

**Laboratorijske vežbe iz elektronike na Univerzitetu
Politecnica u Madridu za školsku 2004/2005 godinu**

Sadržaj

1. Organizacija laboratorijskih vežbi.....	1
2. Opis sistema.....	2
2.1 Analogni podsistem.....	2
2.1.1 Sistem za prilagođenje signala.....	3
2.1.2 Banka filtara.....	4
2.1.3 Sumator signala.....	5
2.1.4 Sistem za prilagođenje snage.....	6
2.1.5 Merač nivoa signala.....	6
2.1.6 Sistem za napajanje.....	8
2.2 Digitalni podsistem.....	10
2.2.1 Specifikacija sistema.....	10
2.2.2 Kontrolna jedinica i memorija.....	11
2.2.3 Brojači kao memorije.....	11
2.2.4 Performanse brojača.....	12
2.2.5 Kolo za inicijalizaciju.....	14
3. Predlog rasporeda vremena za izradu dizajna.....	15
4. Preporuke.....	19
5. Testiranja.....	20
6. Korišćenje laboratorije.....	20
7. Napomene.....	21
Literatura.....	21

1. Organizacija laboratorijskih vežbi

Vežbe rade svi studenti 3. godine koji su upisali E.T.S.I Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid. Prethodno su slušali predmete analogna električna kola (analog electronics circuits) i digitalna električna kola (digital electronics circuits). Nije obavezno da imaju položene te predmete, ali je poželjno, da bi razumeli kako se vežba radi.

U proseku godišnje ima oko 400 studenata. Vežbe se rade u parovima i traju 11 nedelja po 4 sata nedeljno. Vežbe se rade na protoboard-ovima, komponente nabavljaju studenti i nose ih kući. Koriste sledeće instrumente: osciloskop, generator signala (function generator HM8030-5), izvor napajanja (triple power supply HM8040-2) i računar.

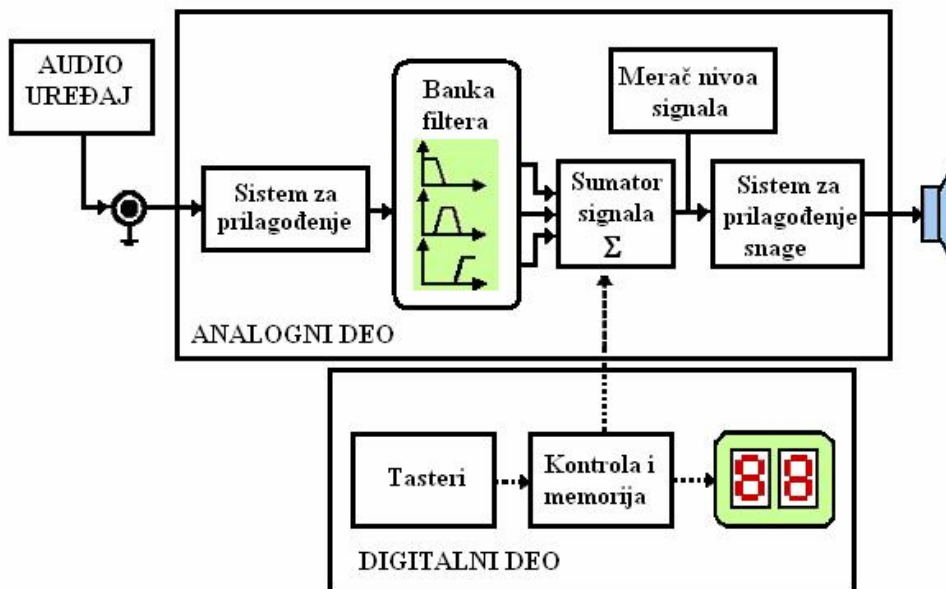
Ne postoje pojedinačne vežbe već je cilj da se napravi jedan elektronski sistem. Postoji praktikum sa opisom sistema koji treba da se realizuje. U njemu su opisani delovi sistema koji obuhvataju i digitalan i analogni deo. Mogu da biraju kojim redom će realizovati sistem, a u praktikumu postoji predlog kako bi najbolje bilo da organizuju svoje vreme i od čega da počnu. Nisu obavezni da provode 4 sata nedeljno u laboratoriji, a takodje postoji mogućnost i da provode više od 4 sata ukoliko ima mesta. Imaju rok da naprave sistem do kraja semestra. Svi rade istu vežbu i na kraju moraju da napišu referat u kojem moraju da obrazlože na koji način su izabrali vrednosti komponentata (to podrazumeva simulacije u spice-u, kao i eksperimentalno dobijene vrednosti i razlozi zbog kojih su koristili izabrane konfiguracije). Zatim to brane pred profesorom.

Laboratorijske vežbe su im kao poseban predmet, tako da se ocenjuju posebno. Najviša ocena koju mogu da dobiju je 8 (opseg ocena je od 5 do 10). Ukoliko žele veću ocenu moraju da urade dodatne stvari koje su zadate u okviru specifikacije sistema. Ukoliko ne stignu da urade vežbu do kraja semestra, imaju rok da je završe do septembra, pri čemu moraju da dizajniraju i neke dodatne funkcije koje odredi profesor.

2. Opis sistema

Glavni zadatak ove vežbe je dizajn i implementacija audio sistema (obuhvata signale čija je frekvencija između 20 Hz i 20 KHz, odnosno opseg koji može da registruje ljudsko uho). Izvor ulaznog signala predstavlja radio, walkman ili neki drugi audio uređaj. Osnovna ideja je da postoji mogućnost da se ulazni signal izdela na opsege frekvencija i omogući selekcija i pojačanje signala na izabranim frekvencijama.

Sistem se sastoji od 3 filtra čija se pojačanja mogu kontrolisati pomoću digitalnog dela. Sistem takodje obuhvata merni deo čiji se rezultati signaliziraju pomoću LED dioda. Šematski prikaz sistema dat je na slici 2.1.



Slika 2.1. Šematski prikaz sistema

2.1 Analogni podsistem:

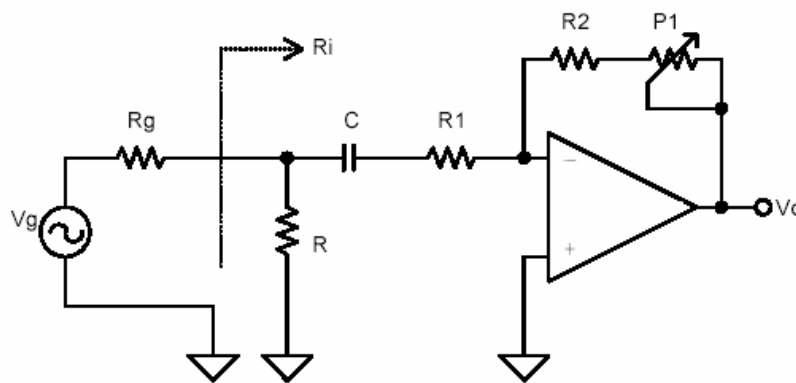
Osnovni elementi su:

- Sistem za prilagođenje signala: predstavlja ulazni VF filter koji je neophodan radi prilagođenja signala ostatku sistema
- Banka filtera: izdvajaju deo signala na izabranom opsegu frekvencija
- Sumator: rekonstruiše signal na osnovu izlaznih signala iz filtera

- Prilagodjenje snage: konvertuje nivo i širinu opsega signala kako bi mogao da se čuje na izlazu

2.1.1 Sistem za prilagodjenje signala:

Sistem za prilagodjenje signala predstavlja jednu vrstu VF filtra kako bi se eliminisale komponente signala koje utiču na polarizaciju izlaznog dela ovog sistema. Šematski prikaz dat je na slici 2.1.1.



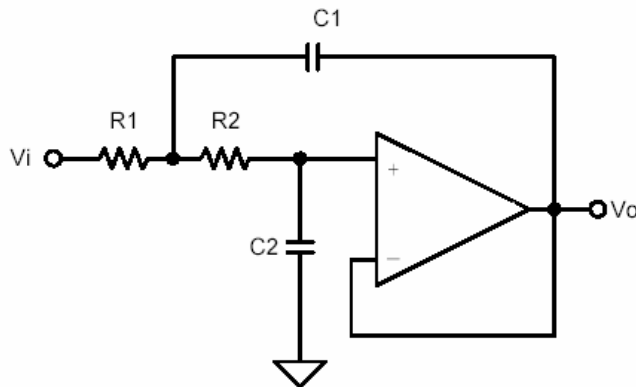
Slika 2.1.1 Šema sistema za prilagodjenje ulaznog signala

Zadatak:

1. Izračunati vrednosti komponenata ovog filtra tako da imaju približno istu vrednost kao izlazna impedansa slušalica koja iznosi od 8 do 300 Ω .
(potrebno je da otpornost R1 bude što veća)
2. Za graničnu frekvenciju uzeti 10-20 Hz i koristiti elektrolitski kondenzator.
3. Uzeti u obzir da signal na izlazu treba da ima maksimalnu amplitudu 5 V, a preporučuje se 1-2V
4. Nacrtati Bodeove dijagrame odziva ovog filtra

2.1.2 Banka filtara:

Postoje 3 filtra: NF, VF i propusnik opsega učestanosti.



Slika 2.1.2 Šema NF filtra

Potrebno je da se realizuju filtri 2. reda koji su jednostavni za simulaciju i dizajn. Opseg frekvencija u kojima karakteristike ovih filtara moraju biti ravne su izmedju 1 i 4 KHz. Primer NF filtra 2. reda dat je na slici 2.1.2

Izraz za prenosnu funkciju filtra 2. reda glasi:

$$A_v = \frac{A_{vm}}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{s}{\omega_0 Q} + 1}$$

Postoje 2 mogućnosti za izbor Q faktora i frekvencije ω_0 :

- $Q=1/2$: tada postoji dvostruki pol na frekvenciji ω_0 što znači da postoji slabljenje od 6 dB na toj frekvenciji. Samim tim ω_0 više ne predstavlja graničnu frekvenciju filtra. Prednost ovog izbora je što će karakteristika sume odziva sva 3 filtra biti ravna, tako da neće doći do gubitka signala na određenim frekvencijama
- $Q=1/\sqrt{2}$: za ovu vrednost se dobija maksimalno ravna karakteristika filtra. Slabljenje na frekvenciji ω_0 će biti 3 dB. Međutim, kada se posmatra superpozicija filtara slučaj se znatno komplikuje.

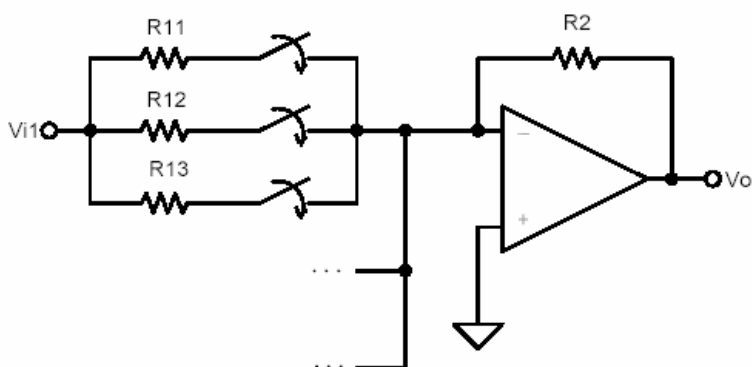
Treba izabrati jednu od te 2 vrednosti za Q faktor i obrazložiti način izbora.

Za nisko propusnik signala dat na slici 2.1.2 nakon proračuna za vrednosti komponenti i implementacije dostupnih komponenata izvršiti ponovo proračun za Q i ω_0 . Na osnovu toga proveriti da li je karakteristika filtra i dalje ravna u opsegu širine 4 KHz. Promeniti vrednosti komponenata ako je to potrebno. Za dizajn VF filtra može se koristiti ista šema kao za NF filter uz RC-CR transformacije. Za dizajn filtra propusnika opsega može se koristiti jedan NF filter i jedan VF filter, ali treba uzeti u obzir da pojačanje neće biti jedan, kao i da dolazi do promene polariteta faze pa je potrebno ubaciti dodatni stepen za pojačanje. Za dodatni stepen se uzima invertor.

Za sva 3 filtra potrebno je nacrtati Bodeove karakteristike njihovih prenosnih karakteristika na osnovu izmerenih vrednosti i uporediti ih sa teorijski dobijenim karakteristikama. Analizirati i protumačiti zašto je došlo do odstupanja.

2.1.3 Sumator signala:

Ovaj modul se koristi za realizaciju različitih pojačanja signala. Potrebno je da postoji 8 nivoa pojačanja (od 0 do 7) koji se realizuju uključivanjem i isključivanjem grana sumatora kao što je prikazano na slici 2.1.3. Odnos izlaznih signala 2 susedne grane mora biti $1/\sqrt{2}$ odnosno 3 dB. Za otpornost R2 se uzima vrednost u opsegu od 10 K Ω do 100K Ω .



Slika 2.1.3 Šema sumatora signala

Potrebno je izračunati vrednosti otpornosti tako da se za maksimalno pojačanje dobije signal na izlazu amplitude između 1V i 2V. U ovoj realizaciji ukoliko je pojačanje 0 signal “visi”. U tom slučaju potrebno je povezati ga na masu.

Druga moguća realizacija sumatora je pomoću demultipleksera.

2.1.4 Sistem za prilagodjenje snage

Potrebno je povezati kolo LM386 kako bi se izvršilo prilagodjenje snage signala slušalicama. Strogo je zabranjeno korišćenje zvučnika.

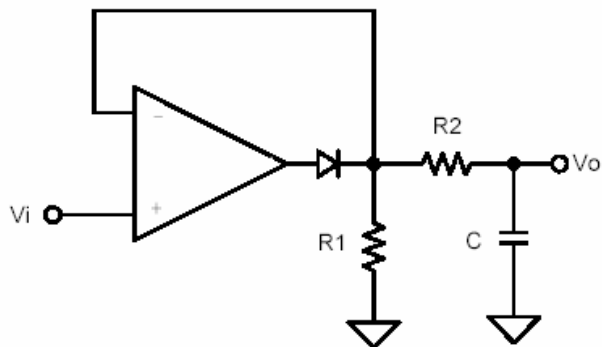
2.1.5 Merač nivoa signala

Poznato je da je snaga signala proporcionalna kvadratu napona u slučaju rezistivnog potrošača. Ukoliko se traži srednja snaga onda bi trebalo da se izvrši usrednjavanje na nivou jedne periode:

$$\frac{1}{T} \int_T v^2(t) * dt$$

Da bi se izbeglo izračunavanje kvadrata napona, što u opštem slučaju može biti komplikovano, može se primeniti jednostrani ispravljač, a posle njega NF filter sa adekvatnom graničnom frekvencijom radi usrednjavanja vrednosti signala.

Za merenje nivoa snage signala može se koristiti kolo na slici 2.1.4 koje se sastoji od polutalasnog ispravljača i NF filtra prvog reda. Za diodu se može uzeti standardna dioda kao na primer 1N4148. Otpornik R1 fiksira napon na ulazu filtra kad dioda provodi. Njegova vrednost ne sme da bude mala ($>1K\Omega$) kako signal ne bi opterećivao izlaz operacionog pojačavača. Sa druge strane, kondenzator zajedno sa otpornošću određuje vremensku konstantu filtra.

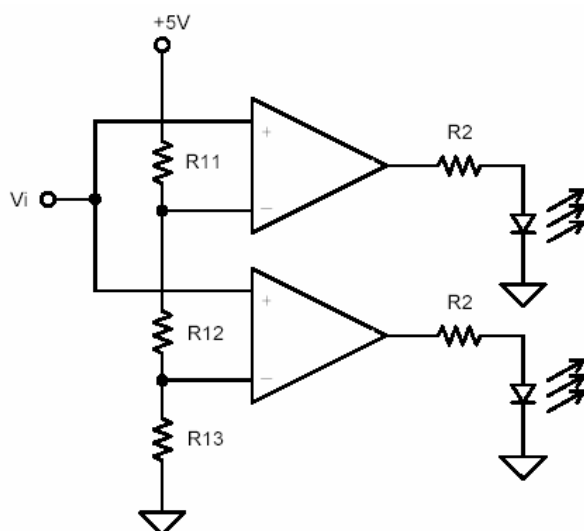


Slika 2.1.4 Šema polutalasnog ispravljača sa NF filtrom

Zadatak:

1. Analizirati rad kola sa slike i izračunati vrednosti komponenata. Izabrati vrednosti komponenata tako da vremenska konstanta filtra bude približno jednaka za oba stanja diode (kada provodi i kada je isključena).

Napon na izlazu filtra će biti proporcionalan srednjoj vrednosti napona signala na izlazu iz sumatora. Sada samo nedostaje vizuelan mehanizam koji će prikazati nivo tog napona. Na slici 2.1.5 je prikazano kolo koje je moguće primeniti radi obavljanja te funkcije. Sastoji se od komparatora i LED dioda. Najmanji broj nivoa za prikazivanje mora biti 4. Može se koristiti kolo LM324 (kao i TL084) koje sadrži 4 operaciona pojačavača u jednom pakovanju.



Slika 2.1.5 Šema kola za prikazivanje nivoa signala

Zadatak:

1. Izračunati otpornost R_2 radi dobijanja željenog inteziteta signala na izlazu i otpornosti R_{1j} tako da se diode aktiviraju u opsezima koji odgovaraju logaritamskoj podeli.

2.1.6 Sistem za napajanje

Iako se često zaboravlja na napajanje, ono ima vrlo bitnu ulogu u bilo kom elektronskom sistemu. Posebno treba obratiti pažnju pri implementaciji integrisanih kola koja zahtevaju različite napone napajanja. U tim slučajevima često je potrebna upotreba kompikovanih DC-DC konvertora.

U ovom sistemu potrebna su 2 izvora za napajanje: jedan simetrični koji daje $\pm 5V$ za analogni deo sistema i jedan koji daje $+5V$ za digitalni deo sistema. Preporučuje se da se razdvoje napajanja analognog i digitalnog dela.

Potrebno je adekvatno filtrirati signale iz izvora za napajanje. Ukoliko se ne primeni filtracija, kolo će imati dosta problema sa šumom koji predstavlja ozbiljnu

smetnju kada u dizajnu postoji i analogni i digitalni deo. U tu svrhu se stavljanju sledeći kondenzatori:

- Elektrolitski od $470\ \mu F$ da bi se osigurale niske impedanse na niskim frekvencijama
- Plastični od $100\ nF$ da bi se osigurali niske impedanse na srednjim frekvencijama (za audio signale)
- Keramički od $100\ pF$ da bi se osigurale niske impedanse na visokim frekvencijama

Posebno obratiti pažnju na polaritet elektrolitskih kondenzatora!

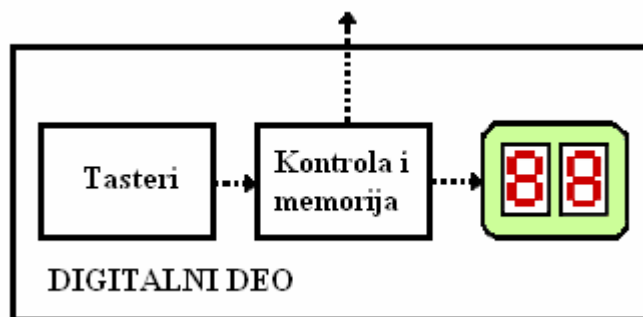
Dodatne informacije:

- Potrebno je teorijski obrazložiti način dizajna sistema i uključiti sve numeričke proračune
- Potrebno je analizirati zbog čega je došlo do teorijskog odstupanja
- Ne sme se zaboraviti da komponente imaju komercijalne vrednosti i na osnovu njih se moraju vršiti proračuni za kola
- Potrebno je priložiti Bodeove dijagrame svih filtara pre njihove implementacije u kolo
- Treba uzeti u obzir da signal na ulazu nije idealan
- Da bi se realizovala merenja odziva filtara predlaže se da se izvrši po jedno merenje za svaku dekadu, a da se posle dodaju druga tamo gde je neophodna veća rezolucija
- Koristiti sinusoidalne signale onih amplituda kakve se očekuju na izlazu iz jednog audio sistema

2.2 Digitalni deo sistema

Osnovni zadaci pri implementaciji ovog dela sistema su:

- Dozvoliti korisniku da unose promene u sistem
- Omogućiti vizuelno prikazivanje celog sistema
- Realizovati interakciju sa analognim sistemom, proporcionalnu signalima potrebnim za realizaciju promene pojačanja

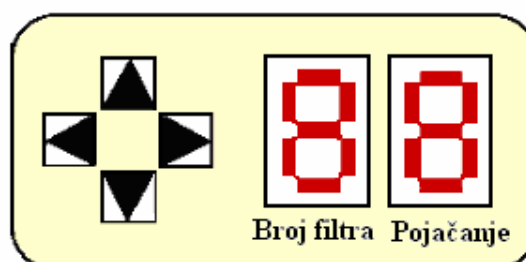


Slika 2.2.1 Šema digitalnog podsistema

Ovaj sistem se sastoji od jedne kontrolne jedinice, koja služi za memorisanje vrednosti dodeljenih pojačanjima izabranih opsega filtara. Kao što je već rečeno u analognom delu, potrebno je da postoji 8 nivoa pojačanja od 0 do 7.

2.2.1 Specifikacija sistema

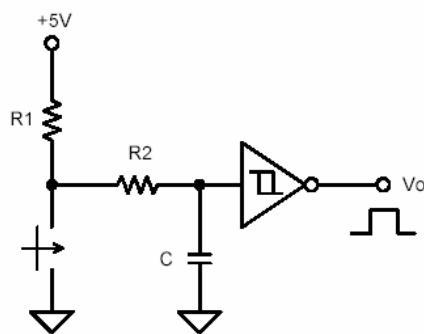
Potrebno je posmatrati istovremeno segment na ulazu i segment za vizuelni deo sistema, pošto su oba povezana u logičku celinu koja će se u daljem tekstu zvati kontrolna jedinica.



Slika 2.2.2 Šema kontrolnog panela

Vertikalni tasteri služe za odabir pojačanja filtra, dok horizontalni dozvoljavaju promenu izbora filtra. Redni broj filtra i njegovo pojačanje se prikazuju na sedmo segmentnim displejima kao što je prikazano na slici 2.2.2.

Na slici 2.2.3 je prikazana šema moguće realizacije ovog dela sistema, koji predstavlja kolo za debaunsiranje prekidača, a sastoji se od jedne vrste NF filtra i Šmitovog kola. Ovo kolo generiše nizak nivo na izlazu kada taster nije pritisnut, a visok kada jeste. Njegova uloga je vrlo bitna za ostatak sistema kako bi se izbegle greške u brojanju.



Slika 2.2.3 Šema kola za debaunsiranje prekidača

Analizirati dato kolo i odrediti vrednosti komponenata tako da se na izlazu dobije signal bez gličeva.

2.2.2 Kontrolna jedinica i memorija

Kontrolna jedinica služi da procesira akcije korisnika i da generiše kontrolne signale adekvatne za dobijanje željenog odziva na izlazu analognog dela sistema.

2.2.3 Brojači kao memorije

U kontrolnoj jedinici potrebno je da postoji sistem koji će dozvoljavati modifikovanje vrednosti pojačanja u oba smera (i napred i nazad), kao i njegovo memorisanje. U tu svrhu najbolje bi bilo upotrebiti brojače.

Preporučljivo je koristiti 2-bitne, sinhronne brojače koji imaju sledeće osobine:

- Broje na uzlaznu ivicu takta (clk)
- Resetuju se kad je signal rst na niskom nivou
- Imaju ulazni signal up/down koji označava smer brojanja, 0 znači napred
- Imaju ulazni signal enable, kad je 1 brojač se zaustavlja
- Imaju 2 izlaza za brojanje
- Sadrže D flip-flopove kao memorijske elemente

Sledeća tabela prikazuje ilustrativno rad brojača

RESET	CLK	ENABLE	UP/DOWN	IZLAZ
L	X	X	X	0
H	↓	X	X	Q_n
H	↑	H	X	Q_n
H	↑	L	L	Q_{n+1}
H	↑	L	H	Q_{n-1}

Tabela 2.2.1 Tabela prikaz rada brojača

Dodatno, brojač mora da se zaustavi na 0 ako je smer brojanja unazad, i na 2 ako je smer brojanja unapred (pošto postoje 3 filtra).

Za dizajn brojača potrebno je primeniti klasičnu metodologiju dizajna automata i sekvencijalnih mašina. Pri početnom dizajnu mogu se ignorisati postavljena ograničenja, koja se kasnije moraju nadograditi na sistem.

Ne treba zaboraviti da je potrebno 3 bita kako bi se prikazalo pojačanje. Ne smeju se koristiti brojači sa asinhronim ulazima up/down.

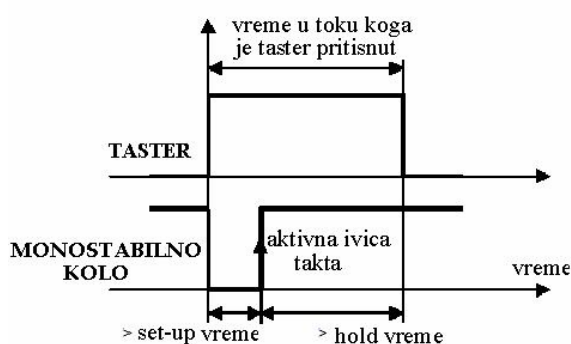
2.2.4 Performanse brojača

Da bi se obezbedila ispravna intervencija prekidača, potrebno je da se brojanje odvija pri svakom pritisku tastera izazivajući sledeće događaje:

- Prvo se postave odgovarajuće vrednosti signala UP/DOWN i ENABLE
- Zatim se dovede samo jedan signal takta kako bi se ostvarilo brojanje

Neophodno je napraviti dizajn jednog mehanizma koji će realizovati sve navedene akcije u odgovarajućem redosledu tako da u svakom trenutku budu ispoštovana vremenska ograničenja (vremena set-up i hold).

Jedna od opcija je da se koristi monostabilno kolo koje će služiti za generisanje signala takta, tako da signal na izlazu tastera obezbedi fiksiranje ispravnih nivoa signala up/down i enable kao što je prikazano na slici 2.2.4.



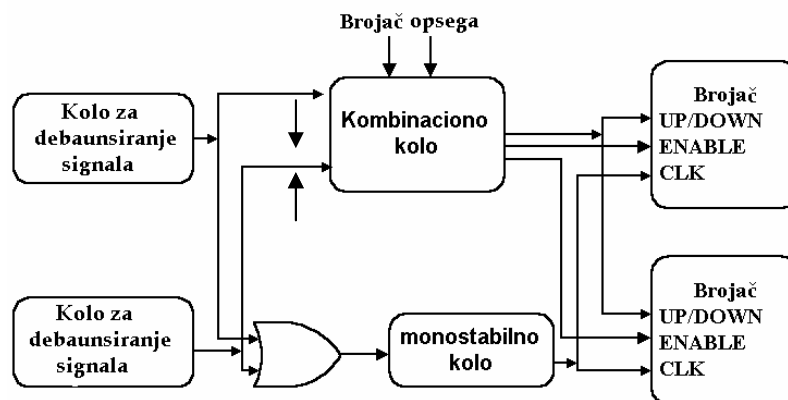
Slika 2.2.4 Vremenski dijagrami signala na izlazu iz monostabilnog kola

Radi obavljanja ovog zadatka dozvoljeno je koristiti jedno monostabilno kolo koje će biti povezano na ulaze za takt svih brojača. Nije preporučljivo da se koristi tajmer 555 jer u njegovom slučaju trigger signal ne sme biti dužeg trajanja od trajanja signala na izlazu.

Pošto svi brojači primaju isti signal takta, potrebno je obezbediti da se samo jedan od njih aktivira u datom trenutku. To se postiže pomoću signala Enable. Treba uočiti da su vertikalni tasteri zajednički za brojače svih opsega, a pošto iza njih sledi prikaz pojačanja, potrebno je koristiti multipleksere i demultipleksere.

Na slici 2.2.5 je prikazana moguća šema za povezivanje brojača sa izborom pojačanja (prikazana su samo 2), mada treba istaći da:

- Oba tastera mogu da pobude monostabilno kolo
- Postoji samo jedno takvo kolo za pobudjivanje svih brojača
- Ulazi up/down su isti za oba brojača
- Ulazi enable su razdvojeni da bi se odredilo koji je aktivan u datom trenutku
- Neophodno je numerisati opsege da bi se znalo koji je aktivan



Slika 2.2.5 Šema moguće realizacije povezivanja brojača sa izborom pojačanja

2.2.5 Kolo za inicijalizaciju

U bilo kom digitalnom kolu koje sadrži memorije, registre i slične komponente potrebno je obezbediti početni sadržaj po uključenju napajanja.

Najjednostavnije rešenje je RC kolo sa odgovarajućim vrednostima, povezano između mase i napajanja i priključeno na signal reseta. Konsultovati literaturu radi detaljnijeg opisa.

3. Predlog rasporeda vremena za izradu dizajna

Prva nedelja

Sadržaj: digitalni

Cilj: Upoznati se sa laboratorijom, montirati sisteme za napajanje, ulazne jedinice sa 2 tastera sa kolom za debaunsiranje i monostabilnim kolom.

Opis: Konceptcija i montaža kola za napajanje uključuje primenu odgovarajućih kondenzatora. Potrebno je dizajnirati kolo za debaunsiranje, povezati ih sa 2 tastera, a zatim napraviti dizajn monostabilnog kola koje će da generiše signal takta.

Proračuni: Podesiti vrednosti komponenata za sve jedinice koje treba da se realizuju. Proračunati i nacrtati izgled signala takta sa svim vremenskim parametrima.

Merenja: posmatrati način rada, širinu signala takta i podesiti tako da ispravno radi.

Druga nedelja

Sadržaj: digitalni

Cilj: Implementacija brojača za prikaz rednog broja aktiviranog filtra i prikaz na jednom displeju, spajanje sa tasterom i kolom za signal takta.

Opis: Kompletan dizajn brojača. Montaža zajedno sa displejom. Dizajn i montaža kola za pobudjivanje preko tastera i povezivanje sa brojačem.

Proračuni: Dizajn brojača kao sekvencijalnog sinhronog kola: hronogrami, dijagrami stanja, tablice istinitosti. Dizajn kola za pobudjivanje brojača nezavisno od monostabilnog kola za takt.

Merenja: Detaljna verifikacija rada brojača sa različitim kombinacijama ulaznih signala.
Provera rada celine taster-brojač-displej.

Treća i četvrta nedelja

Sadržaj: digitalni

Cilj: Konstrukcija brojača za pojačanja, dodati 2 nova tastera i prikazivanje na drugom displeju, verifikacija. Dodati ostale brojače i obezbediti multipleksiranje.

Opis: Montirati brojač za pojačanje zajedno sa 2 preostala tastera, zatim integrisati zajedno sa monostabilnim kolom i jednim novim kolom za pobudjivanje, koje treba da bude isto kao ono koje je realizovano u drugoj nedelji, a koje služi za određivanje rednog broja trenutno aktiviranog filtra.

Montirati ostatak brojača. Dizajn i montaža sistema za multipleksiranje tastera i displeja.

Proračuni: Opis dizajna sistema za multipleksiranje tastera i displeja. Kompletan digitalan sistem.

Merenja: Detaljna verifikacija rada sistema taster-brojač-displej. Provera multipleksiranja signala

Peta nedelja

Sadržaj: analogni

Cilj: Konstrukcija i merenja za nisko propusni filter, korišćenjem generatora funkcija.

Opis: Proračunati vrednosti komponenata za NF filter, uzeti komercijalne vrednosti i ponoviti proračun. Montirati iste.

Proračuni: Analitički proračuni za NF filter i odgovarajuće Bodeove karakteristike

Merenja: Snimiti amplitudsku i faznu karakteristiku filtra

Šesta Nedelja

Sadržaj: analogni

Cilj: Priprema audio izvora, adaptor na ulazu i VF filtra

Opis: Proračunati vrednosti komponenata za adaptor i VF filter, uzeti komercijalne vrednosti i ponoviti proračun. Montirati iste.

Proračuni: Kompletan dizajn adaptor sa detaljnim podešavanjima njegovih vrednosti. Analitički proračuni za VF filter i odgovarajući Bodeovi dijagrami.

Merenja: Snimiti amplitudsku i faznu karakteristiku filtra.

Sedma nedelja

Sadržaj: analogni

Cilj: Konstrukcija i montaža filtra propusnika opsega

Opis: Napraviti proračune za filter i montirati ga

Proračuni: Analitički proračuni za filter i odgovarajući Bodeovi dijagrami

Merenja: Snimiti amplitudsku i faznu karakteristiku filtra

Osma nedelja

Sadržaj: analogni

Cilj: Sumator sa analognim prekidačima, merenje globalnog odziva filtera

Opis: Proračunati vrednosti otpornosti sumatora radi dobijanja željenih pojačanja. Montirati sumator zajedno sa analognim prekidačima radi odabira odgovarajuće grane. Kontrolni signali treba da su fiksirani za sad.

Proračuni: Dizajn sumatora sa detaljnim proračunima za otpornosti. Dizajn kola za kontrolu pojačanja.

Merenja: Verifikacija svakog pojačanja ponaosob za svaki od opsega frekvencija. Provera frekvencijskog odziva za sva 3 filtra kao i nivoa pojačanja.

Deveta nedelja

Sadržaj: analogni

Cilj: Implementacija pojačavača na izlazu i integracija sa digitalnim delom

Opis: Proučiti karakteristike pojačavača i ugraditi isti posebno vodeći računa o sistemu na napajanje

Proračuni: Opis pojačavača sa podešavanjem komponenata

Merenja: Merenja signala na izlazu pojačavača

Deseta nedelja

Sadržaj: analogni

Cilj: Merač nivoa, integracija i verifikacija celog sistema

Opis: Dizajn merača nivoa, pri čemu posebno treba obratiti pažnju na granične vrednosti komparatora. Izabrati komponente sa komercijalnim vrednostima i proračune izvršiti ponovo. Montirati kompletan sistem.

Proračuni: Dizajn kompletnog merača nivoa, i način na koji su izabrane componente

Merenja: Meriti signal na izlazu ispravljač-filtar u slučaju sinusoidalnog signala na ulazu za različite frekvencije. Detaljna verifikacija ponašanja kola za merenje nivoa sa sinusoidalnim signalom na ulazu kao i sa audio signalom

Jedanaesta nedelja (opciona)

Sadržaj: analogni i/ili digitalni

Cilj: poboljšanje dizajna, finalna podešavanja itd.

Opis: Dizajn i montaža implementiranih kola

Proračuni: Proračuni komponenata, šeme kola,...

4. Preporuke

Ne postoje nikakva ograničenja što se tiče izbora tehnologije za digitalni deo.

Preporučuje se korišćenje bilo koje CMOS familije (HC, HCT), a ukoliko je potrebno mogu se koristiti i TTL integrisana kola (standardna, LS ili ALS).

U najvećem broju slučajeva, kola se mogu direktno povezati, mada treba voditi računa da li su nivou napona i struja kompatibilni, kao i da li postoje razlike u naponu napajanja i brzini kola.

5. Testiranja

Slediti sledeće preporuke:

- Testirati svaki deo posebno. U slučaju filtera obavezno nacrtati faznu i amplitudsku karakteristiku koje su očekivane. Iskoristiti sve moguće elemente

koji se nalaze u laboratoriji (generator signala, osciloskop) kako bi se proverio način rada filtara

- Nikada ne vršiti merenja bez prethodnog teorijskog proračuna. U suprotnom nije sigurno da je dizajn ispravan.
- Ukoliko se ne vodi računa o opterećenju jednih modula pomoću drugih, može da dodje do velikih problema. Na primer, ako je otpornost koja definiše ulaznu impedansu NF filtra na ulazu u sistem $1\text{K}\Omega$ i ako se poveže sa generatorom funkcija čija je izlazna impedansa 600Ω , ekvivalentna impedansa će biti 1600Ω , što će znatno uticati na frekvencijski odziv.
- Na početku svakog testiranja proveriti da li su sistemi za napajanja ispravno povezani, kao i osciloskop

6. Korišćenje laboratorije

Laboratoriju treba koristiti na najoptimalniji način. To podrazumeva da van laboratorije treba pripremiti dizajn na papiru, izvršiti teorijska izračunavanja, ubaciti komercijalne vrednosti elemenata i ponovo izvršiti proračun, spojiti module koji su medjusobno povezani. U laboratoriji treba posmatrati ponašanje kola, meriti, pronaći izvor greške, ispraviti prvo na papiru, a zatim u praksi.

7. Napomene

- Treba biti posebno pažljiv pri upotrebi LED dioda. Ne smeju se vezivati direktno na Vcc ili masu bez prethodnog ograničenja struje pomoću rednih otpornosti. Voditi računa o dužini trajanja prikaza na LED-u kao i o intezitetu kojim se broj prikazuje. Insistira se na tome da se koristi uvek samo jedna serijska otpornost, a treba računati i na to da struja na izlazu iz modula koji se nastavlja na LED neće biti dovoljna za pobudjivanje istog, već da je potrebno dodati tranzistor (na primer BC547) kako bi se obezbedila potrebna struja. Treba limitirati struju baze sa rednom otpornošću, a emiter spojiti na masu. U slučaju da se koristi konvertor iz BCD u sedmosegmentni broj, treba staviti otpornike od 220Ω između njegovog izlaza i displeja.

- Izbegavati korišćenje suviše malih ili suviše velikih otpornosti. Preporučuju se vrednosti između $10\text{K}\Omega$ i $300\text{K}\Omega$. Suviše velike otpornosti mogu zajedno sa parazitnim kapacitivnostima da obrazuju RC konstante koje utiču na frekvencijski odziv sistema.
- Ukoliko je u nekom trenutku potrebno veliko pojačanje, treba imati na umu da će se širina propusnog opsega smanjiti, jer je proizvod pojačanja i širine propusnog opsega kod operacionog pojačavača sa NPS-om konstantan.
- Digitalni izlazi koji se ne koriste moraju biti vezani ili za masu ili za napajanje. Nikako ih ne ostavljati da vise u vazduhu.

Literatura

1. A.F.Herrero, J.F.Lopez,J.M.Guarasa,J.M.M.Martinez: Enunciado de la practica del Laboratorio de Circuitos Electronicos (LCEL), plan 94, curso 2004/2005.
<http://lorien.die.upm.es/lcel/>