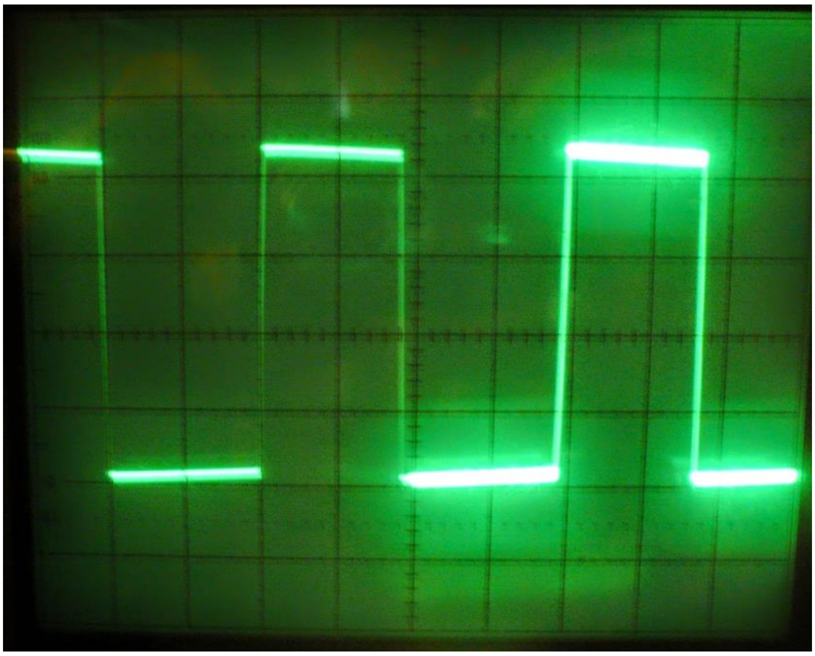
# MINI-PROJET ÉLECTRONIQUE



*CHAOUKI Zakaria*

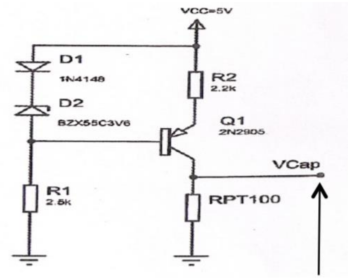
*JULIEN Jérémie*

*1PR2*

**2020**

# Partie I : Étude d'une carte de température avec sonde PT 100

## 1) Etage générateur de courant constant




D1 est une diode et D2 est une diode zener. Ces deux composants ne sont pas dans le même sens puisque D2 se comporte comme une diode classique si elle est dans le sens du courant.
Les tensions UD1 et UD2 sont les tensions mesurées aux bornes de D1 et de D2

1-1) En appliquant la loi des mailles, on obtient : (avec $i$ le courant qui circule dans la maille)

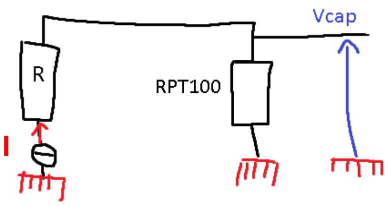
$$U_{D1} - U_{D2} - V_{EB} + R_2 * i = 0$$

On a donc $i = \frac{-U_{D1}+U_{D2}+V_{EB}}{R_2} = 1.64\ mA = 0.00164\ A$

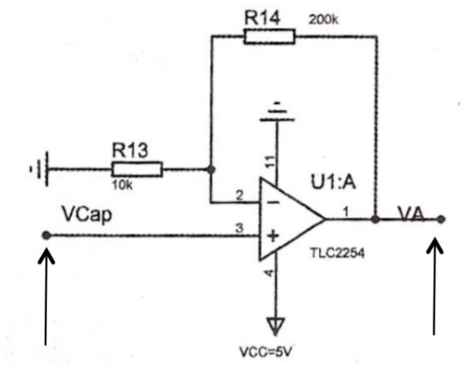
1-2) Le courant circulant dans RPT100 est égal à celui dans R2 et RPT100 est relié à la masse donc on a :

$$V_{cap} = RTP100 * i = 0.164 * [1 + T * (3.9083 * 10^{-3} - 5.775 * 10^{-7} * T)]$$

Montage equivalent:




## 2) Etage d'amplification




2-1) Observation du circuit : Il s'agit d'un AOP en mode linéaire puisque $V^-$ est relie à la sortie, ainsi on a :

$$V^- = V^+$$

On applique le pont diviseur de tension pour trouver l'expression de $V^-\ et\ V^+$ :

$$V^- = \frac{R_{13}}{R_{13} + R_{14}} * V_a$$

$$V^+ = V_{cap}$$

Donc :

$$V^- = V^+$$

$$<=> \frac{R_{13}}{R_{13} + R_{14}} * V_a = V_{cap}$$

$$<=> V_a = \frac{V_{cap}}{R_{13}} * (R_{13} + R_{14})$$

Application numérique :

$$V_a = \frac{V_{cap}}{10} (10 + 200) = V_{cap} * 21$$

2-2) La fonction réalisée par ce schéma est : amplificateur linéaire non inversaire, la valeur d'amplification est de : $\frac{V_a}{V_{cap}}$ soit 21.

2-3) Plage de variation de la tension de sortie $V_A$:

La plage de variation de $V_A$ se définie comme la différence de tension max et min de $V_A$.

Données :

Les températures extrêmes sont : $T_{min} = -30°C\ et\ T_{min} = 200°C$

Ainsi :

$$V_{cap-min} = 0.164 * (1 + 3,9083.10^{-3}.(-30) - 5,775.10^{-7}.(-30)^2) = 0.145$$

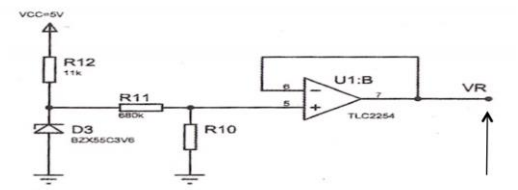
$$V_{cap-max} = 0.164 * (1 + 3,9083.10^{-3}.(200) - 5,775.10^{-7}.(200)^2) = 0.145$$

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

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

Donc la plage $V_a = 3.018V$

3) Etage référence $V_r$




3-1) Pour obtenir la valeur de $R_{10}$, on utilise le pont diviseur de tension entre UD3 et $V^+$ :

On a $V^+ = \frac{R_{10}}{R_{10}+R_{11}} * UD3$ ; donc $R_{10} = \frac{V^+ * R_{11}}{UD3 - V^+}$

Or $V^+ = 2.8$V donc on en déduit R10 :

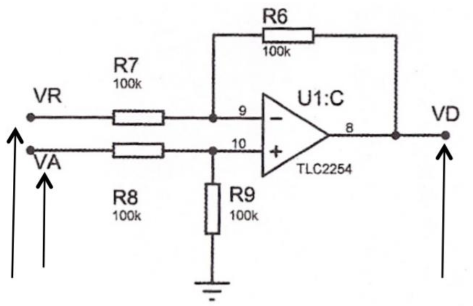
$R_{10} = \frac{2.8*680*1000}{3.6-2.8}$ = 2.38 MΩ

3-2) La borne négative est reliée à la sortie donc on a l'égalité suivante

$V^+ = V^- = V_r$ ; D'où $V_r$ = 2.8V

3-3) Le montage de l'amplificateur est suiveur et il a pour but d'isoler le circuit

4)Etage du décalage




4-1)L'AOP est en mode linéaire, donc $V^+ = V^- = 0$ et l'AOP étant considéré comme idéal, on a $i^+ = i^- = 0A$

D'après le pont diviseur de tensions : $V^+ = \frac{\mathrm{R}_9}{\mathrm{R}_9+\mathrm{R}_8} * V_a$

Et d'après le théorème de Millman : $V^- = \frac{\frac{V_d}{\mathrm{R}_6}+\frac{V_r}{\mathrm{R}_7}}{\frac{1}{\mathrm{R}_6}+\frac{1}{\mathrm{R}_7}} = \frac{V_r*\mathrm{R}_6+V_d*\mathrm{R}_7}{\mathrm{R}_6+\mathrm{R}_7}$

On injecte dans $V^+ = V^-$ :

Soit $\frac{V_r*\mathrm{R}_6+V_d*\mathrm{R}_7}{\mathrm{R}_6+\mathrm{R}_7} = \frac{\mathrm{R}_9}{\mathrm{R}_9+\mathrm{R}_8} * V_a$

D'où $V_d = \frac{\mathrm{R}_6+\mathrm{R}_7}{\mathrm{R}_7} *(V_a * \frac{\mathrm{R}_9}{\mathrm{R}_9+\mathrm{R}_8} - \frac{\mathrm{R}_6}{\mathrm{R}_6+\mathrm{R}_7} * V_r)$

4-2)Lorsque toutes les résistance sont égales, on obtient :

$V_d = 2 *(V_a * \frac{1}{2} - \frac{1}{2} * V_r)$

Donc $V_d = V_a - V_r$

4-3) Nous avons un montage différentiel.

<u>5) Etage de correction du gain</u>

5-1) Comme pour les montages précèdent notre AOP est en mode linéaire : $V^+ = V^-$

On applique le théorème de pont diviseur de tension pour $V^-$ :

$$V^- = \frac{R_4}{R_4 + R_{Var}} * V_{out}$$

Et on sait que : $V^+ = V_D$

Donc : $\frac{R_4}{R_4 + R_{Var}} * V_{out} = V_D$

$\Leftrightarrow V_{out} = V_D * \frac{R_4 + R_{Var}}{R_4}$

5-2) Il s'agit d'un montage linéaire non inverseur.

5-3) On cherche la valeur de $R_{Var}$ pour laquelle le gain sera de 1.5, c'est-à-dire :

$$V_{out} = 1.5 * V_D$$

$$\Leftrightarrow\ V_{out} = 1.5 * \frac{R_4}{R_4 + R_{Var}} * V_{out}$$

$$\Leftrightarrow\ 1 = 1.5 * \frac{R_4}{R_4 + R_{Var}}$$

Donc : $\frac{1}{R_4 * 1.5} = \frac{1}{R_4 + R_{Var}}$

$$R_4 * 1.5 = R_4 + R_{Var}$$

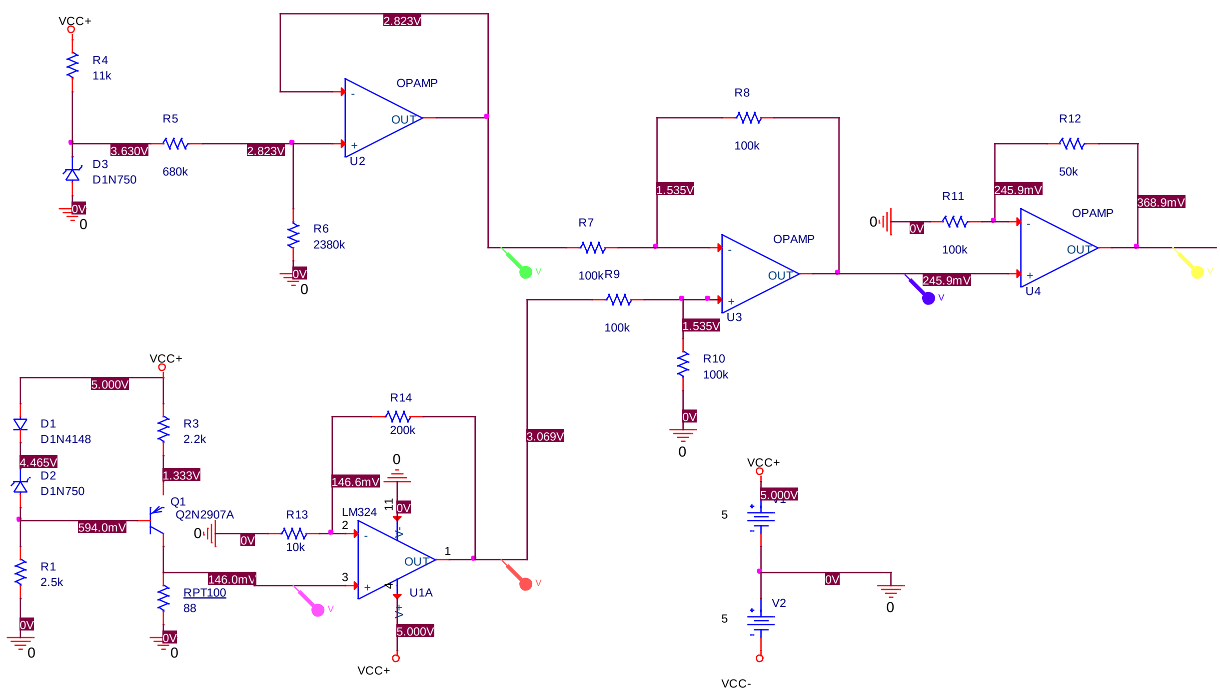
Donc : $R_{Var} = R_4 * 1.5 - R_4$

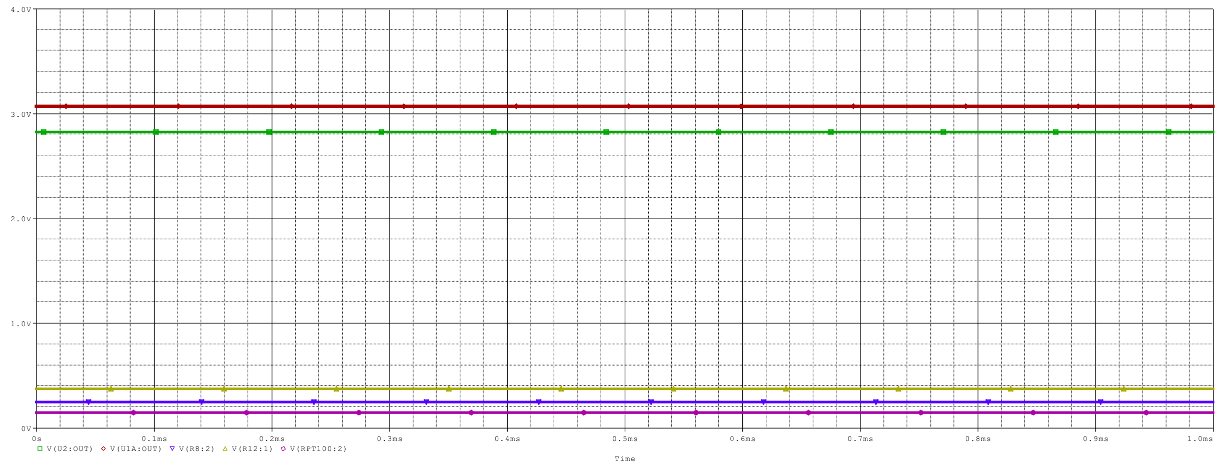
$$R_{Var} = 100.10^3 * 1.5 - 100.10^3 = 50.10^3\ \Omega = 50\ k\Omega$$

6) Synthèse

| Température extérieure (C°) | $V_{cap}\ (V)$ | $V_A\ (V)$ | $V_r(V)$ | $V_{D(V)}$ | $V_{out}\ (V)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| -30 °C | 0.145 | 3.038 | 2.8 | $V_A - V_r = 0.238$ | 0.357 |
| +200°C | 0.288 | 6.056 | 2.8 | 3.256 | 4.884 |

Pour que le convertisseur analogique traite les données, on veut une tension de sortie comprise entre 0 et 5V, avec 0 pour la température minimale et 5 pour la température maximale. On observe effectivement cela avec la tension de sortie Vout qui est proche de 0 pour de faibles températures, et également proche de 5V à des températures plus chaudes. Le cahier des charges est donc respecté.

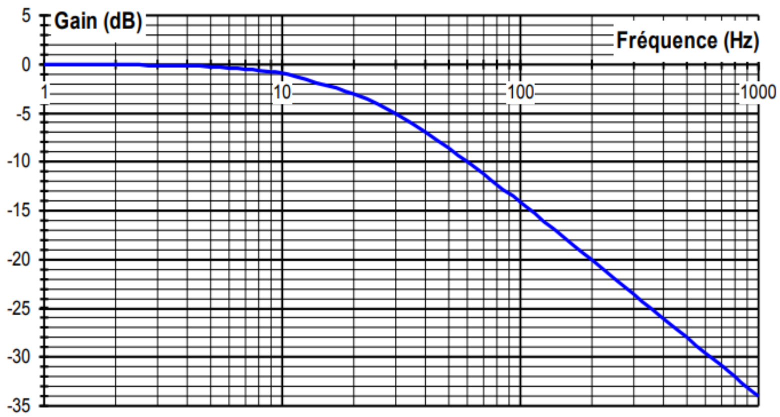





violet = $V_{cap}$, bleu = $V_D$, jaune = $V_{out}$, vert = $V_r$, rouge = $V_a$

## Partie II : Numérisation et filtrage : étude des filtres du traitement numérique

1) Étude du filtre anti-repliement

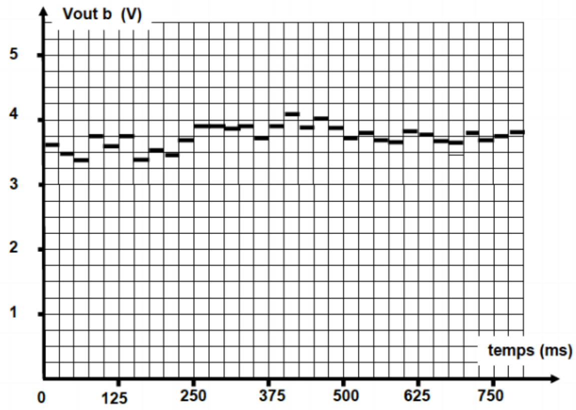



1-1) D'après la courbe, on observe que les hautes fréquences sont bloquées puisque le gain tend vers -∞ lorsque la fréquence augmente tandis que les basses fréquences passent. On a donc un filtre passe bas.

C'est un filtre de premier ordre car le gain est de 20dB par décade. Par lecture graphique on observe que la fréquence de coupure à -3dB est de 20Hz et la bande passante s'étend de 0 à 20Hz

1-2)

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




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

1-3)

La condition de Shannon doit vérifier : $f_e \geq 2f_{max}$

Le temps de réponse de la sonde pour être supposée stable est de 500ms donc $T_{max}$ = 500ms

On a donc : $f_e = \frac{1}{T_E} = \frac{1}{25*10^{-3}} = 40Hz$

De même, $f_{max} = \frac{1}{T_{max}} = \frac{1}{500*10^{-3}} = 2Hz$

On a bien $f_e \geq 2f_{max}$ donc la condition de Shannon est respectée

La relation entre la fréquence d'échantillonnage et la fréquence de coupure du filtre est :

$$f_e = 2f_c$$

D'après le graphique, $V_{out}$=3,75V et on sait que $V_D = V_A - V_R$ avec $V_A = 21 * V_{cap}$ ,$V_R = 2.8V$ et $V_{cap} = 1.64 * 10^{-3} * R_T$

Soit : $V_{out} = 1.5 * V_D$

Après calcul, on obtient une équation du second degré permettant de déterminer T :

Soit : $-3.003 * 10^{-6} * \mathrm{T}^2 + 2.032 * 10^{-2} * \mathrm{T} - 2.75 = 0$

On a un delta positif donc deux racines :

$$T_1 = 6\,628.41 \; et \; T_2 = 138{,}16$$

L'intervalle de température étant de -30°C à 200°C seul $T_2$ est valable donc on en déduit que la tension stabilisée correspond à une température de 138°C.

2) Etude du filtre de lissage

2-1)

| | $Z_R$ | $Z_C$ |
|---|---|---|
| f → 0 | R | ∞ (interrupteur ouvert) |
| F → +∞ | R | 0 (fil) |

Il s'agit d'un filtre passe bas.

2-2)

On cherche à exprimer la fonction de transfert complexe $\underline{T}(j.\omega) = \frac{\underline{S}}{\underline{E}}$ en fonction de R, C et $\omega$ :

Tout d'abord on peut exprimer $\underline{S}$ grâce au pont diviseur de tension : $\underline{S} = \frac{Z_C}{Z_C+Z_R} * \underline{E}$

On peut alors exprimer $\underline{T}$ :

$$\underline{T} = \frac{\frac{Z_C}{Z_C + Z_R} * \underline{E}}{\underline{E}} = \frac{Z_C}{Z_C + Z_R} = \frac{\frac{1}{jC\omega}}{\frac{1}{jC\omega} + R} = \frac{1}{1 + jRC\omega}$$

2-3)

Module T :

Expression de coupure $f_C$ :

$$\omega_C = 2\pi f_C = \frac{1}{RC}$$

$$\omega = 2\pi f$$

On reprend l'équation du 2-2)

$$\underline{T} = \frac{1}{1+jRC\omega} \Leftrightarrow \underline{T} = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_C}}$$

Donc : $\underline{T} = \frac{1}{1+j\frac{f}{f_C}}$

<u>Calcul du module :</u>

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

2-4)

- Si $f$ >> $f_C$ : $\frac{f}{f_C} \rightarrow\ +\infty => T \rightarrow 0$
- Si $f$ << $f_C$ : $\frac{f}{f_C} \rightarrow 0 => T \rightarrow \frac{1}{1} = 1$

2-5)

Caractéristique du filtre :

Type : passe bas (les fréquences f inferieures aux fréquences de coupure $f_C$ passent).

Ordre : D'après 1-1) on a une baisse de 20dB de 100Hz a 1000Hz d'où le filtre est du premier ordre.

Gain statique : 1 lorsque f < 20Hz ; 0 lorsque f > 20Hz

2-6)

On sait que : $f_e = 40Hz\ et\ f_{max} = 2Hz$

Et $f_C = \frac{1}{2\pi RC} = 20Hz$

Ainsi on a bien :

$$f_{max} < f_C < \frac{f_e}{2}$$