

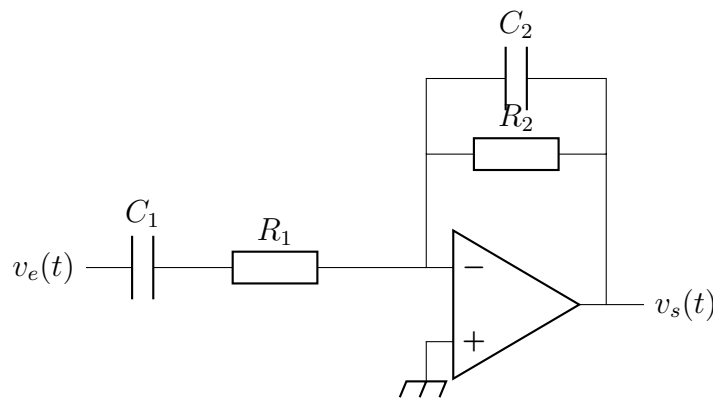
Devoir Surveillé 1 : Électronique Analogique

Lois de base, filtrage et équations différentielles

Durée : 3 heures

1 Filtrage actif

On considère le filtre suivant. L'ALI est supposé idéal et fonctionne en régime linéaire.

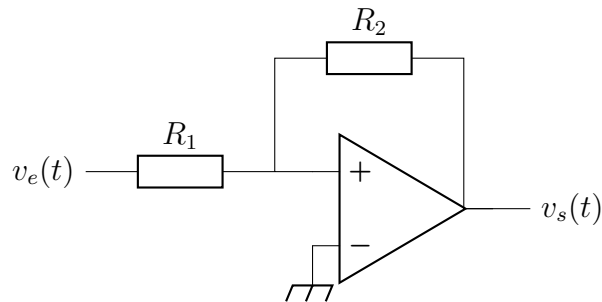


1. Exprimer les impédances complexes $\underline{Z}_1$ (branche d'entrée) et $\underline{Z}_2$ (branche de rétroaction).
2. Reproduire le schéma équivalent sur la copie, et, en présentant toutes les étapes nécessaires, montrer que la fonction de transfert s'écrit :

$$\underline{H}(j\omega) = -\frac{R_2 C_1 j\omega}{(1 + R_1 C_1 j\omega)(1 + R_2 C_2 j\omega)}$$

3. A partir de cette fonction de transfert, justifier qu'il s'agit d'un filtre passe-bande.
Vous trouverez sur le document réponse à rendre avec la copie le diagramme de Bode en gain de ce filtre obtenu avec les valeurs de composants $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 100\text{ k}\Omega$ et $C_1 = C_2 = 10\text{ nF}$. Les traits de construction utiles pour répondre aux questions qui suivent seront clairement indiqués.
4. Lire la valeur de la fréquence propre f_0 .
5. Lire la bande passante à -3 dB Δf .
6. En déduire la valeur du facteur de qualité Q . S'agit-il d'un filtre sélectif ?
7. Le signal d'entrée est parasité par une composante sinusoïdale réseau électrique à 50 Hz d'amplitude 2 V. Déterminer l'amplitude de ce parasite en sortie du filtre ? Expliquer le raisonnement.

2 Comparateur à hystérésis



La tension de saturation de l'ALI, supposé idéal, est $V_{sat} = 15 \text{ V}$. Les valeurs des résistances sont $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$. On note $V_{seuil} = \frac{R_1}{R_2} V_{sat}$

1. Justifier que ce montage fonctionne en régime saturé et rappeler les règles de fonctionnement.
2. Déterminer l'expression du potentiel V^+ sur l'entrée non-inverseuse.
3. On suppose v_s initialement à $-V_{sat}$. A quelle condition sur v_e la tension de sortie v_s bascule-t-elle à V_{sat} ?
4. On suppose v_s initialement à V_{sat} . A quelle condition sur v_e la tension de sortie v_s bascule-t-elle à $-V_{sat}$?
5. Tracer la caractéristique de transfert $v_s = f(v_e)$ appelée aussi cycle d'hystérésis. Donner la largeur du cycle.
6. On applique en entrée du Trigger de Schmitt un signal sinusoïdal qui a capté du bruit. Il s'agit du signal $v_e(t)$ représenté sur le document réponse. En expliquant et en ajoutant les traits de construction nécessaires, construire le signal $v_s(t)$.

3 Capteur de pression

Pour contrôler son autonomie et le déroulement de sa plongée, le plongeur dispose d'un ordinateur de bord. Cet ordinateur permet de contrôler un grand nombre de paramètres comme la profondeur, la température, la durée de la plongée et la pression de la bouteille... Ces paramètres sont relevés grâce à différents capteurs qui transmettent sans fil les données disponibles sur l'afficheur à disposition du plongeur.

La quantité de gaz restant dans la bouteille du plongeur est directement reliée à la pression régnant dans sa bouteille. Différents procédés permettent d'avoir accès à cette grandeur. Les capteurs les plus simples sont des manomètres : dispositifs mécaniques qui permettent de mesurer la pression relative, c'est-à-dire la pression de la bouteille par rapport à la pression ambiante. Des mesures de pression électroniques sont aujourd'hui couramment utilisées. Elles nécessitent en général une alimentation (pile), mais se révèlent être plus précises et permettent un relevé des caractéristiques de la plongée par un ordinateur de bord.

Dans cette partie, nous allons étudier un capteur de pression réalisé à partir d'une jauge d'extensométrie plongée dans le compartiment haute pression.

Une jauge d'extensométrie est un capteur résistif dont la résistance dépend des caractéristiques extérieures, ici de la pression. Cette jauge de longueur ℓ et de section S est immergée dans le compartiment haute pression. Ces caractéristiques géométriques (longueur et section) dépendent de la pression extérieure. La résistance électrique d'un barreau cylindrique s'écrit :

$$R_p = \frac{\ell}{\gamma \cdot S}$$

où γ est la conductivité du matériau utilisé.

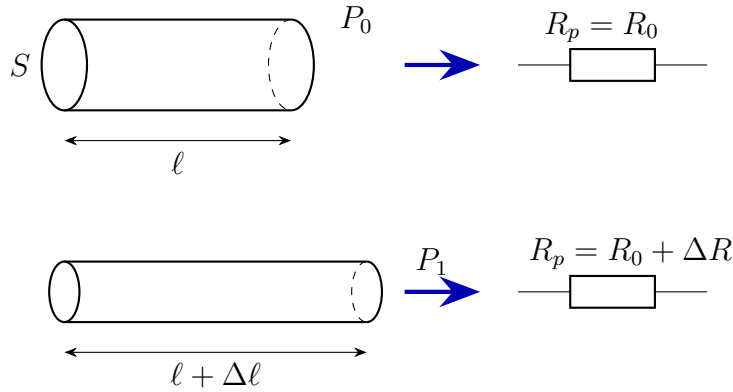
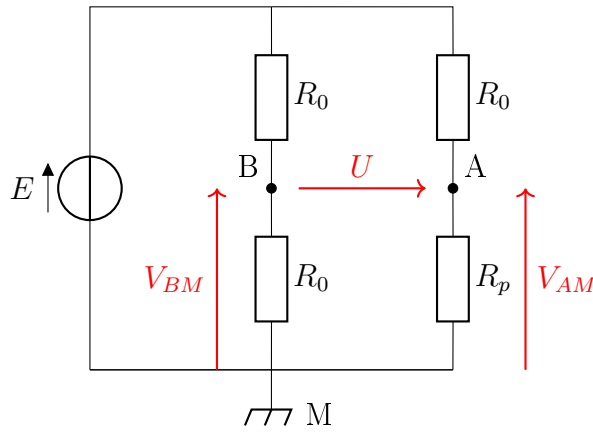


Figure 1: Jauge d'extensométrie

Ainsi, lorsque la pression varie, ℓ et S varient aussi entraînant une modification de la résistance R_p . La mesure de cette résistance R_p donne donc une image de la pression. Le matériau utilisé est tel que, lorsque la pression augmente, le cylindre s'allonge de la quantité $\Delta\ell$, alors que son rayon se contracte. La résistance augmente alors linéairement, de la quantité :

$$\Delta R = \alpha \cdot R_0 \cdot \Delta P$$

Le pont de Wheatstone est le circuit le mieux adapté pour la mesure de petites variations de résistances électriques telles que celles rencontrées lors de l'utilisation de jauge de déformation. Cette résistance R_p est alors insérée dans un pont de Wheatstone alimenté par une tension continue E . La tension U est l'image de la résistance R_p et donc de la pression.



Capteur de pression : pont de Wheatstone

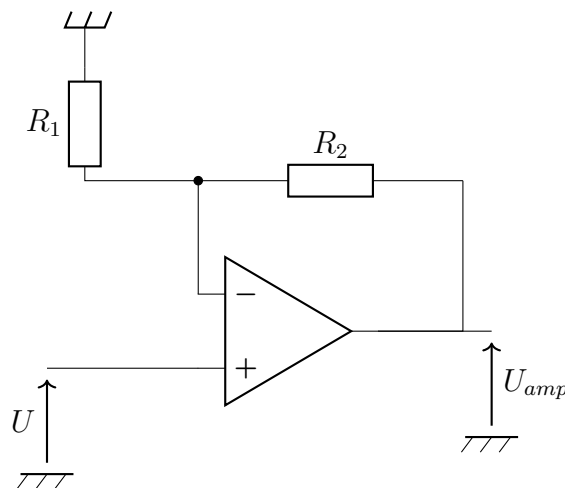
1. Calculer la valeur de la tension U lorsque toutes les résistances sont égales, en particulier lorsque $R_p = R_0$. Dans cette configuration, le pont est dit équilibré.
2. On suppose maintenant que la jauge est soumise à une variation de pression telle que la résistance R_p s'exprime par $R_p = R_0 + \Delta R$. Exprimer la tension V_{BM} en fonction de la tension continue E . Exprimer la tension V_{AM} en fonction de la tension continue E et des résistances R_0 et ΔR . En déduire une expression de la tension U .
3. On pose $\varepsilon = \frac{\Delta R}{R_0}$. Dans le cas des jauges d'extensométrie, la variation ΔR de la résistance R_p est très petite devant sa valeur moyenne R_0 , c'est-à-dire $\varepsilon = \frac{\Delta R}{R_0} \ll 1$.

Exprimer la tension U en fonction de ε et de E .

4. En travaillant à l'ordre 1 (c'est-à-dire en ne gardant que les termes proportionnels à ε et en négligeant les termes proportionnels à ε^2), montrer que la tension U peut s'exprimer de la manière suivante :

$$U = \frac{E}{4} \varepsilon$$

5. En déduire la relation entre la variation de pression ΔP et la tension U .
6. Ci-dessous un montage non-inverseur. Déterminer sa fonction de transfert en détaillant les étapes. Comment choisir les valeurs des résistances pour obtenir un gain de 10 sur la tension U mise en entrée ?



4 Equations différentielles

Un circuit LC auquel on ajoute un montage à ALI appelé "résistance négative" donne lieu à l'équation différentielle suivante vérifiée par la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$:

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{r - R_0}{L} \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC} u_C(t) = 0$$

r est la résistance interne de la bobine, et R_0 est la résistance simulée par le montage à ALI, réglable.

Notations :

- on utilisera lorsque nécessaire $\alpha = \frac{r - R_0}{2L}$ et $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.
- dans les équations caractéristiques, on notera X à la place du r habituel car cette notation est déjà utilisée pour la résistance interne.

1. On règle la résistance R_0 à la valeur r . Simplifier l'équation différentielle et donner la forme de la solution. Comment se nomme ce type d'équation ?
2. On règle à présent R_0 à une valeur légèrement supérieure à r . Le régime est instable pseudo-périodique. Ecrire l'équation caractéristique. Donner la solution générale de l'équation différentielle.
3. Commenter la solution obtenue. Que va faire l'ALI ?

Document réponse

