

LELEC1101 - Projet d'électricité

Conception du Voltage-Controlled-Oscillator (VCO)

Groupe 3

DE BROUX Michel (8707-13-00)

COLPIN Lionel (3965-12-00)

DEPREZ Damien (2893-13-00)

MARTINELLE Thibault (8737-13-00)

PARIS Antoine (3158-13-00)

23 mars 2015

Les textes écrits en bleu ont été écrits après la séance de débriefing sur le problème 1 et constitue donc une correction de ce dernier.

1 Blocs fonctionnels

Pour réaliser le VCO, nous avons décidé d'utiliser 3 blocs fonctionnels : un intégrateur, un soustracteur et un comparateur à hystérésis (ou trigger de Schmitt). Ces blocs fonctionnels sont agencés comme sur la figure 1.

Sur cette figure, V_L et V_H désignent les tensions de basculement du trigger tandis que H et L désignent les valeurs possibles pour v_{tr} , la tension de sortie du trigger. On peut se convaincre que cet agencement de blocs fonctionnels remplit bien la fonction d'oscillateur contrôlé en tension.

Pour cela, considérons v_{tr} initialement à 0 V et $v_{in} = x$ avec $x > 0$. On a alors dans un premier temps

$$v_{out} = K \int x - 0 dt = Kxt. \quad (1)$$

Cette droite de pente positive est directement plus grande que $V_H = 0$ et on a donc directement $v_{tr} = H$. La tension de sortie devient alors

$$v_{out} = K \int x - H dt = K(x - H)t. \quad (2)$$

En supposant que H , la tension de saturation du trigger, est largement plus grande que x , on a maintenant une droite avec une pente très négative qui va atteindre V_L en un temps t_f négligeable. Une fois ce temps très court passé, et donc V_L atteint, on aura à

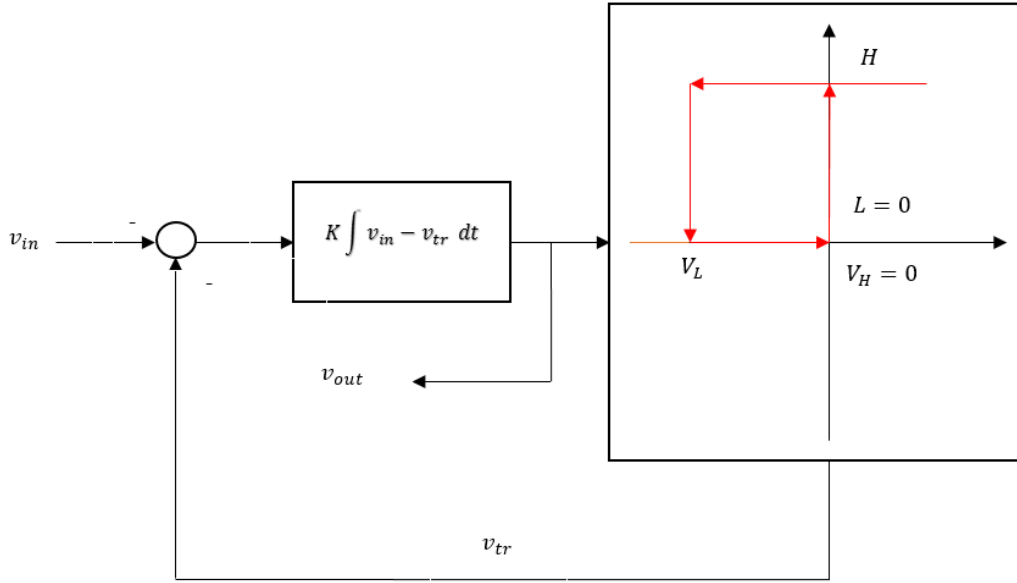


FIGURE 1: Schéma en blocs fonctionnels de notre VCO.

nouveau $v_{tr} = 0$ et donc à nouveau la droite de l'équation 1. La signal v_{out} de sortie est un signal **en dent de scie** dont la période est égale au temps t_r mis par la droite de l'équation 1 pour passer de V_L à $V_H = 0$

$$T = \frac{V_L}{K v_{in}}.$$

On a donc une fréquence directement proportionnelle v_{in} à selon

$$f = \frac{K}{V_L} v_{in}.$$

2 Circuit et simulations

Pour implémenter le circuit équivalent à ces blocs fonctionnels, on peut combiner le soustracteur et l'intégrateur afin de réduire à deux le nombre de blocs nécessaire. Une façon d'implémenter ce circuit est représentée à la figure 3.

En pratique, un problème apparait lorsqu'on simule ce circuit. Pour une raison inconnue, la tension "basse" du trigger (L sur le schéma en blocs fonctionnels) est de l'ordre de $150 - 300 \text{ mV}$ ¹. On peut observer cet effet sur la figure 4, qui présente les résultats de simulation.

Cela est dû à la résistance non-nulle des transistors lorsque ceux-ci sont à l'état fermé.

On verra par la suite que cela entraîne quelques difficultés.

1. Et ce même lorsque le trigger est déconnecté du reste du circuit.

On peut maintenant exprimer v_{out} en terme des composants du circuits. A la sortie de l'intégrateur/soustracteur, on a

$$v_{\text{out}} = \frac{1}{RC} \int -v_{\text{in}} - v_{\text{tr}} dt \quad (3)$$

où v_{tr} vaut L ou H et avec $v_{\text{in}} < 0$.

On trouve un temps de montée $t_r = \frac{V_L RC}{v_{\text{in}} + L}$ et un temps de descente $t_f = \frac{-V_L RC}{v_{\text{in}} + H}$. Si l'entrée est suffisamment faible par rapport à H , on peut négliger t_f et on obtient alors

$$T = \frac{V_L RC}{v_{\text{in}} + L}$$

ou encore

$$f = \frac{v_{\text{in}} + L}{V_L RC}$$

où $V_L = -\frac{R_1}{R_2} V_{CC}$.

Négliger le temps de descente est une grosse approximation linéaire de la véritable fonction (qui ressemble en réalité à une parabole, voir laboratoire S6-S7).

On peut vérifier que la simulation et le calcul fournissent bien le même résultat pour le circuit donné à la figure 3 et les résultats de simulation donnés à la figure 3. Par calcul, on obtient une période de 0.306 ms tandis que les mesures sur les graphes de simulation indiquent une période de 0.30 ms².

La fréquence en fonction de v_{in} est représentée à la figure 2. Afin de garder une tension de sortie en dents de scie, on ne peut pas trop augmenter v_{in} (car on finirait par obtenir un triangle). On ne peut pas non plus prendre une valeur trop petite pour v_{in} car notre VCO ne fonctionne plus si $-v_{\text{in}} < L$. En fixant la valeur minimale de la tension d'entrée à -300 mV et la valeur maximale à -1.6 V (de manière arbitraire, mais de façon à garder un signal en dents de scie), on devrait **théoriquement** (insistons sur ce mot) pouvoir générer des fréquences allant de 100 Hz à 2 kHz.

La figure 2 est inutile (c'est une simple droite). L'équation suffit.

Ce VCO n'est pas bon pour plusieurs raison. Premièrement, il génère un signal qui peut prendre plusieurs formes selon certaines conditions (dents de scie, triangle asymétrique ou triangle asymétrique). Cela posera problème plus tard lorsqu'on voudra filtrer ce signal pour en extraire une sinusoïde pure. Deuxièmement, même en imposant des conditions strictes pour garder un signal en dents de scie tous le temps, on perdra beaucoup de puissance en le filtrant par la suite. Avec un triangle, on obtient plus facilement un sinus et on perdra donc moins d'énergie.

2. On a donc une erreur relative de l'ordre de 2%, sans doute dû aux imprécisions de mesures.

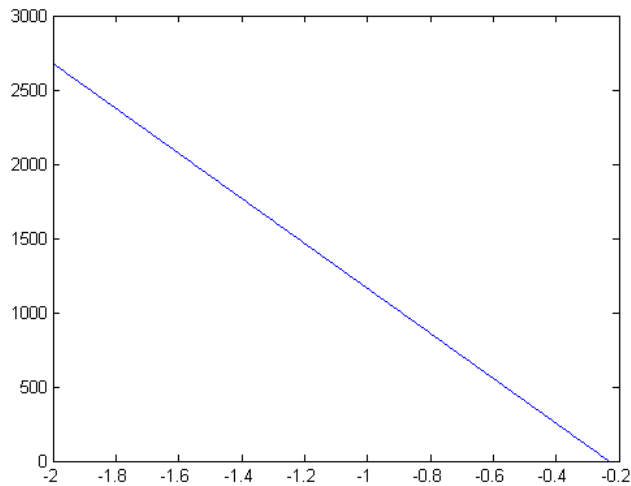


FIGURE 2: Graphe de la fréquence en fonction de la tension d'entrée.

3 Circuit et mesures

En montant le circuit proposé dans la section précédente, on constate que L une valeur qui passe de 100 mV à 220 mV (voir figure 5).

La figure 7 présente le résultat des mesures sur le circuit réel de notre VCO pour une entrée de -440 mV. Notons que les valeurs des résistances ne sont pas les mêmes que celle utilisée lors de la simulation pour des raisons pratiques (le schéma du circuit tel que construit est repris sur la figure 6).

Les figure suivantes montrent les résultats pour différentes valeurs d'entrées.

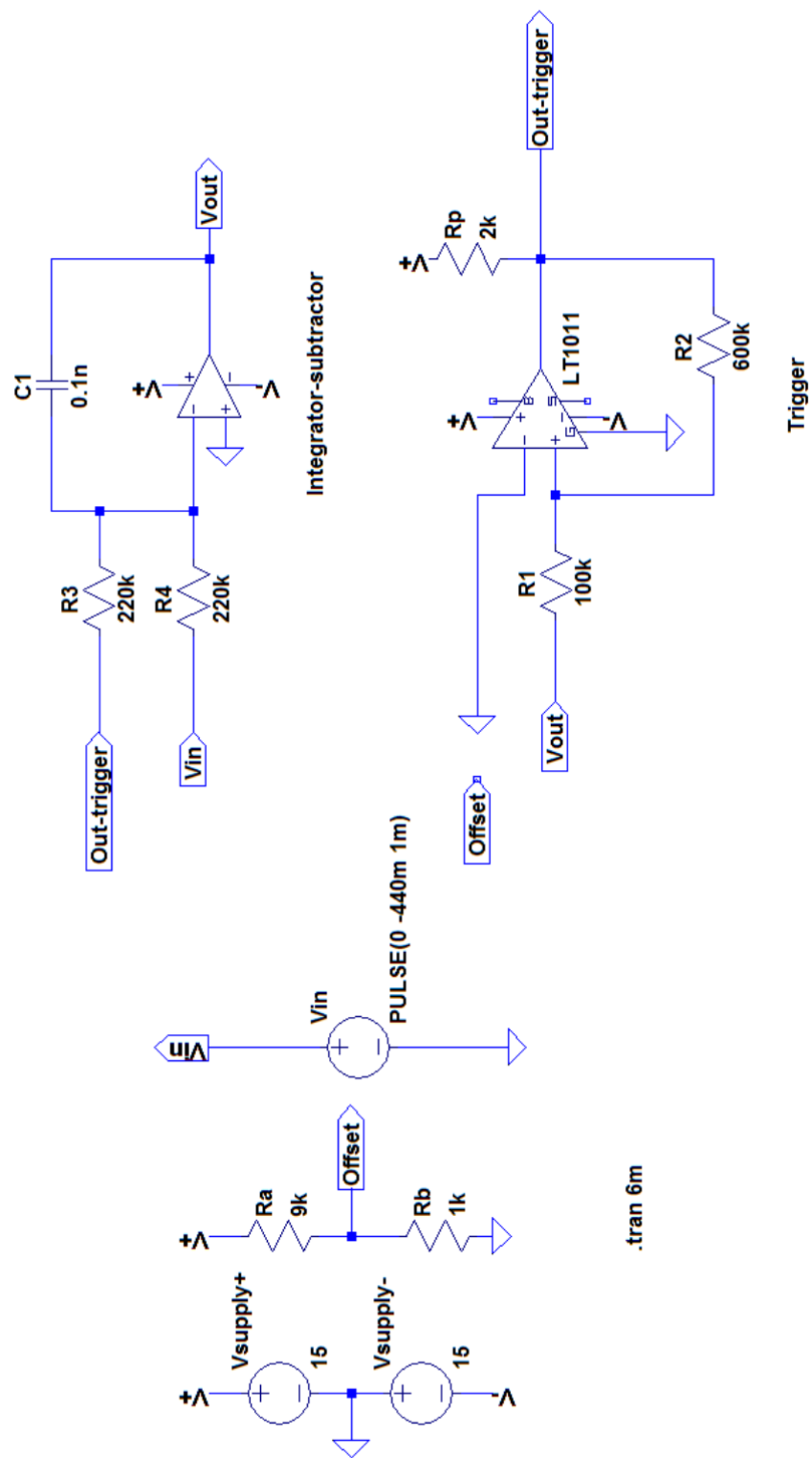


FIGURE 3: Circuit de notre VCO.

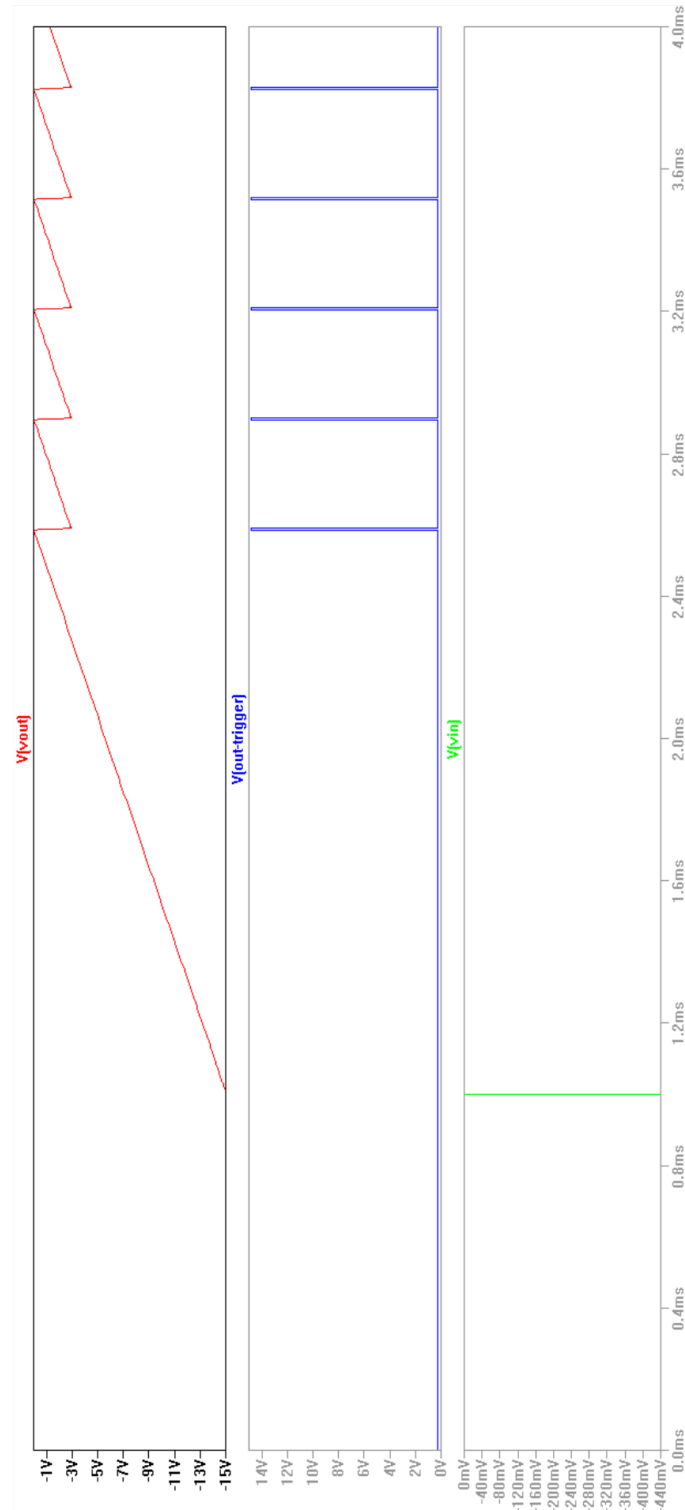


FIGURE 4: Simulation du circuit de notre VCO. L'entrée est un échelon passant de 0 V à -440 mV, la sortie est un signal en dent de scie, et la sortie du trigger est un train d'impulsions.

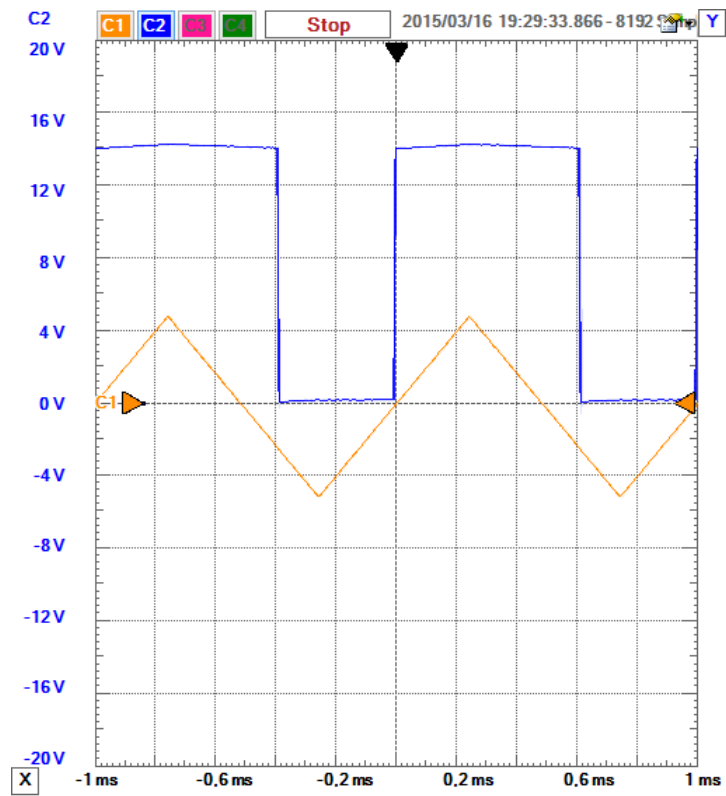


FIGURE 5: Test du trigger séparé du reste du circuit.

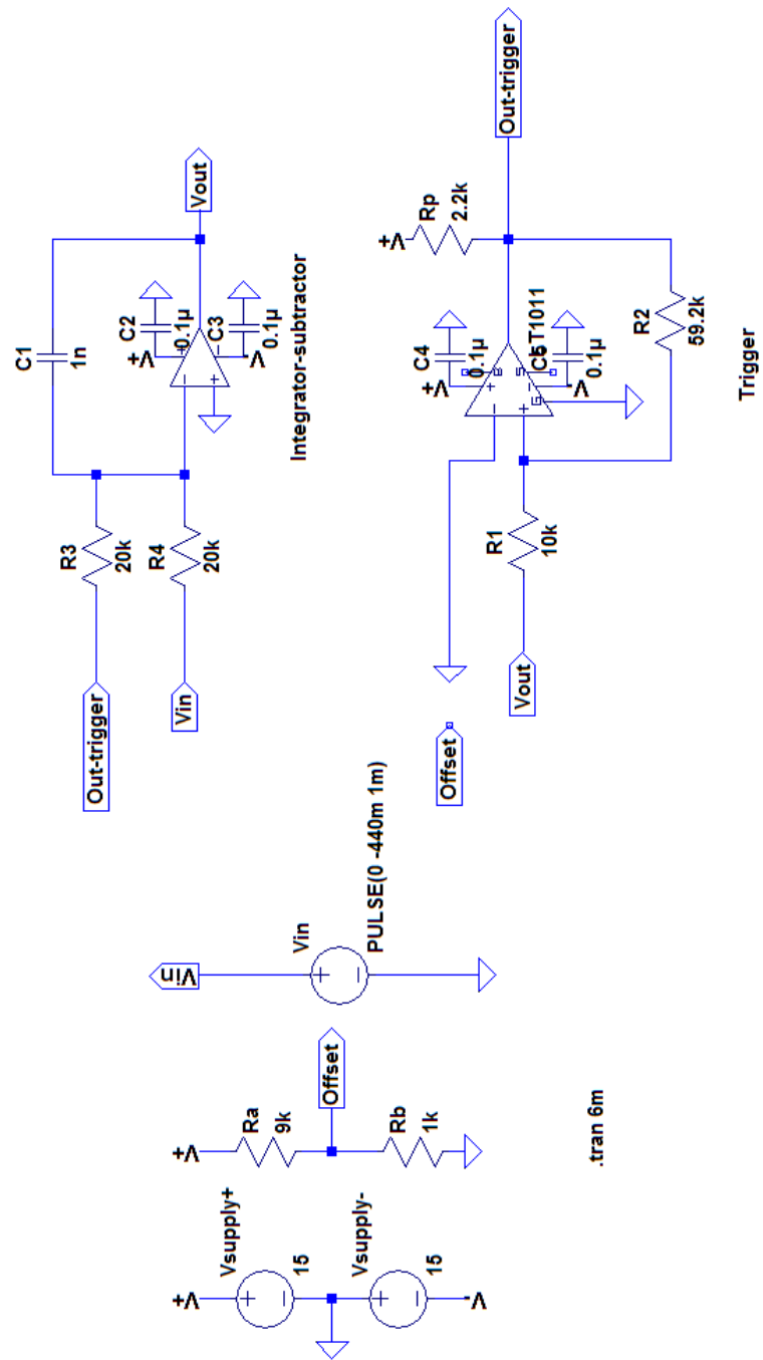


FIGURE 6: Schéma du circuit tel que construit.

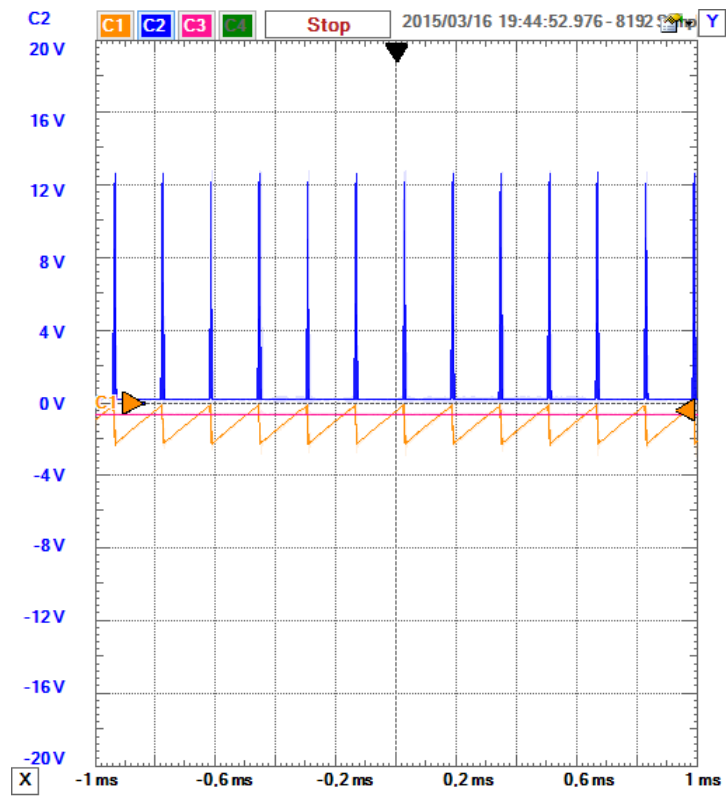


FIGURE 7: Test du circuit.

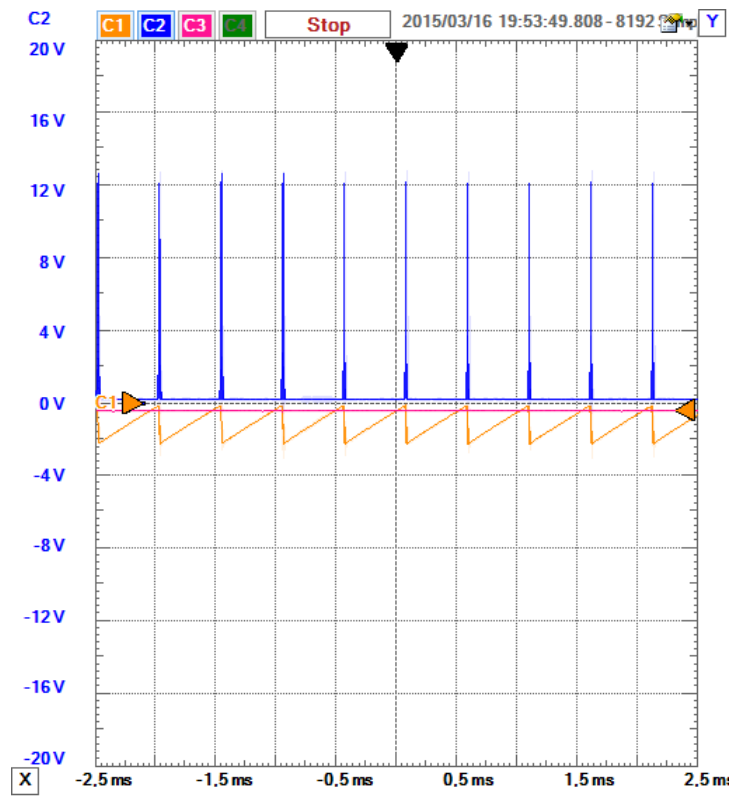


FIGURE 8: Test du circuit pour -260 mV.

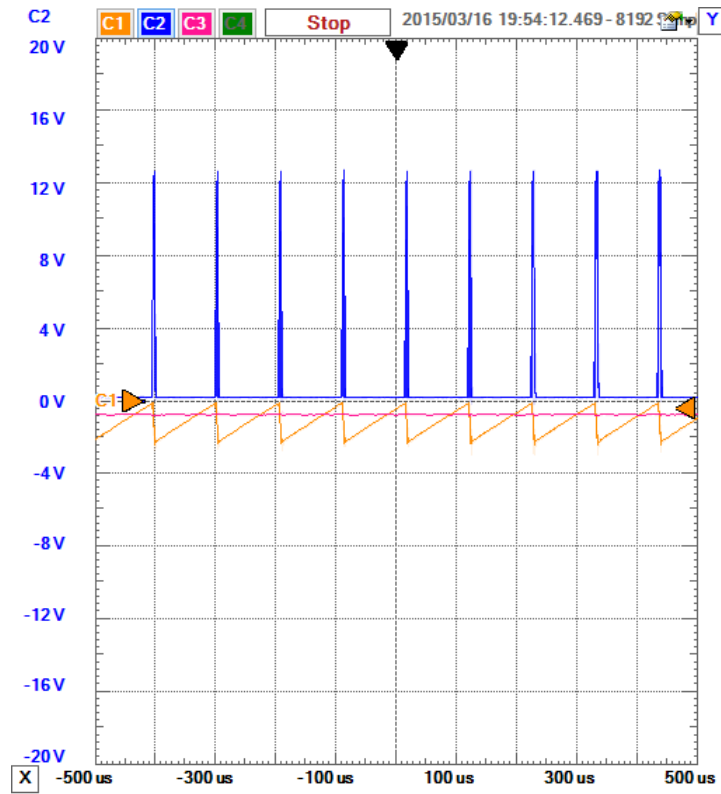


FIGURE 9: Test du circuit -580 mV.

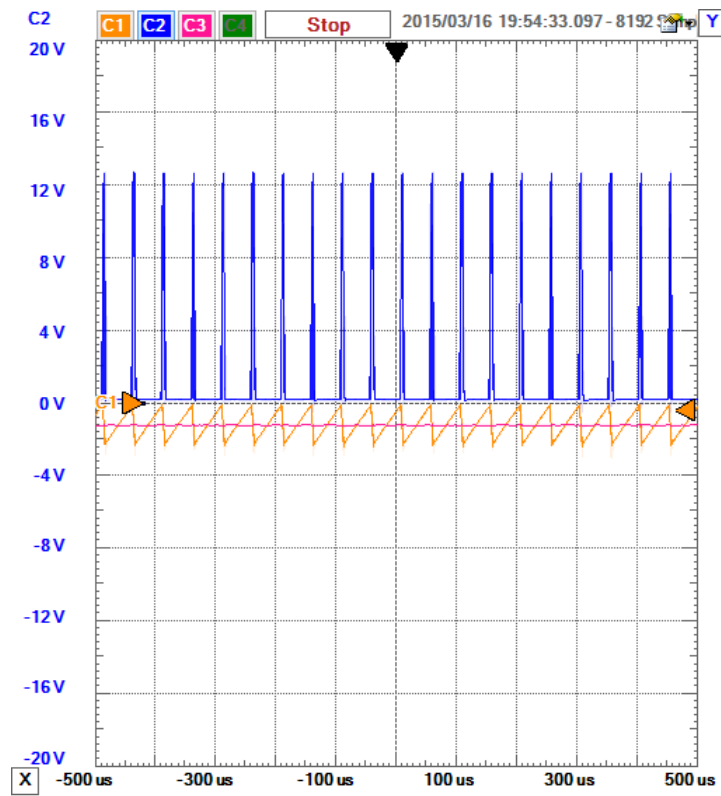


FIGURE 10: Test du circuit -1060 mV .