

Sessione ordinaria 2007

## Seconda prova scritta

M049 - ESAME DI STATO DI ISTITUTO PROFESSIONALE

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: TECNICO DELLE INDUSTRIE ELETTRONICHE

Tema di: ELETTRONICA, TELECOMUNICAZIONI ED APPLICAZIONI

Si vuole trasmettere un segnale audio con banda 15 kHz su un supporto fisico avente banda 1 MHz. Il segnale audio modula in AM, in FM, in PCM opportune portanti.

Nel caso della AM:

- ✚ Indicare quanti canali teoricamente potrebbero essere allocati in FDM
- ✚ Calcolare la potenza totale di ogni canale modulato sapendo che l'indice di modulazione è  $m_a = 0.5$  e la potenza associata ad una banda laterale vale 10 W
- ✚ Determinare l'ampiezza della portante se il modulatore è chiuso su un carico resistivo pari a  $75 \Omega$

Nel caso della FM:

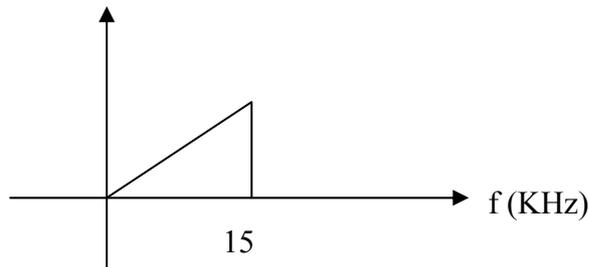
- ✚ Indicare quanti canali teoricamente potrebbero essere allocati in FDM, sapendo che l'indice di modulazione vale  $m_f = 6$
- ✚ Confrontare le due modulazioni in relazione al rapporto S/N.

Nel caso del PCM:

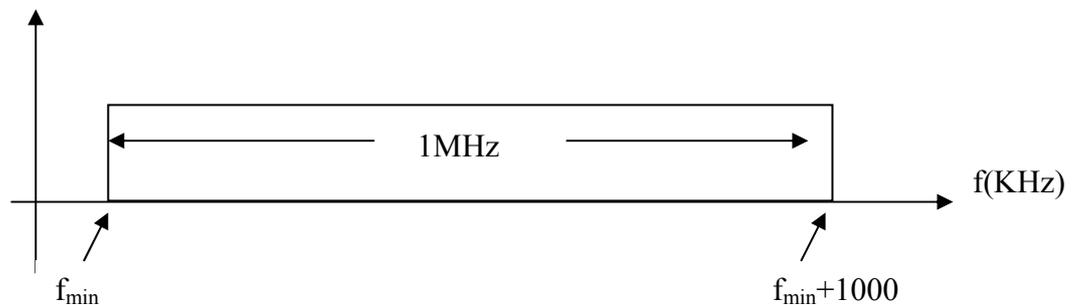
- ✚ Determinare la frequenza di campionamento con un margine del 10% rispetto alla frequenza di Nyquist
- ✚ Determinare il numero di bit di codifica necessari per ottenere un rapporto S/N = 50 dB
- ✚ Determinare la velocità di trasmissione.

## SOLUZIONE PROPOSTA

Caratteristiche del segnale modulante (spettro)



Larghezza di banda del mezzo di trasmissione

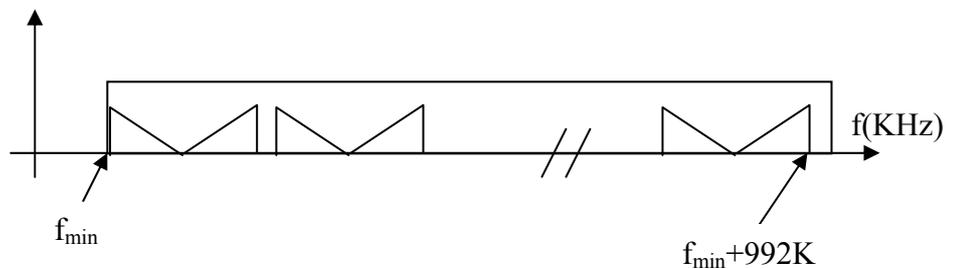


**AM**

**PUNTO 1:**

Sapendo che  $B_{AM} = 2f_{\max} = 30$  KHz, ipotizzando di lasciare un'interbanda di 1KHz tra canali adiacenti si ha:

$$N = \frac{1000K}{31K} = 32,2 \Rightarrow 32 \text{ canali}$$



**PUNTO 2:**

$$P_{BLS} = P_p \cdot \frac{m_a^2}{4} \Rightarrow P_p = 4 \cdot \frac{P_{BLS}}{m_a^2} = 4 \frac{10W}{0,25} = 160W$$

$$P_t = P_p \left( 1 + \frac{m_a^2}{2} \right) = 160W (1 + 0,125) = 180W$$

**PUNTO 3:**

$$P_p = \frac{V_p^2}{2 \cdot R} \Rightarrow V_p = \sqrt{P_p \cdot 2 \cdot R} = \sqrt{160 \cdot 150} \approx 155V$$

## FM

### PUNTO 1:

Una stima della banda del segnale FM si può ottenere con la relazione di Carson :

$$B_{FM} = 2f_{\max}(m_f + 1) = 210K$$

da cui si ottiene

$$N = \frac{1000K}{210K} = 4,76 \Rightarrow 4 \text{ canali}$$

### PUNTO 2:

Si ricorda che a parità di S/N all'ingresso dei singoli modulatori (AM-FM), si ottengono i seguenti S/N all'uscita:

**AM:**  $\left(\frac{S}{N}\right)_I \longrightarrow \boxed{\text{AM}} \longrightarrow \left(\frac{S}{N}\right)_{U-AM} = m_a^2 \left(\frac{S}{N}\right)_I$

**FM:**  $\left(\frac{S}{N}\right)_I \longrightarrow \boxed{\text{FM}} \longrightarrow \left(\frac{S}{N}\right)_{U-FM} = 3m_f^2 \left(\frac{S}{N}\right)_I$

da cui si ricava:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{U-FM} = 3 \frac{m_f^2}{m_a^2} \left(\frac{S}{N}\right)_{U-AM} = 432 \bullet \left(\frac{S}{N}\right)_{U-AM}$$

### OSSERVAZIONI

#### AM

S/N minore rispetto alla FM

Banda Minore rispetto alla FM → maggior numero di canali, a parità di banda del mezzo di trasmissione, nella tecnica FDM rispetto alla FM

#### FM

S/N maggiore rispetto alla AM

Banda Maggiore rispetto alla FM → minor numero di canali, a parità di banda del mezzo di trasmissione, nella tecnica FDM rispetto alla AM

## PCM

### PUNTO 1:

Sapendo che  $f_N = 2f_{max} = 30\text{KHz}$  (frequenza di Nyquist) si ha:

$$f_c = f_N + 10\%f_N = (30+3) \text{ KHz} = 33 \text{ KHz}$$

### PUNTO 2:

Supponendo  $V_M$  l'ampiezza massima del segnale modulante di tipo sinusoidale si ha:

$$S = \frac{V_M^2}{2R} \dots\dots\dots N_q = \frac{\Delta V^2}{12R} = \frac{\left(\frac{2 \cdot V_M}{2^n}\right)^2}{12R}$$

da cui

$$\frac{S}{N_q} = \frac{\frac{V_M^2}{2R}}{\frac{\left(\frac{2 \cdot V_M}{2^n}\right)^2}{12R}} = (2^{n-1})^2 \cdot 6 \Rightarrow (2^{n-1})^2 \cdot 6 \geq 10^{\frac{50}{10}} \Rightarrow (2^{n-1}) \geq \sqrt{\frac{10^5}{6}} \Rightarrow (2^{n-1}) \geq 129 \Rightarrow n \geq 8,01$$

[NOTA

la relazione precedente è equivalente alla seguente:  $n \geq \frac{1}{6,02} (SNR_{dB} - 1,76)$ ]

Si utilizza un convertitore A/D a 12 bit seguito da un compressore numerico 12/8 bit per ridurre la velocità di trasmissione e limitare l'occupazione di banda del segnale PCM.

### PUNTO 3:

*Senza compressore*

$$V_{TX} = nf_c = 12 \cdot 33\text{KHz} = 396\text{Kbps}$$

$$B_{PCM} \approx \frac{3}{4}nf_c = \frac{3}{4} \cdot 12 \cdot 33\text{KHz} = 297\text{KHz}$$

*Con compressore*

$$V_{TX} = nf_c = 8 \cdot 33\text{KHz} = 264\text{Kbps}$$

$$B_{PCM} \approx \frac{3}{4}nf_c = \frac{3}{4} \cdot 8 \cdot 33\text{KHz} = 196\text{KHz}$$