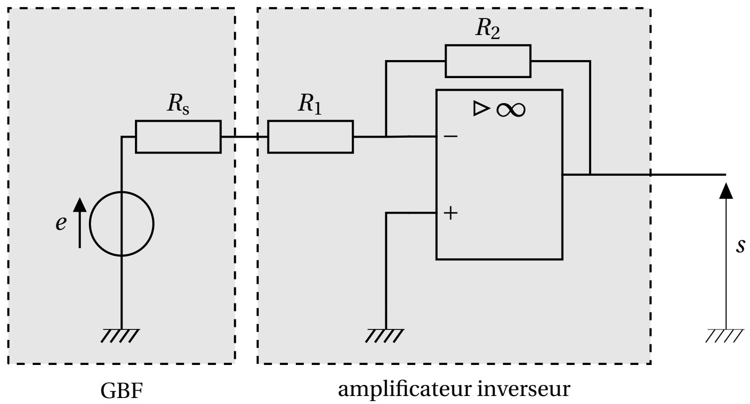
TD15 : ALI - Filtrage actif

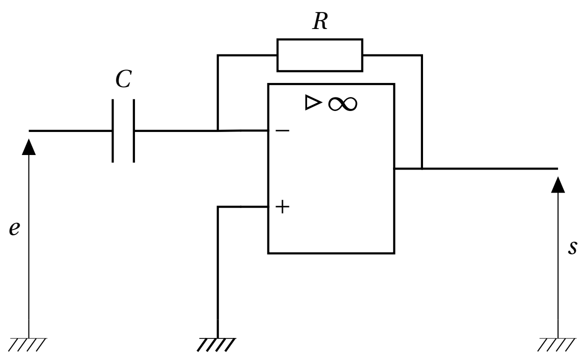
⋆ Exercice 1 : Amplification d'un signal



On souhaite amplifier d'un facteur 10 la fem $e(t) = E_m \cos(\omega t)$ d'un GBF avec un montage amplificateur inverseur. La résistance de sortie du GBF vaut $R_s = 50\,\Omega$. On donne $R_2 = 200\,\Omega$.

1. Calculer la valeur de R_1 pour que le gain de l'amplificateur inverseur soit égal à 10.
2. Calculer l'amplitude du signal de sortie $s(t)$. A-t-on obtenu le gain que l'on souhaitait ? Expliquer pourquoi.
3. Proposer différentes méthodes pour améliorer ce montage.

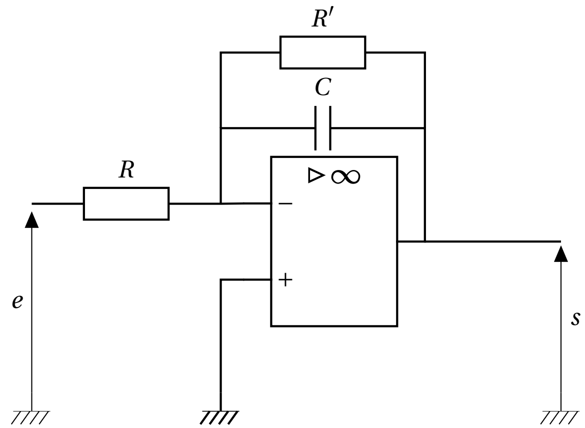
⋆⋆ Exercice 2 : Montage mystère (1)



1. Déterminer la fonction de transfert ainsi que les impédances d'entrée et de sortie de ce quadripôle. Quelle est la relation entre $e(t)$ et $s(t)$? À quoi sert ce montage ?
2. La tension d'entrée est triangulaire, de fréquence $f = 500\,\text{Hz}$, de moyenne $\langle e \rangle = 2\,\text{V}$ et d'amplitude $E_m = 2\,\text{V}$. On donne $R = 5\,\text{k}\Omega$ et $C = 50\,\text{nF}$. Tracer sur un même graphe l'allure de $e(t)$ et $s(t)$.

⋆⋆ Exercice 3 : Variante du montage intégrateur

Pour éviter le problème de saturation dû à la présence d'une composante continue dans le signal d'entrée, on propose de modifier le montage intégrateur de la manière suivante :

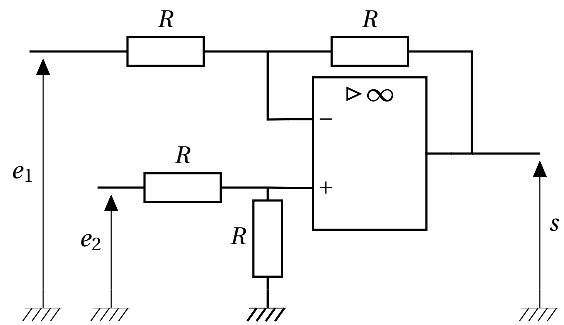


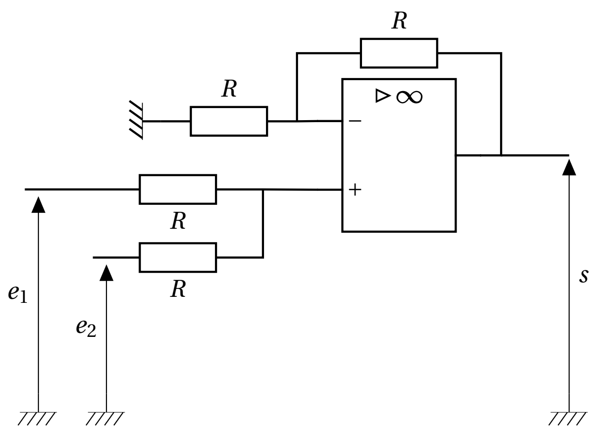
Pour les applications numériques, on prendra $R = 100\,\Omega$, $R' = 10\,\text{M}\Omega$, $C = 16\,\text{nF}$ et $V_{\text{sat}} = 15\,\text{V}$.

1. Déterminer la fonction de transfert ainsi que les impédances d'entrée et de sortie de ce quadripôle. Montrer que ce montage se comporte comme un filtre dont on précisera la nature et l'ordre.
2. Déterminer littéralement et numériquement la fréquence de coupure. Tracer l'allure du diagramme de Bode asymptotique en gain et en phase.
3. Quel est l'effet de ce filtre sur la composante continue E_0 du signal d'entrée ? Quelle valeur $E_{0,\text{max}}$ ne doit-elle pas dépasser au risque de saturer l'ALI ? Justifier que le choix de R' résulte d'un compromis.

⋆⋆ Exercice 4 : Montages mystères (2)

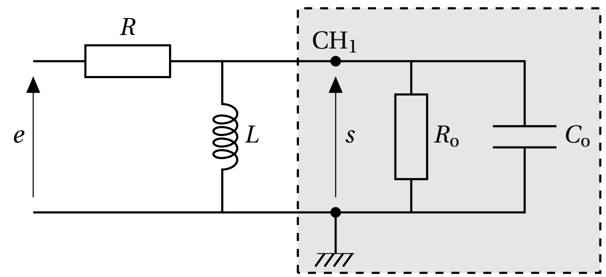
Déterminer, pour les deux montages ci-dessous, la relation entre $e_1(t)$, $e_2(t)$ et $s(t)$. En déduire leur rôle.





⋆⋆ Exercice 5 : Influence de l'oscilloscope sur le mesurage

On souhaite étudier le comportement du filtre RL ci-dessous en observant la tension $s(t)$ à l'oscilloscope. En régime variable, quand elle fonctionne en mode DC, une voie d'entrée de l'oscilloscope peut être modélisée comme l'association en dérivation d'une résistance R_0 et d'une capacité C_0.



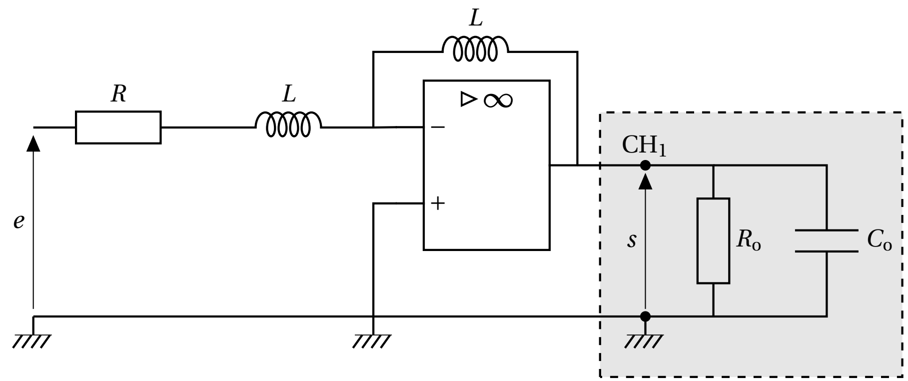
oscilloscope

Pour les applications numériques, on prendra $R = 5\,\mathrm{k\Omega}$, $L = 1{,}0\,\mathrm{H}$, $R_o = 1\,\mathrm{M\Omega}$ et $C_o = 20\,\mathrm{pF}$.

1. Déterminer la fonction de transfert $\underline{H_0}(j\omega)$ du filtre RL seul. Quelle est sa nature, son ordre ? Déterminer littéralement et numériquement sa fréquence de coupure f_c.
2. Montrer qu'en présence de l'oscilloscope, la fonction de transfert prend la forme suivante :

$$\underline{H_1}(j\omega) \simeq \frac{1}{1 + \frac{j\omega}{\omega_2} + \frac{\omega_1}{j\omega}}$$

   où ω_1 et ω_2 sont à exprimer en fonction de R, L et C_o.
3. Déterminer numériquement $f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi}$ et $f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi}$ et vérifier que $f_1 \ll f_2$. Déterminer une expression approchée de $\underline{H_1}(j\omega)$ dans les cas $\omega \ll \omega_1$, $\omega_1 \ll \omega \ll \omega_2$ et $\omega \gg \omega_2$. En déduire l'allure du diagramme de Bode asymptotique en gain.
4. Dans quel domaine de fréquence peut-on négliger l'influence de l'oscilloscope sur le mesurage ? Justifier.
5. Exprimer l'impédance de sortie $\underline{Z_s}$ du filtre RL puis l'impédance d'entrée $\underline{Z_o}$ de la voie d'entrée de l'oscilloscope. Déterminer numériquement $\left|\underline{Z_s}\right|$ et $\left|\underline{Z_o}\right|$ à la fréquence f_2. Conclure. Comment modifier le montage pour éviter le problème qui se pose en hautes fréquences ?
6. On considère désormais le montage ci-dessous (les deux inductances sont identiques) :



   Déterminer sa fonction de transfert. Quelle différence y a-t-il avec le filtre RL étudié précédemment ? Comment pourrait-on corriger ceci avec l'oscilloscope ? Justifier qu'ici la question de l'influence de l'oscilloscope ne se pose plus.

Solutions :

Ex1 : 1. $R_1 = 20\,\Omega$ 2. $S_m = 2{,}9 E_m$.

Ex2 : 1. $\underline{H}(j\omega) = -jRC\omega$ $\underline{Z_e} = \frac{1}{jC\omega}$ $\underline{Z_s} = 0$ $s(t) = -RC\frac{de}{dt}$.

Ex3 : 1. $\underline{H}(j\omega) = -\frac{\frac{R'}{R}}{1+jR'C\omega}$ $\underline{Z_e} = R$ $\underline{Z_s} = 0$. 2. $f_c = 1{,}0\,\mathrm{Hz}$. 3. $E_{0,max} = 0{,}15\,\mathrm{mV}$.

Ex4 : Montage 1 : $s(t) = e_2(t) - e_1(t)$ Montage 2 : $s(t) = e_1(t) + e_2(t)$.

Ex5 : 1. $\underline{H_0}(j\omega) = \frac{j\frac{L}{R}\omega}{1+j\frac{L}{R}\omega}$ $f_c = 8{,}0\cdot 10^2\,\mathrm{Hz}$. 2. $\omega_1 = \frac{R}{L}$, $\omega_2 = \frac{1}{RC_o}$

3. $f_1 = 8{,}0\cdot 10^2\,\mathrm{Hz}$ $f_2 = 1{,}6\,\mathrm{MHz}$.

4. $f \lesssim f_2$. $\left|\underline{Z_s}\right| = \left|\underline{Z_o}\right| \simeq R = 5\,\mathrm{k\Omega}$. 5. $\underline{H}(j\omega) = -\frac{j\frac{L}{R}\omega}{1+j\frac{L}{R}\omega}$.