

# Digitalizacija zvuka

Predmet: Multimedijalni signali i sistemi

Predavač: dr Nataša Savić

Asistent: Nikola Milutinović

# Potrebno je izvršiti analizu koda koji je dat u nastavku. Kod predstavlja kompletan proces digitalizacije zvučnog signala.

%% 1. "Analogni" audio signal (modelovan u vremenu sa visokom fs)

fs\_cont = 200e3; % "kontinualna" frekvencija (samo za simulaciju), vrlo visoka

T = 0.02; % Trajanje signala 20 ms (dovoljno za prikaz)

t\_cont = 0:1/fs\_cont:T; % "kvazi-kontinualno" vreme

f1 = 440; % osnovni ton (A4)

f2 = 880; % druga harmonika

f3 = 1320; % treća komponenta

```
x_cont = 0.6*sin(2*pi*f1*t_cont) + ...
    0.3*sin(2*pi*f2*t_cont) + ...
    0.1*sin(2*pi*f3*t_cont);
```

% Normalizacija na [-1, 1]

x\_cont = x\_cont / max(abs(x\_cont));

%% 2. Uzorkovanje (A/D – SAMPLING)

fs = 8000; % frekvencija uzorkovanja (tipično za govor)

Ts = 1/fs;

t\_s = 0:Ts:T; % diskretni vremenski indeksi

% Uzimamo vrednosti "analognog" signala u trenucima t\_s

% (interpolacija indeksima)

idx = round(t\_s \* fs\_cont) + 1; % mape kontinualno vreme -> indeksi

x\_s = x\_cont(idx); % uzorkovani signal

%% 3. Kvantizacija (A/D – KVANTIZACIJA AMPLITUDE)

nBits = 8; % broj bitova (8-bit kvantizacija)

L = 2^nBits; % broj nivoa

% Pretpostavimo simetričan opseg [-1, 1]

xmin = -1;

xmax = 1;

delta = (xmax - xmin) / L; % korak kvantizacije

% Pomeranje i skaliranje na indekse nivoa

x\_s\_clip = min(max(x\_s, xmin), xmax - delta); % da ne izađe van opsega

q\_index = floor((x\_s\_clip - xmin) / delta); % indeksi nivoa [0 ... L-1]

% Rekonstrukcija kvantizovanog signala (sredina nivoa)

x\_q = xmin + q\_index\*delta + delta/2;

%% 4. Računanje SNR (signal-to-noise ratio)

kvantizaciona\_greska = x\_q - x\_s;

SNR\_dB = 10\*log10(sum(x\_s.^2) / sum(kvantizaciona\_greska.^2));

fprintf('SNR kvantizovanog signala za %d bita iznosi približno: %.2f dB\n', nBits, SNR\_dB);

## %% 5. Grafički prikaz (poređenje signala)

```
Nplot = min(length(t_s), 400); % prikažemo prvih ~400 uzoraka radi preglednosti
```

### % 5.1 Originalni "analogni" signal u istim trenucima kao uzorkovani

```
idx_plot = idx(1:Nplot); % indeksi u kontinualnom signalu za prvih Nplot uzoraka
```

```
t_plot = t_s(1:Nplot);
```

```
figure;
```

```
subplot(3,1,1);
plot(t_plot, x_cont(idx_plot));
title('Originalni "analogni" signal (u trenucima uzorkovanja)');
xlabel('t [s]');
ylabel('Amplituda');
grid on;
```

```
subplot(3,1,2);
stem(t_s(1:Nplot), x_s(1:Nplot), 'filled');
title('Uzorkovani signal');
xlabel('t [s]');
ylabel('Amplituda');
grid on;
```

```
subplot(3,1,3);
stem(t_s(1:Nplot), x_q(1:Nplot), 'filled');
title(sprintf('Kvantizovani signal (%d bita)', nBits));
xlabel('t [s]');
ylabel('Amplituda');
grid on;
```

## %% 6. (Opcioni deo) Rekonstrukcija i reprodukcija zvuka

```
% Duže trajanje za slušanje (opciono):
```

```
T_long = 1; % 1 sekunda
t_s_long = 0:Ts:T_long;
x_long = 0.6*sin(2*pi*f1*t_s_long) + ...
        0.3*sin(2*pi*f2*t_s_long) + ...
        0.1*sin(2*pi*f3*t_s_long);
x_long = x_long / max(abs(x_long));
```

### % Kvantizacija istim postupkom:

```
x_long_clip = min(max(x_long, xmin), xmax - delta);
q_index_long = floor((x_long_clip - xmin) / delta);
x_long_q = xmin + q_index_long*delta + delta/2;
```

```
% Pusti originalni i kvantizovani signal (odkomentariši ako želiš da čuješ)
```

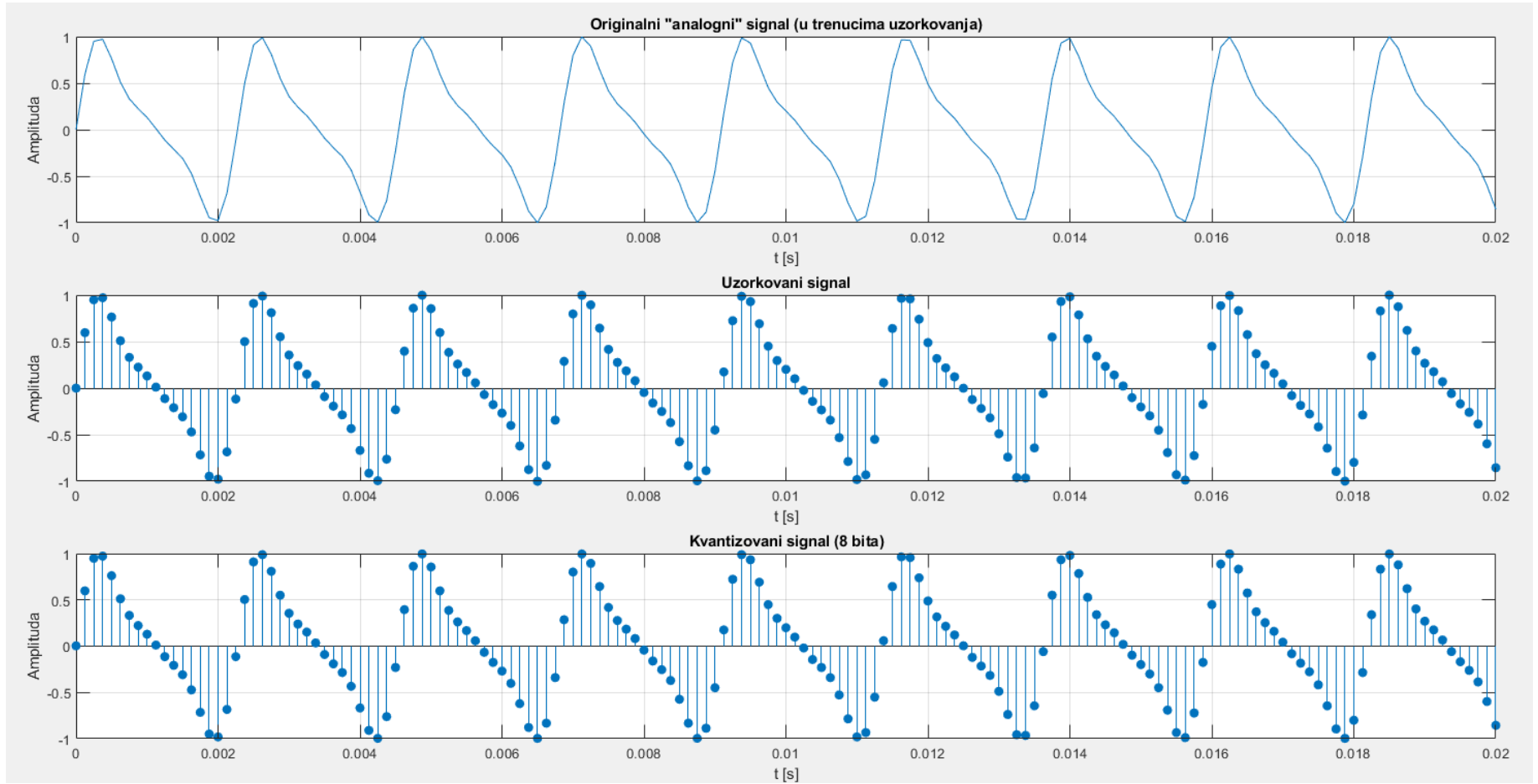
```
% sound(x_long, fs); % original
% pause(1.2);
% sound(x_long_q, fs); % kvantizovani
```

### % Čuvanje u WAV formatu (npr. za analizu u nekom plejeru)

```
audiowrite('audio_original.wav', x_long, fs);
audiowrite('audio_kvantizovan_8bit.wav', x_long_q, fs);
```

```
disp('Generisani su fajlovi: audio_original.wav i audio_kvantizovan_8bit.wav');
```

# REZULTAT



%%% PRIKAZ DIGITALNOG ZVUČNOG SIGNALA (UZORKOVANOG I KVANTIZOVANOG)

%%% Uzorkovani signal (diskretno vreme)

%% Kvantizovani signal (diskretno vreme + diskretna amplituda)

%% Opciono i binarnu PCM reprezentaciju

figure;

```
subplot(2,1,1);
```

```
stem(t_s(1:Nplot), x_s(1:Nplot), 'filled', 'LineWidth', 1.2);
```

```
title('Diskretizovan (uzorkovan) audio signal');
```

```
xlabel('t [s]');
```

```
ylabel('Amplituda');
```

```
grid on;
```

```
subplot(2,1,2);
```

```
stairs(t_s(1:Nplot), x_q(1:Nplot), 'LineWidth', 1.5);
```

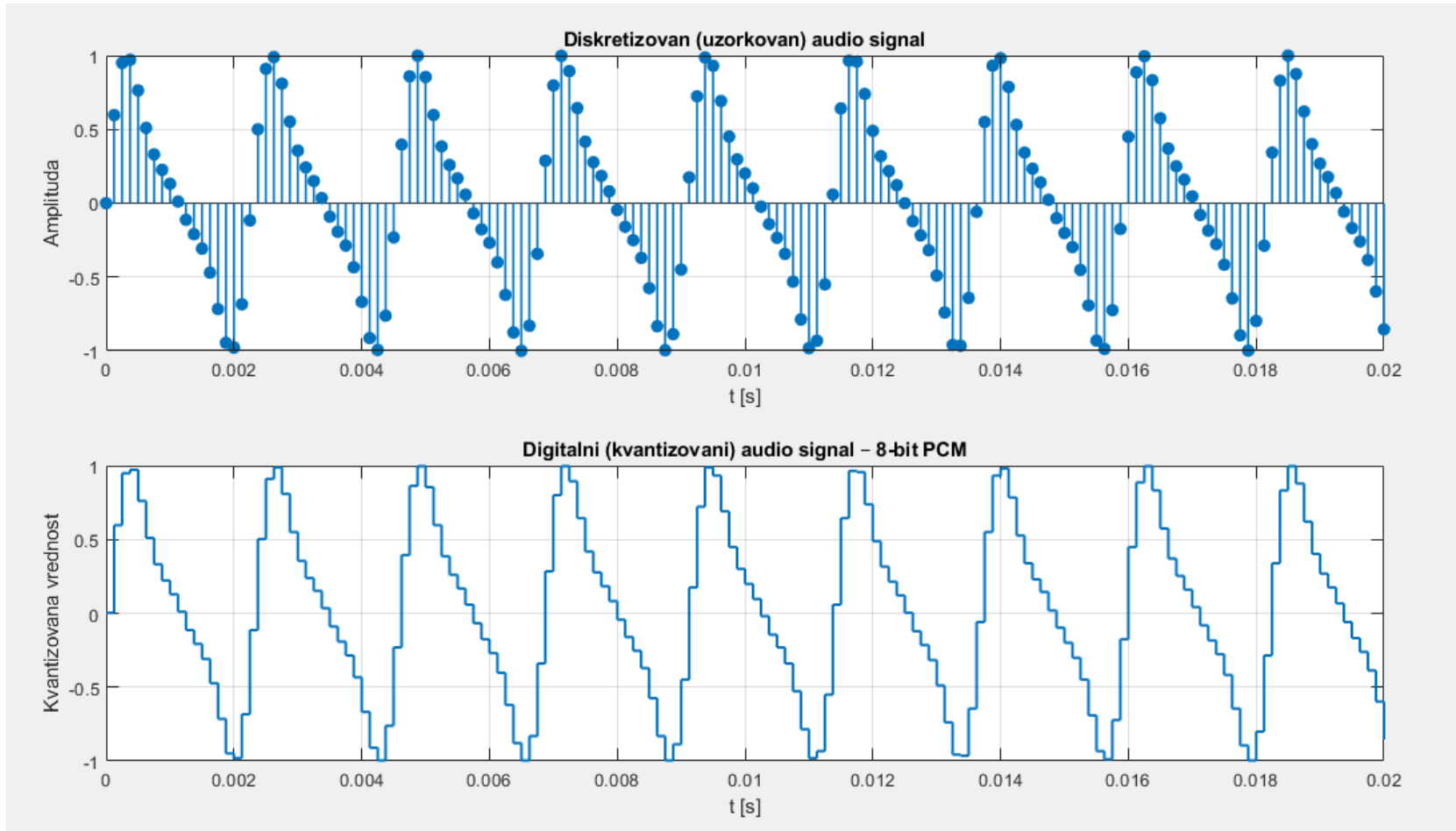
```
title(sprintf('Digitalni (kvantizovani) audio signal – %d-bit PCM', nBits));
```

```
xlabel('t [s]');
```

```
ylabel('Kvantizovana vrednost');
```

```
grid on;
```

# REZULTAT



# Hvala na pažnji!

## PITANJA?

