
Spektralna analiza signala

Table of Contents

Inicijalizacija	1
Snimak bez smetnji	1
Odabir razlicitih perioda odabiranja	2
Snimak sa sumum	5
Odbirkovanje zasumljenog signala	7
Filtriranje signala	8
Odbirkovanje filtriranog signala	10

Mirna N. Kapetina

mart 2020.

Inicijalizacija

Priprema radnog prostora. Brisanje svih promenljivih. Brisanje radnog prostora. Definisanje kompleksne promenljive s . Napomena: Pri pokretanju matlab koda preporucujemo pokretanje sekcije po sekciju tako sto se pozicionirate u sekciju i pritisnete komande Ctrl+Enter

```
clc
close all
clear all
s = tf('s');
```

Snimak bez smetnji

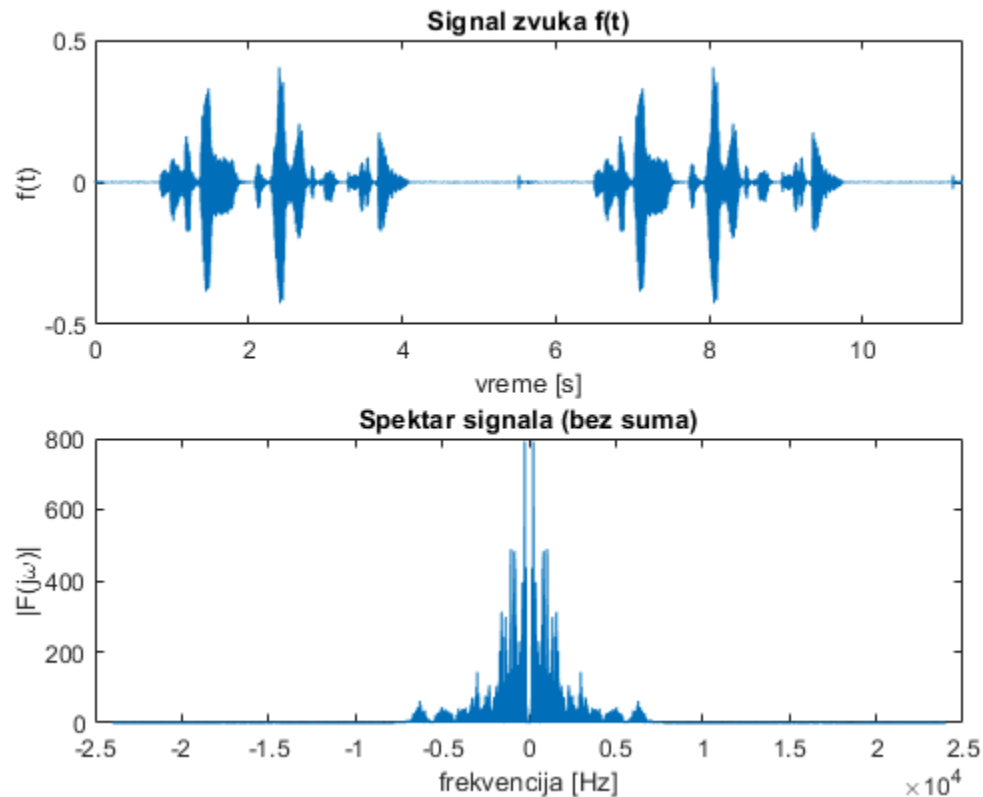
Ucitavanje prethodno snimljenog snimka zvuka, koji nema znacajno izrazene smetnje. Posle ucitavanja signala izvršena je njegova Furijeova transformacija da bi se prikazao njegov spektar.

```
[x1, Fs1] = audioread('dus.m4a'); %ucitavanje originalnog snimka

x1 = x1(:);
Ts1 = 1/Fs1;
t1 = (0:length(x1)-1)*Ts1;
X1 = fft(x1); % Furijeova transformacija signala koja ?e nam koristiti
    da bi nacrtali spektar
F1 = linspace(-1, 1, length(X1))*Fs1/2;

%Crtanje spektra u?itanog signala
figure
subplot(211)
plot(t1, x1)
xlim([t1(1), t1(end)]);
xlabel 'vreme [s]'
ylabel 'f(t)'
title ('Signal zvuka f(t)')
```

```
subplot(212)
plot(F1, abs(fftshift(X1)))
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar signala (bez suma)')
sound(x1, Fs1);
```



Gornja slika pokazuje signal zvuka. A na donjoj slici prikazan je spektar tog signala. Sa slike spektra može se uočiti da se u spektru pojavljuju frekvencije i do 5000Hz, mada se najveći deo informacije signala nalazi u opsegu do oko 1000-1500Hz.

Odabir različitih perioda odabiranja

U nastavku će prethodno učitani signal biti odbirkovan i biće prikazan njegov spektar nakon što tako odbirkovan signal prođe kroz D/A konvertor. Napominjemo da je prema Nikvist-Senonovoj teoremi preporučena frekvencija odabiranja

$$f_s \geq 2f_{max}$$

U nastavku ćemo učitani signal odbirkovati sa frekvencijom odbirkovanja koja zadovoljava preporuke, kao i sa loše odabranom frekvencijom da bi uočili razlike.

- **Dobro odabrana** frekvencija. Za frekvenciju odbirkovanja uzećemo

$$f_s = 10000 \text{ Hz}$$

```

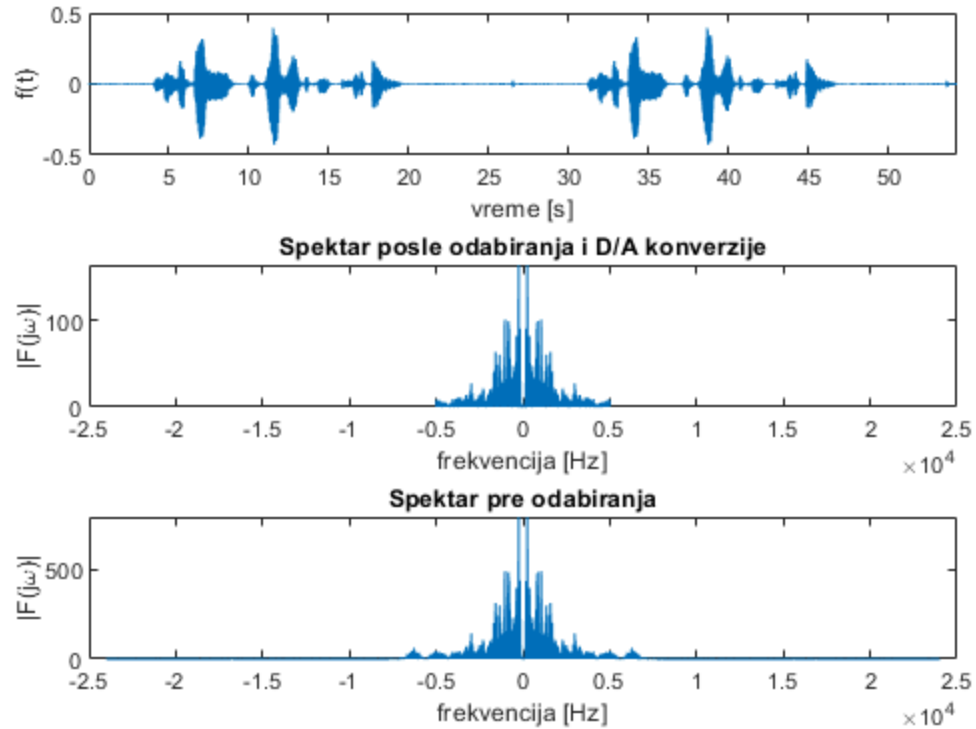
Fs_b=10000; %Dobra perioda odabiranja
Ts_b = 1/Fs_b;
step=Ts_b/Ts1;

x_b = x1(1:step:end);
t_b = (0:step:length(x1)-1)*Ts_b;
X_b = fft(x_b);
F_b = linspace(-1, 1, length(X_b))*Fs_b/2;

figure
subplot(311)
plot(t_b, x_b)
xlabel 'vreme [s]'
ylabel 'f(t)'
xlim([t_b(1), t_b(end)]);
subplot(312)
title ('Signal zvuka f(t)')
plot(F_b, abs(fftshift(X_b)))
axis([-2.5*10^4 2.5*10^4 0 inf])
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar posle odabiranja i D/A konverzije')
subplot(313)
plot(F1, abs(fftshift(X1)))
title ('Spektar pre odabiranja')
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
sound(x_b, Fs_b);

```

Warning: Integer operands are required for colon operator when used as index



Prva slika predstavlja signal zvuka u vremenskom domenu posle odabiranja. Druga slika je spektar signala koji je nastao posle odabiranja i prosao kroz A/D konvertor. Napominjemo da je ovaj spektar rezultat umnozavanja originalnog spektra oko frekvencije odbirkovanja a potom odsecanje viska spektra posle Nikvistove ucestalosti koja sad iznosi $f_n = \frac{f_s}{2} = 5000Hz$

Trecu slika je spektar originalnog signala.

Lako se moze uociti na osnovu spektra da je spektar pre i posle odabiranja isti. A i ako se slusa zvuk signala posle odabiranja isto tako se moze uociti da su sacuvane sve informacije u signalu posle odbirkovanja.

- **Losa odabrana** frekvencija. Za frekvenciju odbirkovanja uzecemo

$$f_s = 2000Hz$$

```

Fs_b=2000; %Losa perioda odabiranja
Ts_b = 1/Fs_b;
step=Ts_b/Ts1;

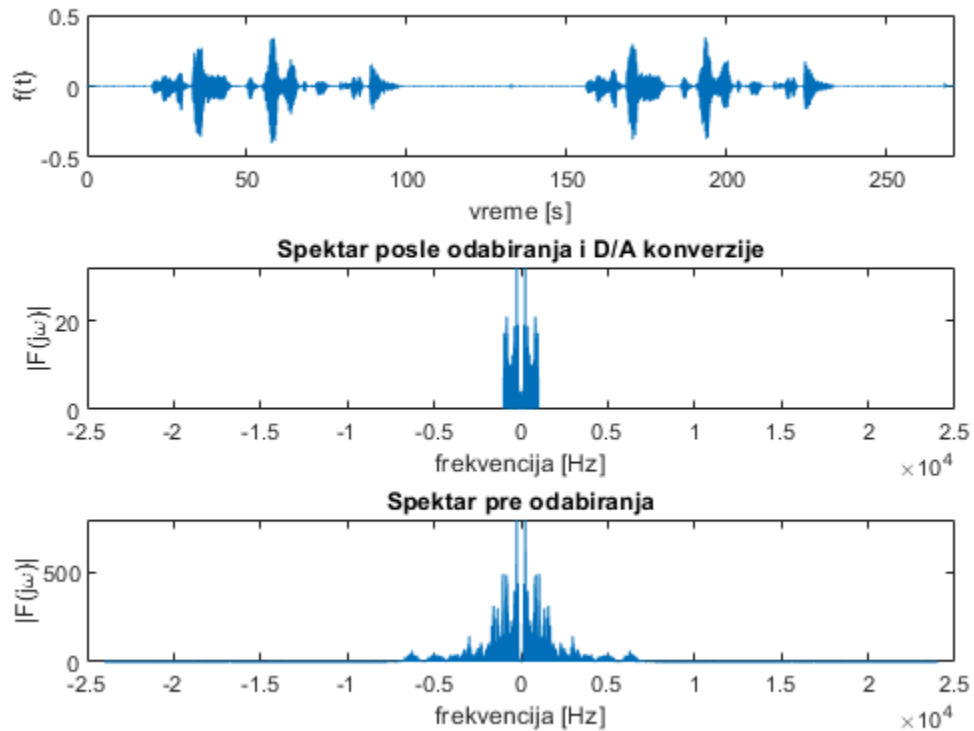
x_b = x1(1:step:end);
t_b = (0:step:length(x1)-1)'*Ts_b;
X_b = fft(x_b);
F_b = linspace(-1, 1, length(X_b))'*Fs_b/2;

figure
subplot(311)
plot(t_b, x_b)
xlabel 'vreme [s]'
    
```

```

ylabel 'f(t)'
xlim([t_b(1), t_b(end)]);
subplot(312)

plot(F_b, abs(fftshift(X_b)))
axis([-2.5*10^4 2.5*10^4 0 inf])
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar posle odabiranja i D/A konverzije')
subplot(313)
plot(F1, abs(fftshift(X1)))
title ('Spektar pre odabiranja')
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
sound(x_b, Fs_b);
    
```



Sada kada poredimo spektar signala posle odabiranja i spektar originalnog signala mozemo da vidimo su razliciti i da je deo spektra 'izgubljen' usled odsecanja sa Nikvistovom frekvencijom $f_n = 2000/2 = 1000\text{Hz}$. Kada se slusa zvuk odbirkovanog signala sa 'losom' frekvencijom, cuje se da je manji, ali zanemarljiv, deo informacije zvuka izgubljen, ali i dalje se jasno cuju izgovorene reci.

Snimak sa sumum

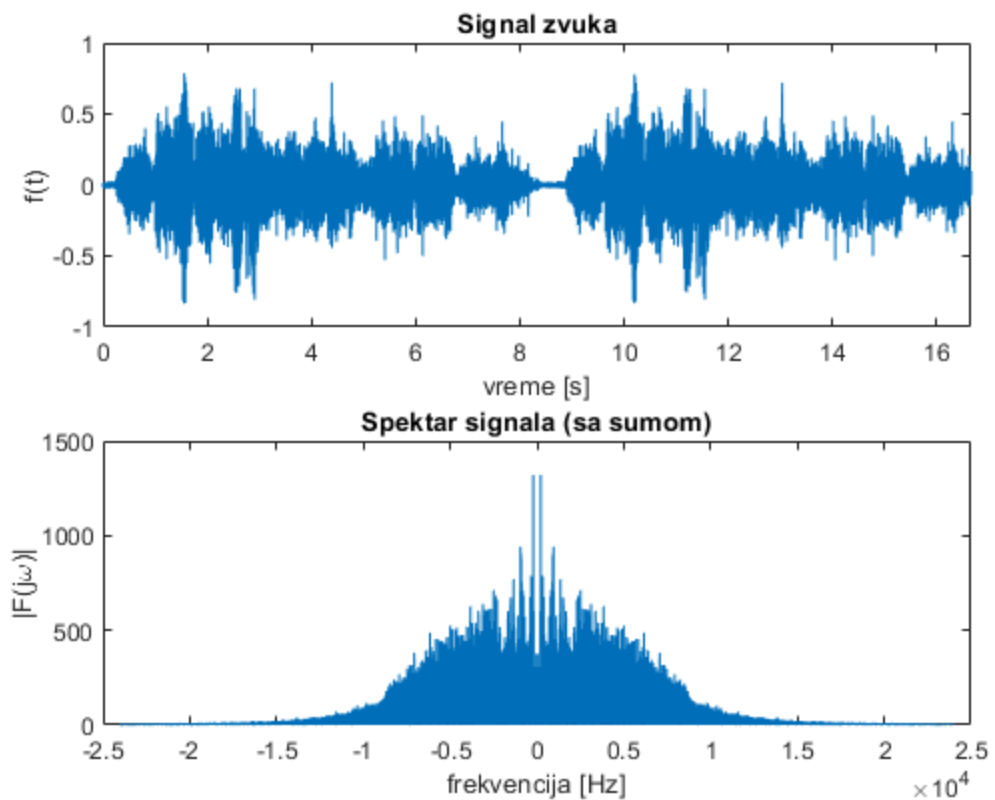
Ucitavanje prethodno snimljenog snimka zvuka gdje postoji i smetnja, sum, koji je nastao u ovom slucaju kao posledica suskanje kesom pri izgovaranju reci. Posle ucitavanja signala izvrшена je njegova Furijeova transformacija da bi se prikazao njegov spektar.

```
[x2, Fs2] = audioread('dus_noise.m4a');
x2 = x2(10000:end-20000);
x2 = x2(:);

Ts2 = 1/Fs2;
t2 = (0:length(x2)-1)*Ts2;
X2 = fft(x2);
F2 = linspace(-1, 1, length(X2))*Fs2/2;

figure
subplot(211)
plot(t2, x2)
xlabel 'vreme [s]'
ylabel 'f(t)'
xlim([t2(1), t2(end)]);
title ('Signal zvuka')
subplot(212)
plot(F2, abs(fftshift(X2)))
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar signala (sa sumom)')

sound(x2, Fs2);
```



Na slici spektra signala sa sumom lako se mogu uociti frekvencije koje nisu postojale u spektru ovog signala kada nije bilo suma. Ovdje je lako uociti da se spektar ovog signala sada prosirio i do frekvencije oko 15000Hz

Odbirkovanje zasumljenog signala

U nastavku ce prethodno ucitani signal biti odbirkovan i bice prikazan njegov spektar nakon sto tako odbirkovan signal prodje kroz D/A konvertor. Odmah ce vrsiti odbirkovanje ovako ucitanog signala sa 'losom frekvencijom' od $f_s = 2000\text{Hz}$ koja je koristenjena u prethodnom primjeru.

```

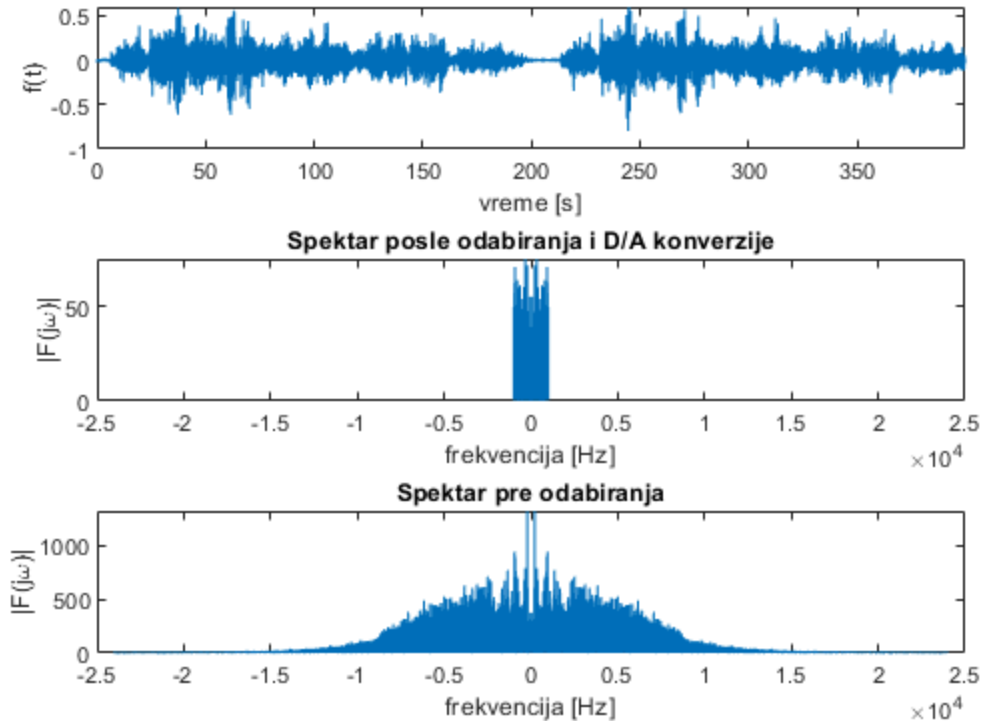
Fs_b=2000; %Losi perioda odabiranja
Ts_b = 1/Fs_b;
step=Ts_b/Ts1;

x_b = x2(1:step:end);
t_b = (0:step:length(x2)-1)*Ts_b;
X_b = fft(x_b);
F_b = linspace(-1, 1, length(X_b))*Fs_b/2;

figure
subplot(311)
plot(t_b, x_b)
xlabel 'vreme [s]'
ylabel 'f(t)'
xlim([t_b(1), t_b(end)]);
subplot(312)

plot(F_b, abs(fftshift(X_b)))
axis([-2.5*10^4 2.5*10^4 0 inf])
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar posle odabiranja i D/A konverzije')
subplot(313)
plot(F2, abs(fftshift(X2)))
title ('Spektar pre odabiranja')
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
sound(x_b, Fs_b);

```



Sa slika spektra odbirkovanog signala i originalnog signala sa sumom jasno se vide razlike, pre svega jer se u osnovnom delu spektra pojavile frekvencije koje nisu postojale ranije a koje su posledica preslikavanja visih frekvencija posle odabiranja, pojava ALIJASA. Medjutim, posledica lose frekvencije odabiranja se bolje moze uociti kada se cuje sam zvuk posle odbiranja, gdje je jasno da je sum nadjacao osnove reci i informaciju i da se pojavio u osnovnom spektru. U ovom primeru koliko god budemo povecavali periodu odbairanja mozemo da imamo slicne probleme sa alijasima, zbog toga se preporucuje da se signal pre odabiranja filtrira, a potom odbirkuje i da se time odstrane vise frekvencije.

Filtriranje signala

Kako smo uocili jos u prvom primeru kada smo analizirali signal bez suma, najveći deo informacija smesten je u opsegu oko 1000Hz, zbog toga ce se u nastavku zasumljeni signal filtrirati filtrom 10og reda sa presecom ucestalosti na 800Hz, odnosno $2\pi * 800[\text{rad/s}]$, i sa pojcanjem 30. U nastavku ce biti nacrtan njegov Bodeov dijagram.

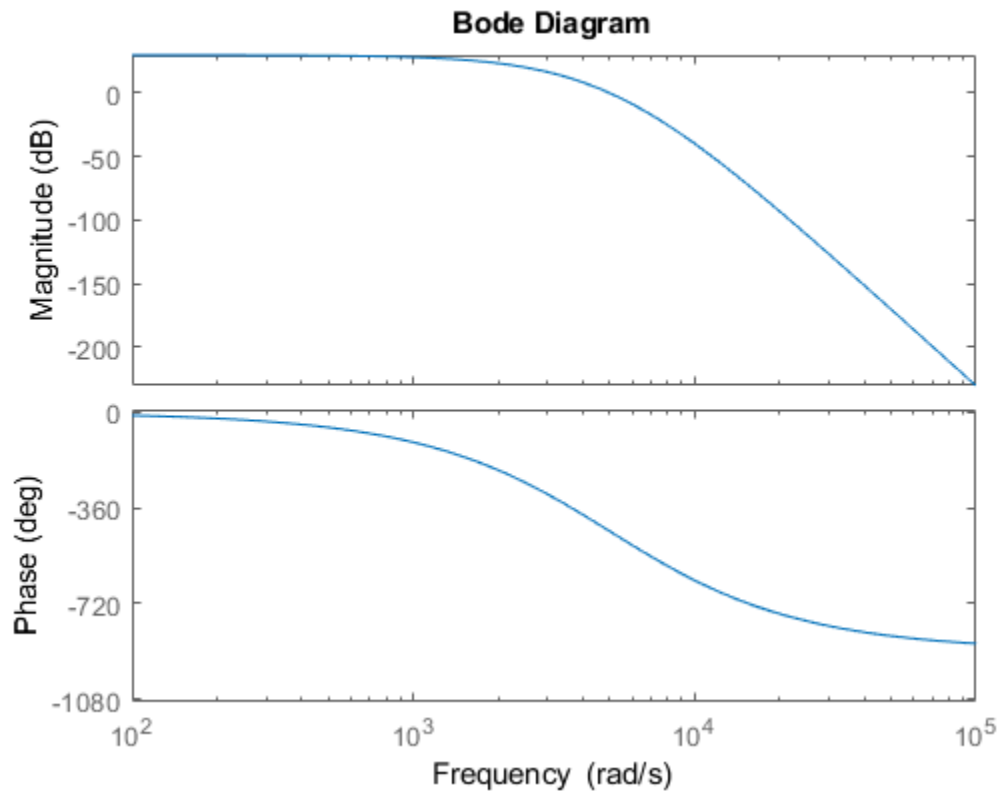
$$G = \frac{30}{\left(\frac{s}{1600\pi} + 1\right)^{10}}$$

```
wg = 2*pi*800;
order = 10;
gain = 30;
```

```
G = gain*(1/(s/wg + 1))^order;
```

```
figure
```


bode(G)



Dizajnirani filter je primenjen na signal sa sumom.

```
[xf, tf] = lsim(G, x2, t2);

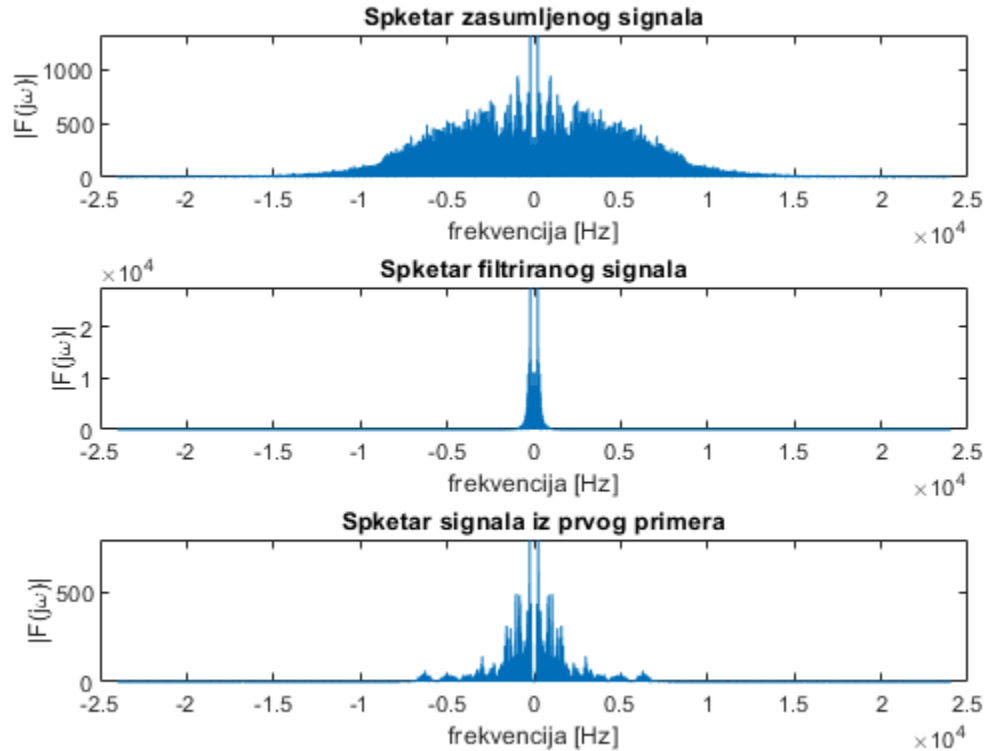
XF = fft(xf);
FF = linspace(-1, 1, length(XF))*Fs2/2;

figure
subplot(311)
plot(F2, abs(fftshift(X2)))
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spketar zasumljenog signala')
subplot(312)
plot(FF, abs(fftshift(XF)))
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spketar filtriranog signala')

subplot(313)
plot(F1, abs(fftshift(X1)))
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spketar signala iz prvog primera')
audiowrite('dus_filtered_novo.wav', xf, Fs2)
```

```
%sound(xf, Fs2)
```

Warning: Data clipped when writing file.



Sa slike spektra posle filtriranja lako se moze uociti da su odstranjene vise frekvencije iz signala koje su predstavljale zvuk. I posle reprodukcije signala moze se primjetiti da se sum koji bio rezultat suskanja kesom vise ne cuje. Ukoliko poredimo spektra filtriranog signala i signala iz prvog primera, vidi se da su informacije na nizim frekvencijama sacuvane, a tu su frekvencije koje odgovaraju izgovorenim recima. Sada je moguće ovakav signal odbirkovati

Odbirkovanje filtriranog signala

Prethodno filtrirani signala sada cemo odbirkovati. Kako je signal filtriran njegove najvise frekvencije ne prelaze 1000Hz, zbog cega cemo odabrati frekvenciju odabiranja $f_s = 3000\text{Hz}$.

```
Fs2_b=3000; %losa frekvencija odabiranja
Ts2_b = 1/Fs2_b;
step=Ts2_b/Ts2;

x_b = xf(1:step:end);
t_b = (0:step:length(xf)-1) '*Ts2_b;
X_b = fft(x_b);
F_b = linspace(-1, 1, length(X_b)) '*Fs2_b/2;

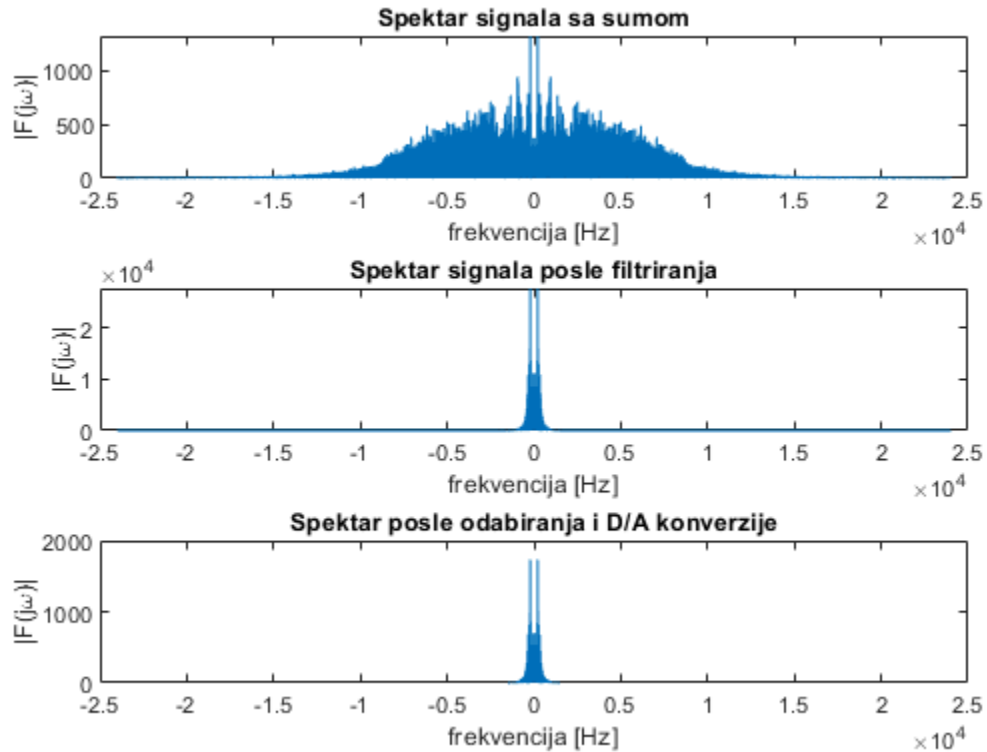
figure
subplot(311)
```

```

plot(F2, abs(fftshift(X2)))
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar signala sa sumom')
subplot(312)
plot(F2, abs(fftshift(XF)))
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar signala posle filtriranja')
subplot(313)
plot(F_b, abs(fftshift(X_b)))
xlim([-2.5*10^4 2.5*10^4 ])
xlabel 'frekvencija [Hz]'
ylabel '|F(j\omega)|'
title ('Spektar posle odabiranja i D/A konverzije')

sound(x_b, Fs2_b);

```



I posle odabiranja i A/D konverzije spektar je isti, a i zvuk.

Published with MATLAB® R2018a