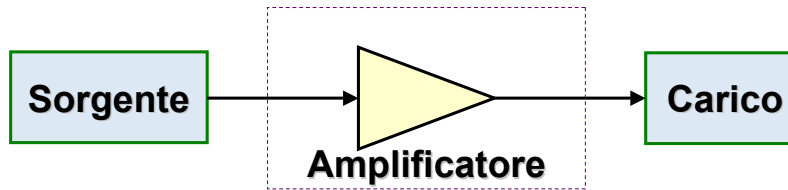




Elaborazione di segnali elettrici

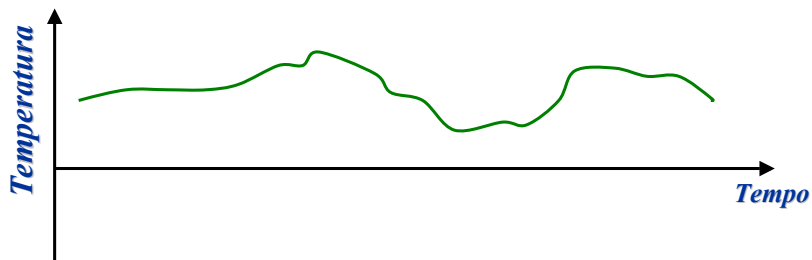
Amplificazione



Segnali

Segnale: supporto fisico di natura qualunque (elettrica, acustica, ottica, etc.) cui si associa una informazione allo scopo di poterla trasferire da una sorgente ad un utilizzatore.

Esempio: temperatura ambiente in un determinato periodo di tempo





Segnali

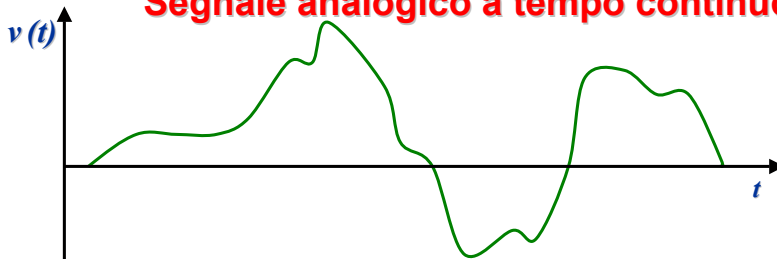
Esempi:

- segnale di tensione prodotto da un sensore di luminosità
- onda acustica prodotta da un altoparlante
- luce emessa da un semaforo
-

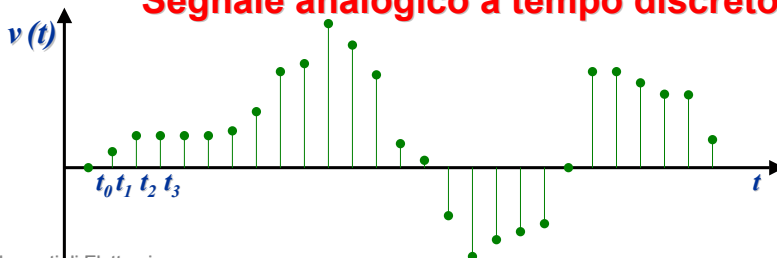


Segnali analogici e digitali

Segnale analogico a tempo continuo

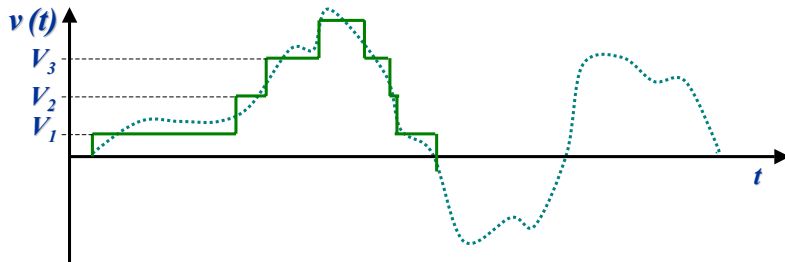


Segnale analogico a tempo discreto



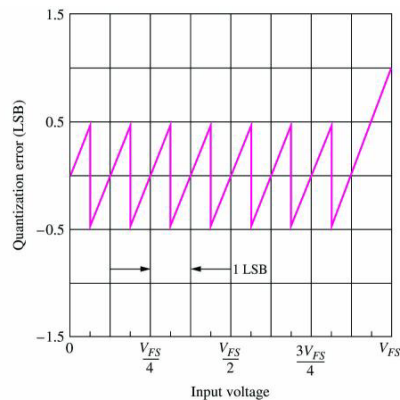
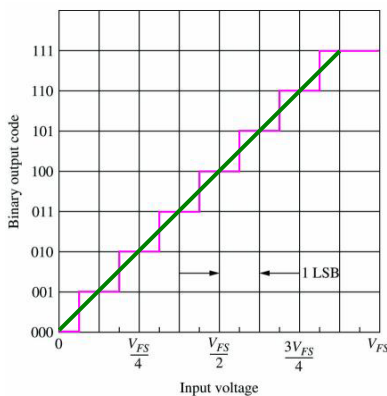
Segnali analogici e digitali

Segnale digitale (quantizzato)



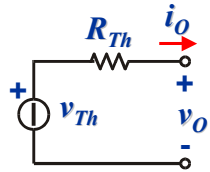
Segnale ad ampiezze discrete e a tempo continuo

Segnali analogici e digitali



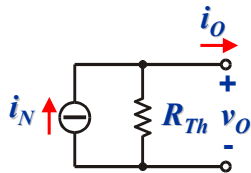
Sorgenti

Rappresentazione secondo Thévenin



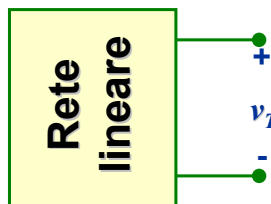
v_{Th} = tensione a vuoto

Rappresentazione secondo Norton



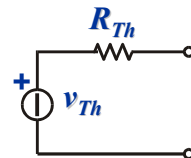
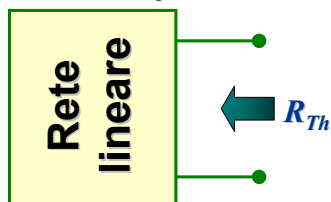
i_N = corrente di cortocircuito

Rappresentazione Thévenin

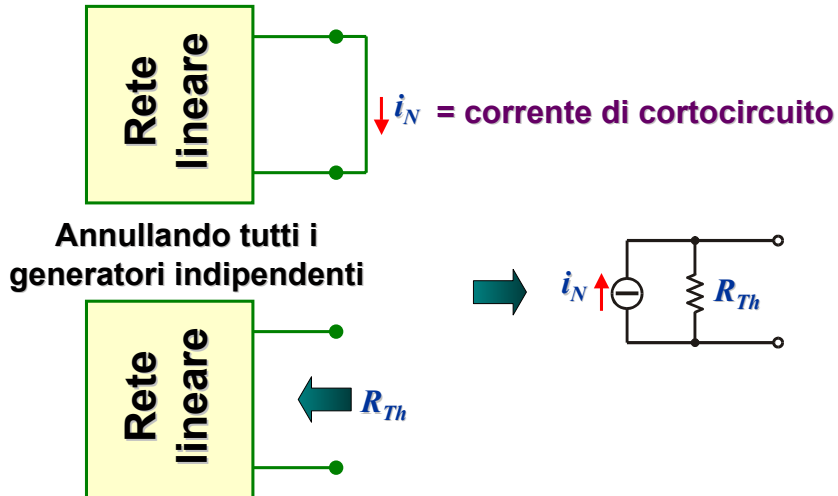


= tensione a vuoto

Annullando tutti i generatori indipendenti



Rappresentazione Norton



Equivalenza



$$v_{Th} = R_{Th} i_N$$

$$R_{Th} = \frac{v_{Th}}{i_N} = \frac{\text{tensione a vuoto}}{\text{corrente di cortocircuito}}$$

Principio di sovrapposizione degli effetti

c = causa

$$c_1 \rightarrow e_1$$

e = effetto

$$c_2 \rightarrow e_2$$

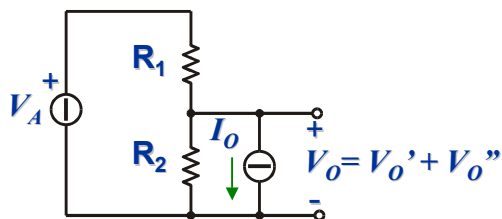


$$\alpha c_1 + \beta c_2 \rightarrow \alpha e_1 + \beta e_2$$

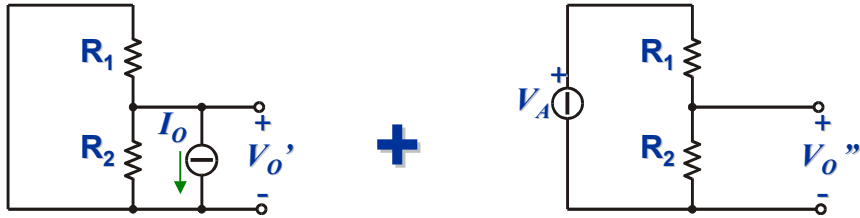
$$\alpha, \beta \in \mathfrak{R}$$

Principio di sovrapposizione degli effetti

Esempio:



Principio di sovrapposizione degli effetti



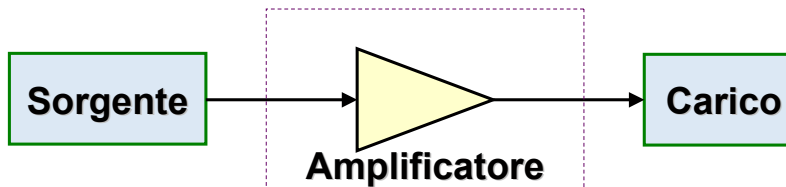
$$V_O' = -I_O \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

+

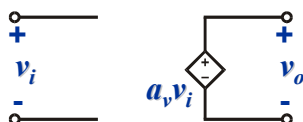
$$V_O'' = V_A \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_O = V_A \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_O \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Amplificatore



Esempio: amplificatore di tensione ideale
 rappresentazione mediante generatore di tensione
 controllato in tensione (VCVS)



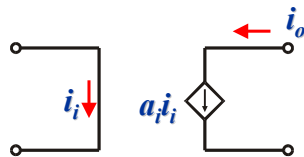
$$a_v = \frac{v_o}{v_i}$$

**Guadagno di
tensione a vuoto**

E' unilatero!

Amplificatore di corrente ideale

Rappresentazione mediante generatore di corrente controllato in corrente (CCCS)



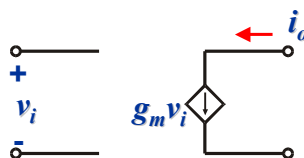
$$a_i = \frac{i_o}{i_i}$$



Guadagno di corrente di cortocircuito

Amplificatore di transconduttanza ideale

Rappresentazione mediante generatore di corrente controllato in tensione (VCCS)



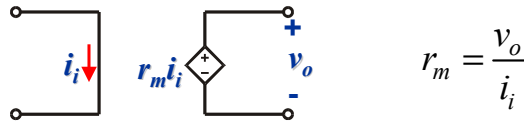
$$g_m = \frac{i_o}{v_i}$$



Guadagno di transconduttanza di cortocircuito

Amplificatore di transresistenza ideale

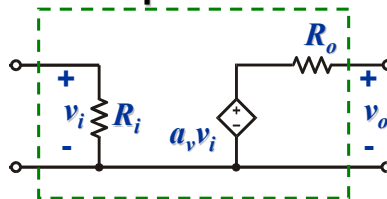
Rappresentazione mediante generatore di tensione controllato in corrente (CCVS)



Guadagno di transresistenza di circuito aperto

Amplificatore di tensione reale

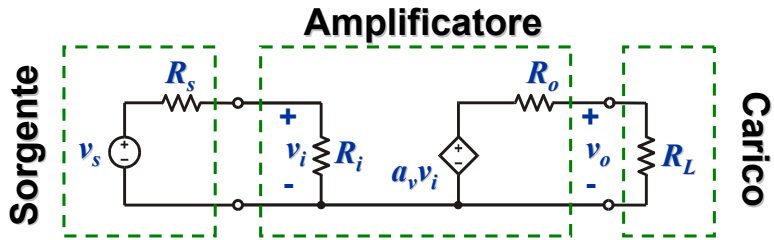
Amplificatore



R_i = resistenza d'ingresso dell'amplificatore

R_o = resistenza di uscita dell'amplificatore

Amplificatore di tensione reale



$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_i} \frac{v_i}{v_s} = a_v \left(\frac{R_L}{R_L + R_o} \right) \left(\frac{R_i}{R_i + R_s} \right) \leq a_v$$

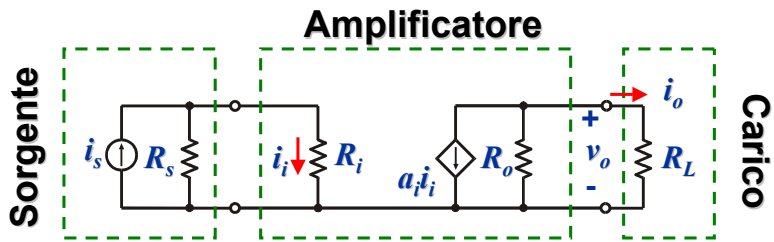
Attenuazione d'uscita
Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di tensione reale

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_i} \frac{v_i}{v_s} = a_v \frac{R_L}{R_L + R_o} \frac{R_i}{R_i + R_s} \leq a_v$$

$$A_v = a_v \text{ solo se } R_o = 0 \text{ e } R_i \rightarrow \infty$$

Amplificatore di corrente reale



$$A_i = \frac{i_o}{i_s} = \frac{i_o}{i_i} \frac{i_i}{i_s} = -a_i \frac{R_o}{R_L + R_o} \frac{R_s}{R_i + R_s}$$

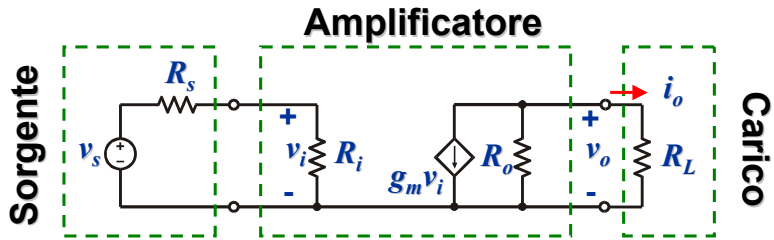
Attenuazione d'uscita
Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di corrente reale

$$A_i = \frac{i_o}{i_s} = \frac{i_o}{i_i} \frac{i_i}{i_s} = -a_i \frac{R_o}{R_L + R_o} \frac{R_s}{R_i + R_s}$$

$$|A_i| = a_i \text{ solo se } R_o \rightarrow \infty \text{ e } R_i = 0$$

Amplificatore di transconduttanza ideale



$$G_m = \frac{i_o}{v_s} = \frac{i_o}{v_i} \frac{v_i}{v_s} = -g_m \frac{R_o}{R_L + R_o} \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

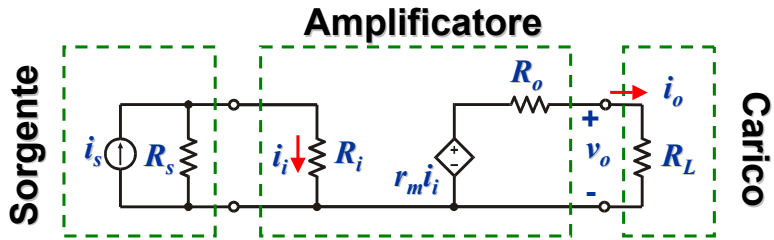
Attenuazione d'uscita
Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di transconduttanza ideale

$$G_m = \frac{i_o}{v_s} = \frac{i_o}{v_i} \frac{v_i}{v_s} = -g_m \frac{R_o}{R_L + R_o} \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

$$|G_m| = g_m \text{ solo se } R_o \rightarrow \infty \text{ e } R_i \rightarrow \infty$$

Amplificatore di transresistenza ideale



$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = \frac{v_o}{i_i} \frac{i_i}{i_s} = r_m \frac{R_L}{R_L + R_o} \frac{R_s}{R_i + R_s}$$

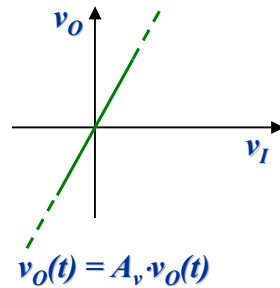
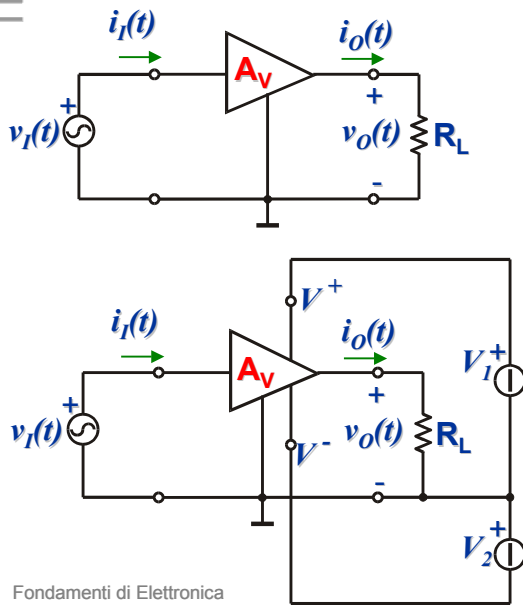
Attenuazione d'uscita
Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di transresistenza ideale

$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = \frac{v_o}{i_i} \frac{i_i}{i_s} = r_m \frac{R_L}{R_L + R_o} \frac{R_s}{R_i + R_s}$$

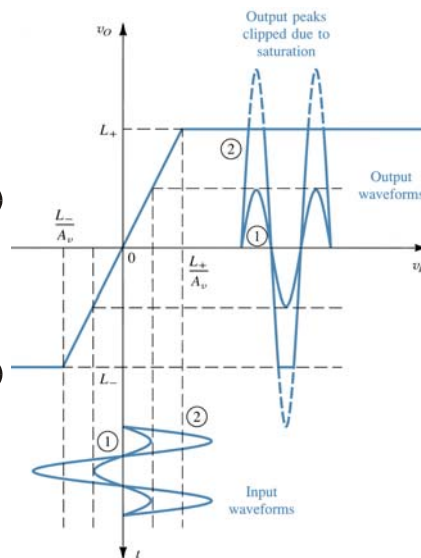
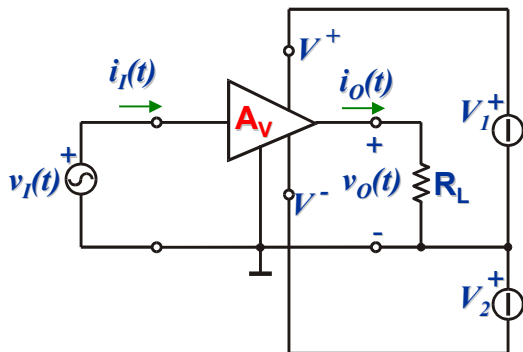
$$R_m = r_m \text{ solo se } R_o = 0 \text{ e } R_i = 0$$

Amplificazione e saturazione

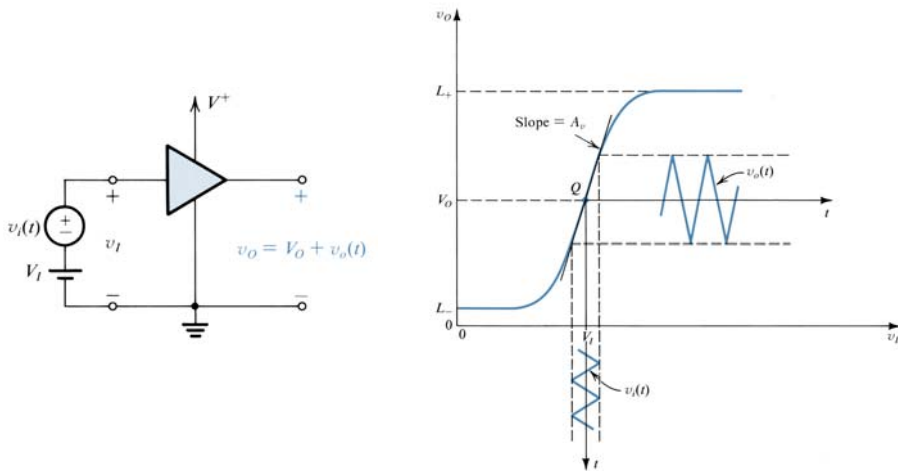


$$-V_2 < v_O(t) < +V_1$$

Amplificazione e saturazione



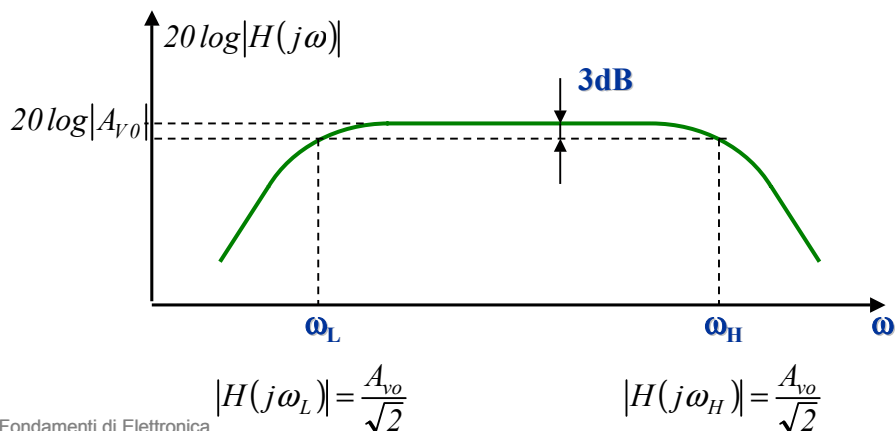
Linearità e polarizzazione



Risposta in frequenza

$$H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)}$$

Funzione di trasferimento



Notazione

- $v_I(t) \dots$ ■ Grandezze totali istantanee rappresentate da variabili minuscole con pedici maiuscoli
- $V_I \dots$ ■ Valori continui e medi rappresentati da variabili maiuscole con pedici maiuscoli
- $v_i(t) \dots$ ■ Grandezze variabili nel tempo a valore medio nullo rappresentate da variabili minuscole con pedici minuscoli
- $V_i \dots$ ■ Valori di picco di grandezze sinusoidali, fasori, trasformate di Fourier e di Laplace rappresentate da variabili maiuscole con pedici minuscoli

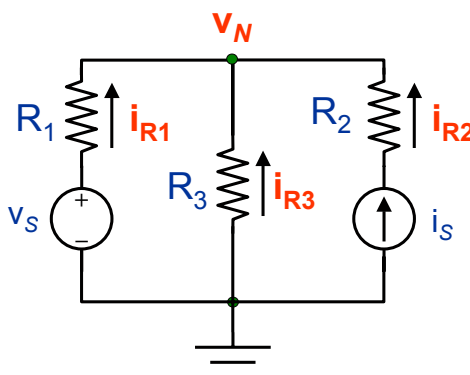
$$v_T = V_{DC} + V_{sig}$$

$$i_T = I_{DC} + i_{sig}$$

Esercizi proposti

Risolvere il circuito di figura (determinare: i_{R1} , i_{R2} , i_{R3} , v_N).

DATI: $R_1=1k\Omega$, $R_2=2k\Omega$, $R_3=3k\Omega$, $v_S=10V$, $i_S=5mA$



Risolvere il circuito utilizzando diverse metodologie:

- 1) Kirchhoff
- 2) Sovrapp. Effetti
- 3) Equival. Thevenin
- 4) Equival. Norton

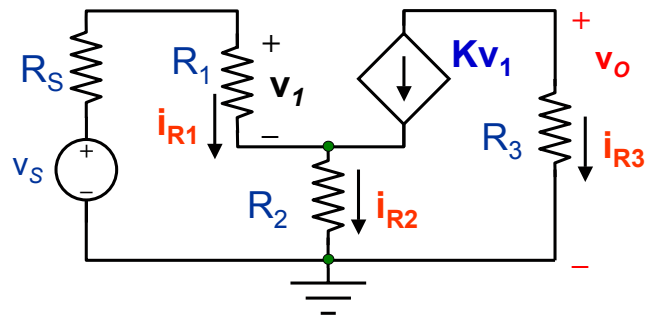
$$i_{R1} = -1.25 \text{ mA}, i_{R2} = 5 \text{ mA}, i_{R3} = -3.75 \text{ mA}, v_N = 11.25 \text{ V}$$



Esercizi proposti

Risolvere il circuito di figura (determinare: i_{R1} , i_{R2} , i_{R3} , v_O).

DATI: $R_S=1k\Omega$, $R_1=1k\Omega$, $R_2=2k\Omega$, $R_3=3k\Omega$, $v_S=5V$, $K=100mS$



$$i_{R1}=24.5 \mu A, i_{R2}=2.476 mA, i_{R3}=-2.451 mA, v_O=-7.35 V$$