

Exercice 1 : Conditionnement du signal et amplification

1. Le pont de Wheatstone permet de transformer une faible variation de résistances (celles des éléments sensibles R_1/R_2) en une tension différentielle. La configuration « push-pull » adoptée sur la figure 1 est particulièrement intéressante grâce à sa linéarité intrinsèque, et à la possibilité de fabriquer toutes les résistances avec la même technologie, réduisant ainsi décalage du aux effets de la température.

$$2. V_{AD} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CD} = \frac{R_0(1 - \alpha q) V_{CD}}{R_0[1 + \alpha q + 1 - \alpha q]} = \frac{1 - \alpha q}{2} V_{CD} \quad \text{et} \quad V_{BD} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{CD} = \frac{1}{2} V_{CD}$$

$$\text{Donc} \quad V_{AB} = V_{AD} - V_{BD} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CD} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{CD} = \frac{-\alpha q}{2} V_{CD}$$

3. $R_{tot} = (R_1 + R_2) \parallel (R_3 + R_4) = 2R_0 \parallel 2R_0 = R_0 = 60 \Omega$ La résistance totale est constante et ne dépend pas de q .

$$4. V_{CD} = \frac{R_{tot}}{R_5 + R_6 + R_{tot}} V_{CC} \quad \text{et} \quad I_B = \frac{V_{CC}}{R_5 + R_6 + R_{tot}} \quad \text{donc} \quad P_{pont} = I_B * V_{CD} = \frac{V_{CC}^2 R_{tot}}{(R_5 + R_6 + R_{tot})^2} = 1 mW$$

$$\text{Alors} \quad V_{CC}^2 R_{tot} = 1 mW (R_5 + R_6 + R_{tot})^2 \rightarrow R_5 + R_6 = V_{CC} \sqrt{\frac{R_{tot}}{1 mW}} - R_{tot} = 1165 \Omega$$

Ainsi $R_5 = R_6 = 582 \Omega$

$$5. V_{CD} = 0.245 V \rightarrow V_{AB} = \frac{\alpha q}{2} V_{CD} = \frac{2.10^{-3} (\mu l / min)^{-1.5} \mu l / min \cdot 0.245 V}{2}$$

et donc **$V_{AB} = 1.23 mV$**

Exercice 2 : Amplification différentielle

1. On utilise la valeur calculée Q5 de l'ex1. On prend $R_8 = R_9$, $R_{10} = R_4$, et $R_{12} = R_{13}$.

On a $A_d = \frac{2V}{1.23 mV} = 1626$, note : si on considère $V_{AB} = 1 mV$, le gain serait de 2000.

Le gain est positif, V_A est l'entrée non-inverseuse.

2. $R_8 = R_9 = 50 k\Omega$, $R_{10} = R_4 = 5 k\Omega$, et $R_{12} = R_{13} = 50 k\Omega$.

$$A_d = \frac{R_{12}}{R_{10}} \left(1 + \frac{2R_8}{R_7} \right) = 10 \left(1 + \frac{100 k\Omega}{R_7} \right)$$

$$1 + \frac{100 k\Omega}{R_7} = \frac{A_d}{10} \quad \text{donc} \quad \frac{100 k\Omega}{R_7} = \frac{A_d}{10} - 1 \quad \text{d'où} \quad R_7 \left(\frac{A_d}{10} - 1 \right) = 100 k\Omega$$

ainsi $R_7 = \frac{100k\Omega}{\left(\frac{A_d}{10} - 1\right)} = 619\Omega$; note : $R_7 = 503\Omega$ si $V_{AB} = 1mV$

3. On peut obtenir un débit de $-2\mu l/min$, puisque la tension de polarisation/référence de l'ampli d'instrumentation est à $V_{CC}/2$ et que la sortie peut donc être « négative » par rapport à cette polarisation.

Ainsi $q = -2\mu l/min \rightarrow V_{AB} = -0.490mV \rightarrow V_{OUT} = -0.797V$ (ou 1.703 si on mesure par rapport à la masse, donc c'est largement dans la plage des tensions possibles en sortie de U3).

4. Chaque amplificateur a une tension de décalage maximale de $25\mu V$ à $25^\circ C$. Le pire cas possible correspond à la somme de ces offsets quand ils ont un signe opposé, soit une erreur de $50\mu V$. Dans ces conditions :

$$V_{\text{Erreur}} = 81.3mV \rightarrow \frac{V_{\text{Erreur}}}{V_{\text{out}}} = \frac{81.3mV}{2V} = 4\%$$

5. U3 reçoit des signaux déjà amplifiés, si bien que ses tensions de décalage peuvent être considérées comme négligeable. (environ $0.5mV$)