

Appunti sulle modulazioni AM e FM

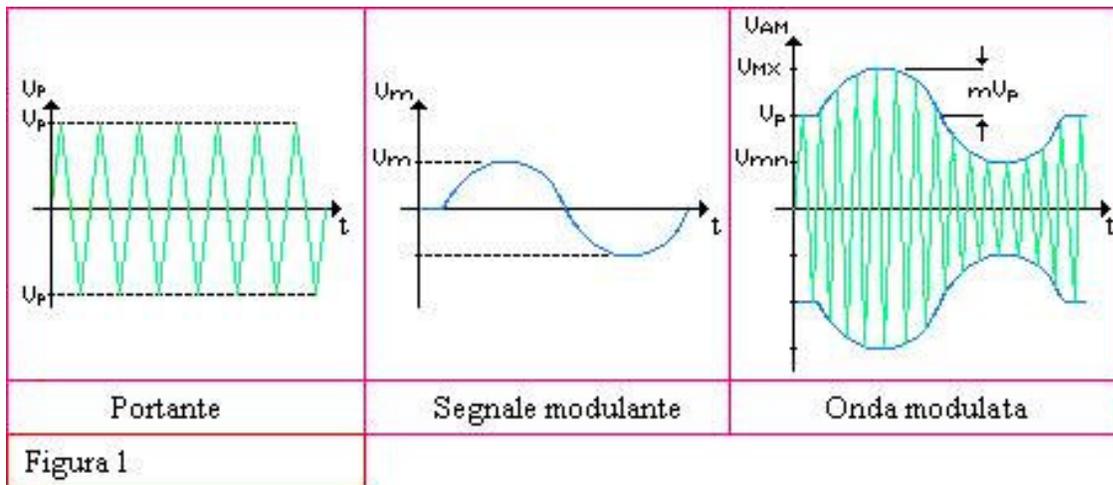
Indicando con $v_m = V_m \sin 2\pi f_m t$ il segnale **modulante**,

e con $v_p = V_p \sin 2\pi f_p t$ il segnale **portante**,

- In AM il segnale modulato avrà la seguente espressione e il seguente andamento

$$v = V_p (1 + m \sin 2\pi f_m t) \sin 2\pi f_p t$$

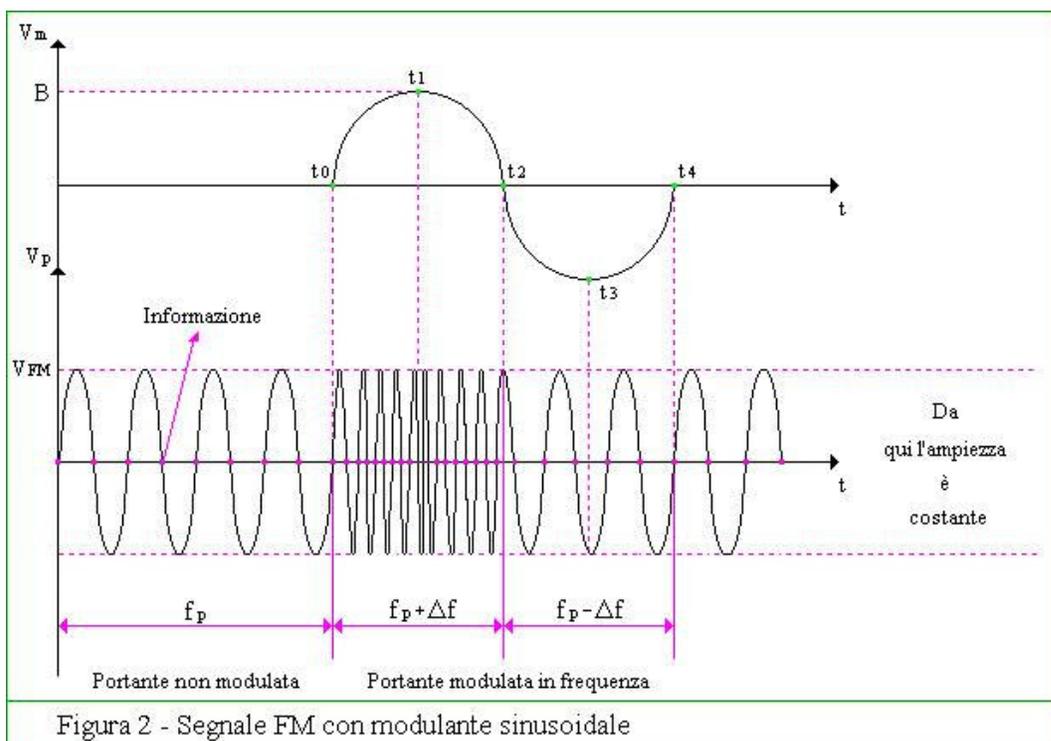
con $m = V_m/V_p$ **indice di modulazione** che deve essere $0 < m < 1$



- In FM il segnale modulato avrà invece la seguente espressione e il seguente andamento

$$v = V_p \sin (2\pi f_p t + m \sin 2\pi f_m t)$$

con $m = \Delta f_{\max}/f_m$ **indice di modulazione** con Δf_{\max} = massima deviazione di frequenza



lo spettro relativo al segnale modulato

In AM dopo alcuni passaggi l'espressione matematica del segnale modulato diventa

$$v = V_p \sin 2\pi f_p t + (m/2 V_p) \cos 2\pi (f_p - f_m)t - (m/2 V_p) \cos 2\pi (f_p + f_m)t$$

il primo termine della formula si riferisce alla portante mentre gli altri due termini, rappresentano le due componenti sinusoidali di ampiezza $mA/2$ e frequenza ricavabile dalla somma $(f_p + f_m)$ e dalla differenza $(f_p - f_m)$ di ampiezza $mA/2$

Le componenti $f_p + f_m$ e $f_p - f_m$, sono definite anche come banda laterale superiore (BLS) e banda laterale inferiore (BLI).

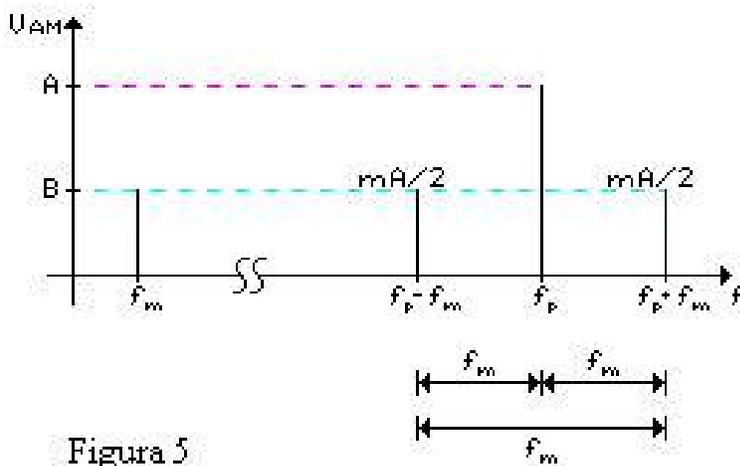


Figura 5

La potenza P_T del segnale modulato è la somma della potenza associata alla portante P_p e di quella P_m associata alle due bande laterali. Si dimostra che

$$P_T = P_p (1 + m^2/2) \quad \text{per } m=1 \text{ si ha che } P_p = 2/3 P_T$$

Il grosso della potenza è associato alla portante (che non contiene l'informazione)

- In **FM** lo spettro del segnale modulato oltre alla portante, presenta un numero infinito di frequenze laterali distanti tra loro f_m , ai due lati della portante e con ampiezze funzioni dell'indice di modulazione m_f . Vengono comunque considerate le righe che hanno l'ampiezza non inferiore all'1% dell'ampiezza della portante.

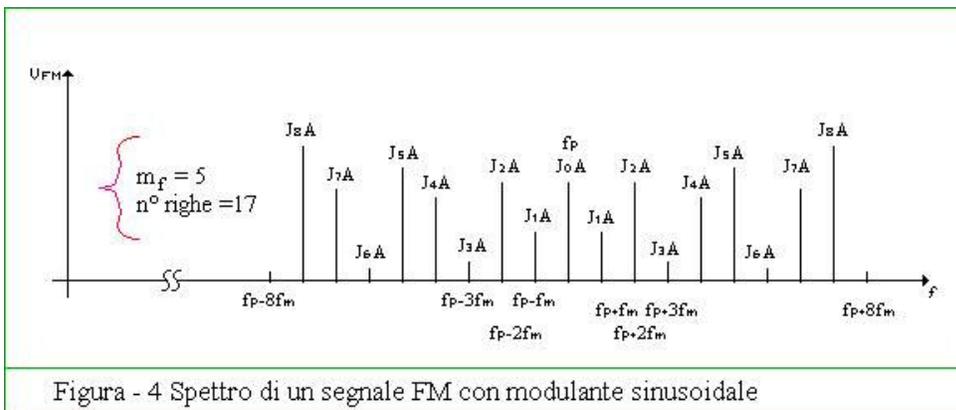


Figura - 4 Spettro di un segnale FM con modulante sinusoidale

Per $m \ll 1$ i segnali vengono detti a **banda stretta** e la loro larghezza di banda $B \approx 2f_{max}$

Per $m \gg 1$ si ha la modulazione in **banda larga** e $B = 2\Delta f$

Possiamo infine dire dell'indice di modulazione mf , che serve per stabilire la distribuzione spettrale del segnale modulato e ci mostra come all'aumentare della frequenza della modulante diminuisce l'indice di modulazione che da una diminuzione delle righe significative dello spettro e quindi della banda passante

La banda passante del segnale modulato in frequenza, è definita da noi con la regola di Carson che ci aiuta ad individuarne le dimensioni con la seguente formula matematica:

$$B_f = 2 (\Delta f_{\max} + f_m) = 2 (mf * f_m + f_m) = 2 f_m (1 + mf).$$

Nei casi però in cui i valori di mf siano molto piccoli $mf \ll 1$ la precedente formula diventa:

$$B_f = 2 f_m$$

perché la deviazione di frequenza è trascurabile essendo minore della f_m .

Se invece i valori di mf sono elevati, $mf > 10$, la formula di Carson diventa:

$$B_f = 2 \Delta f_{\max}$$

perché la frequenza della modulante è trascurabile essendo minore di Δf_{\max}

Per il parametro potenza del segnale modulato, possiamo dire che è uguale sia per quella della portante che per il segnale modulato in frequenza al contrario della potenza della modulazione AM dove la presenza delle bande laterali richiede un aumento di potenza per poter effettuare la trasmissione. Quindi anche se la potenza associata alla portante diminuisce quando aumenta il numero di righe spettrali laterali, la potenza complessiva rimane costante ma viene distribuita fra le varie componenti e vale:

$$P_p = V_p^2 / 2R$$

Schema di un generico trasmettitore

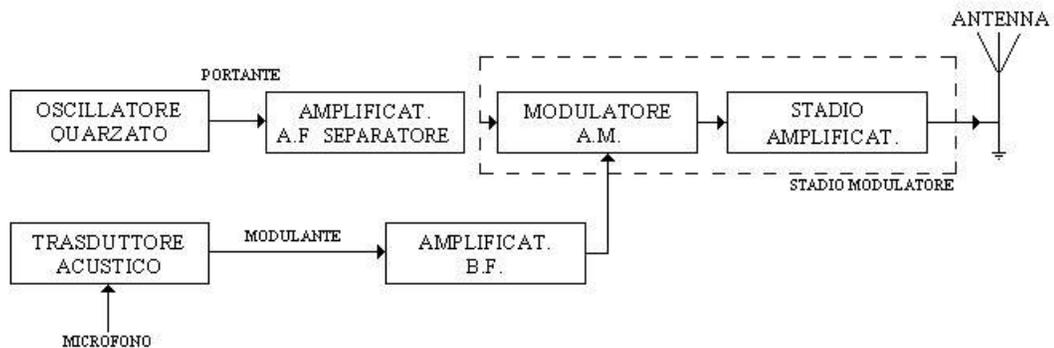
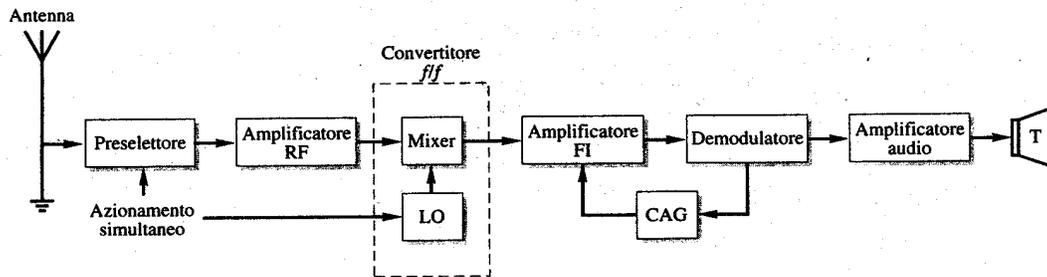


Figura 6

Schema di un generico ricevitore a supereterodina



CONFRONTO TRA AM ed FM

I vantaggi della modulazione di frequenza riguardano soprattutto

1. l'assenza dei disturbi, infatti i disturbi della tecnica FM in ricezione producono una modulazione di ampiezza (fluttuazione di tensione del segnale modulato FM) che causa distorsione dopo la demodulazione. Questi problemi tuttavia si possono eliminare impiegando uno stadio limitatore prima della demodulazione. E' possibile così eliminare i residui di ampiezza senza provocare alcun deterioramento dell'informazione in quanto essa non è contenuta nelle variazioni di ampiezza, ma è contenuta nelle variazioni di frequenza. Per l'AM questo tipo di disturbo degrada l'informazione.
2. maggior rendimento di modulazione in quanto viene sempre trasmessa la massima ampiezza della portante, altrimenti non ottenibile in AM.
3. l'alto indice di modulazione e la grande larghezza di banda aumentano notevolmente il rapporto di qualità segnale - rumore S/N . Il miglioramento quindi della qualità di trasmissione dipende dalla larghezza di banda che in teoria può diventare infinito.