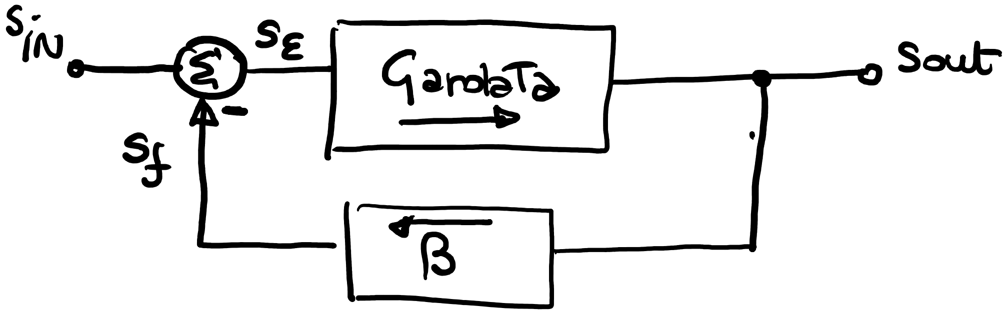
Lezione 12b: Retroazione negativa e calcolo del guadagno d'anello; analisi di configurazioni con opamp

mercoledì 29 aprile 2020 10:20



S_ε : segnale errore

$S_\varepsilon = S_{in} - S_f$

S_f : segnale di retroazione

$S_f = S_{out}\,\beta$

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

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

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

$$G_{reale} \stackrel{\Delta}{=} \left.\frac{S_{out}}{S_{in}}\right|_{reale} = \frac{G_{andata}}{1 + G_{andata}\,\beta} =$$

GUADAGNO REALE

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

GUADAGNO D'ANELLO

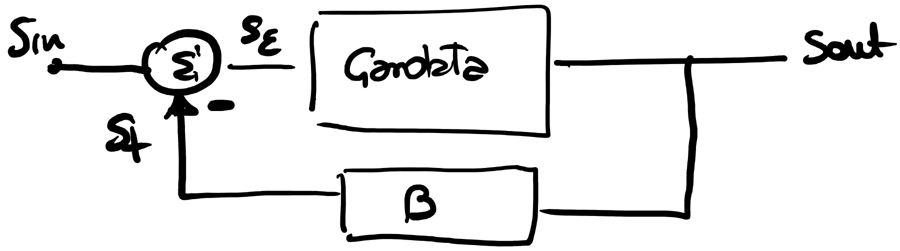
$$= \frac{G_{andata}}{1 - G_{loop}}$$

$G_{loop}^{(0)} < 0$ RETROAZIONE NEGATIVA

$G_{loop}(0) > 0$ RETROAZIONE POSITIVA

PROPRIETÀ DEI CIRCUITI RETROAZIONATI

PROPRIETÀ DEI CIRCUITI RETROAZIONATI NEGATIVAMENTE



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

GUADAGNO IDEALE

① $G_{andata} \to \infty \Rightarrow G_{loop} \to \infty$

$G_{reale} \to G_{ideale} = 1/\beta$

② $$\frac{S_f}{S_{in}} = \frac{G_{andata}\beta}{1+G_{andata}\beta} \xrightarrow[G_{andata} \to \infty]{} 1$$

$S_f = \beta \, S_{out}$

$S_{out} = G_{andata} S_E = G_{andata}(S_{in} - S_f)$

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

③ $$\frac{S_E}{S_{in}} = \frac{1}{1+G_{andata}\beta} \xrightarrow[G_{andata} \to \infty]{} 0$$

→ segnale errore idealmente è ∅

→ segnale di retroazione è pari al segnale di ingresso

④ $$\frac{dG_{reale}}{G_{reale}} = \frac{dG_{andata}}{G_{andata}} \frac{1}{1+G_{andata}\beta} =$$

$$= \frac{dG_{andata}}{G_{andata}} \frac{1}{1-G_{loop}}$$

$$= \frac{dG_{andata}}{G_{andata}} \cdot \frac{1}{1 - G_{loop}}$$

$$d\left[G_{reale}\right] = d\left[\frac{G_{andata}}{1 + G_{andata}\beta}\right] =$$

$$= \frac{dG_{andata}\,(1 + G_{andata}\beta) - G_{andata}\,\beta\, dG_{andata}}{(1 + G_{andata}\beta)^2}$$

$$\frac{dG_{andata}}{G_{andata}} = \frac{dG_{andata}}{(1 + G_{andata}\beta)} \cdot \frac{G_{andata}}{G_{andata}} \cdot \boxed{\frac{1}{(1 + G_{andata}\beta)}}$$

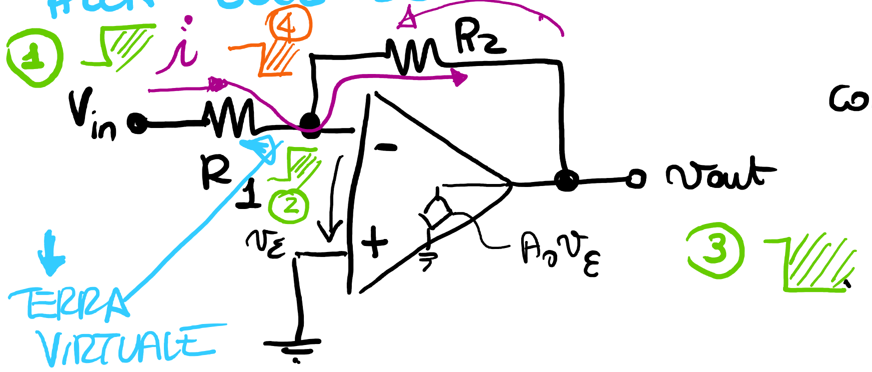
G_{reale}

$$G_{reale} = \frac{G_{andata}}{1 + G_{andata}\beta} = \frac{G_{andata}}{1 - G_{loop}} =$$

$$= \frac{G_{andata}\beta}{1 + G_{andata}\beta} \cdot \frac{1}{\beta} = G_{ideale} \cdot \frac{-G_{loop}}{1 - G_{loop}} =$$

$$\boxed{G_{reale} = \boxed{G_{ideale}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{G_{loop}}}}$$

ANALISI DELLA CONFIGURAZIONE INVERTENTE ALLA LUCE DELLA TEORIA DELLA RETROAZIONE



configurazione invertente

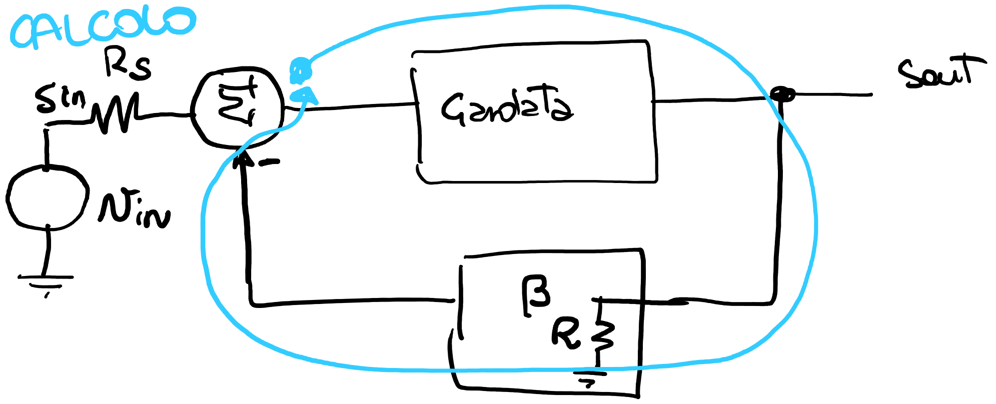
$$i = \frac{v_{in}}{R_1} \quad \text{grazie alla terra virtuale}$$

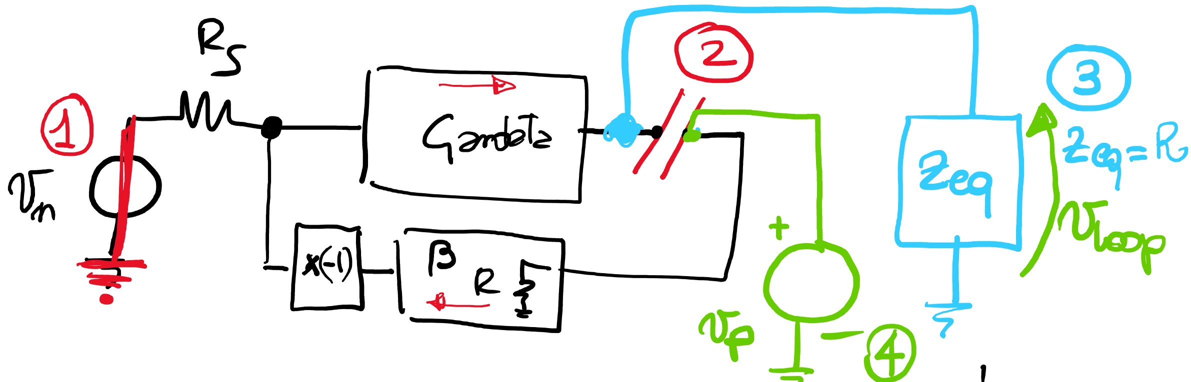
$$v_{out} = -iR_2 = -\frac{v_{in}}{R_1} \cdot R_2$$

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

$\hookrightarrow \boxed{G_{ideale}} = - R_2 / R_1$

CONCETTO DI GUADAGNO DI ANELLO E RELATIVO CALCOLO





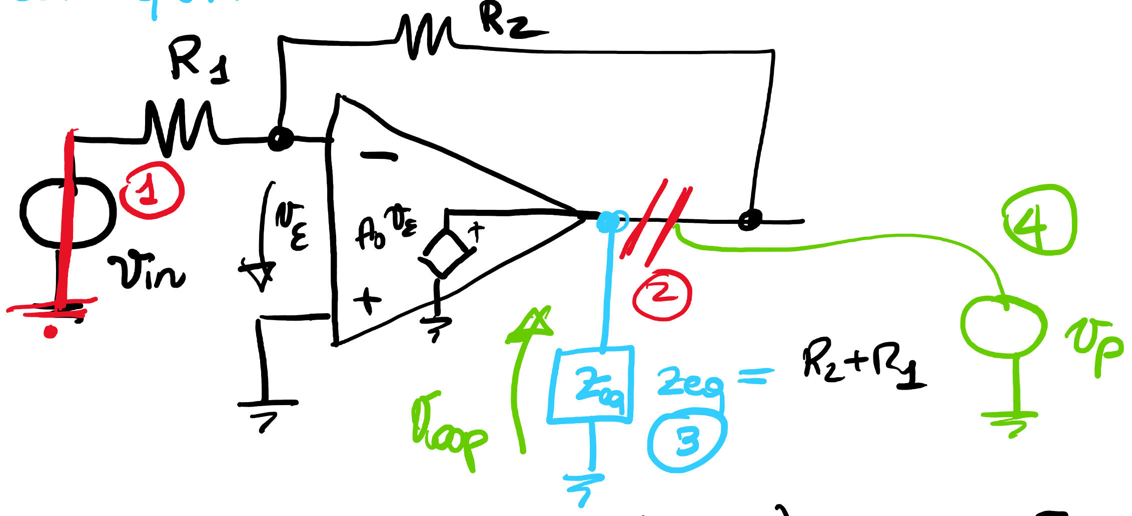
METODO DI CALCOLO DEL GUADAGNO D'ANELLO:

1. SPENGO I GENERATORI FORZANTI
2. TAGLIO L'ANELLO (IN UN PUNTO COMODO!)
3. RICOSTRUISCO A MONTE DEL TAGLIO L'IMPEDENZA VISTA A VALLE TENS/CORR)
4. APPLICO UN GENERATORE DI PROVA A VALLE DEL TAGLIO E VALUTO LA TENSIONE (CORRENTE) UNA VOLTA PERCORSO L'ANELLO (tensione ai capi di Z_{eq} o corrente in Z_{eq})

$\hookrightarrow G_{loop} \triangleq \frac{V_{loop}}{V_p}$

$$\hookrightarrow G_{loop} \triangleq \frac{v_{loop}}{v_p},$$

CALCOLO DEL GUADAGNO D'ANELLO IN UNA CONFIGURAZIONE INVERTENTE

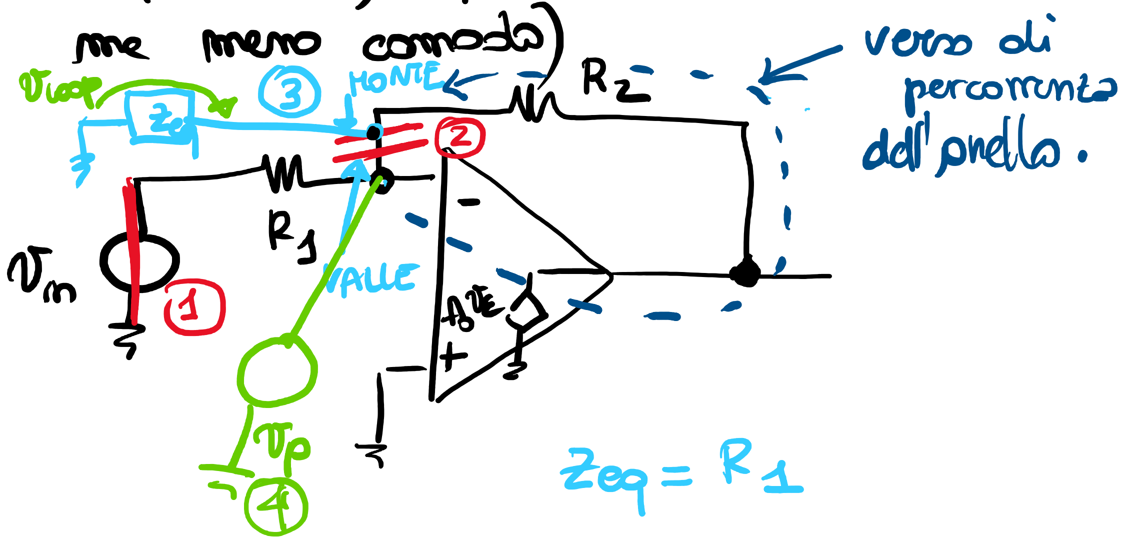


$$v_{loop} = A_0 v_E = A_0 (v^+ - v^-) = -A_0 v^- =$$

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

$$G_{loop} \triangleq \frac{v_{loop}}{v_p} = -A_0 \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

TAGLIO in un punto alternativo (secondo me meno comodo)



$$v_{loop} = -A_0 v_p \frac{z_{eq}}{z_{eq}+R_2}$$

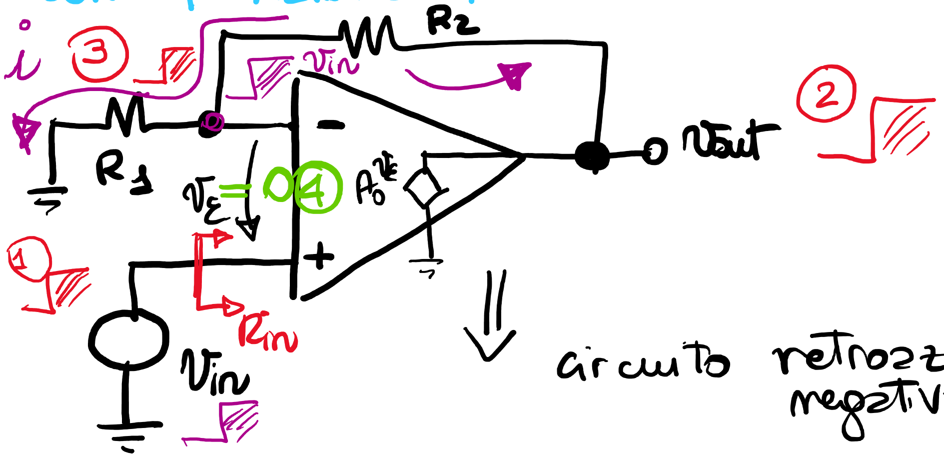
$\downarrow$

$$G_{loop} \triangleq \frac{v_{loop}}{v_p} = -A_0 \frac{z_{eq}}{z_{eq}+R_2} = -A_0 \frac{R_1}{\ldots}$$

$$\Downarrow$$

$$G_{loop} \triangleq \frac{v_{loop}}{v_p} = -A_0 \frac{Z_{eq}}{Z_{eq}+R_2} = -A_0 \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

CONFIGURAZIONE NON INVERTENTE



$\Downarrow$ circuito retroazionato negativamente

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

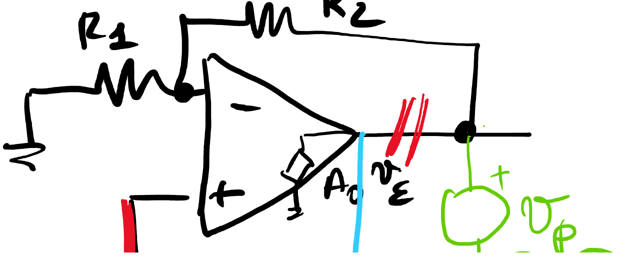
$$v_{out} = v_{R_2} + v^- = i R_2 + v_{in} = \frac{v_{in}}{R_1} R_2 + v_{in} = v_{in}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

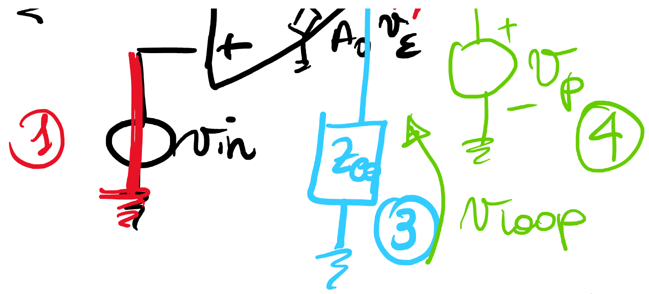
$$G_{ideale} \triangleq \left.\frac{v_{out}}{v_{in}}\right|_{ideale} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

* dipende solo da un rapporto di R
* uscita in fase con l'ingresso
* Resistenza di ingresso tendente all'∞

$$G_{reale} = \frac{G_{ideale}}{1 - 1/G_{loop}}$$

Calcolo Gloop della config. non invertente:





Gloop identico per configurazione invertente e non invertente!

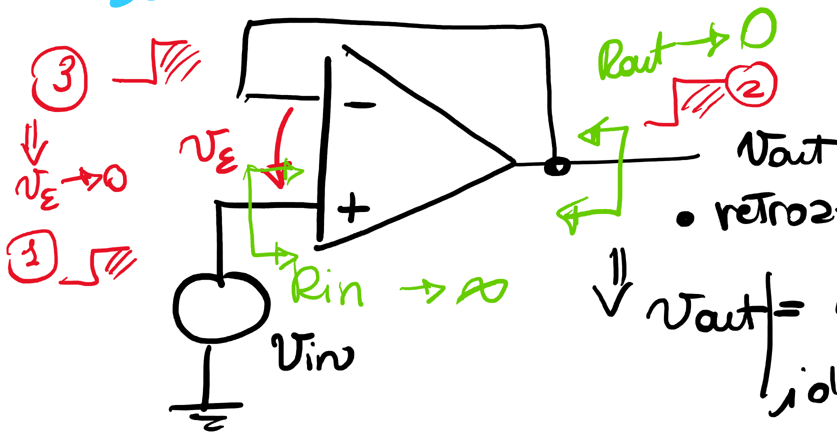
$$G_{loop} = -A_0 \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

ERRORE STATICO DI GUADAGNO

$$\varepsilon = \left|\frac{G_{reale}(0) - G_{ideale}(0)}{G_{reale}(0)}\right| =$$

$$= \left| \frac{\frac{G_{andata}}{1-G_{loop}} - G_{ideale}}{\frac{G_{andata}}{1-G_{loop}}}\right| = \frac{1}{|G_{loop}(0)|}$$

BUFFER DI TENSIONE



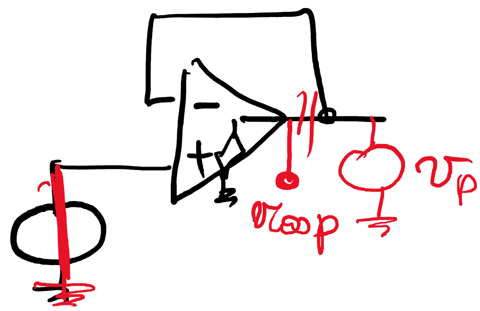
• retroaz. negativa

$\Downarrow$

$V_{out}\Big|_{ideale} = V_{in}$

$$G_{ideale} \triangleq \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1$$

$$G_{loop} = -A_0$$



Gideale

$$G_{reale} = \frac{G_{ideale}}{1 - 1/G_{loop}} =$$

$10^5 \div 10^6$

$$= \frac{1}{1 + 1/A_0} \simeq \frac{A_0}{1 + A_0} \sim 1$$