

Oscillateur de relaxation – étude d'un exemple électrique

• Introduction

Un oscillateur de relaxation est construit à partir d'un élément pouvant accumuler de l'énergie. Pendant la première partie de la période, il accumule. Dans la seconde, il restitue au reste du circuit. La fréquence des oscillations va dépendre du débit de l'élément d'accumulation. L'amplitude de ces dernières va dépendre des caractéristiques de l'élément d'accumulation...

Ce type d'oscillateur se rencontre dans différents domaines de la physique. On peut citer par exemple

- Le vase de Tantale : un réservoir est relié à un siphon. L'eau coule à débit constant dans le réservoir et le remplit jusqu'à un niveau h_{\max} . Le siphon est alors amorcé et le réservoir se vide jusqu'à un niveau h_{\min} . Le siphon se bloque...etc. L'amplitude des oscillations dépend des niveaux d'amorçage du siphon et la période des débits.
- Les oscillations d'un système thermique régulé (chaudière régulée en tout ou rien...).
- Les différents montages électroniques permettant d'obtenir des oscillations de relaxation à partir d'une capacité. Nous allons présenter un exemple. Ces systèmes permettent notamment de réaliser des générateurs de signaux. Leur principal inconvénient vient de leur fréquence d'oscillation qui n'est pas très stable (c'est pourquoi on leur préfère parfois les oscillateurs à quartz).

• Bibliographie

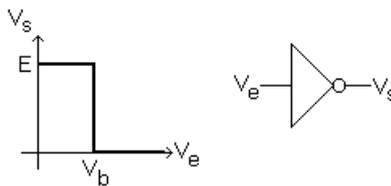
- [1] « Electronique 2^e année » --Delacrésionière-More (p122)
- [2] « Electronique - Terminale Génie Electronique » -- Martin -- Hachette
- [3] « Expérience d'électronique » --Duffait –Bréal

• Présentation

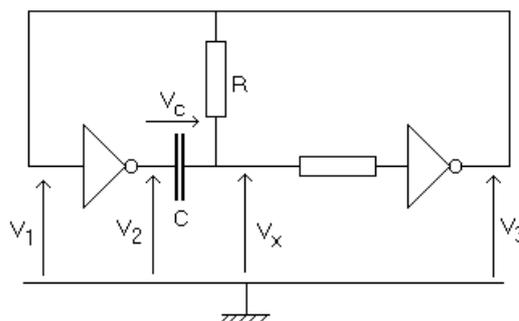
Il existe de très nombreuses méthodes pour réaliser électriquement des oscillateurs. On propose deux montages de complexité croissante.

Premier montage – oscillateur à portes logiques

Dans ce montage, on va utiliser deux inverseurs logiques CMOS (très forte impédance d'entrée) dont la caractéristique théorique est la suivante :



L'oscillateur que nous allons étudier a la structure suivante :



A l'instant initial, on suppose que $V_3 = V_1 = E$ et que $V_2 = 0V$. La tension V_c vaut alors forcément $V_b - E$ (continuité de la tension aux bornes d'une capacité et prise en compte de l'état précédent juste à la commutation). Durant la phase qui suit, la capacité se charge avec une tension qui part de $V_b - E$. Cet état dure jusqu'à ce que la tension en entrée de la seconde porte atteigne V_b . V_c vaut alors V_b .

Alors $V_3 = V_1 = 0V$, $V_2 = E$. La tension V_x passe alors brusquement à $E + V_b$. La capacité va alors se décharger jusqu'à ce que V_x repasse par V_b . On repasse alors par l'état initial et ainsi de suite...

Les deux inverseurs logiques doivent bien entendu être polarisés sous la tension V_{dd} en principe proche de E (faire la mesure !). Si on suppose que les portes basculent à $V_b = E/2$, la période théorique est

$$T = 2.R.C.\ln 3$$

Dans la pratique, la tension de basculement est souvent différente de $E/2$. Si on la note V_b , la période vaut alors

$$T = R.C. \left[\ln \left(\frac{V_b + E}{V_b} \right) + \ln \left(\frac{2.E - V_b}{E - V_b} \right) \right]$$

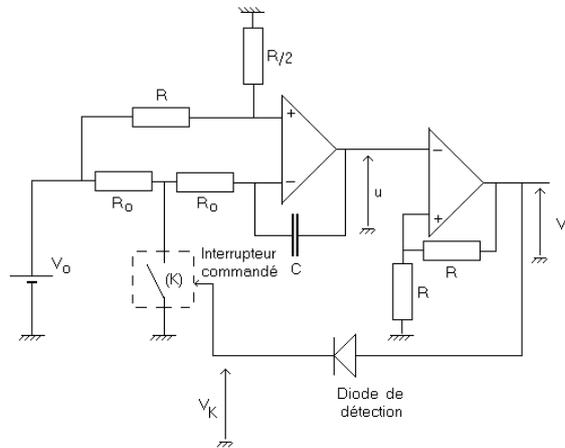
Il faut noter que les impédances de sortie des portes peuvent elles aussi modifier le résultat pratique par rapport à ce qui est théoriquement attendu.

En pratique, on pourra prendre $R = 22 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$. On ajoutera une résistance $R' = 470 \text{ k}\Omega$ qui permet de limiter la tension en entrée de la seconde porte (on évite les effets insidieux d'un circuit de protection situé en entrée des portes CMOS). Les portes choisies peuvent être, par exemple des portes NAND 4011 à deux entrées reliées ou un simple inverseur CMOS (4069). Il faut cependant noter qu'une maquette est déjà faite (ENSC 321)...

rq : pour relever la caractéristique de l'inverseur logique, on utilisera la seconde porte... (en raison de la structure de la maquette...)

Second montage : oscillateur de relaxation à fréquence commandée

L'oscillateur que nous allons étudier se présente sous la forme suivante



rq : L'interrupteur commandé (K) est passant pour un signal V_s positif et bloqué pour une sortie nulle. On se propose de le réaliser avec une porte 4066 (interrupteur MOS commandé en tension). Pour que les niveaux de sortie commandant l'interrupteur soient corrects, on redressera V_s .

Le fonctionnement de ce montage s'explique de la façon suivante

Si K est ouvert :

Dans ce cas, c'est que V_s est à l'état bas. On constate que

$$V_+ = \frac{V_o}{3} ; \frac{V_o - \frac{V_o}{3}}{2.R_o} = i_c = C. \frac{d(\frac{V_o}{3} - u)}{dt} \text{ soit } \frac{du}{dt} = -\frac{V_o}{3.R_o.C}$$

l'état dure jusqu'à ce que u atteigne $-V_{sat}/2$

Si K est fermé :

$$\frac{0 - \frac{V_o}{3}}{R_o} = i_c = C. \frac{d(\frac{V_o}{3} - u)}{dt} \text{ soit } \frac{du}{dt} = \frac{V_o}{3.R_o.C}$$

l'état dure jusqu'à ce que u atteigne $V_{sat}/2$

On constate que la période vaut

$$T = \frac{6.R_o.C}{V_o} . V_{sat}$$

Composants :

essais faits avec $R = R_o = 10 \text{ k}\Omega$; $C = 10 \text{ nF}$; $R_d = 100 \text{ k}\Omega$

Les amplificateurs opérationnels sont des TL081 (polarisé +15V /-15V) et l'interrupteur est réalisé avec une 4066 (polarisée 0V / +15V). La diode de détection au germanium (rapide) est une TI SFD107.

rq : en remplaçant la résistance R/2 par un potentiomètre, on peut modifier le rapport cyclique.

rq : attention au sens de connexion de l'interrupteur logique (il est unidirectionnel). Si on voulait qu'il soit bidirectionnel, on devrait en associer deux en antiparallèle...

rq : le redresseur réalisé avec une diode rapide permet convertir la sortie V_s (+15V ; -15V) en un signal V_K (0V ; +15V). Essayer d'utiliser une diode de redressement et conclure...

- Mesures et observations intéressantes

- premier montage

- relever la caractéristique des inverseurs logiques reliant entrée et sortie et comparer à l'allure théorique. Prendre en compte son incidence sur la période obtenue (mesurer E et V_b)...
- relever les formes d'ondes et mesurer la période des oscillations. Essayer d'éprouver la stabilité en fréquence (même montage sous l'effet d'un sèche cheveux... à voir...).

- Second montage

- relevé des formes d'ondes (génération de triangles et de créneaux...).
- relevé de la courbe donnant la fréquence en fonction de la tension V_0 .

- Remarques pratiques

Pour bien comprendre les montages proposés, il est conseillé de jeter un coup d'œil dans les documentations relatives aux composants étudiés. Ce sera de toute façon indispensable, ne serait-ce que pour les schémas de brochage...