

I Limites du modèle de l'ALI

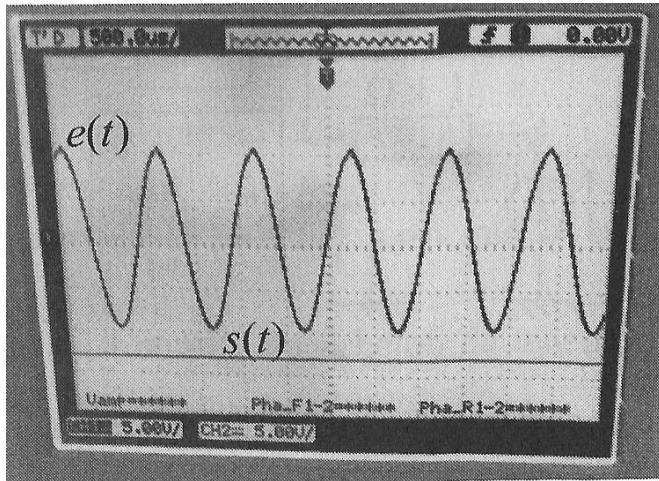


Photo a

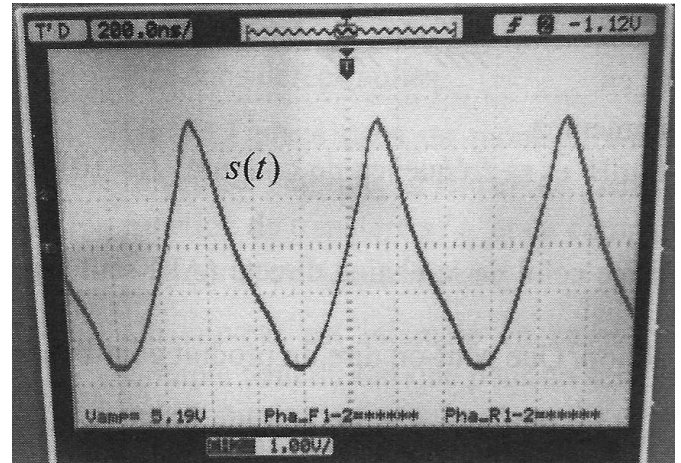


Photo b

1. Il a probablement échangé les deux entrées, rendant le montage instable (rétroaction sur la borne +), ce qui entraine la saturation.

2.1 Le montage n'est pas linéaire car il y a apparition d'harmoniques. La seule caractéristique qui peut déformer le signal de cette manière est la vitesse de balayage.

2.2 Calculons la vitesse de variation de la tension pour le signal de sortie :

$$\sigma = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2,5}{100 \cdot 10^{-9}} = 2,5 \cdot 10^7 \text{ V/s} = 25 \text{ V}/\mu\text{s}$$

ce qui est supérieur aux spécifications du TL081 par exemple.

En prenant la valeur du slew rate du TL081 $0,7 \text{ V}/\mu\text{s}$, avec un signal d'entrée d'amplitude 20 V , on a alors

$$\sigma_{lim} = \frac{20}{T_{lim}} \Rightarrow T_{lim} = \frac{20}{0,7} = 29 \mu\text{s} \Rightarrow f_{lim} = 30 \text{ kHz}$$

3.

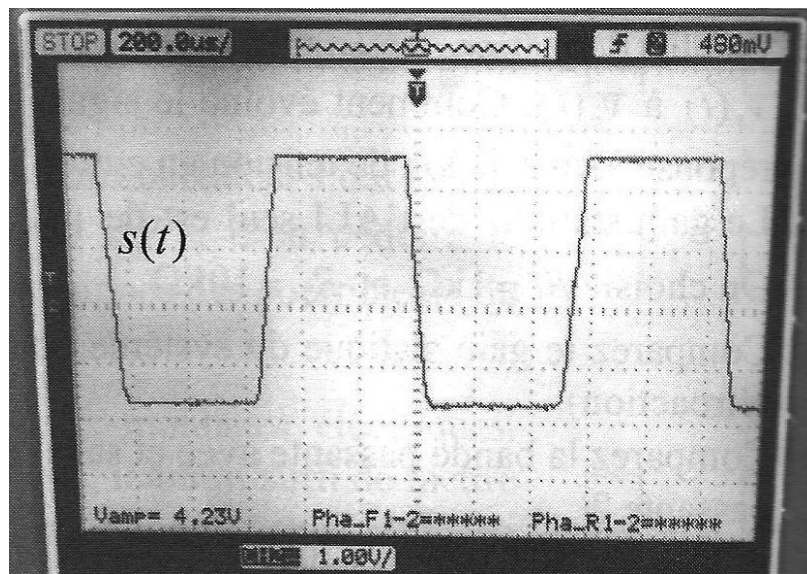


Photo c

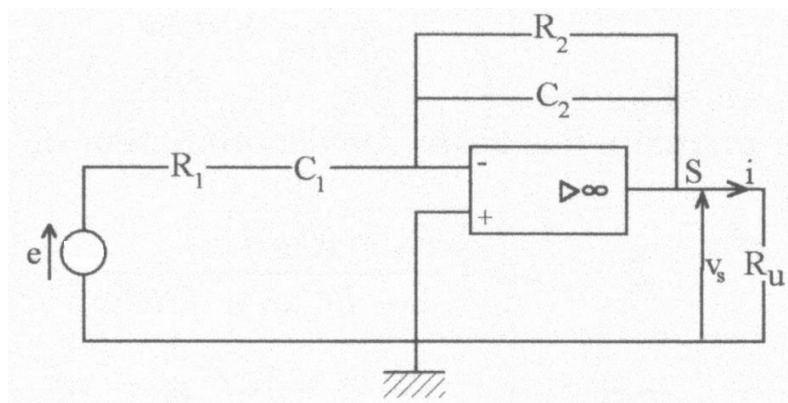
3.1 Comportement non linéaire car courant de sortie trop important = saturation en courant (pas de saturation en tension car tension inférieure à V_{sat}).

3.2 D'après la loi d'Ohm aux bornes de la résistance $v_s = R_u i_s$. Or $v_s = 1,6 V$ au maximum, donc

$$i_s = \frac{1,6}{100} = 16 mA$$

ce qui semble cohérent avec les valeurs annoncées en cours ($20 mA$).

II Régime transitoire



1. Rétroaction sur l'entrée inverseuse, donc montage stable et a priori fonctionnement en régime linéaire.

2. On applique la loi des noeuds

$$i_1 = i_{R_2} + i_{C_2} = \frac{u_2}{R_2} + C_2 \frac{du_2}{dt}$$

Par ailleurs, la loi des mailles donne $v_s + u_2 = 0$ puisque $v_+ = v_- = 0$. De même, $e - R_1 i_1 - u_{C_1} = 0$, soit en dérivant

$$R_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_1} i_1 = 0 \Rightarrow R_1 C_1 \frac{di_1}{dt} + i_1 = 0$$

En injectant dans cette dernière équation la loi des noeuds, on obtient

$$\frac{R_1 C_1}{R_2} \frac{du_2}{dt} + R_1 C_1 C_2 \frac{d^2 u_2}{dt^2} + \frac{u_2}{R_2} + C_2 \frac{du_2}{dt} = 0$$

Comme $v_s = -u_2$, on a alors l'équation différentielle suivante :

$$\frac{R_1 C_1}{R_2} \frac{dv_s}{dt} + R_1 C_1 C_2 \frac{d^2 v_s}{dt^2} + \frac{v_s}{R_2} + C_2 \frac{dv_s}{dt} = 0$$

soit en mettant en forme

$$R_1 C_1 C_2 \frac{d^2 v_s}{dt^2} + \frac{dv_s}{dt} \left(\frac{R_1 C_1}{R_2} + C_2 \right) + \frac{v_s}{R_2} = 0$$

et sous forme canonique en divisant par $R_1 C_1 C_2$

$$\frac{d^2 v_s}{dt^2} + \frac{dv_s}{dt} \left(\frac{1}{R_2 C_2} + \frac{1}{R_1 C_1} \right) + \frac{v_s}{R_1 R_2 C_1 C_2} = 0$$

3. On a alors

$$\frac{d^2 v_s}{dt^2} + \frac{dv_s}{dt} \frac{2}{RC} + \frac{v_s}{R^2 C^2} = 0$$

On fait apparaître le temps caractéristique

$$\frac{d^2 v_s}{dt^2} + \frac{dv_s}{dt} \frac{2}{\tau} + \frac{v_s}{\tau^2} = 0$$

On calcule alors le polynôme caractéristique et son discriminant

$$r^2 + r \frac{2}{\tau} + \frac{1}{\tau^2} = 0 \Rightarrow \Delta = \frac{4}{\tau^2} - 4 \frac{1}{\tau^2} = 0$$

La solution est de la forme

$$v_s(t) = (at + b) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

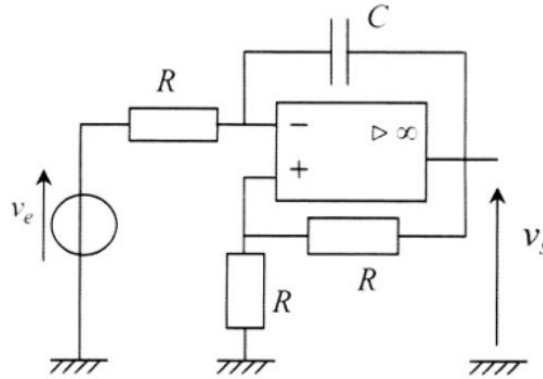
Conditions initiales : les condensateurs sont initialement déchargés donc à $t = 0$ $u_2 = 0$ et $u_{C_1} = 0$. On a donc $v_s(0) = 0$ ce qui implique que $b = 0$. Par ailleurs, la loi des mailles donne $e(0) - u_R(0) - u_C = 0$ donc $i_1(0) = \frac{e}{R}$, donc

$$i_1(0) = i_R(0) + i_C(0)$$

Comme $u_2(0) = 0$, $i_R(0) = 0$ et donc

$$i_1(0) = -C \frac{dv_s}{dt}(0) = -Ca = \frac{e}{R} \Rightarrow a = -\frac{e}{RC}$$

III Stabilité d'un montage



1. Loi des noeuds $i_R = i_C$ donc

$$\frac{u_R}{R} = jC\omega u_C$$

D'après la loi des mailles $v_e - u_R - v_- = 0$ et $v_s + u_C - v_- = 0$, donc

$$u_R = v_e - v_- \quad u_C = v_- - v_s$$

Par ailleurs, on reconnaît un diviseur de tension dans la partie basse, donc

$$v_+ = \frac{R}{2R}v_s = \frac{v_s}{2}$$

En fonctionnement linéaire, $v_+ = v_- = \frac{v_s}{2}$, donc

$$u_R = v_e - \frac{v_s}{2} \quad u_C = \frac{v_s}{2} - v_s = -\frac{v_s}{2}$$

et donc en reprenant la loi des noeuds

$$\frac{v_e - \frac{v_s}{2}}{R} = -\frac{jC\omega v_s}{2} \Rightarrow v_e = \frac{v_s}{2} - \frac{RjC\omega v_s}{2} = \frac{v_s}{2}(1 - jRC\omega)$$

soit

$$H = \frac{2}{1 - jRC\omega}$$

Le montage est donc instable à cause de la rétroaction sur l'entrée non inverseuse.

2. Loi des noeuds $i_R = i_C$ donc

$$\frac{u_R}{R} = C \frac{du_C}{dt}$$

D'après la loi des mailles $v_e - u_R - v_- = 0$ et $v_s + u_C - v_- = 0$, donc

$$u_R = v_e - v_- \quad u_C = v_- - v_s$$

Par ailleurs, on reconnaît un diviseur de tension dans la partie basse, donc

$$v_+ = \frac{R}{2R} v_s = \frac{v_s}{2}$$

En fonctionnement linéaire, $v_+ = v_- = \frac{v_s}{2}$, donc

$$u_R = v_e - \frac{v_s}{2} \quad u_C = \frac{v_s}{2} - v_s = -\frac{v_s}{2}$$

et donc en reprenant la loi des noeuds

$$\frac{v_e - \frac{v_s}{2}}{R} = -\frac{C}{2} \frac{dv_s}{dt} \Rightarrow -\frac{RC}{2} \frac{dv_s}{dt} + \frac{v_s}{2} = v_e$$

Le montage est donc instable.

IV Montage soustracteur

Correction des questions d'analyse du corrigé

Question d'analyse 1 - Les courants d'entrée d'un ALI, appelés courants de polarisation, sont supposés nuls dans le modèle d'ALI idéal. En réalité, ils sont de l'ordre du nA.

Question d'analyse 2 - Les deux tensions d'intérêt de cette branche, e_1 et s , sont données aux extrémités alors que le nœud central est de potentiel inconnu. Pourtant, les deux résistances sont bien parcourues par le même courant et forment bel et bien un pont diviseur de tension, mais les tensions divisées seraient $v_- - e_1$ et $s - e_1$, ce qui ne facilite pas le calcul.

Question d'analyse 3 - Vue la position de la masse, la tension intéressante e_2 est cette fois-ci imposée à l'ensemble de la branche. La LNP s'écrit

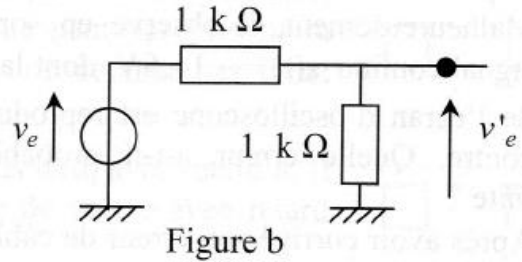
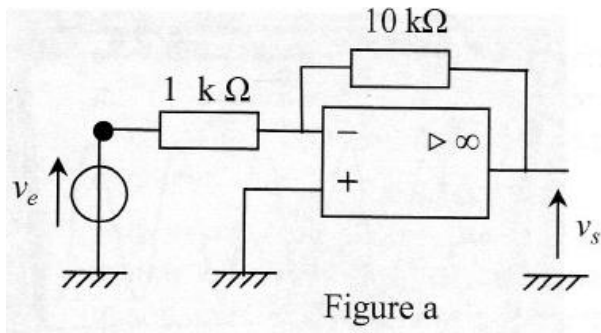
$$\frac{e_2 - v_+}{R} + \frac{0 - v_+}{R'} = 0$$

Je vous laisse finir le calcul, qui donne bien le même résultat.

Question d'analyse 4 - Le montage ne compte qu'une unique rétroaction, et celle-ci est négative. L'ALI fonctionne donc selon toute vraisemblance en régime linéaire, du moins tant que les signaux d'entrée restent d'amplitude raisonnable.

Question d'analyse 5 - Absolument pas ☺ Attention à cette confusion, fréquente au début : le régime linéaire implique $\varepsilon = v_+ - v_- = 0$ mais sûrement pas $v_+ = v_- = 0$! Les deux potentiels valent ... ce qu'ils valent !

V Montage amplificateur inverseur

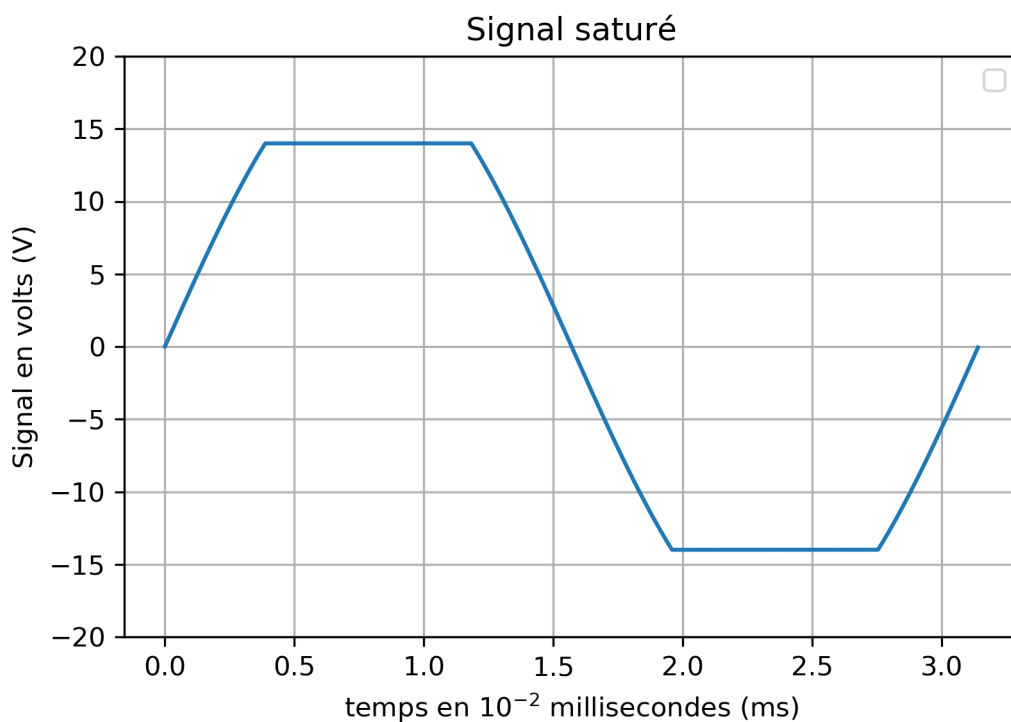


1. On suppose le r  gime lin  aire donc $v_+ = v_- = 0$. On utilise la loi des noeuds en terme de tension $i_{R_1} = i_{R_2}$ puisque $i_- = 0$. Par ailleurs d'apr  s la loi des mailles $v_e - u_{R_1} = 0$ et $v_s + u_{R_2} = 0$ donc $v_e = u_{R_1}$ et $v_s = -u_{R_2}$, donc

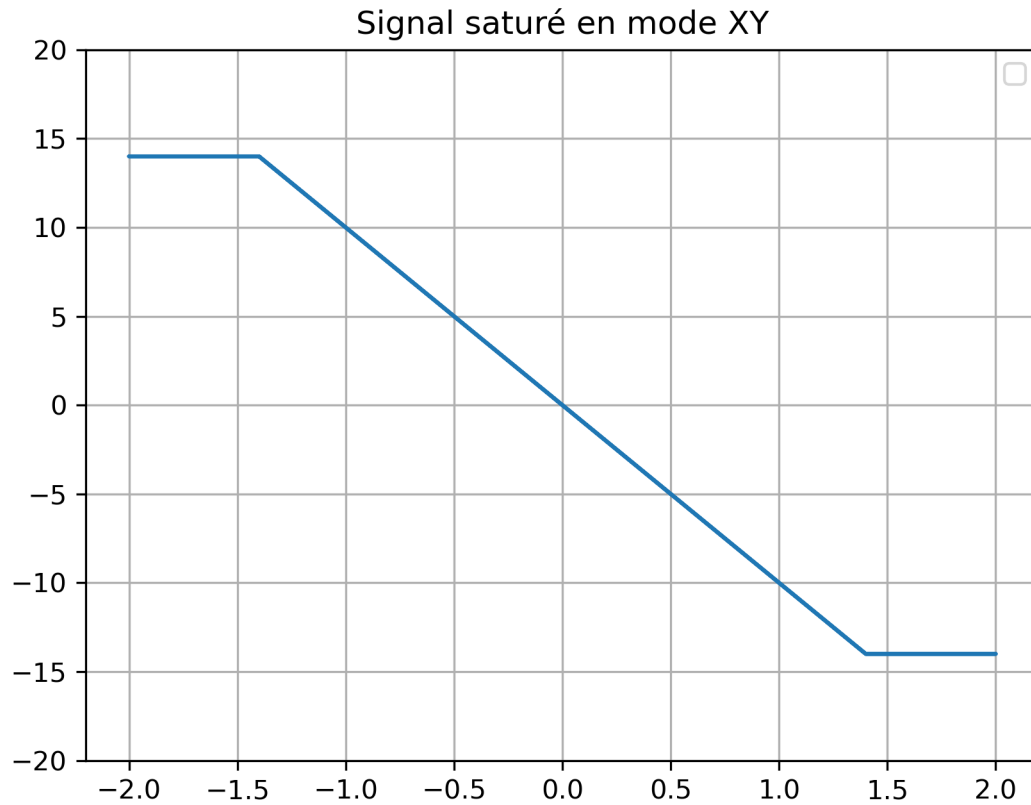
$$\frac{u_{R_1}}{R_1} = \frac{u_{R_2}}{R_2} \Rightarrow \frac{v_e}{R_1} = -\frac{v_s}{R_2} \Rightarrow v_s = -\frac{R_2}{R_1} v_e$$

2. Pas de saturation car $1 \cdot 10 = 10 < V_{sat}$.

3. Saturation car $2 \cdot 10 = 20 > V_{sat}$.



4.



5. On veut un montage qui ne sature plus. pour cela, il faut un montage diviseur de tension par 2 (montage (b)) puis le montage (a). Mais le montage (b) ne fonctionne correctement qu'en sortie ouverte, il faut donc intercaler un montage suiveur entre les deux.

6.1 Le gain est fini donc $s = A(v_+ - v_-)$. v_+ est toujours nul donc $s = -Av_-$ et l'application de la loi de noeuds    l'entr  e inverseuse donne $\frac{u_{R_1}}{R_1} = \frac{u_{R_2}}{R_2}$ et les loi des mailles $v_e - u_{R_1} - v_- = 0$ et $v_s + u_{R_2} - v_- = 0$ donc

$$u_{R_1} = e - v_- = e + \frac{s}{A} \quad u_{R_2} = v_- - s = -s \left(\frac{1}{A} + 1 \right)$$

ce qui donne

$$R_2 \left(e + \frac{s}{A} \right) = -R_1 s \left(\frac{1}{A} + 1 \right) \Rightarrow R_2 e = -s \left(R_1 \left(\frac{1}{A} + 1 \right) + \frac{R_2}{A} \right)$$

et finalement

$$e = -s \left(\frac{R_1}{R_2} \left(\frac{1}{A} + 1 \right) + \frac{1}{A} \right) = -\frac{1}{R_2 A} s (R_1 + R_2 + R_1 A) = -s \frac{1}{R_2 A} (R_1 + R_2) \left(1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} A \right)$$

D'après le schéma bloc, $s = A(\alpha e - Bs)$ donc

$$e = \frac{1}{A\alpha} s(1 + AB)$$

donc par identification

$$\frac{1}{\alpha} = -\frac{R_1 + R_2}{R_2} \Rightarrow \alpha = -\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

et

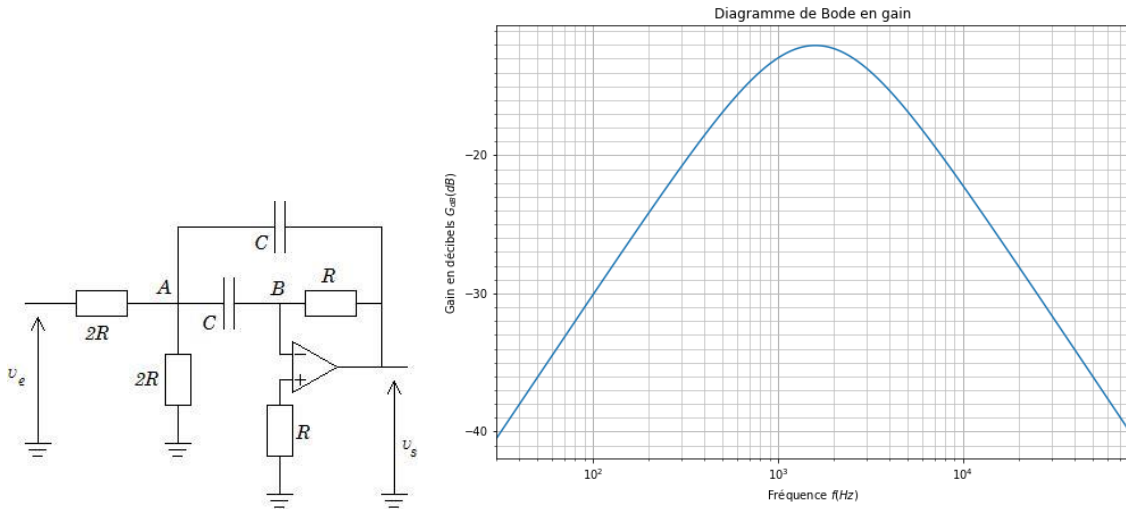
$$B = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

6.2 En régime stationnaire

$$G = \frac{s}{e} = \frac{A\alpha}{1 + AB} = -\frac{A\frac{R_2}{R_1 + R_2}}{1 + A\frac{R_1}{R_1 + R_2}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

Quand le gain devient infini,

VI Filtre actif



1. En basse fréquence, les condensateurs sont des fils coupés, donc l'intensité traversant la résistance située au dessus de l'ALI est nulle. On a donc $v_s = v_- = v_+ = 0$ (régime linéaire).

En HF, les condensateurs sont des fils, donc $v_s + 0 + 0 + v_- = 0$ donc $v_s = 0$.

On a probablement à faire à un passe bande.

2. On applique la loi des noeuds en terme de tension en A (en comptant toutes intensités allant vers le noeud A)

$$\frac{v_e - v_A}{2R} + \frac{0 - v_A}{2R} + jC\omega(v_s - v_A) + jC\omega(v_B - v_A) = 0$$

La même loi en B donne

$$jC\omega(v_A - v_B) + \frac{v_s - v_B}{R}$$

Or $v_B = v_- = v_+ = 0$, donc d'après la loi des noeuds en B

$$v_A = -\frac{v_s}{jRC\omega}$$

et en reprenant la loi des noeuds en A

$$\frac{v_e + \frac{v_s}{jRC\omega}}{2R} + \frac{v_s}{2RjRC\omega} + jC\omega(v_s + \frac{v_s}{jRC\omega}) + jC\omega(\frac{v_s}{jRC\omega}) = 0$$

ce qui donne en multipliant par $2jR^2C\omega$

$$jRC\omega v_e = -v_s - v_s - (2jR^2C\omega)(jC\omega)v_s - 2jRC\omega v_s - 2jRC\omega v_s$$

soit

$$jRC\omega v_e = -(2 + 4jRC\omega - 2R^2C^2\omega^2)v_s \Rightarrow H = \frac{v_s}{v_e} = -\frac{jRC\omega}{2(1 + 2jRC\omega - R^2C^2\omega^2)}$$

3. On factorise par $jRC\omega$

$$H = -\frac{1}{2} \frac{1}{\frac{1}{jRC\omega} + 2 - \frac{RC\omega}{j}} = -\frac{1}{4} \frac{1}{1 + \frac{j}{2} (RC\omega - \frac{1}{RC\omega})}$$

Par identification avec

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

on obtient $H_0 = -1/4$, $Q=1/2$ et $\omega_0 = 1/RC$.

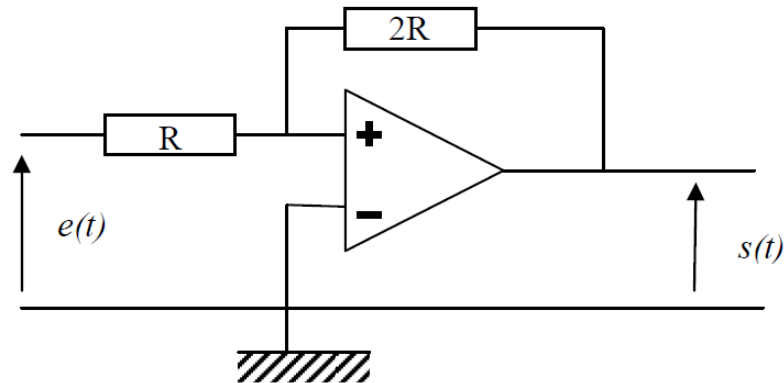
4. Intégrateur en HF, dérivateur en BF. $f_0 = 1600 \text{ Hz}$, $\delta f = 3150 \text{ Hz}$, $Q = \frac{f_0}{\delta f} = 0,5$.

5. Passe bande

6. idem

7. idem

VII Trigger de Schmidt



1. $v_- = 0$, donc il faut que $v_+ > 0$ pour que $s = V_{sat}$?

2. Loi des noeuds en terme de tension à l'entrée non inverseuse

$$\frac{e - v_+}{R} = \frac{v_+ - s}{2R} \Rightarrow v_+ = \frac{2}{3}e + \frac{1}{3}s$$

3. On bascule quand $v_+ > 0$, donc quand

$$\frac{2}{3}e + \frac{1}{3}s > 0 \Rightarrow \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}V_{sat} \Rightarrow e < \frac{1}{2}V_{sat}$$

La bascule s'opère donc pour

$$e = V_1 = \frac{1}{2}V_{sat}$$

4. Avec le même raisonnement la bascule s'opère quand

$$e = -V_1$$

5. Tracé

6. Le trigger de Schmidt peut avoir deux états, il permet de coder en binaire. Le plus grand nombre à 4 chiffres est 9999, qui est compris entre $2^{13} - 1 = 8191$ et $2^{14} - 1 = 16383$, il faut donc 14 circuits pour coder ce nombre.