Oscillateurs électroniques

Niveau : CPGE/L2

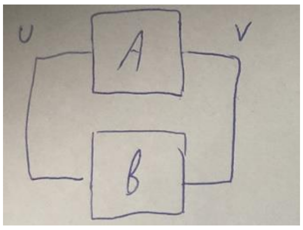
Prérequis : électrocinétique, ALI, oscillateurs mécaniques

Introduction

Un oscillateur est un système évoluant de part et d'autre d'un équilibre stable. Les variations des grandeurs décrivant le système se font en fonction du temps. On distingue plusieurs types d'oscillateurs selon leur fonctionnement et leurs effets. Dans cette leçon, on ne s'intéressera qu'aux oscillateurs électroniques. Les oscillateurs électroniques sont des circuits qui fournissent une tension périodique, il y en a de différentes sortes.

I Oscillateur quasi-sinusoïdal

1) Principe de fonctionnement



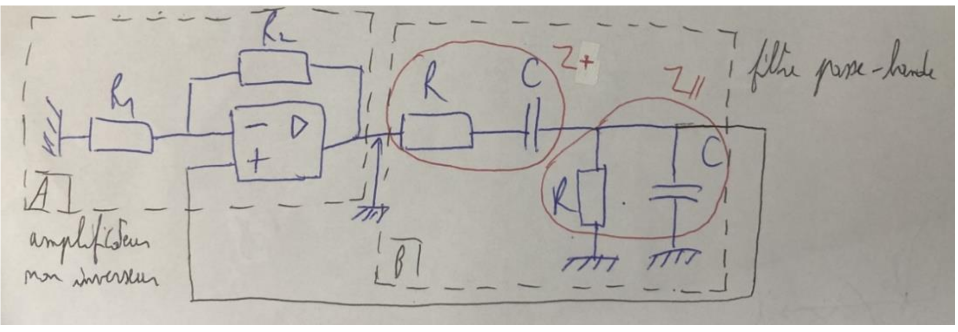
$v = Au$ et $u = Bv$ donc : $vu = ABuv$ → $v = ABv$, $v(1 - AB) = 0$

Pour avoir $v \neq 0$, il faut 1 – AB = 0. Les éventuelles pertes sont compensées par A.

La fonction de transfert s'écrit : $H(j\omega) = \frac{A(j\omega)}{1 - A(j\omega)B(j\omega)}$

<u>Critère de Barkhausen</u> : un système bouclé peut osciller spontanément, il existe ω_0 réel tel que $A(j\omega_0)B(j\omega_0) = 1$.

2) Oscillateur de Wien



Étude fréquentielle :

Le bloc A est un amplificateur non inverseur, le gain est $A = \frac{u}{v} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

On cherche la fonction de transfert du bloc B :

$H_B = \frac{v}{u} = \frac{Z_{//}}{Z_{//}+Z_+} = \frac{1}{1+Z_+ Y_{//}}$, avec $Y_{//} = \frac{1}{Z_{//}}$ l'admittance

On a donc : $\frac{v}{u} = \frac{1}{1+(R+\frac{1}{j\omega C})(\frac{1}{R}+j\omega C)} = \frac{jRC\omega}{jRC\omega+(1+jRC\omega)^2} = \frac{jRC\omega}{1+3jRC\omega-(RC\omega)^2}$

On pose $\omega_0 = \frac{1}{RC}$, $Q = \frac{1}{3}$ et $H_0 = \frac{1}{3}$

On cherche ω_r tel que $A(j\omega_r)B(j\omega_r) = 1$: $\frac{jA\tau\omega_r}{1+3\tau\omega_r-(\tau\omega_r)^2} = 1$

Donc : $(j\tau\omega_r)^2 + j(3-A)\tau\omega_r + 1 = 0$

Pour avoir une solution réelle, il faut que $A = 3$ et $\omega_r = \omega_0$

On pourrait également réaliser une étude temporelle en utilisant les lois de l'électrocinétique, on obtiendrait alors l'équation différentielle suivante :

$$R^2C^2\frac{d^2v}{dt^2} + (3-A)RC\frac{dv}{dt} + v = 0$$

En passant l'équation précédente dans le domaine complexe, on retrouve la même équation que précédemment.

On voit que si $A = 3$, on retrouve l'équation d'un oscillateur harmonique.

Si on écrit le discriminant de l'équation caractéristique, on obtient : $\Delta = \omega_0^2(3 - A)^2 - 4\omega_0^2$, soit :

$\Delta = \omega_0^2(1 - A)(5 - A)$

Il y a plusieurs possibilités :

- Si $A < 1$: la solution est en exponentielle décroissante
- Si $1 < A < 3$: la solution est une sinusoïde décroissante
- Si $3 < A < 5$: la solution est une sinusoïde croissante, le montage finira par saturer
- Si $A > 5$: la solution est en exponentielle croissante, le montage finira par saturer

En pratique, on choisira A légèrement supérieur à 3.

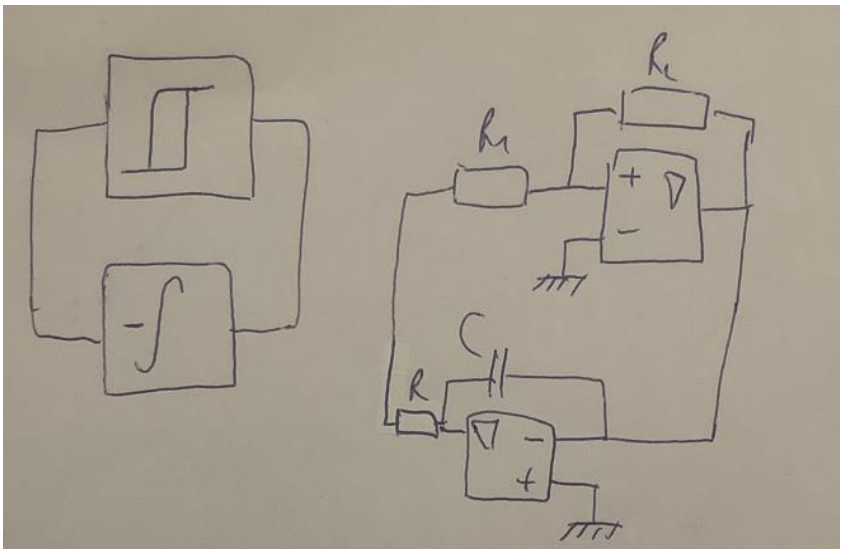
Éventuellement 3) sur résistance négative

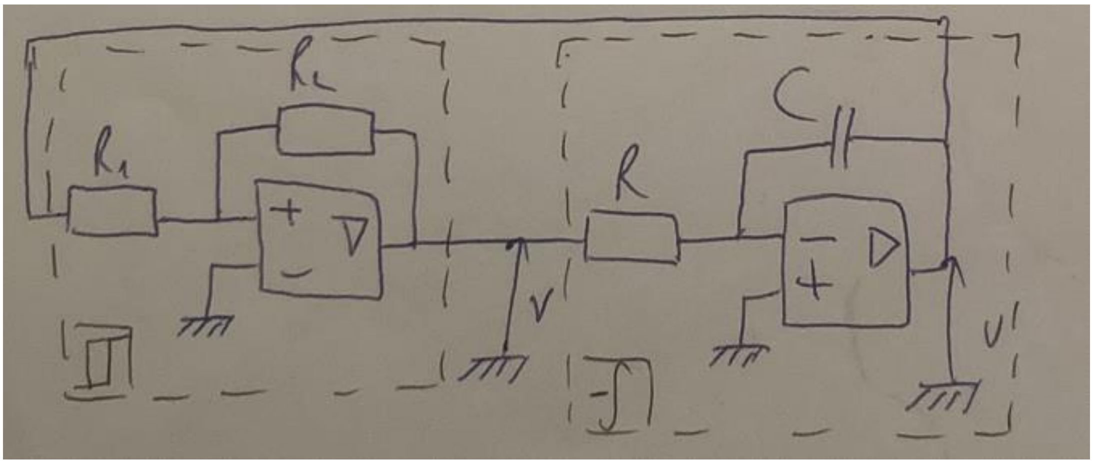
Nous allons maintenant voir un autre type d'oscillateur électronique.

II Oscillateur à relaxation

Il s'agit d'un système qui produit des oscillations par alternance entre deux modes d'évolution, le basculement entre deux modes s'effectuant avant que chacun ait atteint un état stable. On parle aussi de multivibrateur astable.

1) Étude détaillée





Ici, l'ALI ne fonctionne pas en régime linéaire ($V_+ \neq V_-$)

A t = 0, u passe par V_B en diminuant -> basculement de v de $+V_{sat}$ à $-V_{sat}$

Donc $v(0^+) = -V_{sat}$ et $u(t) - u(0) = \frac{V_{sat}}{RC}t$, soit $u(t) = V_B + \frac{V_{sat}}{RC}t$ (croissante)

Soit t_0 tel que $u(t_0) = V_H$: $V_H = V_B + \frac{V_{sat}}{RC}t_0 \rightarrow t_0 = RC\frac{V_H - V_B}{V_{sat}}$

A t = t_0, u passe, en augmentant, par V_H -> basculement de v de $-V_{sat}$ à $+V_{sat}$

Pour $t > t_0$: $u(t) - u(t_0) = -\frac{V_{sat}}{RC}(t - t_0)$, soit $u(t) = V_H - \frac{V_{sat}}{RC}(t - t_0)$

Soit t_1 tel que $u(t_1) = V_B$: $V_B = V_H - \frac{V_{sat}}{RC}(t_1 - t_0) \rightarrow t_1 = t_0 + RC\frac{V_H - V_B}{V_{sat}}$, donc $t_1 = 2t_0$

Or, $V_H = \frac{R_1}{R_2}V_{sat}$ et $V_H = -V_B$, on suppose que $R_1 < R_2$

Tracé de u et v en fonction de t au fur et à mesure

La période des signaux est : $T = 2RC\frac{V_H - V_B}{V_{sat}} = \frac{4RCR_1}{R_2}$

Analogie : vase de Tantale

Conclusion

Dans cette leçon, nous avons mis en évidence deux types d’oscillateurs électroniques. Les oscillateurs ont de nombreuses applications : on peut citer les montres à quartz ou la modulation de fréquences, par exemple dans le cas du synthétiseur DX7 de Yamaha.

Bibliographie

-Précis électronique, PSI

-PUF électronique, Boussié