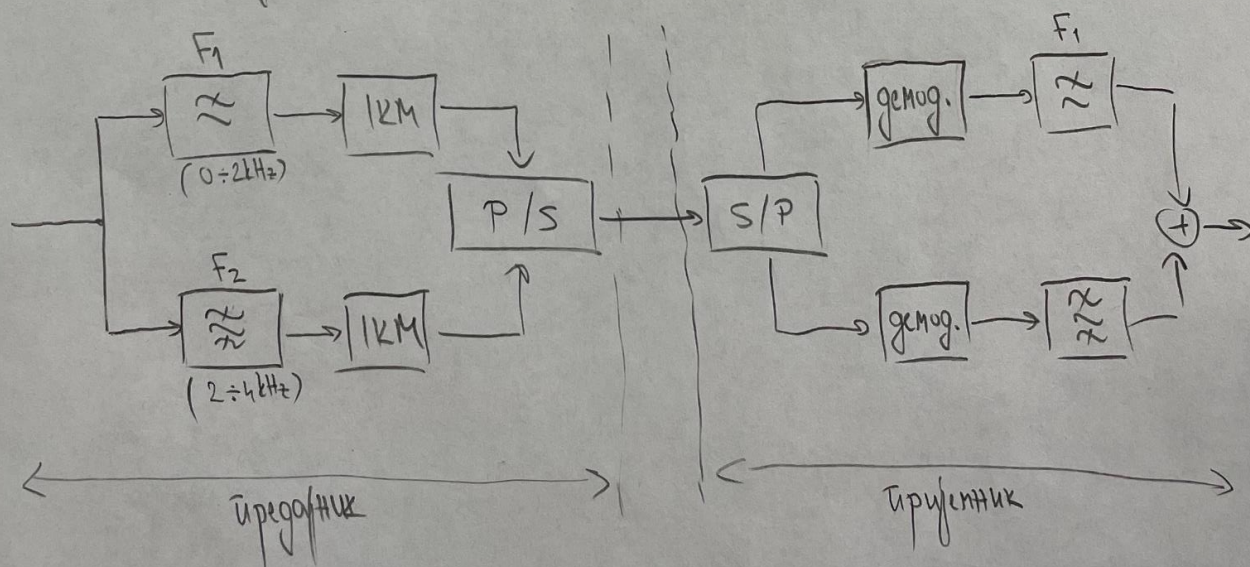


1. На слици је приказана блок шема система за пренос сигнала посредујом ИКМ, у коме је примењена дupleксна структура. Сигнал који се преноси дељен се на два подопсеја, и то од 0 до 2 kHz, и од 2 kHz до 4 kHz. Учесноћности одређивања у оба подопсеја су једнаке и износе $f_0 = 4 \text{ kHz}$. У обе стране примењена је униформна квантизација, и то у тору са n_1 , а у доњој са n_2 бита по одмерку. Проток дигиталног сигнала на линији безе износи $V = 64 \text{ kb/s}$. Однос средњих снага корисног сигнала у тору и доњој страни је $P_1/P_2 = 2^8$. Познато је: $\text{SNR}_1 = 2^{2n_1}$, $\text{SNR}_2 = 2^{2n_2}$. Одредити:

- оптималне бројеве бита n_1 и n_2 , тако да однос сигнал/шум квантизације на излазу из претплатника буде максималан,
- максималну вредност односа сигнал/шум квантизације на излазу из претплатника,
- вредност односа сигнал-шум у класичном систему за ИКМ који би радио са истим бинарним протоком као и модификовани систем.



a) $n_1, n_2 = ?$

$$f_0 = 4 \text{ kHz}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = 2^8$$

$$\mathcal{V} = 64 \text{ kb/s}$$

$$\mathcal{V}_1 = f_0 \cdot n_1$$

$$\mathcal{V}_2 = f_0 \cdot n_2$$

$$\mathcal{V} = \mathcal{V}_1 + \mathcal{V}_2 = f_0 (n_1 + n_2) \Rightarrow n_1 + n_2 = \frac{\mathcal{V}}{f_0} = \frac{64 \text{ kb/s}}{4 \text{ kHz}} = 16 \text{ b}$$

$$\text{SNR}_Q = \frac{P_1 + P_2}{N_1 + N_2} = \frac{P_2 \left(1 + \frac{P_1}{P_2}\right)}{N_2 \left(1 + \frac{N_1}{N_2}\right)} = \underbrace{\left(\frac{P_2}{N_2}\right)}_{2^{2n_2}} \cdot \frac{1 + \underbrace{\left(\frac{P_1}{P_2}\right)}_{2^8}}{1 + \frac{N_1}{N_2}} \cdot 2^8$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\frac{N_1}{P_1} \cdot P_1}{\frac{N_2}{P_2} \cdot P_2} = \underbrace{\left(\frac{P_1}{P_2}\right)}_{2^8} \cdot \frac{\frac{1}{\text{SNR}_1}}{\frac{1}{\text{SNR}_2}} = \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{\text{SNR}_2}{\text{SNR}_1} = \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{2^{2n_2}}{2^{2n_1}}$$

$$\text{SNR}_Q = 2^{2n_2} \frac{1 + 2^8}{1 + 2^8 \cdot 2^{2(n_2 - n_1)}} = 2^{2n_2} \frac{1 + 2^8}{1 + 2^8 \cdot 2^{2(n_2 - 16)}} = 2^{2n_2} \frac{1 + 2^8}{1 + 2^{4n_2 - 24}}$$

$$\frac{d\text{SNR}_Q}{dn_2} = 0 \quad \dots$$

$$\Rightarrow n_2 = 6 \text{ b}, n_1 = 10 \text{ b}$$

8) $\text{SNR}_Q = 526 \text{ 336}$
 $\text{SNR}_Q [\text{dB}] = \underline{\underline{57,21 \text{ dB}}}$

b) $f_0 = 8 \text{ kHz}$

$$n = \frac{\mathcal{V}_b}{f_0} = \frac{64 \text{ kb/s}}{8 \text{ kHz}} = \underline{\underline{8 \text{ b}}}$$

$$\text{SNR}_Q \approx 2^{2n} = 2^{16} = 65536$$

$$\text{SNR}_Q [\text{dB}] \approx 6n = 6 \cdot 8 = \underline{\underline{48 \text{ dB}}}$$

2. У бинарном РСМ сигналу се захтева да изађе однос сигнал/шум квантизације (SNR_q) износи најмање 40 dB. Одредити број захтеваних нивоа и одговарајући SNR_q за синусоиду пуног скала.

$$\Delta = \frac{A - (-A)}{2} = \frac{2A}{2}$$

$$\overline{\Sigma q^2} = \frac{\Delta^2}{12} = \frac{4A^2}{12 \cdot 2} = \frac{A^2}{3 \cdot 2}$$

за синусоиду: $P_s = \frac{A^2}{2}$, $\text{SNR}_q = 10 \log \frac{P_s}{P_q} = 10 \log \frac{\frac{A^2}{2}}{\frac{A^2}{3 \cdot 2}} = 10 \log \frac{3 \cdot 2}{2} =$

$$= 10 \log \frac{3}{2} + 10 \log 2^{2n} = 6n + 1,76 \text{ [dB]}$$

$$\text{SNR}_{q, \min} = 40 \text{ dB}$$

$$10 \log \left(\frac{P_s}{P_q} \right) \geq 40$$

$$\log \frac{P_s}{P_q} \geq 4$$

$$\frac{P_s}{P_q} \geq 10^4 \Rightarrow \left(\frac{P_s}{P_q} \right)_{\min} = 10^4$$

$$\frac{3 \cdot 2^n}{2} \geq 10^4$$

$$2^n \geq \sqrt{\frac{2}{3} \cdot 10^4} = 81,64 \Rightarrow \boxed{2^n_{\min} = 82}$$

$$2^n \leq 2^n \Rightarrow n_{\min} = \lceil \log_2 82 \rceil = \lceil 6,36 \rceil = \boxed{7}$$

$$\text{SNR}_q = 6n + 1,76 = \boxed{43,76 \text{ dB}}$$

3.

Компакт диск (CD) створює з 2 стерео сигналів 16-бітний A/D конвертор, брзином $44,1 \text{ kbps}$, шир. $44,1 \text{ kHz}$.

а) Визначити запаси SNR_a за синусоїду туди скале.

б) Визначити ^{запасу} бітську брзину (bit rate) ако се приликот створює користник податков додатк біти за корекцію грешке, екстракцію пакта и контролни біти кои укунно чине займатье од 100%.

в) Ако CD стими 1h музичкої садржаја, одредити количину шумљених података.

$$\text{а) } \text{SNR}_a = 61 + 1,76 = 6 \cdot 16 + 1,76 = \boxed{97,76 \text{ dB}}$$

(ако добар SNR_a ,
шр. широк динамички
отпај стимава)

$$\text{б) } \underset{\substack{\uparrow \\ \text{стерео}}}{2} \cdot \underset{\substack{\uparrow \\ f_s}}{44,1 \cdot 10^3} \cdot \underset{\substack{\uparrow \\ n}}{16} = 1,411 \frac{\text{Mb}}{\text{s}} \text{ (Mbps)}$$

уз 100% займатье (overhead) излазна бићска брзина је

$$\mathcal{V}_b = 2 \cdot 1,411 \text{ Mbps} = 2,822 \text{ Mbps}$$

$$\text{в) } 1h = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$$

$$J = \mathcal{V}_b \cdot t = 2,822 \cdot 10^6 \frac{\text{b}}{\text{s}} \cdot 3600 \text{ s} = \boxed{10,16 \text{ Gb} \approx 1,27 \text{ GB}}$$

4. За передачу двоичного сигнала по каналу РСМ на расстоянии R бинарный канал со скоростью $V_b = 36 \text{ kb/s}$.

Определить следующие величины:

- частоту модуляции
- число уровней квантизации Q
- число бит по одному
- пропускную способность C в зависимости от частоты f_0

Полная пропускная способность C сигнала $C_{\text{полн}} = 3,4 \text{ kHz}$.

$$f_0 \geq 2f_g = 2 \cdot 3,4 \text{ kHz} = 6,8 \text{ kHz}$$

$$\boxed{f_0 \geq 6,8 \text{ kHz}}$$

$$V_b = n \cdot f_0 \quad (\text{в общем случае } V_b \geq n \cdot f_0)$$

$$36000 \frac{\text{b}}{\text{s}} = n \cdot 6800 \frac{1}{\text{s}}$$

$$n = \frac{36000 \text{ b}}{6800} = 5,3$$

$$\downarrow$$
$$n \leq \frac{V_b}{f_0}$$

$$\Rightarrow \text{условно } \boxed{n=5}$$

$$Q = 2^n = 32$$

$$f_0 = \frac{V_b}{n} = \frac{36000 \frac{\text{b}}{\text{s}}}{5} = 7,2 \text{ kHz}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_0 \in [6,8, 7,2] \text{ kHz}}$$

$$\boxed{n \cdot T_b \leq T_0}$$

$$\boxed{\frac{n}{T_0} \leq \frac{1}{T_b} \Rightarrow n \cdot f_0 \leq V_b}$$

$$V_b = n \cdot f_0$$

$$T_b = \frac{1}{V_b} = \frac{1}{n \cdot f_0} = \frac{1}{5 \cdot 7200} = \frac{1}{36000} \approx 27,77 \mu\text{s}$$