

Bruit 2

1. Bruit thermique

Def:

Le bruit thermique du bruit de Johnson-Nyquist est causé par l'agitation thermique des électrons, il existe en absence de courant.

Ce bruit est caractérisé par sa densité spectrale de puissance, qui exprime la puissance de bruit par unité de bande passante en (V^2/Hz) .

Pour une résistance R à température T , sa densité spectrale de puissance DSP est donnée par

$$DSP = 4k_B T R \text{ en } (V^2/Hz)$$

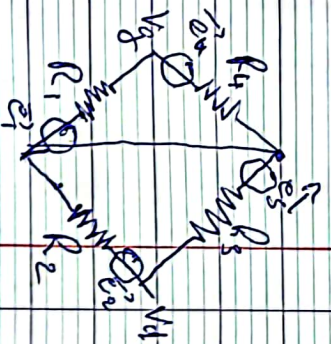
ou bien en $\sqrt{4k_B T R}$

(c'est la valeur efficace du bruit en $(V/\sqrt{Hz})$)

Cette notion du bruit nous donne une information très importante sur la limite de mesure de la variabilité de température. (la plus petite différence de température que l'on peut mesurer).

2. Calcul de Bruit dans le circuit de Thermocouple différentiel.

2.1 Bruit du point



$$e_1: V_{g2} e_1 \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_u} \right) \quad V_d = 0$$

$$e_4: V_{g2} - e_4 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_u} \quad V_d = 0$$

$$e_2: V_{g2} = 0 \quad V_d = e_2 \left(1 - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$$

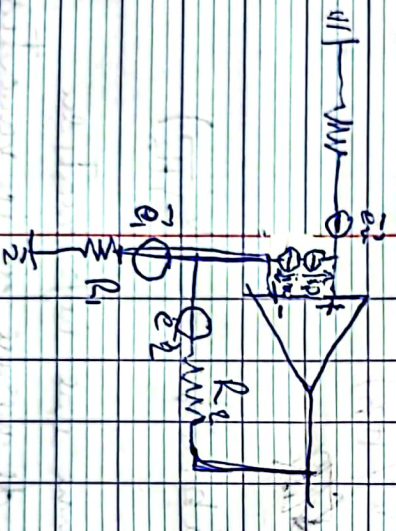
$$e_3: V_{g2} = 0 \quad V_d = -e_3 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

$$\overrightarrow{m_{og}} = e \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{4k_B T R}$$

$$\overrightarrow{m_{od}} = e \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{4k_B T R}$$

$$M_{tot} = \sqrt{m_{og}^2 + m_{od}^2} = \sqrt{4k_B T R} \quad (\text{à la sortie du Pout})$$

Bruit des amplis op.



$$\overrightarrow{e_u}: V_{g2} e_u \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$i_p: V_{g2} = i_p \cdot R_a \cdot G$$

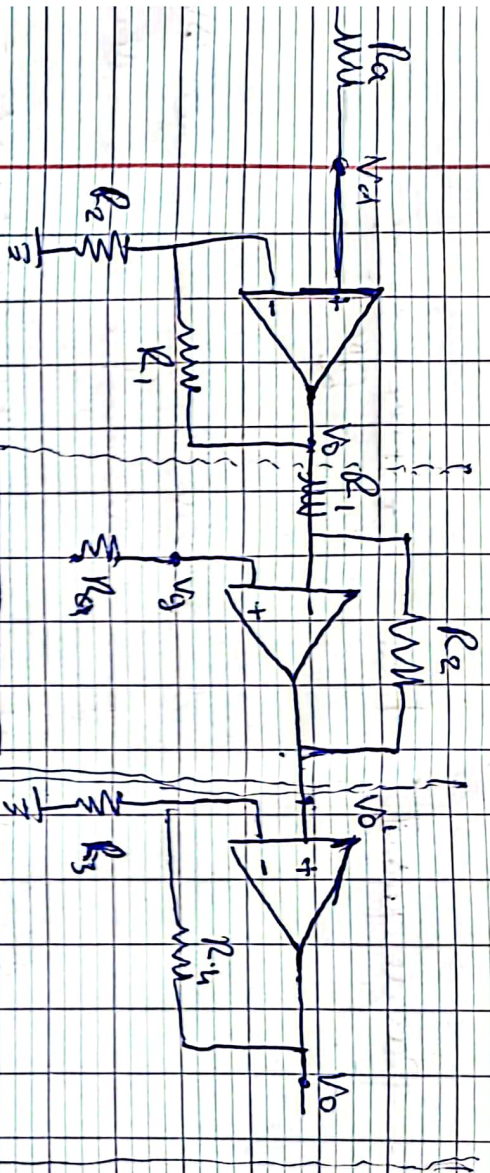
$$i_a: V_{g2} = i_a \cdot R_2$$

$$e_2: V_{g2} = e_2$$

$$e_1: V_{g2} = e_1 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

$$M_0 = \sqrt{V_{g2}^2 + V_{g1}^2 + V_{g2}^2 + V_{g2}^2 + V_{g2}^2}$$

notre amplificateur (couple) mais on peut le voir :



$$V_{01} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$V_{02} = V_{in} \cdot \left(-\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$V_{03} = V_{in} \cdot \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right)$$

G_1

G_2

G_3

$$V_{02} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot (V_g - V_d)$$

Le bruit totale à la sortie des deux premiers amplis :

$$n_{bt1} = \sqrt{n_{02}^2 + G_2^2 \cdot n_{01}^2}$$

$$n_{bt1} = \sqrt{G_1^2 (e_u^2 + i_p^2 R_a^2) + (G_1 - 1)^2 (e_2^2 + i_u^2 R_1^2) + e_1^2}$$

$$n_{02} = \sqrt{G_1^2 (e_u^2 + i_p^2 R_a^2) + (G_1 - 1)^2 (e_2^2 + i_u^2 R_1^2) + e_2^2}$$

$$n_{bt2} = \sqrt{G_1^2 [e_u^2 + i_p^2 R_a^2] + (G_1 - 1)^2 [e_2^2 + i_u^2 R_1^2] + e_2^2}$$

$$= 33 \mu V / \sqrt{Hz}$$

$$n_{bt2} = \sqrt{G_1^2 \cdot n_{01}^2 + n_{02}^2}$$

$$n_{02} = \sqrt{(G_1 \cdot G_1)^2 [e_p^2 R_a^2] + (G_1 \cdot G_1 - 1)^2 [e_3^2 + i_u^2 R_3^2] + e_4^2} = 10 \mu V / \sqrt{Hz}$$

$$n_{bt2} = 34 \mu V / \sqrt{Hz}$$

Soit la quantification:

Pas de quantification

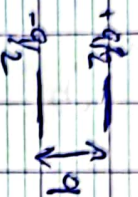
$$q = \frac{\Delta V}{Q_N}$$

ΔV : l'aplan des mesures

N : nombre de bits 10-12

$$q_1 = \frac{20}{2^{12}} = 4.8 \text{ mV}$$

$$q_2 = \frac{0.14}{2^{12}} = 34 \text{ pV}$$



La carte d'acquisition prend des valeurs discrètes donc elle arrondit nos valeurs analogiques à la valeur numérique la plus proche:

$$P' \text{ écarte donc vers } -q_2 \text{ et } +q_2 \quad q_2 = q_2 - (-q_2)$$

donc elle soit un peu uniforme donc on peut calculer la variance

$$\sigma^2 = \frac{1}{q} \int_{-q/2}^{+q/2} x^2 dx = \frac{q^2}{12}$$

donc notre bruit de quantification est:

$$\text{mq} = \sqrt{\sigma^2} = \sigma = \frac{q}{\sqrt{12}} \text{ car } V$$

$$\text{mq}_1 = 21 \text{ mV}$$

$$\text{mq}_2 = 28 \text{ pV}$$