

Première partie

Mesure de la fréquence cardiaque

Certains manèges proposent aux passagers d'évaluer leur « peur » en mesurant leur rythme cardiaque. Le rythme cardiaque varie d'environ 60 battements par minute pour un sujet au repos jusqu'à 200 battements lors d'un effort physique intense ou d'une forte émotion. La contraction d'un muscle, le cœur en particulier, crée un signal électrique. La détermination du rythme cardiaque sur les manèges passe par la mesure de la différence de potentiel électrique entre les deux mains du passager. Sur le garde corps du manège, sont fixées deux électrodes où le passager pose ses deux mains. La différence de potentiel est de l'ordre de quelques dizaines de mV. Le rapport signal sur bruit est en général plutôt faible. Il est donc nécessaire de mettre en forme le signal avant de pouvoir extraire la fréquence cardiaque. Cette partie se propose d'étudier les différentes étapes de mise en forme du signal. Après amplification (non étudiée), le signal est soumis à deux opérations de filtrage.

Pour tout signal sinusoïdal $u(t)$, la grandeur complexe associée sera notée $\underline{u}$. Tous les amplificateurs linéaires intégrés (ALI) sont supposés idéaux.

I Premier filtrage

Le signal amplifié est appliqué en entrée d'un filtre dont la structure est donnée figure 1.

On donne les valeurs des composants : $R = R_1 = R_2/2 = 16 \text{ k}\Omega$ et $C = C_1 = C_2/2 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$.

Ce filtre est un filtre réjecteur : il ne transmet pas les signaux dont la pulsation est voisine de $\omega_0 = \frac{1}{2RC}$.

1. En étudiant de façon qualitative le comportement basses et hautes fréquences, justifier qu'il est légitime de dire que le filtre de la figure 1 est

un filtre réjecteur.

2. Calculer la valeur de la fréquence f_0 associée à ω_0 . Pourquoi ce filtre est-il important dans le cas présent ?

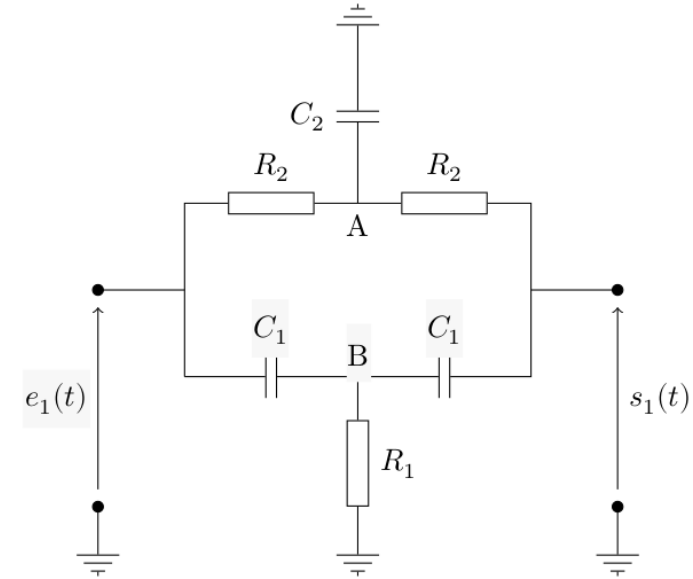


Figure 1

II Deuxième filtrage : filtre passe-bande

La fréquence des battements cardiaques étant comprise dans un intervalle relativement restreint et de façon à s'affranchir au maximum de parasites hautes et très basses fréquences, on applique un filtre passe-bande au signal obtenu en sortie du filtre précédent. La structure du circuit utilisé est donnée figure 2.

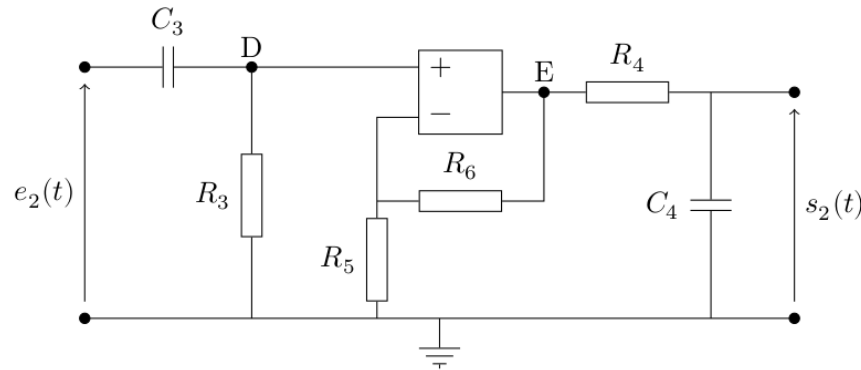


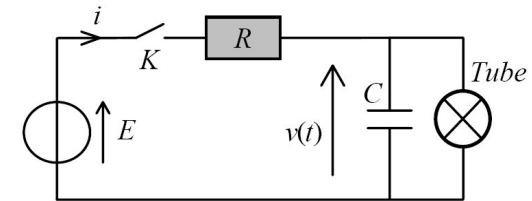
Figure 2

1. Comment faut-il relier le circuit précédemment étudié et le circuit de la figure 2 pour que le signal $s_1(t)$ obtenu en sortie du filtre réjecteur ne soit pas perturbé par l'ajout du montage de la figure 2 ?
2. Justifier de façon qualitative que l'ALI fonctionne en régime linéaire. Montrer de façon qualitative que ce circuit présente bien un caractère passe-bande.
3. On souhaite que la fréquence de coupure basse soit égale à 0,5 Hz et la haute égale à 150 Hz. Ces valeurs sont-elles compatibles avec les fréquences cardiaques humaines ?
4. En évaluant successivement les quotients V_D/e_2 , V_E/V_D et s_2/V_E , montrer que la fonction de transfert $H_2 = s_2/e_2$ s'exprime comme le produit de trois fonctions de transfert très simples. On précisera le rôle de chacune d'entre elles.
5. Proposer pour R_3 , R_4 , C_3 et C_4 des valeurs permettant de réaliser le filtrage souhaité. Les valeurs proposées devront être compatibles avec les composants couramment utilisés en travaux pratiques.
6. En plus de la fonction filtrage, le filtre proposé possède un deuxième avantage. Lequel ?

Deuxième partie

Balise de port

Une passe de port est signalée la nuit par une balise lumineuse (figure ci-dessous).



La source de lumière est constituée d'un tube à décharge. La décharge électrique qui se produit entre les électrodes du tube est caractérisée par une tension d'allumage U_a et une tension d'extinction U_{ex} .

On admettra que :

- $E > U_a > U_{ex}$;
- lorsque le tube fonctionne, il se comporte comme un résistor de résistance $r \ll R$;
- lorsqu'il est éteint, il se comporte comme un résistor de résistance infinie.

On ferme l'interrupteur (K) à l'instant initial $t = 0$. Le condensateur n'est pas chargé.

On posera $\tau = RC$.

1. Dans l'intervalle $0 < t < t_a$, déterminer la loi $v(t)$. Calculer l'instant t_a où s'amorce la décharge.
2. Établir l'équation différentielle à laquelle satisfait $v(t)$ à partir de cet instant.
On utilisera la condition $R \gg r$ pour simplifier et intégrer cette équation différentielle.
On posera $\tau' = rC$.

3. En déduire l'expression de l'instant t_{ex} où se produit l'extinction du tube.
4. Calculer la durée T_1 de l'éclair produit dans le tube.
5. À partir de l'instant t_{ex} le tube est éteint.
Établir l'expression du temps T_2 qui s'écoule jusqu'au prochain ré-allumage de la décharge en fonction de τ , E , U_{ex} et U_a . Calculer T_2 .
6. En déduire la valeur T de la période des éclairs produits par ce dispositif.

On donne : $C = 1 \mu F$, $r = 1 \Omega$, $R = 2 M\Omega$, $E = 120 V$, $U_a = 90 V$ et $U_{ex} = 70 V$.