

Altre componenti del rumore elettronico:

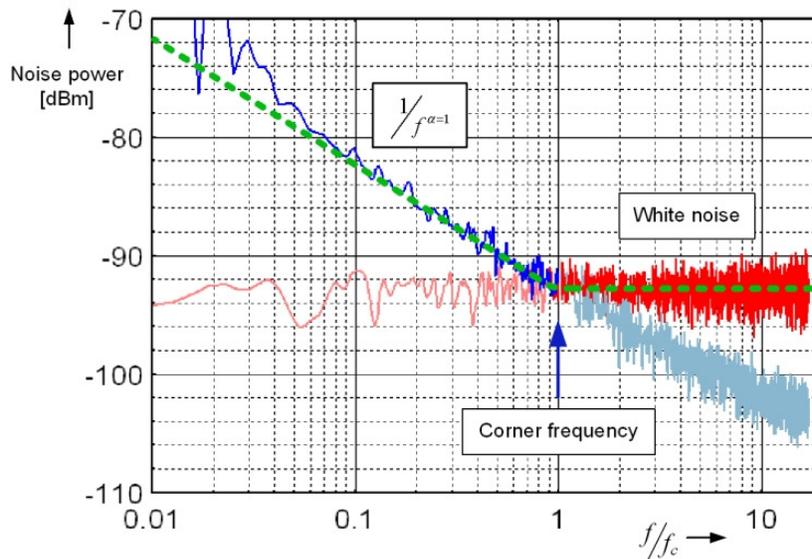
Rumore flicker ('Sfarfallamento')

Origine non chiara, presente in moltissimi 'segnali', anche non elettronici

Densita' spettrale 'rosa':

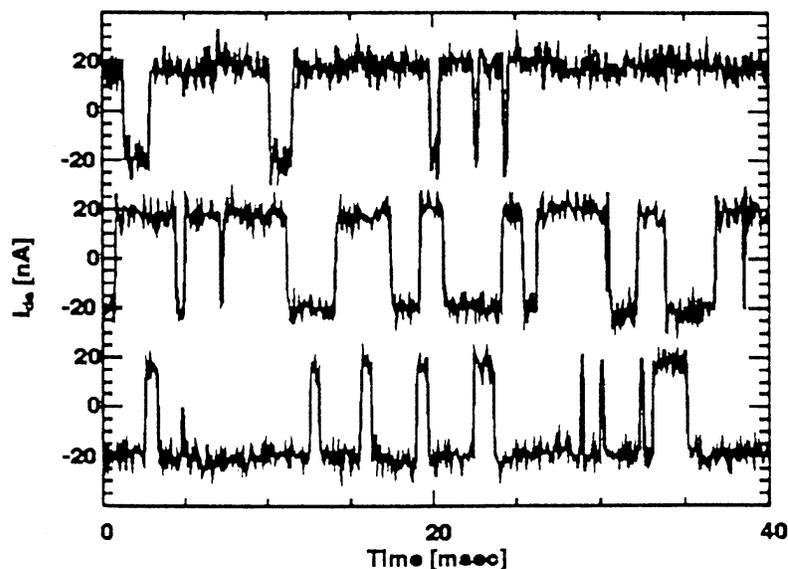
$$\langle V_n^2 \rangle_\omega = \frac{C}{\omega^\alpha}, \quad \alpha \sim 1$$

Dominante a bassa, trascurabile ad alta frequenza



Rumore RTS (= Random Telegraph Signals), o Burst Noise, o Popcorn noise:

Origine non chiara, presente soprattutto nei circuiti integrati



Esempio: Effetto del rumore sulla misura di una piccola corrente

Misura effettuata con la caduta di tensione su una resistenza R

Considerando solo contributi termico e shot:

$$V_s = IR \rightarrow V_s^2 = I^2 R^2$$

$$V_n^2 = 4kTR\Delta\nu + 2eI\Delta\nu$$

Rapporto rumore/segnale:

$$\rightarrow \frac{\sqrt{\langle V_n^2 \rangle}}{V_s} = \frac{\sqrt{(4kTR + 2eI)\Delta\nu}}{IR} = \sqrt{\frac{(4kTR + 2eI)\Delta\nu}{I^2 R^2}} = \sqrt{\left(\frac{4kT}{I^2 R} + \frac{2e}{IR^2}\right)\Delta\nu}$$

Cifra di rumore (NF , Noise Figure):

Grandezza adatta a descrivere compattamente le proprietà di un circuito (p es amplificatore) per ciò che riguarda il rumore

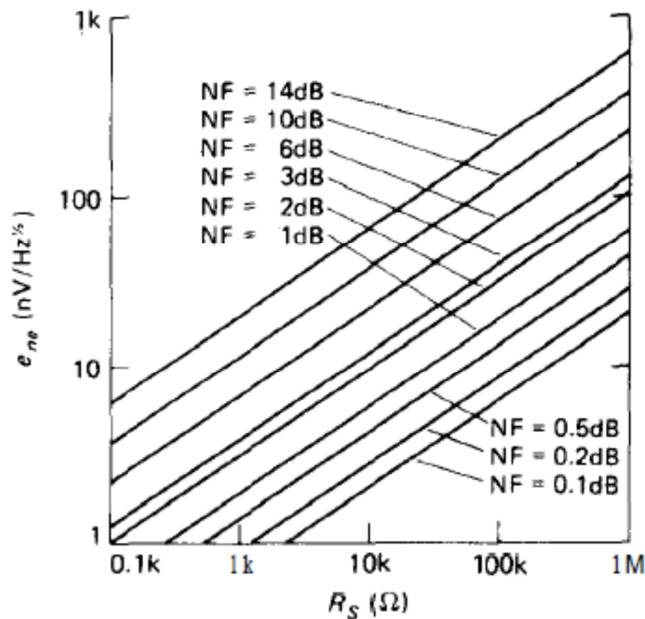
Segnale proveniente da un generatore di impedenza R_s amplificato da uno stadio ad elevata impedenza di ingresso $Z_{in} \gg R_s$:

$$NF_{dB} = 10 \log_{10} \frac{4kTR_s + \langle v_n^2 \rangle_\omega}{4kTR_s}$$

$\langle v_n^2 \rangle_\omega$ densità spettrale di rumore dello stadio riferita all'ingresso

La cifra di rumore misura il rumore che lo stadio aggiunge al termico della sorgente

Tensione di rumore rms / \sqrt{Hz} in funzione di R_s per diverse cifre di rumore a $T = 300$ K:



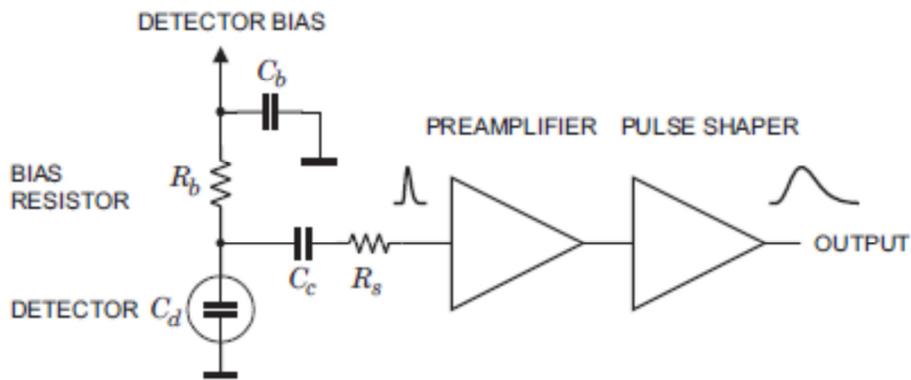
Fissato $\langle v_n^2 \rangle$, la temperatura di rumore T_n è definita da:

$$\langle v_n^2 \rangle_\omega = 4kT_n R_s$$

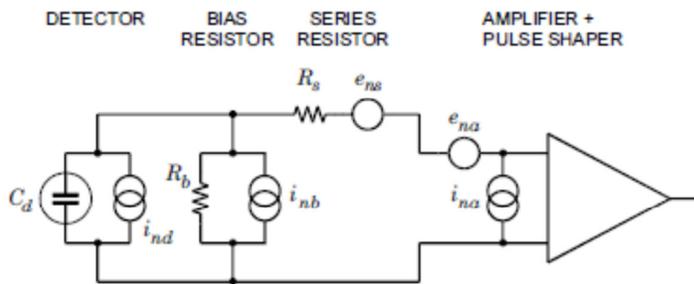
$$\langle v_n^2 \rangle_\omega = \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) 4kTR_s \rightarrow T_n = T \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right)$$

Cenni all' effetto del rumore sul trattamento del segnale
 proveniente da rivelatori di radiazione

Situazione tipica, ma non unica:



Circuito equivalente per l'analisi del rumore:



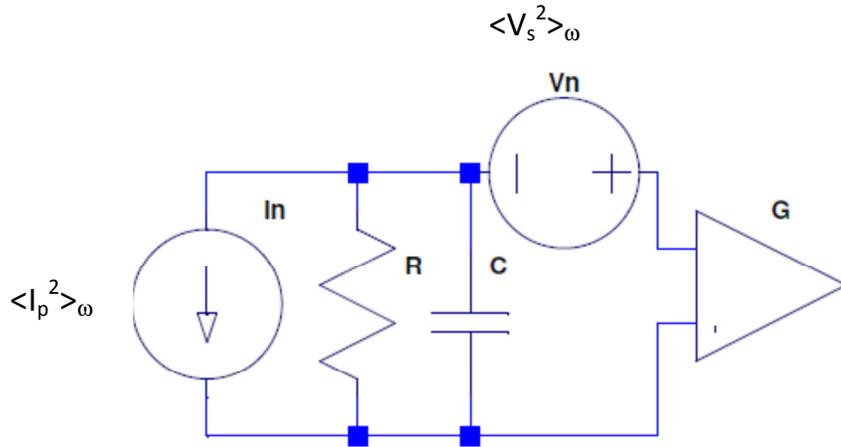
Rumore parallelo:

- Shot da corrente di leakage del detector
- Shot da corrente di ingresso dell'amplificatore
- Termico da resistenza di polarizzazione (bias)

Rumore serie:

- Termico da resistenza serie
- Rumore serie dell'amplificatore

Situazione generale all'ingresso del I stadio di amplificazione:



→ Densità spettrale di tensione di rumore all'ingresso:

$$\langle v_{in}^2 \rangle_\omega \approx \langle i_p^2 \rangle_\omega \underbrace{\frac{1}{\omega^2 C^2}}_{=|Z_{RC}|^2} + \langle v_s^2 \rangle_\omega$$

$$\langle i_p^2 \rangle_\omega : \text{shot+termico} \rightarrow \text{bianco} \equiv A$$

$$\langle v_s^2 \rangle_\omega : \text{shot+flicker} \rightarrow B + \frac{F}{\omega}$$

$$\rightarrow \langle v_{in}^2 \rangle_\omega = \frac{A}{\omega^2 C^2} + B + \frac{F}{\omega}$$

Se lo stadio ha funzione di trasferimento $H(\omega)$:

$$\langle v_{out}^2 \rangle_\omega = |H(\omega)|^2 \left(\frac{A}{\omega^2 C^2} + B + \frac{F}{\omega} \right)$$

$$\rightarrow \langle V_{out}^2 \rangle = \int_0^\infty |H(\omega)|^2 \left(\frac{A}{\omega^2 C^2} + B + \frac{F}{\omega} \right) d\omega$$

$H(\omega)$ può essere ottimizzato per minimizzare $\langle V_{out}^2 \rangle$