranje ovim alatom traje izuzetno brzo i kratko, simulacija se praktično dobija istog trenutka čime se dosta štedi na vremenu. Simulator utvrđuje elemente, veze i njihovo međusobno reagovanje.

7. LITERATURA

- [1] Arthur B. Williams and Fred J. Taylor, *Electronic Filter Design Handbook*, 3rd ed., McGraw-Hill, 1995.
- [2] Rolf Schaumann, M.S. Ghauri, and Kenneth R. Laker, *Design of Analog Filters: Passive, Active RC, and Switched Capacitor*, Prentice Hall, 1990.
- [3] Andreas Antoniou, *Digital Filters: Analysis and Design*, McGraw-Hill, 1979.
- [4] Anatol I. Zverev, *Handbook of Filter Synthesis*, Wiley, John & Sons, 1967.
- [5] Rolf Schaumann, Mac E. Van Valkenburg, and Mac Van Valkenburg, *Design of Analog Filters*, 2nd ed., Oxford University Press, 2001.