



# Elettrotecnica

## Parte 2: Caratteristiche dei componenti

Prof . Ing. Giambattista Gruosso, Ph. D.

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

# Indice

- **Caratteristiche dei componenti**
- **Resistore**
- **Generatore di Tensione**
- **Generatore di Corrente**
- **Generatori Controllati**
- **Serie di Resistori**
- **Partitore di Tensione**
- **Parallelo di Resistori**
- **Partitore di Corrente**
- **Serie di generatori**
- **Generatore Reale di Tensione e di corrente**
- **Trasformazione dei generatori.**



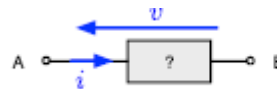
# Caratteristiche dei Bipoli

I bipoli sono completamente caratterizzati dalla corrente  $i(t)$  che li attraversa e dalla tensione  $v(t)$  che vi è fra i loro terminali.

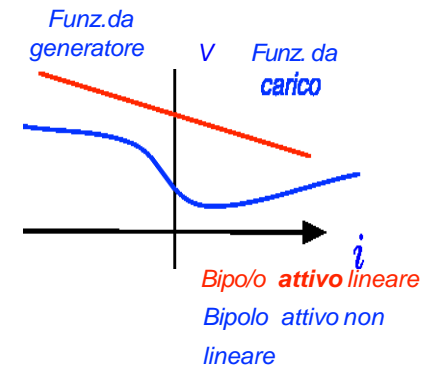
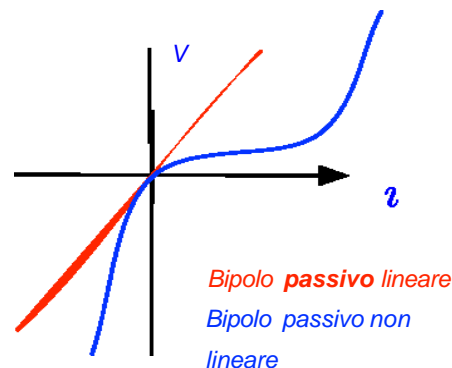
L'equazione analitica che esprime il legame tensione-corrente è detta "equazione caratteristica" o semplicemente "caratteristica" del componente.

□ Un bipolo si dice caratterizzato in corrente se è possibile esprimere la tensione in funzione della corrente:  $V=V(I)$

□ Un bipolo si dice caratterizzato in tensione se è possibile esprimere la corrente in funzione della tensione:  $I=I(V)$



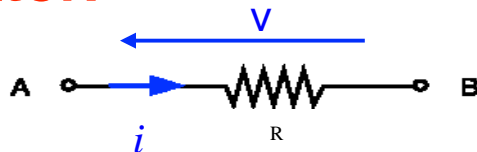
Convenzione dell'utilizzatore



# Resistore Ideale

## Casi limite: corto circuito ideale e circuito aperto ideale

### Utilizzatori

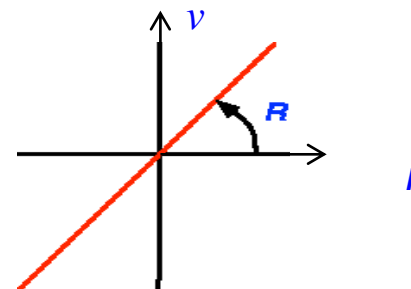


Legge di  
Ohm

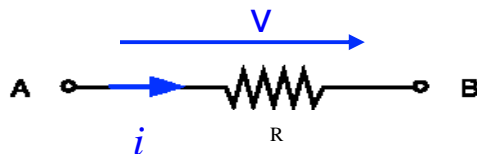
$$v = R \cdot i$$

Oppure

$$i = G \cdot v$$



### Generatori

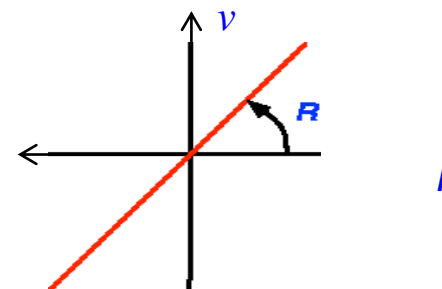


Legge di  
Ohm

$$v = -R \cdot i$$

Oppure

$$i = -G \cdot v$$



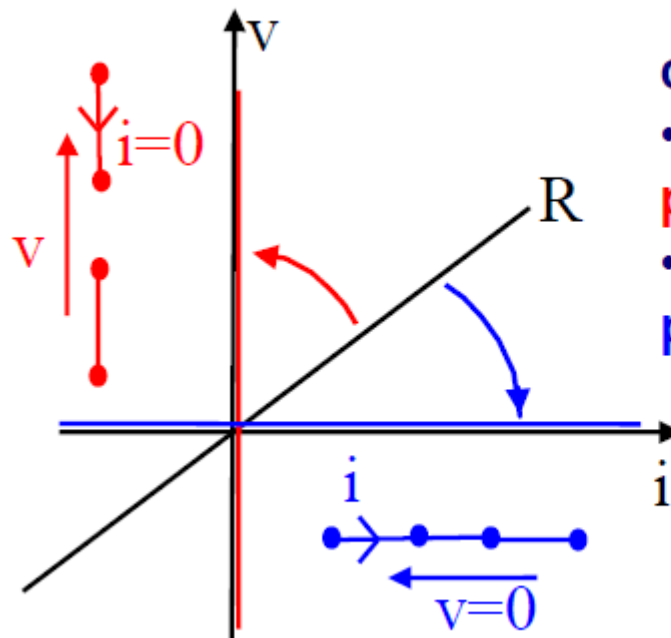
# Resistore Ideale

## Casi limite: corto circuito ideale e circuito aperto ideale

POLITECNICO DI MILANO



Prof. G. Gruosso

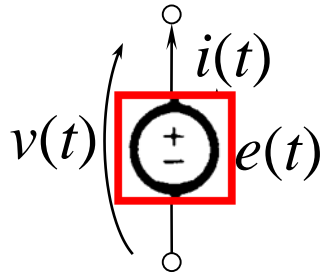


comportamenti limite di  $R$ :

- **circuito aperto ideale:**  $i=0$  per ogni  $v$
- **corto circuito ideale:**  $v=0$  per ogni  $i$

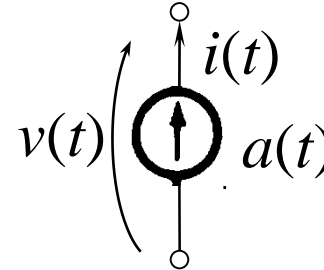
# Generatori ideali

Generatore ideale di tensione

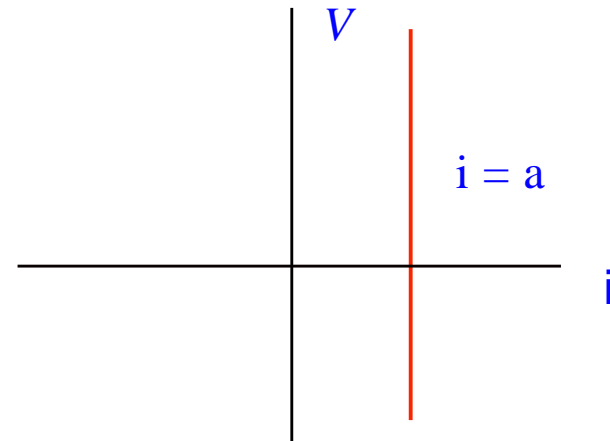
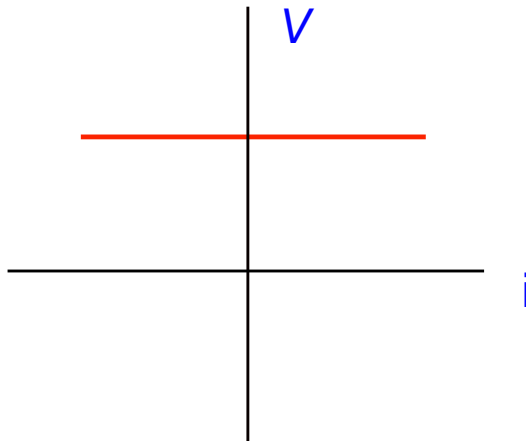


$$v(t) = e(t)$$

Generatore ideale di corrente



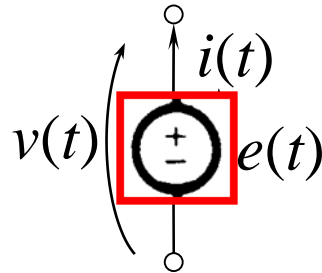
$$i(t) = a(t)$$



Generatore ideale non ammette equazione inversa e non dipende dalla convenzione.

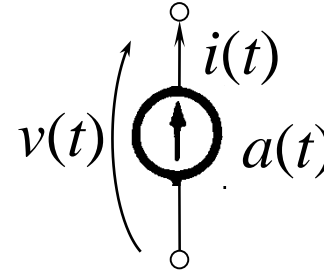
# Generatori ideali

Generatore ideale di tensione



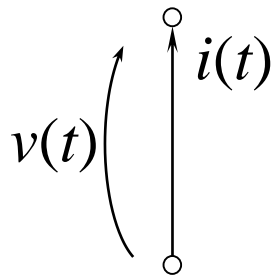
$$v(t) = e(t)$$

Generatore ideale di corrente



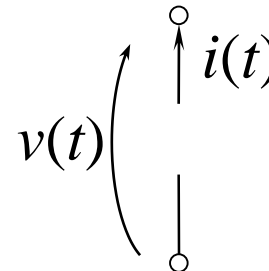
$$i(t) = a(t)$$

Corto Circuito



$$v(t) = 0$$

Circuito Aperto



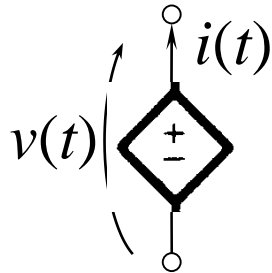
$$i(t) = 0$$

Caso degenerare del generatore di tensione o del resistore di resistenza nulla

Caso degenerare del generatore di corrente o del resistore di resistenza infinita o conduttanza nulla

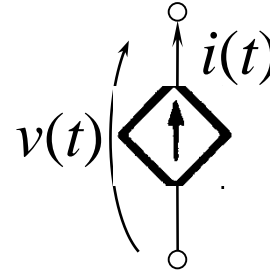
# Generatori Controllati

Generatore di tensione controllato  
in tensione



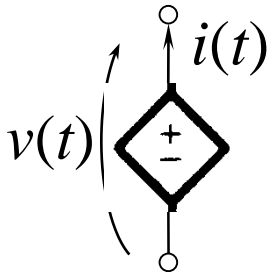
$$v(t) = \alpha v_x(t)$$

Generatore di corrente controllato in  
tensione



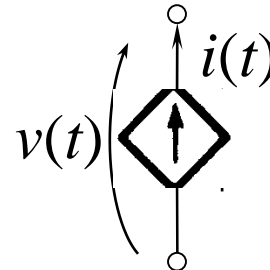
$$i(t) = G_m v_x(t)$$

Generatore di tensione controllato  
in Corrente



$$v(t) = R_m i_x(t)$$

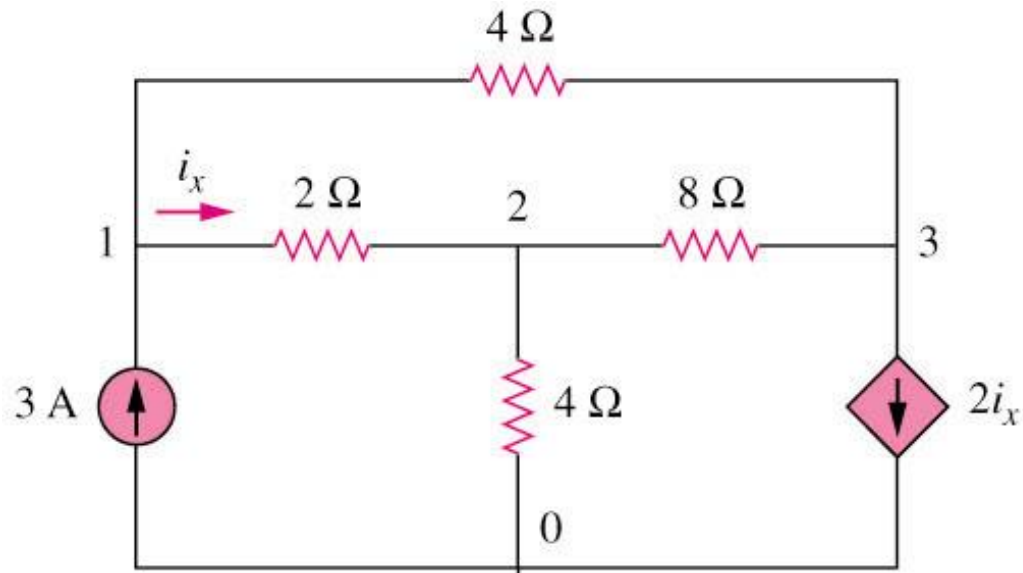
Generatore di corrente controllato in  
corrente



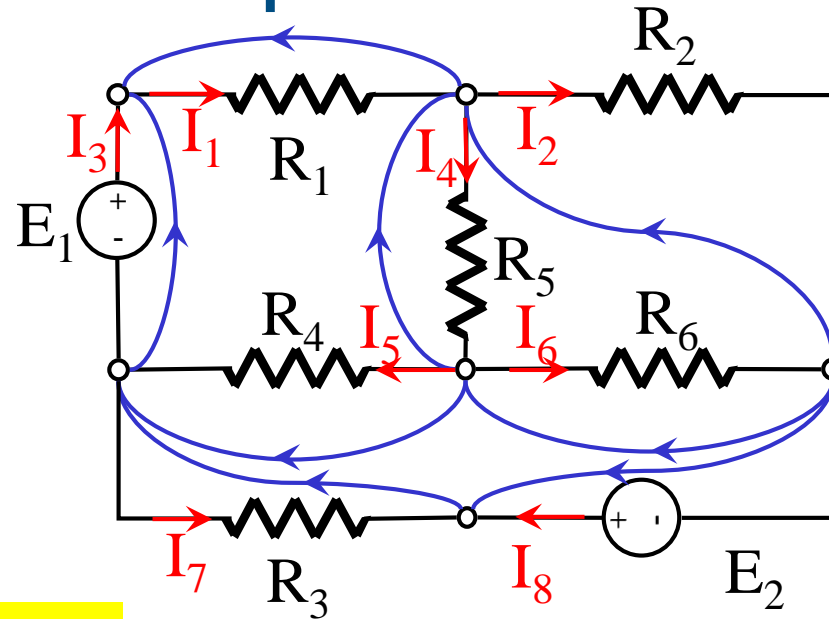
$$i(t) = \beta i_x(t)$$



# Generatori Controllati: esempio di circuito



# Esempio di soluzione di una rete



$$\begin{aligned} V_1 &= R_1 I_1 \\ V_2 &= R_2 I_2 \\ V_3 &= E_1 \\ V_4 &= R_5 I_4 \\ V_5 &= R_4 I_5 \\ V_6 &= R_6 I_6 \\ V_7 &= R_3 I_7 \\ V_8 &= E_2 \end{aligned}$$

$$I_3 - I_1 = 0$$

$$I_5 - I_7 - I_1 = 0$$

$$I_5 - I_2 + I_1 = 0$$

$$I_6 + I_2 + I_7 = 0$$

$$I_8 + I_7 = 0$$

$$V_1 - V_3 - V_5 + V_4 = 0$$

$$V_2 - V_4 - V_6 = 0$$

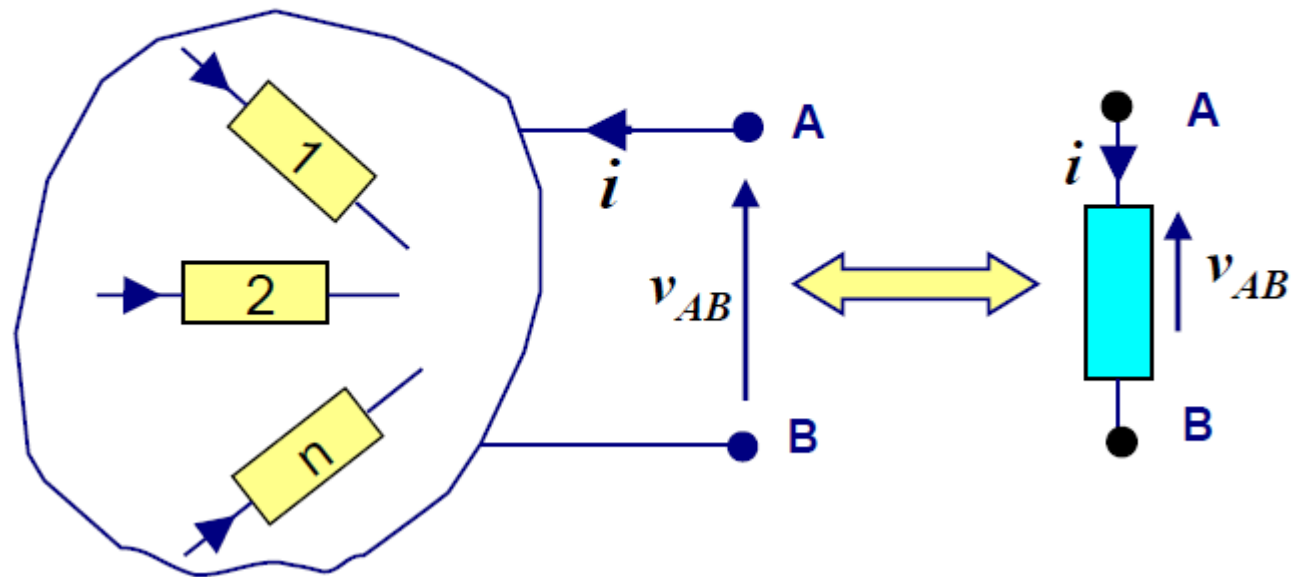
$$V_7 - V_5 - V_6 + V_8 = 0$$

# Concetto di Equivalenza

POLITECNICO DI MILANO

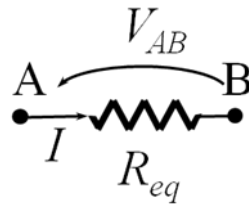
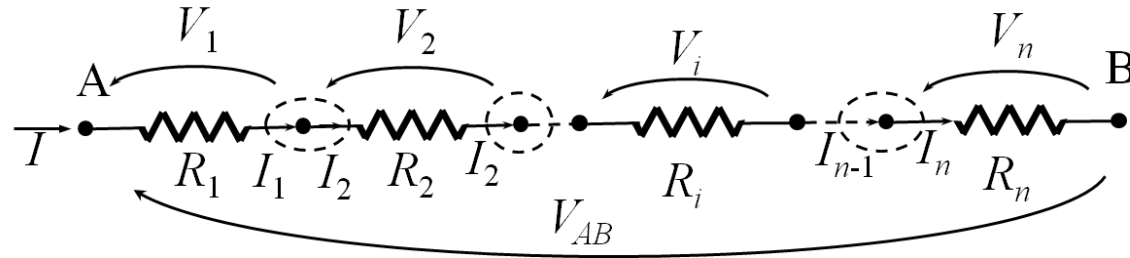


Due bipoli (o gruppi di bipoli) si dicono equivalenti se esibiscono la stessa caratteristica ai morsetti.



Prof. G. Gruosso

# Serie di Resistori

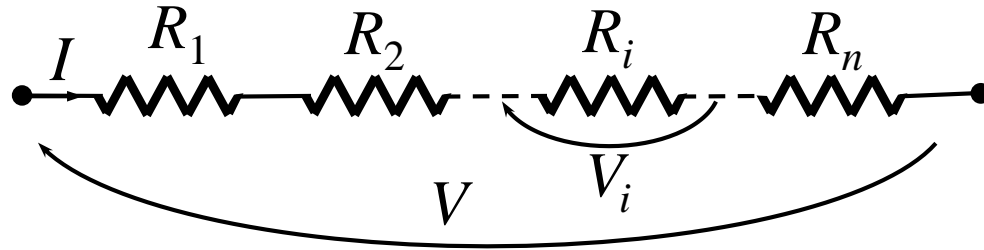


$$I_1 = I_2 = \Lambda = I_i = \Lambda = I_n = I$$

$$V_{AB} = V_1 + V_2 + \Lambda + V_i + \Lambda + V_n = R_1 I_1 + R_2 I_2 + \Lambda + R_n I_n = \\ (R_1 + \Lambda + R_n) \cdot I = R_{eq} \cdot I \Rightarrow$$

$$R_{eq} = \sum_i R_i$$

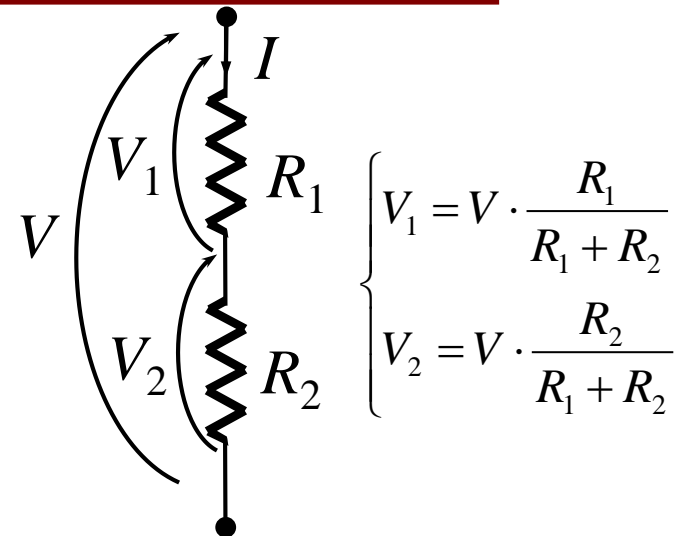
# Partitore di tensione



$$V_i = R_i I \quad V = (R_1 + \Lambda + R_n) I \Rightarrow I = V / \sum_h R_h$$

$$V_i = V \cdot \frac{R_i}{\sum_h R_h}$$

Nel caso di due soli resistori:

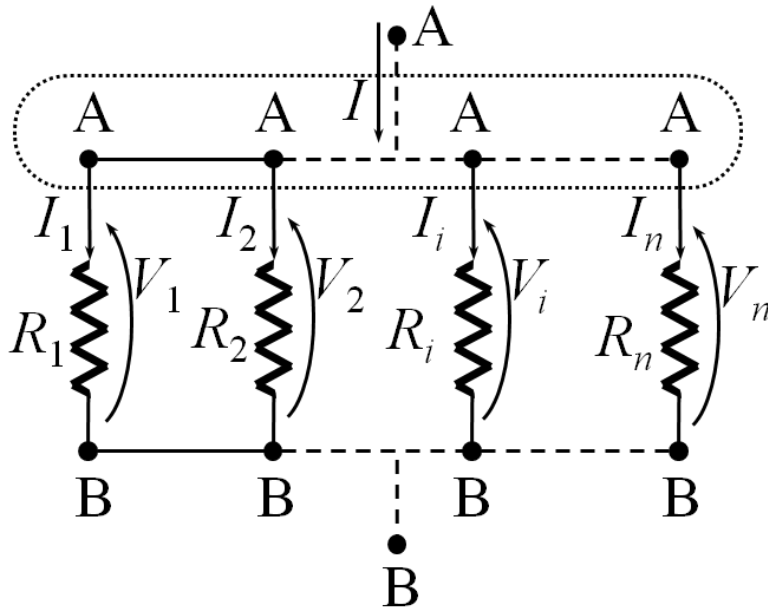


# Parallelo di Resistori

POLITECNICO DI MILANO



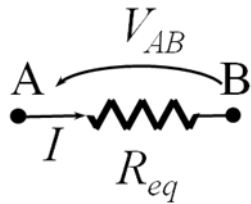
Prof. G. Grusso



$$V_i = R_i I_i \quad I_i = \frac{V_i}{R_i} = G_i V_i$$

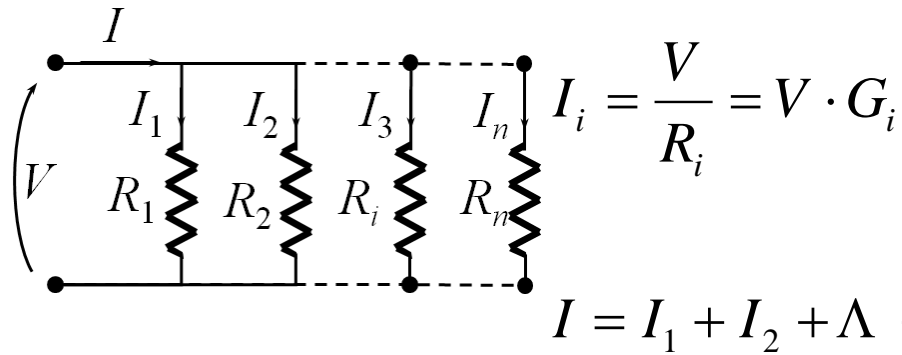
$$V_1 = V_2 = \Lambda = V_i = V_n = V$$

$$I = I_1 + \Lambda + I_n = \frac{V_1}{R_1} + \Lambda + \frac{V_n}{R_n} = \left( \frac{1}{R_1} + \Lambda + \frac{1}{R_n} \right) \cdot V$$



$$G_{eq} = \sum_i G_i = \sum_i \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_{eq}}$$

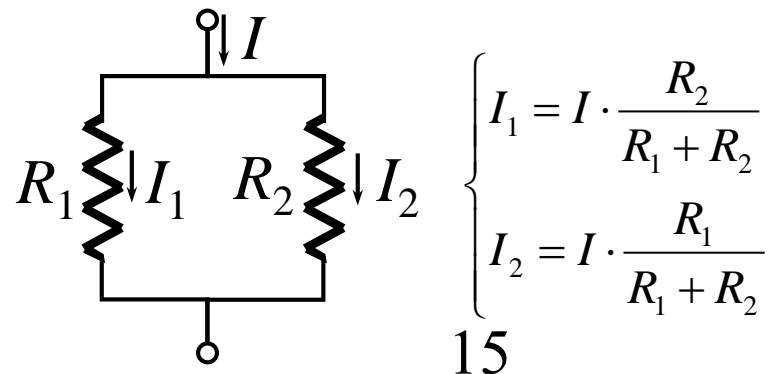
# Partitore di Corrente



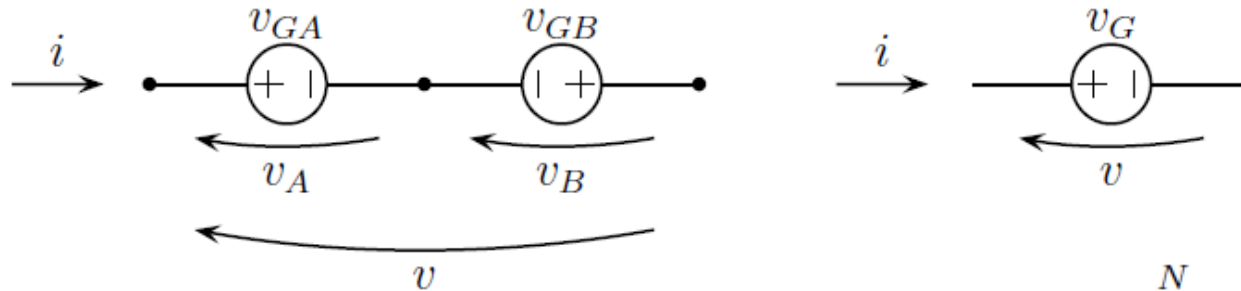
$$V \cdot (G_1 + G_2 + G_i + G_n) \Rightarrow V = \frac{I}{\sum_h G_h}$$

$$\Rightarrow I_i = G_i \cdot V = \frac{G_i}{\sum_h G_h} \cdot I$$

Nel caso di due soli resistori:

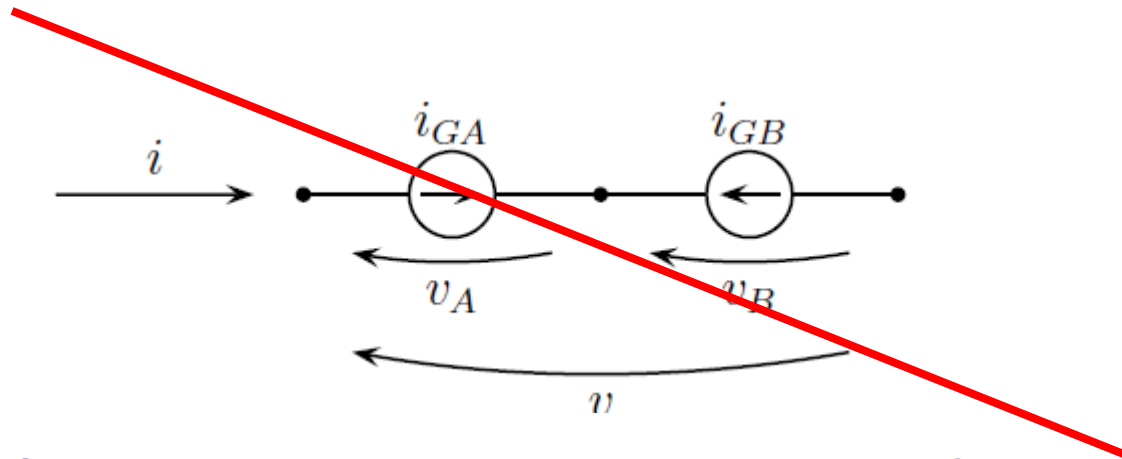


# Serie di generatori (sia ideali che controllati)



Generatori di tensione in serie

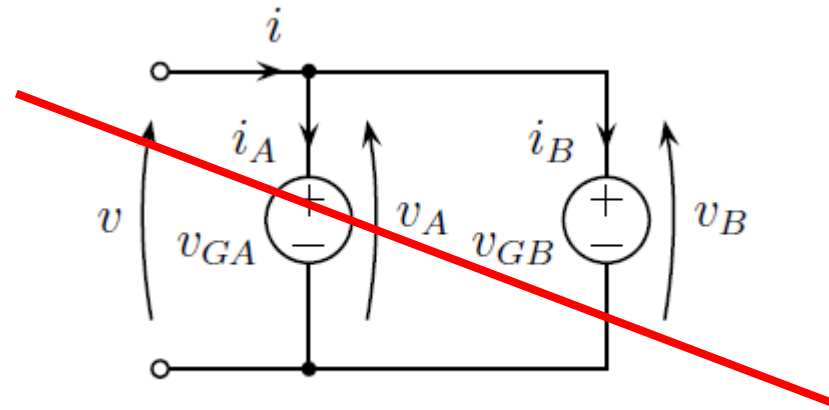
$$v_G = \sum_{k=1}^N \pm v_{Gk}$$



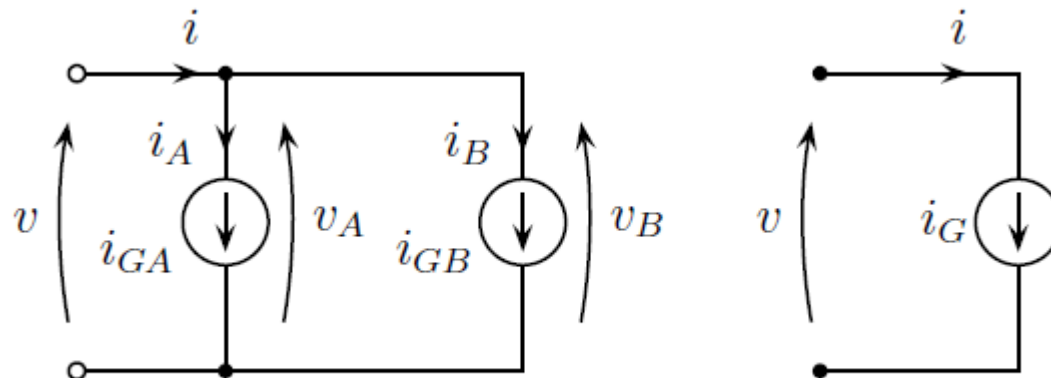
Generatori di corrente in serie: caso vietato perché viola la legge LKC



# Parallelo di generatori (sia ideali che controllati)



Generatori di tensione in Parallelo: Caso vietato perché viola la LKT

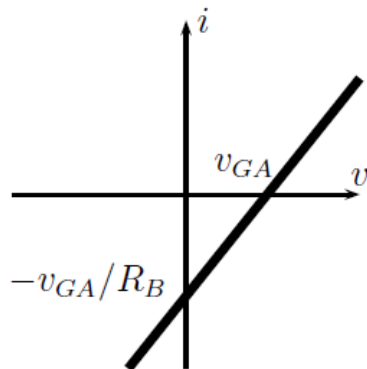
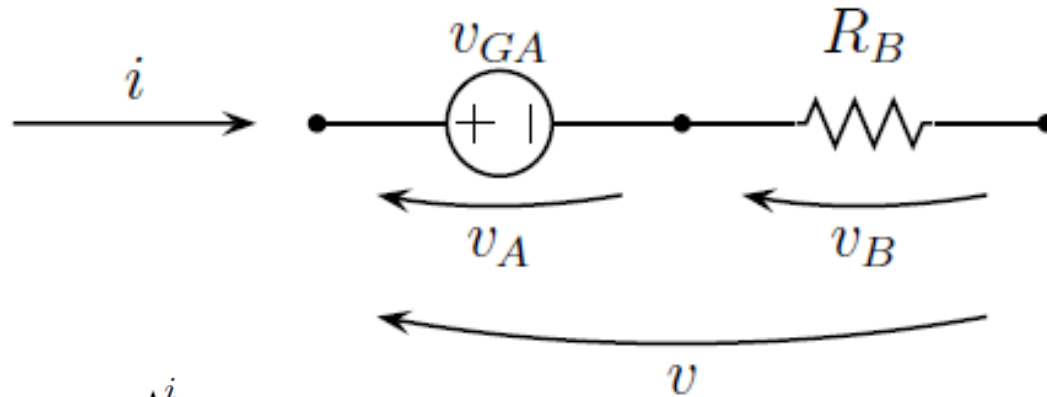


Generatori di corrente in Parallelo

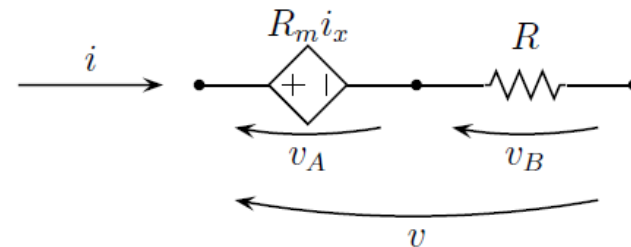
$$i = \sum_{j=1}^N \pm i_{Gj}$$

# Serie di un generatore di tensione con un resistore: Generatore reale di tensione

POLITECNICO DI MILANO



$$v = v_A + v_B = v_{GA} + R_B i$$

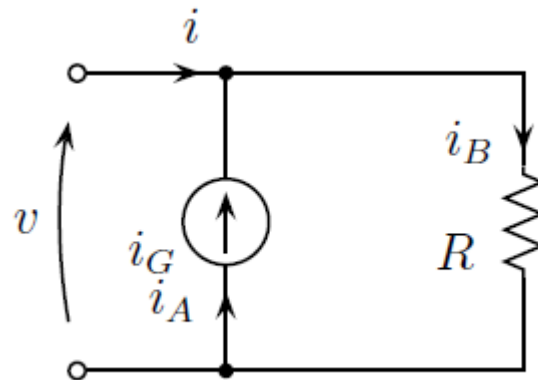


# Parallelo di un generatore di corrente con un resistore: Generatore reale di corrente

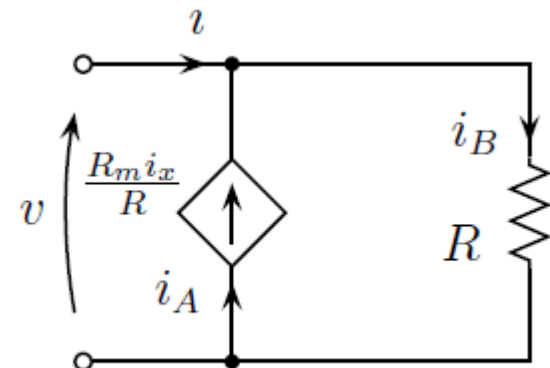
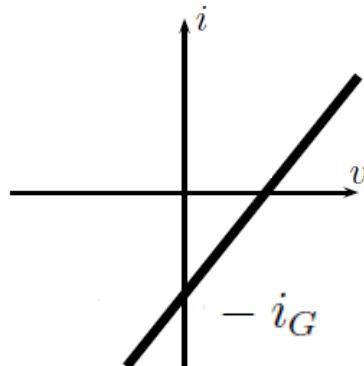
POLITECNICO DI MILANO



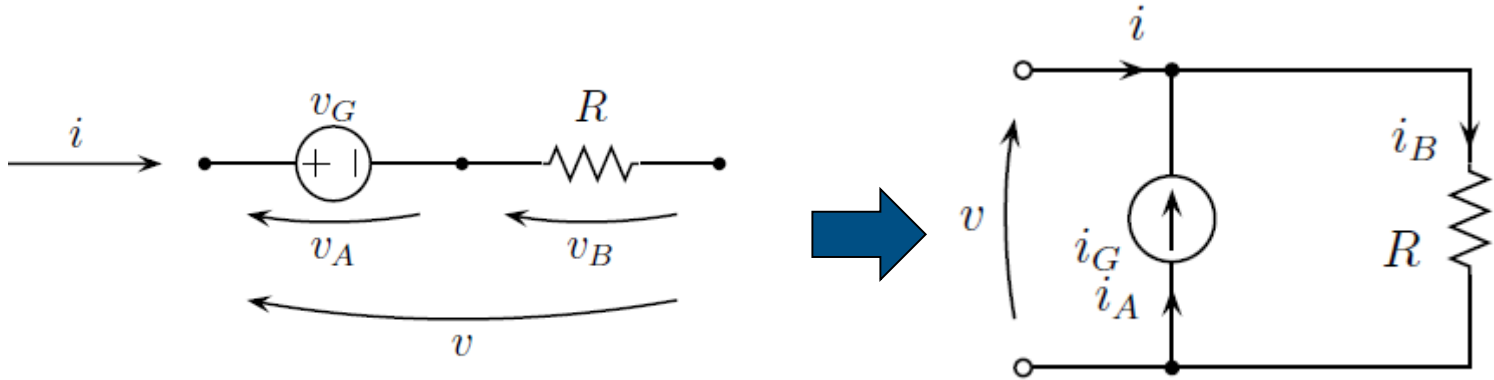
Prof. G. Grusso



$$i = Gv - i_G$$



# Trasformazione dei generatori



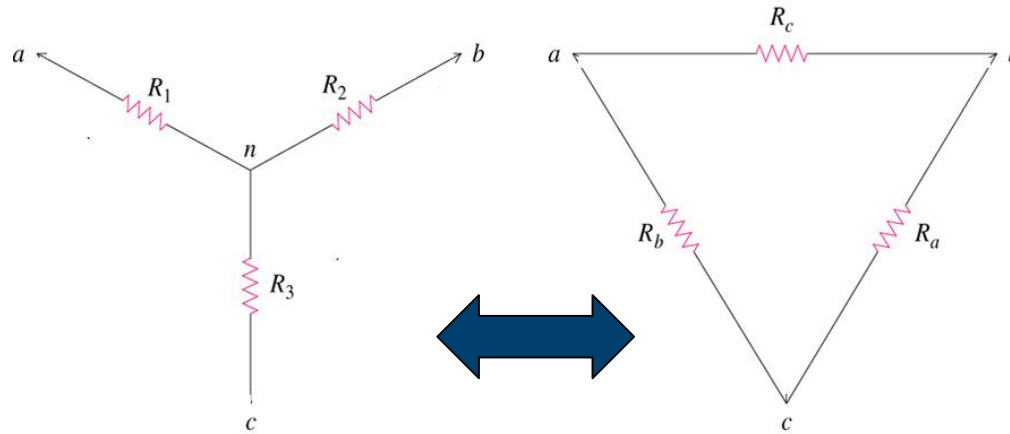
$$v = v_G + Ri$$

$$i = Gv - i_G$$

$$\frac{v}{R} = \frac{v_G}{R} + i$$

$$i = \frac{v}{R} - \frac{v_G}{R}$$

# Collegamenti a Stella e a Triangolo



$$R_1 = \frac{R_b R_c}{(R_a + R_b + R_c)}$$

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}$$

$$R_2 = \frac{R_c R_a}{(R_a + R_b + R_c)}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{(R_a + R_b + R_c)}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$