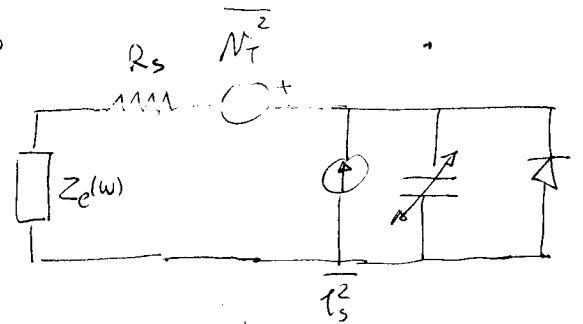


Le sorgenti di rumore sono il rumore termico in R_s e il rumore impulsivo (shot noise) nella giunzione (oltre a effetti inferiori di secondo ordine, che possono essere spesso inclusi nel rumore termico di R_s).

Consideriamo il circuito equivalente di rumore del diodo, dove

$Z_e(\omega)$ è l'impedenza di ingresso del circuito lineare visto dal diodo (embedding impedance).



La corrente di "shot noise" vale $\overline{i_s^2} = 2q i_0 \Delta f$

essendo q la carica dei portatori, mentre la tensione di rumore termico

$\overline{V_T^2} = 4k T_{eq} R_s \Delta f$, essendo T_{eq} la temperatura ~~da~~ di R_s (eventualmente incrementata per tener conto degli effetti di seconda approssimazione). Utilizzando il teorema di Norton la parte di circuito di sinistra può essere sostituita da un generatore di corrente $\overline{i_T^2}$, con

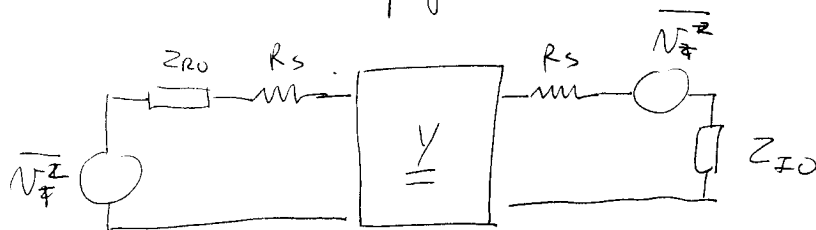
$$\overline{i_T^2} = \frac{4k T_{eq} R_s \Delta f}{|R_s + Z_e|^2}$$

in parallelo a una impedenza $R_s + Z_e(\omega)$.

Per l'analisi possiamo sostituire diodo e capacità di giunzione con i loro componenti lineari tempo-varianti. L'effetto del rumore termico può essere facilmente valutato considerando la sorgente di rumore come un ingresso.

Utilizzando lo schema di pag 12 ^(in assenza di effetti capacitivi) $V_{s,th}$

(R2)



dove le due sorgenti sono uguali (Δf è lo stesso a ω_r e ω_r) ma incoerenti.

La potenza di rumore usata è la somma di quella prodotta da V_T^2 a ω_r .

pari a

$$k T_{eq} \Delta f \cdot \frac{1}{I L}$$

e di quella prodotta a ω_I

$$k T_{eq} \Delta f \cdot \frac{4 R_s (Z_{io} + Z_{out})}{(R_s + Z_{io} + Z_{out})^2} \cdot \frac{Z_{io}}{(Z_{io} + Z_{out})}$$

dove il primo fattore è il disadattamento del carico (V_T^2 ha come resistenza R_s)

e il secondo la quota di potenza su Z_{io} .

Per quanto riguarda il termine di "shot noise", occorre considerare che $i_D(t)$ non è costante, ma periodica a frequenza ω_L

$$i_D(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} I_n e^{in\omega_L t} \quad (1)$$

Di conseguenza le varie componenti armoniche della corrente di rumore sono correlate. Più precisamente posto $i_s(t)$ la corrente di

shot noise, mult

(23)

$$i_s(t) = \frac{1}{2} \sum I_{sm} e^{j(\omega_s + m\omega_c)t} + c.c.$$

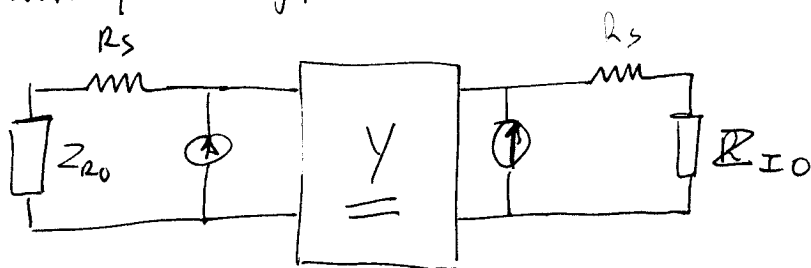
(avendo trascurato tutte le altre frequenze che non contribuiscono a IF).

e si dimostra che l'auto correlazione della corrente $i_s(t)$ vale

$$\overline{I_{sm} I_{sn}^*} = 2q I_{n-m} \cdot \Delta f$$

dove I_{n-m} sono i coefficienti di (1).

Limitiamoci a considerare solo le componenti $m=0,1$ in un mixer resistivo. Poiché $i_s(t)$ va in parallelo al diodo, il circuito equivalente risulta quello di figura



dove le due correnti di rumore sono a frequenza diversa.

Usando

Per la sovrapposizione degli effetti, consideriamo prima la sorgente di sinistra.

Questa produce una tensione V_1 per cui

$$V_1 = I_{s1} \cdot [Z_{in} \parallel (Z_{20} + R_s)]$$

la corrente in Z_{10} vale allora

$$I^{(1)} = \frac{V_s}{R_s + Z_{IO}} = \frac{g_c V_s}{g_o + \frac{1}{R_s + Z_{IO}}} \cdot \frac{1}{R_s + Z_{IO}} = \frac{g_c V_s}{1 + g_o (R_s + Z_{IO})}$$

e poiché all'ingresso c'è quasi adattamento (in realtà è a monte di R_s)

$$I^{(1)} \approx \frac{g_c \frac{Z_{IO} + R_s}{2}}{1 + g_o (R_s + Z_{IO})} I_{s1} = K_1 I_{s1}$$

Considerando invece l'uscita, basta usare un fattore di corrente

$$I^{(2)} = I_{s2} \cdot \frac{1/Y_{OUT}}{\frac{1}{Y_{OUT}} + R_s Z_{IO}} = K_2 I_{s2}$$

e nelle stesse approssimazioni di adattamento $I^{(2)} = \frac{1}{2} I_{s2}$

La corrente totale (a frequenza ω_1) attraverso Z_{IO} è

$$I_{ST} = I^{(1)} + I^{(2)} = K_1 I_{s1} + K_2 I_{s2}$$

e la potenza di rumore vale

$$N_s = \frac{1}{2} Z_{IO} \cdot \overline{I_{ST} I_{ST}^*} =$$

$$\frac{1}{2} Z_{IO} \cdot \left\{ K_1^2 I_o + K_2^2 I_o + 2K_1 K_2 I_1 \right\} 2q \Delta f \quad (2)$$

che va sommata alla potenza di rumore termico già calcolata.

Si noti nella (2) la presenza del terzo termine che deriva dalla auto correlazione delle componenti di rumore shot.