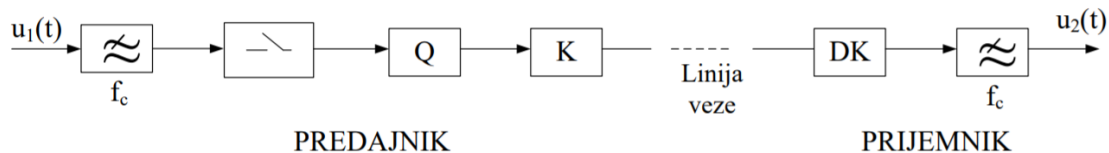


Sistemi sa impulsnom modulacijom

1. Na Slici 1 je prikazana blok šema sistema za prenos IKM signala:



Slika 1. Šema predajnika i prijemnika IKM signala.

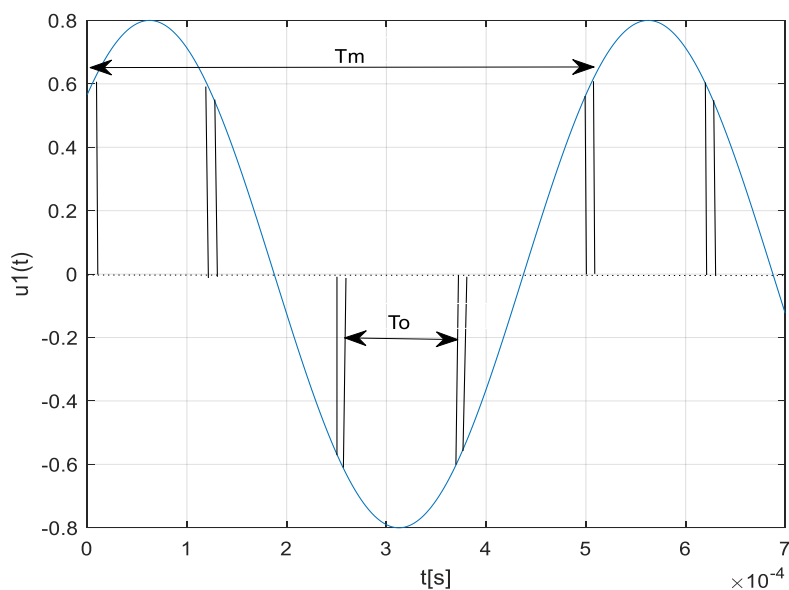
Odabiranje signala $u_1(t)$ vrši se u trenucima $t = kT_o$, gdje je $k=0, \pm 1, \pm 2, \dots$ i $T_o = 125 \mu s$ period odabiranja. Amplitude odbiraka signala $u_1(t)$ nalaze se u intervalu $|u_1(t)| \leq 0,8V$ i kvantiziraju se u kvantizatoru Q , tako što je taj interval podijeljen ravnomjerno na 8 kvantizacionih nivoa. U koderu K obavlja se kodiranje kvantiziranih odbiraka binarnim kodom. Prijemnik se sastoji od dekodera DK i idealnog filtra propusnika niskih učestanosti. Ako je $u_1(t) = U \sin(\omega_m t + \pi / 4)$, pri čemu je $U=0,8V$ i $f_m=2kHz$:

- Prikazati vremenske oblike signala na izlazu iz odabirača, kvantizatora i kodera.
- Pronaći signal na izlazu iz prijemnika i izračunati grešku koja se unosi postupkom kvantizacije.

Rešenje:

$$f_m = 2kHz \Rightarrow T_m = 500 \mu s \Rightarrow T_o = T_m / 4$$

Iz prethodnog izraza možemo zaključiti da imamo četiri odbirka u toku jedne periode signala $u_1(t)$. Na Slici 2 plavom linijom ilustrovan je signal $u_1(t)$, a crnom punom linijom njegovi odbirci na izlazu iz odabirača $u_o(t)$.



Slika 2. Signal $u_1(t)$ i njegovi odbirci.

Ukoliko ograničimo analizu na trajanje jedne periode, amplitude odbraka u trenucima odabiranja su:

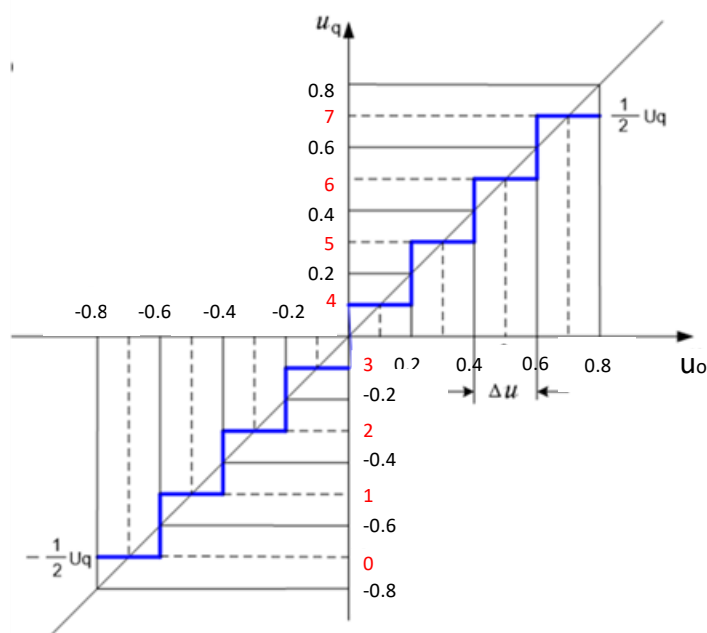
$$u_o(0) = 0.8 \sin(\pi / 4) = 0.565V$$

$$u_o(T_o) = 0.8 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0.125 \cdot 10^{-3} + \pi / 4) = 0.8 \sin(3\pi / 4) = 0.565V$$

$$u_o(2T_o) = 0.8 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0.25 \cdot 10^{-3} + \pi / 4) = 0.8 \sin(5\pi / 4) = -0.565V$$

$$u_o(3T_o) = 0.8 \sin(2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0.375 \cdot 10^{-3} + \pi / 4) = 0.8 \sin(7\pi / 4) = -0.565V$$

Sledeći korak u obradi signala u predajniku sastoji se u kvantiziranju odbraka signala $u_1(t)$. Karakteristika kvantizatora Q u kome se obavlja ravnomjerna kvantizacija data je na Slici 3.



Slika 3. Karakteristika ravnomjernog kvantizatora.

Korak kvantizacije iznosi:

$$\Delta u = 2U / q = 1.6 / 8 = 0.2V$$

Broj bita n potrebnih za kodiranje q kvantizacionih nivoa određuje se iz uslova $q \leq 2^n$.

Kako je $q=8$, slijedi $n=3$.

Odbirci čije amplitude imaju vrijednost 0.565V nalaze se u području 6. kvantizacionog nivoa. Odbirci čije amplitude imaju vrijednost -0.565V nalaze se u području 1. kvantizacionog nivoa. U procesu kvantizacije amplitude ovih odbraka biće kvantizirane na vrijednosti:

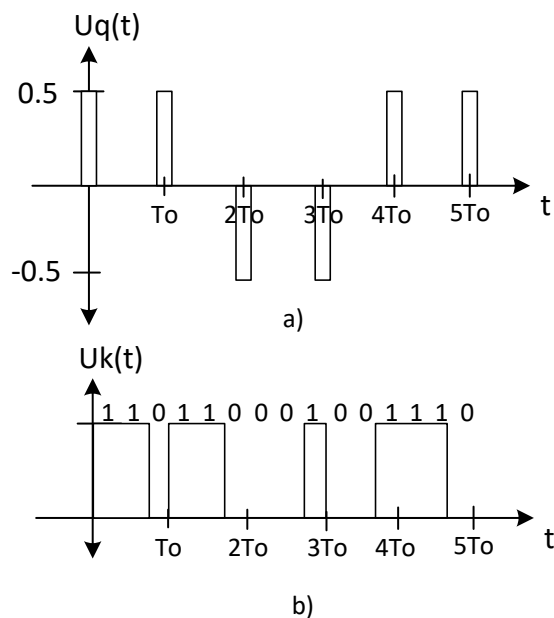
$$u_q = \begin{cases} 0.5V, & u_o(0) = u_o(T_o) = 0.565V \\ -0.5V, & u_o(2T_o) = u_o(3T_o) = -0.565V \end{cases}$$

U Tabeli 1 date su vrijednosti kvantiziranih odbiraka i kodne sekvence dodijeljene svakom od njih.

Tabela 1. Vrijednosti kvantiziranih nivoa.

Kvantizirani nivo	0	1	2	3	4	5	6	7
Amplituda (V)	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7
Kodna riječ	000	001	010	011	100	101	110	111

Vremenski oblici signala na izlazu iz kvantizatora i kodera prikazani su na slici:



Slika 5. Signal na izlazu iz kvantizatora (a) i kodera (b).

b)

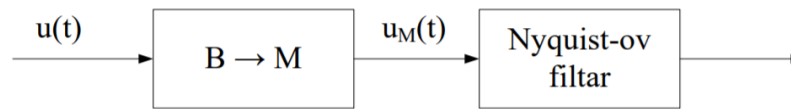
$$u_2(t) = U^i \sin(\omega_m t + \pi / 4)$$

$$u_2(0) = U^i \sin(\pi / 4) = U^i \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$U^i \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.5V \Rightarrow U^i = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707V$$

$$u_1(t) - u_2(t) = 0.093 \sin(\omega_m t + \pi / 4)$$

2. Binarni digitalni signal $u(t)$ protoka $V_b=9600$ b/s dovodi se na sistem prikazan na Slici 6:



Slika 6. Šema predajnika za zadatak 2.

Nyquist-ov filter ima funkciju prenosa podignutog kosinusa. Ako je $M=8$, izračunati potrebnu širinu opsega sistema za prenos.

Rešenje:

$$V_b = 9600 \text{ b/s}$$

$$\xi = 100\%$$

$$M = 8$$

$$B = \frac{1}{2T_s}(1 + \xi) = \frac{1}{T_s}$$

$$T_s = T_b \log_2 M = \frac{3}{V_b}$$

$$B = \frac{V_b}{3} = 3200 \text{ Hz}$$

3. M-arni signal, čiji je ekvivalentni binarni protok 28800b/s, dovodi se na Nyquistov filter. Raspoloživi opseg sistema za prenos je 5kHz. Ako je $M=16$, odrediti maksimalnu vrijednost faktora zaobljenja Nyquist-ovog filtra.

Rešenje:

$$V_b = 28800 \text{ b/s}$$

$$V_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{T_b \log_2 M} = \frac{V_b}{\log_2 16} = 7200 \text{ simbola/s}$$

$$\frac{1}{T_s} = 2f_c \Rightarrow f_c = 3600 \text{ Hz}$$

$$B \geq f_c(1 + \xi) \Rightarrow \xi \leq \frac{B}{f_c} - 1$$

$$\xi_{\max} = 0.388$$

4. Binarni signal $y(t)$ dat je sledećim izrazom:

$$y(t) = \sum_k a_k x(t - kT)$$

U ovom izrazu a_k ima vrijednosti ± 1 , dok je standardni signal $x(t) = \sin^2(\pi t / 2T)$ u intervalu $0 \leq t \leq 2T$ i $x(t) = 0$ van ovog intervala. Konstruisati dijagram oka za dati signal kada se:

- a) $y(t)$ iz svakog intervala $nT \leq t \leq (n+1)T$ translira u interval $0 \leq t \leq T$,
 b) $y(t)$ iz svakog intervala $-T/2 + nT \leq t \leq T/2 + nT$ translira u interval $-T/2 \leq t \leq T/2$.

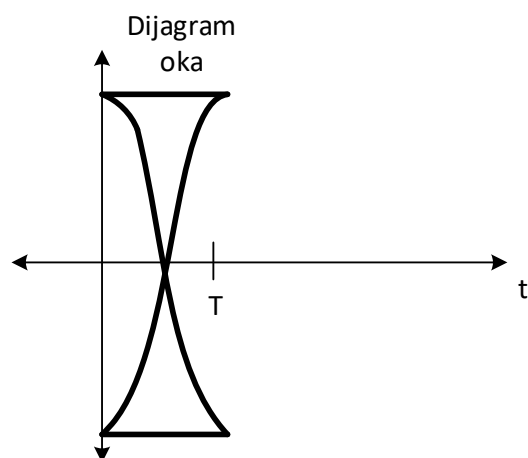
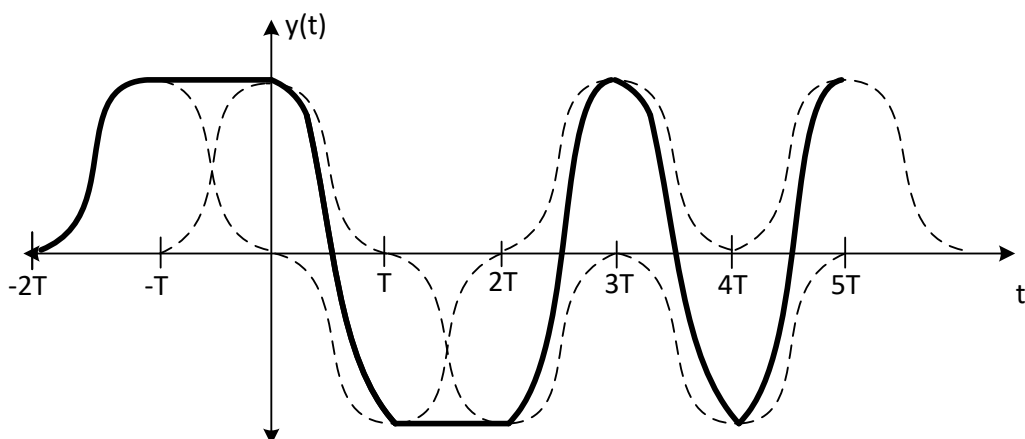
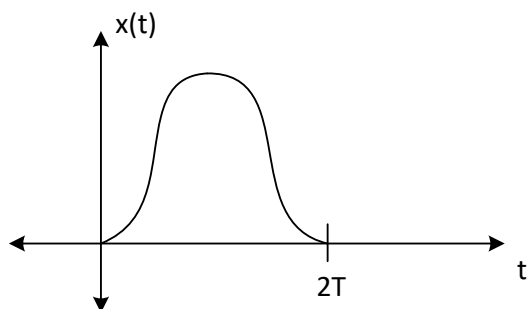
Rešenje:

a)

$$y(t) = \sum_k a_k x(t - kT)$$

$$\frac{2\pi}{T_1} = \frac{\pi}{2T} \Rightarrow T_1 = 4T$$

$$x(t) = \begin{cases} \sin^2(\pi t / 2T), & \text{za } 0 \leq t \leq 2T \\ 0, & \text{za ostalo } t \end{cases}$$



b) Za domaći.