

TP Conditionnement d'une RTD (Resistance Temperature Detector) type PT100

On réalise une mesure de température en utilisant une résistance de platine dont la résistance R_{TD} dépend de la température T (en degrés Celsius) par la relation :

$$R_{TD} = R_{TD0} (1 + \alpha T) \text{ avec } R_{TD0} = 100 \, \Omega \text{ et } \alpha = 0.00385 \, [^{\circ}\text{C}]^{-1}$$

La résistance de ce capteur de température réalisé en platine vaut $100 \, \Omega$ à 0°C . Ce capteur est communément appelé PT100.



Figure 1 : Capteurs de température PT100 (3 modèles différents)

L'électronique de conditionnement de ce capteur consiste à élaborer une tension proportionnelle à la résistance R_{TD} , qui sera par la suite numérisée et traité par un microcontrôleur. Le schéma de principe du circuit électronique de conditionnement est présenté sur la figure 2, la tension $V_{OUT} = R_{TD} \times I_{REF}$. La tension V_{OUT} est par la suite numérisée.

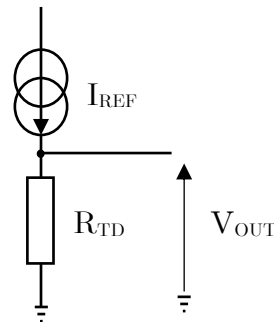


Figure 2 : Schéma de principe du circuit électronique de conditionnement pour un capteur de température de type PT100.

Ce TP porte dans un premier temps sur la réalisation de la source de courant avec des amplificateurs opérationnels. On considère dans un premier temps que tous les amplificateurs opérationnels sont idéaux. Le schéma complet est donné par la figure 3.

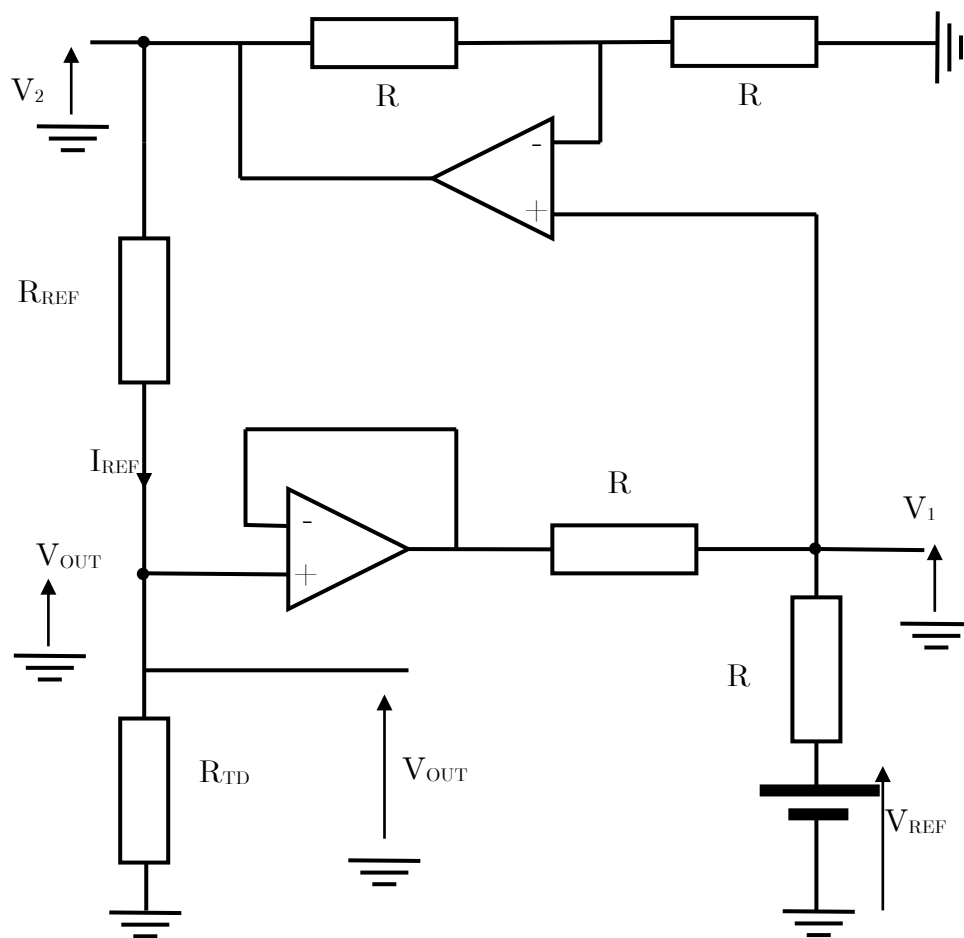


Figure 3 : Schéma complet du circuit de conditionnement.

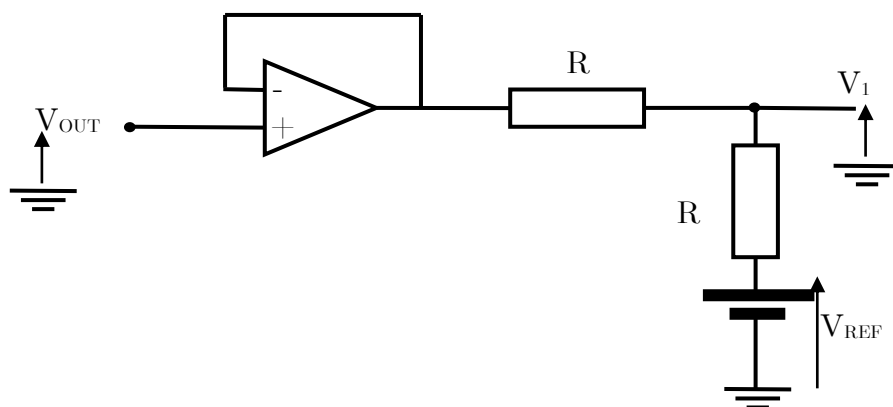


Figure 4

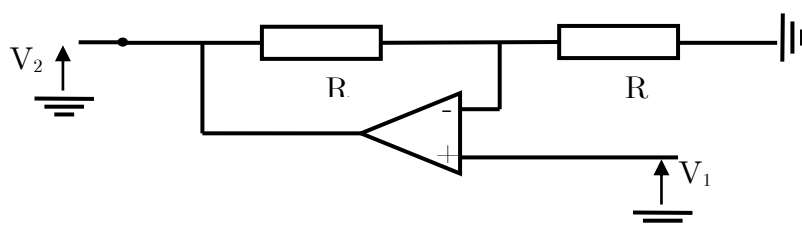


Figure 5

Q1/ A partir de la figure 3, établir la relation entre V_1 et V_{OUT} .

$$1 - V_1 = \frac{V_{out}/R + V_{REF}/R}{1/R + 1/R}$$

$$V_1 = \frac{1}{2}(V_{out} + V_{REF})$$

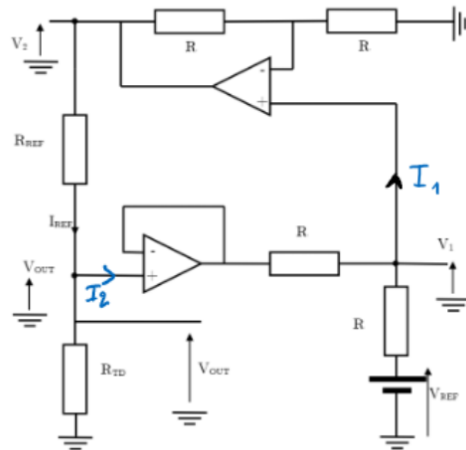
Q2/ A partir de la figure 4, établir la relation entre V_2 et V_1 .

2 - C'est un montage non inverseur

$$V_2 = V_1 \left(1 + \frac{R}{R} \right) = 2 V_1$$

Q3/ Justifier pourquoi, lors de l'assemblage des schémas des figures 3 et 4 pour obtenir le schéma de la figure 2, on peut conserver les relations établies aux questions 1 et 2.

3.



- le courant I_1 est nul (AOA idéal) \Rightarrow le montage de la figure 3 se comporte donc comme à vide.
- l'impédance de sortie du montage de la figure 4 (montage non inverseur) est nulle, le fait de brancher R_{REF} , R_{TD} , etc sur la sortie ne change pas le comportement du montage, il se comporte comme à vide.
- Au niveau de V_{out} , le courant d'entrée I_2 est nul, le courant I_{REF} traverse la résistance $R_{TD} \Rightarrow V_{out} = R_{TD} \times I_{REF}$.

Q4/ A partir de la figure 2, Etablir l'expression du courant I_{REF} , puis finalement l'expression de V_{OUT} en fonction de V_{REF} , R_{REF} et R_{TD} .

$$\begin{aligned}
 4 - I_{REF} &= \frac{V_2 - V_{out}}{R_{REF}} \\
 &= \frac{2V_1 - V_{out}}{R_{REF}} \quad V_1 = \frac{1}{2}(V_{out} + V_{REF}) \\
 I_{REF} &= \frac{V_{out} + V_{REF} - V_{out}}{R_{REF}} \\
 I_{REF} &= \frac{V_{REF}}{R_{REF}} \\
 V_{out} &= R_{TD} \times I_{REF} \\
 V_{out} &= \frac{V_{REF}}{R_{REF}} \times R_{TD}
 \end{aligned}$$

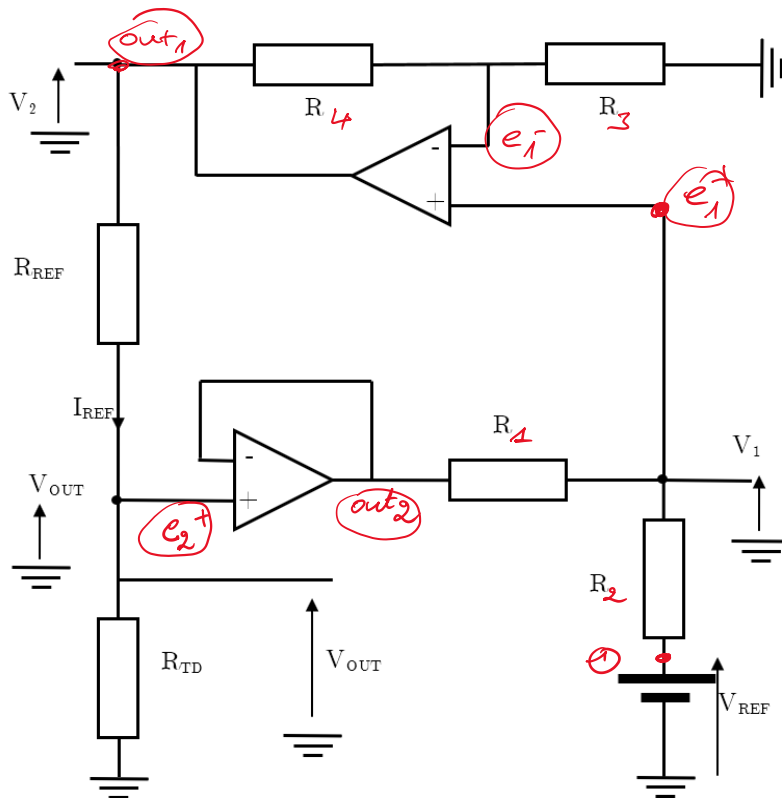
Q5/ On donne $R=25 \text{ k}\Omega$, $R_{REF}=2.5 \text{ k}\Omega$, $V_{REF}=2.5 \text{ V}$. Calculer V_{OUT} pour une température de 0°C et 25°C .

$$\begin{aligned}
 5 - V_{REF} &= 2.5 \text{ V} \\
 R_{REF} &= 2.5 \text{ k}\Omega \\
 V_{out} &= 10^{-3} \times R_{TD} \\
 @ T = 0^\circ\text{C} &\Rightarrow R_{TD} = 100 \Omega \Rightarrow V_{out} = 0.1 \text{ V} \quad T=0^\circ\text{C} \\
 @ T = 25^\circ\text{C} &\Rightarrow R_{TD} = 100(1 + 0.00385 \times 25) \\
 &= 109.625 \Omega \\
 V_{out} &\approx 109 \text{ mV} \quad T=25^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Q6/ Etablir une relation entre la tension V_{out} et la température de la RTD.

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= 10^{-3} R_{TD} = 10^{-3} R_{TD0}(1 + \alpha T) \text{ avec } R_{TD0} = 100 \Omega \text{ et } \alpha = 0.00385 [^\circ\text{C}]^{-1} \\
 &= 0.1(1 + 0.00385T)
 \end{aligned}$$

Q7/ En considérant que la tolérance sur toutes les résistances (sauf R_{TD}) est 5%, quelle est l'erreur relative sur la température déterminée à partir de V_{out} (mesuré avec un voltmètre « sans erreur »)



```

netlist={
    'X1 e2+ out2 out2'
    'R3 out2 e1+ R1'
    'R4 e1+ 1 R2'
    'X2 e1+ e1- out1'
    'R1 e1- 0 R3'
    'R2 e1- out1 R4'
    'Rrref out1 e2+ Rref'
    'V1 1 0 Vref'
    'Rpt e2+ 0 R_TD'
};
[X name]=fspice(netlist);
** fspice 2.43 ** (c) Frederic Martinez
name
name = 1x9 cell
'V(1)'      'V(e1+)'      'V(e1-)'      'V(e2+)'      'V(out1)'      'V(out2)'      'I(X1)'
'I(X2)'      'I(V1)'
syms Rref
Irref=simplify((X(4)-X(3))/Rrref)
Irref =

$$\frac{R_1 V_{ref} (R_4 R_{TD} - R_3 R_{ref})}{R_{rref} (R_1 R_3 R_{TD} - R_2 R_4 R_{TD} + R_1 R_3 R_{ref} + R_2 R_3 R_{ref})}$$

Vout=X(4)
Vout =

$$\frac{R_1 V_{ref} (R_3 R_{TD} + R_4 R_{TD})}{R_1 R_3 R_{TD} - R_2 R_4 R_{TD} + R_1 R_3 R_{ref} + R_2 R_3 R_{ref}}$$


```

En utilisant des variables aléatoires (fonction rand), on détermine la variation relative de V_{out} puis de la température mesurée (à préparer)