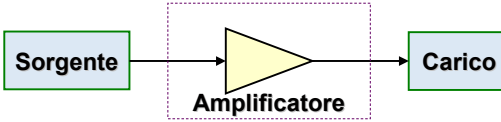


Elaborazione di segnali elettrici

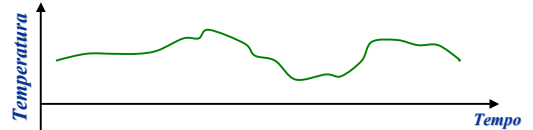
Amplificazione



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



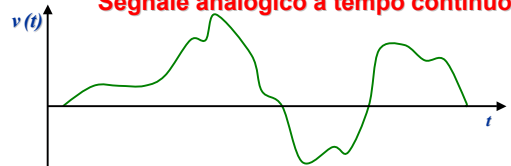
Segnali

Esempi:

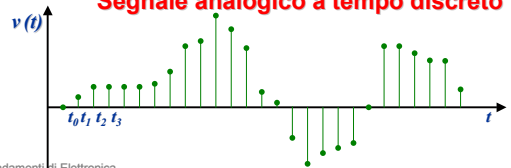
- segnale di tensione prodotto da un sensore di luminosità
- onda acustica prodotta da un altoparlante
- luce emessa da un semaforo
-

Segnali analogici e digitali

Segnale analogico a tempo continuo

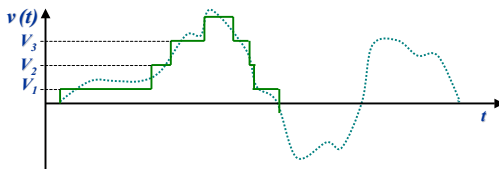


Segnale analogico a tempo discreto



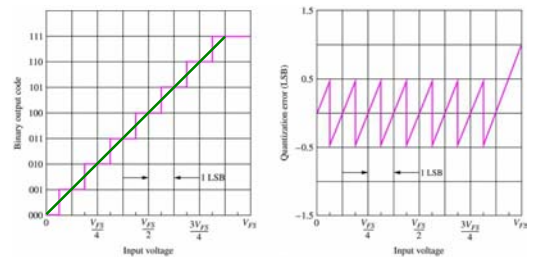
Segnali analogici e digitali

Segnale digitale (quantizzato)



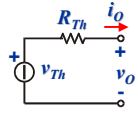
Segnale ad ampiezze discrete e a tempo continuo

Segnali analogici e digitali



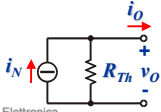
Sorgenti

Rappresentazione secondo Thévenin



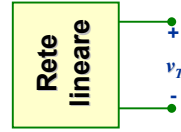
v_{Th} = tensione a vuoto

Rappresentazione secondo Norton

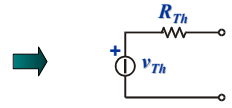
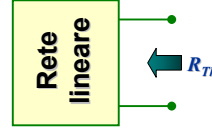


i_N = corrente di cortocircuito

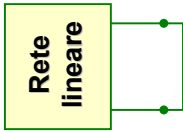
Rappresentazione Thévenin



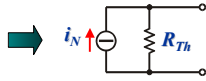
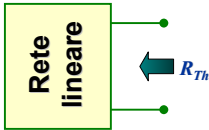
Annullando tutti i generatori indipendenti



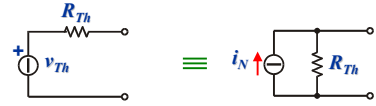
Rappresentazione Norton



Annullando tutti i generatori indipendenti



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

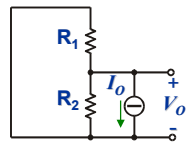
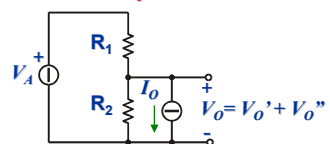
$$c_2 \rightarrow e_2$$

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

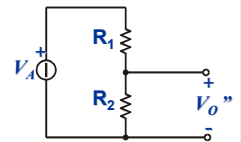
$$\alpha, \beta \in \mathfrak{R}$$

Principio di sovrapposizione degli effetti

Esempio:



+



Principio di sovrapposizione degli effetti

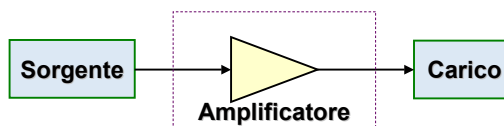


$$V'_O = -I_0 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

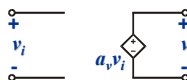
$$V''_O = V_A \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_O = V_A \frac{R_2}{R_1 + R_2} - I_0 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Amplificatore



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

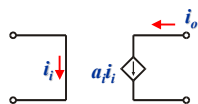


$$a_v = \frac{v_o}{v_i} \quad \text{Guadagno di tensione a vuoto}$$

E' unilatero!

Amplificatore di corrente ideale

Rappresentazione mediante generatore di corrente controllato in corrente (CCCS)

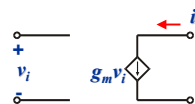


$$a_i = \frac{i_o}{i_i}$$

Guadagno di corrente di cortocircuito

Amplificatore di transconduttanza ideale

Rappresentazione mediante generatore di corrente controllato in tensione (VCCS)

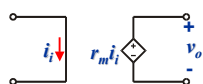


$$g_m = \frac{i_o}{v_i}$$

Guadagno di transconduttanza di cortocircuito

Amplificatore di transresistenza ideale

Rappresentazione mediante generatore di tensione controllato in corrente (CCVS)

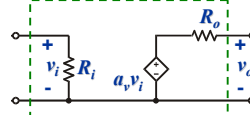


$$r_m = \frac{v_o}{i_i}$$

Guadagno di transresistenza di circuito aperto

Amplificatore di tensione reale

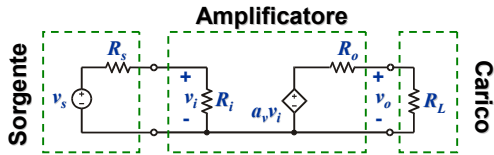
Amplificatore



R_i = resistenza d'ingresso dell'amplificatore

R_o = resistenza di uscita dell'amplificatore

Amplificatore di tensione reale



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

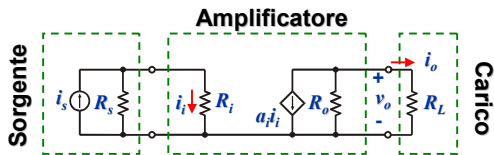
Attenuazione d'uscita
Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di tensione reale

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

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

Amplificatore di corrente reale



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

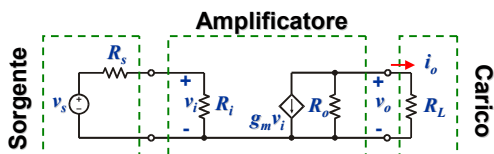
Attenuazione d'uscita
Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di corrente reale

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

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

Amplificatore di transconduttanza ideale



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

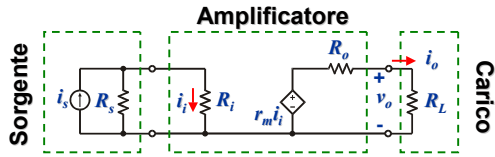
Attenuazione d'uscita
Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di transconduttanza ideale

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

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

Amplificatore di transresistenza ideale



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

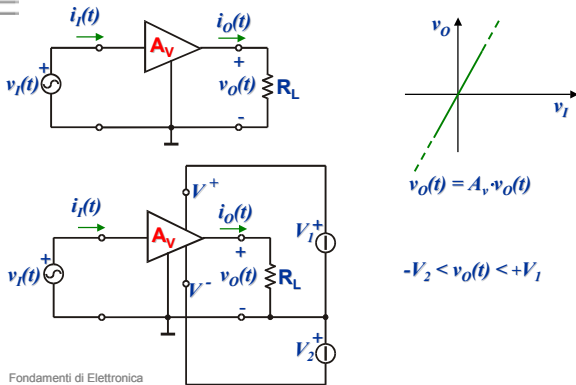
Attenuazione d'uscita Attenuazione d'ingresso

Amplificatore di transresistenza ideale

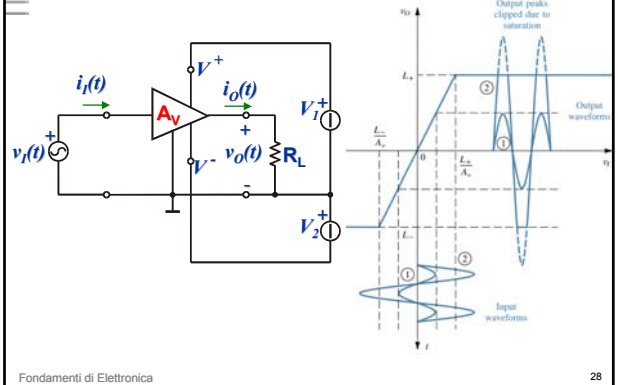
$$R_m = \frac{v_o}{i_s} = \frac{v_o}{i_i} \frac{i_i}{i_s} = r_m \frac{R_L}{R_L + R_o} \frac{R_s}{R_i + R_s}$$

$R_m = r_m$ solo se $R_o = 0$ e $R_i = 0$

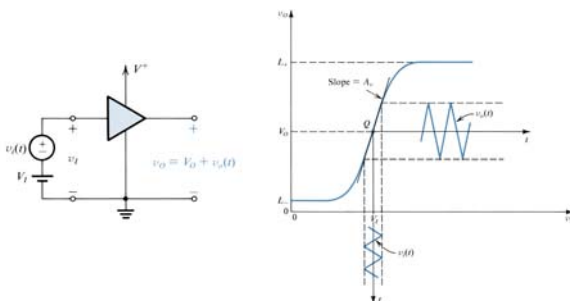
Amplificazione e saturazione



Amplificazione e saturazione

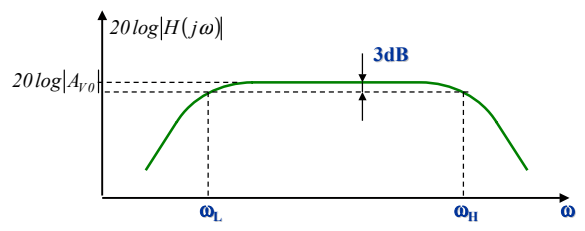


Linearità e polarizzazione



Risposta in frequenza

$$H(j\omega) = \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \quad \text{Funzione di trasferimento}$$



$$|H(j\omega_L)| = \frac{A_{v0}}{\sqrt{2}}$$

$$|H(j\omega_H)| = \frac{A_{v0}}{\sqrt{2}}$$

Notazione

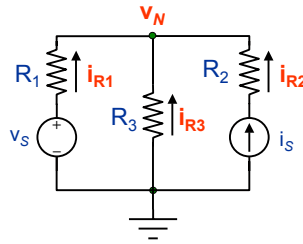
- $v_i(t)$... ■ Grandezze totali istantanee rappresentate da variabili minuscole con pedici maiuscoli
- V_i ... ■ Valori continui e medi rappresentati da variabili maiuscole con pedici maiuscoli
- $v_i(t)$... ■ Grandezze variabili nel tempo a valore medio nullo rappresentate da variabili minuscole con pedici minuscoli
- V_i ... ■ 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: $R_1=1k\Omega$, $R_2=2k\Omega$, $R_3=3k\Omega$, $v_s=10V$, $i_s=5mA$



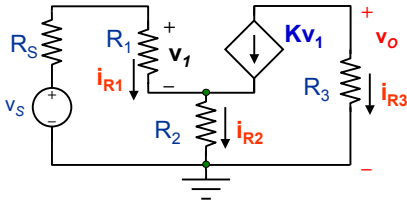
Risolvere il circuito utilizzando diverse metodologie:

- 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: $R_s=1k\Omega$, $R_1=1k\Omega$, $R_2=2k\Omega$, $R_3=3k\Omega$, $v_s=5V$, $K=100mS$



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