



Marco Listanti

Esercizi 4

Strato Fisico



Esercizio 1

- Si consideri un segnale che viene trasmesso su un mezzo trasmissivo alla potenza P_T ; lo stesso segnale viene ricevuto a potenza $P_R = P_T/2$. Calcolare l'attenuazione A (in dB) subita dal segnale

- Si ha

$$P_R = \frac{1}{2} P_T$$

- da cui

$$\begin{aligned} A_{dB} &= 10 \cdot \log_{10} \frac{P_R}{P_T} = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_T}{2} - 10 \cdot \log_{10} P_T = \\ &= 10 \cdot \log_{10} \frac{P_T}{2} - 10 \cdot \log_{10} 2 - 10 \cdot \log_{10} P_T = -10 \cdot 0.3 = -3 \text{ dB} \end{aligned}$$



Esercizio 1a (1)

- Si consideri un segnale che viene trasmesso su un mezzo trasmissivo alla potenza P_T ; lo stesso segnale viene ricevuto a potenza $P_R = P_T/n$. Calcolare l'attenuazione A (in dB) subita dal segnale e disegnare la curva di attenuazione al variare di n

- si ha

$$P_R = \frac{1}{n} P_T$$

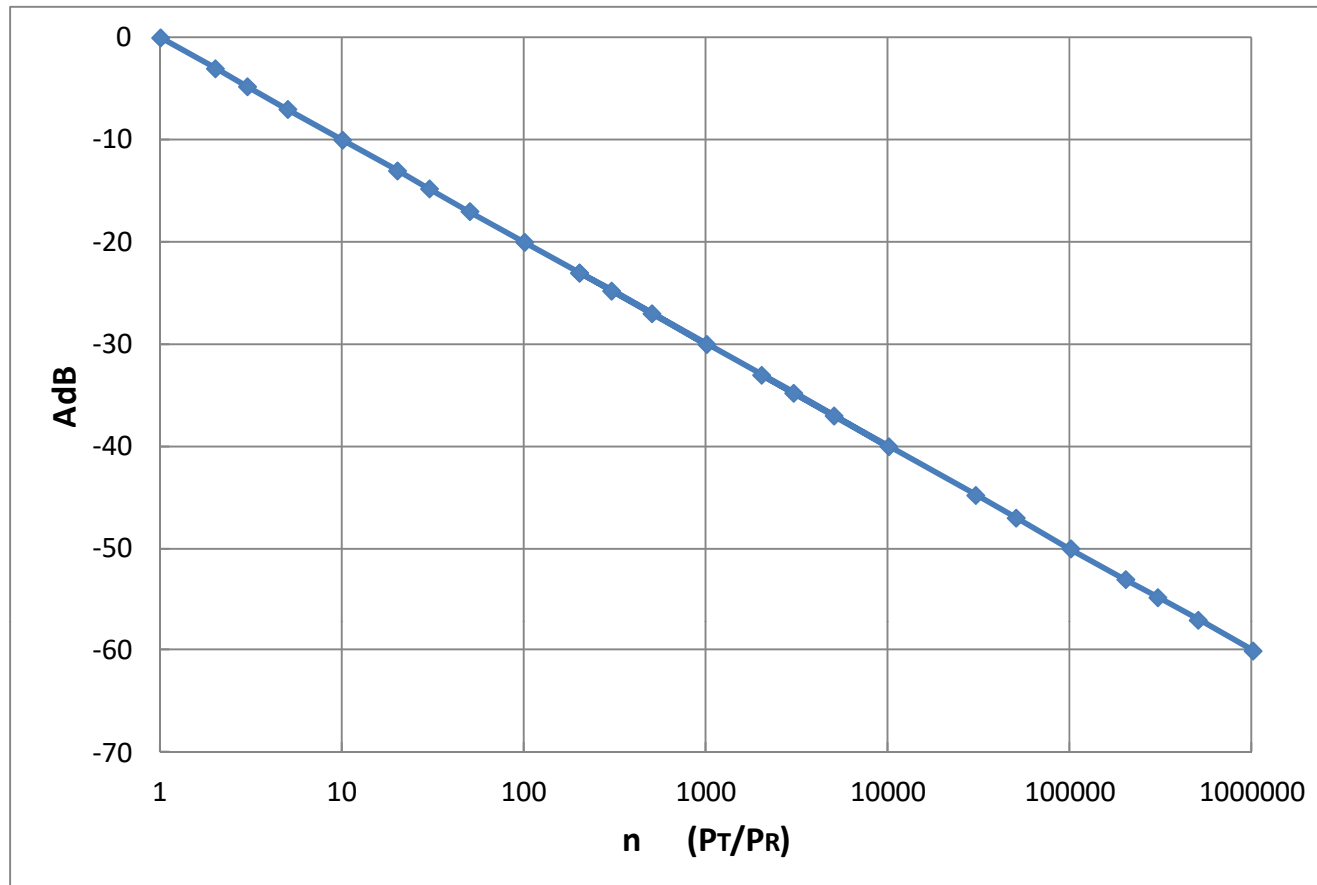
- da cui dall'esercizio precedente

$$A_{\text{dB}} = -10 \cdot \log_{10} n$$



Esercizio 1a (2)

■ Andamento dell'attenuazione A_{dB} al variare di n





Esercizio 2

- La potenza di un segnale è $P_s = 10 \text{ mW}$ e la potenza di rumore è $P_n = 1 \text{ } \mu\text{W}$.
Si determini:
 - a) il rapporto segnale rumore in potenza (SNR)
 - b) il rapporto segnale rumore espresso in dB (SNR_{dB})

■ Si ha

$$\text{SNR} = \frac{P_s}{P_n} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{10^{-6}} = 10000$$

■ e

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_s}{P_n} = 10 \cdot \log_{10} 10000 = 40 \text{ dB}$$



Esercizio 3

- Si consideri un canale di comunicazione di larghezza di banda $W_c = 3$ kHz. Il rapporto segnale rumore è $SNR_{dB} = 35$ dB. Determinare la capacità massima C del segnale compatibile con il canale

- si applica il teorema di Shannon

$$C = W_c \cdot \log_2(1 + SNR)$$

- poiché

$$SNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10} SNR \Rightarrow SNR = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} \Rightarrow SNR = 3162$$

- si ha

$$C = 3 \cdot \log_2(1 + 3162) = 34.88 \text{ kbit / s}$$



Esercizio 4 (1)

- Si vuole effettuare la trasmissione di un segnale ad un bit rate $C=265$ kbit/s su un canale con banda $W_c=20$ KHz a rumore nullo. Calcolare:
 - a) il numero minimo L di livelli per impulso necessari per ottenere il bit rate C
 - b) il numero b di bit trasmessi per ogni impulso
 - in base al teorema di Nyquist

$$C = 2 \cdot W_c \cdot \log_2 L$$

- quindi

$$265 = 2 \cdot 20 \cdot \log_2 L \Rightarrow L = 2^{\frac{265}{40}} \Rightarrow L = 98.7 \text{ livelli}$$



Esercizio 4 (2)

- Poiché il numero di livelli deve essere una potenza di 2 occorre prevedere un numero di livelli effettivo uguale alla prima potenza di 2 superiore a 98.7
- Quindi

$$L = 128 \text{ livelli}$$

- da cui

$$b = \log_2 128 \Rightarrow b = 7 \text{ bit}$$



Esercizio 5

- Si consideri un canale con banda $W_c = 1$ MHz con $SNR = 63$. Calcolare:
 - a) il valore massimo C del bit rate utilizzabile;
 - b) il numero di livelli L per impulso che è necessario utilizzare

- Applicando il teorema di Shannon si ha

$$C = W_c \cdot \log_2(1 + SNR) = 10^6 \cdot \log_2(64) = 6 \text{ Mbit / s}$$

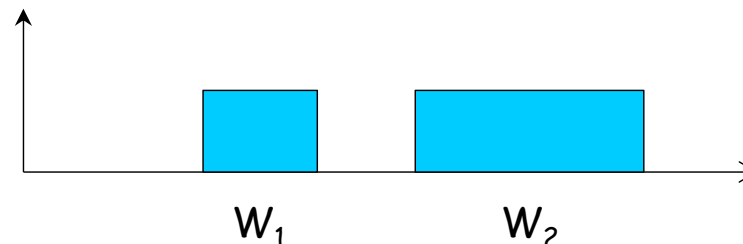
- E' bene utilizzare un bit rate inferiore rispetto al massimo (es. $C = 4$ Mbit/s) da cui

$$C = 2 \cdot W_c \cdot \log_2 L \Rightarrow 4 = 2 \cdot \log_2 L \Rightarrow L = 4 \text{ livelli}$$



Esercizio 6 (1)

- Si consideri un sistema di trasmissione radio in banda traslata di tipo FDM che utilizza due canali di banda $W_1 = 5 \text{ MHz}$ e $W_2 = 10 \text{ MHz}$ rispettivamente
- Ipotizzando di utilizzare nella prima banda una modulazione 4-QAM e una modulazione 16-QAM sulla seconda banda si chiede di calcolare le capacità C_1 e C_2 disponibili su i due canali
 - Lo schema di multiplazione è il seguente





Esercizio 6 (2)

- La modulazione 4-QAM prevede la trasmissione di 2 bit per impulso ($L_1=4$)
- La modulazione 16-QAM prevede la trasmissione di 4 bit per impulso ($L_2=16$)
- quindi

$$C_1 = W_1 \cdot \log_2 L_1 \Rightarrow C_1 = 5 \cdot 2 \Rightarrow C_1 = 10 \text{ Mbit / s}$$

$$C_2 = W_2 \cdot \log_2 L_2 \Rightarrow C_2 = 10 \cdot 4 \Rightarrow C_2 = 40 \text{ Mbit / s}$$



Esercizio 7 (1)

- Un brano musicale della durata $T=12$ sec viene campionata con una frequenza di campionamento di $F_c=44100$ Hz e ciascun campione rappresentato con una parola di lunghezza $L=16$ bit
- Si vuole trasferire questo file su un canale con banda $W_c=1.5$ MHz con un ritardo di trasferimento inferiore a $D=4$ sec
- Si chiede di determinare il formato di modulazione numerica (con il minimo numero di livelli) che può essere utilizzato



Esercizio 7 (2)

- Il file codificato del brano musicale avrà una lunghezza B uguale a

$$B = T \cdot F_c \cdot L = 12 \cdot 44100 \cdot 16 = 8.467.200 \text{ bit}$$

- Per poter trasmettere il file con un ritardo inferiore a $D=4$ sec, il bit rate in trasmissione C deve essere

$$C \geq \frac{B}{D} = 2.116.800 \text{ bit / s}$$

- Il numero minimo M di livelli da utilizzare in trasmissione si ricava dal teorema di Nyquist

$$C = 2 \cdot W_c \cdot \log_2 M \Rightarrow \log_2 M = \frac{C}{2 \cdot W_c} = 1.6$$

- Per avere 2 bit per impulso quindi è sufficiente utilizzare una modulazione 4-QAM



Esercizio 8 (1)

- Dato un canale trasmissivo la cui banda si estende da 3 a 4 MHz, ed il cui rapporto segnale/rumore sia $SNR_{dB}=24$ dB, calcolare la massima capacità trasmissiva C del canale
 - Il valore dell'SNR in potenza è dato da
$$SNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10} SNR \Rightarrow SNR = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} \Rightarrow SNR = 251$$
 - Poiché la larghezza di banda del canale è $W_c=1$ MHz, In base al teorema di Shannon

$$C = W_c \cdot \log_2(1 + SNR) = 10^6 \cdot \log_2(252) = 7.97 \text{ Mbit / s} \cong 8 \text{ Mbit / s}$$



Esercizio 8 (2)

- Qual è il numero di bit B che dovrebbero essere trasmessi per ogni impulso per ottenere un bit rate pari alla capacità trasmissiva massima
 - In base al teorema di Nyquist

$$C = 2 \cdot W_c \cdot B \quad \Rightarrow \quad B = \frac{C}{2 \cdot W_c} = \frac{8}{2} = 4 \text{ bit}$$