

Instrumentation

=> Exercice sur le CMRR

Exercice 1: Ampli diff à 1 ampli-op

a) Calculer gain en mode commun et différentiel

- Sortie pour V_{int} ($V_{in-} = 0$)

Diviseur res: $V_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{int}$

Ampli non-inv: $V_o = (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_+ = (1 + \frac{R_2}{R_1}) \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_{int}$

- Sortie pour V_{in-} ($V_{int} = 0$)

$i_+ = 0$, $V_{R_4} = V_{R_3} = 0$

Ampli inv: $V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_{in-}$

=> $V_{MC} = \frac{V_{in+} + V_{in-}}{2}$

et $V_{MD} = V_{in+} - V_{in-}$

$V_o = V_{int} \frac{R_4}{R_3 + R_4} \frac{R_2 + R_1}{R_1} - \frac{R_2}{R_1} V_{in-}$

* Si on considère le mode commun, $V_{MD} = V_{in+} - V_{in-} = 0$

=> $V_{in+} = V_{in-} \rightarrow V_{MC} = \frac{2V_{in+}}{2} = V_{in+}$

en mode commun: $V_{MC} = V_{in+} = V_{in-}$

=> $V_o(MC) = V_{MC} \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_2 + R_1}{R_1} - V_{MC} \frac{R_2}{R_1}$

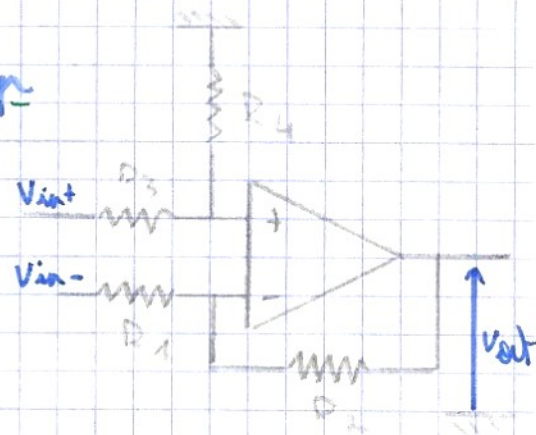
=> $G_{MC} = \frac{R_4(R_2 + R_1)}{(R_3 + R_4)R_1} - \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_1R_4 - R_2R_3}{R_1(R_3 + R_4)}$

* Si on considère le mode diff, $V_{MC} = \frac{V_{in+} + V_{in-}}{2} = 0$

=> $V_{in+} = -V_{in-} \rightarrow V_{MD} = 2V_{in+} = -2V_{in-}$

=> $V_o(MD) = \frac{V_{MD}}{2} \frac{R_4(R_2 + R_1)}{(R_3 + R_4)R_1} - \frac{V_{MD}}{2} \frac{R_2}{R_1}$

=> $G_{MD} = \frac{V_o(MD)}{V_{MD}} = \frac{1}{2} \left(\frac{R_4(R_2 + R_1)}{(R_3 + R_4)R_1} - \frac{R_2}{R_1} \right) = R_1 + R_2$
 $= \frac{R_1 + R_2}{2R_1} \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$



b) Que vaut le CMRR ?

où $R_1 = R_3 = 1000 \Omega$

$R_2 = R_4 = 10000 \Omega$

$$G_{MC} = \frac{R_1 R_4 - R_2 R_3}{R_1 (R_3 + R_4)} = \frac{R_1 R_4 - R_4 R_1}{R_1 (R_1 + R_4)} = 0$$

$$G_{MD} = \frac{R_1 + R_2}{2 R_1} \left(\frac{R_4}{(R_3 + R_4)} + \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} \right) = \frac{R_1 + R_2}{2 R_1} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) = \frac{R_2}{R_1}$$

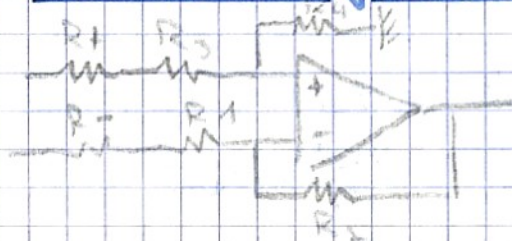
$\hookrightarrow \text{CMRR} = \frac{G_{MD}}{G_{MC}} = \infty$

c) Que vaut le CMRR si la tolérance sur les res est 1% ?

\Rightarrow En faisant varier les valeurs des res dans leur range ($990 \leq R_{1,3} \leq 1010, 9900 \leq R_{2,4} \leq 10100$), on cherche le CMRR le plus petit

\hookrightarrow Avec un ordi, $\text{CMRR} \geq 48,8 \text{ dB}$

d) Quelle influence aurait une res de source ?



maintenant

$$R_3 \rightarrow R_3 + R^+$$

$$R_1 \rightarrow R_1 + R^-$$

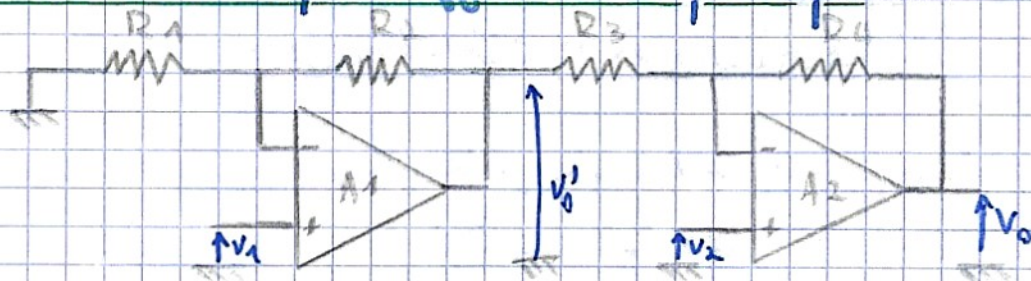
On a vu qu'avec seulement 1% de diff, on arrive à des CMRR $\approx 50 \text{ dB}$, très sensible!

\hookrightarrow on va altérer G_{MD}

\hookrightarrow on va entacher le CMRR de manière importante

\hookrightarrow circuit non satisfaisant

Exercice 2: Ampli diff à 2 ampli-op



a) quel est le gain du mode commun et différentiel?

- Sortie pour V_1 ($V_2 = 0$)

1^{er} étage: non-inv: $V_0' = (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_1$

2^{ème} étage: inv: $V_0 = -\frac{R_4}{R_3} V_0'$

$$V_0 = -\frac{R_4}{R_3} (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_1$$

- Sortie pour V_2 ($V_1 = 0$)

1^{er} étage: non-inv mais $V_1 = 0 \rightarrow V_0' = 0$

2^{ème} étage: non-inv: $V_0 = (1 + \frac{R_4}{R_3}) V_2$

$$\Rightarrow \text{Total: } V_0 = -\frac{R_4}{R_3} (1 + \frac{R_2}{R_1}) V_1 + (1 + \frac{R_4}{R_3}) V_2$$

* Mode commun: $V_{MD} = 0 \Leftrightarrow V_1 = V_2 = V_{MC}$

$$\begin{aligned} G_{MC} = \frac{V_0}{V_{MC}} &= -\frac{R_4}{R_3} (1 + \frac{R_2}{R_1}) + \frac{R_3 + R_4}{R_3} \\ &= \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{R_1 R_3} \end{aligned}$$

* Mode différentiel: $V_{MC} = 0 \Leftrightarrow V_2 = -V_1 = \frac{V_{diff}}{2}$

$$\begin{aligned} G_{MD} = \frac{V_0}{V_{MD}} &= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3} + \frac{R_4}{R_3} (1 + \frac{R_2}{R_1}) \right) \\ &= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R_4}{R_3} (2 + \frac{R_2}{R_1}) \right) \end{aligned}$$

Q) Que vaut G_{ML} si on choisit les résistances de manière à avoir $G_{ML}=0$

$$G_{ML} = 0 \Leftrightarrow R_1 R_3 = R_2 R_4$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_4}{R_3} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow G_{ML} &= \frac{1}{2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \left(2 + \frac{R_2}{R_1} \right) \right) \\ &= 1 + \frac{R_1}{R_2} \end{aligned}$$

Avantages:

→ rigidité à une res de source

ex: si V_1 à une res de source R_s , iii

R_s n'a aucune influence ($\text{car } i_+ = 0 \rightarrow V_{R_s} = 0$)

Désavantages

→ Attention à ne pas saturer à A_1 et A_2

→ résistance apparaît 2 à 2 ($\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_1}{R_2}$)

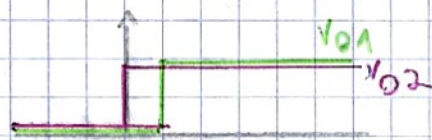
si on change une, il faut changer l'autre

→ plus long trajet en V_1 et V_0 que entre V_2 et V_0

↳ si V_1 et V_2 sont un échelon au même moment



→



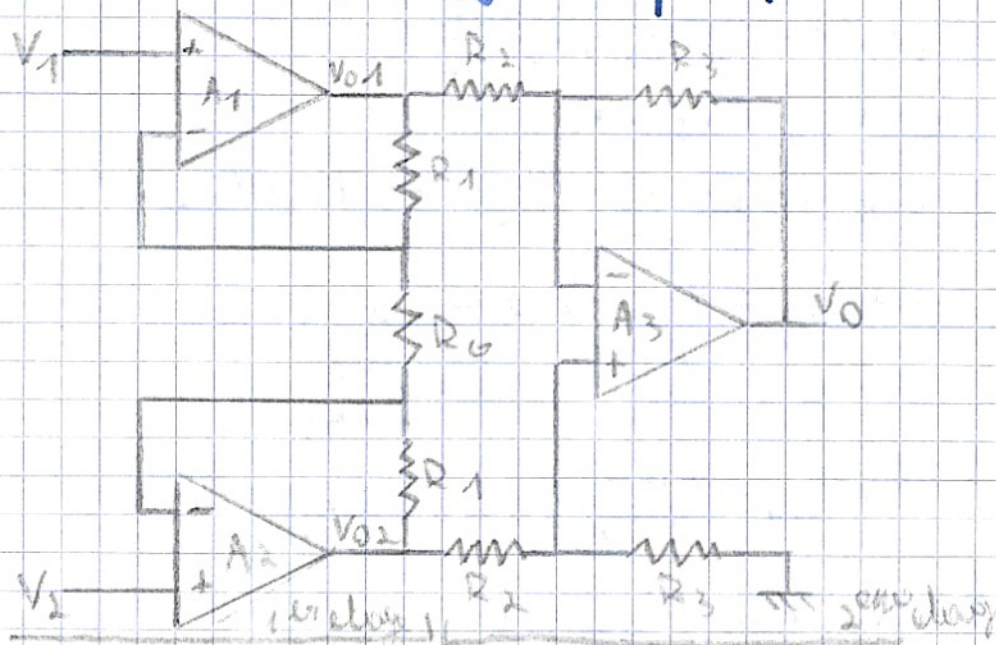
Mode diff: $V_1 - V_2$

présence d'un glitch

←



Exercice 3: Ampli diff- à 3 ampli-op



a) Calculer le gain en mode commun et diff-

$G_{tot} = G_{1er\ stage} \cdot G_{2eme\ stage}$ car bondept d'imp

• Mode commun $\rightarrow V_{MC} = V_1 = V_2$

1^{er} stage

$$\left. \begin{array}{l} V_{-1} = V_{+1} = V_1 = V_{MC} \\ V_{-2} = V_{+2} = V_1 = V_{MC} \end{array} \right\} V_{RG} = 0 \rightarrow i_{RG} = 0$$

comme $i_{-1} = i_{-2} = 0$ et $i_{RG} = 0 \rightarrow \begin{cases} i_{R1,1} = 0 \\ i_{R1,2} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_{R1,1} = 0 \\ V_{R1,2} = 0 \end{cases}$

$\rightarrow V_{01} = V_{02} = 0 \rightarrow G_{1er\ stage} = 0$

\Rightarrow Pour V_{01} ($V_{02} = 0$)

\hookrightarrow montage inv: $V_0 = -\frac{R_3}{R_1} \cdot V_{01}$

2^{eme} stage

\Rightarrow Pour V_{02} ($V_{01} = 0$)

\hookrightarrow montage non inv + diviseur res: $V_0 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot \frac{R_2 + R_3}{R_2} V_{02}$

Total $V_0 = V_{01} \cdot -\frac{R_3}{R_1} + \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot \frac{R_2 + R_3}{R_2} V_{02}$

Pour $V_{01} = V_{02} \rightarrow V_0 = 0 \rightarrow G_{2eme\ stage} = 0$

$G_{tot} = G_{1er} \cdot G_{2eme} = 0$

• Mode Diff

$$V_1 = \frac{V_{MD}}{2} \text{ et } V_2 = -\frac{V_{MD}}{2}$$

Pour V_1 ($V_2 = 0$)

1^{er} étage

$$\begin{cases} V_{-1} = V_{+1} = V_1 = \frac{V_{MD}}{2} \text{ et } V_{-2} = V_{+2} = V_2 = 0 \\ \hookrightarrow V_{Rg} = V_{-2} - V_{-1} = R_g \cdot i \\ \Leftrightarrow R_g i = \frac{V_{MD}}{2} \Rightarrow i = \frac{V_{MD}}{2R_g} \\ \hookrightarrow V_{01} = \frac{V_{MD}}{2R_g} (2R_1 + R_g) \end{cases}$$

Pour V_{01} ($V_{02} = 0$)

$$\hookrightarrow \text{Ampli inv } V_0 = V_{01} \left(-\frac{R_3}{R_2} \right) = \frac{V_{MD}}{2} \left(-\frac{R_3}{R_2} \right)$$

Pour V_{02} ($V_{01} = 0$)

\hookrightarrow Ampli non-inv + div-tri

$$V_0 = -V_2 \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) \left(\frac{R_2 + R_3}{R_2} \right)$$

$$\begin{aligned} \hookrightarrow V_{0\text{tot}} &= \frac{V_{0\text{diff}}}{2} \left(-\frac{R_3}{R_2} \right) - \frac{V_{0\text{diff}}}{2} \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) \left(\frac{R_2 + R_3}{R_2} \right) \\ &= -V_{MD} \left(\frac{R_3}{2R_2} + \frac{R_3}{2R_2} \right) = -V_{MD} \frac{R_3}{R_2} \end{aligned}$$

→ Avantages

- circuit symétrique, pas de délai
- 2 fois rejet de mode commun
- pas de res équilibré