

Bibliographie

- ↗ [Duffait], *Expériences d'électronique*
- ↗ [Krob], *Électronique expérimentale*
- ↗ [Brenders], *Électronique PSI, Précis Bréal*

1 Oscillateurs à relaxation

Les oscillateurs à relaxation sont des oscillateurs fortement non-linéaires. Ils sont caractérisés par une alternance entre deux phases :

- Une première phase où l'énergie est progressivement accumulée, la contrainte du système augmente alors jusqu'à atteindre un certain seuil.
- Une seconde phase de décharge d'énergie, qui débute dès que le seuil est dépassé, le système relaxe alors jusqu'à une contrainte plus faible, puis le cycle recommence.

Nous allons dans la suite principalement nous intéresser à différents exemples d'oscillateurs à relaxation en électronique. Cependant, des oscillateurs à relaxation existent également dans d'autres domaines de la physique, en particulier en mécanique : l'expérience du vase de Tantale est proposée dans ce TP et le frottement en stick-slip d'un patin est détaillé dans le fascicule de TP Divers.

1.1 Montage de base

- ↗ [Duffait] p.187, [Brenders] p.313

Nous allons étudier l'oscillateur à relaxation présenté en figure 6.1. Il est composé de 2 parties : un intégrateur à AO, suivi d'un comparateur à hystérésis non-inverseur.

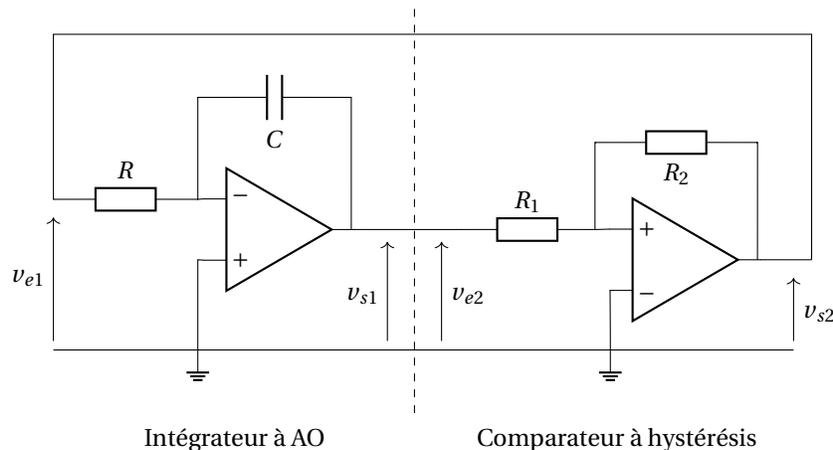


FIGURE 6.1 – Oscillateur à relaxation de base.

Le comparateur à hystérésis non-inverseur renvoie une tension de sortie $v_{s2} = \pm V_{\text{sat}}$. À saturation positive $v_{s2} = +V_{\text{sat}}$, l'intégrateur va intégrer cette tension au cours du temps, sa tension de sortie décroît alors linéairement à la vitesse $-V_{\text{sat}}/(RC)$. Lorsque $v_{s1} = v_{e2}$ atteint le seuil de l'oscillateur à relaxation $-V_0 = -R_1 V_{\text{sat}}/R_2$, le comparateur bascule à saturation négative $v_{s2} = -V_{\text{sat}}$. La tension en sortie de l'intégrateur est alors croissante à la vitesse $V_{\text{sat}}/(RC)$, jusqu'à atteindre le seuil $+V_0$. Il y a alors à nouveau basculement, et le cycle recommence.

Au final, la tension v_{s2} est une tension créneau $\pm V_{\text{sat}}$ de période $T = 4R_1 RC/R_2$, et la tension v_{s1} est une tension triangulaire $\pm R_1 V_{\text{sat}}/R_2$ de même période. Il s'agit bien d'un oscillateur à relaxation.

Réaliser l'oscillateur à relaxation de base (figure 6.1) avec $R = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$, $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

Observer les tensions v_{s1} et v_{s2} sur un oscilloscope, et comparer leurs périodes à la valeur théorique $T = 4R_1RC/R_2$. La légère différence peut provenir de la résistance de sortie du second AO.

Tracer la trajectoire dans l'espace des phases de l'oscillateur en mode XY. On observe les phases de remplissage et de décharge de l'énergie.

1.2 Multivibrateur astable

☛ [Duffait] p.189, [Brenders] p.307

Il est possible de condenser le montage précédent en remplaçant l'intégrateur à AO par un pseudo-intégrateur RC. Comme il n'y a plus d'inversion, il faut remplacer la seconde partie par un comparateur inverseur, on obtient alors un multivibrateur astable (figure 6.2).

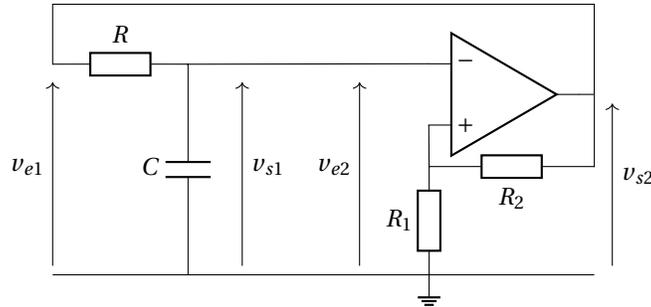


FIGURE 6.2 – Multivibrateur astable.

Le principe de fonctionnement est le même que le montage précédent, mais cette fois la charge et la décharge du condensateur suivent une loi exponentielle en $\exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$, et la tension seuil du comparateur à hystérésis vaut $V_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{sat}}$. À saturation positive ($v_{s2} = +V_{\text{sat}}$), la tension v_{s1} met un temps $T_+ = RC \ln\left(\frac{V_{\text{sat}} + V_0}{V_{\text{sat}} - V_0}\right)$ pour croître de $-V_0$ à $+V_0$. À saturation négative ($v_{s2} = -V_{\text{sat}}$), elle met le même temps $T_- = T_+$ pour décroître de $+V_0$ à $-V_0$.

Au final, la tension v_{s2} est une tension créneau $\pm V_{\text{sat}}$ de période $T = 2RC \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$, et la tension v_{s1} est une suite de croissance/décroissance exponentielle d'amplitude $\pm \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{sat}}$ et de même période.

Réaliser un multivibrateur astable (figure 6.2) avec $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$ et $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

Observer les tensions v_{s1} et v_{s2} sur un oscilloscope, et comparer leurs périodes à la valeur théorique $T = 2RC \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$, puis tracer sa trajectoire dans l'espace des phases en mode XY.

1.3 Oscillateur commandé par une tension (OCT)

☛ [Duffait] p.192

Il est possible de commander la fréquence de l'oscillateur à relaxation de base par une tension v_c , en introduisant un multiplicateur analogique P41.15 dans sa boucle (figure 6.3). Pour éviter de saturer l'entrée de ce multiplicateur, on limite la tension de sortie du comparateur avec 2 diodes Zener P29.8 tête bêche ($V_Z \approx 1,7 \text{ V}$ par exemple).

La tension v_{e1} intégrée pour cet oscillateur est $\pm K v_c V_{\text{sat}}$ (avec K le facteur d'échelle du multiplicateur), au lieu de $\pm V_{\text{sat}}$ pour l'oscillateur à relaxation de base. On en déduit que la fréquence des oscillations de v_{s1} et v_{s2} vaut $f = \frac{K}{4RC} \frac{R_2}{R_1} v_c$. Cette fréquence est proportionnelle à v_c , on a donc réalisé un oscillateur commandé par une tension (OCT).

Réaliser un oscillateur commandé en tension (figure 6.3) avec $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$, $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$ et $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$.

Pour plusieurs tensions continues v_c comprises entre 1 et 8 V, mesurer la fréquence f des oscillations de v_{s1} (ou v_{s2}) et montrer qu'elle évolue linéairement avec v_c .

Envoyer un signal sinusoïdal en v_c d'amplitude 2 V avec un offset de 3 V (il faut toujours garder $v_c > 0$), et observer la tension v_{s1} . On obtient un signal modulé en fréquence (nous reviendrons sur ce type de modulation dans le TP8).