Révisions

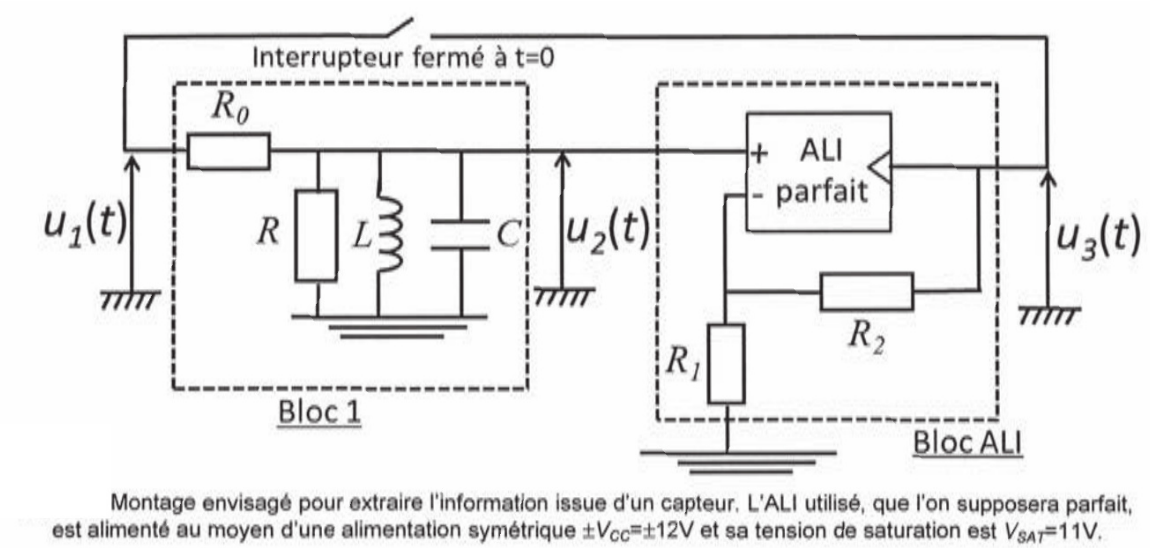
Oscillateurs électroniques

I Oscillateur électronique

Extrait du sujet de concours PT 2015.
Les capteurs capacitifs sont une catégorie de capteurs permettant de mesurer des déplacements de façon très précise. Ils sont par exemple utilisés dans les accéléromètres miniaturisés.
Le principe est le suivant : une des deux électrodes du condensateur est rattachée à la partie fixe du boîtier, alors que la seconde est mobile. Un déplacement de l'électrode mobile entraîne une variation de la capacité C du condensateur qui est proportionelle au déplacement.

Il faut ensuite trouver un moyen de mesurer précisément la capacité C. Ceci peut être réalisé en insérant la capacité dans un montage oscillant, dont la fréquence va dépendre de C. La fréquence est ensuite facilement mesurée (avec un fréquencemètre par exemple). L'objet du problème qui suit est d'étudier un exemple d'oscillateur électronique.

On considère le montage suivant :



Montage envisagé pour extraire l'information issue d'un capteur. L'ALI utilisé, que l'on supposera parfait, est alimenté au moyen d'une alimentation symétrique $\pm V_{cc} = \pm 12\,\text{V}$ et sa tension de saturation est $V_{\text{sat}} = 11\,\text{V}$.

I.1 Étude du bloc 1 filtre

L'étude du bloc 1 réalise un filtre de fonction de transfert complexe $\underline{H} = \dfrac{\underline{u}_2}{\underline{u}_1}$:

$$\underline{H} = \frac{A_0}{1 + \mathrm{j}Q\left(x - \frac{1}{x}\right)},$$

avec $A_0 = 0.1$, $Q = 25$, $x = \omega/\omega_0$, $\log 25 \simeq 1.4$.

1 – Donner les équations des deux asymptotes hautes et basses fréquences du gain en décibels de ce filtre.

2 – Représenter le diagramme de Bode (en amplitude uniquement) donnant ce gain en décibels en fonction de $\log(x)$.

3 – Préciser la nature de ce filtre.

4.a – Exprimer, à partir du schéma du bloc 1, la fonction de transfert $\underline{H}$ en fonction de ω et des valeurs caractéristiques des composants de ce bloc 1.

4.b – On indique que $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$. Par identification entre votre expression de $\underline{H}$ et celle de l'énoncé, donner les expressions littérales de A_0 et Q en fonction des valeurs caractéristiques des composants.

I.2 Étude du bloc ALI

5 – Déterminer l'expression littérale de la fonction de transfert complexe $\underline{G} = \underline{u}_3/\underline{u}_2$.

6 – On pose $K = |G|$. Exprimer K en fonction de R_1 et R_2.

I.3 Système bouclé

On ferme l'interrupteur, réalisant ainsi un système bouclé.

7 – Déduire des questions précédentes l'équation différentielle vérifiée par u_3.

8 – À partir de cette équation :

8.a – Trouver une condition liant A_0 et K et Q pour que s'établissent des oscillations quasi sinusoïdales.

8.b – Déterminer alors la fréquence de ces oscillations.

9.a – Toujours à partir de l'équation différentielle, montrer que la naissance d'oscillations impose des conditions sur le produit A_0K et les expliciter.

9.b – Lorsque cette condition est satisfaite, quelle est l'allure de la solution de l'équation différentielle ?

10.a – En pratique, lorsque la condition précédente est satisfaite, les oscillations se stabilisent à une certaine valeur. Expliquer pourquoi.

10.b – Tracer alors l'allure du signal (depuis le moment où on ferme l'interrupteur jusqu'au régime permanent).

I.4 Utilisation du dispositif

On utilise le dispositif complet pour suivre les déplacements x de la partie mobile d'un capteur capacitif dont la capacité est donnée par la loi $C = C_0(1 - x/l)$, avec $C_0 = 10\,\mu\text{F}$ et $l = 10\,\text{mm}$. Ce capteur forme le condensateur du bloc 1.

- Les composants choisis sont tels que le montage oscille à une fréquence f_{osc} liée à la capacité C par la relation $f_{\text{osc}} = \dfrac{D}{\sqrt{C}}$ avec $D = 1\ \text{H}^{-1/2}$.
- À la position de référence du capteur ($x = 0$), la fréquence d'oscillation est f_{or}.

11.a – Montrer que, pour un petit déplacement x ($x \ll 1$), la fréquence d'oscillation peut se mettre sous la forme $f_{\text{osc}} = ax + b$, et expliciter a et b en fonction des données.

11.b – On note $\Delta f = f_{\text{osc}} - f_{\text{or}}$ la variation de fréquence liée à un déplacement. La plus petite variation détectable est $\Delta f_{\min} = 3.0$ Hz ; quel est le plus petit déplacement détectable ?