

## Esercizio 7

Una trasmissione numerica con una bit rate di 2 Mbps viene effettuata in banda base con una tecnica di trasmissione PAM con simboli a più livelli ( $L$ ) Osservando

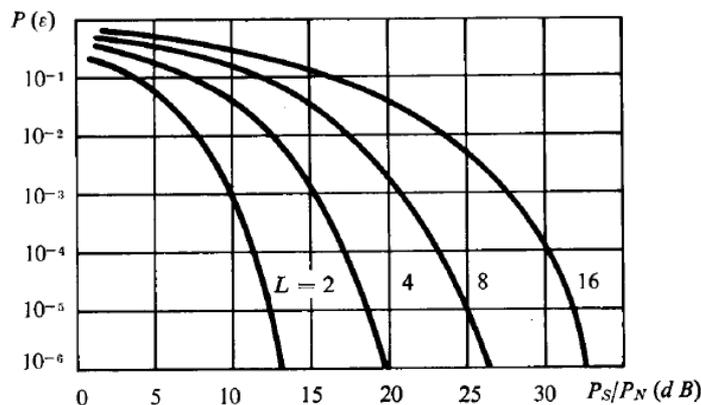
le curve probabilità di errore- rapporto  $P_S/P_N$  riportate in figura

( $P_S$  è la potenza di segnale all'ingresso del ricevitore,  $P_N$  è la potenza di rumore nella banda di Nyquist  $B_N$ )

a) Determinare la banda di Nyquist per i diversi casi indicati e valutare l'andamento della potenza  $P_s$  e della  $P_N$  in corrispondenza di  $P(\epsilon) = 10^{-5}$

b) Perché Tenendo fisso il valore di  $P_S/P_N$  e aumentando il numero di livelli il tasso di errore peggiora?

c) Solo per la laurea quinquennale :Si vuole ottenere un tasso di errore migliore o pari a  $10^{-5}$ . Non potendo superare la potenza di  $P_S = -95$  dBm quale numero di livelli è più conveniente e perchè?



Probabilità di errore  $P(\epsilon)$  per sistemi PAM con  $L$  livelli.

Dalla conoscenza della Bit Rate ( $R_b$ ) si determina in base alla modulazione la Symbol Rate ( $R_s$ ) in Sps (Simboli al secondo o Baud). In numerico si chiama modulazione anche l'operazione che fa passare dalla sequenza di bit alla sequenza di forme d'onda da trasmettere anche nelle trasmissioni in banda base.

La banda di Nyquist  $B_N$  è pari alla metà della  $R_s$  e corrisponde alla banda minima necessaria per poter trasmettere le forme d'onda (simboli) senza interferenza intersimbolo.

$P_S$  è la potenza di segnale all'ingresso del ricevitore,  
 $P_N$  è la potenza di rumore in ingresso (non è compreso il contributo del ricevitore) nella banda di Nyquist  $B_N$

In una trasmissione di tipo PAM l'aumento di livelli di trasmissione comporta una riduzione della banda e quindi del rumore, ma crescendo ugualmente il rapporto  $P_S/P_N$  (come si deduce dalla figura)  $P_S$  sarà crescente (si osservi la tabella dei valori)

Tenendo fisso il valore di  $P_S/P_N$  e aumentando il numero di livelli il tasso di errore peggiora rapidamente perché diminuendo la banda diminuisce la potenza di rumore e quindi anche la potenza di segnale, se si vuole costante il loro rapporto; non varia la distribuzione statistica della ampiezze di rumore mentre gli intervalli di soglia si riducono.

Se  $R_b = 2\text{Mbps}$  la symbol rate  $R_s$  (simboli al secondo) sarà diversa a seconda del numero di livelli della PAM e quindi anche la potenza di rumore  $P_N$  essendo diversa la banda utile ( $B_N$ )

$$P_{N \text{ dBm}} = kT_0 + 10 \log B_N = -174 + 10 \log B_N \quad (\text{dBm})$$

$$P_S = \rho P_N \quad P_{S \text{ dBm}} = \rho_{\text{dB}} + P_{N \text{ dBm}}$$

| L  | $R_s$<br>(MSps) | $B_N = R_s/2$<br>(MHz) | $P_N$<br>dBm             | $\rho = P_S/P_N$ | $P_S$<br>dBm |
|----|-----------------|------------------------|--------------------------|------------------|--------------|
| 2  | 2               | 1                      | $-174 + 60 = -114$       | 12               | -102         |
| 4  | 1               | 0.5                    | $-174 + 56.98 = -117.02$ | 18               | -99.02       |
| 8  | 0.666           | 0.333                  | $-174 + 55.18 = -118.82$ | 25               | -93.82       |
| 16 | 0.5             | 0.25                   | $-174 + 53.97 = -120.03$ | 32               | -88          |

Se non si deve superare la potenza di  $-95 \text{ dBm}$  si deve scegliere fra la 2 e la 4 livelli

Il criterio di scelta dipende dalla risorsa più critica Se questa è la banda Si sceglierà la 4 livelli se invece è la potenza si sceglierà la 2PAM