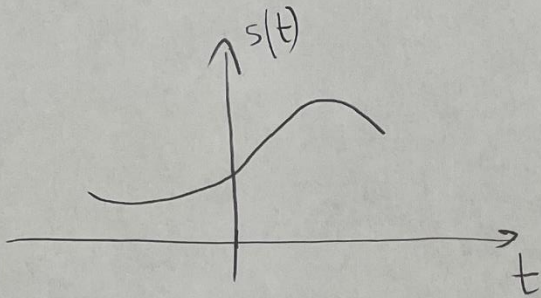
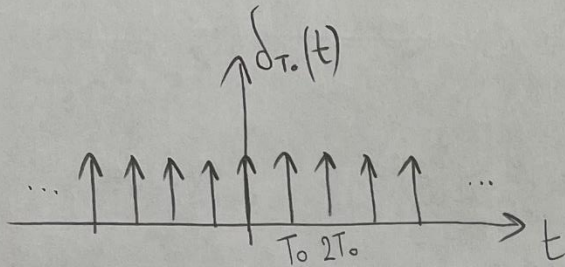
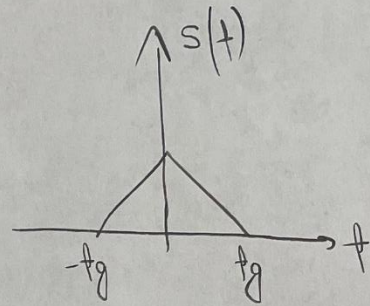


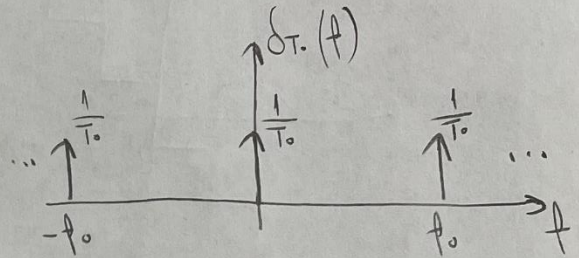
Дискретизација сигнала у времену и по амплитуди



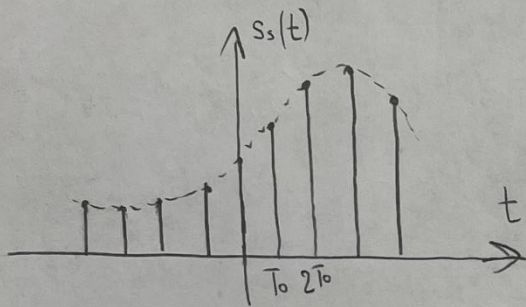
\longleftrightarrow



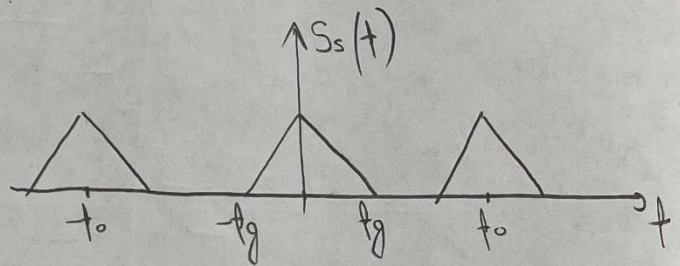
\longleftrightarrow



$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{T_0}$$

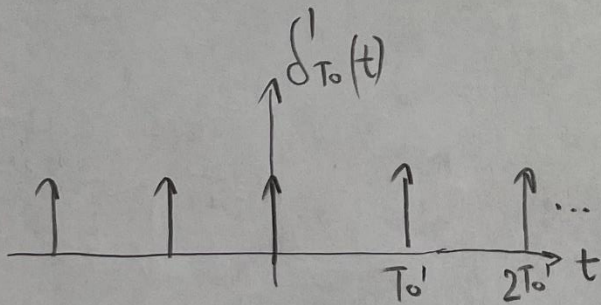


\longleftrightarrow

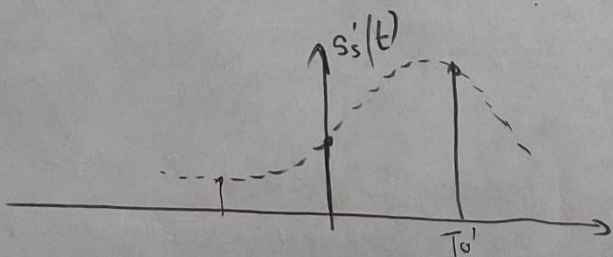
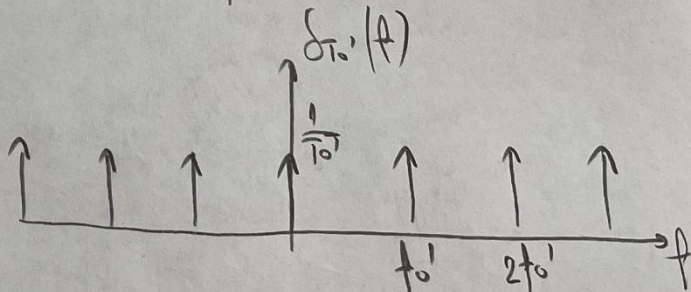


$$f_0 \geq 2f_g$$

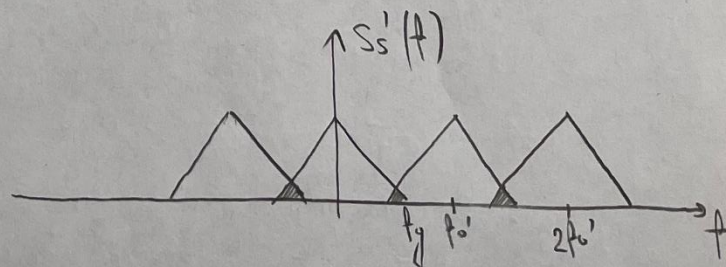
- услов који мора бити испуњен да не дође до преклапања спектра



\longleftrightarrow



\longleftrightarrow



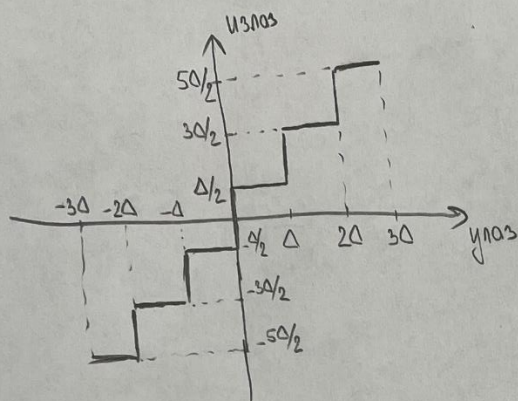
$$T = \frac{1}{2f_g}$$

- Никвистова брзина одмеравања

- дискретизација сигнала по амплитуду - квантовање

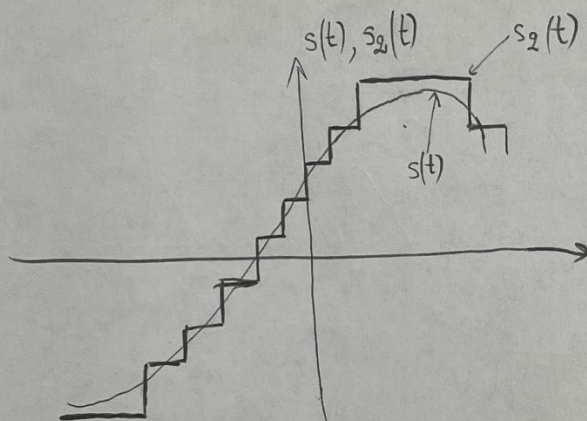
- унитарно квантовање

- претпоставимо да су вредности сигнала $x(t)$ у амплитудском опсегу $\{-x_{\max}, x_{\max}\}$ и да је опсег подељен у Q зона са коракон Δ ,
тада карактеристика квантизера изгледа:



$$\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{Q} = \frac{2x_{\max}}{Q}$$

$Q = 2^n$, n - број бита у којој
ручи дигитални код



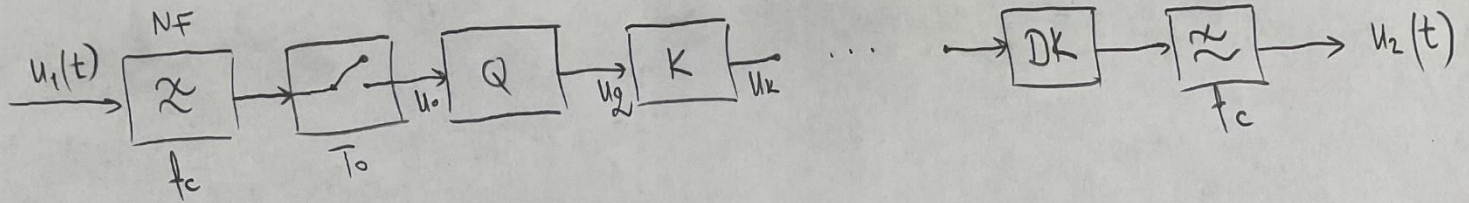
$s_q(t) - s(t) = \xi_q$ - грешка квантовања

- амплитудско квантовање није
реверзибилан процес

$P_{n,q}$ - средња густина шума квантовања

$$P_{n,q} = \overline{\xi_q^2} = \frac{\Delta^2}{12}$$

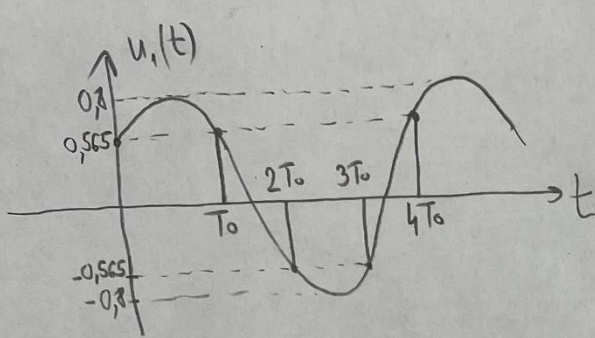
1. На слици је приказана блок шема система за пренос сигнала итпулсног кодног модулатијом. Одмеравање сигнала $u_1(t)$ врши се у тренутцима $t = kT_0$, $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, при чему је $T_0 = 125 \mu s$ периода одмеравања. Амплитуде одмерава сигнала $u_1(t)$ се налазе у интервалу $|u_1(t)| \leq 0,8 V$ и квантују се у унитарном квантизеру са $Q = 8$ квантизационих нивоа. У кодеру K обавља се кодирање квантованих одмерава дигиталним кодом. Ако је $u_1(t) = U \cdot \sin(\omega_m t + \frac{\pi}{4})$, при чему је $U = 0,8 V$, $f_m = 2 kHz$:
- приказати временске облике сигнала на излазу из одмеравања, квантизера Q и кодера K ,
 - пронаћи сигнал на излазу из пријемника и израчунати грешку која се уноси поступком квантовања.



$$u_1(t) = U \cdot \sin\left(\omega_m t + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$T_m = \frac{1}{f_m} = \frac{1}{2 \cdot 10^3} = 500 \mu s = 4 \cdot T_0$$

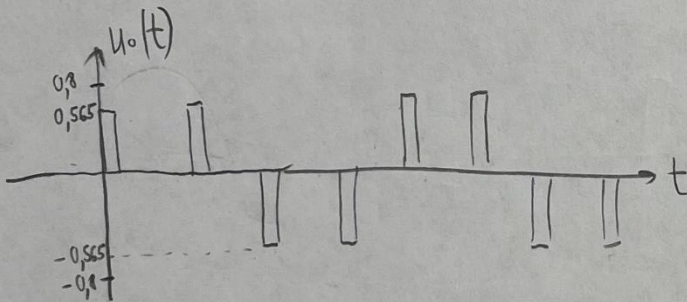
(4 отсчетов в периоде)



$$u_1(0) = U \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 0.8 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.565 \text{ V}$$

$$u_1(T_0) = U \cdot \sin\left(2\pi \frac{f_m}{f_0} + \frac{\pi}{4}\right) = U \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{4}\right) = -U \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = -0.565 \text{ V}$$

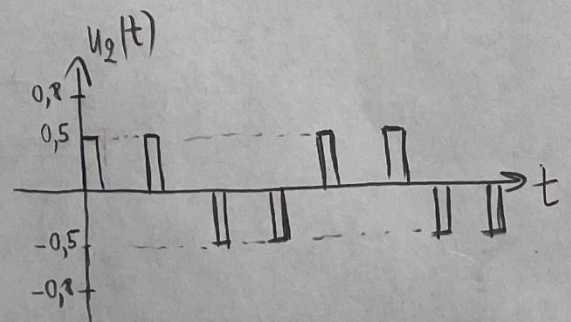
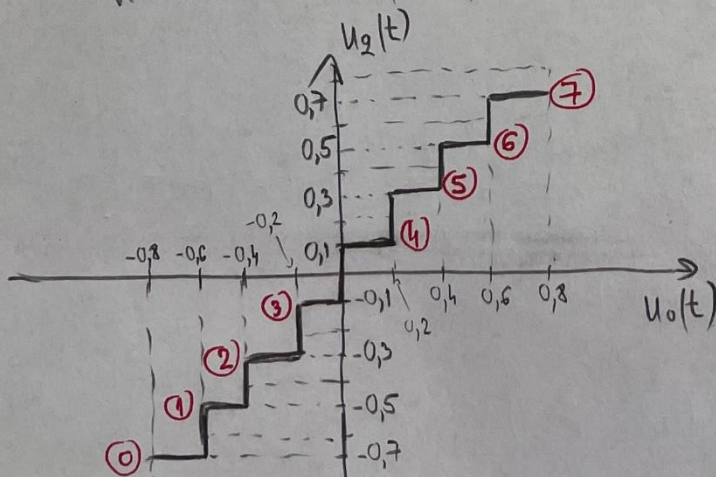
$$u_1(2T_0) = u_1(3T_0) = U \cdot \sin\left(4\pi \frac{f_m}{f_0} + \frac{\pi}{4}\right) = U \cdot \sin\left(\pi + \frac{\pi}{4}\right) = -U \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = -0.565 \text{ V}$$



$$\Delta U = \frac{U - (-U)}{2} = \frac{2U}{2} = \frac{1.6}{8} = 0.2 \text{ V}$$

$$2^n \geq 2, n = ?$$

$$n = n_{\min} = 36 \quad (2^7 = 8)$$



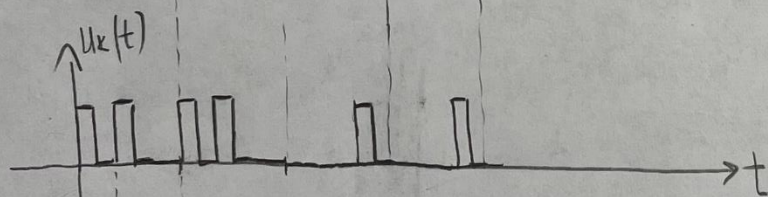
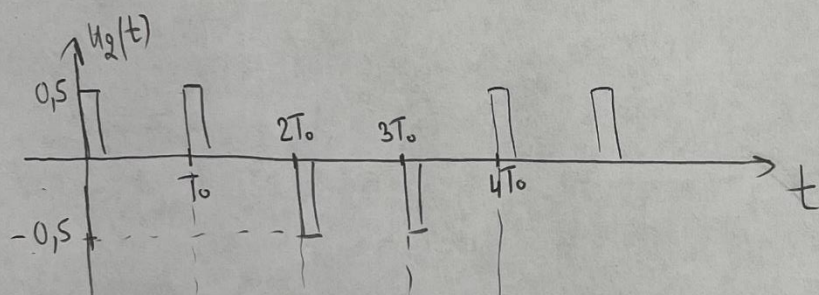
квантизациски ниво	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0	0,2	0,4	0,6	0,8
амплитуда	0	1	2	3	4	5	6	7	
код на риф	000	001	010	011	100	101	110	111	

$$u_2 = \begin{cases} 0,5 \text{ V} & , \text{ за } u_0(0) = u_0(T_0) = 0,565 \text{ V} \\ -0,5 \text{ V} & , \text{ за } u_0(2T_0) = u_0(3T_0) = -0,565 \text{ V} \end{cases}$$

- потоа се урешто вредности $0,5 \text{ [V]}$ пренеси ната бинарна комбинација 110 до следет одмерка, а урешто $-0,5 \text{ [V]}$ се пренесе бити 001 до следет одмерка сигнала

- еквивалентни битски проток на линији безе те бити:

$$\gamma_b = f_0 \cdot n = \frac{1}{T_0} \cdot n = 8 \text{ kHz} \cdot 3 \text{ bit} = \underline{24 \frac{\text{kb}}{\text{s}}}$$



T_b - широчина битов
 T_0

$$\frac{T_0}{T_b} = n$$

$$f_0 = \frac{1}{T_0}, \gamma_b = \frac{1}{T_b}$$

- овде е искористен RZ формат (return to zero)

$$\delta) u_2(t) = U' \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$$

$$u_2(0) = U' \cdot \sin(\frac{\pi}{4}) = 0,5 \Rightarrow U' = \frac{0,5}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707 \leftarrow \text{амплитуда на сигналот}$$

$$u_2(t) = U' \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{4}) = 0,707 \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$$

$$\text{грешка: } \Delta u(t) = (U - U') \sin(\omega t + \frac{\pi}{4}) = (0,8 - 0,707) \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{4}) = 0,093 \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{4})$$

\Rightarrow квантировање е иреверзибилен процес