
Glava 1

UVOD

Filtrirati signal, u najširem smislu, znači djelovati na njega i modifikovati ga na unaprijed zadani način, najčešće tako da neke frekvencijske komponente signala pojačavamo, propuštamo bez slabljenja ili sa malim dozvoljenim slabljenjem, dok druge frekvencijske komponente signala slabimo više od propisanog nivoa. Sistem čija je funkcija filtriranje signala nazivamo *filtrar*. Opseg frekvencija iz kog se komponente signala slabe maksimalno do dozvoljenog nivoa naziva se *propusni opseg* filtra. Opseg frekvencija iz kog se komponente signala slabe više od propisanog nivoa je *nepropusni opseg* filtra. *Prelazni opseg* je onaj opseg frekvencija iz kog se komponente signala slabe više od dozvoljenog nivoa u propusnom opsegu, a manje od propisanog nivoa u nepropusnom opsegu. *Idealni filtrar* treba da propušta bez slabljenja signale iz propusnog opsega, dok slabljenje signala iz nepropusnog opsega pri prolasku kroz idealni filtrar treba biti beskonačno veliko. Prelazni opseg idealnog filtra je beskonačno mali, a njegova fazna karakteristika linearna. S druge strane, funkcija prenosa $H(s)$ je realna racionalna funkcija kompleksne učestanosti s , sa konačnim brojem nula i polova. Stoga je idealne karakteristike filtra nemoguće postići prilikom realizacije filtara, već se one mogu samo aproksimirati. Prvo ćemo razmatrati aproksimaciju amplitudne karakteristike, a zatim pokazati da je faznu karakteristiku moguće korigovati posebnim filtrima koje nazivamo svepropusnicima ili ekvalizatorima faze.

Klasifikacija filtara može da se uradi na više načina. Saglasno funkciji koju vrše, filtri se najčešće dijele na osnovu opsega frekvencija koje propuštaju na:

- *niskopropusne* filtre (NP),
- *visokopropusne* filtre (VP),
- filtre *propusnike opsega* (PO),
- filtre *nepropusnike opsega* (NPO),
- *svepropusnike* ili *ekvalizatore kašnjenja* (SO).

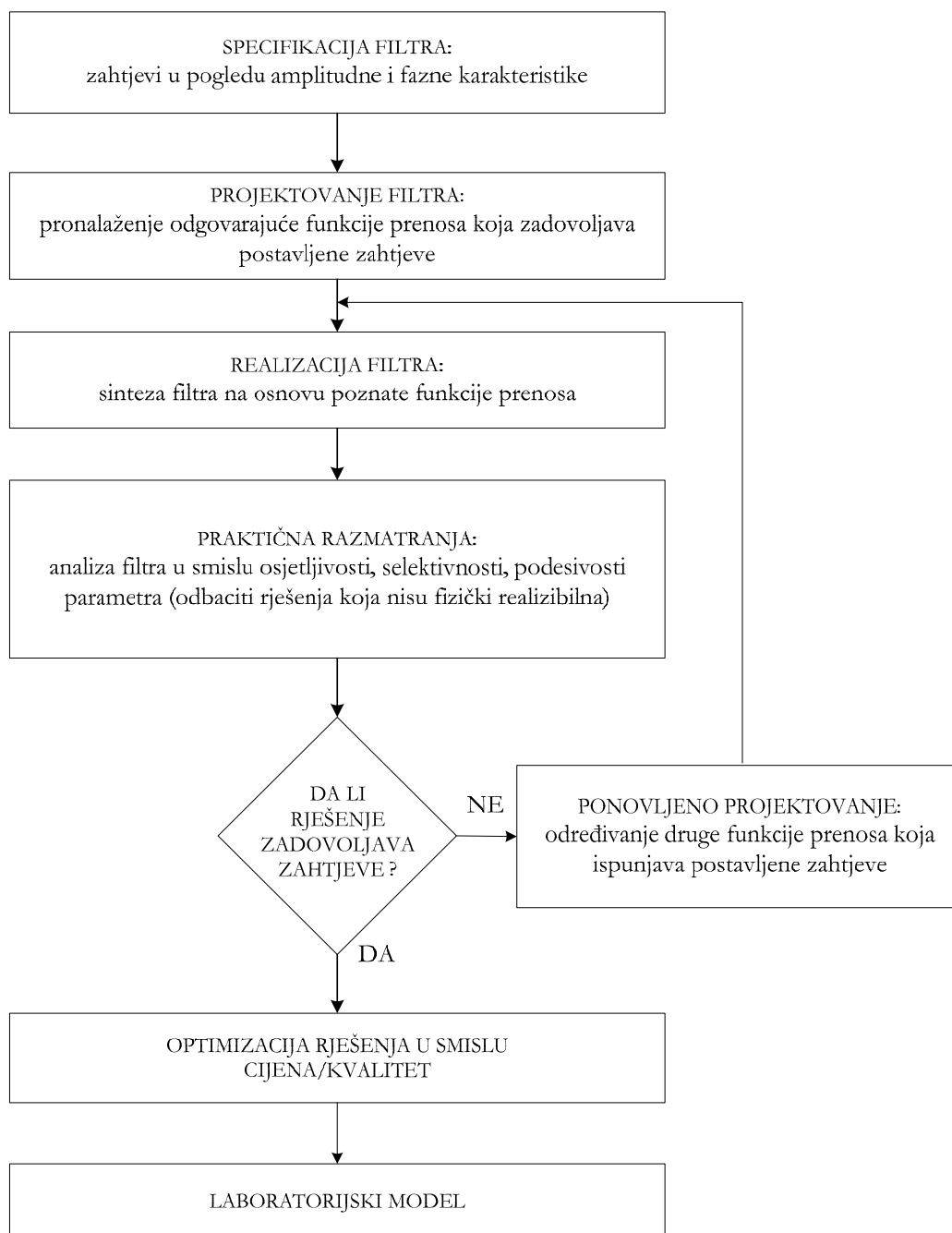
Posmatrajući prirodu signala koje filtriraju, izvršena je podjela na:

- *analogne* filtre, koji obrađuju analogne signale i
- *digitalne* filtre, koji obrađuju digitalne signale.

U okviru ove knjige ćemo se baviti analognim filtrima. Zavisno od toga na koji način se realizuju, analogni filtri se dijele na:

- *pasivne*, koji se realizuju samo pasivnim komponentama i
- *aktivne*, kod kojih se za realizaciju koriste i aktivne komponente.

Prije nego što se pristupi projektovanju i realizaciji filtra, neophodno je poznavati zahtjeve koje filter treba da zadovolji. Nakon toga, pristupa se projektovanju filtra, odnosno određivanju funkcije prenosa koja zadovoljava postavljene zahtjeve, nekim od aproksimacionih metoda. Kako najčešće postoji više rješenja, neophodno je, po nekom od kriterija, odabrati jednu funkciju prenosa. Nakon toga slijedi realizacija filtra, odnosno proces preslikavanja funkcije prenosa u električnu mrežu. Za to na raspolaganju stoji više metoda, a izbor je najčešće određen specifičnom namjenom. Pri tome treba voditi računa da rješenje bude jednostavno, ekonomično, te da što manje zavisi od tolerancija upotrijebljenih elemenata. Analizom realizovanog filtra, prvenstveno simulacijama, utvrđuje se da li je dobijeno rješenje prihvatljivo i konačno slijedi implementacija, odnosno izrada filtra i testiranje karakteristika. Na kraju treba sagledati i troškove masovne proizvodnje, uzimajući u obzir cijene komponenti, tehnologiju proizvodnje, testiranja i podešavanja. Ako neki od postavljenih zahtjeva nije zadovoljen, pristupa se izmjenama u realizaciji, a ako je to neophodno i izboru druge funkcije prenosa. Procedura projektovanja, realizacije i simulacije filtara prikazana je na Slici 1.1. Problem projektovanja filtra sa proizvoljno odabranim propusnim i nepropusnim opsezima se svodi na projektovanje NP filtra. Kasnije ćemo detaljno analizirati postupke kojima se zahtjevi za amplitudnu i faznu karakteristiku proizvoljnog filtra prevode u odgovarajuće zahtjeve za NP filter, pa se nakon realizacije elementi NP filtra frekvencijskim transformacijama mijenjaju tako da se dobije željeni filter.



Slika 1.1 Procedura projektovanja, realizacije i simulacije filtara.

Organizacija knjige

Osnovna ideja koju prati izlaganje u ovoj knjizi je kako od postavljenih zahtjeva za filtriranjem signala doći do fizičke realizacije filtra koji te zahtjeve ispunjava. Izložena materija je podijeljena u šest glavnih cjelina: *Uvod*, *Metodi aproksimacije amplitudnih i faznih karakteristika analognih filtara*, *Sinteza električnih mreža sa jednim pristupom*, *Gradivni blokovi aktivnih filtara*, *Pasivni filtri* i *Aktivni filtri*.

U Glavi 2 je težište na projektovanju filtara, tj. određivanju funkcije prenosa na osnovu zadatih specifikacija. Budući da je idealne karakteristike filtara nemoguće postići funkcijama prenosa realizabilnih sistema, amplitudne i fazne karakteristike analognih filtara se određuju aproksimacionim metodima. Prikazani su načini projektovanja Batervortovih, Čebiševljevih, eliptičkih i Beselovih filtara, te njihove uporedne karakteristike u frekvencijskom i vremenskom domenu.

Neophodna predznanja iz sinteze pasivnih električnih mreža sa jednim pristupom, koja će kasnije biti korišćena pri realizaciji pasivnih filtara, izložena su u Glavi 3, pod naslovom *Sinteza električnih mreža sa jednim pristupom*. Prvo su detaljno analizirane osobine impedansi i admitansi mreža sa jednim pristupom. Zatim su predstavljeni Fosterovi i Kauerovi metodi, kojima se, na osnovu poznate LC odnosno RC impedanse ili admitanse vrši sinteza. Ovo su ujedno osnovni i najčešće korišćeni metodi sinteze pasivnih električnih mreža.

Prilikom realizacije aktivnih filtara koriste se osnovni blokovi koji su predstavljeni u Glavi 4, *Gradivni blokovi aktivnih električnih mreža*. Ovdje je dat pregled realizacija kontrolisanih izvora, žiratora, konvertora impedanse, integratora, diferencijatora i sabirača pomoću operacionih pojačavača, otpornika i kondenzatora, tzv. aktivne RC realizacije.

Elementaran, i istorijski gledano osnovni, način realizacije električnih filtara se zasniva na sintezi mreža primjenom pasivnih komponenata, odakle i potiče naziv pasivni filtri za tu klasu realizacija. U Glavi 5, *Pasivni filtri*, izložena je Darlingtonova procedura, metod pronalaženja realizabilnih parametara mreža sa dva pristupa na osnovu poznate ulazne impedanse mreže, a zatim metod sinteze funkcija prenosa niskopropusnih filtara u vidu pasivnih ljestvičastih LC mreža. Nakon toga je razmatrana realizacija ostalih tipova filtara (visokopropusnih, kao i filtara propusnika i nepropusnika opsega učestanosti) na osnovu ovog niskopropusnog filtra prototipa, primjenom procedura zasnovanih na frekvencijskim transformacijama. Posebni metodi su korišćeni za realizaciju filtara propusnika svih učestanosti, čija svrha je postizanja željene fazne karakteristike.

Glava 6, *Aktivni filtri*, se bavi karakteristikama i realizacijama aktivnih filtara. Najvažija prednost aktivnih filtara, koji su svoj naziv dobili jer se realizuju upotrebom aktivnih komponenata, u odnosu na pasivne filtre je mogućnost njihove realizacije bez upotrebe induktivnih kalemova. Predstavljene su direktni metodi realizacije preko pasivnih mreža, simulacijom induktiviteta i skaliranjem impedansi, kao i metod varijabli stanja. Posebna pažnja je posvećena kaskadnim realizacijama i Sallen-Key topologijama. Pored aktivnih RC filtara obrađeni su i aktivni R filtri koji koriste frekvencijski zavisnu karakteristiku realnih operacionih pojačavača za ostvarenje željene funkcije prenosa. Na kraju su razmatrane osjetljivosti kriterijuma performansi na promjene vrijednosti ugrađenih komponenti i optimizacije koje je u tom smislu moguće postići.

Na kraju knjige navedena je korišćena literatura i indeks pojmova.