1) $\text{triangle}\left(4Tf/3 - 4k/3\right) = \text{triangle}\left(\frac{f-\frac{k}{T}}{\frac{3}{4T}}\right)$ (1)

$R_x(f) = T \text{ rep triangle}\left(\frac{f}{\frac{3}{4T}}\right)$

$r_x(kT) = T \cdot \frac{3}{4T} \text{ sinc}^2\left(\frac{3}{4T} \cdot kT\right) = \frac{3}{4} \text{ sinc}^2\left(\frac{3}{4}k\right)$

$3x(kT) - x(kT-T)$ è una v.a. gaussiana con media 0 e varianza

$$E\left[9x^2(kT) + x^2(kT-T) - 6x(kT)x(kT-T)\right]$$

$$= 9r_x(0) + r_x(0) - 6r_x(T) = 10 \cdot \frac{3}{4} - 6\frac{3}{4}\text{sinc}^2\frac{3}{4}$$

$$= \sigma^2$$

Dunque

$$P\left[3x(kT) - x(kT-T) \geq 2\right] = Q\left(\frac{2}{\sigma}\right)$$

2) $P = \binom{5}{3}(1-p)^3 p^2 + \binom{5}{4}(1-p)^4 p + \binom{5}{5}(1-p)^5$

$= 10p^2(1-p)^3 + 5p(1-p)^4 + (1-p)^5$

3) $G(f) = V_0 X(f)$

$X(f) = \mathcal{F}\left[\text{sinc}^4\left(\frac{t}{T}\right)\right]$ ha estensione spettrale $\left[\frac{-4}{2T}, \frac{4}{2T}\right]$ (conv. di 4 tf. con estensione $\left(-\frac{1}{2T}, \frac{1}{2T}\right)$)

②

$$H(f) = h_o \frac{T}{5} \operatorname{rect}\left(\frac{f}{\frac{5}{T}}\right) \quad \text{estensione} \quad \left(-\frac{5}{2T}, \frac{5}{2T}\right)$$

$$L(f) = A_m \frac{T}{4} \operatorname{rect}\left(\frac{f}{\frac{4}{T}}\right) \quad \text{estensione} \quad \left(-\frac{4}{2T}, \frac{4}{2T}\right)$$

$$G(f) \cdot H(f) \cdot L(f) = G(f) \cdot \frac{h_o T^2}{20} \cdot A_m = C(f)$$

$$c(t) = \frac{V_o h_o T^2 A_m}{20} \operatorname{sinc}^4\left(\frac{t}{T}\right)$$

è di Nyquist (si annulla per $t = kT$, $k \neq 0$) con

$$c(0) = V_0' = \frac{V_o h_o T^2 A_m}{20}$$

$$\sigma_n^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} R_o \cdot |H(f)|^2 df = \int_{-\frac{5}{2T}}^{\frac{5}{2T}} R_o \left(\frac{h_o T}{5}\right)^2 df$$

$$= R_o \left(\frac{h_o T}{5}\right)^2 \cdot \frac{5}{T} = \frac{R_o h_o^2 T}{5}$$

$$P_e = \frac{10}{6} Q\left(\frac{V_0'}{\sigma}\right)$$

4) $\Lambda = 10^{\frac{50}{10}} = 10^5 \qquad (A_p)_{dB} = 2 \cdot L \qquad A_p = 10^{-\frac{2L}{10}}$

$$\Lambda = \frac{M_T \cdot A_p}{2 R_o B} \Rightarrow 10^{-\frac{2L}{10}} = \frac{10^5 \, 2 \cdot 10^{-18} \cdot 15 \cdot 10^3}{200}$$

$$L = +5 \log_{10}\left(\frac{200}{10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-18} \cdot 15 \cdot 10^3}\right) = 54.11 \text{ km}$$

5) Su $B_c = 320$ kHz si posso trasmettere $\frac{1}{T} = 320 \cdot 10^3$ simboli/s, ovvero, con una 4-QAM, $640 \cdot 10^3$ bit/s

Per un segnale con banda $B = 20$ kHz, occorre prelevare $40 \cdot 10^3$ campioni/s. Ciascun campione può dunque essere rappresentato con

$$\frac{640 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^3} = 16 \text{ bit}$$

Il rapporto segnale/rumore di quantizzazione è

$\Lambda = L^2 = 2^{32}$ $\qquad (\Lambda)_{dB} \simeq 96 = 16 \cdot 6$ dB