Correction – TP : Oscillateurs à relaxation

I Multivibrateur astable compact

1 -

2 - a - ALI supposé idéal donc $i_- = 0$, le courant dans le condensateur est donc le même que celui dans la résistance R :

$$\frac{U_R}{R} = i = C\frac{\mathrm{d}U_c}{\mathrm{d}t}, \quad \text{soit} \quad \frac{s-e}{R} = i = C\frac{\mathrm{d}e}{\mathrm{d}t}.$$

On a donc

$$\frac{\mathrm{d}e}{\mathrm{d}t} + \frac{e}{\tau} = \frac{s}{\tau}, \quad \text{avec} \quad \tau = RC.$$

b - Solution en supposant que $s = +V_{\text{sat}}$ et que à $t = 0$ on a $e = -\alpha V_{\text{sat}}$: $e(t) = \lambda \mathrm{e}^{-t/\tau} + V_{\text{sat}}$. On détermine λ avec la condition initiale. On a finalement

$$e(t) = V_{\text{sat}}\left(1 - (1+\alpha)\mathrm{e}^{-t/\tau}\right).$$

Allure : comme la charge d'un condensateur.

c - Dans le cas où $s = -V_{\text{sat}}$ et $e(t=0) = +\alpha V_{\text{sat}}$ on a la même chose que précédemment, mais il faut changer $+V_{\text{sat}}$ en V_{sat}. La solution est donc

$$e(t) = -V_{\text{sat}}\left(1 - (1+\alpha)\mathrm{e}^{-t/\tau}\right).$$

Allure : comme la décharge d'un condensateur.

3 -

Questions plutôt "mesures" :

4 - a - $\dfrac{\Delta T}{T} = \sqrt{\left(\dfrac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\dfrac{\Delta C}{C}\right)^2} = \sqrt{0.05^2 + 0.05^2} = \sqrt{2} \times 0.05 = 7\%.$

b -

Questions plutôt "théorie" (à passer si on veut se concentrer sur l'aspect expérimental) :

5 - a - On a toujours $V_+ = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}\, s = \alpha\, s$ (diviseur de tension possible car $i_+ = 0$ car ALI supposé idéal).
Comme l'ALI fonctionne en régime saturé, la sortie s ne peut prendre que deux valeurs.

- ⋆ On suppose que $s = +V_{\text{sat}}$.

$$s = +V_{\text{sat}} \;\Leftrightarrow\; V_- \leq V_+ \;\Leftrightarrow\; e \leq \alpha s \;\Leftrightarrow\; e \leq \alpha V_{\text{sat}}.$$

- ⋆ On suppose que $s = -V_{\text{sat}}$.

$$s = -V_{\text{sat}} \;\Leftrightarrow\; V_- \geq V_+ \;\Leftrightarrow\; e \geq \alpha s \;\Leftrightarrow\; e \geq -\alpha V_{\text{sat}}.$$

- ⋆ On en déduit bien la caractéristique $s = f(e)$ habituelle.

b - On cherche d'abord l'expression du temps de montée, pris par $e(t)$ pour passer de $-\alpha V_{\text{sat}}$ à $+\alpha V_{\text{sat}}$. Ce temps correspond à une demi-période.
On a donc $\alpha V_{\text{sat}} = e(T/2) = V_{\text{sat}}\left(1 - (1+\alpha)\mathrm{e}^{-T/2\tau}\right)$.
En isolant T on obtient $\dfrac{T}{2} = \tau \ln \dfrac{1+\alpha}{1-\alpha}$.

II Modification du rapport cyclique à l'aide de diodes

6 - Le potentiomètre fait varier le rapport cyclique du signal $s(t)$, sans changer sa période.

7 - On avait précédemment $\tau = RC$.

Ici lorsque $s = V_{\text{sat}}$ la diode du haut est passante alors que celle du bas est bloquée. C'est donc la résistance βR qui intervient. On va donc avoir $\tau_+ = (\beta R)C$

De même lorsque $s = V_{\text{sat}}$ la diode du bas est passante alors que celle du haut est bloquée. Cette fois c'est la résistance $(1\beta)R$ qui intervient, et on a $\tau_- = (1-\beta)RC$. e même pour τ_-.

Le temps de montée, mis par $e(t)$ pour passer de $-\alpha V_{\text{sat}}$ à $+\alpha V_{\text{sat}}$, est donc $T_+ = \tau_+ \ln \dfrac{1+\alpha}{1-\alpha}$.

Le temps de descente, mis par $e(t)$ pour passer de $+\alpha V_{\text{sat}}$ à $-\alpha V_{\text{sat}}$, est $T_- = \tau_- \ln \dfrac{1+\alpha}{1-\alpha}$.

La période est donc $T = T_+ + T_- = (\tau_+ + \tau_-) \ln \dfrac{1+\alpha}{1-\alpha} = 2RC \ln \dfrac{1+\alpha}{1-\alpha}$, identique au montage du I et indépendante de la position du potentiomètre.

Le rapport cyclique est $\text{rc} = \dfrac{T_+}{T} = \dfrac{\tau_+}{\tau_+ + \tau_-} = \beta$.

8 - D'une part on mesure T_+ et T_- à l'aide de l'oscilloscope, puis on calcule $\text{rc} = \dfrac{T_+}{T_+ + T_-}$.

D'autre part on mesure la résistance du potentiomètre à l'aide d'un ohmmètre, entre chacune de ses bornes, afin d'en déduire une mesure de β. Attention : pour réaliser une mesure au ohmmètre il faut enlever le composant étudié du montage.

On compare ensuite la mesure de rc à celle de β. On peut recommencer pour deux autres positions du potentiomètre.