



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni  
**COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 13/01/17**

1) In un collegamento radio digitale con formato QPSK, l'equivalente in banda base del segnale trasmesso è

$$s(t) = \sum_i c_i g_T(t - iT)$$

dove i simboli  $c_i$  sono indipendenti ed equiprobabili e dove

$$G_T(f) = \sqrt{\frac{T}{2}} \text{sinc}(fT)$$

Il canale di comunicazione ha risposta in frequenza

$$C(f) = 1 + \frac{\rho}{\sqrt{2}} e^{-j(6\pi fT + \varphi)}$$

con  $\rho$  parametro reale, e introduce rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza pari a  $N_0/2$ . Il filtro di ricezione ha poi risposta impulsiva pari a

$$G_R(f) = 2\sqrt{T} \text{sinc}(fT)$$

e la decisione sul simbolo  $c_i$  viene presa secondo la strategia a massima verosimiglianza.

i) Dimensionare un equalizzatore ZF ad infinite prese che riceva in ingresso i campioni in uscita dal filtro di ricezione.

ii) Calcolare la probabilità di errore del sistema equalizzato in funzione di del rapporto  $E_s/N_0$  (essendo  $E_s$  l'energia media del simbolo ricevuto).

2) Un codice a protezione d'errore a blocco sistematico di tipo (5, 3) contiene le parole di codice

$$\mathbf{a}_1 = [1\ 0\ 0\ 1\ 0], \mathbf{a}_2 = [0\ 1\ 1\ 1\ 1] \text{ e } \mathbf{a}_3 = [1\ 0\ 1\ 1\ 0]$$

i) A partire da questa informazione, determinare la matrice generatrice  $\mathbf{G}$  e quella di controllo di parità  $\mathbf{H}$  del codice;

ii) Nell'ipotesi in cui la stima dei simboli trasmessi avvenga mediante decodifica a sindrome, calcolare il peso massimo degli errori che il codice è in grado di rivelare.

3) In un collegamento wireless digitale viene adottata una tecnologia OFDM con  $N = 128$  sottoportanti di cui  $N_v = 16$  virtuali, costellazione BPSK. Il prefisso ciclico è composto da 16 campioni. Nell'ipotesi in cui l'energia media ricevuta per simbolo OFDM è pari a  $E_{OFDM} = 2 \times 10^{-11}$  J, determinare la probabilità di errore sui bit di informazione, sapendo che il canale di trasmissione introduce solo rumore Gaussiano bianco con densità spettrale di potenza  $N_0/2 = 2.28 \cdot 10^{-14}$  W/Hz.

4) In una rete cellulare HSUPA con tecnologia DS/SS CDMA, il formato di modulazione è 8PSK con fattore di spreading  $M = 128$  e il tempo di chip è  $R_c = 3.84$  Mchip/s. Trascurando il rumore termico e ritenendo l'interferenza all'interno della cella Gaussiana, determinare la probabilità di errore quando il numero di utenti attivi è pari a  $U = 8$ , sapendo che un quarto degli utenti della cella sono ricevuti con una potenza 6 dB superiore a quella degli altri.

*Questo stesso testo si può trovare, insieme con gli altri temi d'esame di Comunicazioni Digitali sul sito Internet*

<http://www.iet.unipi.it/m.luise/>

<http://www.iet.unipi.it/l.sanguinetti/>