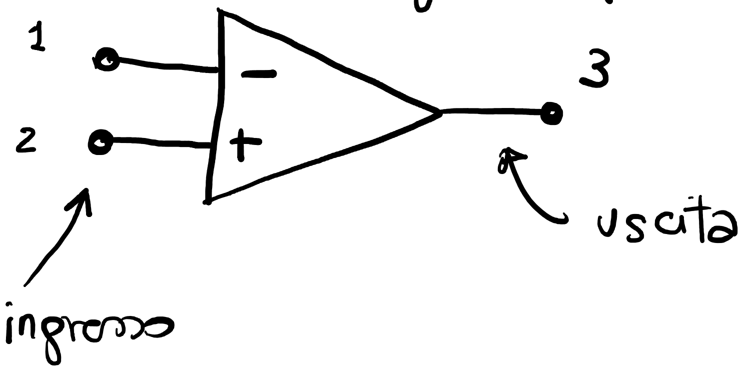
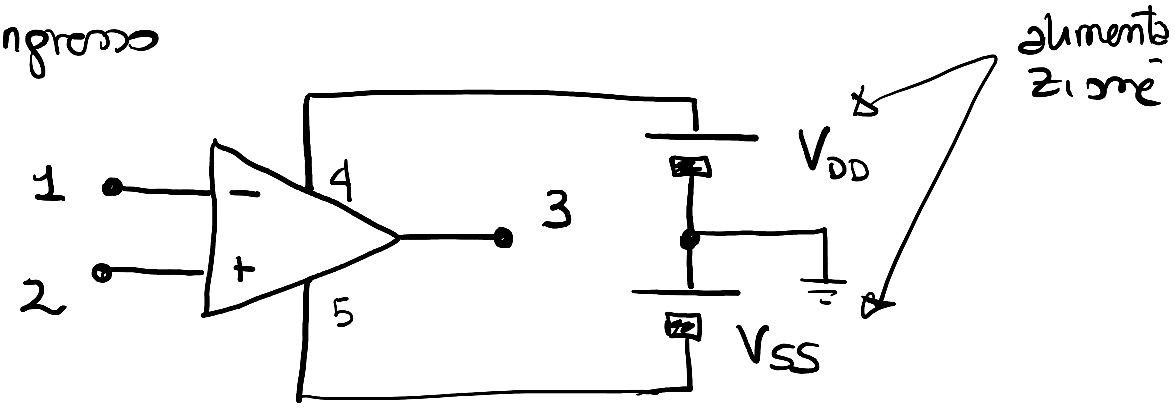
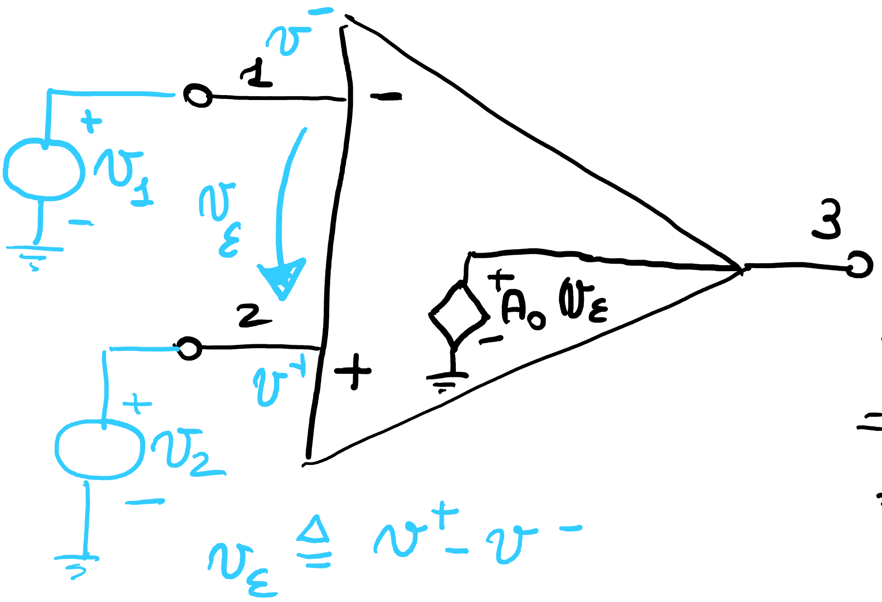
Lezione 12a: AMPLIFICATORE OPERAZIONALE

lunedì 27 aprile 2020 10:22

Amplificatore operazionale (operational amplifier) OPAMP







$$v_{out} = A_0 v_\varepsilon = A_0(v^+ - v^-) = A_0(v_2 - v_1)$$

$$v_\varepsilon \triangleq v^+ - v^-$$

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE IDEALE:

1) non assorbe o eroga corrente ai morsetti di ingresso
↳ resistenza di ingresso infinita

2) l'uscita è presa ai capi di un generatore di tensione ideale
↳ resistenza di uscita nulla

morsetto 2 : ingresso non invertente $\oplus$

morsetto 1 : ingresso invertente $\ominus$

3) rigetta qualsiasi segnale di modo comune presente in ingresso

$\rightarrow G_{cm} = 0$; $CMRR = \infty$

A_0 : GUADAGNO AD ANELLO APERTO (guadagno differenziale)

4) A_0 è indipendente dalla frequenza

$\rightarrow$ Larghezza di banda infinita

5) $A_0 \rightarrow \infty$ (reale Typ $= 10^5 \div 10^6$)

$$V_{out} = A_0 (v^+ - v^-)$$

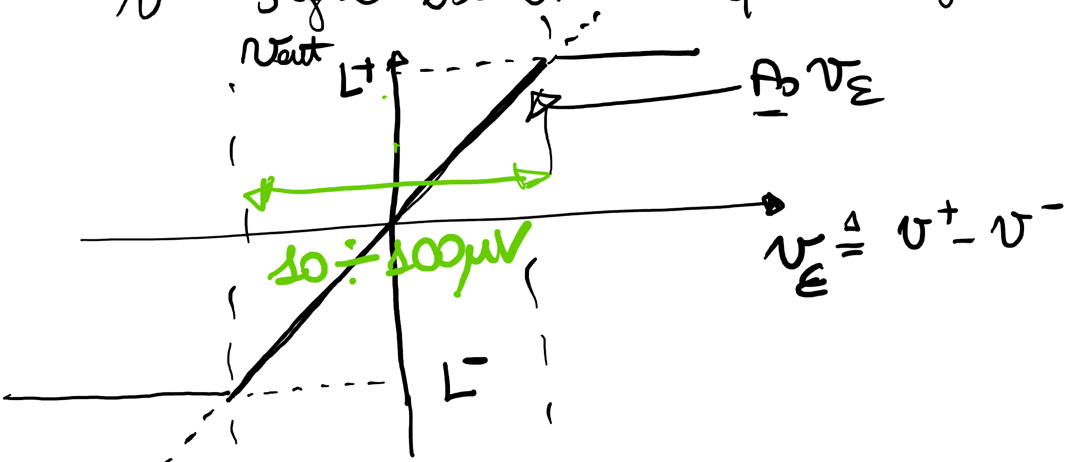
$A_0 \rightarrow \infty \Rightarrow (v^+ - v^-) \rightarrow 0$

per mantenere V_{out} finito

$\Downarrow$

CORTO CIRCUITO VIRTUALE TRA i MORSETTI DI UN OPERAZIONALE

v^- segue esattamente quello che fa v^+



L^+, L^- livello di saturazione della Tensione di uscita, legati ai valori della Tensione di alimentazione

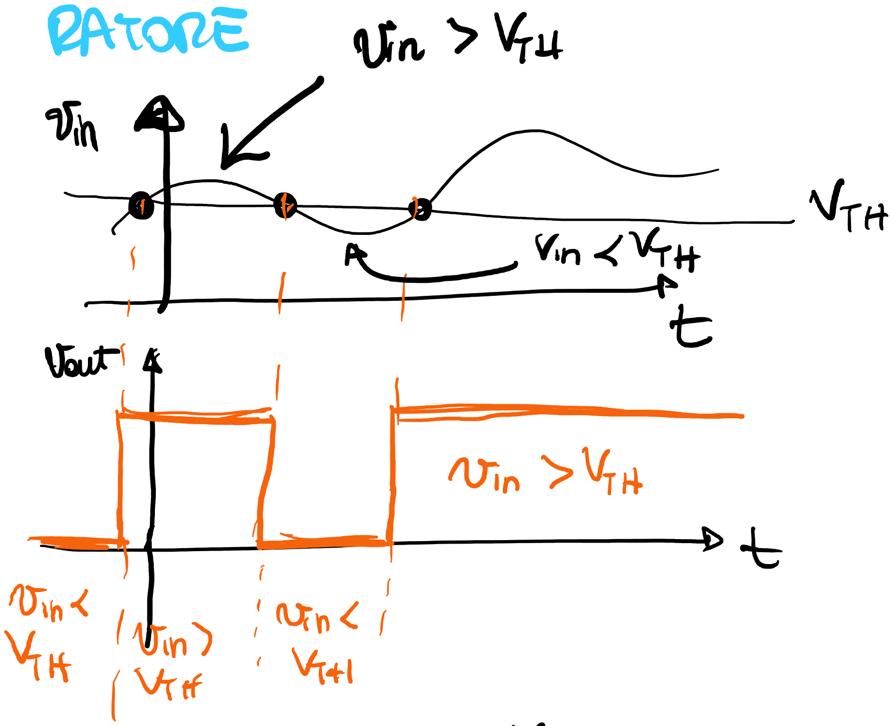
$V_{out} \simeq 10\,V$; $A_0 = 10^5$

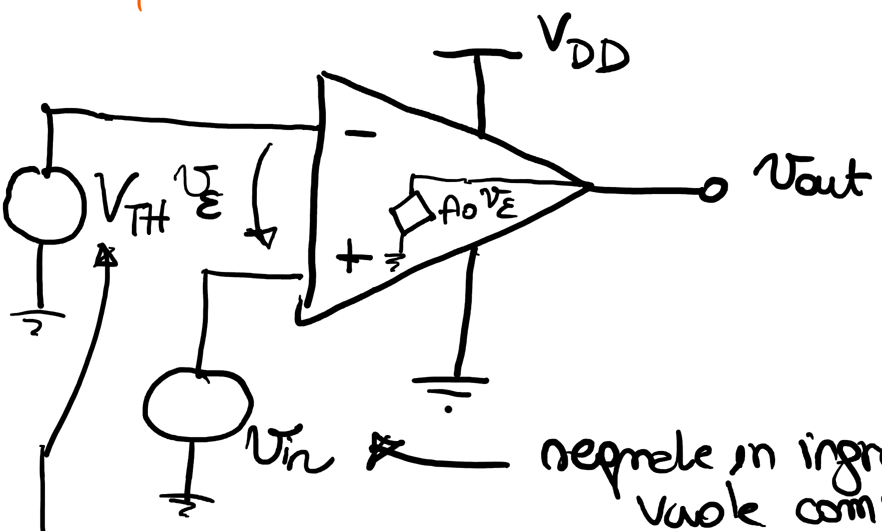
$v_E = \frac{V_{out}}{A_0} \sim \frac{10\,V}{10^5} = 10 \cdot 10^{-5}\,V =$

$V_{out} \simeq 10\ V\ ;\ A_0 = 10^5$

$\hookrightarrow v_\varepsilon = \dfrac{V_{out}}{A_0} \simeq \dfrac{10\ V}{10^5} = 10 * 10^{-5}\ V = 10^{-4}\ V = 100\ \mu V$

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE COME COMPARATORE



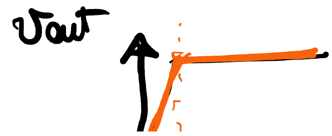


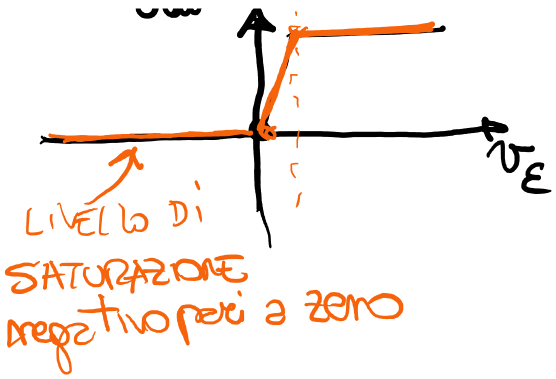
segnale in ingresso che si vuole comparare.

TENSIONE DC di riferimento

$v_{in} > V_{TH} \Rightarrow v_\varepsilon > 0$ — V_{out} satura al livello di saturazione positivo

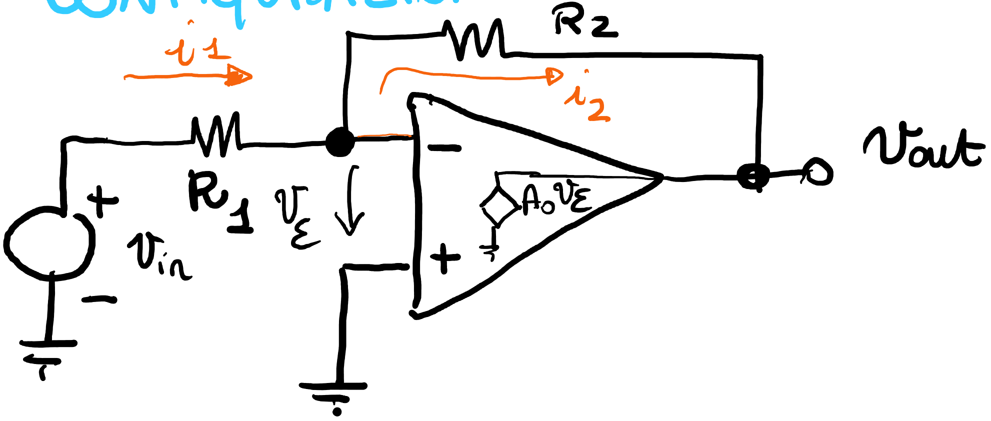
$v_{in} < V_{TH} \Rightarrow v_\varepsilon < 0$ — V_{out} satura al livello di saturazione negativo (zero nel caso considerato)





negativo (zero nel caso considerato)

CONFIGURAZIONE INVERTENTE



$$i_1 = \frac{v_{in} - v^-}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{v^- - v_{out}}{R_2}$$

bilancio di corrente al morsetto ⊖

$$i_1 = i_2$$

$$\frac{v_{in}}{R_1} - \frac{v^-}{R_1} = \frac{v^-}{R_2} - \frac{v_{out}}{R_2}$$

$$v_{out} = A_0 \left(v^+ - v^-\right) = - A_0 v^-$$

$$v^+ = 0$$

$$\rightarrow v^- = - \frac{v_{out}}{A_0}$$

v_{out} v_{out}

$$A_0$$

$$\frac{v_{in}}{R_1} - \frac{-\frac{v_{out}}{A_0}}{R_1} = \frac{-\frac{v_{out}}{A_0}}{R_2} - \frac{v_{out}}{R_2}$$

$$\frac{v_{in}}{R_1} + \frac{v_{out}}{A_0 R_1} = -\frac{v_{out}}{A_0 R_2} - \frac{v_{out}}{R_2}$$

$$v_{out}\left[\frac{1}{A_0 R_1} + \frac{1}{A_0 R_2} + \frac{1}{R_2}\right] = -\frac{v_{in}}{R_1}$$

$$v_{out} = -\frac{v_{in}}{R_1} \frac{1}{\frac{1}{A_0 R_1} + \frac{1}{A_0 R_2} + 1/R_2} =$$

$$= -\frac{v_{in}}{\frac{1}{A_0} + \frac{R_1}{A_0 R_2} + \frac{R_1}{R_2}}$$

$$G \stackrel{\Delta}{=} \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{1}{\frac{1}{A_0} + \frac{R_1}{A_0 R_2} + \frac{R_1}{R_2}} =$$

$$= -\frac{R_2}{\frac{R_2}{A_0} + \frac{R_1}{A_0} + R_1} =$$

$$= -\frac{R_2/R_1}{\frac{R_2}{R_1 A_0} + \frac{1}{A_0} + 1} =$$

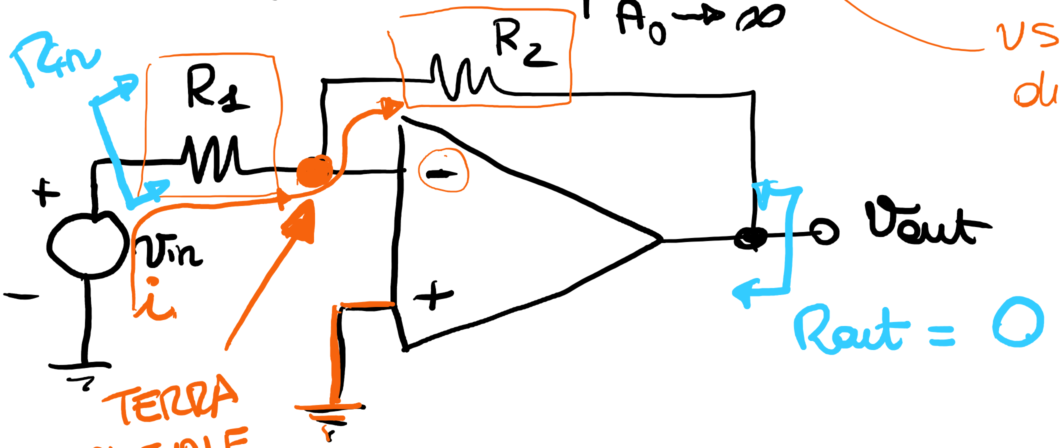
$$= \frac{-R_2/R_1}{\quad}$$

$$= \frac{-R_2/R_1}{1 + \underbrace{\frac{1}{A_0}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)}}$$

se $A_0 \to \infty$ $\quad \frac{1}{A_0}\left(1 + R_2/R_1\right) \to 0$

$$G\Big|_{ideale} \triangleq \frac{v_{out}}{v_{in}}\Big|_{A_0\to\infty} = - \frac{R_2}{R_1}$$

tensione di uscita sfasata di 180° rispetto a v_{in}



$$v_{out} = A_0 (v^+ - v^-)$$

$$v^+ - v^- = \frac{v_{out}}{A_0} \xrightarrow[A_0\to\infty]{} 0$$

CORTOCIRCUITO VIRTUALE TRA I MORSETTI DEL L'OPAMP

$$v^+ = 0 \Rightarrow v^- = 0$$

morsetto ⊖ TERRA VIRTUALE

- $v^- = 0$
- rende disponibile la corrente entrante in un altro ramo del circuito

Grazie al nodo di terra virtuale:

- tensione ai capi di R_1 è v_{in}:

$$i = \frac{v_{in}}{R_1}$$

$v_{in} \frac{R_2}{\ldots}$

$\overline{R_1}$

- $V_{out} = -i R_2 = -V_{in}\frac{R_2}{R_1}$

↳ $\boxed{G_{IDEALE} = -\frac{R_2}{R_1}}$

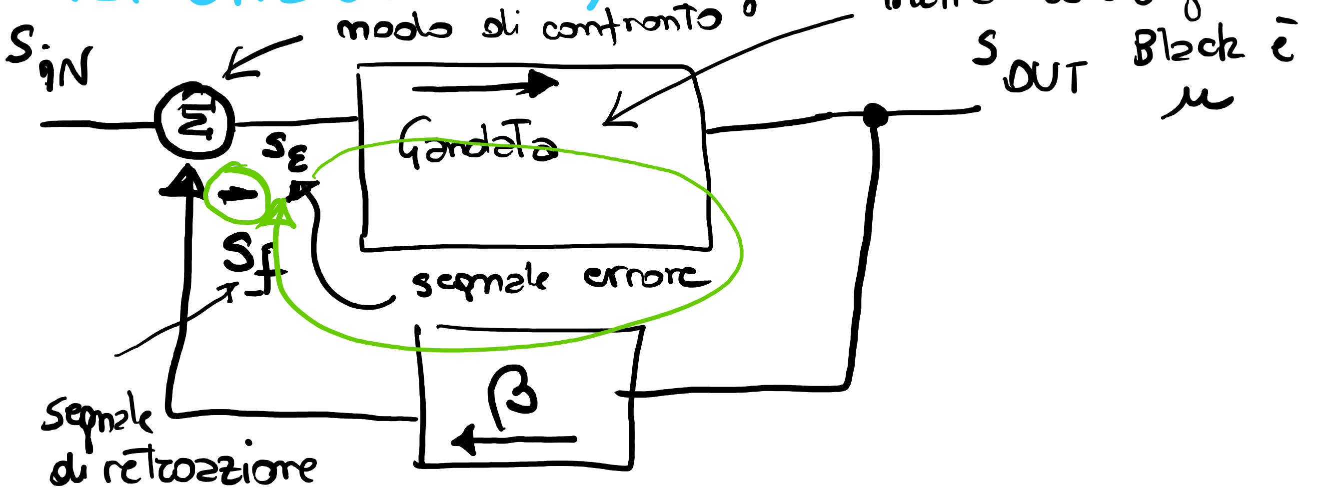
assumendo $A_0 \to \infty$

- resistenza di ingresso $R_{in} = R_1$

RETROAZIONE NEGATIVA

modo di confronto o sommatore

nell'articolo originale di Black è μ



- $S_f = S_{out}\,\beta$
- $S_{out} = G_{andata}\, S_\varepsilon$
- $S_\varepsilon = S_{in} - S_f$

$$S_{out} = G_{andata}\, S_\varepsilon = G_{andata}\,(S_{in} - S_f) =$$

$$= G_{andata}\left[S_{in} - S_{out}\,\beta\right]$$

$$S_{out} = G_{andata}\, S_{in} - G_{andata}\,\beta\, S_{out}$$

$$S_{out}\left[1 + G_{andata}\,\beta\right] = G_{andata}\, S_{in}$$

S_{out} — G_{andata} GUADAGNO AD

$$\boxed{\frac{S_{out}}{S_{in}} = \frac{G_{andata}}{1 + G_{andata}\beta}}$$

GUADAGNO AD ANELLO CHIUSO

$$S_f = S_{out}\beta = G_{andata}\, S_\varepsilon\, \beta$$

$$-G_{andata}\beta = G_{loop}$$

GUADAGNO D'ANELLO

$$\boxed{\frac{S_{out}}{S_{in}} = \frac{G_{andata}}{1 - G_{loop}}}$$

$$\frac{S_{out}}{S_{in}} = \frac{1}{\cancel{G_{andata}}\beta} \; \frac{\cancel{G_{andata}}}{\frac{1}{G_{andata}\beta} + 1}$$

$$\frac{S_{out}}{S_{in}} \xrightarrow[G_{andata} \to \infty]{} \frac{1}{\beta}$$

G_{IDEALE}
guadagno che si ha con G_{loop} infinito

- ↳ GUADAGNO AD ANELLO APERTO
- ↳ GUADAGNO D'ANELLO
- ↳ GUADAGNO IDEALE
- ↳ GUADAGNO DI ANDATA

[Retroazione negativa : $G_{loop} < 0$]