

# Домаћи задатак из предмета дигитална обрада сигнала

Радила: Драгана Нинковић 2019/0052

Параметри:  $P = 4$ ;  $Q = 3$ ;  $R = 1$ ;  $S = 1$ ;

## Задатак 1

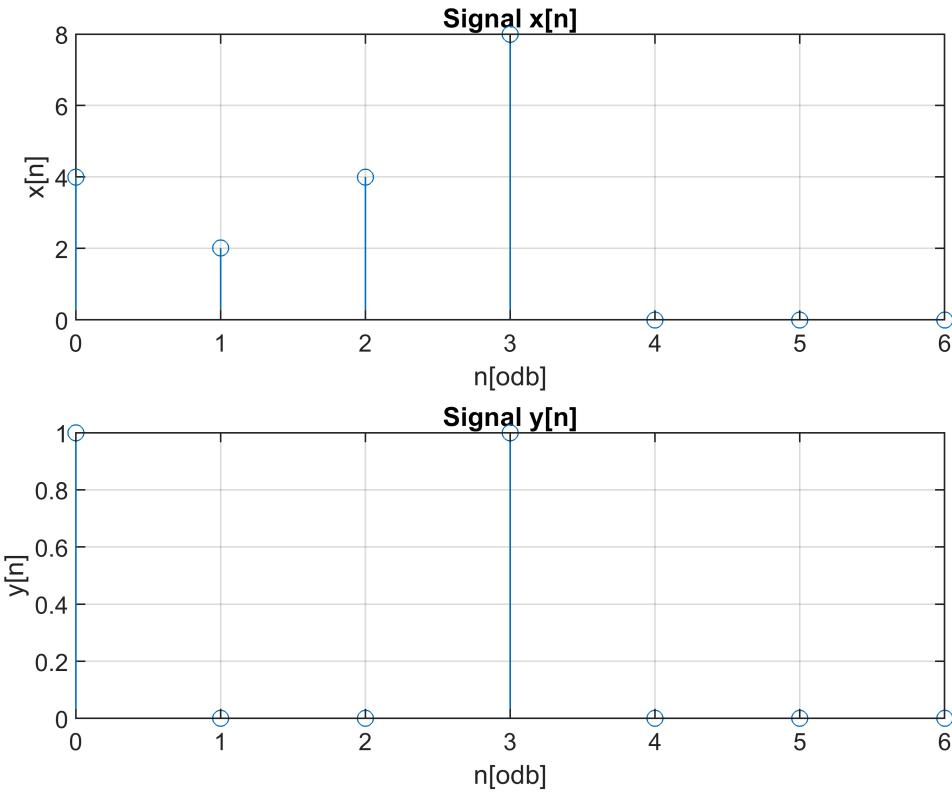
### Поставка задатка

```
clc; clear;close all;
P = 4;
n = 0:(2*P - 2);
x = ( sin(n) + 2*cos(2*n) + P/2 ).*( n >= 0 & n < floor(P/2) )...
    +( 2.^n ).*( n >= floor(P/2) & n < P );
y = ( (-1).^n + mod(n,2) ).*( n >= 0 & n < floor(P/2) )...
    +( n - P/2 ).*( n >= floor(P/2) & n < P );
```

a)

### графички приказ сигнала

```
figure(1)
subplot(2,1,1)
stem(n,x);
xlabel('n[odb]');ylabel('x[n]');
title('Signal x[n]'); grid on;
subplot(2,1,2)
stem(n,y)
xlabel('n[odb]');ylabel('y[n]');
title('Signal y[n]'); grid on;
```



### конволуција у $\Pi+2$ тачака

```

N = P + 2;
z = zeros(1,N);
K = 0:N-1;
for k = K
    n= k:-1:k-(N-1);% n = k - m, m = [0,N-1]
    z(k+1) = sum( x(1:N).*y( mod(n,N) + 1 ) ); % +1 zbog indeksiranja od 1
end

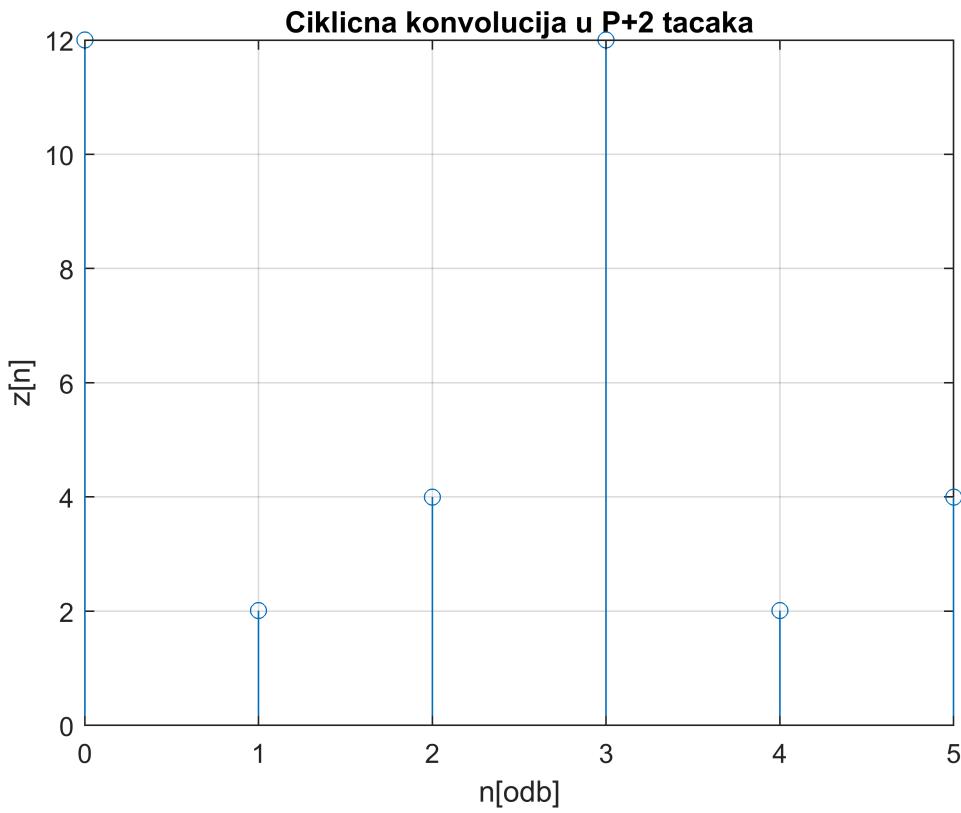
```

### графички приказ конволуције у $\Pi+2$ тачака

```

figure(2)
stem(K,z);
xlabel('n[odb]');ylabel('z[n]');
title('Ciklicna konvolucija u P+2 tacaka'); grid on;

```



**провера**

```
disp(round(cconv(x(1:P),y(1:P),N),10) == round(z,10))
```

```
1   1   1   1   1   1
```

**б)**

**ЦИКЛИЧНА КОНВОЛУЦИЈА У  $2^*\Pi-1$  ТАЧАКА**

```
N=2*P-1;
z = zeros(1,N);
K = 0:N-1;
for k = K
    n= k:-1:k-(N-1);% n = k - m, m = [0,N-1]
    z(k+1) = sum( x(1:N).*y( mod(n,N) + 1 ) ); % +1 zbog indeksiranja od 1
end
```

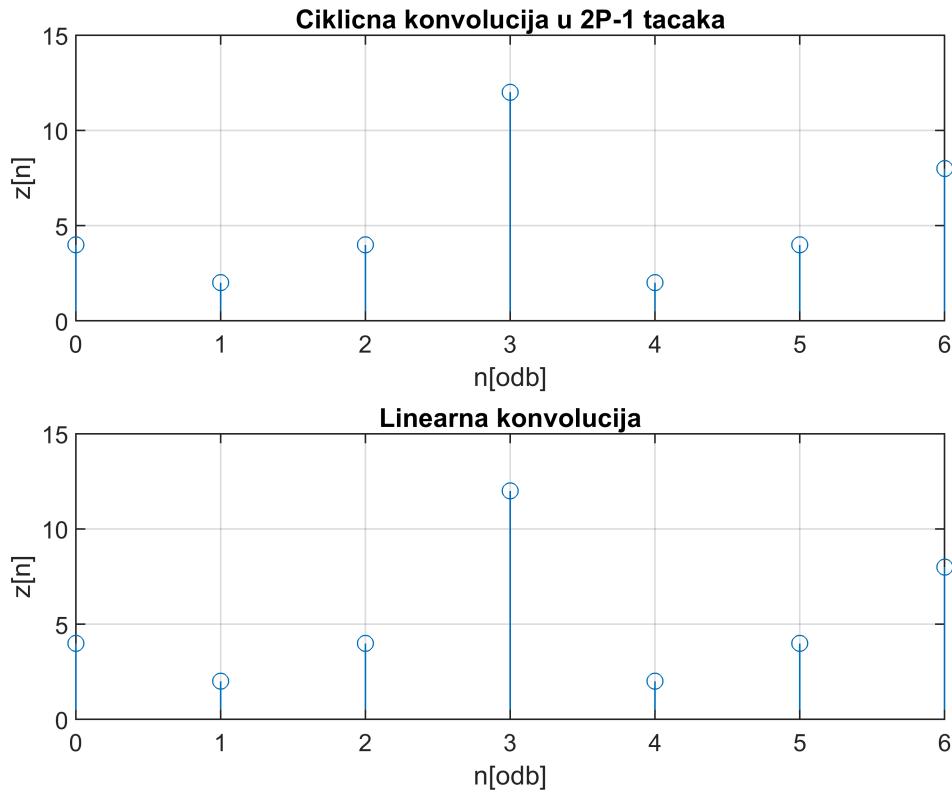
## линеарна конволуција

```
z_lin= zeros(1,N);

for k = K
    for j=0:N-1% jer se -inf do inf svede na ove granice jer je x van njih = 0
        if( (k - j + 1) > 0 )
            z_lin(k + 1) = z_lin(k + 1) + x(j + 1)*y(k - j + 1);
        end
    end
end
```

## графички приказ линеарне конволуције

```
figure(3)
subplot(2,1,1)
stem(K,z);
xlabel('n[odb]');ylabel('z[n]');
title('Ciklicna konvolucija u 2P-1 tacaka'); grid on;
subplot(2,1,2)
stem(K, z_lin);
xlabel('n[odb]');ylabel('z[n]');
title('Linearna konvolucija'); grid on;
```



## провера

```
c=conv(x(1:P),y(1:P));
disp(z==z_lin)
```

```
1 1 1 1 1 1 1
```

```
disp(z_lin==c)
```

```
1 1 1 1 1 1 1
```

## Задатак 2

### унос података

```
clear; close all; clc;
ids=1:4;
instruments=['Truba';'Klavir';'Flauta';'Violina'];

max_len=0;%maksimalna duzina - ove duzine treba da bude zajednicka matrica
%ostali vektori ce samo biti paddovani nulama
[x1,Fs(1)] = audioread('truba_4.wav');
len(1)=length(x1);
max_len=max(max_len,len(1));
[x2, Fs(2)] = audioread('klavir_4.wav');
len(2)=length(x2);
max_len=max(max_len,len(2));
[x3, Fs(3)] = audioread('flauta_4.wav');
len(3)=length(x3);
max_len=max(max_len,len(3));
[x4, Fs(4)] = audioread('violina_4.wav');
len(4)=length(x4);
max_len=max(max_len,len(4));

%pravljjenje zajednicke matrice
x=zeros(4,max_len);
x(1,1:len(1))=x1;
x(2,1:len(2))=x2;
x(3,1:len(3))=x3;
x(4,1:len(4))=x4;
```

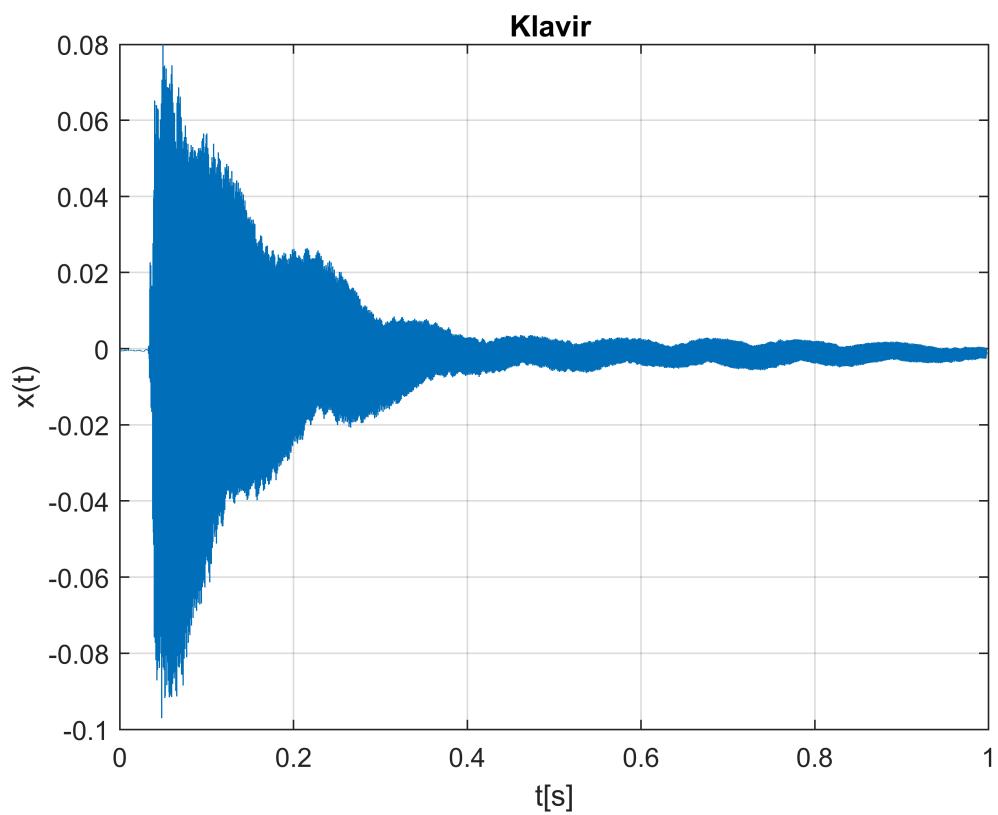
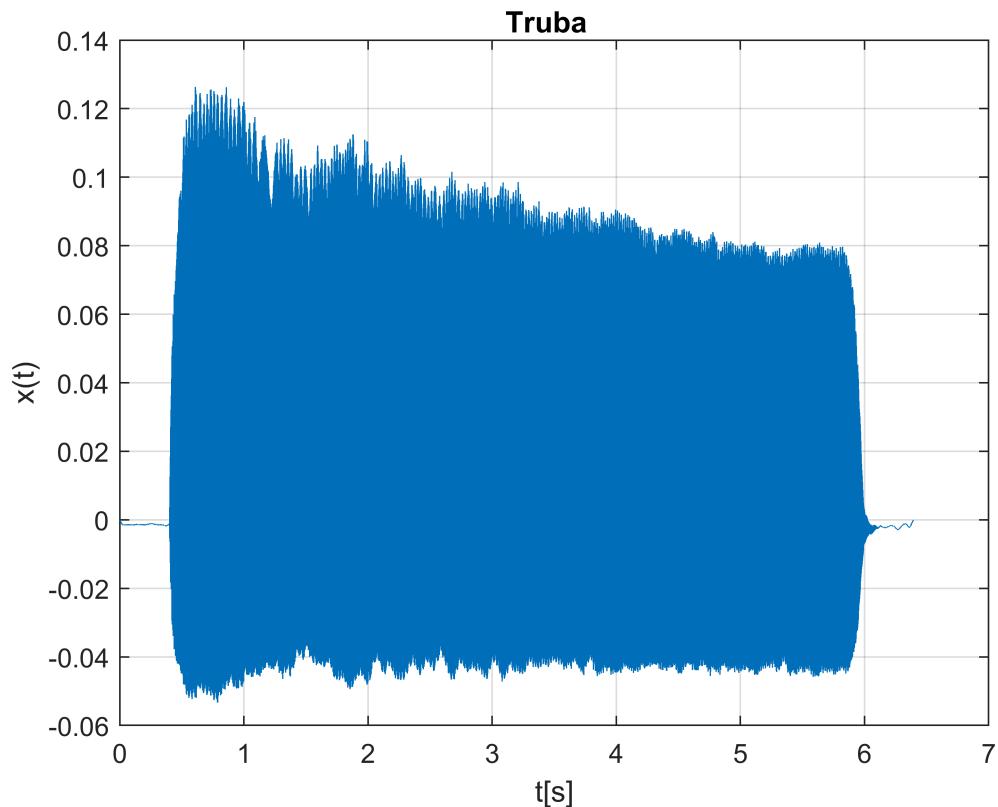
a)

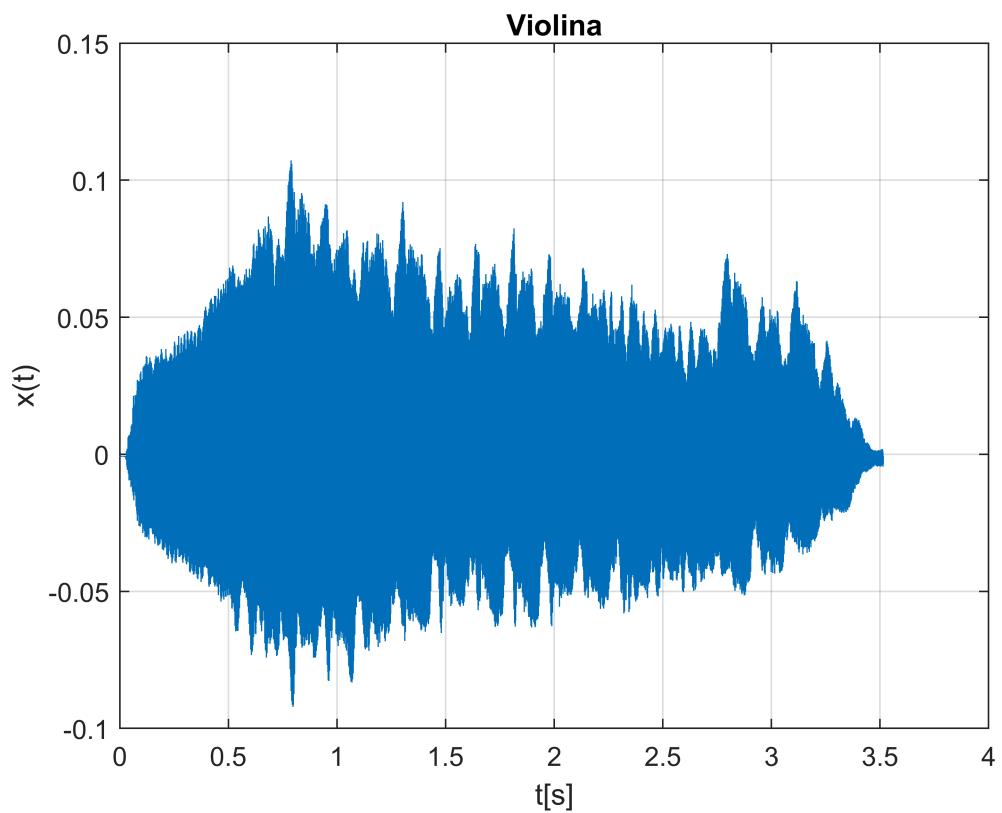
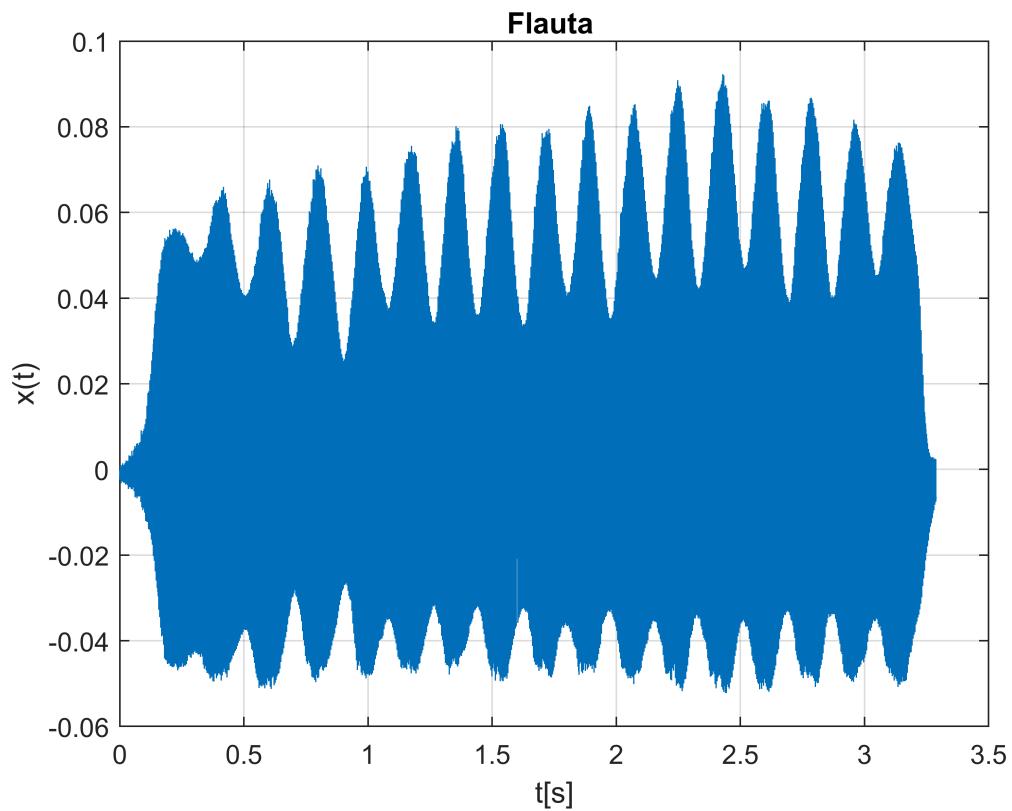
```
for i = ids
    t = 0:1/Fs(i):(len(i) - 1)/Fs(i);
    figure(i)
```

```

plot(t, x(i,1:len(i)));
xlabel('t[s]');ylabel('x(t)');
title(instruments(i,:));grid on;
end

```





6)

## амплитудска карактеристика и рачунање пикова

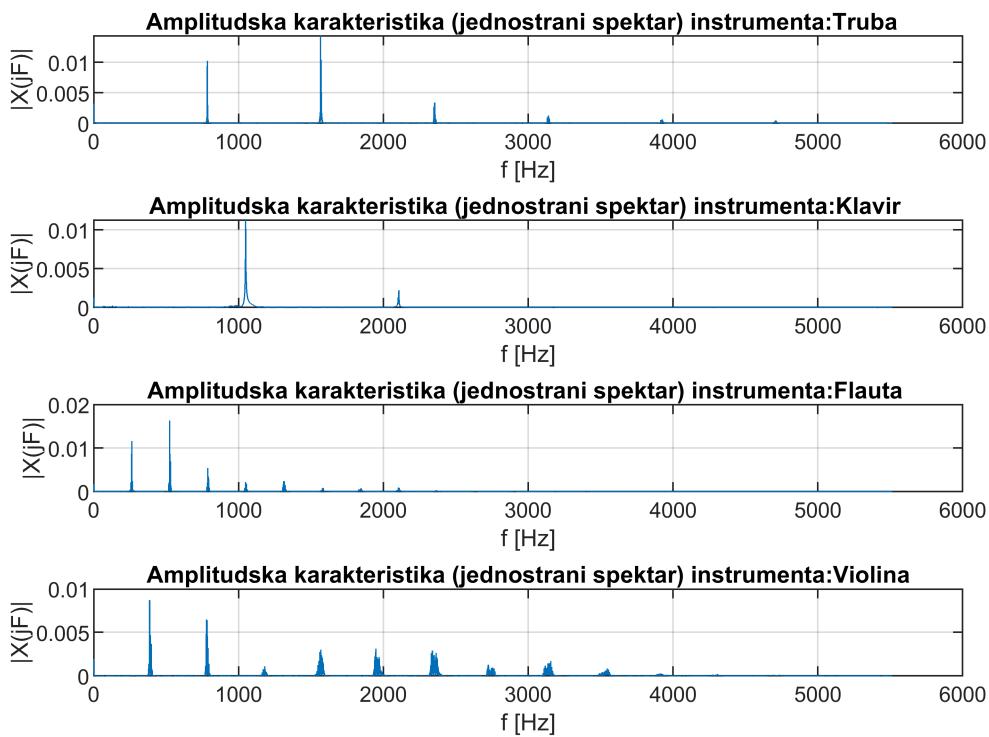
```
peaks = [780,1000,250,400];% prvi pik svakog signala odokativno
peaks_in_1 = [780,1550,2350,3140,3930,4710];%svi pikovi prvog signala odokativno

figure(5)
for i = ids
    fs = Fs(i);
    N = 2^(nextpow2(len(i)));
    X = fft(x(i,1:len(i)),N)/len(i);
    Xa = abs(X(1:N/2+1));
    Xa(2:N/2+1) = 2*Xa(2:N/2+1);
    f = 0:fs/N:fs/2;

    peak_id = floor(peaks(i)/(fs/N));%nalazenje odokativnog indeksa pika
    [M, id] = max(Xa(peak_id - 100:peak_id + 100));%pretraga maksimuma na +/- 100 tacaka u okolini
    peaks(i) = f(id + peak_id - 101);%nalazenje frekvencije prvog pika

    % nalazenje srednjeg rastojanja pikova kod prvog signala
    if(i == 1)
        for j = 1:6
            p = peaks_in_1(j);%j-ti pik
            peak_id = floor(p/(fs/N));%nalazenje tacke u njegovoj blizini
            [M, id] = max(Xa(peak_id - 100:peak_id + 100));% maksimum u +/- 100 tacaka
            peaks_in_1(j) = f(id + peak_id - 101);
        end
    end

    subplot(4,1,i)
    plot(f, Xa);
    xlabel('f [Hz]');ylabel('|X(jF)|');
    title(['Amplitudska karakteristika (jednostrani spektar) instrumenta:' instruments(i,:)]);
end
```

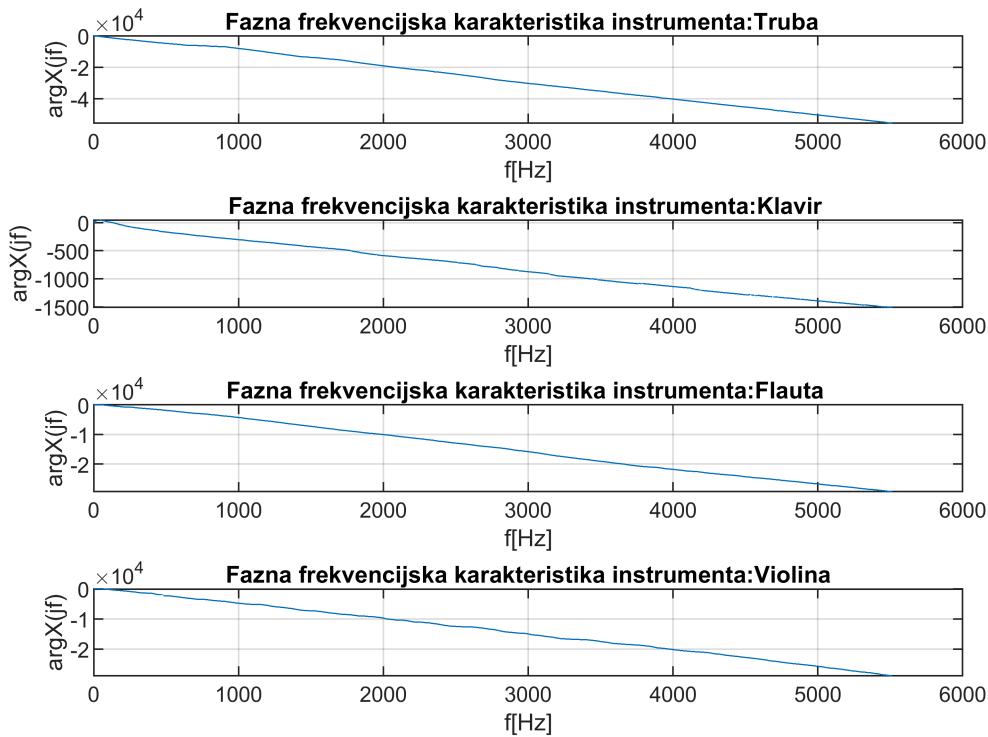


## фазна карактеристика

```

figure(6)
for i = ids
    fs = Fs(i);
    N = 2^(nextpow2(len(i)));
    f = 0:fs/N:fs/2;
    X = fft(x(i,1:len(i)),N)/len(i);
    Xphase = unwrap(angle(X(1:N/2+1)));
    subplot(4,1,i)
    plot(f,Xphase);
    title(['Fazna frekvencijска karakteristika instrumenta:' instruments(i,:)]);
    xlabel('f[Hz]');
    ylabel('arg{X(jf)}');
end

```



#### ц) испис позиција првих пикова

добијене ноте су:

['Truba ','Klavir ','Flauta ','Violina'] -> 784.6-G5, 1049.1-C6, 262.4-C4, 385.9-G4

```
disp(round(peaks,2))
```

```
1.0e+03 *
0.7846    1.0491    0.2624    0.3859
```

#### д)

```
sum=0;
prev=peaks_in_1(1);
for i = 1:6
    sum = sum + (peaks_in_1(j)-prev);
    prev=peaks_in_1(j);
end
```

средње растојање између пикова првог сигнала је

```
disp(sum/5)
```

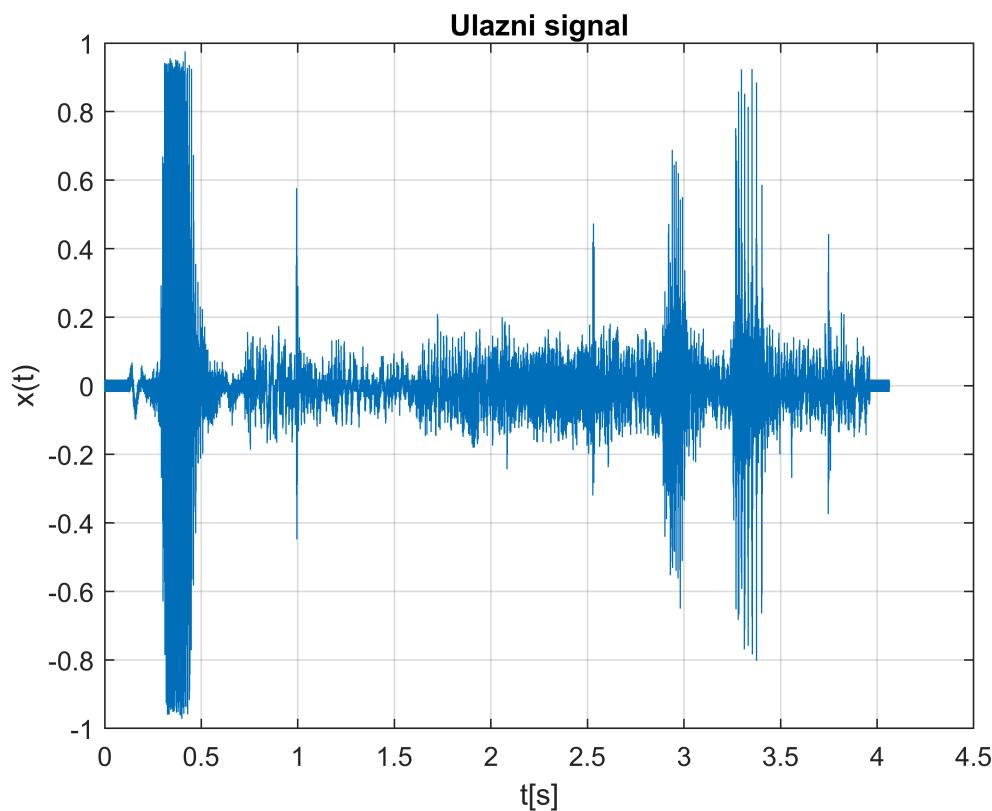
784.9525

### 3. Задатак

#### Дигитални филтри

a)

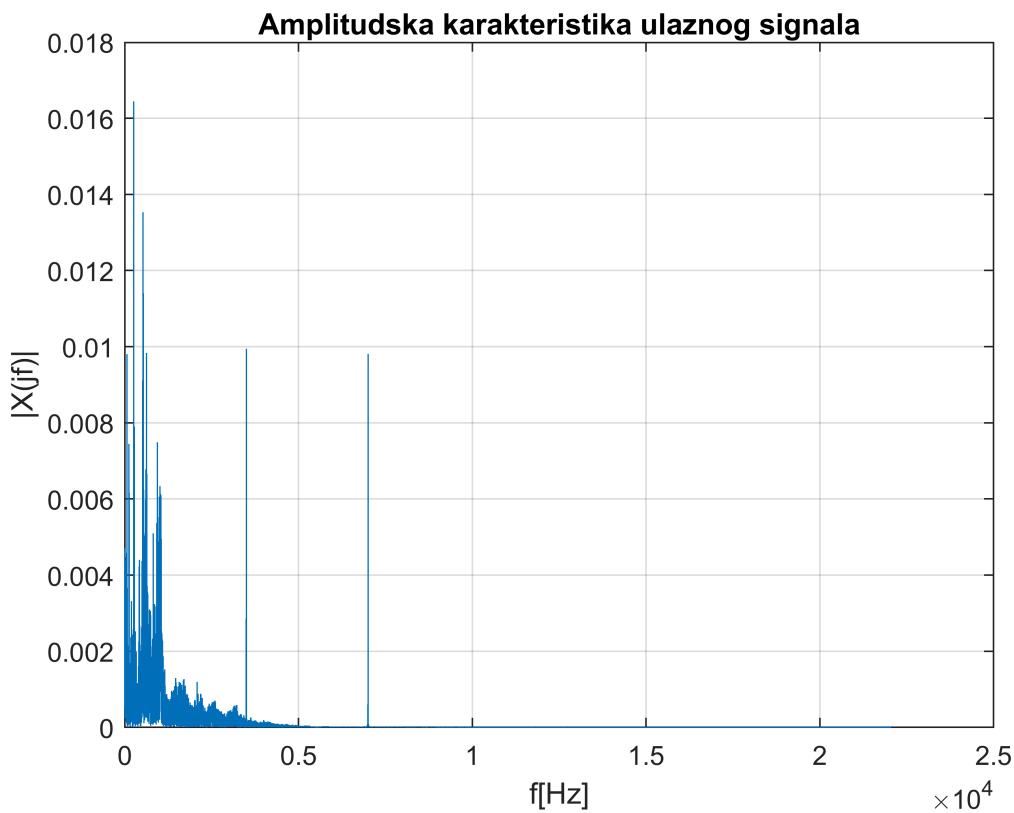
```
clear; close all; clc;
[x, Fs] = audioread('james_bond_zasumljen1.wav');
t = 0:1/Fs:(length(x)-1)/Fs;
figure(1)
plot(t,x);
xlabel('t[s]');
ylabel('x(t)');
title('Ulazni signal');
grid on;
```



6)

```
N = 2^nextpow2(length(x));
f1 = 0:Fs/N:Fs/2;
X = fft(x,N)/length(x);
X1 = abs(X(1:N/2+1));
X1(2:N/2+1) = 2*X1(2:N/2+1);

figure(2)
plot(f1,X1);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|X(jf)|');
title('Amplitudska karakteristika ulaznog signala'); grid on;
```



компоненте шума су на 3500Hz i 7000 Hz

ц)

Одстрањивање компоненте  $f=3500$  Hz са bandstop

```
Wp1 = [3400 3600]/(Fs/2);
Ws1 = [3450 3550]/(Fs/2);
Rp = 2; Rs = 40;
```

```
[n1, Wn1] = cheb2ord(Wp1, Ws1, Rp, Rs);
[b1, a1] = cheby2(n1, Rs, Ws1, 'stop');
[h1, w1] = freqz(b1, a1, N/2+1);

y = filter(b1, a1, x);
Y = fft(y,N)/length(y);
Y1 = abs(Y(1:N/2+1));
Y1(2:N/2+1) = 2*Y1(2:N/2+1) ;
```

## Одстрањивање друге компоненте шума на f=7000 Hz bandstop

```
Wp2 = 6850/(Fs/2);
Ws2 = 6900/(Fs/2);

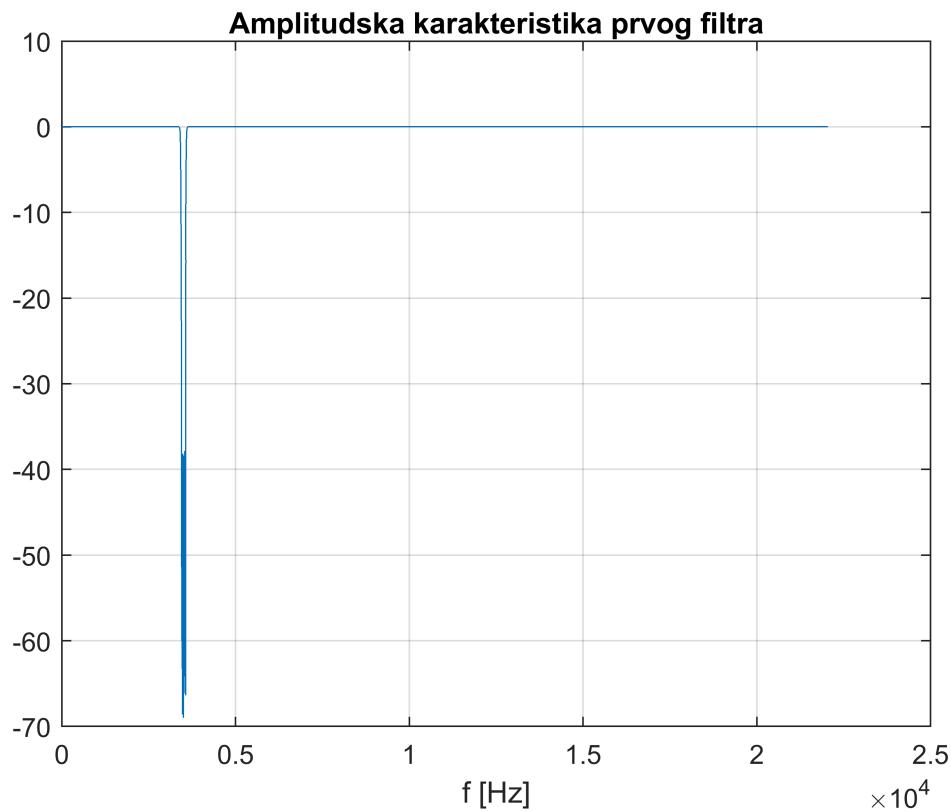
[n2, Wn2] = cheb2ord(Wp2, Ws2, Rp, Rs);
[b2, a2] = cheby2(n2, Rs, Ws2, 'low');
[h2, w2] = freqz(b2, a2, N/2+1);

z = filter(b2, a2, y);
Z = fft(z,N)/length(z);
Z1 = abs(Z(1:N/2+1));
Z1(2:N/2+1) = 2*Z1(2:N/2+1) ;
audiowrite('isfiltriran1.wav', z, Fs);
```

д)

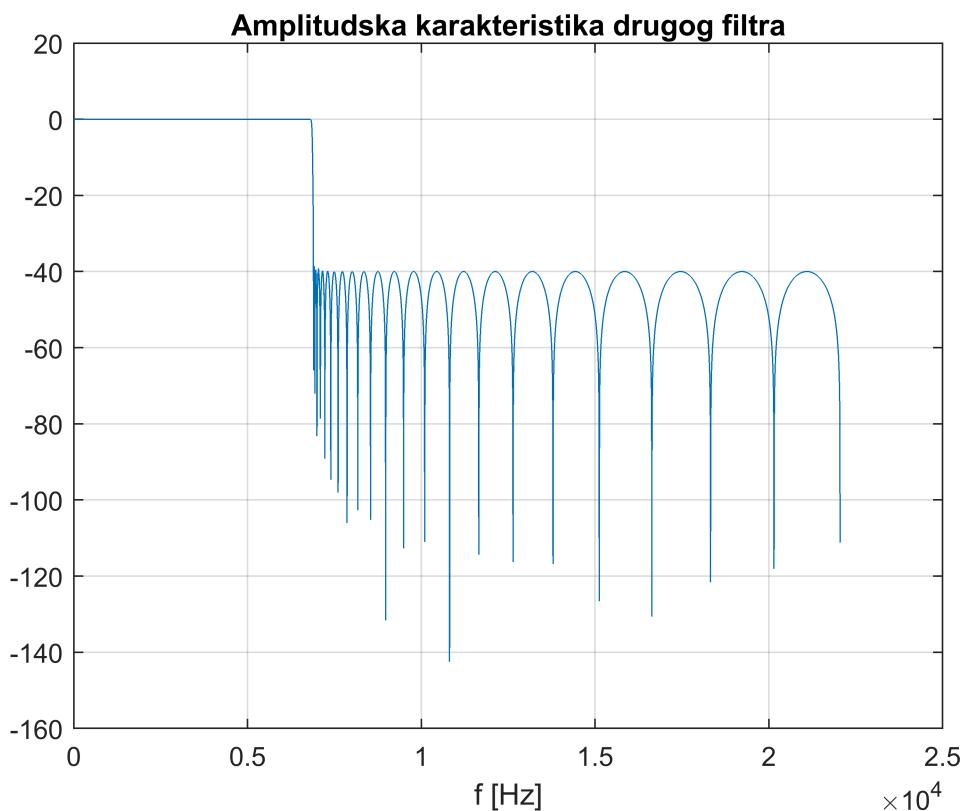
#### Амплитудска фазна карактеристика првог филтра

```
figure(3)
plot(f1, 20*log10(abs(h1)));
xlabel('f [Hz]');
title('Amplitudska karakteristika prvog filtra'); grid on;
```



## Амплитудска фазна карактеристика другог филтра

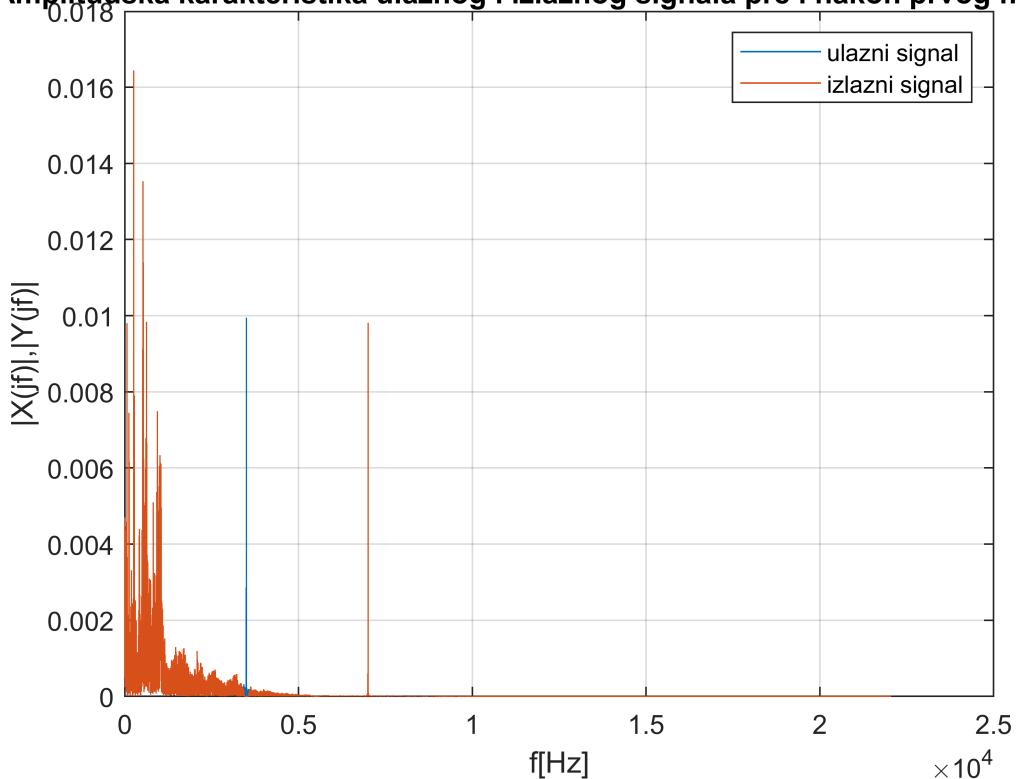
```
figure(4)
plot(f1, 20*log10(abs(h2)));
xlabel('f [Hz]');
title('Amplitudska karakteristika drugog filtra'); grid on;
```



## Амплитудска карактеристика сигнала пре и након првог филтрирања

```
figure(5)
plot(f1, X1); hold on
plot(f1,Y1);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|X(jf)|,|Y(jf)|');
legend('ulazni signal','izlazni signal')
title('Amplitudska karakteristika ulaznog i izlaznog signala pre i nakon prvog filtriranja');
```

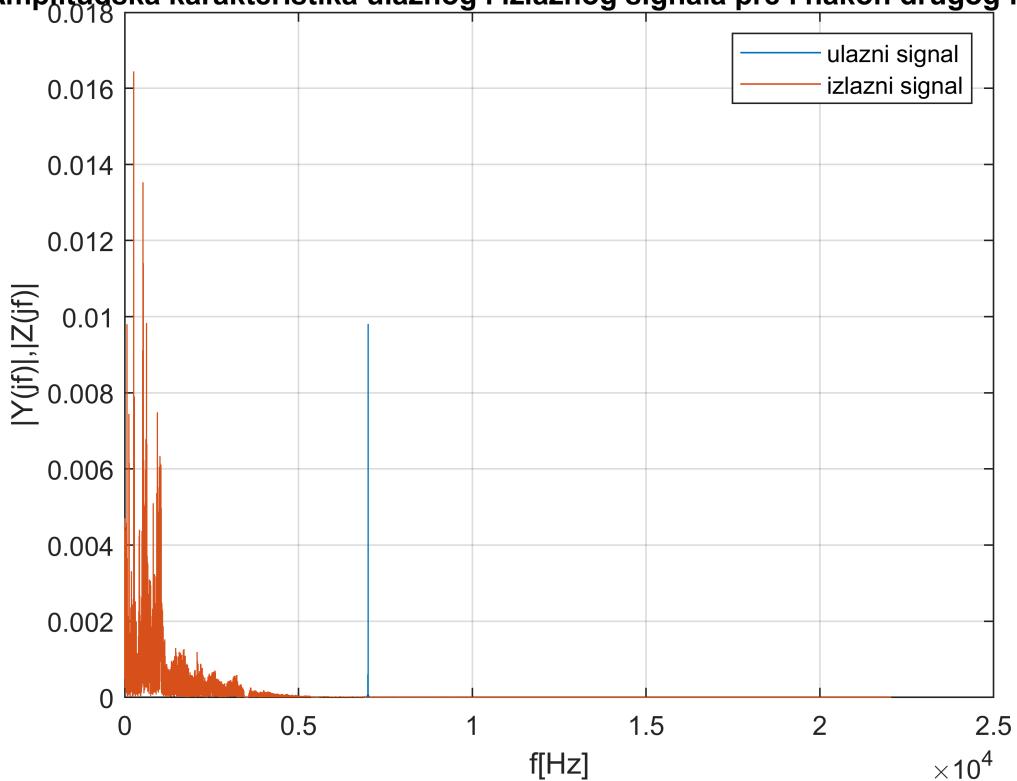
Amplitudska karakteristika ulaznog i izlaznog signala pre i nakon prvog filtriranja



## Амплитудска карактеристика сигнала пре и након другог филтрирања

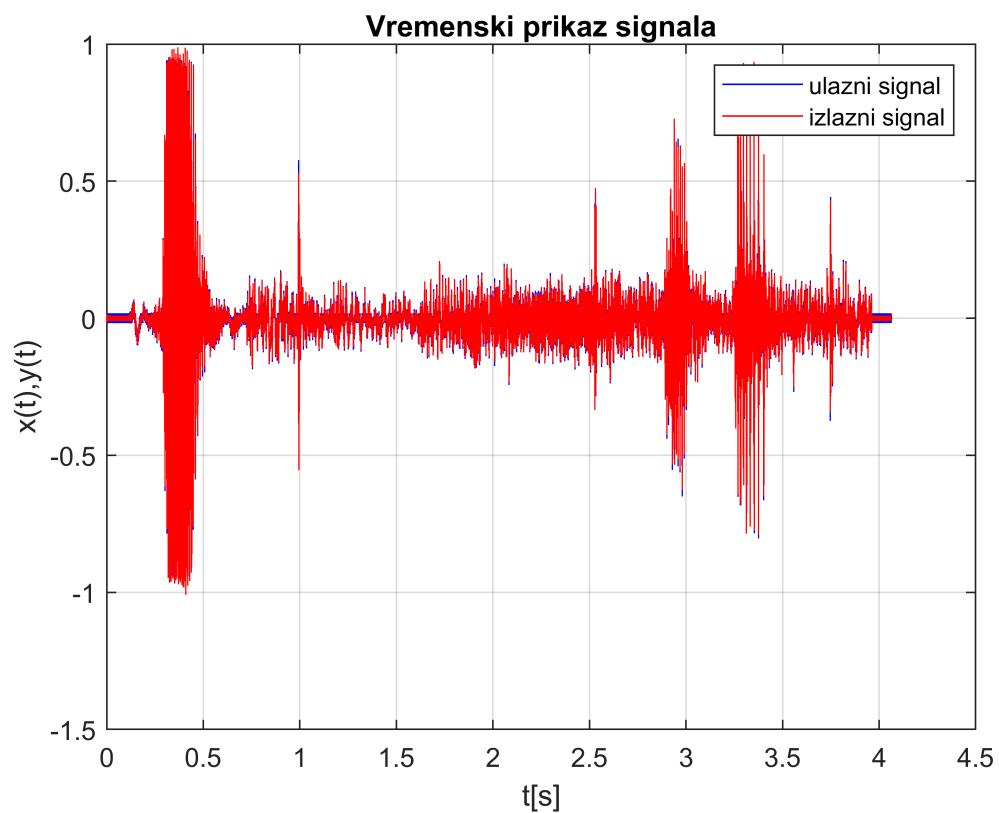
```
figure(6)
plot(f1, Y1); hold on
plot(f1,Z1);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|Y(jf)|,|Z(jf)|');
legend('ulazni signal','izlazni signal')
title('Amplitudska karakteristika ulaznog i izlaznog signala pre i nakon drugog filtriranja')
```

Amplitudska karakteristika ulaznog i izlaznog signala pre i nakon drugog filtriranja



## Графички приказ временског облика сигнала пре и након филтрирања

```
figure(7)
plot(t,x,'b');
hold on;
plot(t,y,'r');
xlabel('t[s]'); ylabel('x(t),y(t)');
legend('ulazni signal','izlazni signal'); grid on;
title('Vremenski prikaz signala');
```



## Аналогни филтри

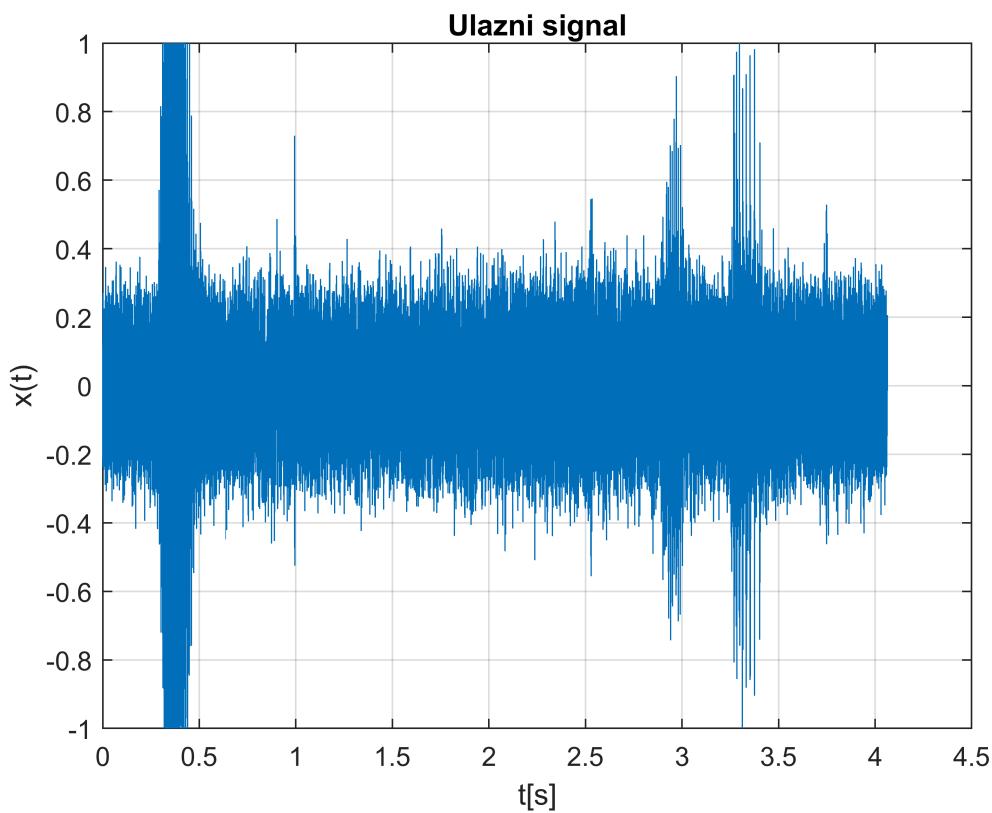
```
clear; close all; clc;
```

e)

унос и приказ података

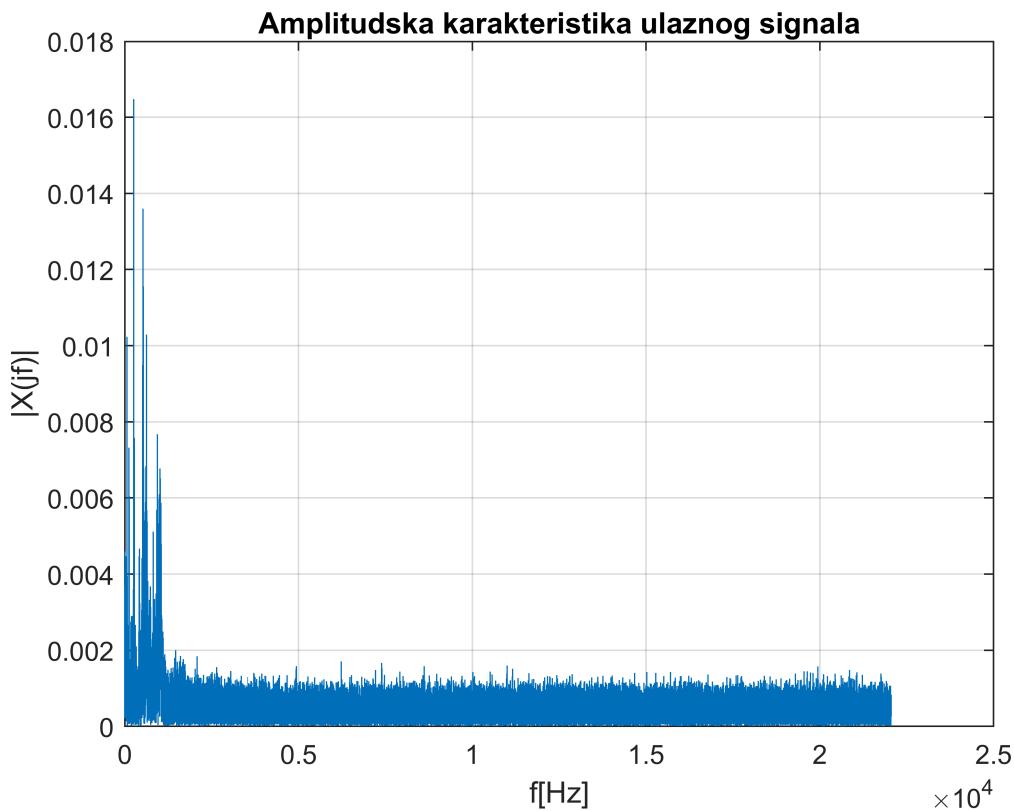
```
[x, Fs] = audioread('james_bond_zasumljen2.wav');
t = 0:1/Fs:(length(x)-1)/Fs;

figure(1)
plot(t,x);
xlabel('t[s]');
ylabel('x(t)');
title('Ulazni signal'); grid on;
```



## приказ амплитудске карактеристике

```
N = 2^nextpow2(length(x));
f1 = 0:Fs/N:Fs/2;
X = fft(x,N)/length(x);
X1 = abs(X(1:N/2+1));
X1(2:N/2+1) = 2*X1(2:N/2+1);
figure(2)
plot(f1,X1);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|X(jf)|');
title('Amplitudska karakteristika ulaznog signala'); grid on;
```



## филтрирање

```
Wp = 900*2*pi;
Ws = 1500*2*pi;
Rp = 2; Rs = 50;
[n, Wn] = cheb2ord(Wp, Ws, Rp, Rs, 's');
[b, a] = cheby2(n, Rs, Ws, 's');
[h, w] = freqs(b, a, N/2+1);
```

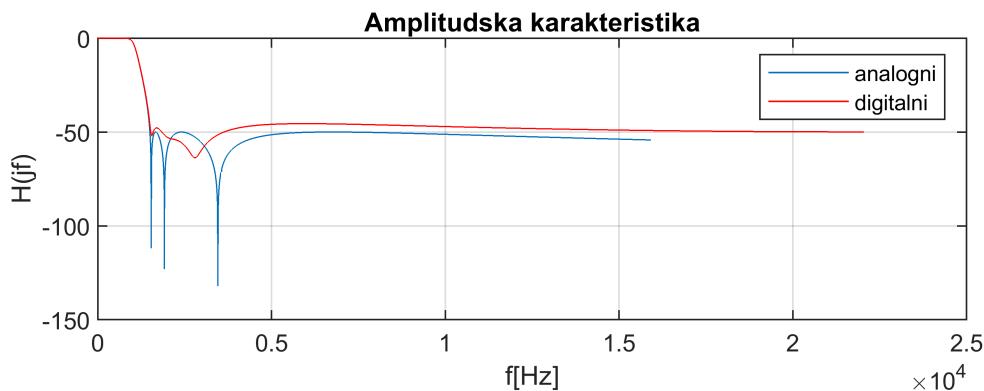
## дискретизација

```
[bz, az] = impinvar(b, a, Fs);
[hz, fz] = freqz(bz, az, N/2+1, Fs);
```

e)

## Амплитудска карактеристика дискретног и аналогног филтра

```
figure(3)
subplot(2,1,1)
plot(w/(2*pi),20*log10(abs(h)));
hold on;
plot(fz, 20*log10(abs(hz)), 'r');
xlabel('f[Hz]');ylabel('H(jf)');
title('Amplitudska karakteristika');grid on;
legend('analogni','digitalni');hold off;
```



## Амплитудска карактеристика сигнала пре и после филтрирања

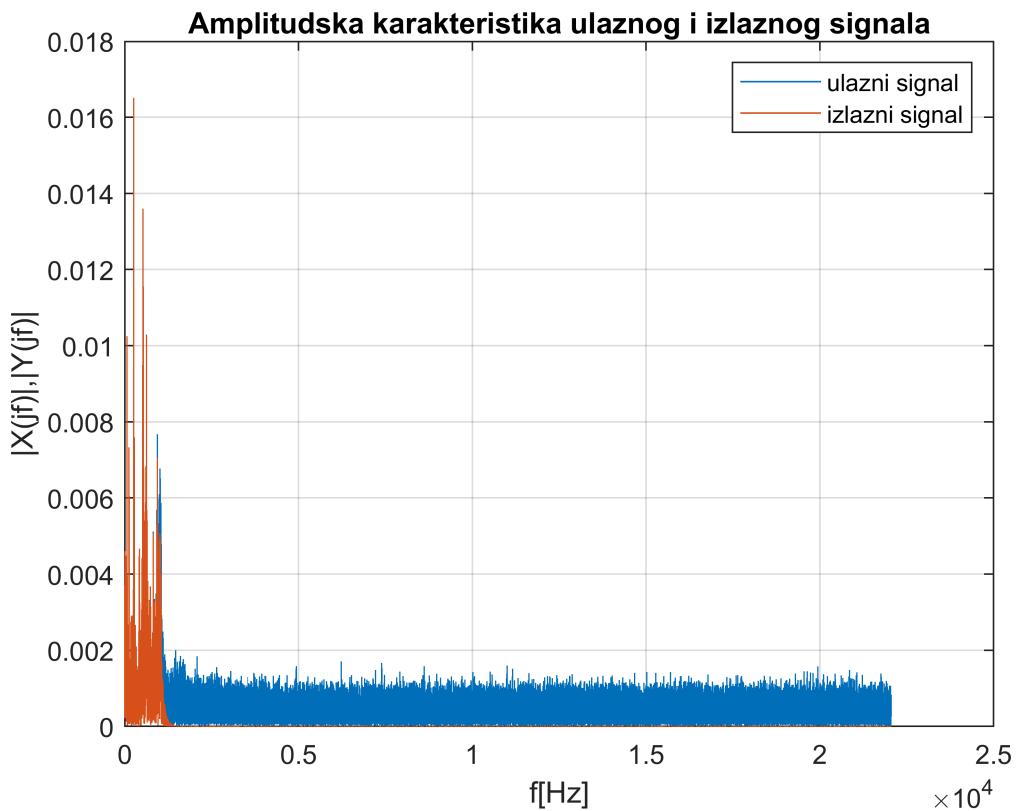
```
y = filter(bz, az, x);
Y = fft(y,N)/length(y);
```

```

Y1 = abs(Y(1:N/2+1));
Y1(2:N/2+1) = 2*Y1(2:N/2+1);

figure(4)
plot(f1, X1); hold on
plot(f1, Y1);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|X(jf)|,|Y(jf)|');
title('Amplitudska karakteristika ulaznog i izlaznog signala'); grid on;
legend('ulazni signal','izlazni signal');hold off;

```

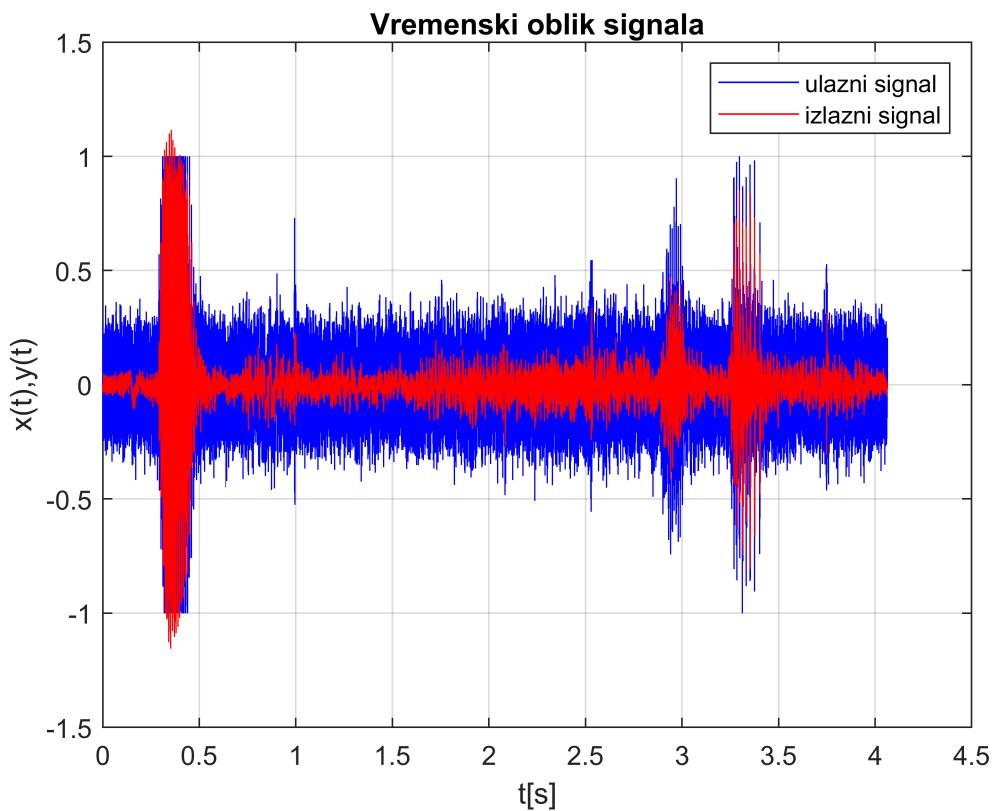


### временски облик сигнала на улазу и излазу

```

figure(5)
plot(t,x,'b');
hold on;
plot(t,y,'r');
xlabel('t[s]'); ylabel('x(t),y(t)');
title('Vremenski oblik signala'); grid on;
legend('ulazni signal','izlazni signal');hold off;

```



```
audiowrite('isfiltriran2.wav', y, Fs)
```

Warning: Data clipped when writing file.

#### Задатак 4

##### унос података

```
clear; close all; clc;
[x,Fs] = audioread('truba_4.wav');
t = 0:1/Fs:(length(x)-1)/Fs;

N = 2^nextpow2(length(x));
f1 = 0:Fs/N:Fs/2;
X = fft(x,N)/length(x);
X1 = abs(X(1:N/2+1));
X1(2:N/2+1) = 2*X1(2:N/2+1);
```

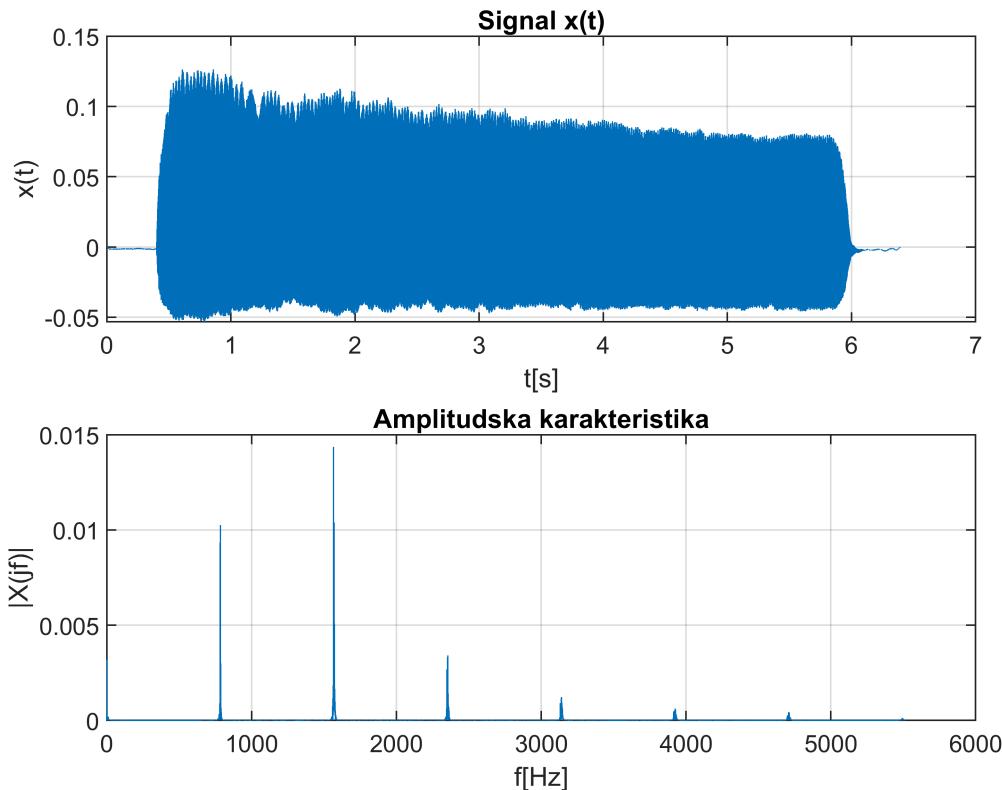
##### приказ амплитудске карактеристике улазног сигнала

```
figure(1)
subplot(2,1,1)
```

```

plot(t,x);
xlabel('t[s]'); ylabel('x(t)');
title('Signal x(t)'); grid on;
subplot(2,1,2)
plot(f1,X1);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|X(jf)|');
title('Amplitudska karakteristika'); grid on;

```



### Креирање ФИР филтра

```

n = 39;
window = kaiser(n+1);
Wn = [700,800]/(Fs/2);
b = fir1(n, Wn, window);
a = 1;
[hz, fz] = freqz(b, a, N/2+1, Fs);

```

### Приказ прозорске функције и амплитудске карактеристике филтра

```

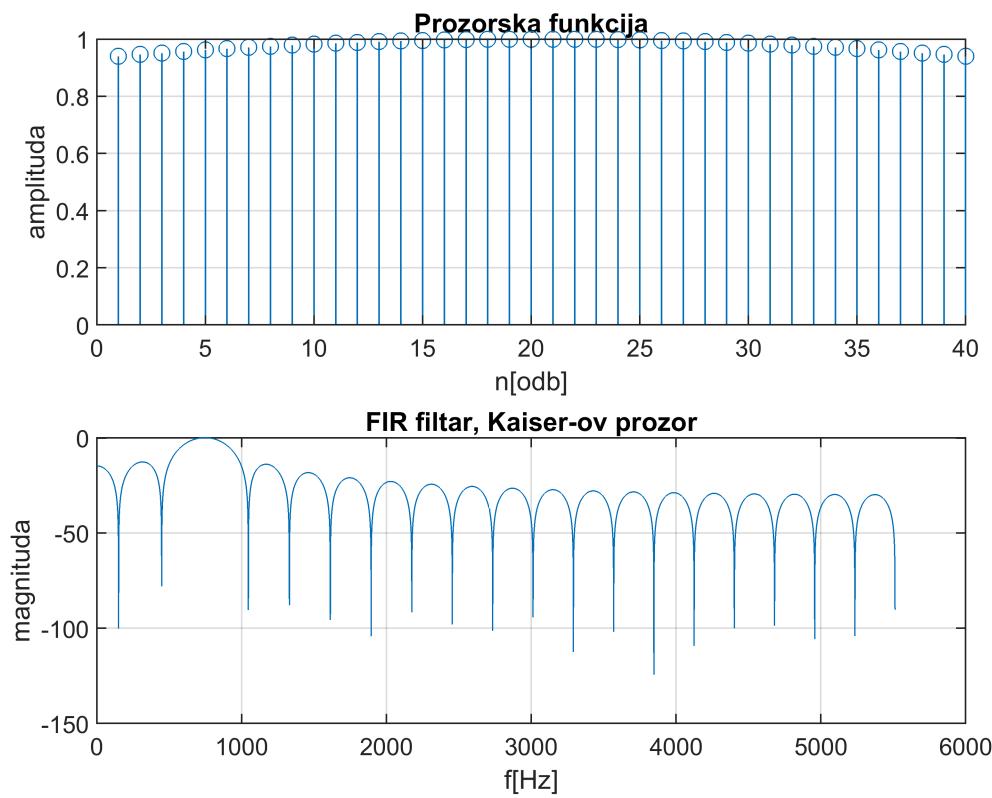
figure(2)
subplot(2,1,1)
stem(window);
xlabel('n[odb]'); ylabel('amplituda')
title('Прозорска функција'); grid on;
subplot(2,1,2)

```

```

plot(fz, 20*log10(abs(hz)));
xlabel('f[Hz]'); ylabel('magnituda');
title('FIR filter, Kaiser-ov prozor'); grid on;

```



## филтрирање

```

y = filter(b, a, x);
Y = fft(y,N)/length(y);
Y1 = abs(Y(1:N/2+1));
Y1(2:N/2+1) = 2*Y1(2:N/2+1);

```

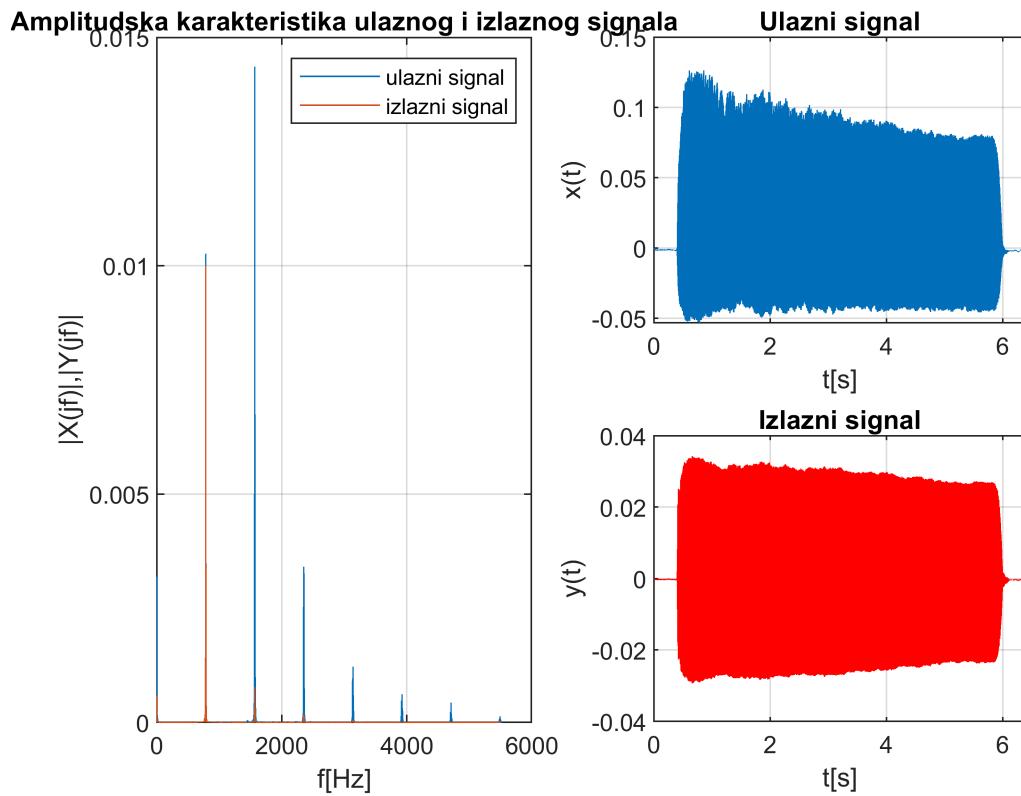
## приказ амплитудске карактеристике улазног и излазног сигнала

```

figure(3)
subplot(2,2, [1, 3])
plot(f1, X1); hold on
plot(f1,Y1);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|X(jf)|,|Y(jf)|');
legend('ulazni signal','izlazni signal')
title('Amplitudska karakteristika ulaznog i izlaznog signala'); grid on;
subplot(2,2,2)
plot(t,x);
xlabel('t[s]'); ylabel('x(t)');
title('Ulazni signal'); grid on;
subplot(2,2,4)

```

```
plot(t,y,'r');
xlabel('t[s]'); ylabel('y(t)');
title('Izlazni signal'); grid on;
```



```
audiowrite('isfiltriran3.wav',y,Fs)
```

б)

Да би дошло до ефекта замене учестаности фреквенција нашег пика 784.6 треба да буде већа од  $fs/2$ , а можемо узети и да буде  $< fs$  да бисмо знали да је на првом косом делу јелке.

```
fs=Fs/9;
disp(fs/2< 784.6 & 784.6 <fs)
```

1

Видимо да на овој учестаности сигурно долази до замене учестаности и да се наша фреквенција налази на првом косом делу јелке. Учестаност којом је она замењена можемо добити као:

```
disp(fs/2-(784.6-fs/2))
```

440.4000

```

fs=Fs/9;
y_odab=y(1:9:end);
N_odab = 2^nextpow2(length(y_odab));
f1_odab = 0:fs/N_odab:fs/2;
Y_odab = fft(y_odab,N_odab)/length(y_odab);
Y1_odab = abs(Y_odab(1:N_odab/2+1));
Y1_odab(2:N_odab/2+1) = 2*Y1_odab(2:N_odab/2+1) ;
figure(4)
plot(f1, Y1); hold on
plot(f1_odab,Y1_odab);
xlabel('f[Hz]'); ylabel('|Y(jf)|,|Y_odab(jf)|');
legend('normalno odabrani signal','lose odabrani signal')
title('Amplitudska karakteristika dobro i lose odabranog signala'); grid on;

```



```
audiowrite('isfiltriran4.wav',y_odab,fs)
```