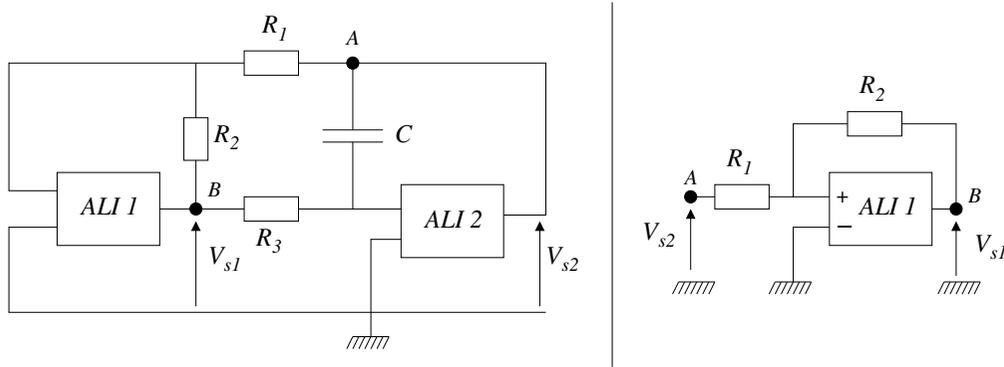


Devoir non surveillé n°02 (correction)

1 Génération d'un signal triangulaire (extrait CCP, PSI, 2018)

1. Le montage à hystérésis est associé à l'ALI 1, ce qui s'identifie clairement en réorganisant légèrement les éléments (Cf. figure de droite). Pour assurer un fonctionnement en saturation, le bouclage est effectué sur l'entrée non inverseuse.



2. En appliquant une loi des nœuds à l'entrée non inverseuse :

$$\frac{V_{s2} - V_+}{R_1} = \frac{V_+ - V_{s1}}{R_2} \Leftrightarrow V_+ = \frac{V_{s2}R_2 + V_{s1}R_1}{R_1 + R_2}$$

- 1^{er} cas : $V_{s1} = +V_{sat}$ à condition que $V_+ > V_- = 0$, c'est à dire :

$$V_{s2}R_2 + V_{sat}R_1 > 0 \Leftrightarrow V_{s2} > -\frac{V_{sat}R_1}{R_2}$$

- 2nd cas : $V_{s1} = -V_{sat}$ à condition que $V_+ < V_- = 0$, c'est à dire :

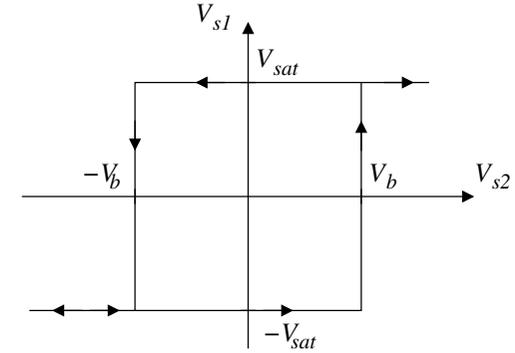
$$V_{s2}R_2 - V_{sat}R_1 < 0 \Leftrightarrow V_{s2} < +\frac{V_{sat}R_1}{R_2}$$

En conclusion et en posant $V_b = \frac{V_{sat}R_1}{R_2}$, on obtient :

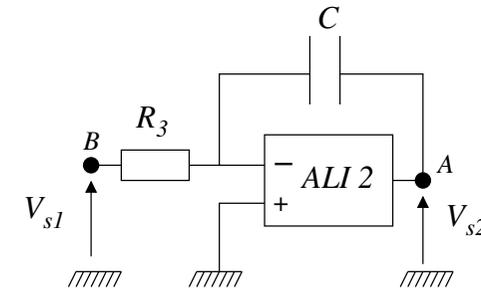
$$V_{s1} = +V_{sat} \quad \text{tant que} \quad V_{s2} > -V_b$$

$$V_{s1} = -V_{sat} \quad \text{tant que} \quad V_{s2} < V_b$$

Ce qui donne pour l'allure et le sens de parcours du cycle :



3. L'étage intégrateur est associé au second ALI et à l'ensemble $\{R_3, C\}$. Pour assurer un comportement linéaire, on effectue une rétroaction sur l'entrée inverseuse.



4. On applique une loi des nœuds à l'entrée non inverseuse pour l'ALI en fonctionnement linéaire ($V_- = V_+ = 0$) :

$$\frac{V_{s1} - 0}{R_3} = jC\omega \times (0 - V_{s2}) \Leftrightarrow \underline{V_{s1}} = -R_3C \times j\omega \underline{V_{s2}}$$

C'est à dire dans le domaine temporel :

$$V_{s1}(t) = -R_3C \frac{dV_{s2}}{dt}$$

5. Partant de $V_{s1}(0) = +V_{sat}$ et $V_{s2}(0) = V_b$:

$$V_{s2}(t) = -\frac{V_{sat}}{R_3C}t + V_b$$

Cette évolution se poursuit jusqu'à t_1 correspondant à une demi-période telle que $V_{s2}(t_1) = -V_b = -\frac{V_{sat}}{R_3C}t_1 + V_b$, soit :

$$t_1 = R_3C \times \frac{2V_b}{V_{sat}} \Rightarrow T = R_3C \times \frac{4V_b}{V_{sat}}$$

Les valeurs de l'énoncé imposent :

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{V_{sat}}{V_b} = \frac{15}{1,0} \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = 15}$$

On peut par exemple retenir $\boxed{R_1 = 100 \Omega}$ et $\boxed{R_2 = 1,5 \text{ k}\Omega}$.

D'autre part, la fréquence $f = 10 \text{ kHz}$ impose :

$$T = R_3 C \times \frac{4V_b}{V_{sat}} \Leftrightarrow R_3 C = T \times \frac{V_{sat}}{4V_b} = \frac{V_{sat}}{4fV_b}$$

Application numérique :

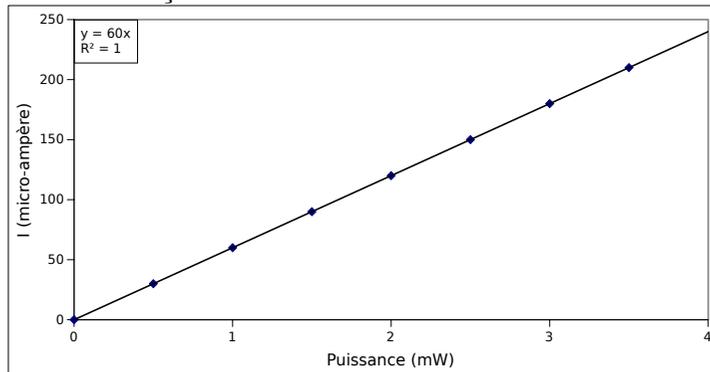
$$R_3 C = \frac{15}{4 \times 10 \times 10^3 \times 1,0} \Rightarrow \boxed{R_3 C = 3,75 \times 10^{-4} \text{ s}}$$

On peut par exemple retenir $\boxed{R_3 = 1,0 \text{ k}\Omega}$ et $\boxed{C = 3,75 \times 10^{-7} \text{ F}}$.

6. Les deux autres connexions servent à l'alimentation de l'ALI.

2 Module électronique d'une sonde

1. La caractéristique d'une diode simple correspond à la caractéristique de la photodiode à éclairement nul.
2. On trace la valeur absolue de l'intensité du courant en fonction de la puissance lumineuse reçue :

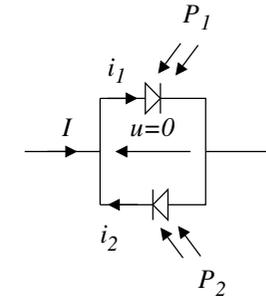


On observe bien une relation de proportionnalité entre l'intensité du courant et la puissance lumineuse pour une polarisation $u < 0$. La pente donne accès à la sensibilité $\boxed{s = 60 \mu\text{A}/\text{mW}}$.

3. D'après l'énoncé, l'ALI idéal fonctionne en régime linéaire, on a donc $v_+ = v_-$ pour les potentiels des entrées du premier ALI. Les diodes étant

branchées entre ces deux bornes, la tension aux bornes des photodiodes est nulle.

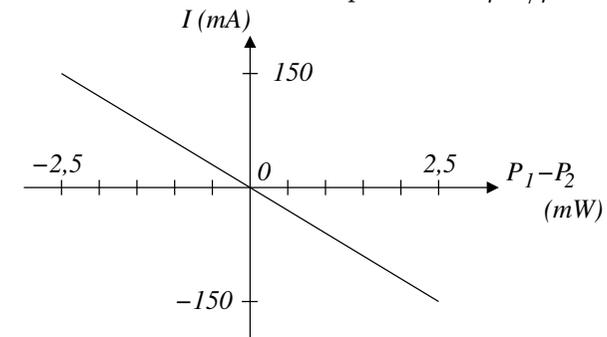
En se reportant à la caractéristique de la photodiode, pour une tension nulle et une puissance lumineuse inférieure à 2,5 mW, on peut considérer que l'on se trouve sur le palier d'intensité.



L'intensité résultante vaut $I = i_1 - i_2$ où on a pris soin d'orienter les courants conformément à la convention de la caractéristique. Pour chacune des diodes, on a : $i_1 = -sP_1$ et $i_2 = -sP_2$; là encore il faut prendre garde au fait que $s > 0$ alors que l'intensité du courant est négative en présence d'intensité lumineuse d'où le signe « - », en conséquence :

$$\boxed{I = -s(P_1 - P_2) \text{ avec } |P_1 - P_2| \leq 2,5 \text{ mW}}$$

La relation est une relation affine de pente $-60 \mu\text{A}/\mu\text{W}$.



4. On reconnaît un montage intégrateur comme l'équation différentielle va le confirmer.

On applique la loi des nœuds en termes de potentiel au niveau de l'entrée inverseuse du deuxième ALI :

$$\frac{u_1 - v_-}{R_2} = jC\omega (v_- - u_2)$$

Pour un ALI idéal en régime linéaire : $v_- = v_+$, or $v_+ = 0$, on en déduit, en repassant dans le domaine temporel :

$$\underline{u}_1 = -R_2C \times j\omega \underline{u}_2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\forall t > 0, \quad u_1(t) = -R_2C \frac{du_2}{dt}}$$

Avec $\forall t > 0, \quad u_1(t) = E$, on en déduit par intégration :

$$\forall t > 0, \quad u_2(t) = -\frac{E}{R_2C} \times t + cste$$

La tension u_2 est continue (tension aux bornes d'un condensateur) et le condensateur étant initialement déchargé, on a donc :

$$0 = u_2(0^-) = u_2(0^+) = cste \quad \Rightarrow \quad \boxed{\forall t \geq 0, \quad u_2(t) = -\frac{E}{R_2C} \times t}$$

5. L'unité 3 est un **convertisseur tension/courant** qui fournit un courant de sortie proportionnel à la tension d'entrée.

Le courant étant nul au niveau de la borne inverseuse : $v_+ = u_2$, d'autre part : $v_- = R_3 i_s$. L'ALI idéal fonctionnant en régime linéaire, on en déduit :

$$\boxed{i_s = \frac{u_2}{R_3}}$$

6. Sachant que $\forall t \geq 0, \quad E = u_1 = RI$, en utilisant les résultats intermédiaires, on obtient :

$$i_s = \frac{u_2}{R_3} = \frac{-E}{R_2 R_3 C} t = \frac{-RI}{R_2 R_3 C} t \quad \Rightarrow \quad \boxed{i_s(t) = \frac{Rs(P_1 - P_2)t}{R_2 R_3 C}}$$

Ce résultat est obtenu en supposant $P_1 - P_2 = cste$.