

TD2- Capteur& Instrumentation

Exercice1 : Potentiomètre linéaire en capteur de position push-pull

Un capteur linéaire de déplacement rectiligne est constitué d'un potentiomètre linéaire schématisé sur la figure. On désigne par Δx la valeur du déplacement du curseur par rapport à la position milieu que l'on prend pour origine de l'axe x.

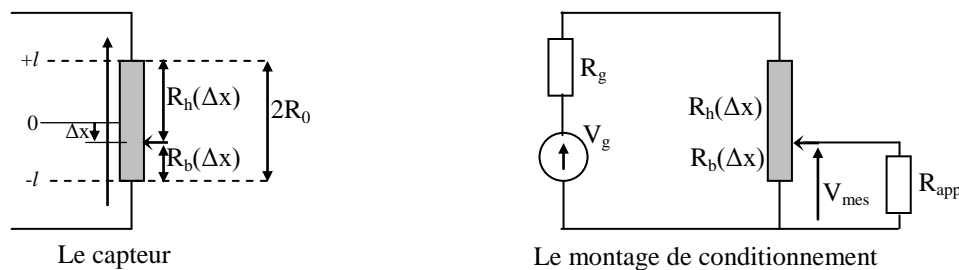


Figure : Potentiomètre linéaire en capteur push-pull

1. La course utile du potentiomètre est longue $2l=10\text{cm}$ et sa résistance totale est $2R_0$. En déduire l'expression des résistances $R_b(\Delta x)$ et $R_h(\Delta x)$ du potentiomètre (voir Figure) pour un déplacement du curseur par rapport à la position milieu.
2. Le potentiomètre est monté suivant le schéma de la figure. La tension de mesure V_{mes} , image de la position du curseur, est mesurée par une électronique d'impédance d'entrée R_{app} . Exprimer V_{mes} en fonction de $R_b(\Delta x)$, $R_h(\Delta x)$, R_g , R_{app} et V_g .
3. Que devient cette expression pour $R_{app} \gg R_0$?
4. En déduire la sensibilité S_{mes} de la mesure.
5. Quelle valeur doit-on donner à R_g pour que cette sensibilité soit maximale ? Que deviennent dans V_{mes} ce cas et S_{mes} ? Calculer la sensibilité réduite S_r .
6. Afin d'assurer un fonctionnement correct du capteur, le constructeur a fixé une limite $V_{max}=0.2\text{m/s}$ pour la vitesse de déplacement V du curseur. En admettant que le curseur a un mouvement sinusoïdal d'amplitude $a=1\text{cm}$ autour d'une position x_0 donnée, calculer la fréquence maximale f_{max} des déplacements que l'on traduise avec ce système.

Exercice2 : Capteur capacitif push-pull à glissement du diélectrique

On considère la structure de la figure1 constituée de deux condensateurs plans identiques C_1 et C_2 , de surface carré ou rectangulaire d'aire A , entre les armatures desquels se place selon l'axe x un noyau diélectrique de permittivité relative ϵ_r et de longueur l .

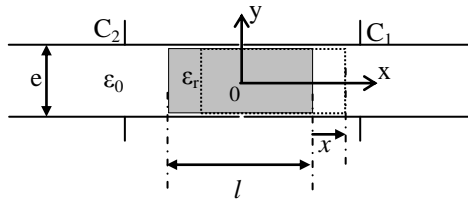


Figure1 : Condensateur à diélectrique glissant

On rappelle que la capacité plan est donné par $C = \epsilon \cdot (S/e) = \epsilon_0 \epsilon_r (\text{Surface}/\text{épaisseur})$

1. Le noyau étant à sa position initiale, centré en $x=0$ (rectangle gris), déterminer l'expression des capacités $C_1(x=0) = C_2(x=0)$ que l'on notera C_0 (on négligera pour cela les effets de bords et le couplage possible entre les deux condensateurs) on donnera $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$, $\epsilon_r = 3$, $e = 1 \text{ mm}$ et $A = 6 \text{ cm}^2$.
2. Le noyau est déplacé de x (rectangle en pointillé) de sa position d'origine, déterminer les expressions de $C_1(x)$ et $C_2(x)$. Ecrire les expressions sous la forme $C_1(x) = C_0 + \Delta C_1(x)$ et $C_2(x) = C_0 + \Delta C_2(x)$ en précisant les expressions de $\Delta C_1(x)$ et de $\Delta C_2(x)$ en fonction de C_0 , x , l et ϵ_r . Conclure.
3. Les deux condensateurs sont montés dans un circuit en pont selon le schéma de la figure2. Exprimer la tension différentielle de mesure V_{mes} en fonction de x , l , ϵ_r et V_g

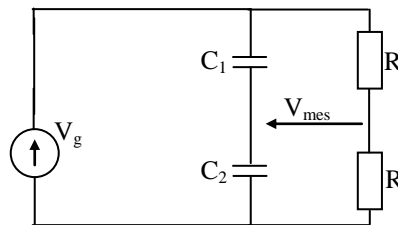


Figure2 : Conditionneur du capteur

4. En déduire la sensibilité S de la mesure. On donne : $l = 2 \text{ cm}$ et $V_g = 10 \text{ V}$.
5. Quelles sont les valeurs de l'étendue de mesure EM et de l'excursion de V_{mes} ?

Exercice 3 : Effet de la résistance des fils de liaison du capteur dans un pont de Wheatstone :

On considère une résistance thermométrique Pt100 de résistance $R_c(T) = R_0(1 + \alpha T)$ où T représente la température en $^{\circ}\text{C}$, $R_0 = 100 \Omega$ la résistance à 0°C et $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ le coefficient de température. Cette résistance est placée dans un pont de Wheatstone schématisé sur la figure1. Le pont est alimenté par une source de tension de force électromotrice V_g et de résistance interne négligeable.

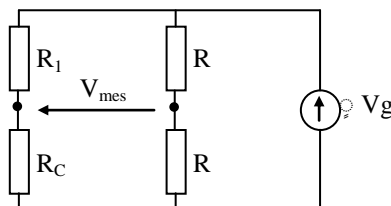


Figure1 : Montage en pont du capteur

1. On se limite à l'étendue de mesure $[0^{\circ}\text{C} : 100^{\circ}\text{C}]$ et on équilibre le pont pour la valeur $T_0 = 50^{\circ}\text{C}$ de la température pour laquelle $R_c(T_0) = R_{c0}$. L'impédance des fils de liaison liant le capteur au reste du montage est totalement négligeable (le capteur est physiquement proche du pont). Déterminer la valeur de R_1 qui permet d'équilibrer le pont.

2. On limite le courant I dans la Pt100 à moins de 5mA afin de pouvoir négliger l'auto-échauffement. Fixer la valeur maximale de la tension d'alimentation permettant cette limitation.

3. Etablir l'expression de la tension différentielle de mesure pour une valeur quelconque de la température pour laquelle on posera :

$$R_c(T) = R_c(T_0 + \Delta T) = R_{c0} + \Delta R_c$$

$$V_{\text{mes}}(T) = V_{\text{mes}}(T_0 + \Delta T) = V_{\text{mes},0} + \Delta V_{\text{mes}}$$

En déduire une approximation au premier ordre en $\Delta R_c / R_{c0}$ de la sensibilité de la mesure $S_{\text{mes}} = \Delta V_{\text{mes}} / \Delta T$.

4. Le capteur est maintenant mis en service mais à grande distance de l'électronique constitué par le pont, de son alimentation et du système de mesure de la tension différentielle. La résistance des fils de liaison du capteur à son électronique n'est plus négligeable. Celle-ci est modélisée selon la figure 2 par deux résistances supplémentaires r .

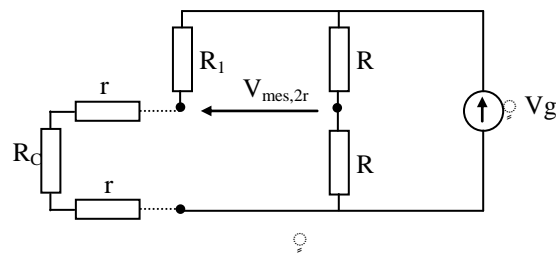


Figure2 : Montage en pont, du capteur éloigné

Calculer la tension de déséquilibre $V_{\text{mes},2r}$ du pont dans ce cas puis l'erreur δV_{2r} entraînée par les fils de liaison.

Calculer la valeur maximal de r pour que l'erreur introduite sur la mesure d'une température reste inférieure à $\delta T = 0,2^{\circ}\text{C}$. On suppose que le fil de liaison est un fil de cuivre de diamètre $d = 0,5\text{mm}$ et de résistivité $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Calculer la longueur des fils de liaison qui correspondent à cette résistance.