

Esercizi proposti

4 - Tecniche di modulazione

4.1 Si consideri il segnale modulato $s(t) = V_o[1 + 2\cos(2\pi f_m t)]\cos(2\pi f_o t)$ con $f_o \gg f_m$. Calcolare l'indice di modulazione di ampiezza. Esso viene demodulato con un demodulatore AM non coerente (cioè che fornisce in uscita l'involuppo del segnale modulato). Determinare l'uscita del demodulatore ed il suo sviluppo in serie.

4.2 Il segnale AM $s(t) = V_o[1 + k_A x(t)]\cos(2\pi f_o t)$ viene elaborato dal seguente sistema

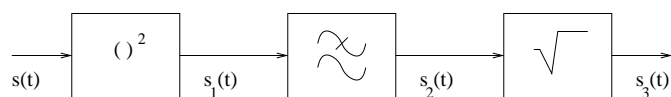


Figure 1:

Determinare l'uscita $s_3(t)$.

4.3 Il sistema riportato in figura è denominato modulatore bilanciato. Determinare la sua uscita.

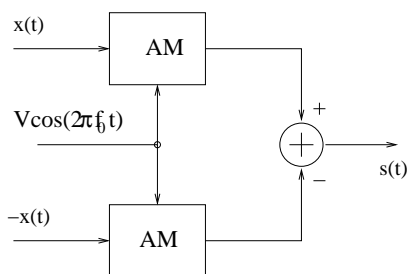


Figure 2:

4.4 Un segnale modulato a prodotto viene demodulato da un demodulatore a prodotto coerente. La portante di riferimento al demodulatore, $K_D \cos(2\pi f_0 t + \Delta)$, presenta un errore di fase Δ . Trovare l'espressione del segnale in uscita; come diventa quando $\Delta = \pi/2$?

4.5 Ripetere l'esercizio precedente nel caso in cui il segnale modulato è di tipo QAM.

4.6 Un segnale modulato a prodotto viene demodolato da un demodulatore a prodotto coerente. La portante di riferimento al demodulatore, $K_D \cos[2\pi(f_0 + \Delta f)t]$, presenta un errore di frequenza Δf . Trovare l'espressione del segnale in uscita e valutare gli effetti di questo errore di frequenza.

4.7 Descrivere l'uscita del modulatore in figura (dove i blocchi MP sono modulatori a prodotto) supponendo che $x(t)$ sia a energia finita con trasformata reale e diversa da zero nella banda $[f_a, f_b]$ e considerando che $f_c = (f_a + f_b)/2$, $B = (f_b - f_a)/2$, $f_o \gg B$.

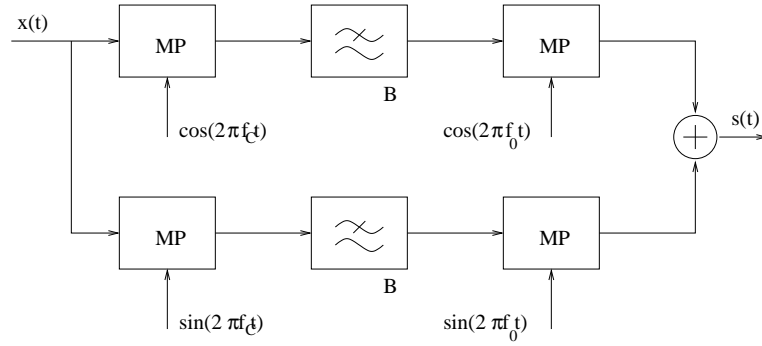


Figure 3:

(Suggerimento: si proceda valutando lo spettro dei segnali nei diversi punti del sistema.)

4.8 Disegnare il grafico dei segnali modulati FM e PM ottenuti a partire dal segnale modulante $x(t)$ in figura.

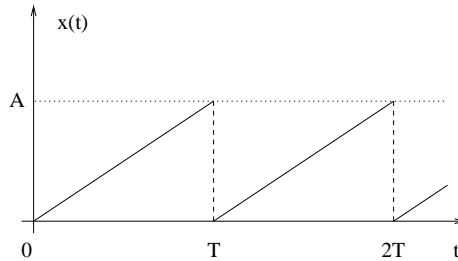


Figure 4:

4.9 Si consideri il demodulatore di frequenza riportato in figura. Nell'ipotesi che il segnale modulato sia $s(t) = \cos(2\pi f_o t + m \sin(2\pi f_m t))$, con $2\pi f_o T = \pi/2$, e che si possano fare le approssimazioni al primo ordine di tutte le funzioni che contengono $f_m T \approx 0$ (ad esempio $\cos(2\pi f_m T) \approx 1$, $\sin(2\pi f_m T) \approx 2\pi f_m T$, ecc.), determinare il segnale in uscita.

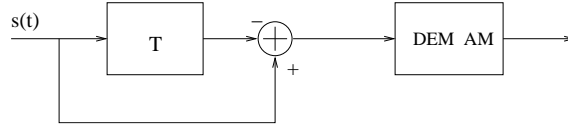


Figure 5:

4.10 Si consideri un segnale modulato FM ottenuto da una portante con frequenza $f_o = 100$ MHz e da un segnale modulante sinusoidale con frequenza $f_m = 100$ kHz, ampiezza $X_m = 20$ V, con sensibilità di modulazione 25 kHz/V. Determinare la banda del segnale e l'ampiezza delle singole componenti dello spettro. Ripetere il calcolo utilizzando $X_m = 40$ V e $f_m = 200$ kHz.

4.11 Disegnare lo spettro di un segnale PAM ottenuto dal seguente segnale modulante analogico $x(t) = X_m \cos(2\pi f_m t)$ con $f_m = 0.25$ Hz e tempo di campionamento $T_c = 1$ s; tale segnale PAM è ottenuto utilizzando impulsi rettangolari di durata $\Delta = 0.4$ s. Il segnale modulante viene poi ricostruito dal segnale PAM mediante un semplice filtro passa-basso ideale di banda $B = 0.5$ Hz. Trovare l'espressione del segnale ricostruito.

4.12 Determinare e disegnare lo spettro del segnale PAM ottenuto dal campionamento con frequenza $f_c = 1$ kHz del segnale ad energia finita trasformata di Fourier $X(f) = (V/B)\text{triang}(f/B)$, con $B = 400$ Hz. Si tenga conto che gli impulsi utilizzati nel segnale PAM sono rettangolari di durata $\Delta = 0.1$ ms.

4-14 Si consideri un segnale video con banda $B = 5$ MHz dal quale si ricava un segnale PCM. Le specifiche di questa conversione analogico digitale sono: campionamento a frequenza in eccesso del 15% rispetto a quella di Nyquist, quantizzazione uniforme a 1024 livelli. Determinare la bit-rate del segnale.

4.15 Un segnale vocale ha una durata di 10 s; esso viene campionato ad una frequenza di 8 kHz e codificato in modalità PCM. Si vuole mantenere la potenza del rumore di quantizzazione sotto il valore di -40 dBV². Considerando che l'ampiezza massima del segnale è di 1 V, calcolare la capacità della memoria richiesta per memorizzare tale segnale in forma digitale.

4.16 Dimostrare che per un quantizzatore non uniforme la potenza media statistica dell'errore di quantizzazione si può calcolare con la seguente approssimazione (valida se il numero di livelli di quantizzazione L è elevato)

$$p_e = \frac{1}{12} \sum_{k=1}^L \Delta_k^2 p_k$$

dove Δ_k è l'intervallo di quantizzazione relativo al k -esimo livello e p_k è la probabilità che l'ingresso assuma un valore all'interno di quest'ultimo.