

Univerzitet u Banjaluci
Elektrotehnički fakultet
Katedra za opštu elektrotehniku
Osnovi digitalne obrade signala

Domaći zadatak 1

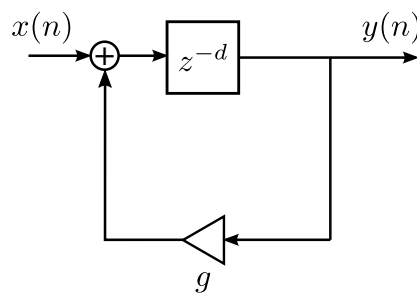
Murerov reverberator

Objavljen: 21.04.2020. godine

Rok za predaju: 05.05.2020. godine

Cilj ovog zadatka je realizacija Murerovog reverberatora. Kompletna blok-šema reverberatora je prikazana na Slici 5. Na slici se mogu uočiti tri osnovne komponente: linija za kašnjenje sa izlazima koja služi za modelovanje ranih refleksija, šest modifikovanih češljastih filtara koji služe za modelovanje povećanja broja i gustine pojedinačnih refleksija kao i slabljenje visokih frekvencija u vazduhu, te filtra $A(z)$ koji simulira guste kasne refleksije.

1. Odrediti jednačinu diferencijala, funkciju prenosa i frekvencijsku karakteristiku češljastog filtra datog blok-šemom na Slici 1.



Slika 1: IIR češljasti filter

2. Napisati funkciju u Pythonu koja izračunava koeficijente funkcije prenosa filtra iz tačke 1. Specifikacija funkcije je sljedeća:

```
def comb(g, d):  
    '''  
    Poziv funkcije: b, a = comb(g, d)  
  
    Ulazni argumenti:
```

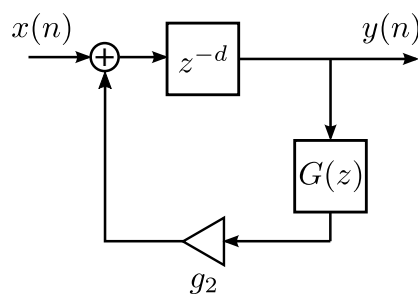
g - pojačanje u povratnoj vezi
d - dužina linije za kašnjenje

Izlazni argumenti:

b - vektor koeficijenata brojioca funkcije prenosa
a - vektor koeficijenata imenioca funkcije prenosa
...

- Koristeći funkciju iz tačke 2, odrediti koeficijente funkcije prenosa filtra za $g = 0,7$ i $d = 600$. Nacrtati amplitudnu i faznu karakteristiku ovog filtra.
- Odrediti jednačinu diferencijala i funkciju prenosa modifikovanog češljastog filtra datog blok-šemom na Slici 2, gdje je

$$G(z) = \frac{1}{1 - g_1 z^{-1}}$$



Slika 2: Modifikovani IIR češljasti filter

- Napisati funkciju u Pythonu koja izračunava koeficijente funkcije prenosa filtra iz tačke 4. Specifikacija funkcije je sljedeća:

```
def lpcomb(g1, g, d):
    ...
```

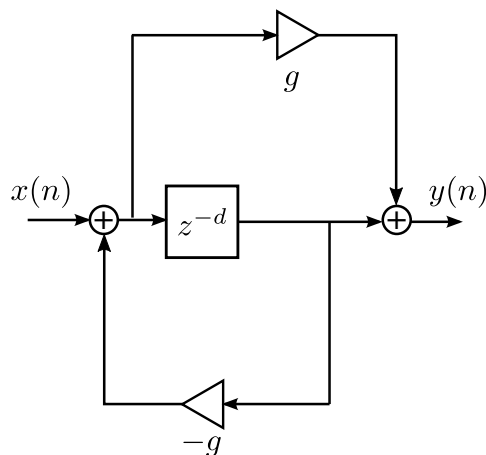
Poziv funkcije: b, a = lpcomb(g1, g, d)

Ulazni argumenti:

g1 - pojačanje u povratnoj vezi niskopropusnog filtra
 $g = g_2/(1-g_1)$ gdje je g_2 pojačanje u povratnoj vezi
 češljastog filtra
d - dužina linije za kašnjenje

Izlazni argumenti:

b - vektor koeficijenata brojioca funkcije prenosa



Slika 3: Filtar iz tačke 7.

a - vektor koeficijenata imenioca funkcije prenosa
 ...

6. Koristeći funkciju iz tačke 5, odrediti koeficijente funkcije prenosa filtra za $g_1 = 0,24$, $g = 0,83$ i $d = 600$. Nacrtati amplitudnu i faznu karakteristiku ovog filtra.
7. Odrediti jednačinu diferencijala, funkciju prenosa i frekvencijsku karakteristiku filtra datog blok-šemom na Slici 3. Odrediti tip filtra na osnovu frekvencijske karakteristike. Napomena: obratiti pažnju na amplitudnu i faznu karakteristiku filtra.
8. Napisati funkciju u Pythonu koja izračunava koeficijente funkcije prenosa filtra iz tačke 7. Specifikacija funkcije je sljedeća (ime funkcije možete promijeniti tako da ukazuje na tip filtra):

```
def a(g, d)
  ...
```

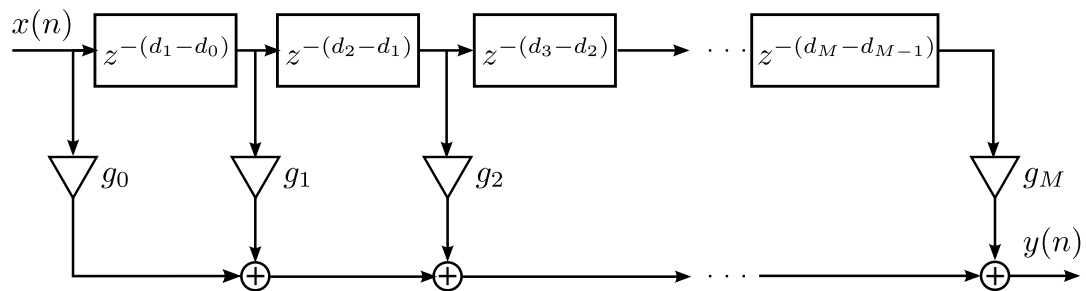
Poziv funkcije: b, a = a(g, d)

Ulazni argumenti:

g - pojačanje u direktnoj vezi (pojačanje u povratnoj vezi je -g)
 d - dužina linije za kašnjenje

Izlazni argumenti:

b - vektor koeficijenata brojioca funkcije prenosa
 a - vektor koeficijenata imenioca funkcije prenosa
 ...



Slika 4: Linija za kašnjenje sa izlazima.

9. Koristeći funkciju iz tačke 8, odrediti koeficijente funkcije prenosa filtra za $g = 0,7$ i $d = 100$. Nacrtati amplitudnu i faznu karakteristiku ovog filtra.
10. Odrediti jednačinu diferencijala i funkciju prenosa linije za kašnjenje sa izlazima date blok šemom na Slici 4.
11. Napisati funkciju u Pythonu koja izračunava koeficijente funkcije prenosa filtra iz tačke 10. Specifikacija funkcije je sljedeća:

```
def tdl(g, d)
'''
Poziv funkcije: b, a = tdl(g, d)

Ulazni argumenti:
    g - lista koeficijenata na izlazima linije za kašnjenje
    d - lista kašnjenja u odmjercima prije svakog izlaza

Izlazni argumenti:
    b - vektor koeficijenata brojioca funkcije prenosa
    a - vektor koeficijenata imenioca funkcije prenosa
'''
```

12. Koristeći funkciju iz tačke 11, odrediti koeficijente funkcije prenosa filtra za vrijednosti parametara g i d date u Tabeli 1. Obratite pažnju da su u tabeli kašnjenja data u sekundama i da ih je potrebno pretvoriti u kašnjenja izražena brojem odmjera. Nacrtati amplitudnu i faznu karakteristiku ovog filtra.
13. Napisati funkciju u Pythonu koja izračunava koeficijente funkcije Mureroovog reverberatra datog blok-šemom na Slici 5. Specifikacija funkcije je sljedeća:

Tabela 1: Parametri linije za kašnjenje.

Izlaz	Kašnjenje T_i [s]	Koeficijent (g)
0	0	1,00
1	0,0199	1,02
2	0,0354	0,818
3	0,0389	0,635
4	0,0414	0,719
5	0,0699	0,267
6	0,0796	0,242

```
def moorer(lg, ld, cg, cg1, cd, ag, ad, d):
    '''
```

Poziv funkcije: b, a = moorer(lg, ld, cg, cg1, cd, ag, ad, d)

Ulazni argumenti:

- lg - lista koeficijenata na izlazima linije za kašnjenje
- ld - lista kašnjenja u odmjercima prije svakog izlaza
- cg - vrijednost parametra g iz specifikacije češljastog filtra (ista vrijednost se koristi za sve filtre)
- cg1 - vektor dužine 6 čiji su elementi pojačanja g_1 u povratnoj vezi češljastih filtara
- cd - vektor dužine 6 čiji su elementi dužine linija za kašnjenje češljastih filtara
- ag - pojačanje filtra $A(z)$
- ad - dužina linije za kašnjenje filtra $A(z)$
- d - dodatno kašnjenje

Izlazni argumenti:

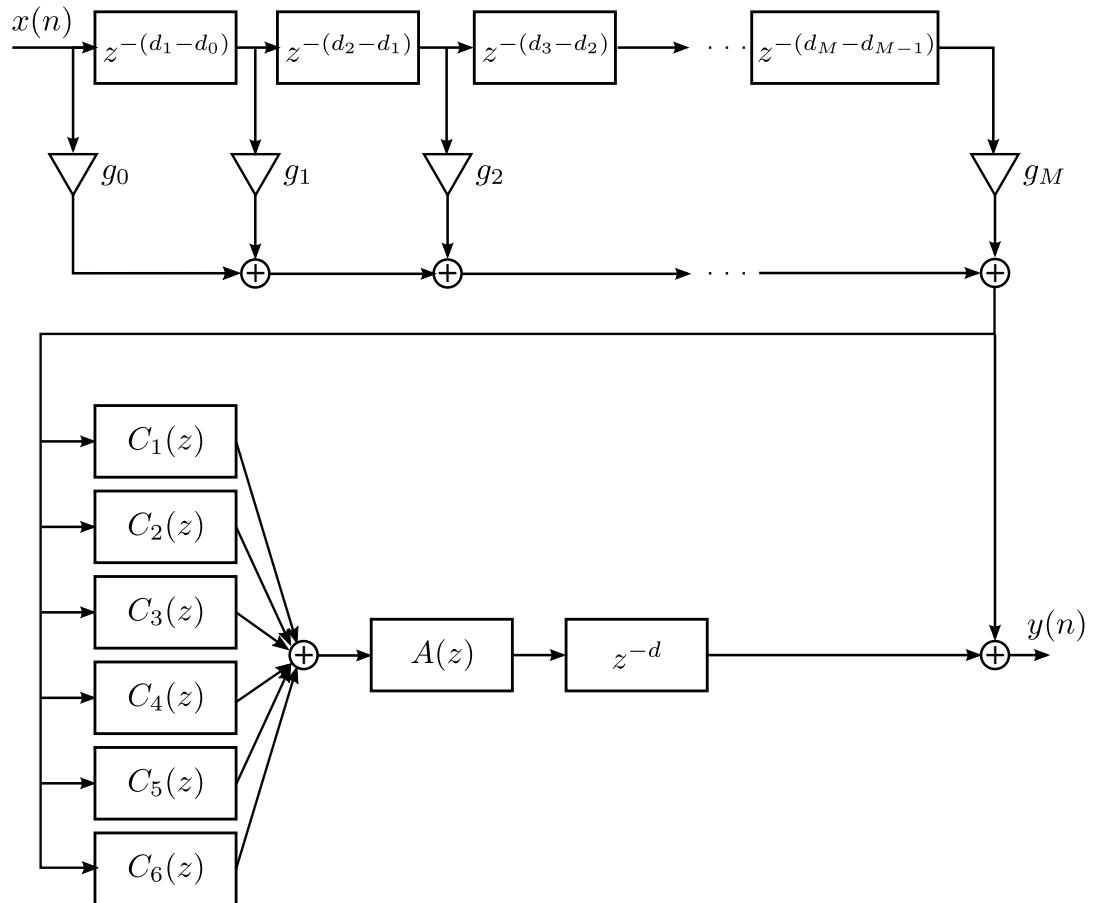
- b - vektor koeficijenata brojioca funkcije prenosa
- a - vektor koeficijenata imenioca funkcije prenosa

```
'''
```

Nije neophodno analitičko izračunavanje funkcije prenosa kompletnog reverberatora. Umjesto toga, moguće je ovu funkciju realizovati tako da poziva funkcije koje ste napisali u tačkama 5, 8 i 11.

14. Koristeći funkciju iz tačke 13, odrediti koeficijente funkcije prenosa Mureroovog reverberatora za vrijednosti parametara g i d linije za kašnjenje date u Tabeli 1.

Blokovi čije su funkcije prenosa $C_i(z), i = 1, \dots, 6$ su modifikovani



Slika 5: Murerov reverberator.

Tabela 2: Parametri modifikovanih češljastih filtara.

Izlaz	Kašnjenje [ms]	Pojačanje (g)
1	50	0,24
2	56	0,26
3	61	0,28
4	68	0,29
5	72	0,30
6	78	0,32

češljasti filtri za koje su pojačanja u povratnoj vezi niskopropusnog filtra i dužine linija za kašnjenje (u ms) dati u Tabeli 2. Za sve češljaste filtre parametar g ima vrijednost 0,83.

Blok sa funkcijom prenosa $A(z)$ je filter iz tačke 7 sa parametrima $g = 0,7$ i $d = 67$. Dodatno kašnjenje d treba da bude podešeno tako da na sabirač na izlazu istovremeno stignu prvi eho koji prolazi kroz češljasti filter i zadnji rani eho iz linije za kašnjenje.

15. Odrediti i nacrtati impulsni odziv reverberatora.
16. Demonstrirati rad reverberatora na primjeru signala `acoustic.wav`. Slušanjem uporedite dobijene rezultate sa signalima dobijenim na izlazima pojedinih blokova iz tačaka 5, 8 i 11. Komentarišite vašu zapažanja. Testirajte realizovane funkcije i na drugim signalima i komentarišite rezultate.

Detalji predaje radova: Nakon završetka kompletnog projekta, najkasnije do navedenog roka, predaju se sledeći rezultati rada:

- programski kod u Pythonu,
- rad maksimalne dužine 10 stranica koji sadrži sve važne detalje o projektovanju i implementaciji vašeg reverberatora:
 - Izvedene analitičke izraze,
 - Grafike generisanih signala,
 - Amplitudne i fazne karakteristike filtera, odnosno spektre signala,
 - Analizu dobrih strana i nedostataka,
 - Prijedloge poboljšanja,
 - Uputstvo za upotrebu,
 - Ovaj dokument treba da bude obrađen na računaru.

Način rada i ocjenjivanje: Zadatak se radi individualno. Međusobne konsultacije između studenata i sa predmetnim nastavnikom i asistentom su dozvoljene, ali svaki student treba da preda originalno rješenje. U slučaju prepisivanja odgovarajući radovi će biti ocijenjeni sa nula poena.

Predmetni nastavnik i asistent