

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 voglia 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 Ohm.

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 della PCM:

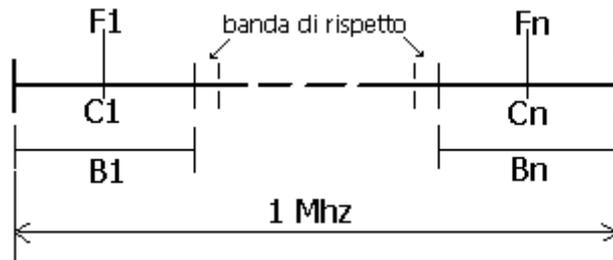
- Determinare la frequenza di campionamento con un margine del 10% rispetto alla frequenza di Nyquist
- Determinare il numero di bit di codifica necessari per ottenere un rapporto S/N = 50 dB
- Determinare la velocità di trasmissione.

Durata massima della prova: 6 ore. È consentito soltanto l'uso di calcolatrici tascabili non programmabili. Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

SOLUZIONE By Vittorio Crapella

Ne caso AM (Ampiezza Modulata) un canale per trasmettere un segnale audio avente banda di 15 KHz occuperà complessivamente 30Khz.

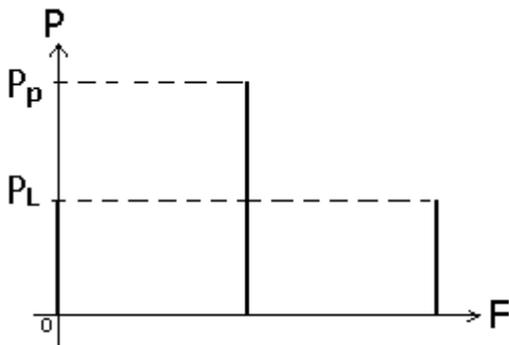
$$Bc = Bc1 = Bcn = 2 Fmax = 30 KHz$$



In FDM (Frequency Division Multiplexing) con un supporto fisico avente una banda di 1 Mhz si potranno allocare $Nc = 1Mhz / Bc = 1000 / 30 = 33$ canali teorici, dove $Nc =$ Numero Canali e $Bc =$ Banda per canale.

Ogni canale avrà una sua frequenza vettrice ($F1 \div Fn$ portanti) modulata dal segnale audio con banda di 15 KHz. In pratica, per evitare interferenze tra canali adiacenti, sarà opportuno lasciare una piccola banda di rispetto che nel nostro caso specifico se fissata a 3 KHz (pari al 10% del canale), darà origine a

$$Nc = 1000 / (30+3) = 30 \text{ canali reali.}$$



Indicando con:

Pp = Potenza della portante,

PL = Potenza laterale,

Pm = 2 PL,

P = Potenza totale (Portante + laterali)

e conoscendo l'indice di modulazione $m_a = 0,5$ e la potenza di una banda laterale $PL = 10W$ e sapendo che per un dato carico la potenza è proporzionale al quadrato della tensione sarà:

$$Pp = V^2 / R$$

Per una banda laterale la tensione sarà:

$$VL = m_a Vp / 2$$

Dove m_a è l'indice di modulazione.

Ne consegue che

$$Pm = \frac{\left(\frac{m_a \cdot Vp}{2}\right)^2}{R} \quad \text{ma} \quad \frac{Vp^2}{R} = Pp \quad \text{pertanto}$$

$$Pm = \frac{m_a^2 \cdot Pp}{2} \quad \text{da cui} \quad Pp = \frac{2 Pm}{m_a^2}$$

Ma $Pm = 2 PL = 2 \times 10 = 20 W$ di conseguenza

$$Pp = 2 \times 20 / 0,5^2 = 40 / 0,25 = 160 W$$

La potenza complessiva del canale modulato AM sarà

$$P = P_p + P_m = 160 + 20 = 180 \text{ W}$$

A riprova della correttezza dei calcoli utilizzo la formula generalizzata in cui

$$P = P_p [1 + (m_a^2 / 2)] = 160 \times (1 + 0,25 / 2) = 160 \times 1,125 = 180 \text{ W}$$

Se il modulatore è chiuso su un carico R da 75 Ohm, conoscendo $P_p = 160\text{W}$ e sapendo che $P = V^2 / R$ sarà

$$V_p = \text{Radice quadrata di } P \times R = \text{Rad. di } (160 \times 75) = 109,544 \text{ V}$$

Nel caso FM (Frequency Modulation)

Conoscendo l'indice di modulazione $m_f = 6$ che rappresenta il rapporto tra la deviazione massima di frequenza e la frequenza massima modulante, sarà:

$$m_f = \Delta F_{\text{max}} / F_{\text{max}} \text{ da cui}$$

$$\Delta F_{\text{max}} = m_f \times F_{\text{max}} = 6 \times 15 \text{ K} = 90 \text{ Khz}$$

Dalle formule di Bessel si può ritenere che la banda di un canale FM, per mantenere un buon rapporto segnale / rumore (S / N), debba valere:

$$B = 2 (\Delta F_{\text{max}} + F_{\text{max}}) = 2 (90 + 15) = 210 \text{ Khz}$$

Ne consegue che con un supporto fisico avente banda 1 Mhz ci staranno un numero di canali pari a :

$$C_n = 1000 / 210 = 4,76$$

In pratica ci staranno **4 canali reali** con una banda di rispetto tra fine e inizio canale di 32 Khz, infatti $[210 \text{ Khz} + (32 \text{ Khz} \times 5)] = 1000 \text{ Khz} = 1\text{Mhz}$.

Sicuramente il miglior compromesso S/N di trasmissione si ha con il sistema a modulazione di frequenza a scapito della riduzione dei canali trasmissibili.

L' AM è facilmente distruttibile essendoci diverse situazioni in cui un fenomeno esterno può incidere sull'ampiezza del segnale a scapito del buon rapporto S/N.

Ad esempio scariche elettriche (fulmini, contatti elettrici che si aprono o si chiudono, campi elettromagnetici, ecc) sono fonti di deterioramento del rapporto S/N.

Al contrario, questi fenomeni non possono introdurre variazione di frequenza.

Nel caso PCM (Pulse Code Modulation)

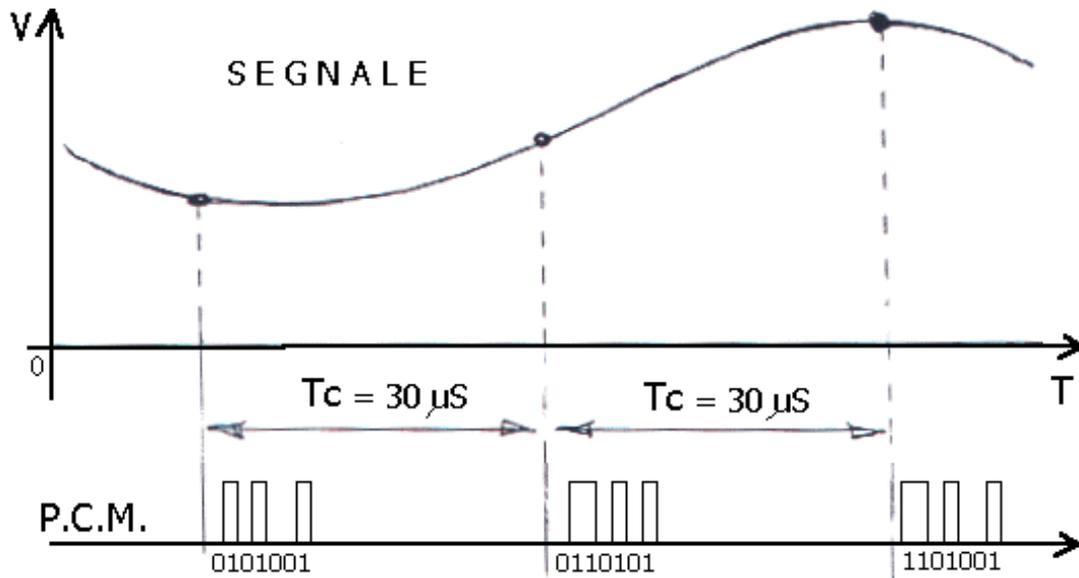
Il teorema del campionamento di Shanon afferma che un segnale compreso tra F_1 e F_2 dove $F_2 > F_1$ può essere rappresentato mediante una successione dei suoi campioni prelevati ad una frequenza di campionamento F_c , detta anche frequenza di Nyquist, almeno doppia rispetto alla sua F massima.

$$F_c = 2 F_{\text{max}} = 2 \times 15 \text{ K} = 30 \text{ Khz}$$

Se si vuole un margine del 10% in più rispetto alla frequenza di Nyquist,

$$F_c = 30 + 10\% = 33\text{Khz}$$

I campionamenti avverranno con un tempo $T_c = 1/F = 1/33 \text{ Khz} = 30 \mu\text{S}$



Dalla relazione di Shannon si definisce la capacità trasmissiva

$$C = B \lg_2 (1 + S/N)$$

Sapendo che $(S/N)_{dB} = 10 \lg S/N$ ne consegue che volendo $(S/N)_{dB} = 50 \text{ dB}$ dovrà essere

$$10 \lg S/N = 50 \text{ da cui } \lg S/N = 5 \text{ pertanto } S/N = 10^5$$

pertanto ipotizzando la banda minima per trasmettere i 15Khz sarà:

$$C = 15 \text{ K} \lg_2 (1 + 10^5) = 15 \text{ K} \times 16.61 = 249 \text{ Kbit/s (velocità di trasmissione max)}$$

Considerato che la frequenza di campionamento $F_c = 33\text{Khz}$ la codifica dovrà avvenire con ADC (Analogic Digital Converter) a N bit pari a $249 / 33 = 7,54$ bit cioè **risoluzione a 7 Bit.**