

Ricostruzione della portante in ricezione - PLL

Per poter rigenerare localmente un segnale con le stesse caratteristiche di ampiezza, frequenza e soprattutto di fase della portante, è necessario ricorrere ad un circuito PLL (*Phase Locked Loop*), anello ad aggancio di fase, capace di rendere la fase del segnale generato «sincronizzata» rispetto a quella del segnale di riferimento.

Il PLL che opera in correzione di fase e di frequenza viene utilizzato per diverse **applicazioni** come:

- ricostruzione della portante in DSB o SSB;
- demodulazione FM (modulazione di frequenza);
- sintetizzazione di frequenza (generazione di frequenze diverse);
- demodulazione PSK (modulazione a spostamento di fase per TD).

Il PLL è **costituito** fondamentalmente da tre dispositivi:

- un oscillatore controllato in tensione (VCO = Voltage Controlled Oscillator);
- un comparatore o rivelatore di fase (PD = Phase Detector);
- un filtro passa basso.

Lo schema di principio è riportato in figura 1.

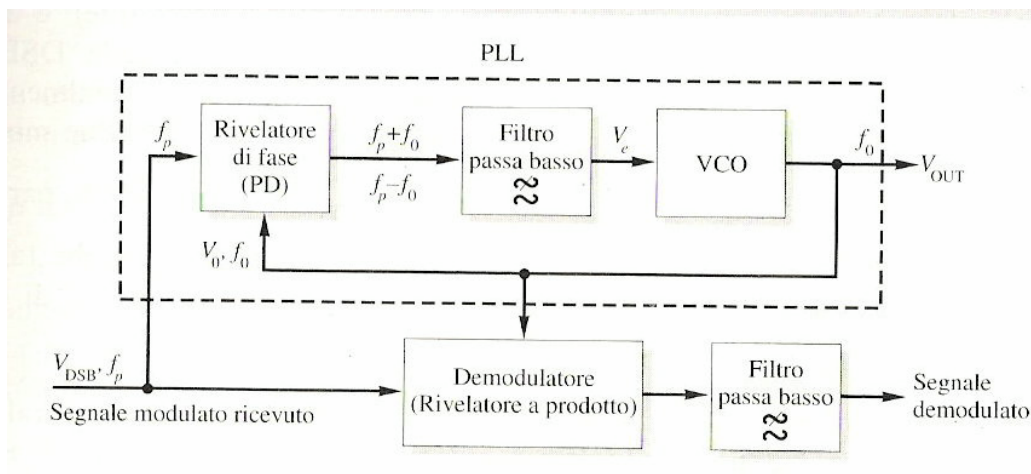


Figura 1. Schema di principio del PLL

Il **principio di funzionamento** si basa sulla comparazione delle fasi di due segnali aventi frequenze pressappoco uguali.

Il circuito è reazionato tramite un blocco a guadagno unitario.

- 1) In assenza del segnale modulato all'ingresso del rivelatore di fase si ottiene una tensione nulla all'uscita dello stesso e pertanto la tensione di controllo applicata al VCO, essendo nulla, non varia la sua frequenza di oscillazione f_0 ; tale frequenza è chiamata frequenza libera di lavoro o centrale (*free running frequency*).
- 2) In presenza del segnale applicato in ingresso invece il rivelatore di fase confronta le frequenze e le fasi dei due segnali V_{DSB} e V_0 accettati in ingresso, cioè del segnale modulato DSB e quello del VCO.

All'uscita quindi del rivelatore di fase si avranno due componenti di frequenza e di fase date dalla somma ($f_p + f_0$) e dalla differenza ($f_p - f_0$) dei due segnali, per il fatto che tale dispositivo, essendo un moltiplicatore analogico, dà luogo al fenomeno dei battimenti. Il filtro passa basso elimina la componente somma lasciando passare in uscita un segnale avente ampiezza V_e proporzionale alla differenza delle due frequenze, chiamata *tensione errore*. La tensione errore V_e applicata in seguito al VCO modifica la frequenza di oscillazione f_0 in modo proporzionale fino a raggiungere il valore di f_p .

In altri termini la differenza delle frequenze comparate viene trasformata in una tensione proporzionale ad essa la quale a sua volta modifica la frequenza del VCO nel seguente modo:

- se la differenza $f_e = f_p - f_0$ è grande, la tensione errore, la quale controlla il circuito risonante del VCO, provoca un aumento della sua frequenza di oscillazione f_0 , proporzionalmente alla differenza.
- Il segnale così ottenuto avente frequenza $f'_0 > f_0$ viene riportato nuovamente all'ingresso del rivelatore di fase il quale continuerà a confrontare le due frequenze, dando origine ad una differenza $f'_e = f_p - f'_0$ più piccola rispetto alla precedente ($f_e > f'_e$).
- Il processo continua fino a quando la frequenza del VCO diventa uguale alla frequenza di riferimento f_p . In questo caso si dice che l'anello è agganciato in fase e frequenza.

Quindi attraverso il controllo di fase si riesce ad ottenere la stessa frequenza del segnale di ingresso f_p .

Il PLL è caratterizzato da due gamme di frequenze:

- la banda o campo di cattura (*capture range*);
- la banda o campo di aggancio (*lock range* o *tracking range*).

Esiste un campo limitato di frequenze, nell'intorno di f_0 , del segnale di ingresso entro cui il VCO riesce ad agganciare la fase, chiamato **campo di cattura** (*capture range*). Esso dipende dalla banda passante del filtro passa basso. Più precisamente poiché il rivelatore di fase genera in uscita una differenza $f_p - f_0$, la condizione necessaria per dare luogo ad un segnale errore non nullo è che tale differenza deve presentare un valore di frequenza inferiore alla frequenza di taglio del filtro passa basso f_t ($f_t > f_p - f_0$); se ciò non accade la tensione di errore è nulla ed il VCO lavora alla frequenza libera f_0 : il VCO non aggancia la fase del segnale di ingresso, perché quest'ultimo presenta una frequenza «fuori» dal campo di cattura.

Il **campo di aggancio** invece rappresenta la banda entro cui l'anello «acquisisce» l'aggancio di fase e lo mantiene, in altri termini indica l'intervallo di frequenza, nell'intorno di f_0 , in cui l'oscillatore controllato in tensione, dopo aver agganciato la fase, rimane sincronizzato sul segnale di ingresso mantenendo tale stato. È importante sottolineare che in questa situazione le frequenze f_p e f_0 sono uguali, ma le fasi devono differire di una piccola quantità costante necessaria per generare una tensione errore V_e , che dia la possibilità al VCO di lavorare ad una frequenza f_p diversa da quella di free-run (f_0).

Il campo di aggancio così risulta maggiore rispetto al campo di cattura e dipende dalla caratteristica del rivelatore di fase ossia dal campo di variazione della V_e , e da quella del campo del VCO. In genere il VCO ha un ampio intervallo di frequenza, ma la caratteristica del rivelatore limita l'intervallo di mantenimento.