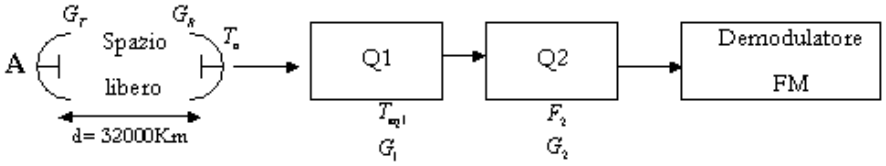
Comunicazioni Elettriche 2003/2004
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni (Nuovo Ordinamento)
Prova Scritta (2h)
5 luglio 2004

Nome ..... Matricola .....

1. Si descriva uno schema di demodulatore FM a scelta tra il discriminatore di frequenza bilanciato, il rilevatore di zero-crossing ed il PLL.

2. Un segnale sinusoidale a frequenza $f_m = 400$ KHz viene modulato con modulazione FM, indice di modulazione $m = 4$ e portante a frequenza $f_0 = 4GHz$. Il segnale così ottenuto viene inviato ad un sistema di trasmissione (figura 1) che collega due stazioni distanti tra loro 32000 Km, caratterizzato da temperatura d'antenna $T_a = 14K$ e da guadagno d' antenna in trasmissione e ricezione rispettivamente uguali a $G_T = 50dB$ e $G_R = 20dB$. Nella stazione di ricezione, il segnale viene inviato ad una cascata di amplificatori e quindi



al demodulatore FM. Fatte le seguenti ipotesi:

- Il quadripolo Q_1 è caratterizzato da temperatura equivalente $T_{e1} = 4K$ e guadagno $G_1 = 50dB$;
- Il quadripolo Q_2 è caratterizzato da cifra di rumore $F_2 = 25dB$ (riferita alla temperatura $T_0 = 290K$) e guadagno $G_2 = 30dB$;
- La banda equivalente di rumore della cascata di quadripoli è pari a quella del segnale modulato FM.

si calcolino:

(a) la temperatura equivalente della cascata di quadripoli;

(b) la potenza in trasmissione (calcolata nel punto A) necessaria per garantire un rapporto segnale-rumore in ingresso al demodulatore pari a $10dB$.

3. In un sistema di trasmissione numerico sono note l'energia per bit, $E_b = 10^{-22}$, e la densità spettrale di potenza monolatera di rumore AWGN, $N_0 = 10^{-23}[W]/[Hz]$. La modulazione utilizzata è costituita da 4 segnali equiprobabili la cui rappresentazione vettoriale nello spazio bidimensionale S è:

$$\underline{s_1} = (2\sqrt{E_b}, \sqrt{E_b})$$

$$\underline{s_2} = (2\sqrt{E_b}, -\sqrt{E_b})$$

$$\underline{s_3} = (-2\sqrt{E_b}, \sqrt{E_b})$$

$$\underline{s_4} = (-2\sqrt{E_b}, -\sqrt{E_b})$$

- Determinare le regioni di decisione utilizzando il criterio MAP;
- Calcolare la probabilità di errore per simbolo, P_e, considerando le componenti di rumore nello spazio S statisticamente indipendenti, $Prob(n_1; n_2) = Prob(n_1)Prob(n_2)$.
  (*Suggerimento: si esprima la probabilità di errore condizionata in funzione della probabilità di corretta ricezione condizionata secondo la relazione* $P_{e/s_i} = 1 - P_{c/s_i}$)
  (*Si utilizzi per il calcolo di Q(x) l'approssimazione Q(x)*$\cong \frac{1}{\sqrt{2\pi}x} e^{-\frac{x^2}{2}}$)