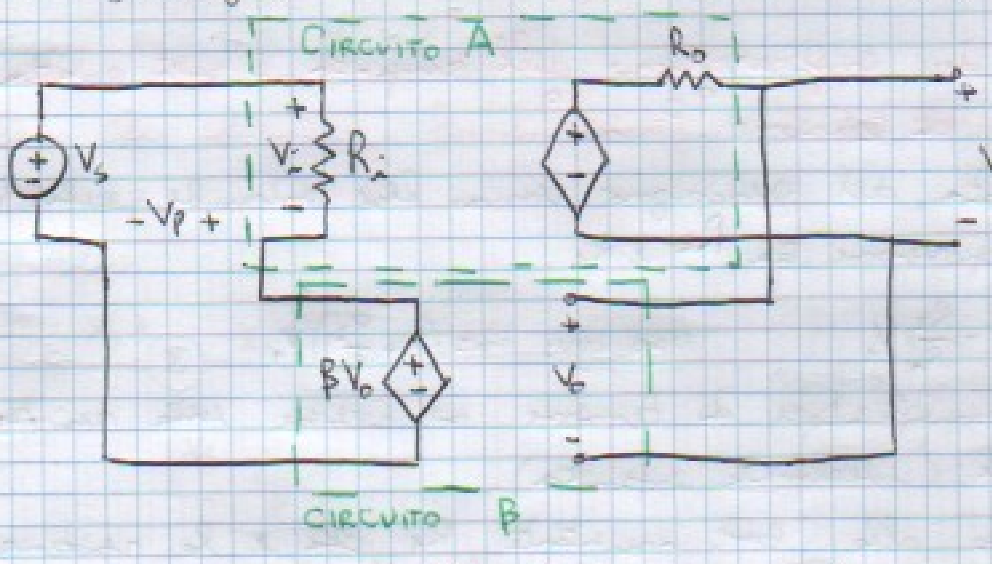
A1 Quale tra i quattro tipi fondamentali della controreazione è utilizzato nella progettazione di amplificatori di tensione? Come si modificano i valori delle impedenze d'ingresso e d'uscita dell'amplificatore controreazionato?

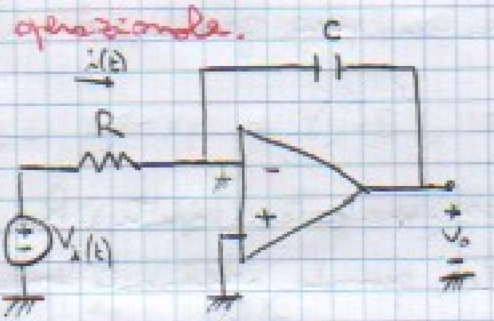
Dovendo misurare una tensione, ci si inserisce in parallelo in uscita. Dovendo modificare una tensione, ci si inserisce in serie in ingresso. Quindi la controreazione usata è del tipo SERIE-PARALLELO. Questa scelta produce due effetti, aumenta la resistenza di ingresso di un fattore $(1+\beta A)$ e di diminuire la resistenza d'uscita dello stesso fattore, cioè:

$$R_{if} = R_i(1+\beta A) \qquad R_{of} = R_o\left(\frac{1}{1+\beta A}\right)$$

dove A è il guadagno ad anello aperto e β è il fattore di controreazione.



A2 Circuito e funzionamento dell'integratore invertente con amplificatore operazionale.



Come conseguenza del C.C.V., $V_o = -V_C$ e la corrente $i(t)$ si trova come $i(t) = \frac{V_i(t) - 0}{R} = \frac{V_i(t)}{R}$

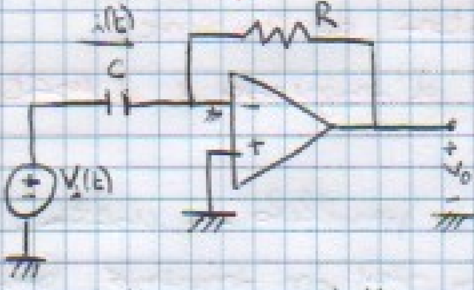
La corrente che entra nel morsetto invertente dell'amp. op. è nulla, perciò $i(t)$ scorre tutta nel condensatore.

La differenza di potenziale ai capi del condensatore è quindi:

$$V_C = V_0 + \frac{1}{C}\int_0^t i(t)\,dt = V_0 + \frac{1}{CR}\int_0^t V(t)\,dt$$

dove V_0 è la tensione iniziale del condensatore e RC è la "costante di tempo"

A3 Schema e funzionamento di un circuito derivatore con ampl. op.



Dato il ccv, $V_o = -V_R$. La corrente $i(t)$ che scorre sul condensatore è $i(t) = \frac{dV_i}{dt}$.

Nel morsetto invertente non entra corrente, quindi $i(t)$ scorre tutta nella resistenza, quindi $V_R(t) = i(t) \cdot R = CR\frac{dV_i}{dt}$ e $V_o(t) = -RC\frac{dV_i}{dt}$. "RC" è definita costante di tempo.

Dato che in questa configurazione il derivatore si rivela essere un "amplificatore di rumore", si argina di solito tale problema inserendo una piccola resistenza in serie al condensatore (allontanando il derivatore dal comportamento ideale).

A4 Quale delle due configurazioni dell'amp-op è più adatta per un amplificatore di tensione? Perché?

Dal punto di vista del guadagno vanno bene entrambe, perché possiamo regolare la proporzione tra R_2 e R_1.

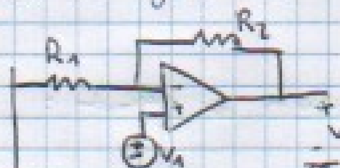
<u>INV</u>: $V_o = -\frac{R_2}{R_1}V_1$ <u>NON INV</u>: $V_o = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)V_1$

Però ad un amplificatore di tensione si richiede una resistenza d'ingresso più alta possibile (idealmente infinita).
Quindi se pensiamo alla conf. invertente, R_1, che è la resistenza di ingresso, deve essere molto grande. Se però si vuole un'amplificazione elevata, R_2 deve essere ancora più grande, diventando proibitiva.

CONF. INV:

La situazione migliora se si usa una conf. non invertente. Infatti R_1 è la resistenza d'ingresso dell'amplificatore operazionale, quindi idealmente infinita.

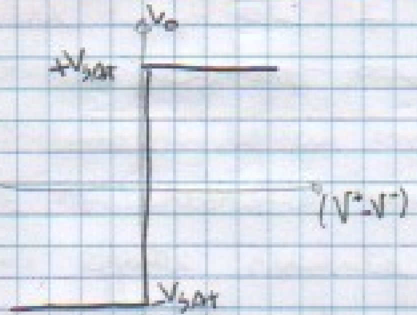
CONF NON INV



Il guadagno dipende ancora da R_2/R_1, ma non è più necessario che queste siano molto grandi. Quindi, la configurazione adatta per un amplificatore di tensione è quella non-invertente.

A5 Spiegare perché si definisce "corto circuito virtuale" l'ingresso di un amp-op, e descrivere i limiti di validità.

Prendiamo in considerazione un amplificatore ideale

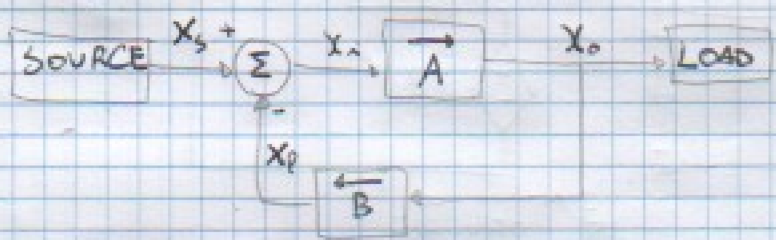


$V_o = (V^+ - V^-) \cdot A \qquad A \to \infty$

Come si vede, l'amp. op è saturo per tutti i valori di V^+ e V^-, tranne nel caso in cui questi due sono uguali. Per questo motivo, nell'analisi circuitale, si dice che i due morsetti sono in "corto circuito virtuale" perché se l'amp. non è saturo allora $V^+ = V^-$

A6 Dimostrare che il prodotto Banda-Guadagno di un amplificatore controreazionato è costante.

• Schema generale:



Supponiamo B una rete resistiva quasi indipendente dalla frequenza.

• Come si modifica il guadagno:

$X_o = A X_i \quad , \quad X_f = B X_o$

$X_i = X_s - X_f \Rightarrow X_s - B X_o \Rightarrow X_s - BAX_i = X_i$

$\Rightarrow X_s = X_i + AB\,X_i \Rightarrow X_s = X_i(1+AB)$

$A_f = \dfrac{X_o}{X_s} = \dfrac{AX_i}{X_i(1+AB)} = \dfrac{A}{1+AB}$

• Come si modifica la banda:

$A(s) = \dfrac{A_m}{1+s/\omega_H}$ Passa-basso, taglio a ω_H, A_m guadagno nominale

$A_f(s) = \dfrac{A(s)}{1+BA(s)} = \dfrac{A_m/(1+A_mB)}{1+s/[\omega_H(1+A_mB)]}$ cioè $\omega_{Hf} = \omega_H(1+A_mB)$

Il prodotto Banda per Guadagno rimane quindi costante: $A_f \cdot \omega_{Hf} = \dfrac{A}{\cancel{1+BA}} \cdot \omega_H \cancel{(1+BA)} = \boxed{A \cdot \omega_H}$