

Durée : 2H (documents autorisés : 1 feuille A4 recto-verso)

Les Amplificateurs Opérationnels utilisés sont supposés parfaits et fonctionnent en régime linéaire.

La partie 1 et la partie 2 peuvent être en partie traitées indépendamment.

Problématique

On considère un capteur de température qui renvoie une tension $U_{ca}(t)$ sinusoïdale d'une amplitude A_{ca} de 10 mV et dont la fréquence f_{ca} entre 10 kHz et 25 kHz et directement proportionnelle à la température. Le signal est donc donné par :

$$U_{ca}(t) = A_{ca} \cdot \sin(\omega_{ca}t)$$

Lors d'une observation sur un oscilloscope, il s'avère que ce signal est perturbé par une tension $U_{per}(t)$ d'une amplitude A_{per} 5mV provenant du réseau à 50 Hz. Cette perturbation peut se mettre sous la forme :

$$U_{per}(t) = A_{per} \cdot \sin(\omega_{per}t)$$

Le signal prend alors la forme : $U_{ca}(t) + U_{per}(t)$.

Première Partie (12 pts)

1/ Représenter $U_{ca}(t)$ sur deux périodes pour une fréquence 20 kHz. Vous prendrez soin de bien indiquer les échelles et les variables abscisses/ordonnées.

2/ Sur une période du signal $U_{per}(t)$, représenter **très schématiquement** la forme du signal mesuré $U_{ca}(t) + U_{per}(t)$ sur un période de $U_{per}(t)$.

3/ Afin de récupérer un signal « propre » (c'est-à-dire sans perturbation), on se propose de mettre en place un filtre actif du **premier ordre** à base d'Amplificateur Opérationnel. Ce filtre doit permettre de « couper » la perturbation.

- De quelle nature doit être ce filtre ?
- Proposer un schéma inverseur avec un AOP, deux résistances R_1 et R_2 et une capacité C – vous donnerez l'expression de sa fonction de transfert, de son facteur d'amplification et de sa fréquence de coupure
- Sachant que l'on utilise une capacité de 10nF, Dimensionner ce filtre pour amplifier 10 fois le signal initial et une fréquence de coupure de $f_c = 2$ kHz.

4/ Donner la valeur numérique de l'amplitude du signal de capteur amplifié $U'_{ca}(t)$ en sortie du montage proposé.

5/ Donner la valeur numérique de l'amplitude du signal de capteur perturbateur $U'_{per}(t)$ en sortie du montage proposé.

Seconde Partie (12 pts)

On souhaite faire un meilleur filtrage que celui proposé en partie 1 en utilisant une cellule de Salle-Key représentée sur la figure 1. La fonction de transfert « générique » de cette cellule est donnée par :

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{U_S}{U_E} = K \frac{Y_1 \cdot Y_3}{(Y_1 + Y_2) \cdot (Y_3 + Y_4) + Y_3(Y_4 - KY_2)}$$

Y représente les admittances des composants et $K = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 10$. Pour répondre au problème, on choisit que les composants 1 et 3 sont des condensateurs de capacité C et les composants 2 et 4 des résistances de valeur R .

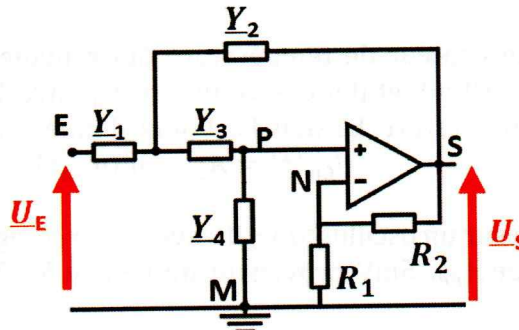


Figure 1 : Cellule de Sallen-Key active

1/ Analyse asymptotique

- Redessiner** le schéma en considérant le comportement des capacités aux basses fréquences ; en **déduire** la valeur de U_s .
- Redessiner** le schéma en considérant le comportement des capacités aux hautes fréquences ; en **déduire** la valeur de U_s .
- Quelle semble être la fonction que réalise ce montage – vous préciserez l'ordre ?

2/ Fonction de transfert

- Donner l'expression des différentes admittances dans le système.
- Mettre la fonction de transfert sous la forme canonique suivante :

$$\underline{T}(j\omega) = \frac{U_s}{U_E} = \frac{-T_0 x^2}{1 - (x)^2 + j \frac{x}{Q}}$$

Avec $x = \frac{\omega}{\omega_0}$, $\omega_0 = \frac{1}{RC}$, Q le facteur de qualité et T_0 une constante réelle. On donnera les expressions de Q et T_0 en fonction de K .

3/ Facteur d'amplification et gain

- Donner l'expression du facteur d'amplification en fonction de x , Q , et T_0
- Donner l'expression du gain en fonction de x , Q , et T_0

4/ Asymptotes

- Donner l'expression des asymptotes du gain à basse et haute fréquences
- Déterminer pour quelle pulsation ω' ces deux asymptotes se croisent

5/ Le facteur Q étant inférieur à $\frac{1}{\sqrt{2}}$, le gain ne présente aucun maximum local. On peut montrer que la pulsation de coupure ω_c est environ 2 fois supérieure à ω' et, pour répondre à la problématique, on choisit : $\omega' = 2\pi \cdot 1000$ Hz.

- Sur la base de cette information, représenter le gain de la fonction de transfert dans le plan de Bode.
- Représenter sur le même graphique le gain de la solution proposée en première partie.

6/ Donner la nouvelle valeur numérique de l'amplitude du signal de capteur perturbateur $U'_{per}(t)$ en sortie du montage proposé. Comparer à la valeur trouvée en 5 de la partie 1 et conclure.