

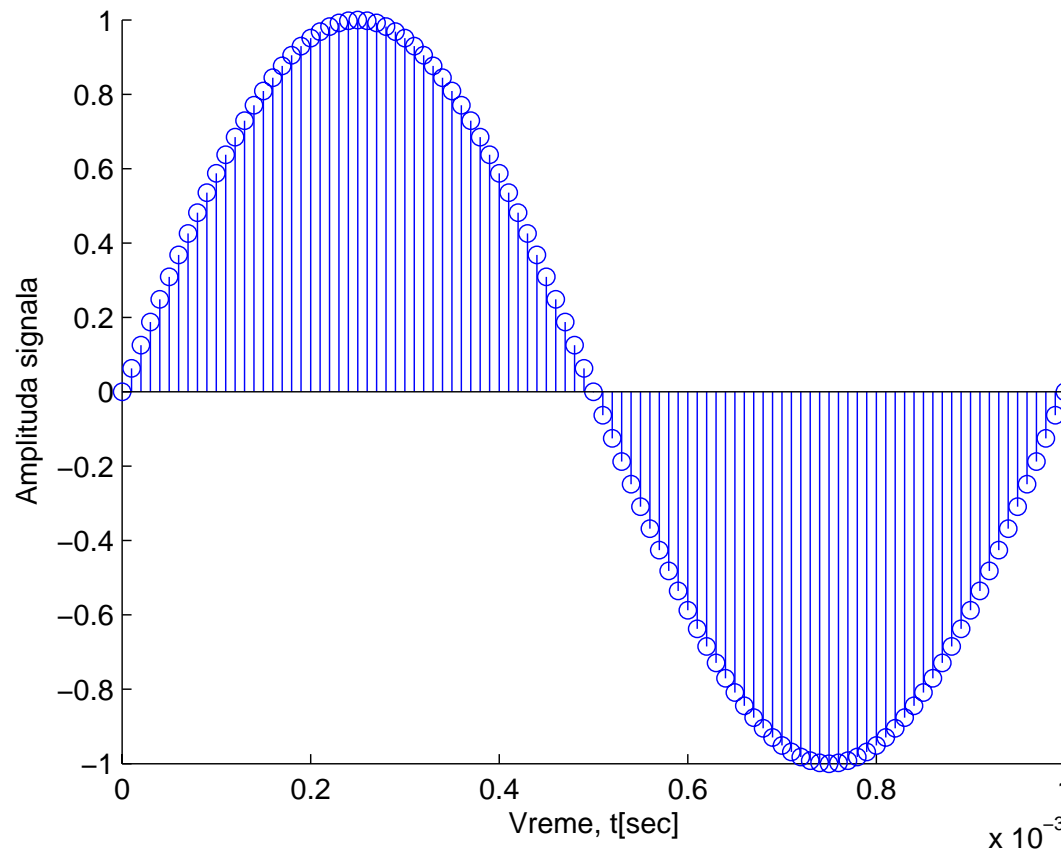
Univerzitet u Beogradu  
Elektrotehnički fakultet

# **Principi modernih telekomunikacija**

## **3b. Spektri i linearni sistemi**

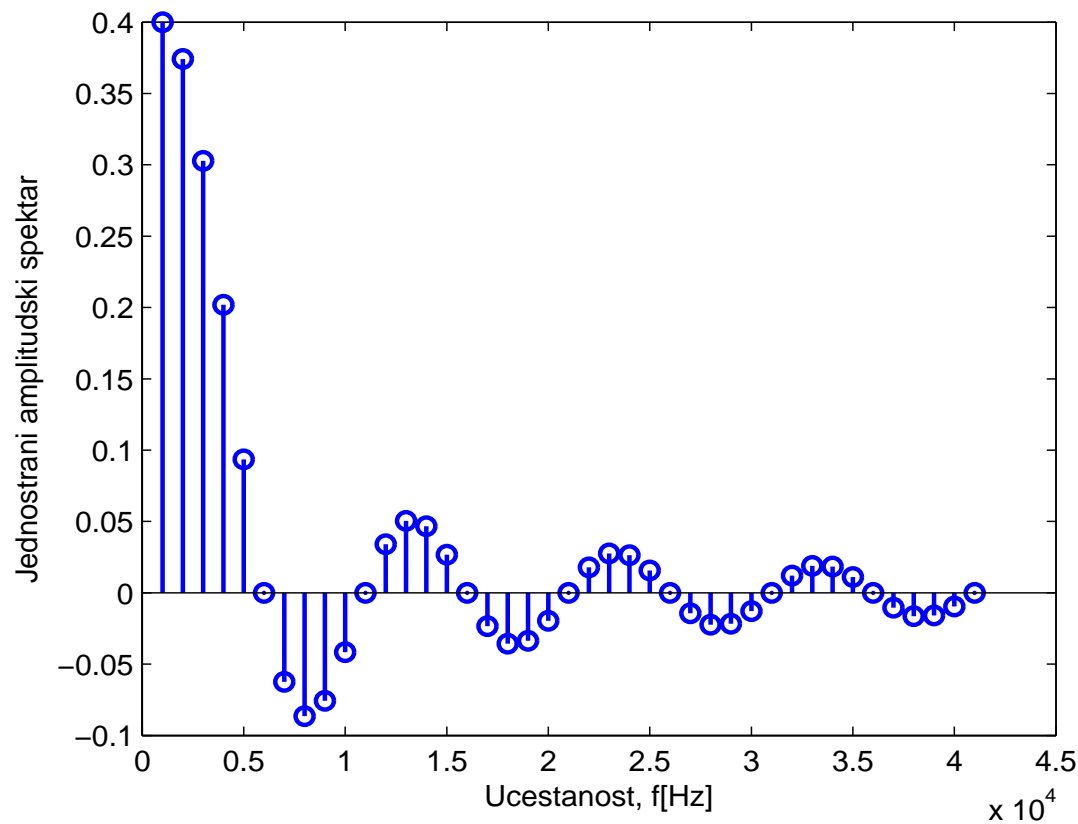
# Generisanje diskretizovane sinusoide

- Parametri – perioda  $T=1/f_0$ , amplituda  $A$ , učestanost odabiranja  $f_s$ .
- U ovom primeru –  $T=1\text{ms}$ ,  $A=1\text{V}$ ,  $f_s=100f_0$ .



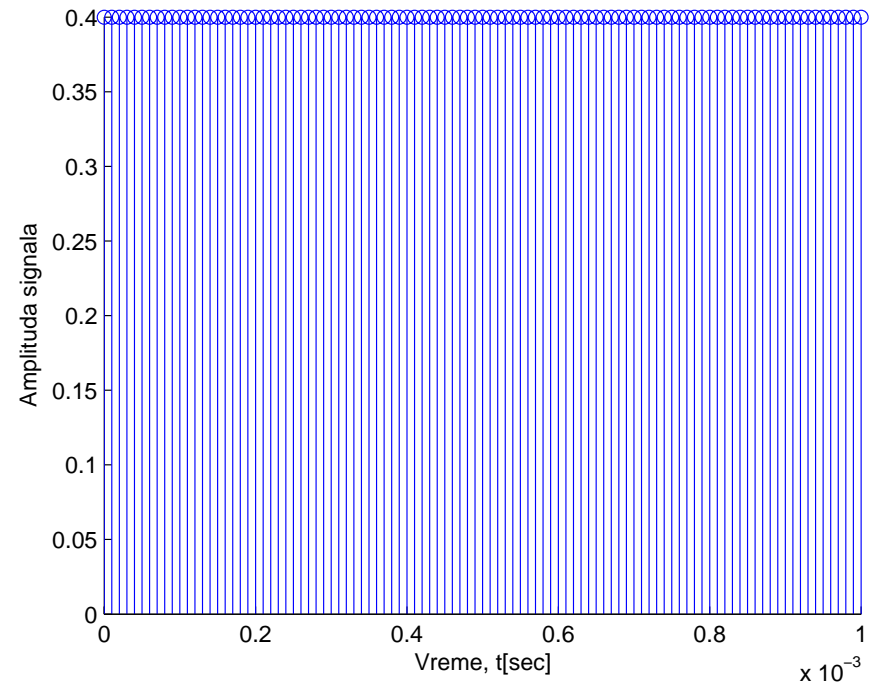
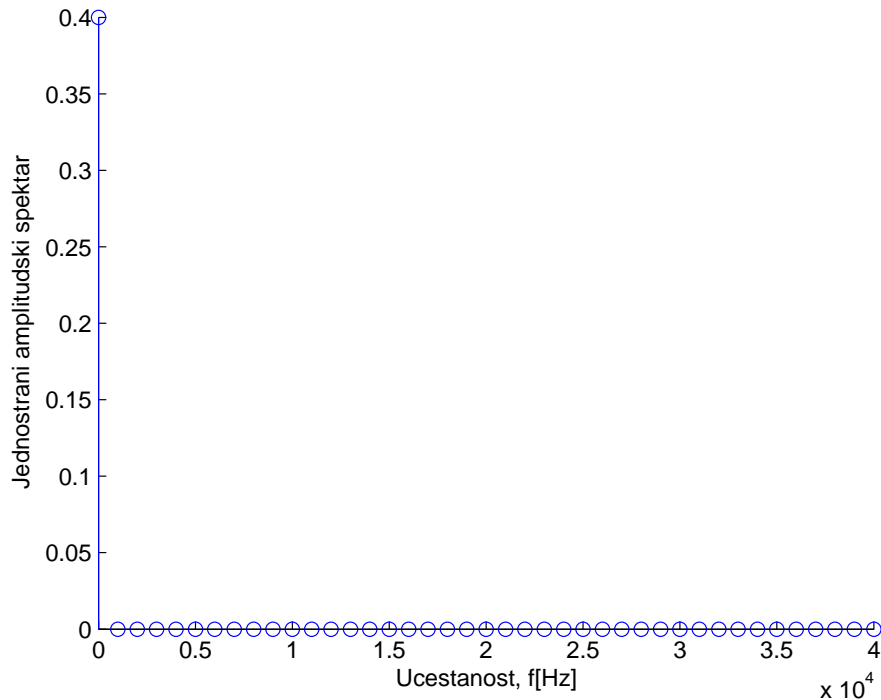
# Spektar signala

- Jednostrani spektar periodične povorke pravougaonih impulsa, faktor režima  $T=1\text{ms}$ ,  $\tau/T=0.2$ .



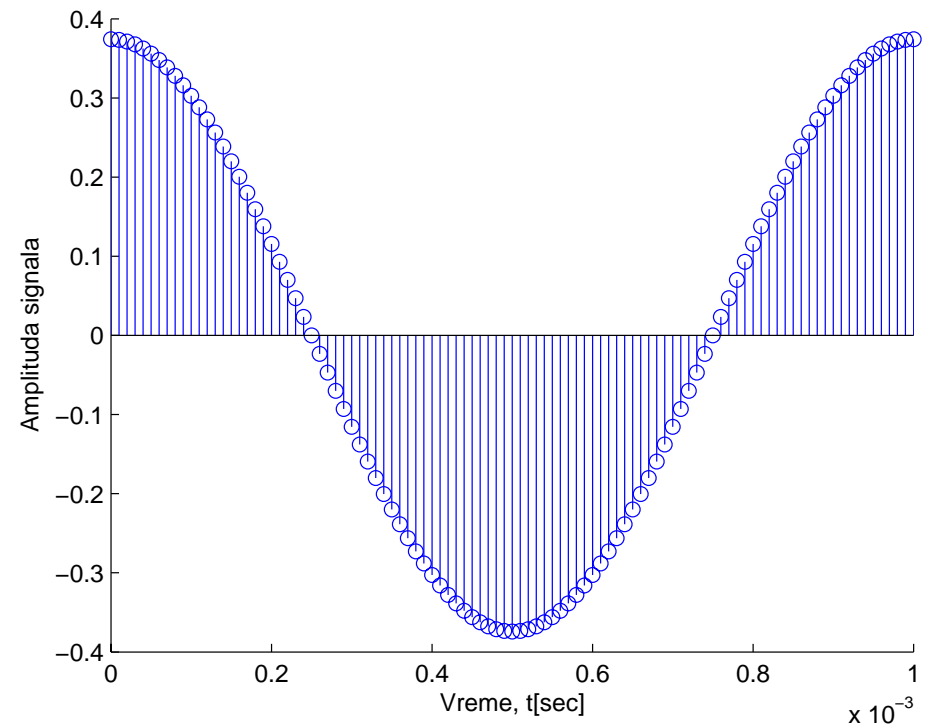
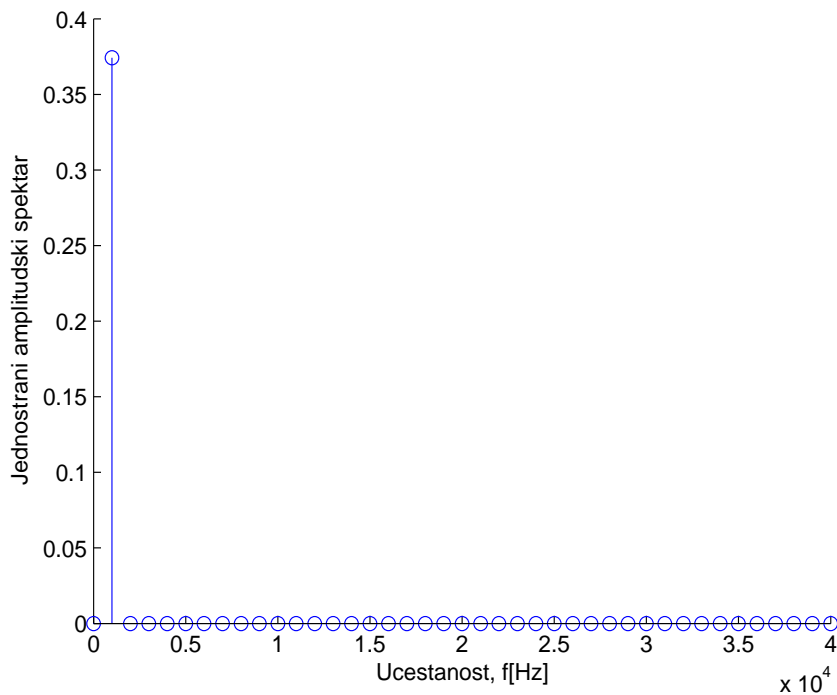
# Nulti harmonik

- Nulti harmonik opisuje jednosmernu komponentu:
  - Ona ima učestanost ravnu nuli
  - Vrednost (amplituda) jednosmerne komponente je  $|X(0)|=0.4$ .



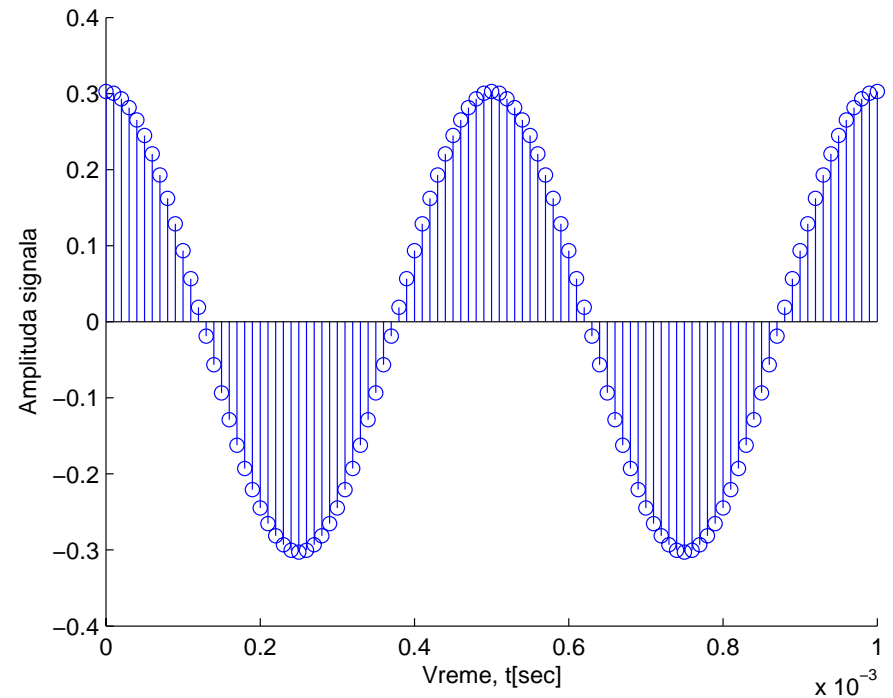
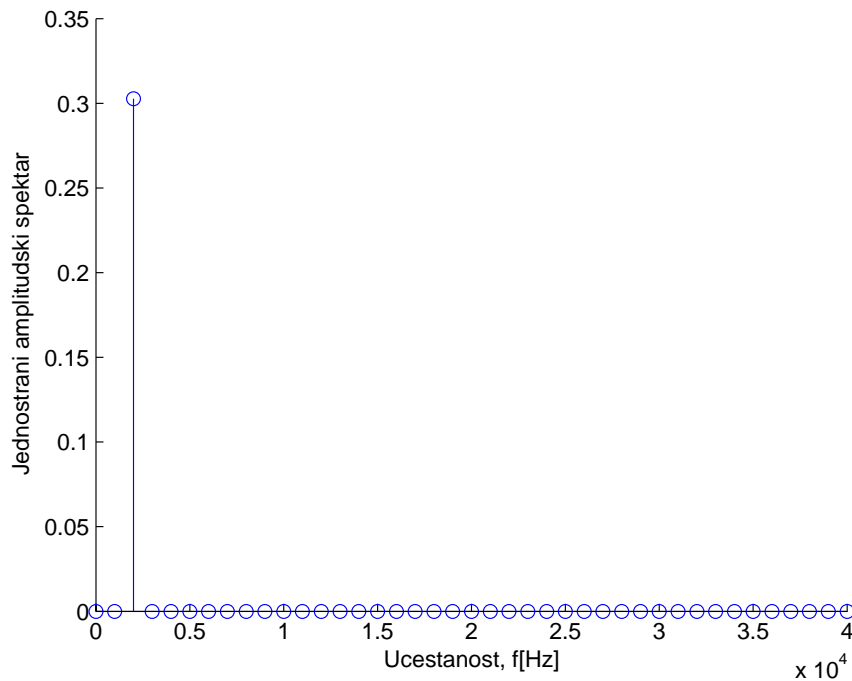
# Prvi harmonik

- Prvi harmonik opisuje prostoperiodičnu komponentu (kosinus):
  - Ona ima učestanost  $f_0=1\text{kHz}$ .
  - Amplituda prvog harmonika je  $|X(1)|=0.3742$ .



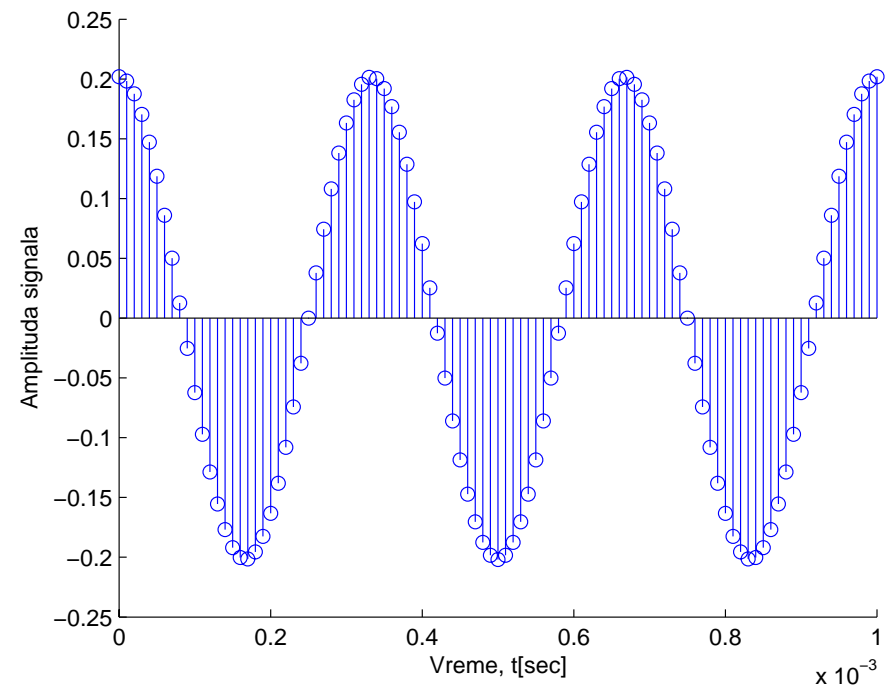
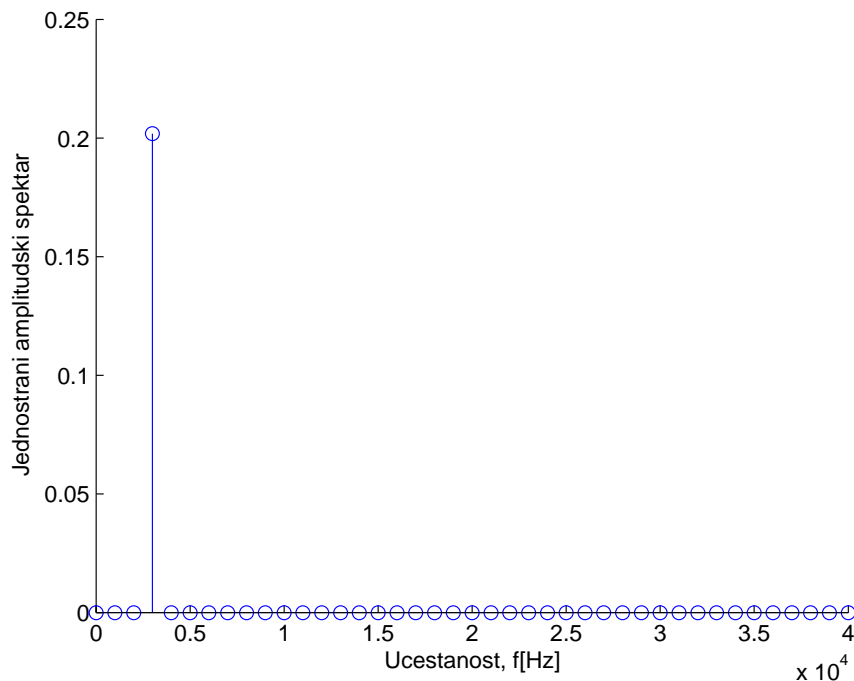
# Drugi harmonik

- Drugi harmonik opisuje prostoperiodičnu komponentu (kosinus):
  - Ona ima učestanost  $2f_0=2\text{kHz}$ .
  - Amplituda drugog harmonika je  $|X(1)|=0.3027$ .



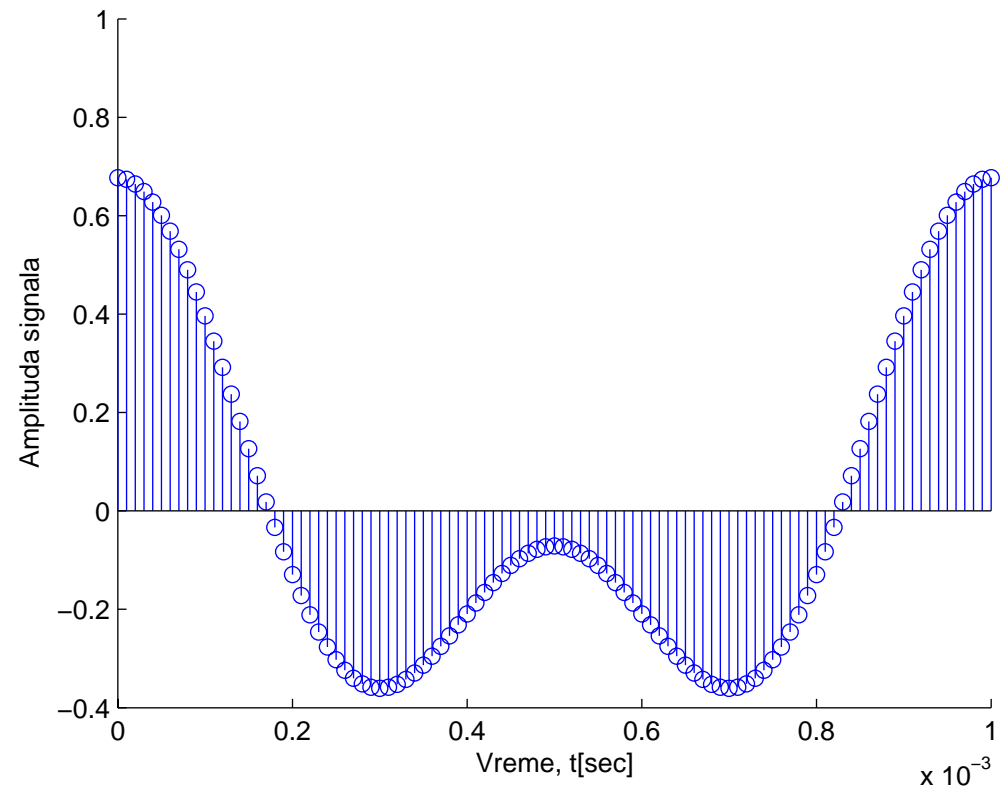
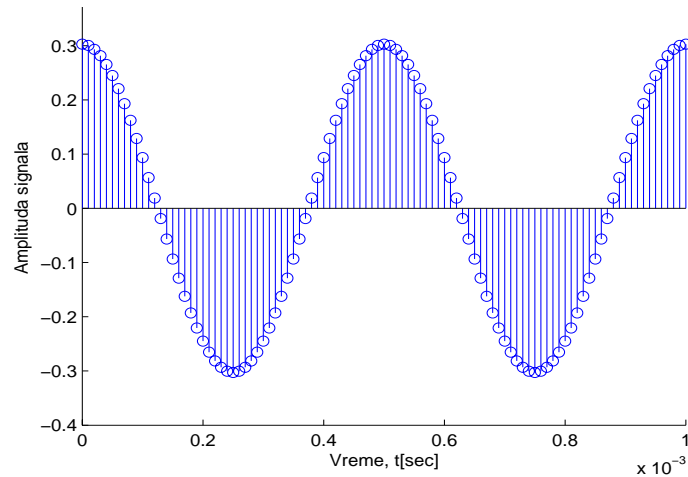
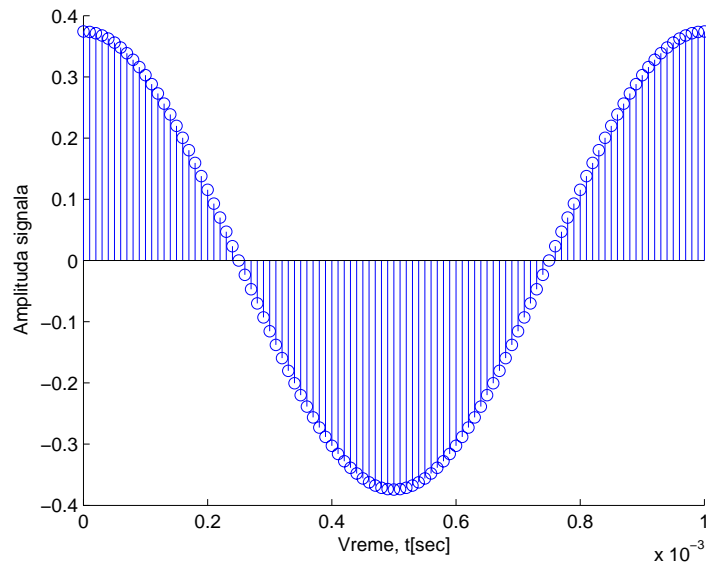
# Treći harmonik

- Treći harmonik opisuje prostoperiodičnu komponentu (kosinus):
  - Ona ima učestanost  $3f_0=3\text{kHz}$ .
  - Vrednost (amplituda) jednosmerne komponente je  $|X(1)|=0.2018$ .



# Zbir dve sinusiode

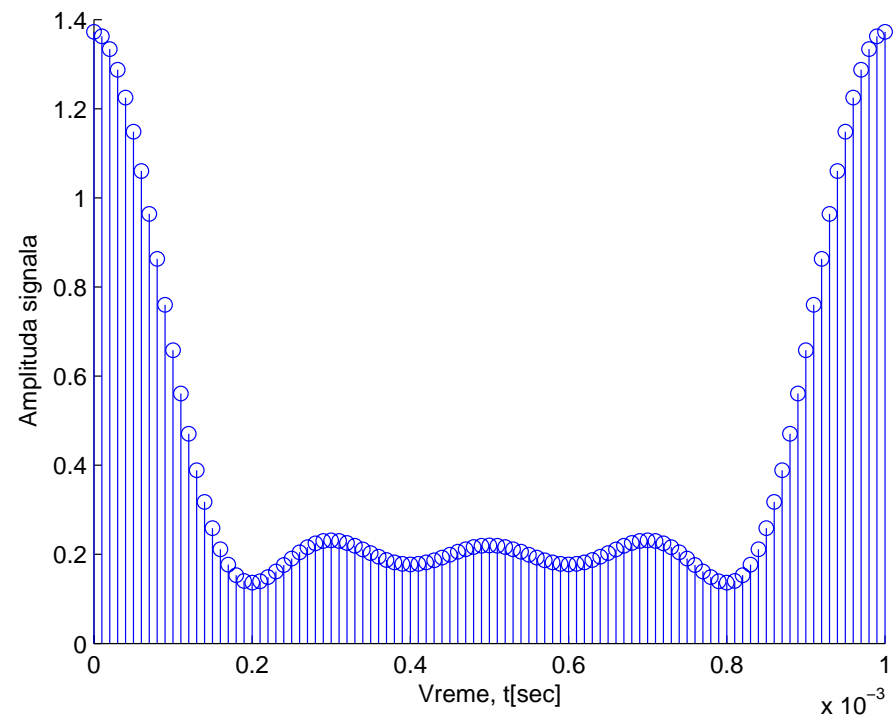
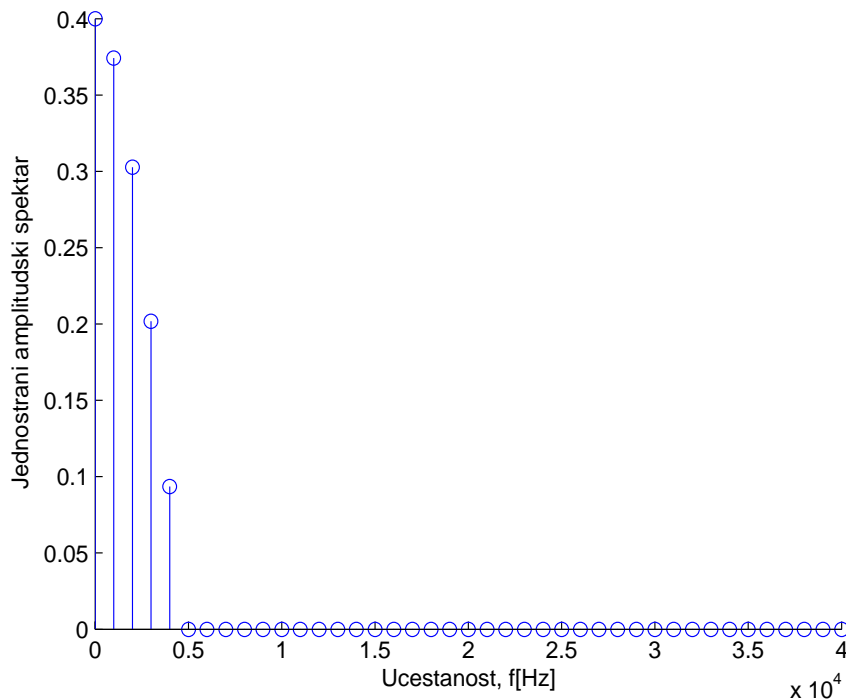
- Zbir dve sinusoide odbirak po odbirak:





# Zbir prvih pet harmonika (uključujući i nulti)

- Zbir jednosmerne komponente i četiri sinusoide učestanosti  $f_0$ ,  $2f_0$ ,  $3f_0$  i  $4f_0$  (amplitude sinusoide određene su vrednostima komponenti jednostranog amplitudskog spektra signala).
- Zbir je po principu odbirak po odbirak:



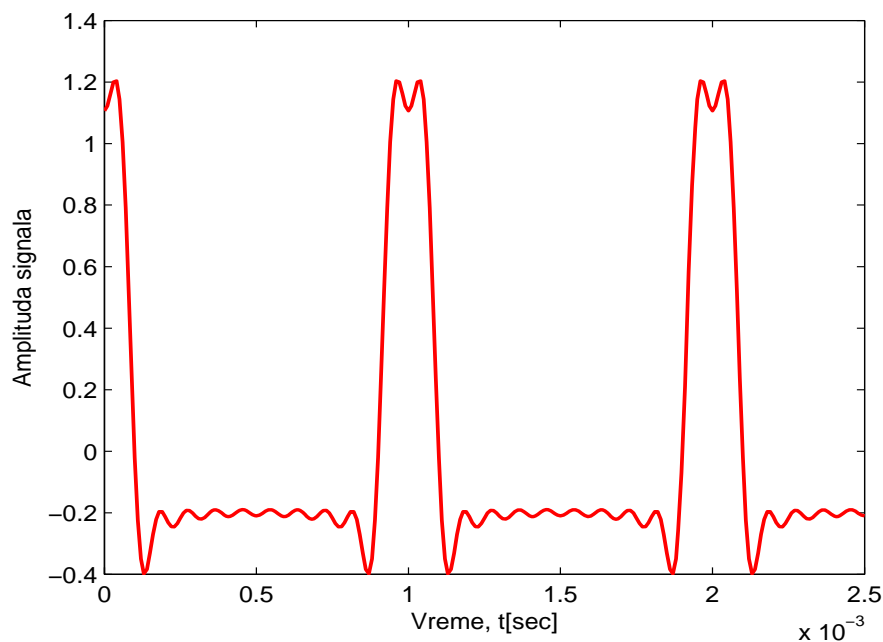
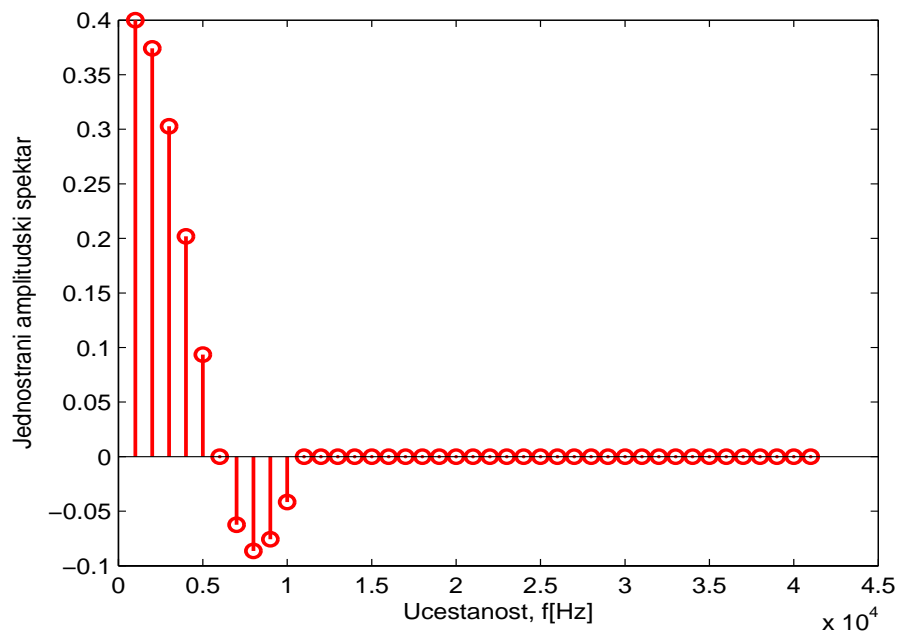
# Linearni sistemi

- Ako na ulazu sistema za prenos postoji nekakav signal  $x(t)$ , on se naziva **pobuda**.
- Signal  $y(t)$  koji se pojavi na njegovom izlazu je tada **odziv**.
- Sistem za prenos se tada posmatra kao crna kutija (*black box*) koja je **potpuno opisana pobudom i odzivom**.



# Propuštanje povorke pravougaonih impulsa kroz NF filter, $f_N=10\text{kHz}$

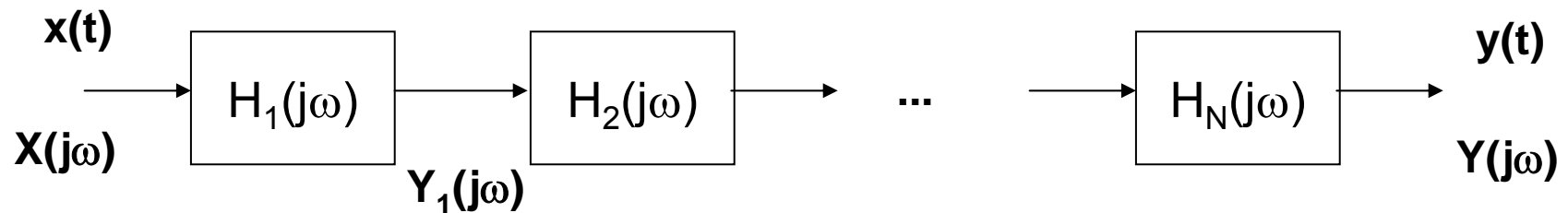
- Granična učestanost filtra pokazuje koje komponente signala  $x(t)$  se sadrže u signalu  $y(t)$ .
- Zbog odsecanja nekih komponenti, signal na izlazu je izobličen.



# Tipovi izobličenja

- **Amplitudska izobličenja**
  - idealno je da amplitudska karakteristika bude ravna
  - amplitudska karakteristika u praksi najčešće nije savršeno ravna u delu od interesa.
- **Fazna izobličenja**
  - idealno je da fazna karakteristika bude linearna
  - fazni pomeraj pojedinih spektralnih komponenti nije ravnomeran pa signal nije samo zakašnjen, već npr. može biti i “razliven”.
- **Ekvalizacija** – “izravnjavanje amplitudske karakteristike” pomoću filtera u predajniku i prijemniku
  - Preemfazis i postemfazis
  - Adaptivna ekvalizacija

# Kaskadne veze (serijska veza)



$$Y_1(j\omega) = H_1(j\omega)X(j\omega)$$

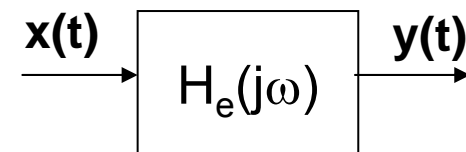
$$Y_2(j\omega) = H_2(j\omega)Y_1(j\omega) = H_1(j\omega)H_2(j\omega)X(j\omega)$$

$$\vdots$$

$$Y(j\omega) = H_N(j\omega)Y_{N-1}(j\omega)$$

$$Y(j\omega) = \prod_{i=1}^N H_i(j\omega)X(j\omega)$$

$$H_e(j\omega) = \frac{Y(j\omega)}{X(j\omega)} = \prod_{i=1}^N H_i(j\omega)$$



# Kaskadne veze (amplitudska i fazna karakteristika)

- Komponente ekvivalentne funkcije prenosa

$$|Y(j\omega)| = A_e(\omega) |X(j\omega)|$$

$$|H_e(j\omega)| = A_e(\omega) = \prod_{i=1}^N |H_i(j\omega)| = \prod_{i=1}^N A_i(\omega)$$

$$\theta_e(\omega) = \sum_{i=1}^N \theta_i(\omega)$$

- Karakteristika slabljenja:

$$a(\omega) = 20 \log \frac{1}{A(\omega)} \quad [\text{dB}]$$

$$a_e(\omega) = 20 \log \frac{1}{A_e(\omega)} = \sum_{i=1}^N a_i(\omega) \quad [\text{dB}]$$