

COMUNICAZIONI ELETTRICHE A

Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni

Prova intermedia del 21/1/2009 - Comunicazioni analogiche

Tempo a disposizione: 2 ore

1. In un sistema di comunicazione analogico si trasmette un segnale $m(t)$ di potenza media $P_m = 0.8 \text{ V}^2$ e banda $B = 10 \text{ kHz}$ utilizzando la modulazione PM con $\phi_\Delta = \pi/2$. Il segnale modulato è quindi

$$x_{PM}(t) = A_0 \cos [2\pi f_0 t + \phi(t)]$$

con $\phi(t) = \phi_\Delta m(t)$ e $A_0 = 2 \text{ V}$. L'attenuazione introdotta dal canale è trascurabile come anche è trascurabile il rumore termico. È presente però un'interferente che può essere espresso come $x_I(t) = A_I \cos [2\pi(f_0 + F)t + \theta_I]$ con $F \ll B_{PM}$ avendo indicato con B_{PM} la banda del segnale PM.

- (a) Si determini la banda del segnale PM.
 - (b) Si dettagli lo schema del demodulatore PM.
 - (c) Si calcoli il rapporto tra la potenza del segnale utile S_{UT} e la potenza del segnale interferente S_{INT} all'uscita del demodulatore nell'ipotesi che sia $A_I = A_0/10$.
2. Con riferimento ad un ricevitore supereterodina,
- (a) se ne descriva il principio di funzionamento descrivendo in dettaglio la funzione dei vari blocchi che lo compongono;
 - (b) nell'ipotesi che si voglia ricevere uno tra 10 segnali FM, di banda 100 kHz ciascuno e separati da una banda di guardia di 20 kHz, posizionati tra le frequenze 100 MHz e 101,18 MHz, si progetti in dettaglio il ricevitore supereterodina nell'ipotesi di utilizzare una frequenza intermedia pari a 10 MHz. In particolare si dica quanto deve essere la frequenza dell'oscillatore locale per rivelare il terzo segnale.

Risultati e soluzione: <http://www.tlc.unipr.it/people/colavolpe>

oppure

<http://www.tlc.unipr.it/people/serena>

Soluzione:

1. Si tratta chiaramente di una PM a banda larga.

(a) La banda del segnale PM è quindi

$$B_{PM} = 2(\phi_{\Delta} + 1)B = 51.4 \text{ kHz}.$$

(b) Domanda di teoria. Il ricevitore è costituito da un filtro passa banda centrato intorno a f_0 e di banda $2B_{PM}$, un limitatore (supporremo che limiti l'ampiezza del segnale ricevuto a 1), un derivatore, un rivelatore di involuppo, un DC block, un integratore ed infine un filtro passa basso di banda B .

(c) Il segnale all'ingresso del ricevitore è

$$A_0 \cos[2\pi f_0 t + \phi(t)] + A_I \cos[2\pi(f_0 + F)t + \theta_I] = A_v(t) \cos[2\pi f_0 t + \phi_v(t)]$$

o, in termini di involuppi complessi rispetto a f_0 ,

$$A_0 e^{j\phi(t)} + A_I e^{j\phi_I(t)} = A_v(t) e^{j\phi_v(t)}$$

avendo definito $\phi_I(t) = 2\pi F t + \theta_I$. All'uscita del ricevitore si ottiene invece $\phi_v(t)$. Con calcoli analoghi a quelli svolti a lezione, si può esprimere

$$\begin{aligned} \phi_v(t) &= \phi(t) + \arctan \frac{A_I \sin[\phi_I(t) - \phi(t)]}{A_0 + A_I \cos[\phi_I(t) - \phi(t)]} \\ &\simeq \phi(t) + \frac{A_I \sin[\phi_I(t) - \phi(t)]}{A_0} \end{aligned}$$

avendo sfruttato il fatto che $A_I \ll A_0$. L'uscita del ricevitore è quindi

$$\phi_v(t) = \phi_{\Delta} m(t) + \frac{A_I}{A_0} \sin[2\pi F t + \theta_I - \phi_{\Delta} m(t)]$$

Nell'ipotesi che sia $F \ll B_{PM}$, il segnale interferente $\frac{A_I}{A_0} \sin[2\pi F t + \theta_I - \phi_{\Delta} m(t)]$ passa inalterato dal filtro di post-rivelazione (il filtro passa basso di banda B). Pertanto il rapporto tra la potenza del segnale utile e quella del segnale interferente è

$$\frac{S_{UT}}{S_{INT}} = \frac{\phi_{\Delta}^2 P_m}{\frac{1}{2} \left(\frac{A_I}{A_0}\right)^2} = \frac{2A_0^2 \phi_{\Delta}^2 P_m}{A_I^2} = 398.8 (26 \text{ dB}).$$

2. Come noto il primo elemento di un ricevitore eterodina è il filtro reiettore della frequenza immagine. L'oscillatore locale effettua poi la conversione alla frequenza intermedia. Il filtro a frequenza intermedia effettua la selezione del canale desiderato ed infine segue il demodulatore per il segnale selezionato. Tale demodulatore (FM nel caso del punto (b)) assume che il segnale al suo ingresso abbia frequenza centrale pari a $f_{IF} = 10 \text{ MHz}$.

(a) Domanda di teoria.

(b) Il filtro reiettore della frequenza immagine lascia passare tutti i 10 segnali FM. Ha quindi limiti di banda 100 MHz e 101.18 MHz (può essere in realtà anche più largo). Per selezionare il terzo segnale, centrato sulla frequenza 100.29 MHz, l'oscillatore locale deve essere a frequenza tale per cui $|f_0 - f_{OL}| = f_{IF}$. Per esempio, nel caso in cui sia $f_{OL} > f_0$ si ha $100.29 \text{ MHz} + f_{IF} = 110.29 \text{ MHz} = f_{OL}$ (e la corrispondente frequenza immagine sarà $100.29 \text{ MHz} + 2f_{IF} = 120.29 \text{ MHz}$). Il filtro a frequenza intermedia sarà di banda 100 kHz intorno alla frequenza $f_{IF} = 10 \text{ MHz}$.