RUMORE TERMICO

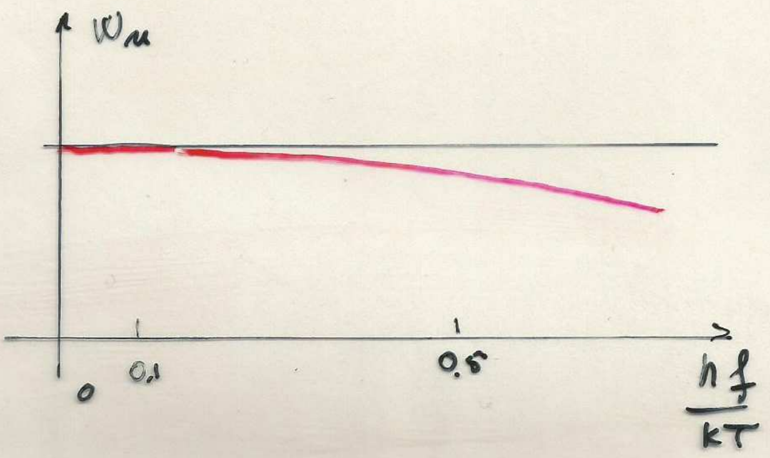
$$N = W_M(f)\, df$$

LA POTENZA DISPONIBILE DI RUMORE TERMICO È DATA DALLA FORMULA DI NYQUIST

$$N = \frac{hf}{e^{hf/kT} - 1}\, df$$

$h = 6.62\ 10^{-34}\ j/Hz$ (PLANCK)

$k = 1.38\ 10^{-23}\ j/°K$ (BOLTZMAN)



$$W_M = kT \quad \text{se} \quad \frac{hf}{kT} < 0.1$$

SORGENTI DI RUMORE TERMICO

Il rumore termico deriva dal moto casuale di particelle cariche (agitazione termica)

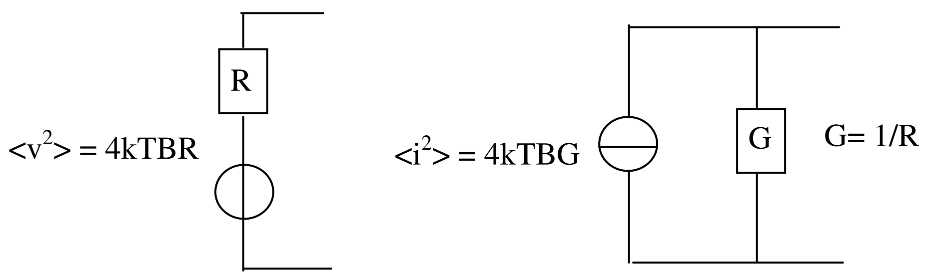
Le sue proprietà derivano da considerazioni di meccanica quantistica e il modello statistico è un processo casuale gaussiano ergodico a valor medio nullo

Il rumore termico si manifesta come una fluttuazione della tensione misurabile ai capi di una resistenza o come rumore di fondo captato da un'antenna .
All'aumentare della temperatura i moti di agitazione termica aumentano

Il valor quadratico medio della tensione di rumore misurabile in una banda B ai capi di una resistenza R è

$$\langle v^2 \rangle = 4\ kT\ B\ R$$

$k = 1.38\ 10^{-23}$ J/°K Costante di Boltzman
Il modello di sorgente è costituito da un generatore di tensione o di corrente ed una resistenza R



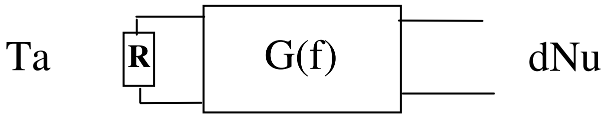
La potenza disponibile da questi generatori è indipendente dalla resistenza

$$N = k\ T\ B$$

Se $T = T_o = 290°k$ $\quad k\ T_o = 4\ \ 10^{-21}$ W/Hz

RUMORE NEI RICEVITORI

Sia G(f) il guadagno del blocco funzionale che ha in ingresso una resistenza rumorosa a temperatura Ta



La potenza in uscita nella bandina df è

$$dNu = k\ Ta\ df\ G(f) + W_{int}\ (f)\ df$$

W_{int} (f) è la densità spettrale del rumore generato internamente

RUMORE IMPULSIVO

Il pricipale rumore dei dispositivi elettronici è il rumore impulsivo dovuto ai portatori di carica
che generano contributi impulsivi al segnale di rumore in tempi tj casuali per cui

$$s_n(t) = q\sum_j \delta(t - t_j)$$

q è la carica dell'elettrone $q = 1.6\ \ 10^{-19}$ C
La probabilità di avere k contibuti in un intervallo di tempo dT è espressa dalla distribuzione di Poisson

$$P(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

λ che rappresenta il valor medio può essere visto come α dT con α corrispondente al numero di impulsi per unità di tempo

Il valor medio di $s_n(t)$ risulta pertanto $<s_n(t)> = q\ \alpha = I$ corrente media che attraversa il dispositivo
e la varianza $\sigma_n^2 = 2\ q\ I\ B$ con B banda in cui valuto il rumore

La potenza di rumore complessiva somma della potenza di rumore termico e di quello impulsivo

$$dNu = (4kTa / R)\ G(f)\ df + 2q\ I\ G(f)df =$$
$$(4kTa / R)G(f)\ df + (4kTe / R)G(f)df$$

POTENZA DI RUMORE

Si può scrivere

W_{int} (f) df = k Te(f) G(f) df

Si può pensare di riportare il rumore generato dalla rete all'ingresso aumentando di Te la temperatura della resistenza di ingresso

$$dNu = k[Ta + Te(f)]\, G(f)\, df$$

Scriviamo il rapporto in uscita fra potenza del rumore effettivo nella banda df e quella che si avrebbe sempre nella banda df senza tener conto della rumorosità del dispositivo

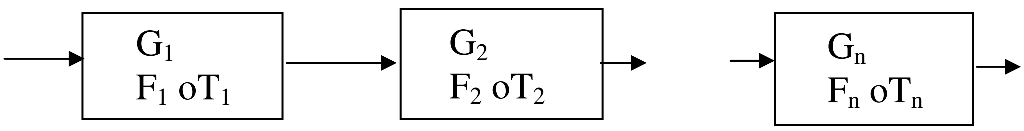
$$\frac{dNu}{dNui} = \frac{k\,[Ta + Te]\,G(f)df}{k\,Ta\,G(f)df}$$

se Ta =To questo rapporto viene chiamato CIFRA DI RUMORE del ricevitore e si indica con F

Si ricava anche la relazione fra F e Te

$$\frac{To + Te}{To} = F \qquad Te = To(F - 1)$$

Se il ricevitore è costituito da blocchi interconnessi



$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \ldots.\frac{F_n - 1}{G_1 G_2 .. G_{n-1}}$$

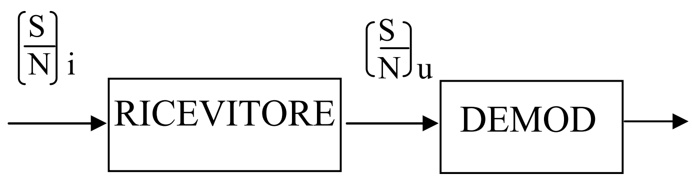
$$T = T_1 + \frac{T_2}{G_1} + \ldots.\frac{T_n}{G_1 G_2 .. G_{n-1}}$$

RAPPORTO SEGNALE RUMORE IN RICEZIONE

La qualità del segnale ricevuto dipende non solo dalla potenza del segnale ma anche dalla potenza di rumore o meglio dal rapporto segnale rumore

Se trasmetto una potenza P_T che subisce una attenuazione L_{tr}

$$\frac{P_R}{kT_aB} = \left(\frac{S}{N}\right)_i = \frac{P_T}{L_{tr}\ \ kT_aB}$$



All'uscita della sezione RF del ricevitore (all'ingresso del demodulatore) il rapporto S/N è diverso in quanto
al rumore di ingresso si è aggiunto il rumore degli stadi del ricevitore

$$\left(\frac{S}{N}\right)_u = \frac{P_RG}{k(T_a + T_e)BG}$$

Se l'ingresso è a temperatura ambiente To si può utlizzare la cifra di rumore per esprimere il legame rapporti segnale rumore all'ingresso e all'uscita del ricevitore

$$F = \frac{k[To + Te]GB}{kToGB} = \frac{N_u}{N_i}\ \frac{1}{G} \qquad G = \frac{S_u}{S_i} \qquad F = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_i}{\left(\frac{S}{N}\right)_u}$$

$$poichè \quad F\ è\ funzione\ della\ f \qquad N_u = \int_0^{\infty} F(f)kToG(f)df$$

$$\overline{F} = \frac{\int_0^{\infty} F(f)G(f)df}{\int_0^{\infty} G(f)df} \qquad N_u = kTo\overline{F}\int_0^{\infty} G(f)df$$

B_n è la banda equivalente di rumore

$$N_u = kT_o\overline{F}\ G_{max}B_n\ df$$