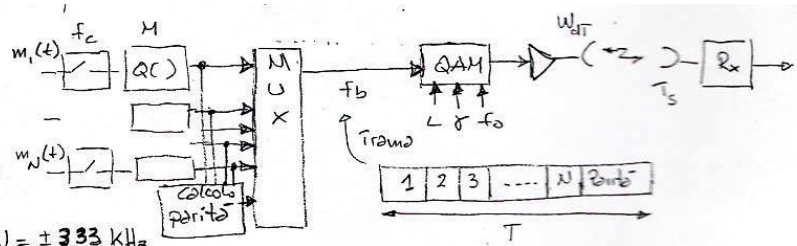


①

Siano date  $N$  sorgenti analogiche che producono ognuna un segnale  $m_i(t)$  con distribuzione di ampiezza uniforme e limitato in banda tra  $\pm W = \pm 3,33$  kHz.



campionato e quantizzato con  $M$  bit/campione. I flussi binari  $f_{b_i}$  sono moltiplicati a divisione di tempo in una trama con  $N+1$  time-slot, l'ultimo dei quali ospita una parola di controllo generata a partire dagli  $M$  flussi. Indicando con  $f_b = 1$  Mbps la velocità binaria complessiva, determinare:

- d.1) la durata  $T$  di una trama
- d.2) IL numero di bit presenti in una trama
- d.3) IL numero di bit/campione qualora si desideri un  $SNR_q$  di 36 dB
- d.4) IL numero  $N_s$  di time-slot in una trama
- d.5) IL numero di sorgenti

Il flusso moltiplicato a velocità  $f_b$  subisce un processo di modulazione QAM ad  $L$  livelli, con impulso di Nyquist a coseno rialzato con  $\gamma$  molto piccolo, centrando il segnale a frequenza  $f_0 = 100$  MHz. Un amplificatore innalza il livello del segnale, che viene trasmesso a potenza  $W_T = 174$  Watt da una antenna di guadagno 10 dB verso un ricevitore con guadagno di antenna nullo, distante 10 km, al cui ingresso è presente una Temperatura di sistema pari a  $T_s = 2,8 \cdot 10^8$  °K. Determinare:

- d.6) La potenza ricevuta
- d.7) La densità di potenza di rumore equivalente in ingresso al ricevitore
- d.8) IL valore di  $E_b/N_0$  al ricevitore
- d.9) IL numero di livelli del modulatore QAM per ottenere una  $P_e$  migliore di  $10^{-6}$
- d.10) la banda occupata a radio frequenza
- d.11) sapendo che la temperatura di antenna è  $T_A = T_0 = 290$  °K, determinare il fattore di rumore del ricevitore
- d.12) Determinare la probabilità che una trama contenga almeno un bit sbagliato

D) Una trama ospita un campione per ogni sorgente, e dunque la sua durata

d.1) deve essere pari al periodo di campionamento:

$$T = T_c = \frac{1}{f_c} = \frac{1}{2\omega} = \frac{1}{3,33 \cdot 10^3 \cdot 2} = 150 \mu\text{Sec}$$

d.2)  $N_b = f_b \cdot T = 10^6 \cdot 150 \cdot 10^{-6} = 150 \text{ bit}$

d.3)  $M = \frac{SNR_Q}{6} = \frac{36}{6} = 6 \text{ bit/campione}$

d.4)  $N_{Ts} = \frac{N_b}{M} = \frac{150}{6} = 25 \text{ time-slot}$

d.5)  $N = N_{Ts} - 1 = 24 \text{ Sorgenti}$

d.6)  $W_R = W_{dr} - \Delta d$  in cui  $\Delta d = 32,4 + 20 \log_{10} f \text{ (MHz)} + 20 \log_{10} d \text{ (km)} - G_T \text{ (dB)} - G_R \text{ (dB)} =$   
 $= 32,4 + 40 + 20 - 10 = 82,4 \text{ dB}$

$10 \log_{10} 174 = 22,4 \text{ dBW}$   
 $\downarrow$   
 $\uparrow$   
 $= 22,4 - 82,4 = -60 \text{ dBW} = -30 \text{ dBm}$

d.7)  $P_N(f) = \frac{N_b}{2} = \frac{1}{2} k T_s = \frac{1}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 2,9 \cdot 10^8 = 2 \cdot 10^{-15} \frac{\text{W}}{\text{Hz}}$

d.8)  $\frac{E_b}{N_0} = \frac{W_R}{f_b} \cdot \frac{1}{2 P_N(f)} = \frac{10^{-6}}{10^6} \cdot \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 10^{-15}} = 250 \Rightarrow 10 \log_{10} 250 \approx 24 \text{ dB}$

d.9) Dai grafici si trova che  $P_e = 10^{-6}$  con  $\frac{E_b}{N_0} = 24 \text{ dB}$  se  $L = 256$

d.10)  $B = \frac{f_b}{2L} (1+\gamma) \approx \frac{10^6}{8} = 125 \text{ KHz}$

d.11) Sappiamo che  $T_s = T_A + T_0 (F-1) = T_0 F$  se  $T_A = T_0$

allora  $F = \frac{T_s}{T_0} = \frac{2,9 \cdot 10^8}{290} = \frac{290 \cdot 10^6}{290} = 10^6 \Rightarrow F_{dB} = 60 \text{ dB}$

d.12)  $P_r \{\text{più di 1 bit errato}\} = 1 - P_2 \{\text{tutti i bit esatti}\} = 1 - (1 - P_e)^{N_b} = 1 - (0,999999)^{150} = 1,5 \cdot 10^{-4}$   
 $= 1 - (1 - P_e)$