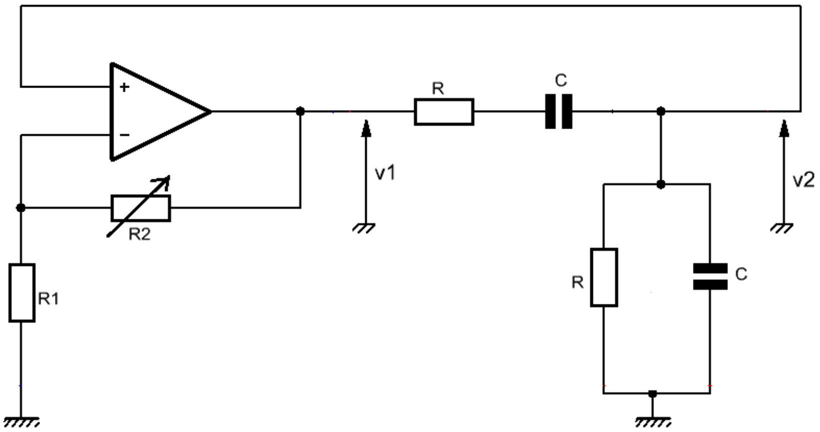
3TSI - AP - Oscillateurs électroniques

<u>Exercice 1</u> Oscillateur quasi-sinusoïdal



$R = 10\ k\Omega$ $R_1 = 10\ k\Omega$ R_2 est une résistance variable $C = 10\ nF$

On commence par étudier le bloc contenant l'ALI.
1)Exprimer le rapport d'amplification $K = v_1/v_2$ de l'amplificateur à ALI.

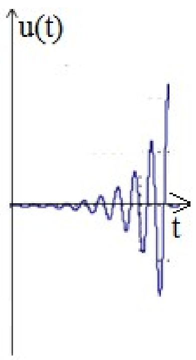
On étudie ensuite le filtre de Wien en mode temporel quelconque. On note $i_C(t)$ l'intensité du courant dans l'association série résistor-condensateur. On note $v_C(t)$ la tension au bornes du condensateur de l'association série en convention récepteur.
2) Quelle relation lie $i_C(t)$ et $v_C(t)$?

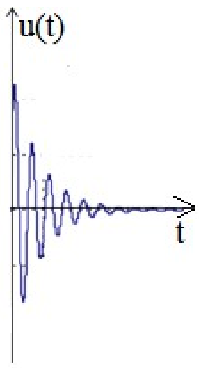
3) En utilisant la loi de noeuds, déteminer l'équation différentielle liant: $\dfrac{d^2 v_2}{dt^2}$, $\dfrac{dv_2}{dt}$, $v_2(t)$ et $\dfrac{dv_1}{dt}$

4) Déterminer l'équation différentielle satisfaite par $v_2(t)$ uniquement.

5) A quelle condition sur K observe-t-on des oscillations sinusoïdales non amorties ? Quelle valeur faut-il choisir pour R_2 ? Calculer numériquement la fréquence f_0 des oscillations dans cette situation.

Lorsque cette condition n'est pas respectée, on observe des oscillations d'aspect très différent suivant les valeurs de R_2 :

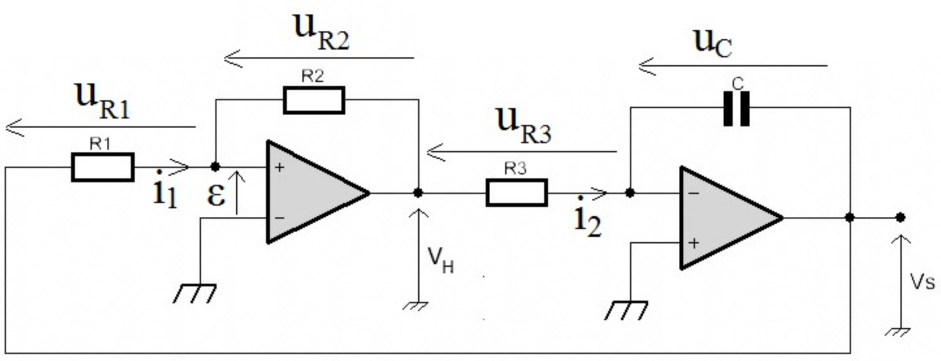




5) Calculer le facteur d'amplification K pour $R_2 = 18\ k\Omega$ et pour $R_2 = 22\ k\Omega$. Associer chacune de ces valeurs aux variations de u(t) reproduites ci-dessus. Justifier grâce à l'équation différentielle.

Exercice 2 Oscillateur à relaxation

Le montage {comparateur-intégrateur} ci-dessous permet de générer des signaux triangulaires ou créneaux.



- Préciser l'allure de $v_H(t)$ et de $v_S(t)$ en justifiant brièvement
- Exprimer la période des oscillations en fonction de R_1, R_2, R_3 et C.

AP - Oscillateurs électroniques
Corrigé

<u>Exercice 1</u> Oscillateur quasi-sinusoïdal

1) ALI en fonctionnement linéaire donc $V_+ = V_- = v_2(t) = \dfrac{\frac{0}{R_1}+\frac{v_1(t)}{R_2}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}} = \dfrac{v_1(t)}{1+\frac{R_2}{R_1}}$

donc $K = v_1/v_2 = 1+\dfrac{R_2}{R_1}$

2) $i_C(t) = C.\dfrac{dv_C}{dt}$

3) Loi des nœuds : $i_C(t) = i_R(t) + i_C'(t) \Leftrightarrow i_C(t)= \dfrac{v_2(t)}{R} + C\dfrac{dv_2}{dt}$

Or $v_1(t) - Ri_C(t) - v_C(t) - v_2(t) = 0$

On dérive : $\dfrac{dv_1}{dt} = R\dfrac{di_C}{dt} + \dfrac{i_C}{C} + \dfrac{dv_2}{dt} = R\left(\dfrac{1}{R}\dfrac{dv_2}{dt} + C\dfrac{d^2v_2}{dt^2}\right) + \left(\dfrac{v_2(t)}{RC} + \dfrac{dv_2}{dt}\right) + \dfrac{dv_2}{dt}$

Donc $\dfrac{dv_1}{dt} = RC\dfrac{d^2v_2}{dt^2} + 3\dfrac{dv_2}{dt} + \dfrac{v_2(t)}{RC}$

4) Avec $v_1(t) = K.v_2(t)$: $RC\dfrac{d^2v_2}{dt^2} + (3-K)\dfrac{dv_2}{dt} + \dfrac{v_2(t)}{RC} = 0$

5) Oscillations sinusoïdales si le terme du 1e ordre est nul : K = 3 donc $R_2 = 2.R_1 = 20\ \text{k}\Omega$
Dans ces conditions, on a

$$\frac{d^2v_2}{dt^2} + \omega_0^2 v_2 = 0$$

A identifier à $\dfrac{d^2v_2}{dt^2} + \dfrac{v_2(t)}{R^2C^2} = 0$ donc $\omega_0 = 1/RC$ donc $f_0 = \omega_0/2\pi = 1/2\pi RC = 1{,}6$ kHz

5) $R_2 = 18\ \text{k}\Omega$ donne K = 2,8 donc 3 – K > 0 : système stable (car les signes des coefficients sont identiques) donc solution oscillante amortie en exponentielle décroissante : deuxième enregistrement

$R_2 = 22\ \text{k}\Omega$ donne K = 3,2 donc 3 – K < 0 : système instable donc solution oscillante amplifiée en exponentielle croissante : premier enregistrement.

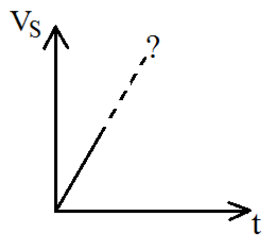
<u>Exercice 2</u> Oscillateur à relaxation

- A cause de la rétroaction positive, le premier ALI est en fonctionnement saturé donc $v_H(t)$ a une allure créneau.
  Par Millman en régime complexe, puis passage en grandeurs réelles: $\dfrac{dV_S}{dt} = -\dfrac{1}{R_3C}V_H$ donc $v_S(t)$ est un signal triangulaire (croissant lorsqu'on a saturation basse et décroissant lors de la saturation haute).
- Conditions initiales : $V_H = - V_{sat}$ (saturation basse) et $V_s(t{=}0) = 0$ (condensateur déchargé),

<u>Première phase : saturation basse</u> ($V_H = - V_{sat}$)

Pour l'ALI2 $V_+ = V_- = 0$ (régime linéaire, et entrée + reliée à la masse)

$i_2 = \dfrac{u_{R3}}{R_3} = C\dfrac{du_C}{dt}$ => $\dfrac{V_H - 0}{R_3} = C\dfrac{d(0-V_S)}{dt}$ => $\dfrac{dV_S}{dt} = -\dfrac{1}{R_3C}V_H$ (Millman est délicat à appliquer ici)



$V_H = - V_{sat}$ donc $\dfrac{dV_S}{dt} = +\dfrac{1}{R_3C}V_{sat}$, a solution est de la forme $V_s(t) = \dfrac{V_{sat}}{R_3C}t + K$

Condition initiale $V_s(0)=0=K$ donc $V_s(t)=\frac{V_{sat}}{R_3 C}t$ (allure ci-contre)

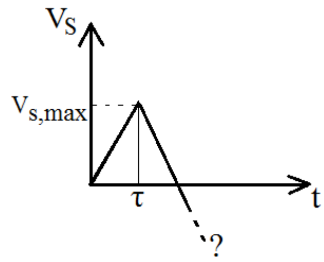
Pour l'ALI1 l'application du théorème de Millman donne $V_+=\frac{R_2 V_S+R_1 V_H}{R_1+R_2}$, d'autre part $V_- = 0$

Saturation basse <=> $V_H = - V_{sat}$ <=> $V_+-V_-<0$ <=> $V_S<\frac{-R_1}{R_2}V_H$ <=> $V_S<\frac{+R_1}{R_2}V_{sat}$

Le comparateur reste donc en saturation basse ($V_H = - V_{sat}$) tant que $V_S<V_{s,max}$ avec $V_{s,max}=\frac{R_1}{R_2}V_{sat}$

L'instant τ où le comparateur bascule en saturation haute est tel que $V_s(\tau)=U$ <=> $\tau=\frac{R_1}{R_2}R_3 C$

<u>Deuxième phase : saturation haute</u> ($V_H = + V_{sat}$)

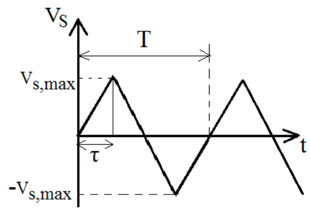


Pour l'ALI2 $\frac{dV_S}{dt}=-\frac{1}{R_3 C}V_H$ mais ici $V_H = + V_{sat}$ donc $\frac{dV_S}{dt}=-\frac{1}{R_3 C}V_{sat}$

La solution est de la forme $V_s(t)=\frac{-V_{sat}}{R_3 C}t+K'$ (affine décroissante)

$V_S(t)$ est une fonction continue ($-V_S = u_C$ est la tension aux bornes du condensateur), on obtient graphiquement l'allure ci-contre.

Pour l'ALI1, saturation haute <=> $V_H = V_{sat}$ <=> $V_+-V_->0$ <=> $V_S>\frac{-R_1}{R_2}V_H$ <=> $V_S>\frac{-R_1}{R_2}V_{sat}$



Le comparateur reste en saturation haute tant que $V_S>-V_{s,max}$: on observera ensuite une saturation basse avec $V_s(t)=\frac{V_{sat}}{R_3 C}t+K''$ tant que $V_S < V_{s,max}$, etc...

A l'aide du graphe on a $T=4\tau=4\frac{R_1}{R_2}R_3 C$ pour la période des oscillations.