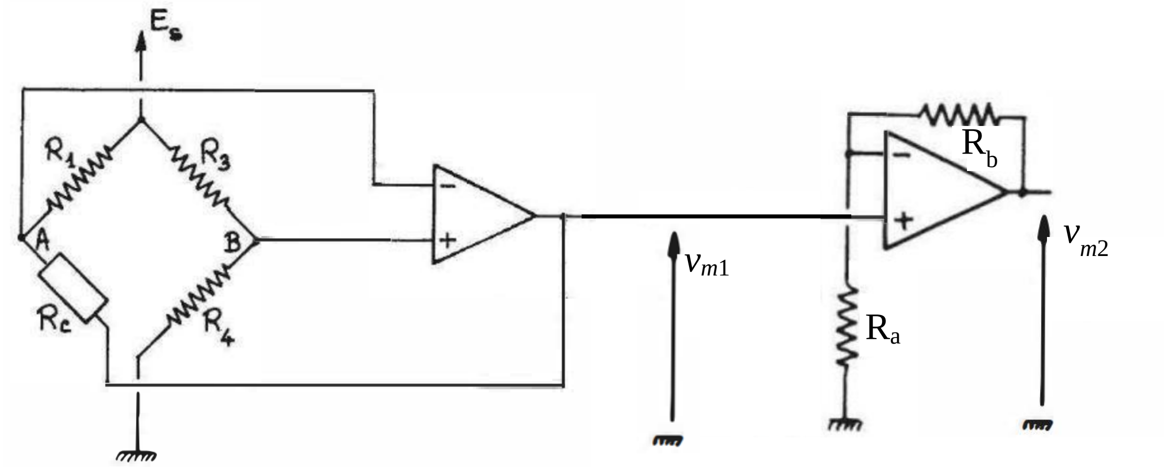
Université Mohamed KHider
Faculté des sciences et de la technologie
Département : Génie Electrique

3eme année ELN
Matière : Capteurs et Instrumentation
Année universitaire 2023-2024

Correction du TD N°3: Conditionneurs du signal

Exercice N°1 : Linéarisation et amplification

Le capteur résistif R_C est placé dans la boucle de réaction négative de l'amplificateur. Pour la valeur m_0 du mesurande, prise comme origine de ses variations, le capteur a pour résistance R_{C0} et les autres résistances sont égales : $R_1=R_3=R_4=R_{C0}=100\ \Omega$. La source d'alimentation E_S est indépendante de la température $E_S=5$ V et le gain en tension de l'amplificateur non inverseur est fixé à $G_V=20$ avec $Ra=10k\Omega$. La résistance du capteur R_C suit la formule $R_C=R_{C0}+\alpha T$ où T est la température en degré Celsius ($0\ °C \le T \le 100\ °C$) et α est le coefficient de température $\alpha=4\times10^{-2}\ \Omega/°C$.



1) Calculer v_{m1} pour $R_C=R_{C0}$.

$$V_B = V^+ = \frac{R_4}{R_3+R_4}E_s = \frac{E_s}{2} \qquad V_A = V^- = \frac{\frac{E_s}{R_1}+\frac{v_{m1}}{R_{c0}}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_{c0}}} = \frac{E_s}{2}+\frac{v_{m1}}{2}$$

$$V^+ = V^- \rightarrow v_{m1}(R_c = R_{c0}) = 0\ V$$

2) Donner l'expression de Δv_{m1} pour une variation ΔR_C de la résistance R_C.

$$V_B = \frac{R_4}{R_3+R_4}E_s = \frac{E_s}{2}$$

En appliquant Millman: $V_A = \frac{\frac{E_s}{R_1}+\frac{v_{m1}}{R_c}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_c}}$ ou bien en appliquant le diviseur de tension:

$$V_A - v_{m1} = \frac{R_c}{R_c+R_1}(E_s - v_{m1})$$

$$V_A = V_B \quad => \frac{\frac{E_s}{R_1}+\frac{v_{m1}}{R_c}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_c}} = \frac{E_s}{2} \quad => \quad v_{m1} = v_{m1}(R_c = R_{c0}) + \Delta v_{m1} = -\frac{E_s}{2R_{c0}}\Delta R_c$$

⇨ $\Delta v_{m1} = -\frac{E_s}{2R_{c0}}\Delta R_c$

3) Donner l'expression de Δv_{m2} en fonction de ΔR_C.

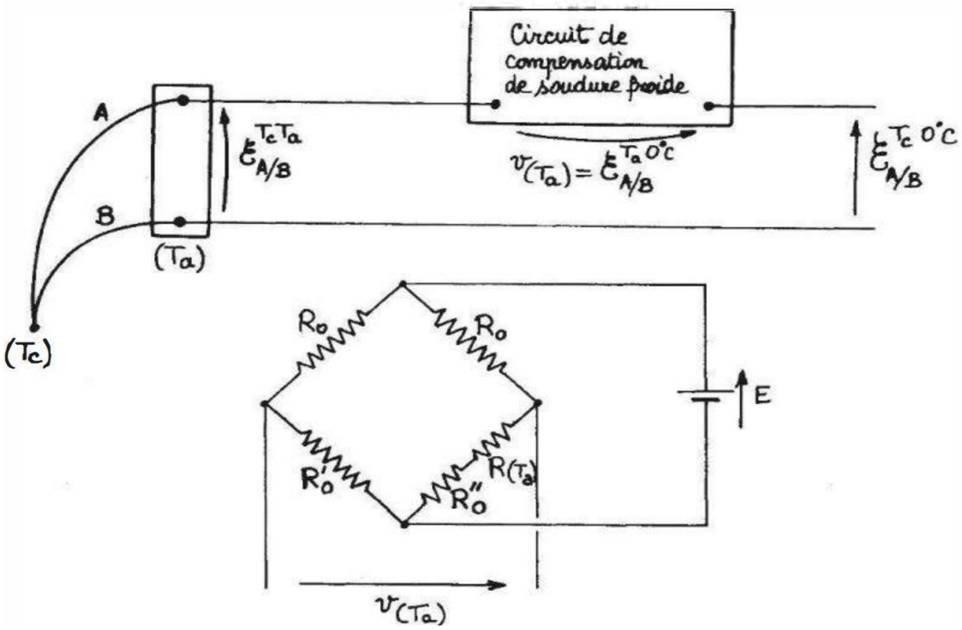
$$v_{m2} = \left(1+\frac{R_b}{R_a}\right)v_{m1} = -\left(1+\frac{R_b}{R_a}\right)\frac{E_s}{2R_{c0}}\Delta R_c$$

Exercice N°2 : Conditionneur du signal

Le thermocouple est un capteur actif (source de tension). La f.é.m. $E_{A/B}^{T_cT_a}$ du thermocouple dépend à la fois de la température T_c de la jonction placée au point de mesure et de la température T_a de la jonction froide. Connaissant la valeur de la température ambiante Ta (en utilisant une thermistance par exemple), on utilise la formule suivante pour déterminer la température T_c :

$$\boldsymbol{E_{A/B}^{T_c0°C} = E_{A/B}^{T_cT_a} + E_{A/B}^{T_a0\,°C}}$$

La tension de sortie à comparer avec la table du thermocouple	La f.é.m. générée par le thermocouple	La tension de correction générée par le circuit de compensation



1) Le pont est équilibré à la température Ta=0 °C. Donner la condition d'équilibre.

$$\boldsymbol{R_0(R_0 + R_0'') = R_0R_0' \;\rightarrow\; R_0' = R_0 + R_0''}$$

2) La résistance $R(T_a)$ du capteur de la température de la jonction froide est une fonction linéaire de la température : $R(T_a)=R_0(1+\alpha_RT)$. Donner la condition pour laquelle la tension v(Ta) soit égale à la f.é.m. du thermocouple à la température T_a sachant que la sensibilité du thermocouple est constante autour de la température T_a :

$$\boldsymbol{E_{A/B}^{T_a0\,°C}} = s \times T_a.$$

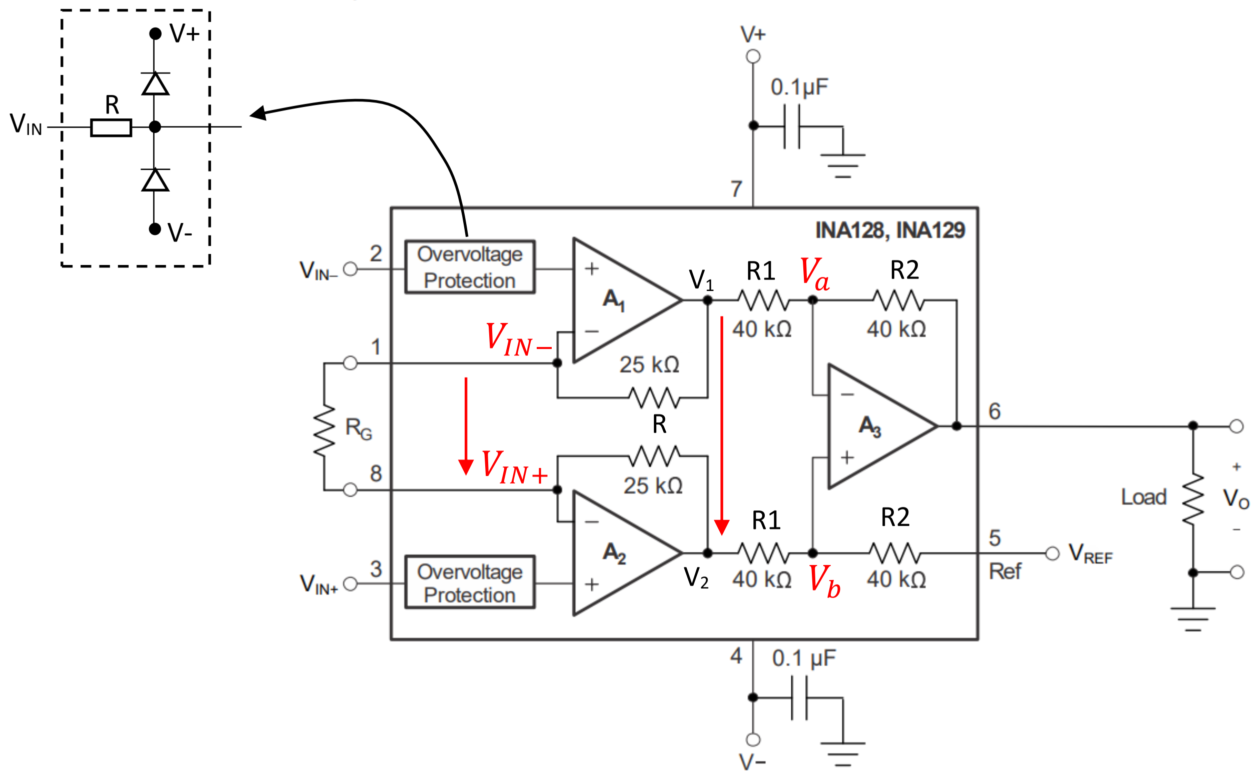
La tension $v(T_a)$ est donnée par :

$$v(T_a) = \left(\frac{R_0''+R(T_a)}{R_0+R_0''+R(T_a)} - \frac{R_0'}{R_0'+R_0}\right)E = \frac{R_0^2\alpha_RT_a}{(R_0+R_0')(R_0+R_0'+R_0\alpha_RT_a)}E \cong \frac{R_0^2\alpha_RE}{(R_0+R_0')^2}T_a$$

L'équation ci-dessus est obtenue en utilisant l'approximation : $\frac{R_0\alpha_RT_a}{R_0+R_0'} \ll 1.$

$v(T_a)$ est égale à $\boldsymbol{E_{A/B}^{T_a 0\,°C}}$ alors: $\frac{R_0{}^2 \alpha_R E}{(\boldsymbol{R_0}+\boldsymbol{R_0}')^2} = s.$

3) La tension de sortie $\boldsymbol{E_{A/B}^{T_c 0\,°C}}$ est amplifiée par l'amplificateur d'instrumentation INA128. Donner l'expression de V_o en fonction de R_G et V_{REF}.



$$V_{IN+} - V_{IN-} = \frac{R_G}{R_G+2R}(V_2 - V_1)$$

$$V_a = \frac{\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_o}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} \qquad V_b = \frac{\frac{V_2}{R_1}+\frac{V_{ref}}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}}$$

$$V_a = V_b \Rightarrow V_o = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1) + V_{REF} = \frac{R_2}{R_1}\frac{R_G+2R}{R_G}(V_{IN+} - V_{IN-}) + V_{REF}$$