Brevi note sul modulatore Armstrong

Premessa

Come noto i modulatori FM si possono suddividere in due grandi categorie:

- quelli che operano con *metodi diretti*
- quelli che operano con *metodi indiretti*.

I modulatori FM che operano con *metodi diretti* sono essenzialmente costituiti da un oscillatore a radiofrequenza non quarzato su cui è possibile agire modificando la frequenza in funzione del segnale modulante applicato. In genere è usato un diodo varicap nel circuito dell'oscillatore e pertanto se in segnale modulante modifica la polarizzazione del varicap si può, di conseguenza, modificare la frequenza di oscillazione ottenendo così un segnale FM.
Il limite di tali modulatori sta proprio nel fatto di non potere usare oscillatori quarzati (che sarebbe un controsenso proprio per il loro principio di funzionamento) è quindi di avere il rischio di eccessive derive della frequenza della portante. In genere il loro uso è limitato ad applicazioni amatoriali di basso costo.
Invece i modulatori che operano con *metodi indiretti* provvedono ad utilizzare un oscillatore quarzato per generare la portante e poi, mediante opportune operazioni matematiche sul segnale a radiofrequenza, operazioni eseguite in funzione del segnale modulante, ottengono il voluto segnale FM. La limitazione di tali circuiti sta nel fatto di potere operare correttamente solo per bassi valori di deviazione di frequenza e quindi per piccoli valori di $\mathbf{K_f}$ (*sensibilità del modulatore*). Ma ciò, come dovrebbe essere noto, non è un inconveniente in quanto i circuiti di trasmissione FM operano in genere con la tecnica dei moltiplicatori di frequenza e pertanto, una volta generato il segnale FM, la deviazione di frequenza può essere portata al valore desiderato.
Dopo questa breve premessa passiamo ad esaminare uno dei più noti modulatori FM con metodo indiretto: **il modulatore Armstrong**.

Il modulatore Armstrong

Prendiamo in considerazione una portante sinusoidale che esprimeremo come

$$S_P(t) = A\cos(\omega_P t)$$

che viene modulata in frequenza da un generico segnale BF limitato in banda e che esprimeremo come $V_m(t)$.
Come noto è possibile esprimere la pulsazione istantanea con la relazione

$$\omega(t) = \omega_P + 2\pi K_f V_m(t)$$

dove K_f è la sensibilità del modulatore FM espressa in Hz/Volt.

Nota la relazione differenziale che collega la pulsazione istantanea con l'angolo istantaneo, ovvero

$$\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt}$$

si può scrivere l'equazione differenziale

$$\frac{d\varphi(t)}{dt} = \omega_P + 2\pi K_f V_m(t) .$$

Tale equazione può essere facilmente integrata e dar luogo a

$$\varphi(t) = \omega_P t + 2\pi K_f \int_0^t V_m(t)dt .$$

E quindi avere la nota espressione del segnale FM

$$S_{FM}(t) = A\cos\left[\omega_P t + 2\pi K_f \int_0^t V_m(t)dt\right].$$

Per derivare la struttura circuitale del modulatore Armstrong utilizziamo una espressione trigonometrica sulla formula del segnale FM sopra ricavata. Pertanto possiamo scrivere

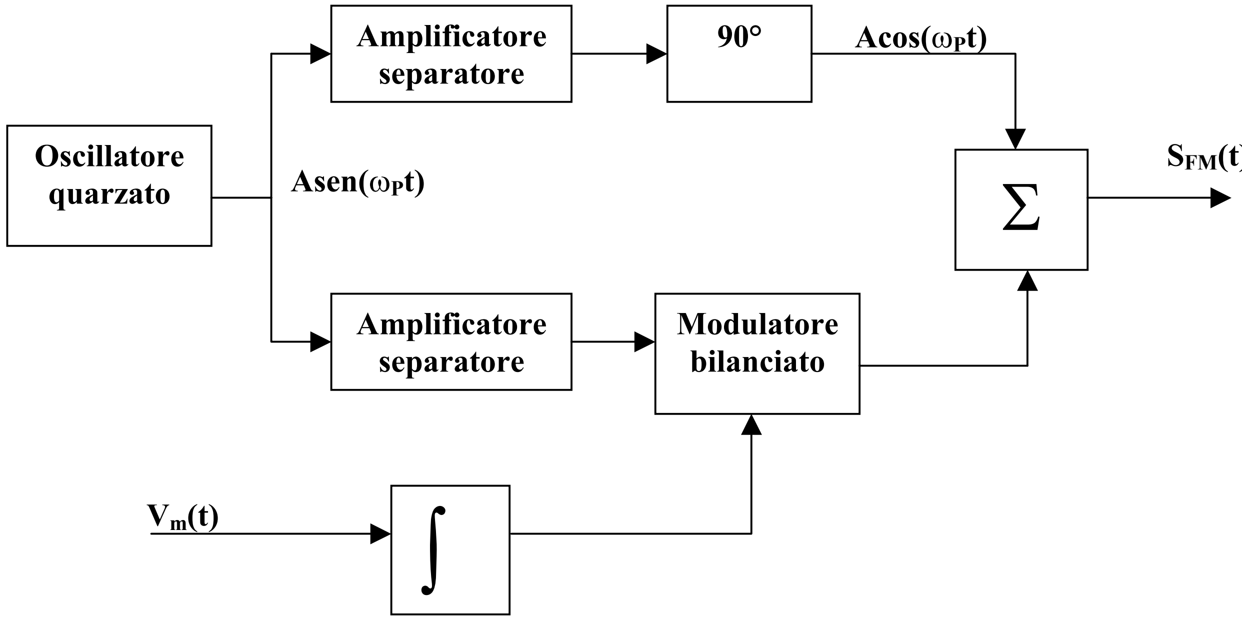
$$S_{FM}(t) = A\cos(\omega_P t)\cos\left[2\pi K_f \int_0^t V_m(t)dt\right] - Asen(\omega_P t)sen\left[2\pi K_f \int_0^t V_m(t)dt\right].$$

Adesso supponiamo di porci nelle condizioni di avere un piccolo valore per la sensibilità K_f del modulatore, ovvero di operare per basso indice di modulazione. Ciò vuol dire che imporremo piccole deviazioni di frequenza al valore della portante. Si vuole precisare che questa posizione non è molto difficile da ottenere, cioè la condizione di operare con **m_f<<1** si può facilmente ottenere, nel caso di modulante nella gamma audio, con un valore di K_f tra gli 8 kHz/Volt e i 10 kHz/Volt.
Ponendoci in tale condizione è possibile affermare che gli argomenti delle funzioni trigonometriche che contengono l'integrale di $V_m(t)$ sono piccoli e prossimi allo zero.

Ora dovrebbe essere noto che $\lim_{\varphi \to 0} \cos(\varphi) = 1$ mentre sempre per valori dell'angolo φ prossimi allo zero si può affermare che $sen(\varphi) \cong \varphi$. Allora applicando la condizione di basso indice di modulazione all'espressione del segnale FM possiamo ottenere la seguente approssimazione di $S_{FM}(t)$

$$S_{FM}(t) \cong A\cos(\omega_P t) - \left[2\pi K_f \int_0^t V_m(t)dt\right] Asen(\omega_P t) .$$

Tale espressione, valida nel caso m_f<<1, può essere convenientemente interpretata dal punto di vista circuitale ed ottenere quindi lo schema di principio del modulatore Armstrong.
Lo schema a blocchi è illustrato nella figura seguente



Chiaramente, come già precedentemente detto, tale circuito assolve la funzione di modulatore FM, con tecnica chiaramente indiretta, nel caso di basso valore di K_f, ovvero per $\mathbf{m_f<<1}$. Ciò, però, non è una limitazione in quanto i valori più alti di deviazione di frequenza possono essere ottenuti applicando all'uscita di tale circuito un opportuno numero di moltiplicatori di frequenza.