



# Instrumentation Amplifiers

Acquisire segnali da sensori

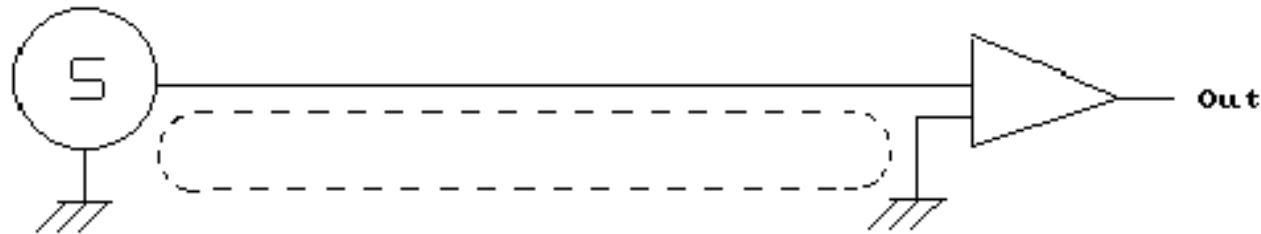


## introduzione

- Dovendo acquisire ed amplificare un segnale proveniente da un sensore si possono presentare alcuni problemi
- Il segnale potrà essere una variazione di tensione o di resistenza
- Il range di variazione può essere molto limitato (*da qualche  $\mu V$  a poche centinaia di  $mV$* )
- Lo strumento di amplificazione spesso non è spazialmente vicino al sensore

# introduzione

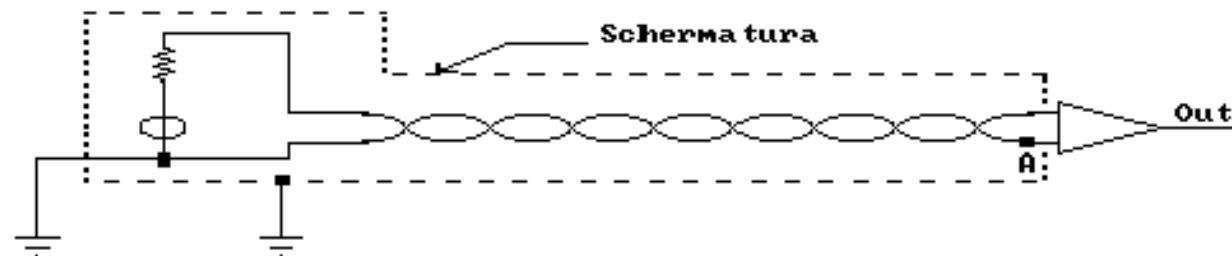
- La situazione può essere la seguente



- Il cavo può essere immerso in disturbi di tipo elettromagnetico e/o elettrostatico
- Tra le masse si genera una spira ad alta impedenza su cui si indurrà una tensione di disturbo che sarà amplificata

# Collegare il sensore

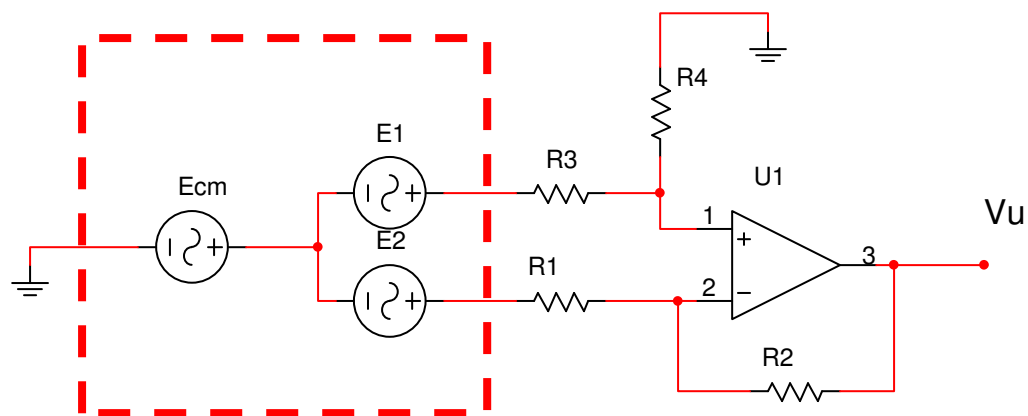
- Si utilizza un collegamento bifilare



- Il cavo è attorcigliato per annullare gli effetti di induzione elettromagnetica
- Il sensore è connesso a massa in un solo punto (evitare giri di massa)
- Il tutto deve essere schermato

# Analisi circuitale del link

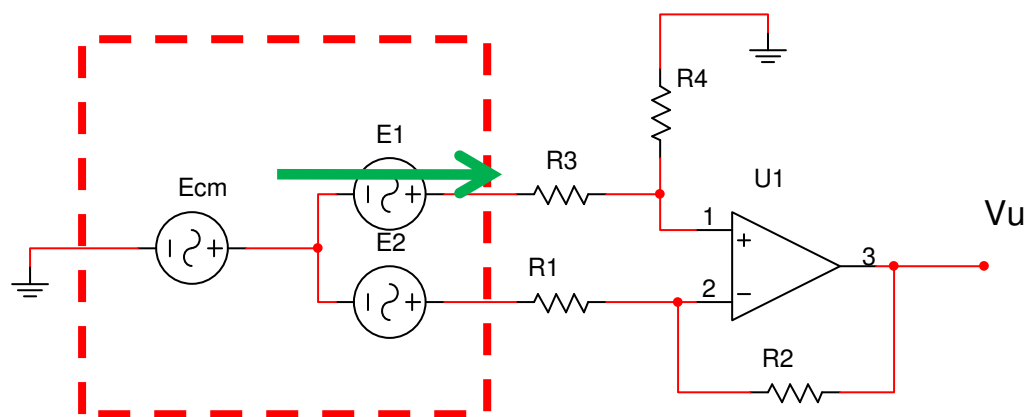
- La soluzione circuitale è la seguente



- La parte tratteggiata in rosso rappresenta il sensore
- Esso è visto come un segnale differenziale più un contributo di modo comune (*disturbo lungo il collegamento*)

# Analisi circuitale del link

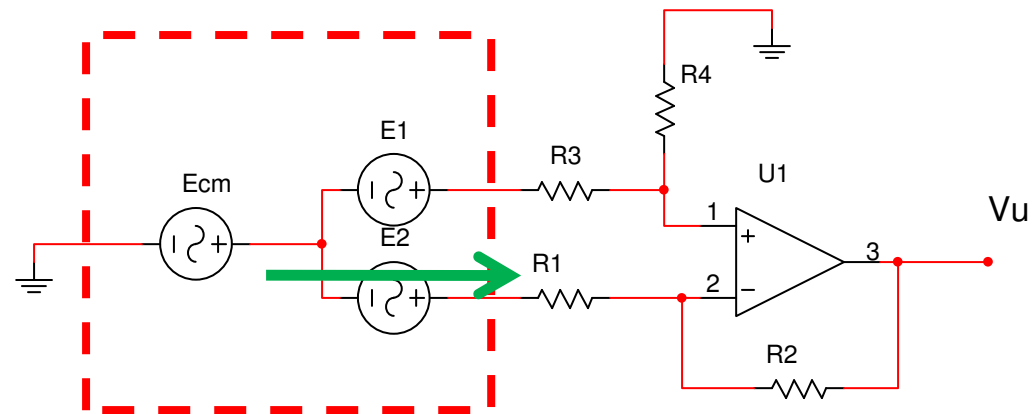
- Analizziamo il collegamento applicando il principio di sovrapposizione degli effetti



- Considerando nullo l'ingresso con R<sub>1</sub>

$$V_{uE_1} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) (E_1 + E_{cm})$$

# Analisi circuitale del link



- Considerando nullo l'ingresso con  $R_3$

$$V_{uE_2} = -\frac{R_2}{R_1} (E_2 + E_{cm})$$

# Analisi circuitale del link

- Sommiamo i due contributi

$$V_u = V_{uE_1} + V_{uE_2} = \frac{R_4}{R_3} \frac{1}{1 + \frac{R_4}{R_3}} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) (E_1 + E_{cm}) - \frac{R_2}{R_1} (E_2 + E_{cm})$$

- E ancora

$$V_u = \frac{R_4}{R_3} \frac{1}{1 + \frac{R_4}{R_3}} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) (E_1) - \frac{R_2}{R_1} (E_2) + \left[ \frac{R_4}{R_3} \frac{1}{1 + \frac{R_4}{R_3}} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - \frac{R_2}{R_1} \right] E_{cm}$$



# Analisi circuitale del link

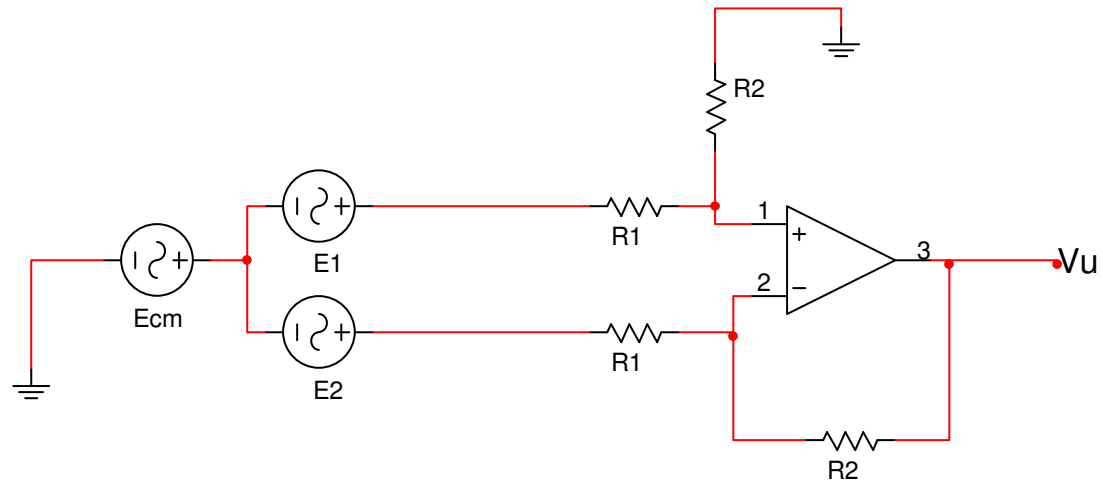
- Ora se imponiamo che  $\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1}$
- È evidente che il circuito diviene insensibile al contributo di modo comune (*disturbi lungo il link*) e si ha in definitiva

$$V_u = \frac{R_2}{R_1} (E_1 - E_2)$$

- Quindi il circuito amplifica il segnale del sensore rendendosi insensibile ai disturbi in linea

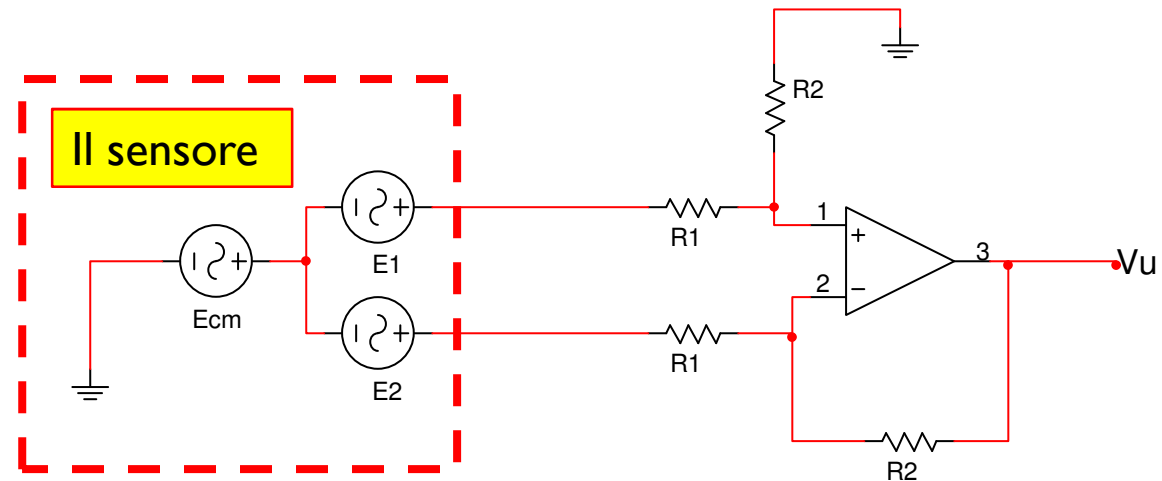
# Analisi circuitale del link

- Ecco come appare il nostro circuito



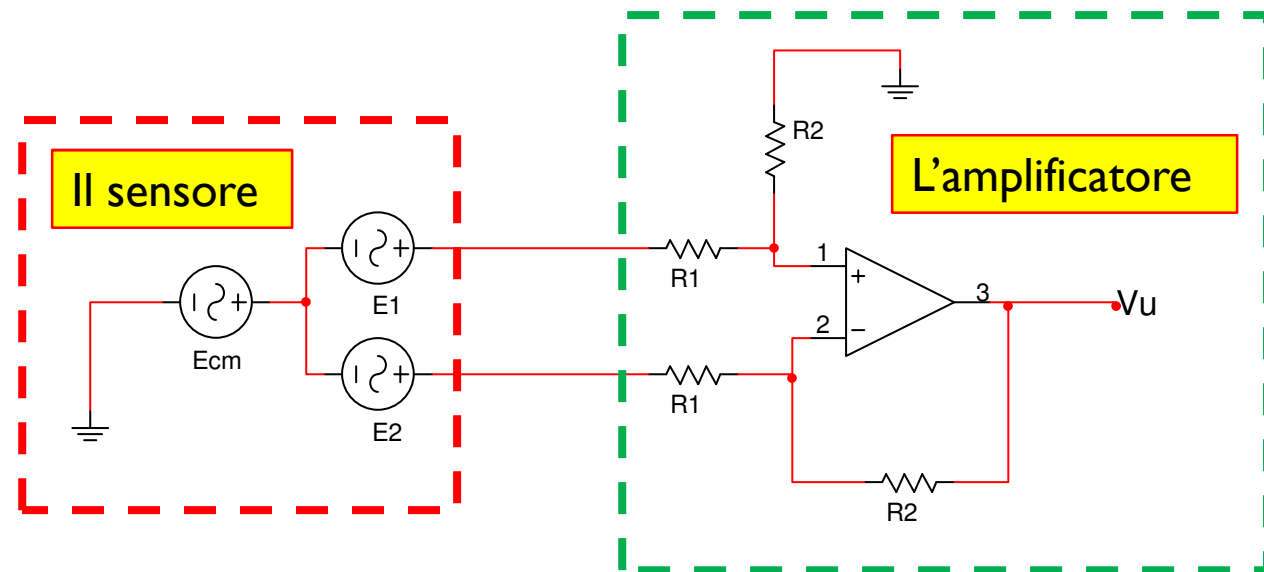
# Analisi circuitale del link

- Ecco come appare il nostro circuito



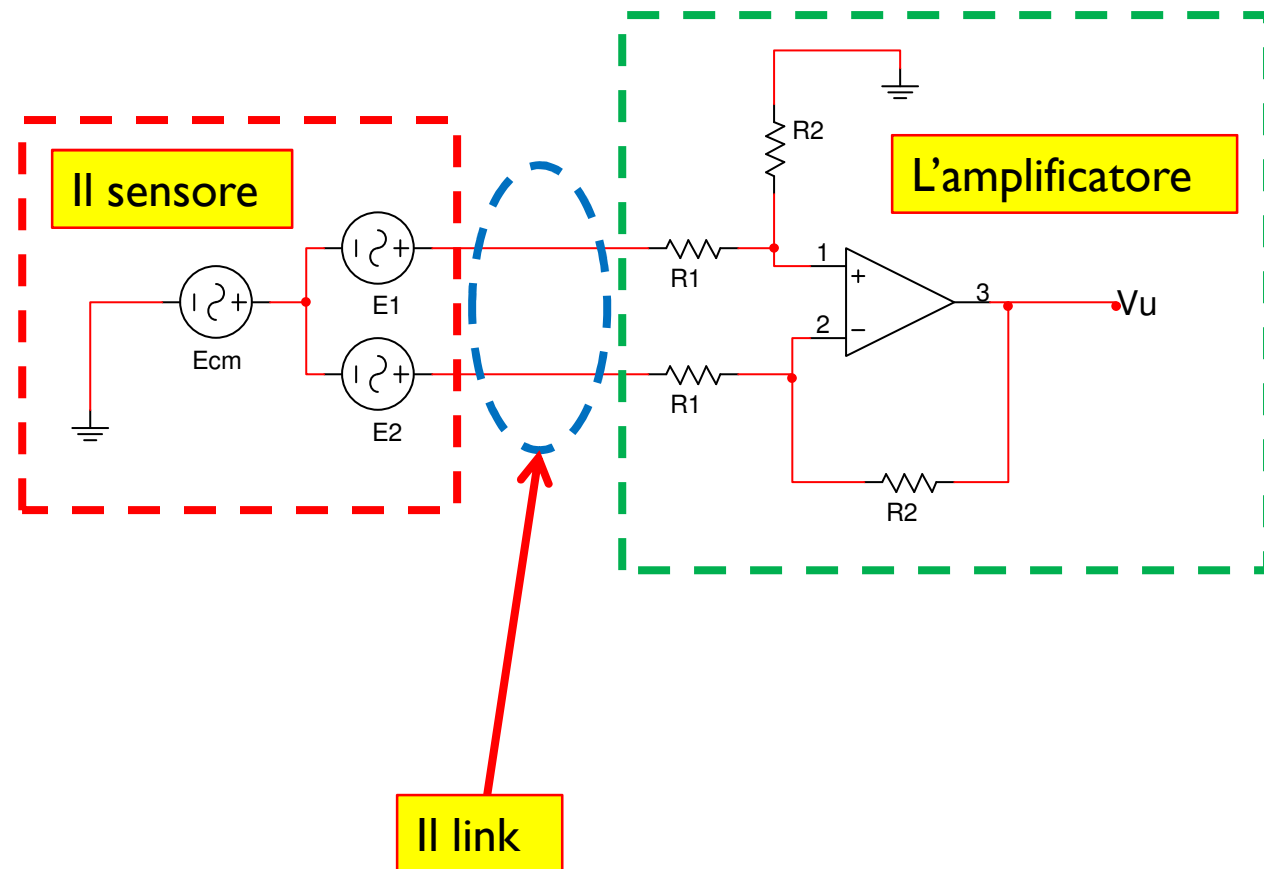
# Analisi circuitale del link

- Ecco come appare il nostro circuito



# Analisi circuitale del link

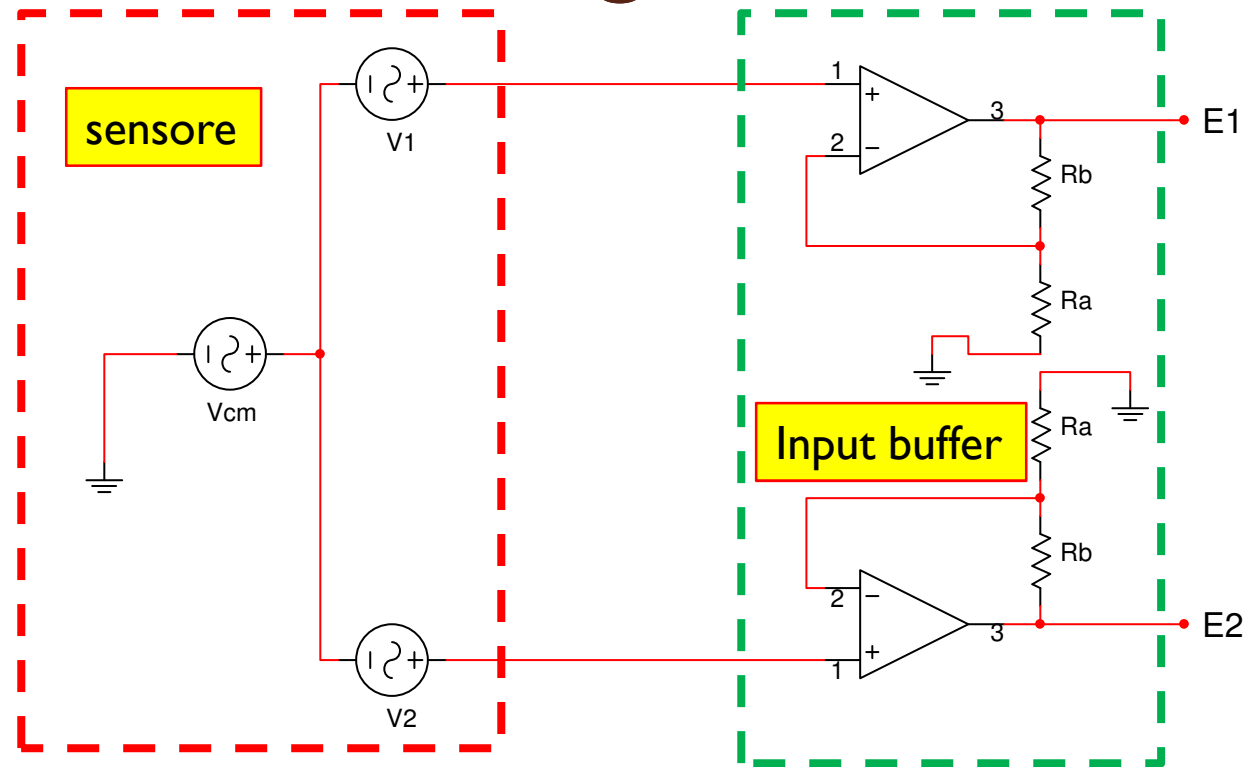
- Ecco come appare il nostro circuito



# Lo stadio di ingresso

- Avendo dimensionato l'amplificatore in forma differenziale adesso serve un opportuno **stadio di ingresso** che garantisca ancora un **ingresso differenziale** (*con elevato CMRR*) con una **elevatissima impedenza di ingresso**
- Tutto ciò può essere opportunamente soddisfatto dallo stadio di ingresso che si va ad esaminare ...

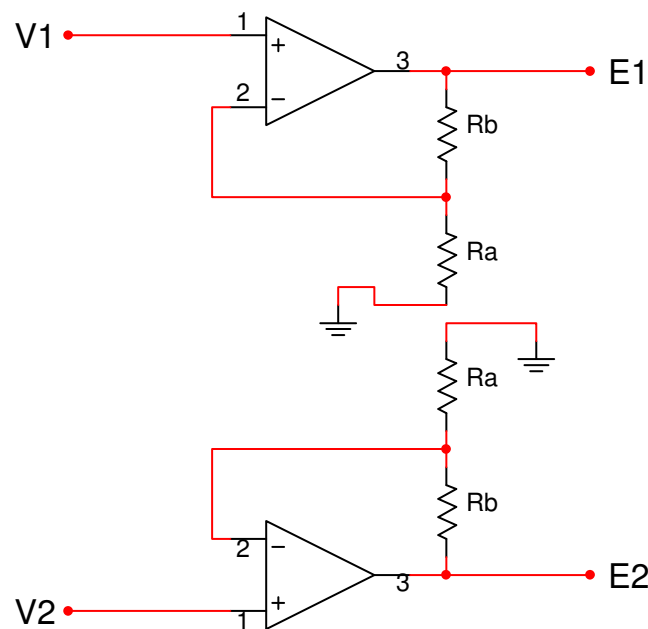
# Lo stadio di ingresso



- La configurazione non invertente garantisce l'elevata impedenza di ingresso
- La simmetria mantiene la configurazione differenziale **pertanto si trascurerà  $V_{cm}$**

# Lo stadio di ingresso

- Si può, quindi, scrivere



$$E_1 = V_1 \left( 1 + \frac{R_b}{R_a} \right)$$

$$E_2 = V_2 \left( 1 + \frac{R_b}{R_a} \right)$$



# Lo stadio di ingresso

- E tenendo presente che ingresso e uscita sono differenziali si ha

$$E_1 - E_2 = V_1 \left( 1 + \frac{R_b}{R_a} \right) - V_2 \left( 1 + \frac{R_b}{R_a} \right)$$

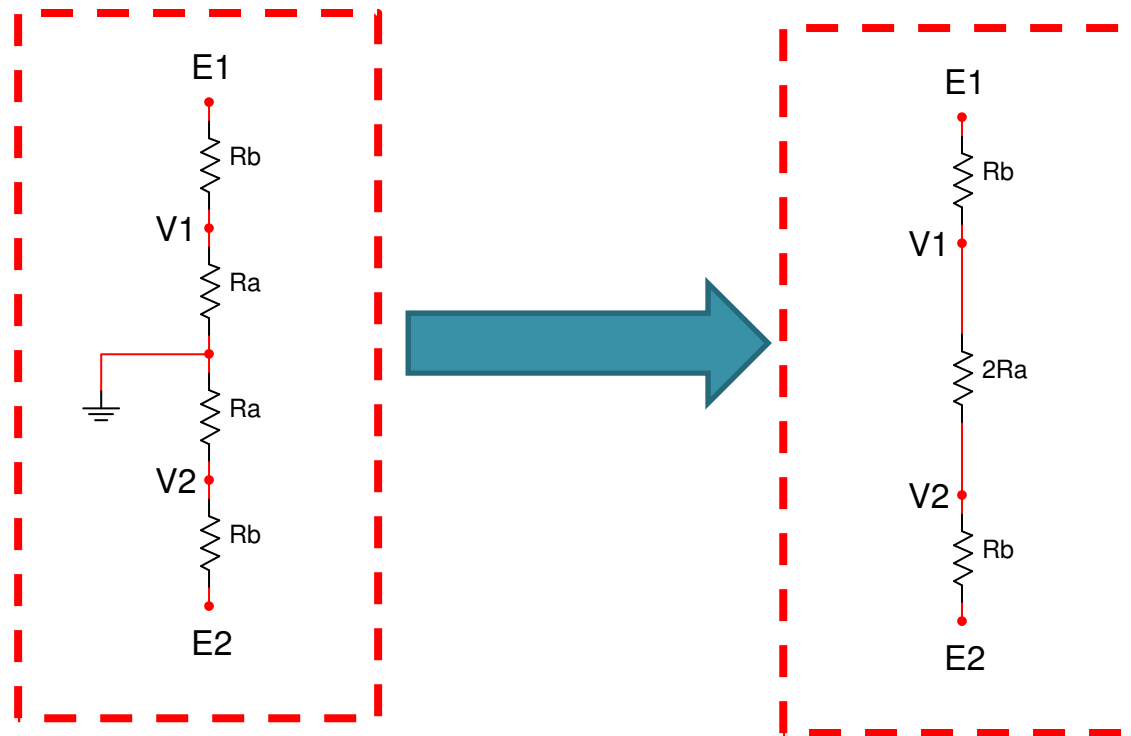
- ovvero

$$E_1 - E_2 = (V_1 - V_2) \left( 1 + \frac{R_b}{R_a} \right)$$

- Inoltre essendo gli operazionali ideali e considerando sempre le tensioni differenziali ...

# Lo stadio di ingresso

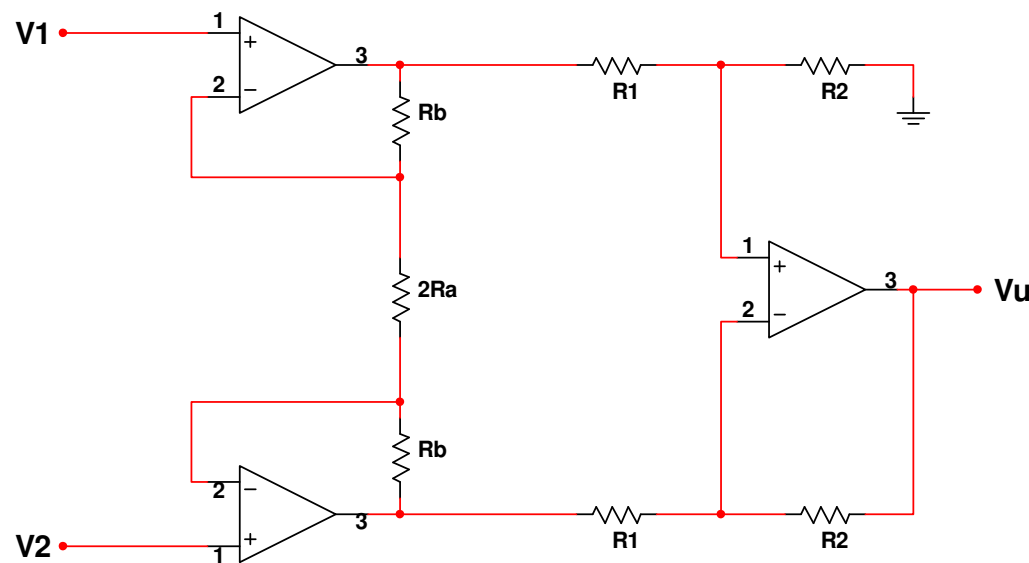
- ... si ha la seguente semplificazione



- Essendo il centro della resistenza  **$2R_a$**  a **potenziale di massa**.

# L'amplificatore completo

- Ecco come apparirà lo schema completo dell'amplificatore per strumentazione



- Il suo guadagno differenziale sarà

$$G_{diff} = \frac{V_u}{V_1 - V_2} = \frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{R_b}{R_a} \right)$$