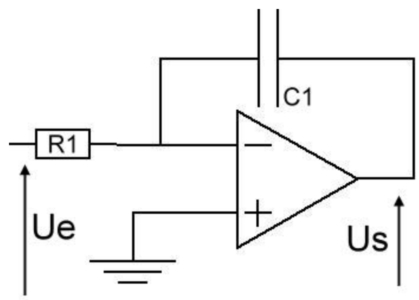
Electronique : amplificateurs opérationnels (PCSI)

Question de cours

Amplificateur opérationnel : fonctionnement, ordre de grandeur

Exercice

Montage intégrateur :



Montrez que le montage ci contre, en régime linéaire intègre le signal d'entrée.

Ce montage présente un domaine d'utilisation limité. Expliquez pourquoi il n'est pas toujours utilisable comme intégrateur.

On se propose d'ajouter en parallèle du condensateur une résistance de valeur $R2$. Cette solution résout-elle le problème ?

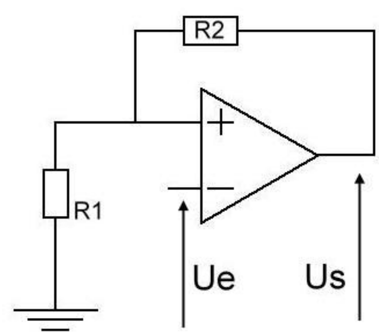
Comparateurs à hystérésis.

On considère à présent le montage ci contre en régime saturé, dit *comparateur à hystérésis*.

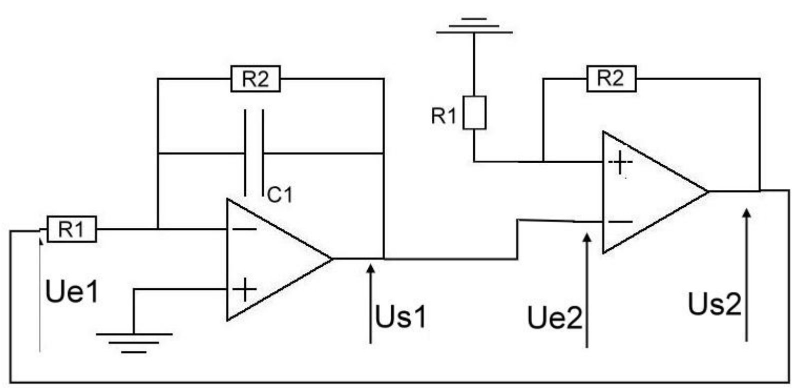
On suppose que la tension de sortie U_s vaut initialement $+V_{sat}$. Pour quelle valeur de U_e la tension bascule-t-elle ?

On suppose que la tension de sortie U_s vaut initialement $-V_{sat}$. Pour quelle valeur de U_e la tension bascule-t-elle ?

Tracez le graphe U_s en fonction de U_e.



Multivibrateur astable.



On considère le montage ci-dessus, dans lequel la tension U_{s2} vaut initialement $+V_{sat}$ et U_{s1} vaut initialement 0.

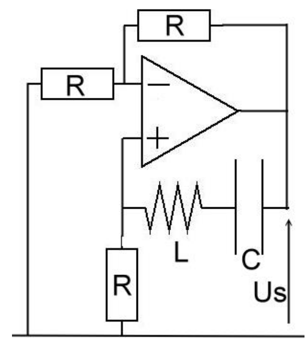
Expliquez qualitativement l'évolution temporelle des tensions U_{s1}, U_{e1}, U_{s2} et U_{e2} .

Question de cours

Amplificateur opérationnel : fonctionnement, ordre de grandeur

Exercice

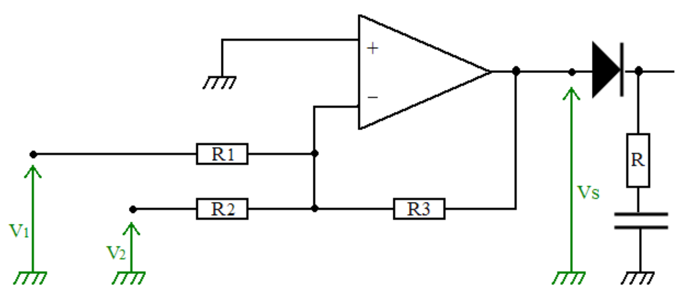
On considère que l'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire.



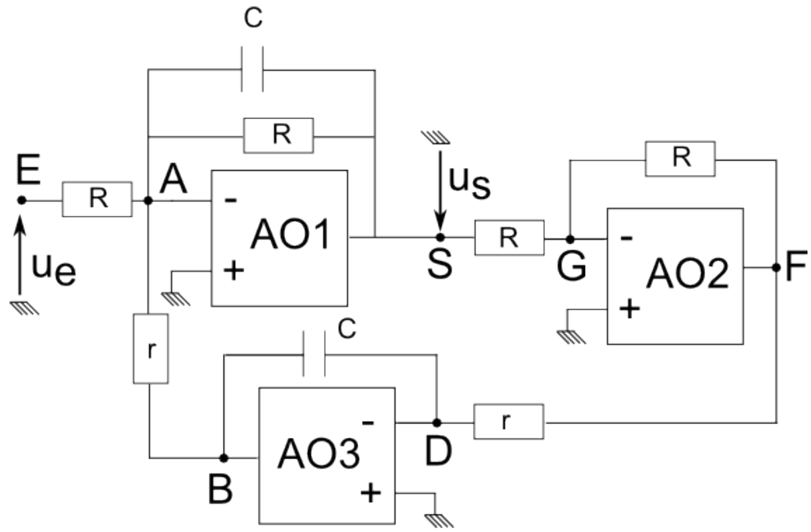
1. Rappelez ce qui signifient ces approximations.
2. Exprimez l'équation différentielle vérifiée par $U_s(t)$.
3. Le circuit est-il stable ? Que va-t-il se passer ?

Exercice Radar de vitesse

1. On considère un amplificateur opérationnel parfait en régime linéaire monté comme sur le schéma ci contre (on ne tiendra pour l'instant pas compte de la résistance R et du condensateur). Exprimez la tension de sortie V_s en fonction des tensions d'entrée V_1 et V_2 et des résistances du montage.



2. On considère $R_1 = R_2 = R_3 = 50\Omega$ et on envoie dans la voie 1 la tension $V_1 = U_0 cos\,(\omega t)$ et dans la voie 2 la tension $V_2 = U_0 cos\,((\omega + 2\delta\omega)\,t + \varphi)$, avec $\delta\omega \ll \omega$. Exprimez la tension de sortie et tracez en la forme.
3. On rajoute une diode et une résistance R à la sortie du dispositif. Tracez la forme de la tension aux bornes de la résistance.
4. On ajoute un condensateur de capacité C tel que $\delta\omega^{-1} \gg RC \gg \omega^{-1}$. Déterminez la forme de la tension aux bornes du condenstateur. En déduire comment mesurer la valeur de $\delta\omega$.
5. L'effet Doppler explique qu'une source en mouvement à la vitesse v renvoie une onde de pulsation ω avec une pulsation modifiée $\omega' = \omega\left(1 - 2\frac{v}{c}\right)$, où ω est la pulsation initiale et c la vitesse de l'onde. On envoie sur une voiture une onde électromagnétique de fréquence $f \simeq 30\,GHz$, dont on envoie une copie en voie 1 du montage. La voiture renvoie une onde de pulsation ω' qu'on envoie en voie 2. On obtient en sortie du dispositif une sinusoïde de fréquence $f' \simeq 3\,kHz$. Déterminez la vitesse de la voiture.



1. Trouver sans calculs la nature de ce filtre.
2. Exprimez $\underline{u_B}$ en fonction de $\underline{u_S}$ et en déduire la fonction de transfert $H = \frac{\underline{u_S}}{\underline{u_e}}$, qu'on écrira sous la forme canonique

$$H = \frac{H_0}{1+jQ\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)}$$

3. Application numérique : $R = 6.8\,\mathrm{k\Omega}$, $R = 47\,\Omega$ et $C = 680\,\mathrm{nF}$
4. On branche à l'entrée du filtre en tension $e(t)$ en créneau, d'amplitude $E = 10\,\mathrm{V}$ et de fréquence $f = \frac{\omega}{2\pi} = 1650\,\mathrm{Hz}$

   On donne la série de Fourier du signal :

$$e(t) = E\sum_{p=0}^{+\infty} a_{2p+1}\sin\left((2p+1)\,\omega t\right) \qquad a_{2p+1} = \frac{4}{(2p+1)\pi}$$

   (a) Exprimez la forme générale de la tension en sortie.
   (b) Quelles harmoniques joueront un rôle prépondérant ?
   (c) En déduire la forme du signal en sortie de filtre.

Solution

1. *Pour $\omega \to +\infty$, les condo sont des interrupteurs ouverts. Donc aucune intensité ne circule entre D et F donc $V_F = V_D$ (car $V_D - V_F = rI$) et $V_D = 0$. D'autre part, Millman en G donne $\frac{V_S}{R} + \frac{V_D}{R} = 0$ donc $V_S = 0$*

   Pour $\omega \to 0$, les condos sont des fils. On a alors $V_S = V_A = V_{AO1}^+ = 0$.

   Le filtre est donc un passe bande.
2. *Millman en D : $0 = \frac{V_D}{r} + jC\omega V_B$ et on a vu $V_D = -V_S$ donc $V_B = \frac{1}{jrC\omega}V_S$.*

   Millman en A : $0 = \frac{V_B}{r} + \frac{V_E}{R} + \left(\frac{1}{R} + jC\omega\right)V_S = \frac{V_E}{R} + \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{jr^2C\omega} + jC\omega\right)V_S$ donc $V_S = -\frac{V_E}{1+jRC\omega+\frac{R}{jr^2C\omega}}$ d'où

$$H_0 = -1 \qquad Q = \frac{r}{R} = 145 \qquad \omega_0 = \frac{1}{rC} = 3.13\,10^4\,\mathrm{s^{-1}}$$

3

3. *De manière générale, la sortie peut s'écrire* $s(t) = S\sum_{p=0}^{+\infty} b_{2p+1}\sin\left((2p+1)\,\omega t + \phi_{2p+1}\right)$*. La bande passante du filtre vaut* $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q} = 216\,\mathrm{s}^{-1} \ll 2\omega$*. Seule une harmonique, la plus proche de la fréquence de résonance, va contribuer. On cherche donc* p *tel que* $(2p+1)\omega = \omega_0 \to p = 1$*. On trouve donc une tension de sortie quasi sinusoïdale, de fréquence* $3f$*, d'amplitude* $b_3 = \frac{1}{1+Q^2\left(\frac{3\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{3\omega}\right)^2}$ *et de déphasage* $\phi_3 =$