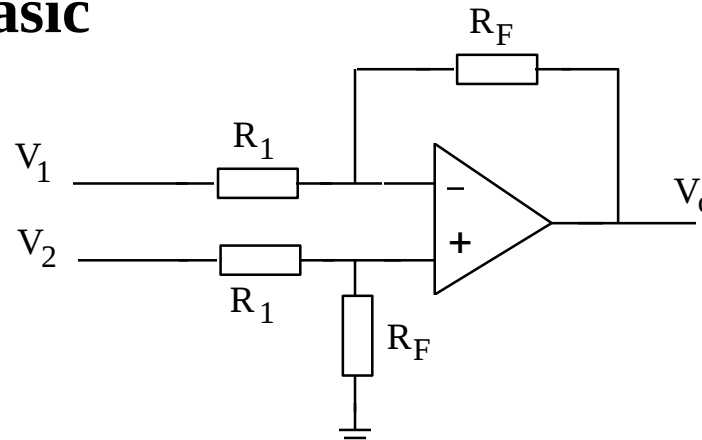


L'amplificador diferencial

- **Objectiu : amplificar una tensió diferencial ($V_1 - V_2$)**
 - CMRR molt alt (baix guany en mode comú)
- **Esquema bàsic**

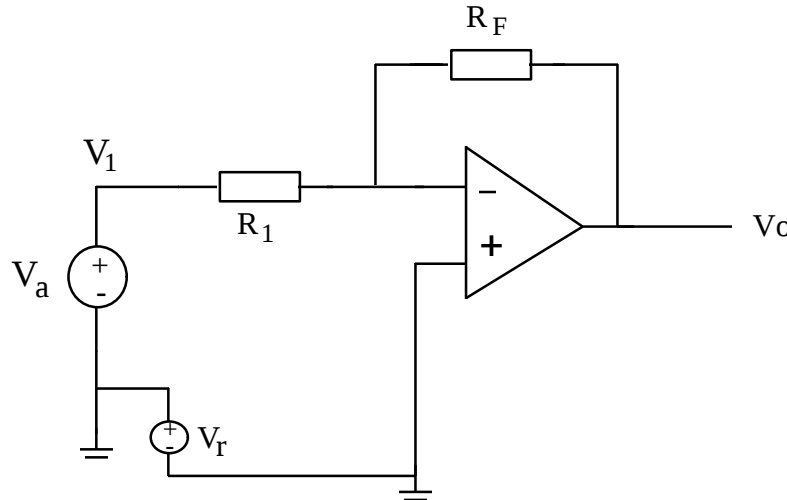


- **Ideal**
 - AO ideal. (Impedàncies d'entrada i CMRR infinits)
 - Amplificador diferencial ideal amb $CMRR = \infty$

$$V_o = \frac{R_F}{R_1} (V_2 - V_1)$$

- **Mesures diferencials vs. mesures d'entrada única**

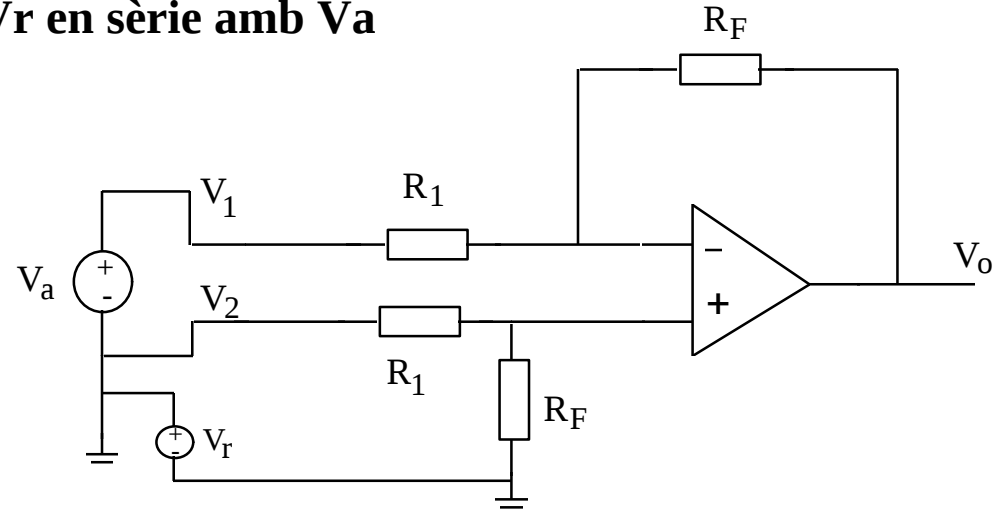
- efecte del renou : font V_r en sèrie amb V_a



$$V_o = \frac{-R_F}{R_1} V_i$$

$$V_1 = V_a + V_r$$

$$V_o = -\frac{R_F}{R_1} (V_a + V_r)$$



$$V_o = \frac{R_F}{R_1} (V_2 - V_1)$$

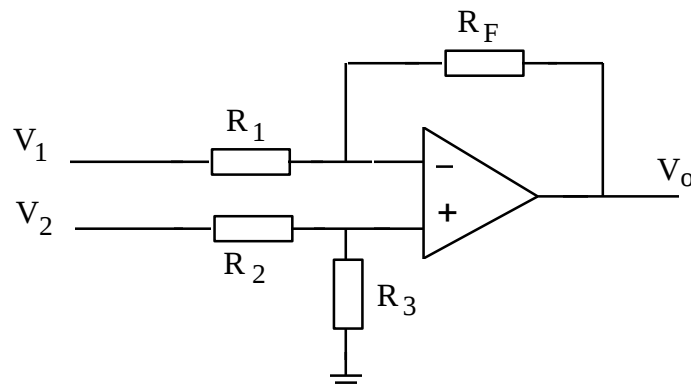
$$V_2 - V_1 = V_r - (V_r + V_a) = -V_a$$

$$V_o = -\frac{R_F}{R_1} V_a$$

- **Conclusió :**

Mesura diferencial evita aquest tipus de renou.

- No idealitats : 1. Desaparellament de resistències**



$$V_o = \frac{R_1 + R_F}{R_1} \frac{R_3}{R_3 + R_2} V_2 - \frac{R_F}{R_1} V_1$$

$$A_{DIF} = \frac{1}{2} \left(\frac{R_1 + R_F}{R_1} \frac{R_3}{R_3 + R_2} + \frac{R_F}{R_1} \right)$$

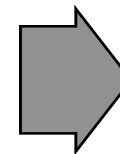
$$A_{CM} = \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right) \frac{\frac{R_3}{R_2}}{1 + \frac{R_3}{R_2}} - \frac{R_F}{R_1}$$

- Guanyos A_{CM} y A_{DIF} $\longrightarrow$ CMRR finit**

- Si es compleix $\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_F}{R_1}$ $A_{CM} = 0$ i CMRR infinit (ideal)**

- Exemple numèric (exercici) :**

- $R_1 = R_2 = 10\text{k}\Omega$ y $R_F = R_3 = 100\text{k}\Omega$
- Toleràncies de l'1 %
- Desaparellament màxim : R_3 y R_1 (-)
 R_F y R_2 (+)



$$A_{DIF} = 10.183$$

$$A_{CM} = 0.0371$$

$$\text{CMRR} = 48.7 \text{ dB}$$

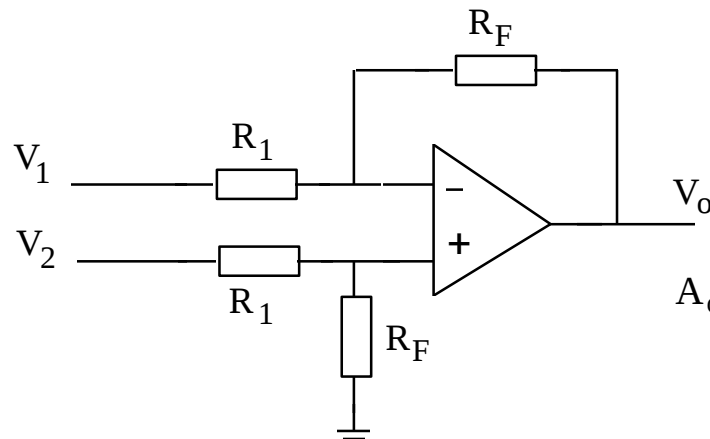
- **No idealitats : 2. Efecte del CMRR finit de l'AO**

- Resistències perfectament equilibrades i aparellades

- Amplificador operacional

» CMRR finit $\longrightarrow V_o = A_d(V_+ - V_-) + A_c \left(\frac{V_+ + V_-}{2} \right)$

» Impedàncies d'entrada infinites



$$V_o = A_{DIF}(V_2 - V_1) + A_{CM} \left(\frac{V_1 + V_2}{2} \right)$$

$$A_{CM} = \frac{A_c R_2}{R_1 + R_2 + R_1 A_d - A_c R_1 / 2}$$

$$A_{DIF} = \frac{A_d R_2}{R_1 + R_2 + R_1 A_d - A_c R_1 / 2}$$

$$CMRR \approx 20 \log_{10} \frac{A_{DIF}}{A_{CM}} = 20 \log_{10} \frac{A_d}{A_c} = CMRR_{AO}$$

- **Resistències idealment equilibrades**

CMRR del diferencial limitat pel CMRR de l'AO

Comentari : amplificador diferencial

Millora del CMRR

- **Regulació del desaparellament degut a toleràncies**

- Resistència variable en serie amb R_3
- Millora del CMRR de l'AO (Teòric)

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_F}{R_1}$$

- **Pràctica :**

- El CMRR del diferencial està acotat pel CMRR de l'AO
- Baixa precisió en el valor de les resistències.

Altres problemes : resistències de les fonts a mesurar

- Resistències R_1 i R_2 baixes.
- Desaparellament en les resistències de les fonts R_{S1} i R_{S2}



Reducció del CMRR de l'amplificador.

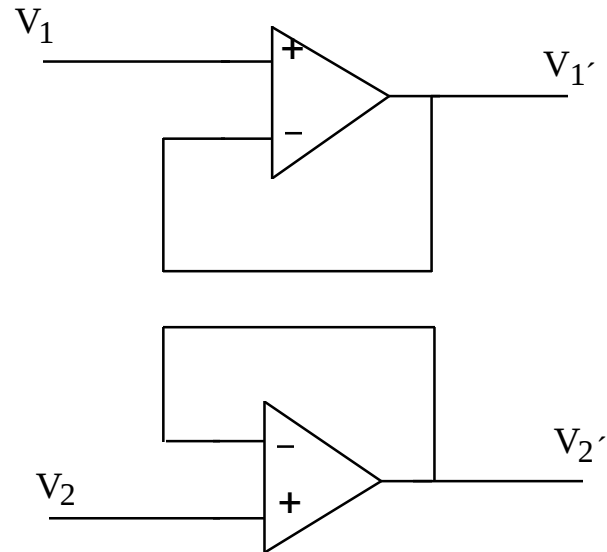
L'amplificador d'instrumentació

- **Amplificador diferencial amb requisits :**
 - 1. Guany finit, precis i estable**
 - Convé guany ajustable mitjançant potenciómetres o switches digitals
 - 2. Impedàncies d'entrada extremadament altes**
 - Evitar efectes de càrrega de les fonts d'entrada
 - 3. Impedàncies de sortida extremadament baixes**
 - Evitar efectes de càrrega a la sortida
 - 4. CMRR molt alt.**

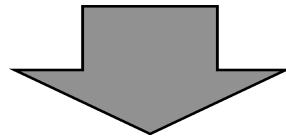
Millores en el diferencial ➡ Amplificador d'Instrumentació

Millores a l'Amp. diferencial I

- Etapa d'entrada d'alta impedància d'entrada
 - Circuits seguidors



Impedàncies d'entrada del diferencial

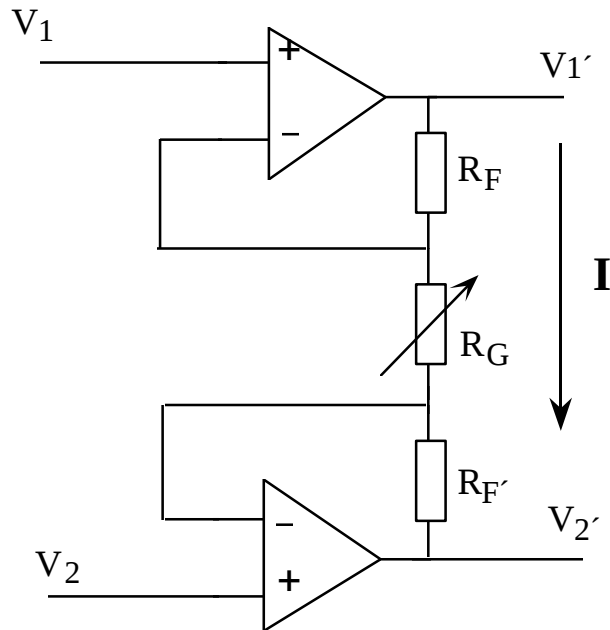


Impedàncies d'entrada d'amplificadors operacionals (infinites)

No efecte de la impedància de les fonts

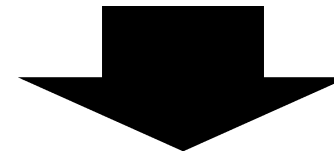
Millores a l'Amp. Diferencial II

- Etapa d'entrada amb guany regulable



$$V_+ = V_- \quad \text{paracada AC}$$

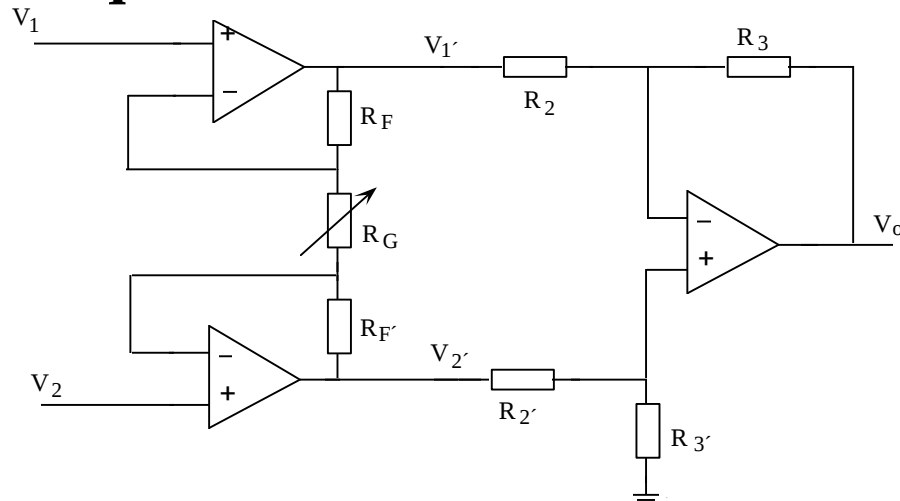
$$V_{1'} - V_{2'} = I(R_F + R_G + R_{F'})$$



$$V_{2'} - V_{1'} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{R_F}{R_G} + \frac{R_{F'}}{R_G} \right)$$

- Variant el valor de R_G variam el guany

- **Esquema**



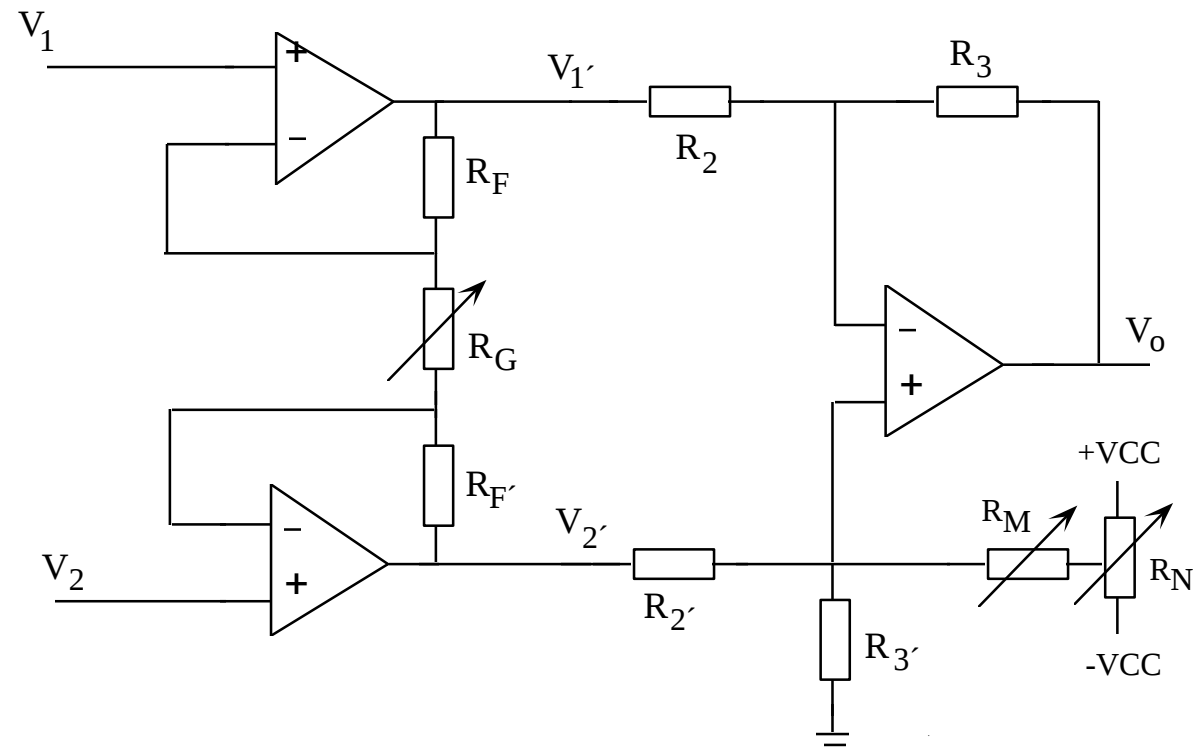
$$V_o = A_{DIF}(V_2 - V_1) + A_{CM}\left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right)$$

$$|A_{DIF}| = \frac{1 + \frac{R_3}{R_2}}{1 + \frac{R_3'}{R_2'}} \left(\frac{1}{2} + \frac{R_{F'}}{R_G} \right) + \frac{R_3}{R_2} \left(\frac{1}{2} + \frac{R_{F'}}{R_G} \right)$$

$$|A_{CM}| = \left(1 + \frac{R_3}{R_2} \right) \left(\frac{\frac{R_3'}{R_2'}}{1 + \frac{R_3'}{R_2'}} \right) - \frac{R_3}{R_2}$$

$$CMRR = 20 \log_{10} \left| \frac{A_{DIF}}{A_{CM}} \right|$$

- **Idealment si $R_3'/R_2' = R_3/R_2 \longrightarrow CMRR = \infty$**
- **Pràctica : CMRR valors del mateix ordre al $CMRR_{AO}$ (toleràncies)**
- **Ajust de R_3' $\longrightarrow$ Ajust del CMRR**
- **R_G permet variar A_{DIF} sense variar el CMRR**



- Possibilitat d'ajust de l'offset amb R_N
- Possibilitat d'ajust del CMRR amb R_M
- Possibilitat d'ajust del A_{DIF} amb R_G