ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE STATALE «G. Marconi»

Via Milano n. 2 - 56025 PONTEDERA (PI)

0587 53566/55390 - Fax: 0587 57411 - ✉: iti@marconipontedera.it - Sito WEB: www.marconipontedera.it

ANNO SCOLASTICO 2002/2003

APPUNTI D'ELETTRONICA

(Prof. Pierluigi D'Amico)

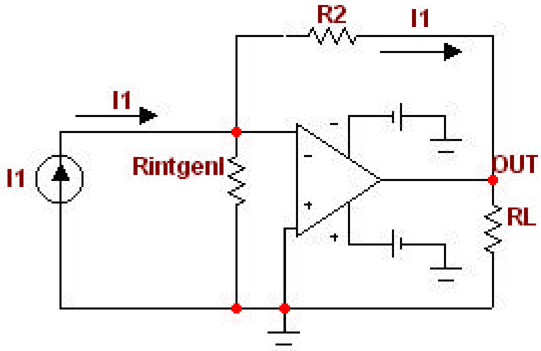
WEB: http://digilander.libero.it/pldaitimarconi/index.html

CONVERTITORI CORRENTE/TENSIONE E TENSIONE/CORRENTE

Indice

Gli Amplificatori Operazionali sono considerati Ideali.

1) Convertitore da generatore reale di corrente a generatore ideale di tensione.

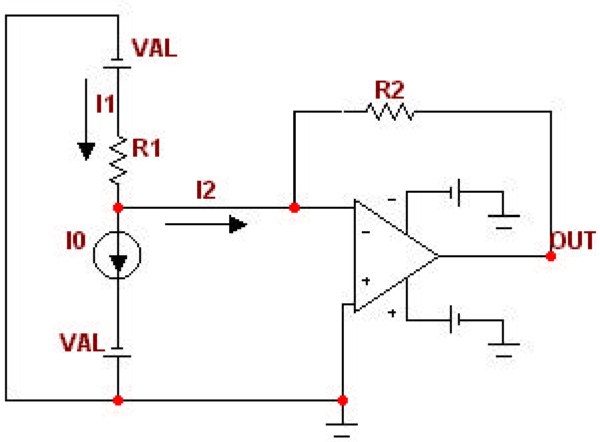


Nel circuito riportato a fianco la corrente I_1 non può che circolare tutta sulla resistenza di reazione R_2, indipendentemente dal valore di tale resistenza. Infatti la resistenza interna del generatore reale di corrente ($R_{intgenI}$) ha un estremo a massa reale e l'altro a massa virtuale e di conseguenza, non essendoci d.d.p. ai suoi capi, non è percorsa da corrente.
La tensione d'uscita è quindi uguale a:

$$V_{out} = -R_2 * I_1$$

La tensione d'uscita è proporzionale alla corrente di corto circuito del generatore reale posto in ingresso; essa cioè è indipendente dalla resistenza interna del generatore reale di corrente. Tale tensione d'uscita è anche indipendente dal valore della resistenza di carico R_L data la resistenza d'uscita idealmente nulla dell'A.O. Questo circuito può anche essere definito come: generatore ideale di tensione, controllato in corrente, con carico a massa.
Sulla resistenza R_2 circola sempre la corrente di corto circuito del generatore reale di corrente posto in ingresso. Quindi questo circuito può essere anche visto come un convertitore da generatore reale di corrente a generatore ideale di corrente, con carico galleggiante. Viene anche chiamato generatore ideale di corrente, controllato in corrente, con carico galleggiante o flottante.
Puoi trovare il file MICROCAP 7 STUDENT EDITION di questo circuito nella pagina riservata del sito (CONVERTITORE I-V CARICO A MASSA.CIR).

2) Convertitore Corrente/Tensione (Compito di Maturità AMBRA 1989).



TESTO :
il Sensore di temperatura S_1 presenta una caratteristica:

$$I_1 = K_1 * T \quad con \quad K_1 = 1\mu A/{}^{\circ}C$$

Il convertitore I/V fornisce all'uscita un livello di tensione V_1 con:

$$0V \le V_1 \le 5V$$

per variazioni di temperatura:

$$20^{\circ}C \le T \le 50^{\circ}C.$$

Il candidato, formulate le necessarie ipotesi aggiuntive, dimensioni il convertitore I/V;

Il Sensore appare una versione semplificata ad uso Esame di Stato del sensore di temperatura che risponde in corrente maggiormente usato, l'AD590, che fornisce la corrente di 1µA per grado Kelvin.
Il testo chiede di dimensionare il Convertitore in figura in modo che fornisca in uscita una tensione compresa fra 0 e 5 Volt per variazioni di temperatura comprese fra 20 e 50 gradi centigradi. In altre parole occorre dimensionare il circuito in modo tale che:

- a 20°C, temperatura alla quale il sensore fornisce una corrente di 20µA, la tensione all'uscita dell'A.O. sia 0V;
- a 50°C, temperatura alla quale il sensore fornisce una corrente di 50µA, la tensione all'uscita dell'A.O. sia 5V.

E' un problema di "CONDIZIONAMENTO" di un sensore, problema che solitamente si pone quando occorre adattare la risposta (in tensione, in corrente, in capacità, ecc) di un sensore alle tensioni d'ingresso accettate da un convertitore Analogico/Digitale (che sono appunto 0V e 5V) e con l'obbiettivo di sfruttare tutta la "dinamica" del convertitore stesso.
Occorre innanzi tutto ricavare il legame tra la tensione d'uscita e la corrente I_0.
Dalla maglia massa reale-V_{AL}-R_1-massa virtuale si ricava la corrente I_1:

$$I_1 = \frac{V_{AL}}{R_1}$$

La corrente I_2 vale quindi:

$$I_2 = I_1 - I_0 = \frac{V_{AL}}{R_1} - I_0$$

La tensione d'uscita vale quindi:

$$V_{out} = -R_2 I_2 = -R_2 \frac{V_{AL}}{R_1} + R_2 I_0$$

Il problema richiede che tale tensione sia nulla in corrispondenza del valore minimo della corrente I_0 (cioè 20µA alla temperatura di 20°C), mentre assuma il valore di 5V in corrispondenza del valore massimo della I_0 (cioè 50µA alla temperatura di 50°C). Imponendo queste condizioni si arriva al dimensionamento del circuito secondo le specifiche richieste dal problema.
Si ha:

$$V_{out}\left(T = 20°C\right) = -R_2 \frac{V_{AL}}{R_1} + R_2 \cdot 20\mu A = 0 \Rightarrow \frac{V_{AL}}{R_1} = 20\mu A$$

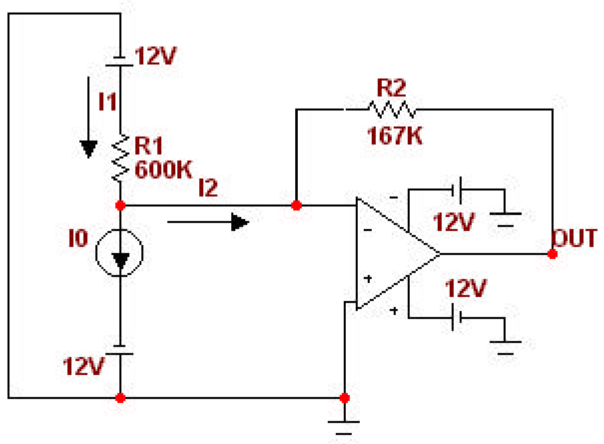
Fissando V_{AL}, per esempio a 12V, dall'ultima relazione si ricava un valore di $\mathbf{R_1}$ pari a **600K**.
Imponendo la condizione richiesta per il valore massimo della tensione d'uscita si ricava il valore di R_2. Si ha:

$$V_{out}\left(T = 50°C\right) = -R_2 \frac{V_{AL}}{R_1} + R_2 \cdot 50\mu A = 5V$$

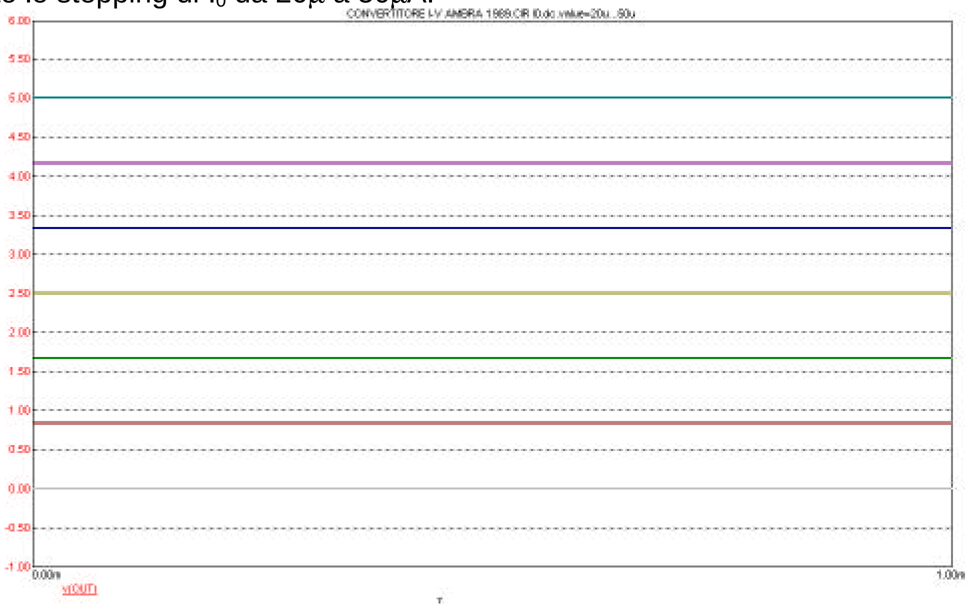
ma dalla prima condizione deve essere; $\frac{V_{AL}}{R_1} = 20\mu A$, quindi:

$$-R_2 20\mu A + R_2 \cdot 50\mu A = 5V \Rightarrow R_2 \cdot 30\mu A = 5V \Rightarrow R_2 \approx 167K\Omega$$

Il circuito finale è quindi il seguente:

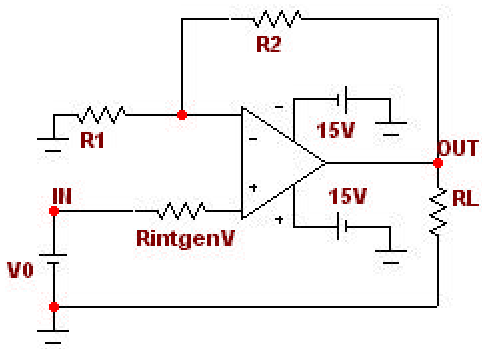


Puoi trovare il file MICROCAP 7 STUDENT EDITION di questo circuito nella pagina riservata del sito (CONVERTITORE I-V AMBRA 1989.CIR).
Viene riportata di seguito la simulazione con MICROCAP 7 STUDENT EDITION, nella quale è stato programmato lo stepping di I_0 da 20µ a 50µA.

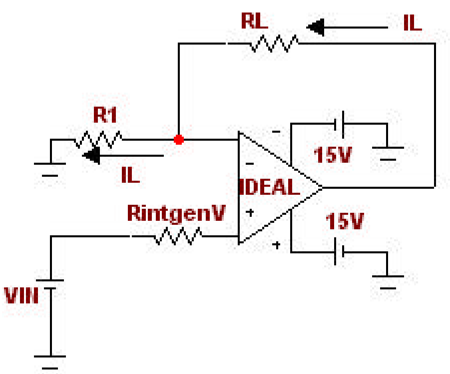


3) *Convertitore da generatore reale di tensione a generatore ideale di tensione, con carico a massa.*

Per realizzare un tale convertitore basta una semplice configurazione non invertente di un Amplificatore operazionale (figura a fianco) o, se non necessita alcuna amplificazione, un Inseguitore di tensione ad Operazionale (stesso circuito con $R_2=0$ e $R_1=\infty$). Viene sfruttata la resistenza d'ingresso idealmente infinita e la resistenza d'uscita idealmente nulla dell'Amplificatore Operazionale. Questo circuito può anche essere definito: generatore ideale di tensione, controllato in tensione, con carico a massa.
Puoi trovare il file MICROCAP 7 STUDENT EDITION di questo circuito nella pagina riservata del sito (CONVERTITORE V REALE V IDEALE CARICO A MASSA.CIR).



4) *Convertitore da generatore reale di tensione a generatore ideale di corrente con carico galleggiante.*

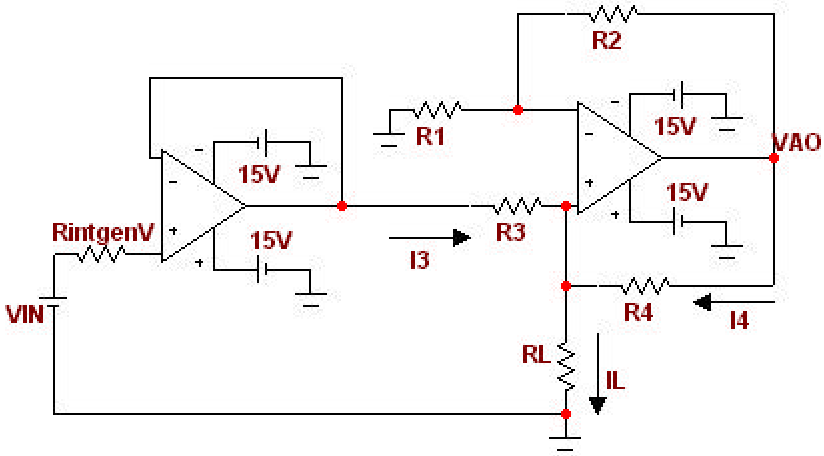


Nel circuito riportato a fianco la tensione V_{IN} del generatore, tensione a vuoto del generatore reale di tensione di resistenza interna $R_{intgenV}$, si ritrova tutta sul morsetto invertente dell'A.O.
La corrente I_L che circola su R_1 circola anche sul carico R_L "galleggiante" (nessuno dei due estremi a massa reale) e tale corrente è indipendente dal carico stesso dal momento che vale:

$$I_L = \frac{V_{IN}}{R_1}$$

Questo circuito può anche essere definito: generatore ideale di corrente, controllato in tensione, con carico galleggiante.
Puoi trovare il file MICROCAP 7 STUDENT EDITION di questo circuito nella pagina riservata del sito (CONVERTITORE V-I CARICO GALLEGGIANTE.CIR).

5) Convertitore da generatore reale di tensione a generatore ideale di corrente con carico riferito a massa.



Il generatore reale di tensione viene convertito in un generatore ideale di tensione tramite un Inseguitore ad Operazionali.
Quindi all'ingresso del secondo blocco abbiamo la tensione V_{IN}.
Analizziamo il secondo blocco.
Facciamo l'ipotesi che prevalga la reazione negativa e che quindi l'A.O. non saturi.
La tensione dell'ingresso non invertente dell'A.O. vale R_L*I_L.
Il secondo blocco si comporta come un amplificatore non invertente della tensione che è presente sull'ingresso non invertente. Di conseguenza possiamo scrivere:

$$V_{AO} = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot V^+ = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot R_L \cdot I_L$$

Dalla maglia V_{AO}-R_4-R_L-MASSA possiamo ricavare I_4:

$$-V_{AO} + R_4 \cdot I_4 + R_L \cdot I_L = 0$$

$$I_4 = \frac{V_{AO}}{R_4} - \frac{R_L}{R_4}\cdot I_L = \frac{1}{R_4}\cdot\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot R_L \cdot I_L - \frac{R_L}{R_4}\cdot I_L$$

$$I_4 = \frac{R_L \cdot I_L}{R_4}\cdot\left[\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)-1\right] = \frac{R_L \cdot I_L}{R_4}\cdot\frac{R_2}{R_1}$$

quindi:

$$I_4 = \frac{R_L \cdot R_2}{R_4 \cdot R_1}\cdot I_L$$

Dalla maglia V_{IN}-R_3-R_L-MASSA possiamo ricavare I_3:

$$-V_{IN} + R_3 \cdot I_3 + R_L \cdot I_L = 0$$

$$I_3 = \frac{V_{IN}}{R_3} - \frac{R_L}{R_3}\cdot I_L$$

Facendo l'equazione al nodo abbiamo:

$$I_3 + I_3 = I_L$$

Sostituendo si ha:

$$I_L = \frac{V_{IN}}{R_3} - \frac{R_L}{R_3}\cdot I_L + \frac{R_L \cdot R_2}{R_4 \cdot R_1}\cdot I_L \Rightarrow I_L + \frac{R_L}{R_3}\cdot I_L - \frac{R_L \cdot R_2}{R_4 \cdot R_1}\cdot I_L = \frac{V_{IN}}{R_3}$$

$$I_L \cdot\left(1+\frac{R_L}{R_3} - \frac{R_L \cdot R_2}{R_4 \cdot R_1}\right) = \frac{V_{IN}}{R_3}$$

sotto la condizione:

$$\boxed{\frac{R_L}{R_3}-\frac{R_L\cdot R_2}{R_4\cdot R_1}=0\Rightarrow\frac{R_L}{R_3}=\frac{R_L\cdot R_2}{R_4\cdot R_1}\Rightarrow\frac{1}{R_3}=\frac{R_2}{R_4\cdot R_1}\Rightarrow\frac{R_2\cdot R_3}{R_4\cdot R_1}=1}$$

si ha:

$$\boxed{I_L=\frac{V_{IN}}{R_3}}$$

vale a dire che la corrente che circola nel carico è indipendente dal valore del carico stesso.
Per rispettare la condizione

$$\boxed{\frac{R_2\cdot R_3}{R_4\cdot R_1}=1}$$

basta porre:

$$R_1=R_2=R_3=R_4$$

Tuttavia quest'ultima non appare la soluzione migliore. Infatti la tensione all'uscita dell'A.O., che deve essere minore della tensione di saturazione, dipende dal rapporto R_2/R_1 , che conviene quindi sia il più piccolo possibile.
Scegliamo:

$$\boxed{\frac{R_2}{R_1}=0.1\Rightarrow R_1=10\cdot R_2}$$

Quindi per rispettare la condizione abbiamo:

$$\frac{R_2\cdot R_3}{R_4\cdot R_1}=1\Rightarrow\frac{R_4}{R_3}=\frac{R_2}{R_1}=0.1$$

e, in conclusione.

$$\boxed{R_4=\frac{R_3}{10}}$$

Fissato R_3 = 10KΩ, si ha R_4 = 1KΩ, R_1 =10KΩ, R_2 = 1KΩ.
Se si vuole generare una corrente di 100μA occorre porre in ingresso una tensione:

$$I_L=\frac{V_{IN}}{R_3}\Rightarrow V_{IN}=R_3\cdot I_L=1V$$

Per ogni valore di corrente scelto ci sarà sempre un valore massimo di R_L, oltre il quale si avrà la saturazione dell'operazionale. Infatti:

$$V_{AO}=\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot V^{+}=\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot R_L\cdot I_L<V_{SAT}\approx(V_{ALIM.}-1V)$$

$$R_{LMAX}<\frac{(V_{ALIM.}-1V)}{\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot I_L}$$

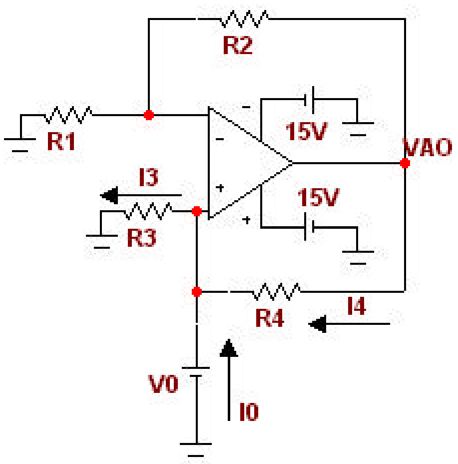
Con i valori da noi scelti, per una corrente I_L = 100μA si ha:

$$R_{LMAX}<\frac{(V_{ALIM.}-1V)}{\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right)\cdot I_L}=\frac{14V}{1.1\cdot 100\mu A}\approx 127K\Omega$$

Puoi trovare il file MICROCAP 7 STUDENT EDITION di questo circuito nella pagina riservata del sito (CONVERTITORE V-I CARICO A MASSA INS.CIR).

La dimostrazione che il circuito sotto particolari condizioni si comporta da generatore ideale di corrente, controllato in tensione, può essere sviluppata anche per altra via.

Infatti per dimostrare che la corrente che circola nel carico R_L è indipendente dal valore del carico stesso si può verificare che la resistenza che "si vede" ai capi del carico stesso, la resistenza equivalente di Norton, è, sotto particolari condizioni, infinita.
Troviamo tale resistenza dal circuito riportato sotto, dove si è cortocircuitato il generatore di Tensione e si è introdotto un generatore di prova V_0 tra i due punti tra i quali occorre trovare la resistenza che "si vede".



La tensione all'uscita dell'A.O. vale:

$$V_{AO} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_0$$

La corrente I_3 vale:

$$I_3 = \frac{V_0}{R_3}$$

Dalla maglia V_{AO}-R_4-V_0-MASSA possiamo ricavare I_4:

$$-V_{AO} + R_4 \cdot I_4 + V_0 = 0 \Rightarrow I_4 = \frac{1}{R_4} \cdot (V_{AO} - V_0)$$

$$I_4 = \frac{1}{R_4} \cdot \left[\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_0 - V_0\right] = \frac{R_2}{R_1 \cdot R_4} \cdot V_0$$

Facendo l'equazione al nodo si ricava I_0:

$$I_0 + I_4 = I_3 \Rightarrow I_0 = I_3 - I_4 = \frac{V_0}{R_3} - \frac{R_2}{R_1 \cdot R_4} \cdot V_0$$

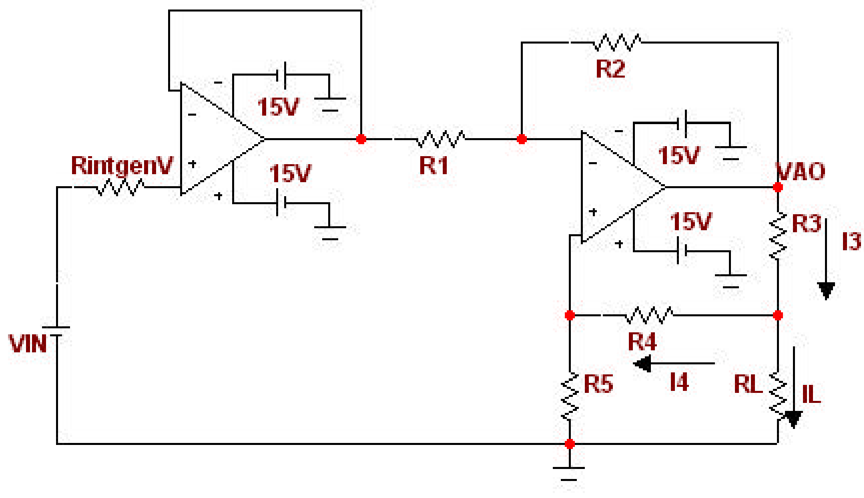
$$\boxed{I_0 = \left(\frac{1}{R_3} - \frac{R_2}{R_1 \cdot R_4}\right) \cdot V_0}$$

Da quest'ultima relazione si può notare che effettivamente esiste una condizione che rende nulla la corrente I_0 e che quindi rende infinito il rapporto V_0/I_0 e di conseguenza la resistenza che "si vede". Tale condizione è:

$$\boxed{\frac{1}{R_3} - \frac{R_2}{R_1 \cdot R_4} = 0 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1 \cdot R_4} = \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_4} = 1}$$

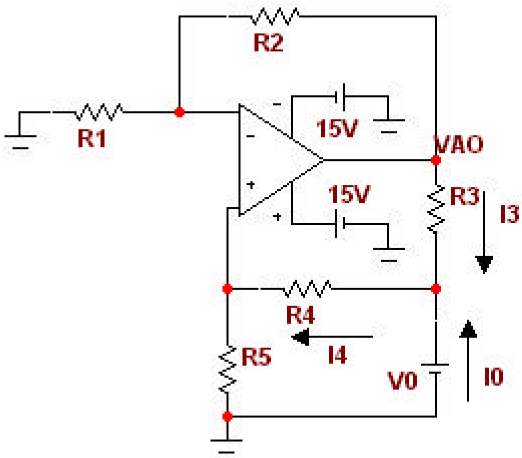
Che è poi la condizione che, per altra via, avevamo giàtrovato.

Un **diverso schema circuitale**, che realizza la stessa funzione di quello ora analizzato, è riportato nella figura accanto.



Anche in questo caso dobbiamo dimostrare che il circuito, sotto particolari condizioni, si comporta da generatore ideale di corrente (cioè che la corrente che circola nel carico R_L è indipendente dal valore del carico stesso), controllato in tensione.
Svolgiamo la dimostrazione verificando che, anche in questo circuito, la resistenza che "si vede" ai capi del carico stesso, la resistenza equivalente di Norton, è, sotto particolari condizioni, infinita.
Anche in questo caso per trovare la resistenza che "si vede" cortocircuitiamo il generatore di Tensione e sostituiamo al carico un generatore di prova V_0.

La corrente I_4 vale:



$$\boxed{I_4 = \frac{V_0}{R_4 + R_5}}$$

La tensione all'ingresso non invertente dell'A.O. vale:

$$V^+ = R_5 \cdot I_4 = \frac{R_5}{R_4 + R_5} \cdot V_0$$

La tensione d'uscita dell'A.O. vale:

$$V_{outAO} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V^+ = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} \cdot V_0$$

La corrente I_3 vale:

$$I_3 = \frac{V_{outAO} - V_0}{R_3} = \frac{V_{outAO}}{R_3} - \frac{V_0}{R_3}$$

e quindi, sostituendo:

$$\boxed{I_3 = \frac{1}{R_3} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} \cdot V_0 - \frac{V_0}{R_3}}$$

Affinché la Resistenza che "si vede" sia infinita è necessario che la corrente I_0 sia nulla e affinché ciò avvenga è indispensabile che I_3 sia uguale ad I_4. Imponiamo questa condizione e troviamo sotto quale condizione risulta verificata:

$$I_3 = I_4 \Rightarrow \frac{1}{R_3} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} \cdot V_0 - \frac{V_0}{R_3} = \frac{V_0}{R_4 + R_5}$$

da cui,

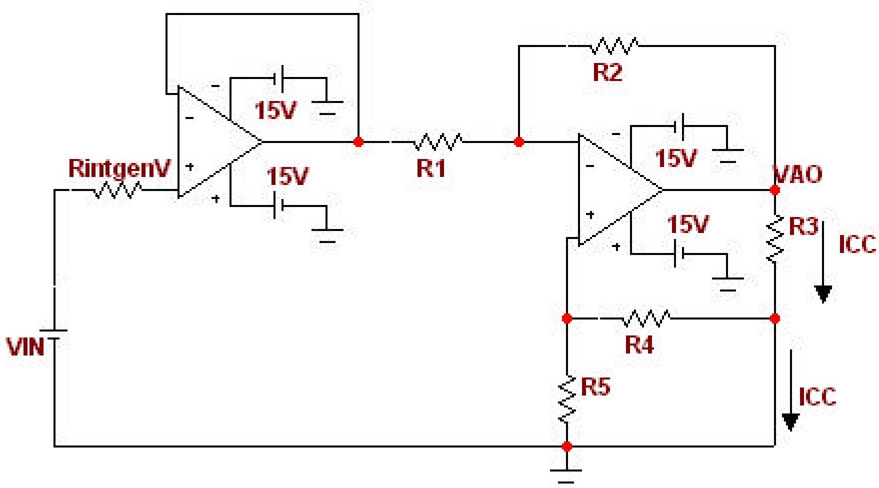
$$\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} - 1 = \frac{R_3}{R_4 + R_5}$$

$$\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} = \frac{R_3}{R_4 + R_5} + 1 \Rightarrow \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} = \frac{R_3 + R_4 + R_5}{R_4 + R_5}$$

$$R_5 + \frac{R_2 \cdot R_5}{R_1} = R_3 + R_4 + R_5$$

$$\boxed{\frac{R_2 \cdot R_5}{R_1} = R_3 + R_4}$$

Quindi se viene rispettata quest'ultima condizione la resistenza che "si vede" risulta infinita e su qualsiasi carico circolerà la stessa corrente.
Tale corrente è la corrente equivalente di Norton cioè la corrente di corto circuito, quindi la corrente I_{CC} riportata nel circuito accanto.



Essa vale:

$$\boxed{I_L = I_{CC} = \frac{V_{outAO}}{R_3} = -\frac{R_2}{R_1 \cdot R_3} \cdot V_{IN}}$$

Quindi, per Vin positive, la I_L circola sempre nel verso opposto a quello scelto.
Volendo avere una corrente su qualsiasi carico per esempio di 100µA per una tensione d'ingresso di 1V, cominceremo con scegliere il rapporto

$$\frac{R_2}{R_1} = 0.1 \Rightarrow R_1 = 10 \cdot R_2$$

per lo stesso motivo illustrato nel circuito precedente.
Dalla

$$I_L = -\frac{R_2}{R_1 \cdot R_3} \cdot V_{IN} = -100\mu A = -\frac{0.1}{R_3} \cdot 1V$$

si ha

$$R_3 = \frac{0.1}{100\mu A} \cdot 1V = 1K\Omega$$

Dalla:

$$\frac{R_2 \cdot R_5}{R_1} = R_3 + R_4$$

si ha:

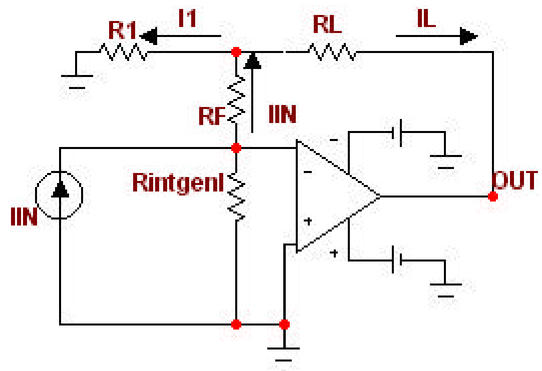
$$0.1 \cdot R_5 = 1K\Omega + R_4$$

scegliendo R_4 uguale ad R_3 cioè 1KΩ si ha:

$$R_5 = \frac{2K\Omega}{0.1} \Rightarrow R_5 = 20K\Omega$$

Puoi trovare il file MICROCAP 7 STUDENT EDITION di questo circuito nella pagina riservata del sito (CONVERTITORE V-I CARICO A MASSA INS VER 2.CIR).

6) Convertitore da generatore reale di corrente a generatore ideale di corrente con carico galleggiante.



Nel circuito a fianco la corrente I_{IN} non può che circolare tutta sulla resistenza R_F. Infatti la resistenza interna del generatore reale di corrente ($R_{intgenI}$) ha un estremo a massa reale e l'altro a massa virtuale e di conseguenza, non essendoci d.d.p. ai suoi capi, non è percorsa da corrente.
Facendo l'equazione della maglia massa reale-CCV-R_F-R_1-massa reale si ha:

$$R_F \cdot I_{IN} + R_1 \cdot I_1 = 0$$

dalla quale si ricava:

$$I_1 = -\frac{R_F}{R_1} \cdot I_{IN}$$

Dall'equazione al nodo si ha:

$$I_{IN} = I_1 + I_L \Rightarrow I_L = I_{IN} - I_1$$

e, sostituendo, si ha:

$$\boxed{I_L = I_{IN} + \frac{R_F}{R_1} \cdot I_{IN} \Rightarrow I_L = \left(1 + \frac{R_F}{R_1}\right) \cdot I_{IN}}$$

Quindi la corrente che circola nel carico è indipendente dal valore del carico stesso, nonché dalla resistenza interna del generatore di corrente.

Nel fare un progetto è necessario tener conto che, affinché il circuito svolga correttamente la funzione per cui è pensato, la tensione all'uscita dell'A.O. deve essere sempre inferiore della tensione di saturazione dell'A.O. stesso.
Se, ad esempio, vogliamo ottenere, a partire da una I_{IN} di 100µA una I_L di 300µA avremo che:

$$I_L = \left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)\cdot I_{IN} \Rightarrow \frac{R_F}{R_1} = 2 \Rightarrow R_F = 2\cdot R_1$$

Troviamo la tensione all'uscita dell'A.O. Scriviamo l'equazione della maglia massa reale-V_{outAO}-R_L-R_F-CCV-massa reale:

$$-V_{outAO} - R_L\cdot I_L - R_F\cdot I_{IN} = 0$$

dalla quale si ha:

$$V_{outAO} = -R_L\cdot\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)\cdot I_{IN} - R_F\cdot I_{IN} \Rightarrow V_{outAO} = -\left[R_L\cdot\left(1+\frac{R_F}{R_1}\right)+R_F\right]\cdot I_{IN}$$

dalla quale, avendo scelto $\frac{R_F}{R_1} = 2$, si ha:

$$V_{outAO} = -\left[R_L\cdot 3 + R_F\right]\cdot I_{IN}$$

imponendo la condizione $\left|V_{outAO}\right| < V_{SAT} \approx V_{ALIM} - 1$ si ha:

$$\left|V_{outAO}\right| = \left[R_L\cdot 3 + R_F\right]\cdot I_{IN} < V_{SAT} \approx V_{ALIM} - 1$$

$$\boxed{R_F < \frac{V_{ALIM} - 1 - 3\cdot R_L\cdot I_{IN}}{I_{IN}}}$$

da quest'ultima condizione discende la condizione:

$$\boxed{V_{ALIM} - 1 - 3\cdot R_L\cdot I_{IN} > 0 \Rightarrow 3\cdot R_L\cdot I_{IN} < V_{ALIM} - 1 \Rightarrow R_L < \frac{V_{ALIM} - 1}{3\cdot I_{IN}}}$$

Alimentando gli A.O. a ±15V e con la corrente I_{IN} scelta si ha:

$$R_L < \frac{V_{ALIM} - 1}{3\cdot I_{IN}} \Rightarrow R_L < 46.\overline{6}\,K\Omega$$

per R_L=46KΩ

$$R_F < \frac{V_{ALIM} - 1 - 3\cdot R_L\cdot I_{IN}}{I_{IN}} \Rightarrow R_F < 2K\Omega$$

Da quanto trovato scegliamo i valori per il progetto:

$$\boxed{R_F = 2K\Omega \cdot R_1 = 1K\Omega \cdot R_L < 47K\Omega}$$

Puoi trovare il file MICROCAP 7 STUDENT EDITION di questo circuito nella pagina riservata del sito (CONVERTITORE I-I CARICO GALLEGGIANTE.CIR).

D:\DOCUMENTI\ITIS MARCONI\APPUNTI\ANNO SCOLASTICO 2002 2003\ELETTRONICA QUINTA\CONVERTITORI V-I E I-V.doc
creato domenica 09 febbraio 2003 - ultimo salvataggio venerdì 21 febbraio 2003 ore 20.09 - versione n. 12,
Autore: Pierluigi D'amico
E-mail: pierluigi.damico@istruzione.it
WEB: http://digilander.libero.it/pldaitimarconi/index.html (LOGIN: area PASSWORD: elettronica)