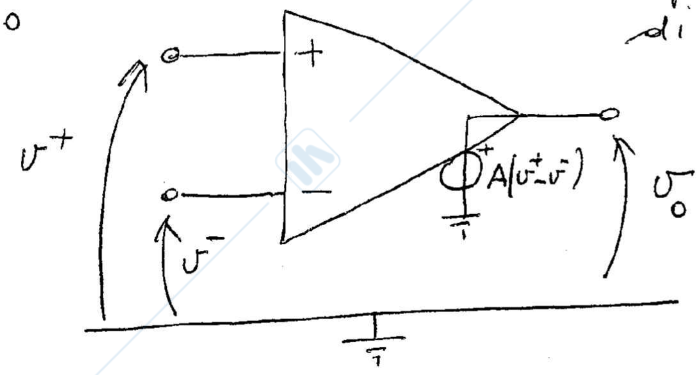
AMPLIFICATORE OPERAZIONALE

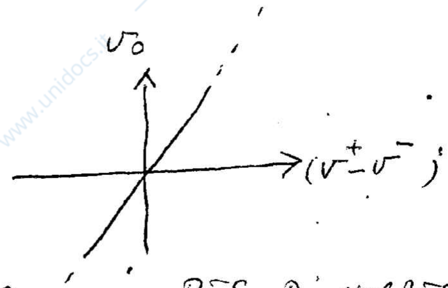
2 porte di ingresso

1 porta di uscita

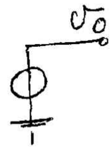


Modello ideale

1) $v_0 = A(v^+ - v^-)$

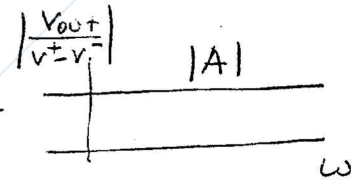


2) $i^+ = i^- = 0 \iff R_{in_{+,-}} = \infty$ RES. DI INGRESSO ∞

3) 

$\iff R_{out} = 0$ GENERATORE IDEALE DI TENSIONE IN USCITA

4) A è indipendente dalla frequenza



5) Si assume $A \to \infty$ (!) ($A = 10^5$ è un valore tipico)

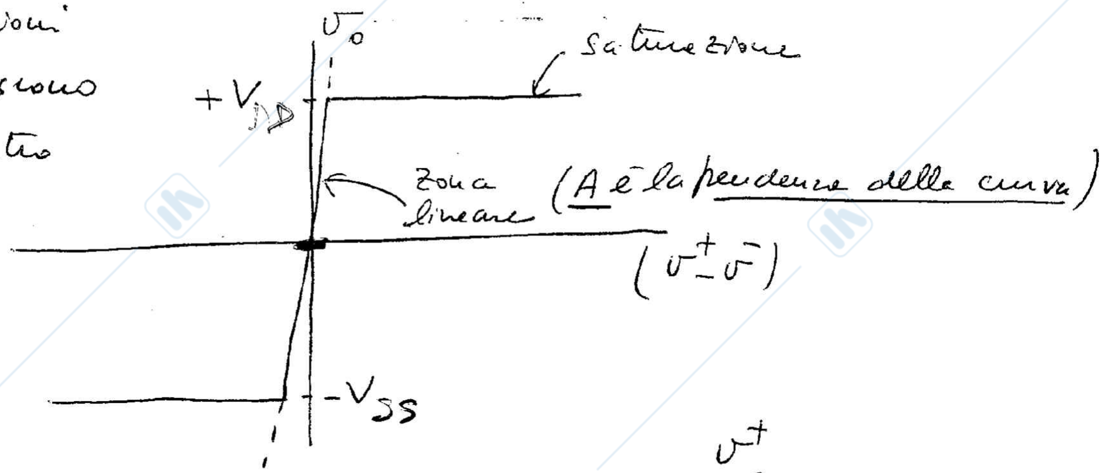
Oss. 1 $v^+ = v^- = v_{ic}$ applico una tensione comune agli ingressi

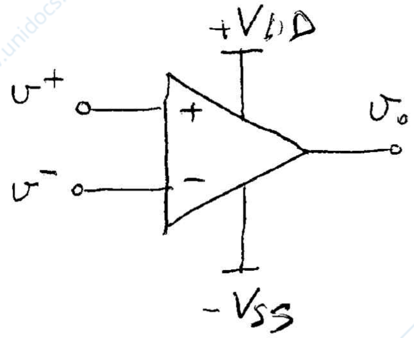
$\hookrightarrow v_0 = A(v^+ - v^-) = 0$

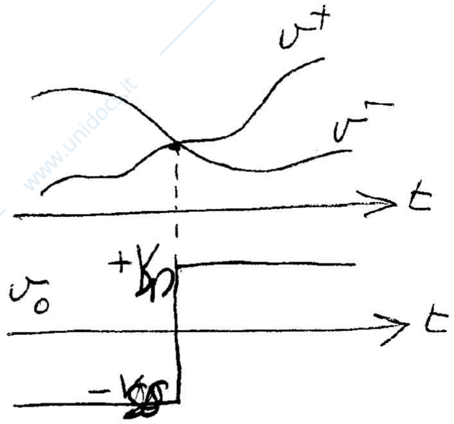
L'OP-AMP E' SENSIBILE AD UNO SBILANCIAMENTO TRA GLI INGRESSI (INGRESSO DIFFERENZIALE) MENTRE E' IDEALMENTE INSENSIBILE AD UNA TENSIONE COMUNE AI 2 INGRESSI (INGRESSO COMUNE)

OP-AMP COME COMPARATORE

Le alimentazioni V_{DD} ($-V_{SS}$) definiscono l'intervallo entro cui v_0 può variare.



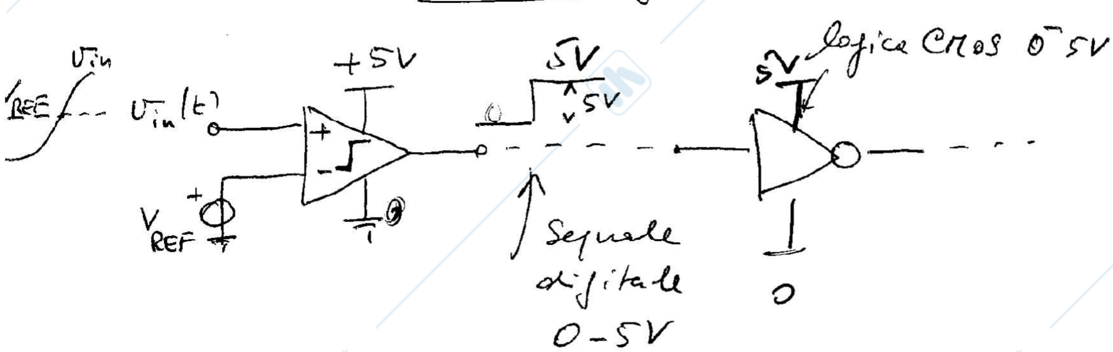




L'op-amp opera in uno dei 2 stati di saturazione a seconda del segno di $(v^+ - v^-)$.

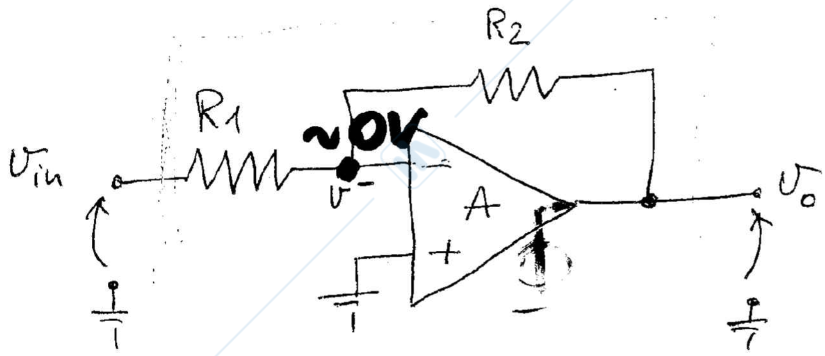
La zona lineare rappresenta una zona di incertezza, che tende a scomparire per $A \to \infty$.

Uso in un circuito logico:



OP-AMP COME AMPLIFICATORE

① configurazione INVERTENTE



$$\begin{cases} v_o = A(v^+ - v^-) = -A v^- \rightarrow v^- = -\frac{v_o}{A} \\ \frac{v_{in} - v^-}{R_1} = \frac{v^- - v^o}{R_2} \quad (LKC) \end{cases}$$

elimino v^-

$$\frac{v_{in}}{R_1} - \left(-\frac{v_o}{A}\right)\frac{1}{R_1} = -\frac{v_o}{A}\frac{1}{R_2} - \frac{v_o}{R_2}$$

da cui:

$$\frac{v_o}{v_{in}} = \left(-\frac{R_2}{R_1}\right)\frac{1}{1 + \frac{1}{\left(A\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)}} \xrightarrow{A\to\infty} \left(-\frac{R_2}{R_1}\right)$$

GUADAGNO "IDEALE"

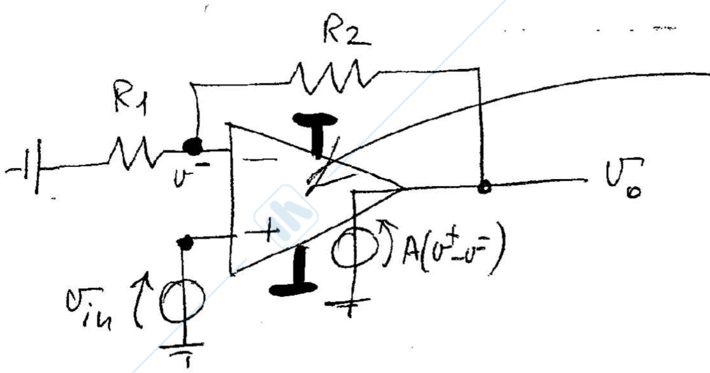
Oss.1 Guadagno ideale negativo
$\left|\frac{v_o}{v_{in}}\right| \gtrless 1$ a seconda del rapporto R_2/R_1

Oss.2 $\frac{v^-}{v_{in}} = -\frac{1}{A}\left(\frac{v_o}{v_{in}}\right) \xrightarrow{A\to\infty} 0$ MASSA VIRTUALE

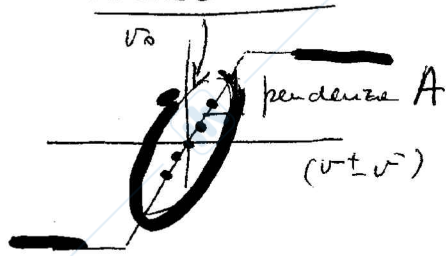
Oss.3 $\frac{v_o}{v_{in}} = G_{ideale} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{G_{loop}}}$? lo vediamo dopo

$G_{ideale} = \lim_{A\to\infty} \frac{v_o}{v_{in}}$

② CONFIGURAZIONE NON - INVERTENTE



ora opera nella zona lineare



$$\begin{cases} v_o = A\left(v_{in}^+ - v^-\right) \rightarrow v^- = v_{in} - \dfrac{v_o}{A} \\ \dfrac{v^-}{R_1} = \dfrac{v_o - v^-}{R_2} \quad (LKC) \end{cases}$$

elimino v^-

$$\frac{v_{in}}{R_1} - \frac{v_o}{AR_1} = \frac{v_o}{R_2} - \frac{v_{in}}{R_2} + \frac{v_o}{AR_2}$$

$$\frac{v_o}{v_{in}} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right) \frac{1}{1 + \dfrac{1}{A\dfrac{R_1}{R_1+R_2}}} \xrightarrow{A \to \infty} \frac{R_1+R_2}{R_1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

G IDEALE

$-G_{loop}$: è lo stesso denominatore di prima

Oss. 1 $\dfrac{v_o}{v_{in}}$ positivo e > 1

Nel caso $\dfrac{v_o}{v_{in}} \gg 1 \longleftrightarrow R_2/R_1 \gg 1 \Rightarrow \left|G_{id\,(INV)}\right| \approx \left|G_{id\,(NON\ INV)}\right|$

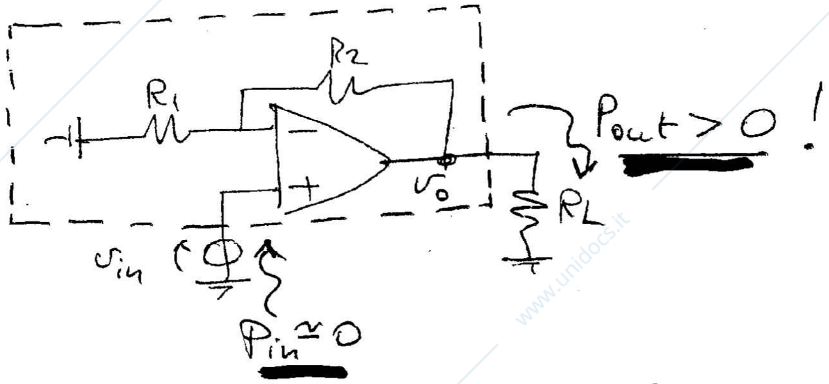
Oss. 2 $\dfrac{v^-}{v_{in}} = 1 - \underbrace{\left(\dfrac{1}{A}\dfrac{v_o}{v_{in}}\right)}_{\downarrow 0} \xrightarrow{A \to \infty} 1$

cioè $v^- \rightarrow v^+ = v_{in}$

CONTATTO VIRTUALE

Osservazioni

1. L'op-amp è un circuito attivo in grado di eseguire una amplificazione di potenza (non come un trasformatore!)



2. Il guadagno v_o/v_{in} delle configurazioni invertente e non-invertente dipende dal rapporto R_2/R_1 e, per $A \to \infty$, non dipende dall'op-amp (!)

3. MASSA e CONTATTO VIRTUALE $\boxed{(v^+ - v^-) \to 0}$

PER ENTRAMBE LE CONFIGURAZIONI

Questo risultato discende da $A \to \infty$ e non dall'ipotesi $R_{in}^+ = R_{in}^- \to \infty$!

$\Downarrow$

QUESTE PROPRIETA' SONO BEN COMPRESE NELL'AMBITO DELLA TEORIA DEI CIRCUITI RETROAZIONATI.