

Figure 1.0 – Montage du multivibrateur astable à comparateur

Il ne reste maintenant qu'à déterminer les valeurs des composants. Il est à noter que la tension de référence  $V_{ref} = \frac{V_{dd}}{2}$  est réalisé par pont diviseur de tension, filtré par un condensateur tantale de  $20 \mu F$  (C2 sur la figure 1.0) qui assure la continuité de la tension de référence.

De ce montage, il découle la formule suivante avec  $f_0 = 1200Hz$  :

$$T = 2 \cdot \tau \cdot \ln \left( 1 + \frac{2 \cdot R_{18}}{R_2} \right), \text{ avec } T = \frac{1}{f_0} \text{ et } C_1 = 10nF$$

Posons,  $\tau = R \cdot C_1 = 1,6 \cdot 10^{-4}$  s. Ainsi,  $T = 2 \cdot \tau \cdot \ln \left( 1 + \frac{2 \cdot R_{18}}{R_2} \right) \Leftrightarrow \frac{2 \cdot R_{18}}{R_2} = e^{\frac{1}{2 \cdot f_0 \cdot R \cdot C_1}} - 1 \Leftrightarrow R_{18} = \frac{R_2}{2} \cdot \left( e^{\frac{1}{2 \cdot f_0 \cdot R \cdot C_1}} - 1 \right)$

Posons  $R_2 = 2k\Omega$  ainsi  $R_{18} = 12,5k\Omega$  (par la suite séparé en  $R_1 = 12k\Omega$  et  $R_8 = 520\Omega$  pour correspondre avec la série E24).

De  $\tau = R \cdot C_1$ , on obtient  $R = \frac{\tau}{C_1} = 16k\Omega$ .

La simulation confirme le modèle théorique. En effet, la figure 1.1 montre un signal carré de fréquence,  $f = 1,2kHz$  centré sur  $V_{ref}$  (en bleu), oscillant entre 0 et 4,5V.

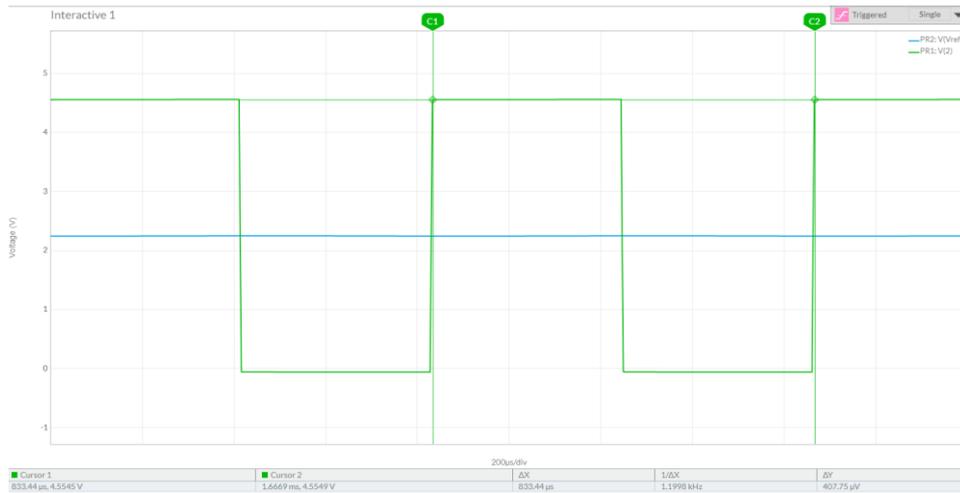


Figure 1.1 – Simulation du multivibrateur – Chronogramme de sortie

Cependant, le signal de sortie du multivibrateur astable est un signal carré. Ainsi, il faut le filtrer pour avoir un signal triangle et l'amplifié pour le ramener sur une plage de  $[0V; 4,5V]$  : cette amplification permet également d'isoler ce module du reste du circuit. En effet, l'A.-OP permet de réaliser cette tâche. Ici, l'A.-OP utilisé est MCP601 car il offre une sortie Rails-to-Rails ce qui permet de minimiser les pertes et car il est conçu pour le traitement et le filtrage de signaux analogiques comme l'indique la documentation. De plus, le MCP601 opère avec une alimentation allant au plus jusqu'à  $5,5V$ .

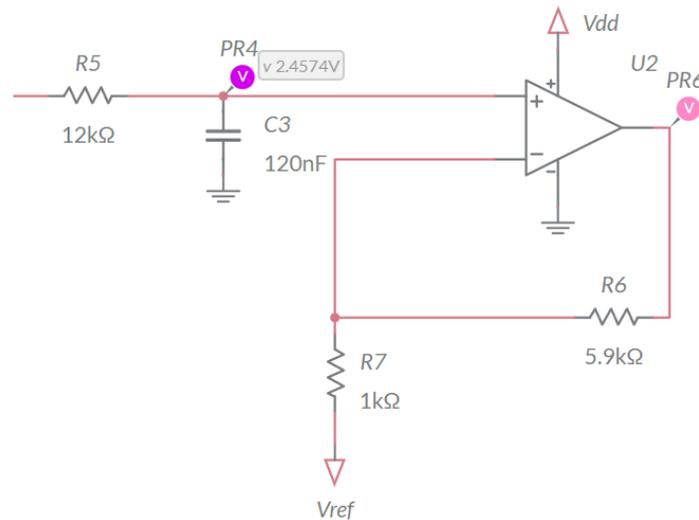


Figure 1.2 – Filtrage et amplification de la sortie du multivibrateur.

Ici, le filtrage est réalisé par un simple circuit RC tel que  $V_{C3} = V_{multi} \cdot \frac{1}{1 + R_5 C_3 s} \Leftrightarrow H(s) = \frac{V_{C3}}{V_{multi}} = \frac{1}{1 + R_5 C_3 s}$ . En identifiant avec la forme canonique du filtre passe-bas du premier ordre suivante :  $H(s) = \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_c}}$  avec  $\omega_c$  la fréquence de coupure.

Nous obtenons,  $\omega_c = \frac{1}{R_5 C_3}$ .

L'objectif ici est fabriqué un signal triangle propre. Pour ce faire il faut choisir  $\omega_c$  très petit devant  $\omega_0$  et ainsi, avoir une charge aux bornes du condensateur quasi linéaire car très lente. Ainsi, le circuit RC fait office d'intégrateur.

Posons,  $C_3 = 120nF$  et  $\omega_c = 6,94ms$ .

Ainsi,  $R_5 = \frac{1}{\omega_c C_3} = 12k\Omega$ .

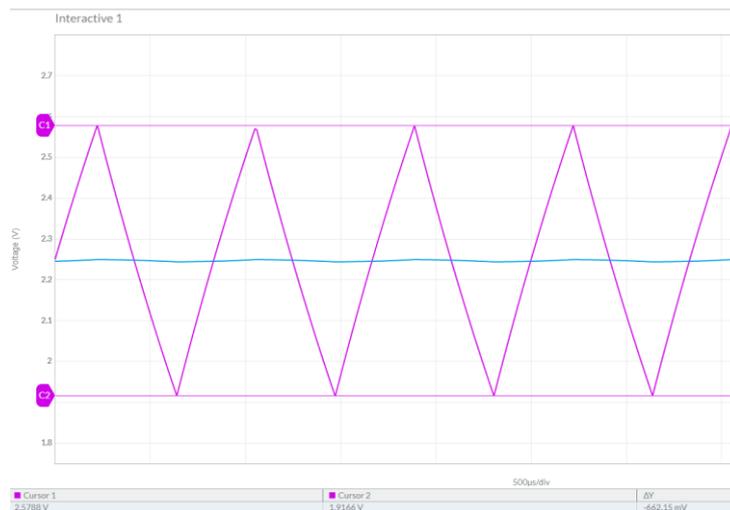


Figure 1.3 – Simulation de l'impact du circuit RC

La figure 1.3 montre l'impact de l'intégrateur sur le signal : le signal est maintenant triangle mais avec une amplitude de  $660\text{ mV}$ . Il faut une amplification  $\alpha$  tel que  $\alpha = \frac{4,5}{0,660} = 6,82$ .

Soit  $\alpha = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 6,82$  et  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $R_1 = 5,82k\Omega \approx R_1 = 5,9k\Omega$  (pour coller avec la série E24). Pour revenir à une amplitude de  $4,5V$  comme le montre la figure 1.4.

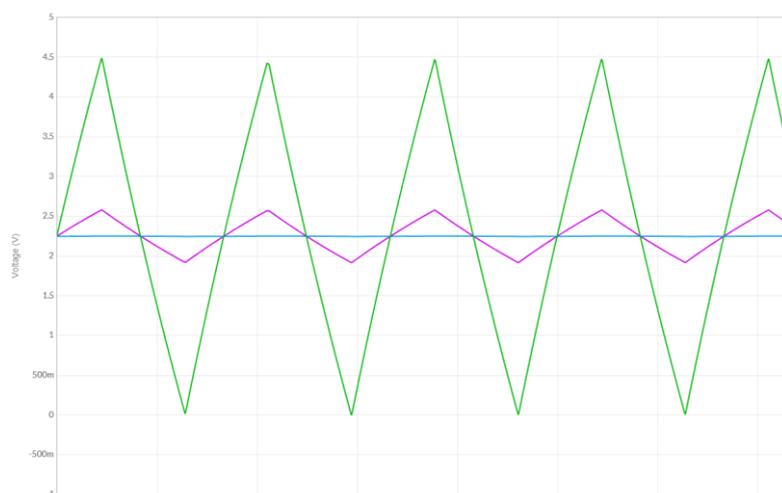


Figure 1.3 – Simulation de l'amplification du signal de sortie de l'intégrateur

## Étude pratique

### Tests unitaires et d'ensemble

Afin d'affirmer de l'efficacité de ce module, il convient de réaliser des tests unitaires et d'ensemble. Cependant, dans le cas de l'astable les tests unitaires et d'ensemble sont les même car l'entrée de ce module est uniquement l'alimentation et la sortie est isolé du reste du circuit par l'A.-OP en sortie. Ainsi, les tests réalisés sont uniquement des tests unitaires.

Tout d'abord, la sortie du multivibrateur doit être un signal carré de fréquence  $f = 1,2kHz$  et avec un rapport cyclique de 50%. Ainsi, la mesure est réalisée avec un oscilloscope sur la sortie du comparateur à hystérésis et valide le bon fonctionnement du multivibrateur astable les erreurs sur la fréquence et sur le rapport cyclique étant inférieur à 1% (figure 1.4).

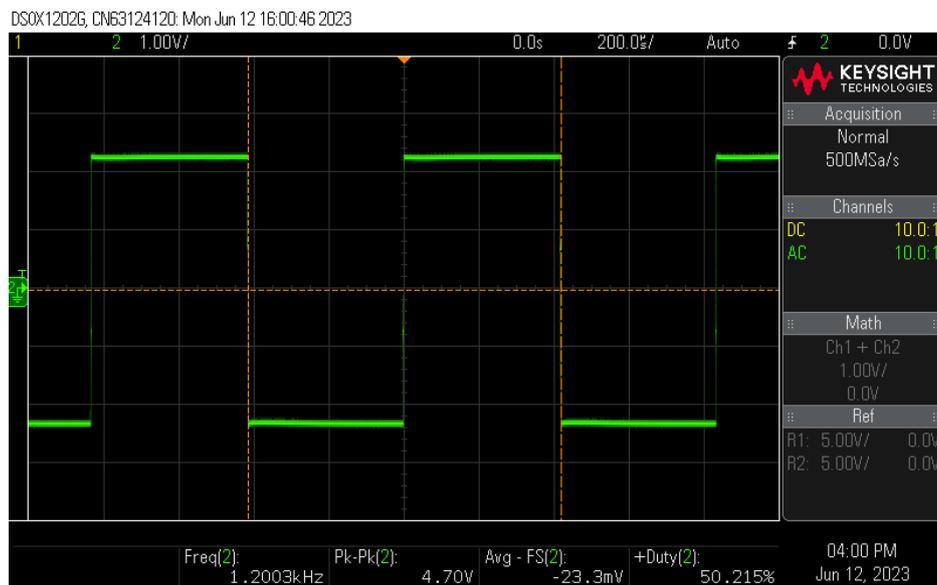


Figure 1.4 – Capture de l'oscilloscope sur la sortie du multivibrateur

Ensuite, il faut contrôler que l'intégrateur et son amplificateur fonctionne bien et n'affecte pas la fréquence et le rapport cyclique. Pour ce faire, il faut effectuer deux mesures à l'oscilloscope une première aux bornes de  $C_3$  et l'autre en sortie du module.

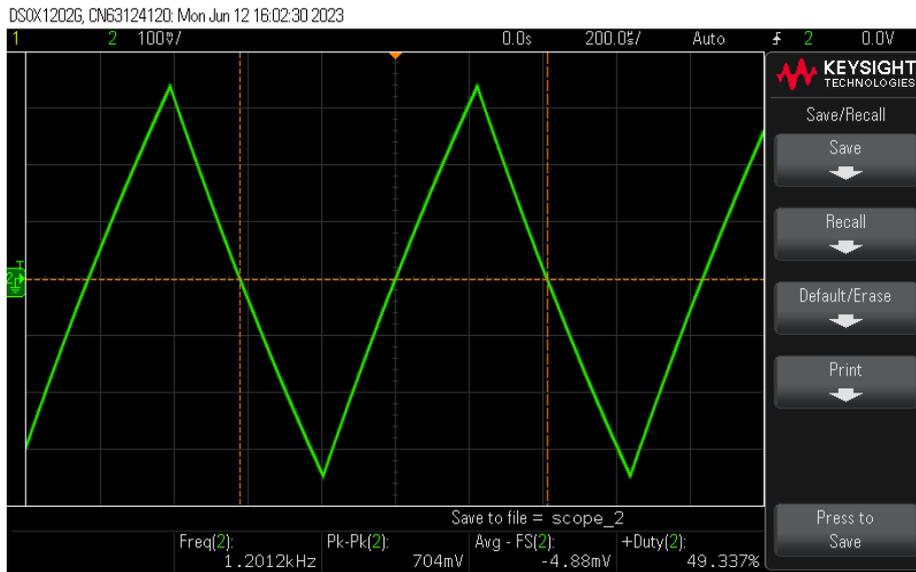


Figure 1.5 – Capture de l’oscilloscope aux bornes de  $C_3$

La mesure aux bornes de  $C_3$  est conforme aux attentes. En effet, la fréquence et le rapport cyclique reste inchangé et le signal est devenu un signal carré d’amplitude  $704\text{ mV}$  : ce qui diffère de la simulation sûrement à cause l’imprécision de l’alimentation stabilisé de laboratoire utilisée.

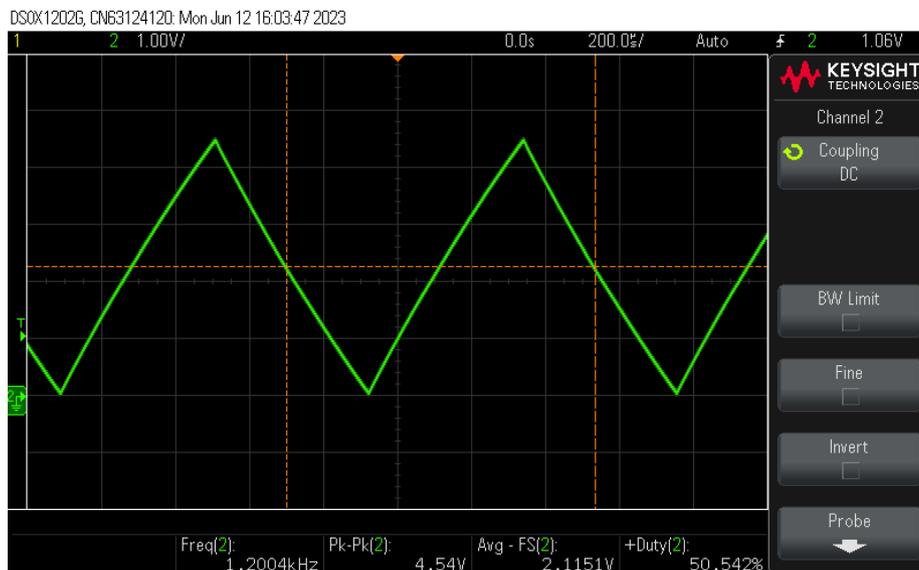


Figure 1.6 – Capture à l’oscilloscope de la sortie du module « astable »

Comme prévu le signal est un triangle d’amplitude de  $4,5\text{V}$ . Ce dernier test permet de conclure sur le bon fonctionnement du module « astable ».