



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni  
**COMUNICAZIONI DIGITALI - Prova scritta d'esame del 19/07/17**

---

1) In un demodulatore dati QPSK i campioni in uscita dal filtro ricezione al tempo  $t = kT$  sono pari a

$$x(k) = c_k + \frac{1}{4}c_{k-1} + w(k)$$

dove  $c_k$  è il simbolo QPSK trasmesso al tempo  $kT$  mentre  $w(k)$  è una variabile aleatoria Gaussiana complessa a media nulla e varianza  $2N_0$ . I campioni  $x(k)$  sono inviati in ingresso ad un equalizzatore a spaziatrice intera ad infinite prese.

i) Dimensionare le prese dell'equalizzatore secondo il criterio zero-forcing.

ii) Calcolare la probabilità di errore sui campioni in uscita dall'equalizzatore.

2) Un collegamento wireless digitale opera su una banda  $B$  di 10 MHz e adotta una tecnologia OFDM con  $N = 1024$  sottoportanti di cui  $N_v = 64$  virtuali, costellazione BPSK e codice di canale convoluzionale con tasso  $r = 1/4$  e constraint length  $K = 7$ . Il prefisso ciclico è composto da 32 campioni.

i) Nell'ipotesi in cui l'energia media ricevuta per simbolo OFDM sia pari a  $E_{OFDM} = 2 \times 10^{-11}$  J, determinare la probabilità di errore sui bit di informazione in uscita dal decodificatore di Viterbi con ingresso soft, 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.

ii) Determinare il tempo necessario a trasmettere 32 frame video di 1920x1080 pixel, nell'ipotesi in cui per trasmettere un pixel siano impiegati 24 bit.

3) In una rete cellulare UMTS i terminali mobili impiegano nel collegamento uplink una modulazione QPSK e codici di spreading di lunghezza  $M = 128$ . Il numero di utenti attivi su tutta la cella è pari a  $U = 32$  e il raggio della cella è 500 m. Il controllo di potenza fa sì che l'energia per simbolo ricevuta alla stazione radio base sia la medesima per tutti gli utenti. Trascurando il rumore termico, modellando l'interferenza da accesso multiplo come una variabile aleatoria Gaussiana, e ipotizzando

che gli utenti siano uniformemente distribuiti nell'area di copertura, determinare il raggio della cella tale per cui la probabilità di errore risulti la stessa che si otterrebbe in una rete TDMA con tecnologia 4-QAM e con  $E_b/N_0 = 6$  dB.

---

*Questo stesso testo si può trovare, insieme con gli altri temi d'esame di Comunicazione Digitale, sui siti Internet*

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

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