A dark blue vertical bar runs along the left edge of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the date.

14/05/2020

Mini Projet Electronique

Notion de chaine d'acquisition dans
le traitement du signal

Several thin, curved lines in shades of blue and grey originate from the bottom left and sweep upwards and to the right.

Auriane ADAM
IPSA – 1PR2

I. Étude d'une carte de température avec sonde PT 100

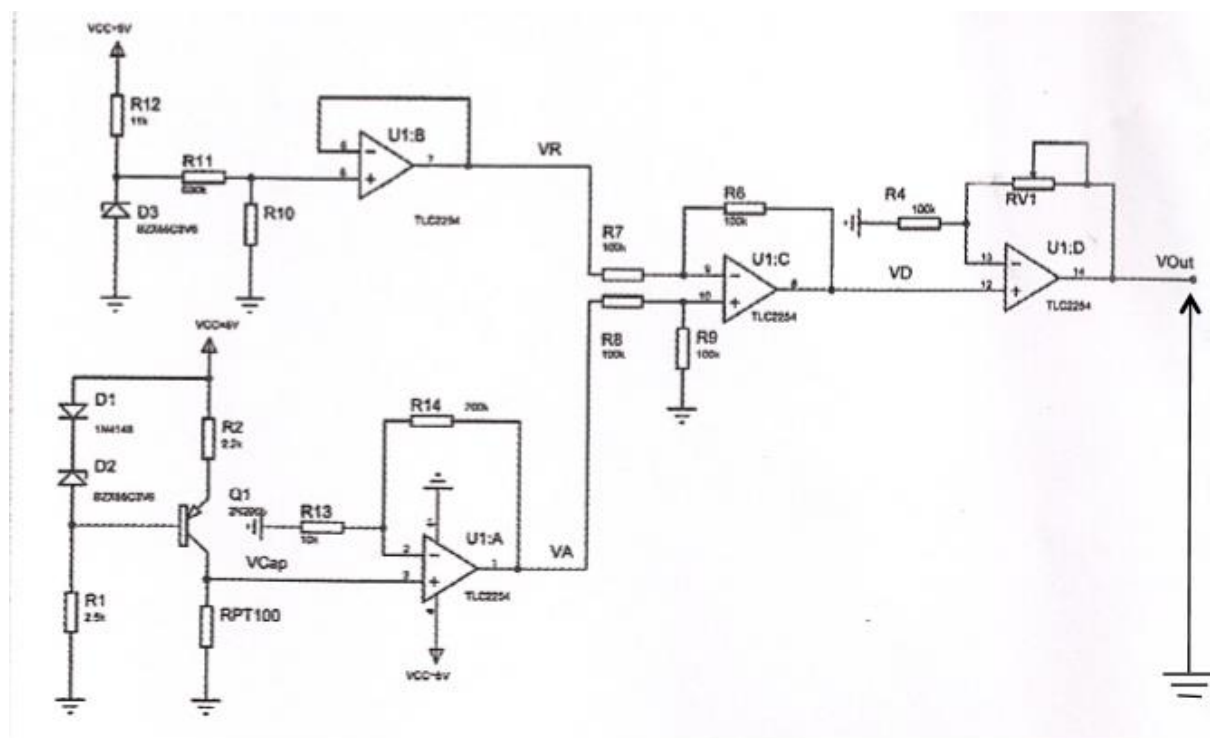
Un engin spatial est équipé d'un capteur de température industrielle (PT 100) qui est approprié pour travailler dans des conditions extrêmes moins de -100°C à $+900^{\circ}\text{C}$. Pour la mission en cours, les scientifiques estiment que les valeurs de températures extrêmes seront comprises entre -30°C et 200°C . Ces valeurs doivent être ensuite traitées par un convertisseur analogique numérique (CAN) dont la gamme de tensions sera comprise entre 0 et 5V. Pour avoir une précision maximale, il faut que la tension de sortie V_{out} soit proche de 0V pour une température de 70°C et proche de 5V pour une température de 200°C .

Le but de ce projet est de montrer que la structure proposée ci-dessous répond bien au cahier des charges et qu'il y'a bien adaptation de la chaîne d'acquisition aux caractéristiques des grandeurs acquérir.

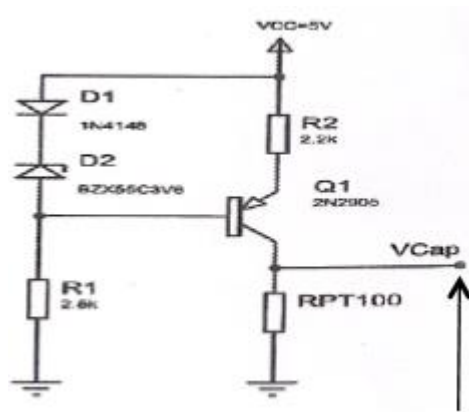
Le capteur mis en œuvre est une sonde PT 100 dont l'expression analytique est la suivante :

$R_t = 100(1 + 3,9083 \cdot 10^{-3} \cdot T - 5,775 \cdot 10^{-7} \cdot T^2)$; T est la valeur de la température mesurée en $^{\circ}\text{C}$ et R_t celle de la résistance en Ω de la sonde pour une température T mesurée

La chaîne complète de mise en forme du signal qui correspond à la mesure de la température est donnée ci-dessous :



1) Etage générateur de courant constant



Le composant D1 est une diode et le composant D2 est une diode Zéner.

Les diodes ne sont pas dans le même sens car la diode Zéner fonctionne à l'opposé d'une diode normale, c'est-à-dire qu'elle laisse passer le courant lorsque que la flèche est opposée au sens du courant.

Les tension U_{D1} et U_{D2} représente les tensions aux bornes de chaque diode.

Question 1 :

D'après la loi des mailles nous avons :

$$U_{D1} + U_{D2} - U_{R2} - V_{EB} = 0$$

$$\Leftrightarrow U_{R2} = U_{D1} + U_{D2} - V_{EB}$$

$$\Leftrightarrow U_{R2} = 0.6 + 3.6 - 0.6 = 3.6 \text{ V}$$

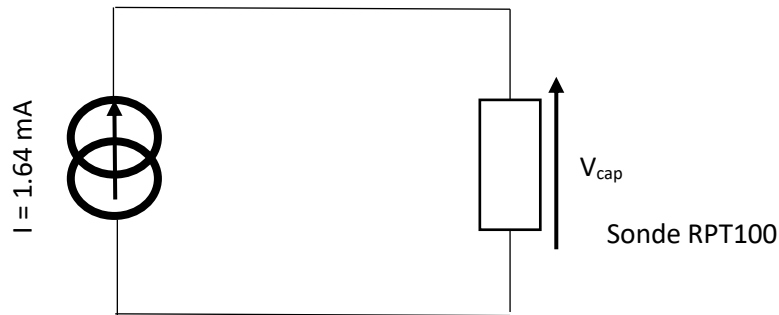
$$\text{On a : } U_{R2} = R_2 * I \Leftrightarrow I = \frac{U_{R2}}{R_2} = \frac{3.6}{2.2 * 10^3} = 1.64 \text{ mA}$$

Question 2 :

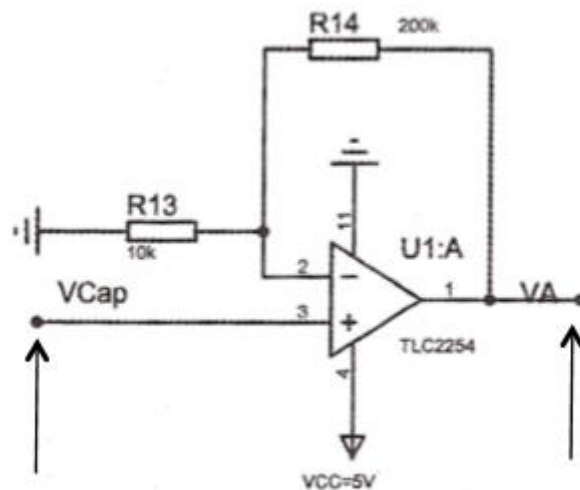
Le transistor nous permet d'avoir un courant fixe qui traverse la résistance PT 100 ainsi on a :

$$V_{cap} = R_t * I = 0.164 * (1 + 3,9083.10^{-3} * T - 5,775.10^{-7} * T^2)$$

Montage équivalent :



2) Etage d'amplification



Question 1 :

Nous avons un AOP en mode linéaire. Alors : $V^- - V^+ = 0$. De plus l'AOP est considéré comme idéal donc $i^+ = i^- = 0A$.

On détermine l'expression de V^+ , on a $V^+ = V_{cap}$

On détermine l'expression de V^- . On a R_{13} et R_{14} qui sont deux résistances en série car $i^- = 0A$. R_{13} a une tension de 0V et R_{14} a une tension V_A . On applique le théorème de diviseur des tensions :

$$V^- = \frac{R_{14} \cdot 0 + R_{13} \cdot V_A}{R_{13} + R_{14}}$$

De plus :

$$V^- = V^+ \Leftrightarrow \frac{R_{13} \cdot V_A}{R_{13} + R_{14}} = V_{cap}$$

On obtient :

$$V_A = V_{cap} \cdot \frac{(R_{13} + R_{14})}{R_{13}} = V_{cap} \cdot 21$$

Question 2 :

Le montage réalise une fonction d'amplificateur linéaire non-inverseur. De plus la valeur de l'amplification A_v est de 21.

Question 3 :

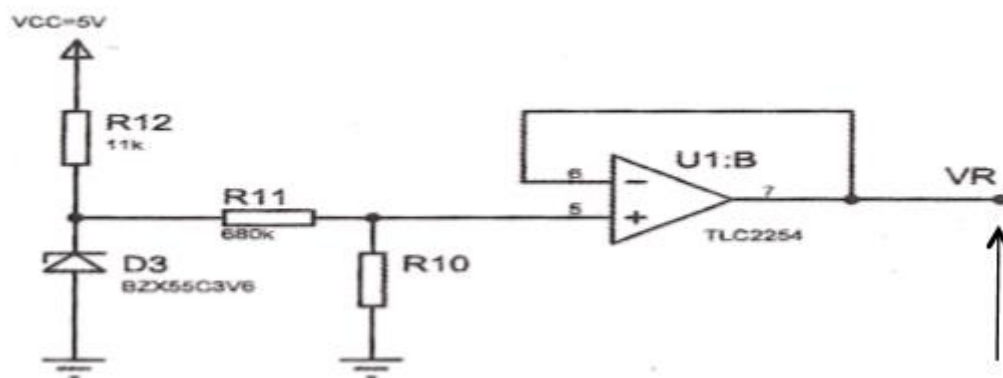
On a pour $T = -30^\circ$:

$$V_{A_{min}} = 21 * 0.164 * (1 + 3,9083.10^{-3} * -30 - 5,775.10^{-7} * (-30)^2) = 3.038 \text{ V}$$

Pour $T = 200^\circ$

$$V_{A_{max}} = 21 * 0.164 * (1 + 3,9083.10^{-3} * 200 - 5,775.10^{-7} * (200)^2) = 6.056 \text{ V}$$

On a la plage de la tension de sortie V_A qui est $V_{A_{max}} - V_{A_{min}}$. Or $V_{A_{max}}$ ne peut pas dépasser 5V. Ainsi la plage est de 2.508V.

3) Etage de la référence V_R **Question 1 :**

Nous avons un AOP en mode linéaire. Alors : $V^- - V^+ = 0$. De plus l'AOP est considéré comme idéal donc $i^+ = i^- = 0A$.

On détermine l'expression de V^+

On a R_{13} et R_{14} qui sont deux résistances en série car $i^- = 0A$. R_{10} a une tension de 0V et R_{11} a une tension U_{D3} . On applique le théorème de diviseur des tensions :

$$V^+ = \frac{R_{11} * 0 + R_{10} * U_{D3}}{R_{10} + R_{11}} \Leftrightarrow R_{10} = \frac{V^+ * R_{11}}{U_{D3} - V^+} = \frac{2.8 * 680.10^3}{3.6 - 2.8} = 2380 \text{ k}\Omega$$

Question 2 :

On détermine l'expression de V^- . On a $V^- = V_R$

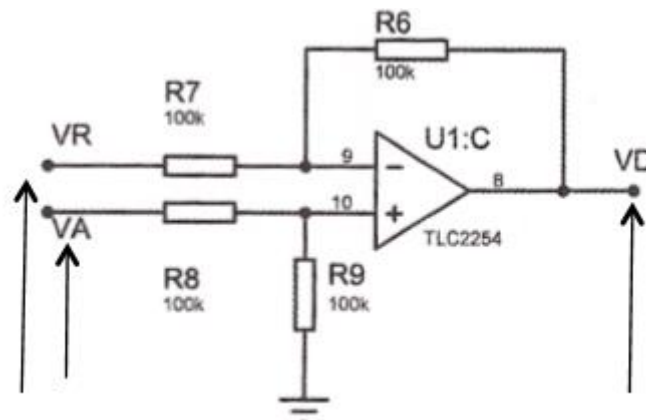
De plus :

$$V^- = V^+ \Leftrightarrow \frac{R_{10} * U_{D3}}{R_{10} + R_{11}} = V_R \Leftrightarrow V_R = 2.8V$$

Question 3 :

Le montage réalise une fonction de montage suiveur. Son rôle est d'empêcher une impédance de sortie élevée et il peut alors se comporter comme une source de tension.

4) Etage du décalage



Question 1 :

Nous avons un AOP en mode linéaire. Alors : $V^- - V^+ = 0$. De plus l'AOP est considéré comme idéal donc $i^+ = i^- = 0A$.

On détermine l'expression de V^+ . On a R_9 et R_8 qui sont deux résistances en série car $i^- = 0A$. R_9 a une tension de $0V$ et R_8 a une tension V_A . On applique le théorème de diviseur des tensions :

$$V^+ = \frac{R_9}{R_9 + R_8} * V_A$$

On détermine l'expression de V^- . On a R_7 et R_6 qui sont deux résistances en série car $i^- = 0A$. R_7 a une tension de V_R et R_6 a une tension V_D . On applique le théorème de superposition des tensions :

$$V^- = \frac{R_7 * V_D + R_6 * V_R}{R_7 + R_6}$$

De plus :

$$V^- = V^+ \Leftrightarrow \frac{R_9}{R_9 + R_8} * V_A = \frac{R_7 * V_D + R_6 * V_R}{R_7 + R_6}$$

On obtient :

$$V_D = \frac{R_6}{R_7} * \left(\frac{R_9}{R_8} * V_A - V_R \right)$$

Question 2 :

On a $R_6 = R_7 = R_8 = R_9$ nous pouvons écrire que : $V_D = V_A - V_R = V_{cap} * 21 - 2.8$

Question 3 :

Nous avons un montage sommateur.

5) Etage de correction du gain

Question 1 :

Nous avons un AOP en mode linéaire. Alors : $V^- - V^+ = 0$. De plus l'AOP est considéré comme idéal donc $i^+ = i^- = 0A$.

On détermine l'expression de V^+ . On a : $V^+ = V_D$

On détermine l'expression de V^- . On a R_4 et R_{var} qui sont deux résistances en série car $i^- = 0A$. R_4 a une tension de $0V$ et R_{var} a une tension V_{OUT} . On applique le théorème de diviseur des tensions :

$$V^- = \frac{R_4 * V_{OUT} + R_{var} * 0}{R_4 + R_{var}}$$

De plus :

$$V^- = V^+ \Leftrightarrow \frac{R_4 * V_{OUT}}{R_4 + R_{var}} = V_D$$

On obtient :

$$V_{OUT} = V_D * \frac{R_4 + R_{var}}{R_4}$$

Question 2 :

Nous avons un montage linéaire non inverseur.

Question 3 :

Pour obtenir un gain de 1.5 il faut que $V_{OUT} = 1.5 * V_D$

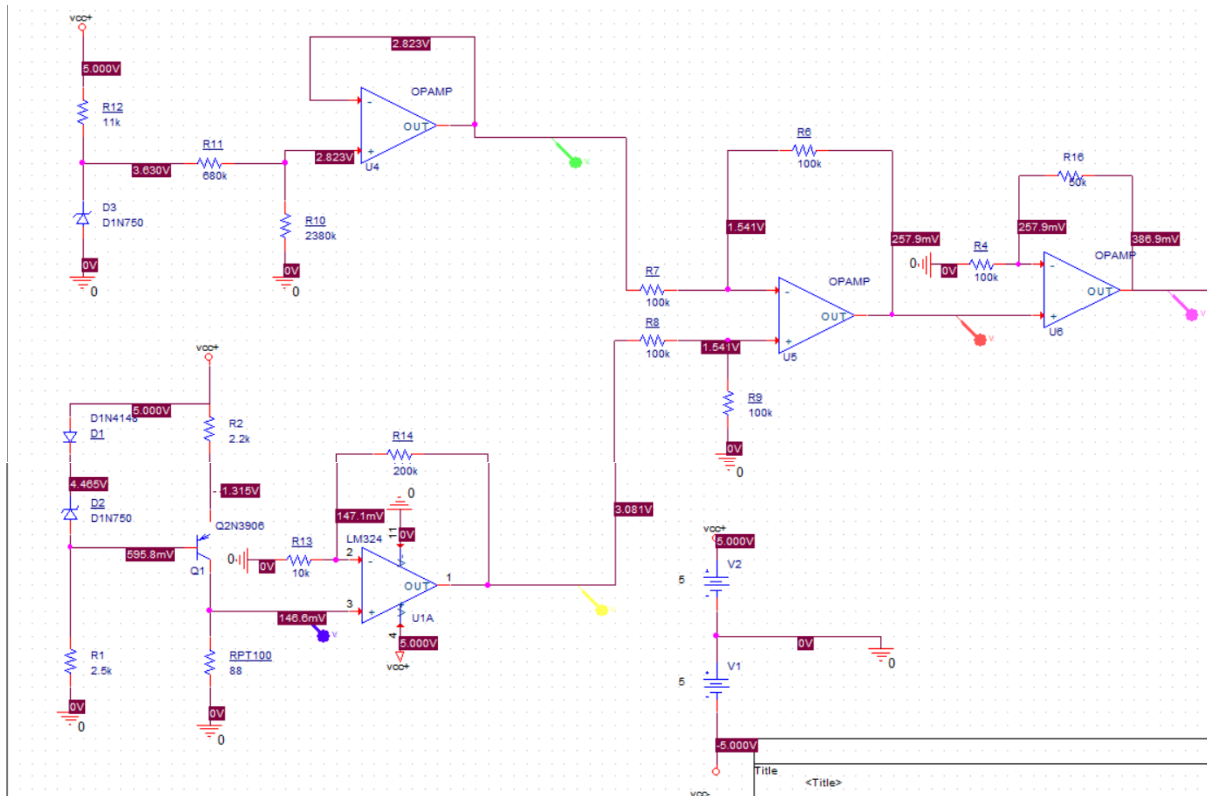
$$1.5 * V_D = V_D * \frac{R_4 + R_{var}}{R_4} \Leftrightarrow 1.5 * R_4 - R_4 = R_{var} \Leftrightarrow 1.5 * 100.10^3 - 100.10^3 = 50 \text{ k}\Omega$$

6) Synthèse

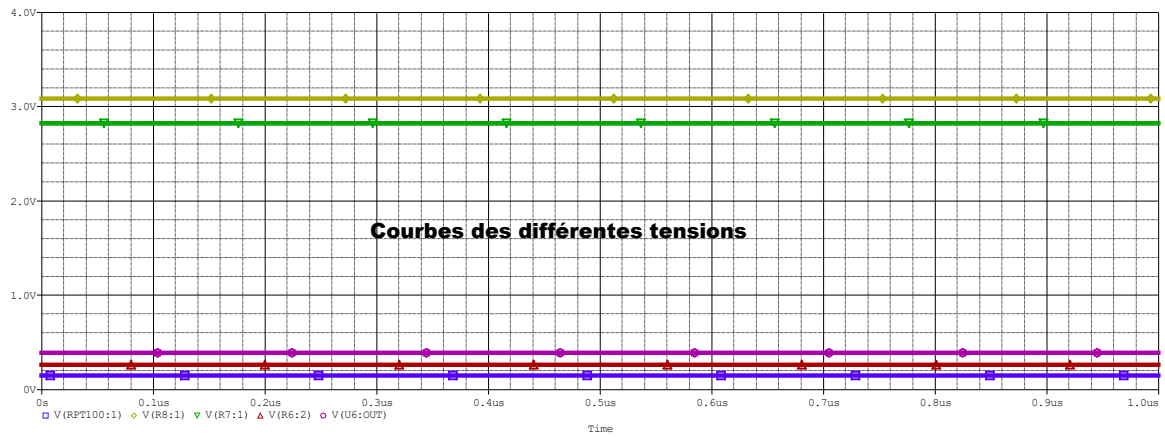
Température extérieure(°C)	Vcap (V)	Va(V)	Vr(V)	Vd(V)	Vout(V)
-30°C	0.145	3.038	2.8	0.238	0.357
+200°C	0.288	6.056	2.8	3.256	4.884

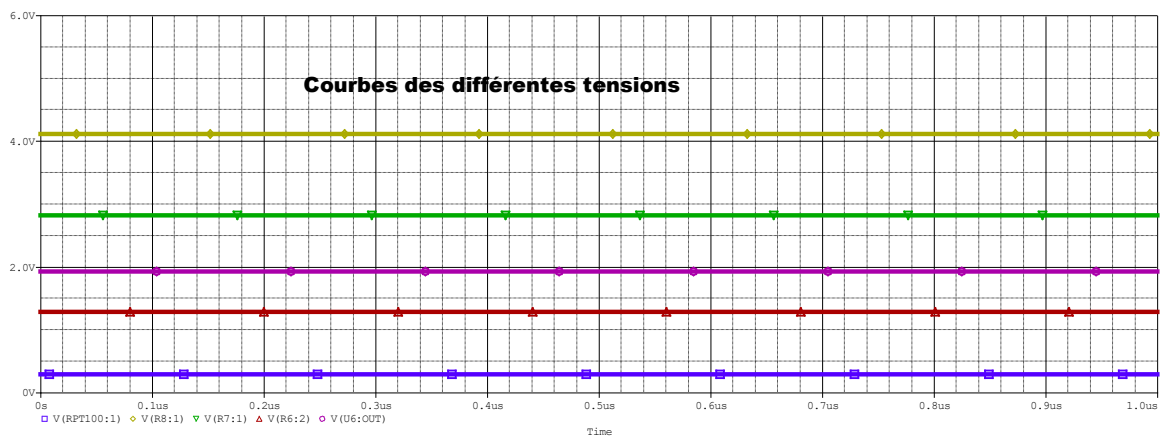
En conclusion, pour respecter le cahier des charges il faut que la valeur minimale de sortie soit proche de 0V et la valeur maximale de sortie proche de 5V. Nous pouvons remarquer ici que la valeur minimale est de 0.357 V et la valeur maximale de 4.884 V. Elles sont proche des valeurs demandées donc le cahier des charges est respecté.

7) Simulation Pspice



Graphique pour T = -30°C



Graphique pour $T = 200^{\circ}\text{C}$ 

Courbe bleu : V_{cap}

Courbe rouge : V_D

Courbe rose : V_{out}

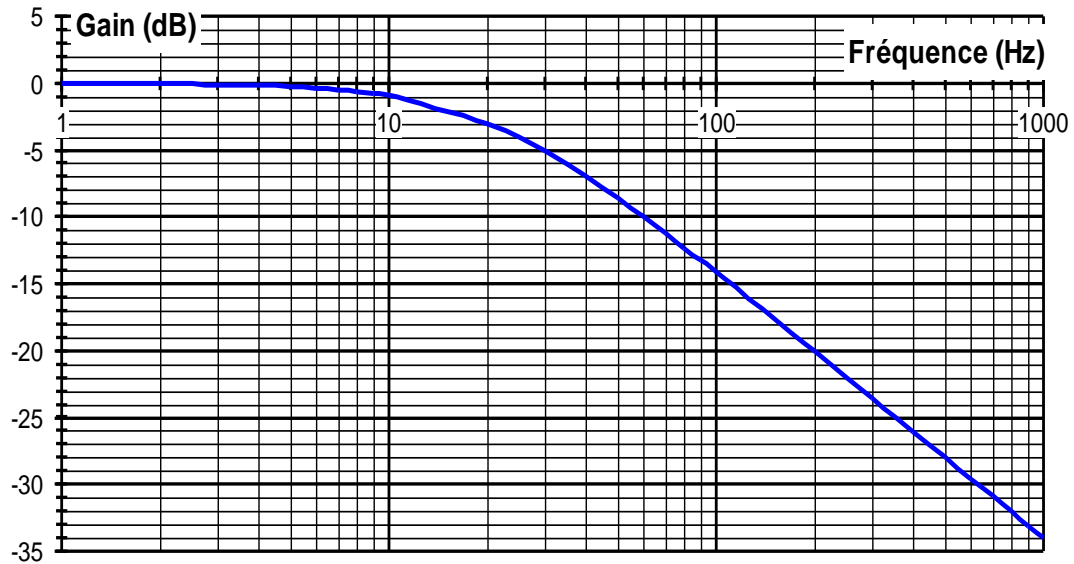
Courbe verte : V_r

Courbe jaune : V_a

Nous pouvons lire graphiquement les valeurs des différentes tensions et nous remarquons qu'à -30°C la simulation corrobore avec les résultats théoriques. En revanche pour 200°C nous avons une différence qui est due au choix des composants qui ne correspond pas forcément avec ceux donnés. Mais nous pouvons aussi conclure avec la simulation respecte le cahier des charges donné.

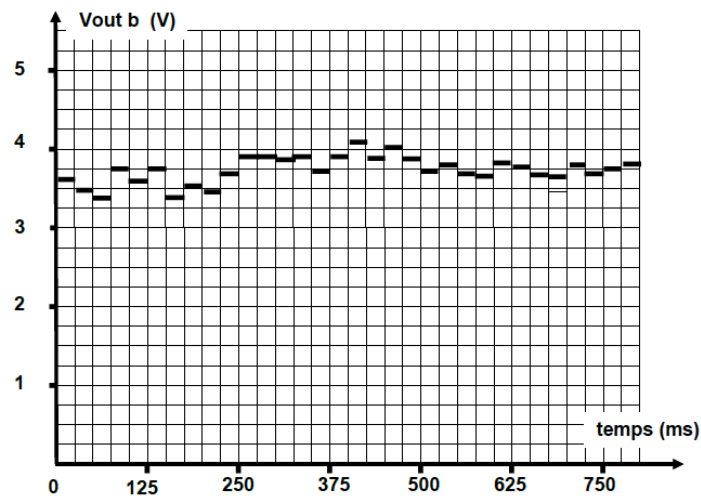
II. Numérisation et filtrage : étude des filtres du traitement numérique

1) Etude du filtre anti-repliement



Question 1 :

À partir de la courbe du gain, on déduit que le filtre est un filtre passe-bas car il laisse passer les faibles fréquences alors que les grandes fréquences sont bloquées : le gain devient négatif et diminue lorsque la fréquence augmente. Nous avons un gain de 20dB par décade car pour $f_1 = 100\text{Hz}$ nous avons -14dB et pour $f_2=1000$ nous avons -34db. Donc c'est un filtre de premier ordre. D'après une lecture graphique, on sait que sa fréquence de coupure f_c à -3dB est de 20Hz et que sa bande passante s'étend de 0 à 20 Hz.

Question 2 :**Figure 2 - Signal échantillonné bloqué de Vout**

On prend le temps total (800 ms) que l'on divise par le nombre de périodes mesurée :

$$T_e \frac{800}{32} = 25ms$$

Question 3 :

La condition de Shannon est : $f_e \geq 2f_{\max}$ du signal

Nous avons lorsque la température évolue, la réponse de la sonde de température met 500ms pour être supposée stable, on en déduit que $T_{\max} = 500 ms = 5,0 \cdot 10^{-1} s$

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 40 Hz$$

$$f_{\max} = \frac{1}{T_{\max}} = \frac{1}{5,0 \cdot 10^{-1}} = 2 Hz$$

$4 \geq 2 * 2 \Leftrightarrow f_e \geq 2f_{\max}$ Donc la condition de Shannon est vérifiée

La relation entre la fréquence d'échantillonnage et la fréquence de coupure du filtre est : $f_c = 20 Hz$ et $f_e = 40 Hz$ donc $f_e = 2 * f_c$

D'après le graphique nous avons $V_{out} = 3,75 V$. De plus on sait que : $V_D = V_A - V_R$ avec $V_A = 21 * V_{cap}$ et $V_R = 2,8 V$ et $V_{cap} = 1,64 \cdot 10^{-3} \cdot R_T$

On a :

$$\begin{aligned} V_{out} &= 1,5 * V_D \\ &= 1,5 * (21 * V_{cap} - 2,8) \end{aligned}$$

$$= 1,5 * (21 * 1,64.10^{-3}.R_T - 2,8)$$

$$= 1,5 * (21 * 1,64.10^{-3}.100(1 + 3,9083.10^{-3}.T - 5,775.10^{-7}.T^2) - 2,8)$$

Donc on a

$$V_{out} = 1 + 2,032 * 10^{-2}.T - 3,003.10^{-6}T^2$$

$$\Leftrightarrow 3,75 = 1 + 2,032 * 10^{-2}.T - 3,003.10^{-6}T^2$$

$$\Leftrightarrow 2,032 * 10^{-2}.T - 3,003.10^{-6}T^2 - 2,75 = 0$$

On fait delta pour déterminer la température :

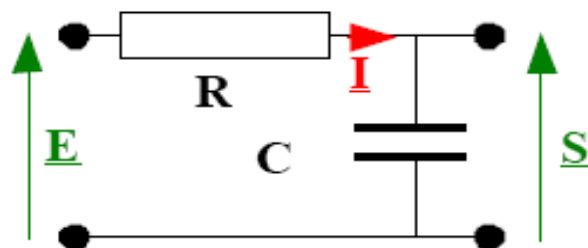
$$\Delta = (2,032 * 10^{-2})^2 - 4 * (-3,003.10^{-6}) * (-2,75) = 0,000379869 > 0$$

$$x_1 = \frac{-2,032 * 10^{-2} - \sqrt{\Delta}}{2(-3,003.10^{-6})} = 6\,628,409644$$

$$x_2 = \frac{-2,032 * 10^{-2} + \sqrt{\Delta}}{2(-3,003.10^{-6})} = 138,1571227$$

Les température limites sont -30°C et 200°C. On en déduit que la température à la tension stabilisée est 138°C car seulement x_2 est compris dans cet intervalle.

2) Etude du filtre de lissage



Question 1 :

	$Z_r = R$	$Z_c = \frac{1}{jC\omega}$
Lorsque $f \rightarrow 0$, $\omega \rightarrow 0$	R	∞ Comportement d'un interrupteur ouvert.
Lorsque $f \rightarrow +\infty$, $\omega \rightarrow +\infty$	R	0 C'est un fil alors S = 0

Donc pour ce montage nous avons un filtre passe bas.

Question 2 :

$$T(j, \omega) = \frac{S}{E}, \text{ on a } S = \frac{Z_C}{Z_C + Z_R} * E, \text{ d'où } T = \frac{\frac{1}{jC\omega}}{\frac{1}{jC\omega} + R} = \frac{1}{1 + jCR\omega}$$

Question 3 :

On détermine l'expression canonique de la fonction. On pose $\omega_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c$ et $A = 1$

$$\frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} = \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_c}}$$

$$\text{On peut en déduire : } f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi * 8 * 10^{-6} * 1 * 10^3} = 19.89 \text{ Hz}$$

On a l'expression du module de T qui est :

$$|T(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$

Question 4 :

Si $f \gg f_c$ on peut remarquer que le module de T tend vers 0

Si $f \ll f_c$ on peut remarquer que le module de T tend vers 1

Question 5 :

Nous avons un filtre passe-bas car il laisse passer les fréquences inférieures à sa fréquence de coupure. D'après la forme canonique nous pouvons remarquer que nous avons un filtre du premier ordre. De plus, son gain statique est de 1 pour les fréquences inférieures à 20 Hz et de 0 pour les valeurs supérieures.

Question 6 :

Pour que le cahier des charges soit respecté, il faut que : $f_{max} < f_c < \frac{f_e}{2}$

$$\text{On a : } f_c = 19.89\text{Hz} \frac{f_e}{2} = \frac{40}{2} = 20\text{Hz} \quad f_{max} = 2\text{Hz}$$

$$\text{Donc } 2 < 19.89 < 20$$

En conclusion le cahier des charges a été respecté.