ANALISI DI PRINCIPIO DI UN MIXER A SINGOLA USCITA

Per ottenere la funzione di prodotto di segnali è possibile usare un diodo pilotato da una tensione variabile. L'analisi è quella tipica a piccolo segnale dei dispositivi elettronici. Se la tensione è $V = V_B + v(t)$, la corrente conterrà un termine continuo di polarizzazione I_B e uno variabile $i(t)$. Se $v(t)$, $i(t)$ sono piccoli rispetto ai termini di polarizzazione, si può ~~usare~~ calcolare questi ultimi in assenza di segnale:

$$I_B(V_B) = I_s \left[e^{\alpha (V_B - R_s I_B)} - 1 \right]$$

$$\simeq I_s \, e^{\alpha (V_B - R_s I_B)}$$

ovvero

$$V_B = \frac{1}{\alpha} \log \frac{I_B \, e^{\alpha R_s I_B}}{I_s}$$

avendo fissato la corrente di polarizzazione (valori tipici 0.1 - 5 mA).

La corrente di segnale vale allora

$$i(t) = I(V_B + v) - I_B = I_s \left[e^{\alpha (V_B + v - R_s I)} - 1 \right]$$

$$- I_s \left[e^{\alpha (V_B - R_s I_B)} - 1 \right]$$

$$= I_s \, e^{\alpha (V_B - R_s I_B)} \left[e^{\alpha (v - R_s i)} - 1 \right]$$

$$\simeq I_B \left[\alpha (v - R_s i) + \frac{1}{2} \alpha^2 (v - R_s i)^2 \right] \ldots$$

se v, $R_s i$ sono <u>piccoli</u> rispetto a $1/\alpha$.

Il termine $\alpha I_B = G_d$ prende il nome di conduttanza dinamica del diodo, e vale ~~alcune deci~~ da 4 a 200 mS. Utilizzandolo si ha

$$i(t) = G_d \, v(t) - G_d R_s \, i(t) + \frac{1}{2} \alpha G_d \left(v - R_s i \right)^2$$

Se ci limitiamo al solo primo termine, abbiamo un comportamento lineare del diodo, con conduttanza $\dfrac{G_d}{1 + G_d R_s}$ (dipendente da I_B).

L'utilizzo come moltiplicatore, invece, richiede il termine quadratico. Trascurando per semplicità R_s e assumendo

$v = v_R(t) + v_L(t)$ (somma dei ~~oscillatori~~ segnali a RF e a LO)

si ha

$$i(t) = G_d \, v(t) + \frac{1}{2} \alpha G_d \left(v_R + v_L \right)^2 =$$

$$= G_d \left(v_R + v_L \right) + \frac{1}{2} \alpha G_d \left(v_R^2 + v_L^2 \right) + \alpha G_d v_R v_L$$

L'ultimo termine è quello di interesse. ~~Se~~ Infatti tale termine contiene un contributo di corrente

$$\alpha\, G_d \frac{1}{2} V_L V_R \cos \omega_I t$$

che, se applicato a una impedenza Z_0, produce una tensione di uscita a f_I di ampiezza

$$\frac{1}{2} \alpha V_L G_d Z_0 \cdot V_R$$

Ovviamente tale valore è largamente approssimato, in quanto abbiamo trascurato R_S e inoltre ~~la~~ la tensione a f_I finisce anch'essa ai capi del diodo.

Tuttavia anche tale analisi semplificata mostra che la tensione di uscita dipende da V_L e, per valori di V_L che rendono valida questa analisi (max 10 mV) la tensione di uscita risulta più piccola di quella di ingresso. Assumendo impedenze tutte di 50 Ω la perdita di inserzione IL (insertion loss), ovvero il rapporto tra la potenza di ingresso e di uscita vale

$$IL = \frac{V_R^2}{\left(\frac{1}{2} \alpha V_L G_d Z_0 V_R\right)^2} = \frac{4}{\left(\alpha V_L G_d Z_0\right)^2}$$

che è tipicamente di 6 − 10 dB, ~~large~~ ovvero troppo elevata (eliminare le approssimazioni fatte aumenta ancora IL).

La soluzione è quindi quella di aumentare V_R. Nell'esempio si è usata $V_L = 10$ mV, corrispondente a 1 μW di potenza a ω_L. Si possono ottenere senza problemi oscillatore notevolmente più ~~gra~~ potenti, e quindi fornire V_L più elevate. Ma allora l'analisi a piccolo segnale non è più valida.

La tecnica che si usa è quella di analizzare il circuito non-lineare con la sola V_L, in modo da ottenere un punto di lavoro oscillante. Attorno a questo punto di lavoro si analizza linearmente l'effetto di V_R e V_I (Large signal - Small signal analysis).