

Circuitos RF

PRELAB 03

Gustavo Soares

① $R_F = 75 \Omega$
 $T = 290K$

$$\Rightarrow S_{vn} = \frac{V_n^2}{B} = \frac{1}{4} k T R$$
$$= \frac{1}{4} \cdot 1,381 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 75$$
$$= 1,20 \cdot 10^{-18} J \cdot \Omega$$

$$\Rightarrow S_t(f) = kT$$
$$= 1,381 \cdot 10^{-23} \cdot 290 = 4 \cdot 10^{-21} J$$

② O ruído térmico (também conhecido a Johnson-Hyquist) é devido à energia cinética de elétrons livres em condutor, mais especificamente, por conta de sua movimentação aleatória. Pela derivação de Nyquist em 1928, se caracteriza pela equação de densidade espectral de potência de ruído: $S_t = kT$, onde "k" é a constante de Boltzmann e T é a temperatura em kelvin. Em geral é modelado/associado como ruído branco. Já o ruído flicker, também denominado de "ruído de contato", é devido à imperfeição de contatos entre materiais. É presente em todos componentes eletrônicos ativos e apresenta dependência de características do material, frequência e corrente DC no sistema. É modelado/interpretado como "ruído rosa", ou seja, apresentando comportamento $\frac{1}{f}$, sendo mais predominante em baixas freqüências.

③ Um resistor pode apresentar ruído flicker dependendo de seu modo de construção. Resistores de carbono destacam-se na literatura como os que apresentam maior tendência em revelar ruído flicker por conta de seus materiais e geometria. Enquanto resistores de fio (wire-wound) apresentam menor prenínéria para tal tipo de ruído. Observa-se que, em baixas frequências, o ruído flicker pode afetar o sistema, dependendo do projeto, sendo ordens de grandeza acima de ruído térmico.

④ A relação sinal-ruído (Signal-to-noise ratio, SNR) é definida como a razão entre potência de um sinal e potência de ruído associados a um sistema. É expressa como:

$$SNR = \frac{P_{\text{sinal}}}{P_{\text{ruído}}} \text{ ou } SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{sinal}}}{P_{\text{ruído}}} \right)$$

É uma variável adimensional, geralmente utilizada em sistemas eletrônicos, porém podendo ser aplicada a sistemas ópticos e acústicos.

$$⑤ P = 15 \mu W = 15 \cdot 10^{-12} W$$

$$\Rightarrow P_{dBm} = 10 \log_{10} \left(\frac{25 \cdot 10^{-12}}{10^{-3}} \right) = -78,2391 dBm$$

$$⑥ P_{dBm} = -85 dBm \Rightarrow P = 10^{\frac{-85}{10}} \cdot 10^{-3} = 3,16 \mu W$$

$$R = 100 \quad \Rightarrow V_{\text{rms}} = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{3,16 \cdot 10^{-3}} = 17,78 \mu V$$

⑦ Fator de ruído é definido como:

$$F = \frac{SNR_i}{SNR_o}, \text{ onde } SNR_i \text{ é a relação sinal-ruído à entrada}$$

e SNR_o é a relação sinal-ruído à saída

Temos que: $SNR_i = \frac{S_i}{N_i}$, onde S_i é potência do sinal de entrada
 N_i é potência de sinal de saída

$$SNR_o = \frac{S_o}{N_o}$$

Portanto: $N_o = G \cdot N_i + N_e$, onde G é o ganho do estágio
 N_e é o ruído em excesso do estágio

$$\text{Logo: } F = \frac{S_i}{N_i} \cdot \frac{N_o}{S_o}$$

$$= \frac{S_i}{N_i} \cdot \frac{G \cdot N_i + N_e}{G \cdot S_i} = 1 + \frac{N_e}{G \cdot N_i}$$

$$\text{Como } N_i = k \cdot T \cdot B, \text{ então: } F = 1 + \frac{N_e}{G \cdot k \cdot T \cdot B} \Rightarrow N_e = (F-1) \cdot G \cdot k \cdot T \cdot B$$

Define-se Fator de Ruído como: $NF = 10 \log_{10}(F)$

Para cada estágio temos o ruído inicial multiplicado pelos ganhos dos estágios anteriores.

Sendo:

$$F_{\text{TOTAL}} = F_1 + \underbrace{\frac{N_{o2}}{N_1 \cdot G_1 \cdot G_2}}_{\frac{F_2 - 1}{G_1}} + \dots + \underbrace{\frac{N_{on}}{N_1 \cdot G_1 \cdot \dots \cdot G_n}}$$

$$\text{Assim: } F_{\text{TOTAL}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 \cdot G_2} + \dots + \frac{F_{n-1}}{G_1 \cdot \dots \cdot G_{n-1}}$$

$$= F_1 + \sum_{n=2}^m \left(\frac{F_n - 1}{\prod_{i=2}^n G_{i-1}} \right)$$

E finalmente:

$$NF_{\text{TOTAL}} = 10 \log_{10}(F_{\text{TOTAL}}) = 10 \log_{10} \left\{ F_1 + \sum_{n=2}^m \left(\frac{F_n - 1}{\prod_{i=2}^n G_{i-1}} \right) \right\}$$