



Università degli Studi di Pavia
Facoltà di Ingegneria

Corso di Teoria dei Circuiti

Regime stazionario

Regime stazionario

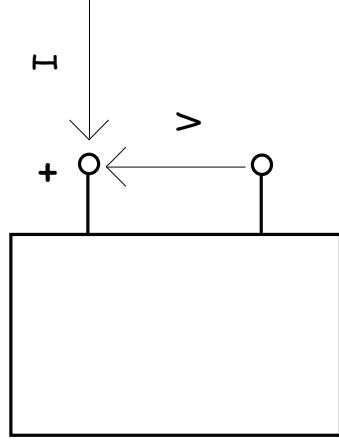
(Regime continuo, in corrente continua, c.c.)

$$v(t) = V \quad ; \quad i(t) = I \quad ; \quad p(t) = P$$

Grandezze e relazioni sono algebriche

■ BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

Bipolo = convertitore di potenza P_e in P_{ne}

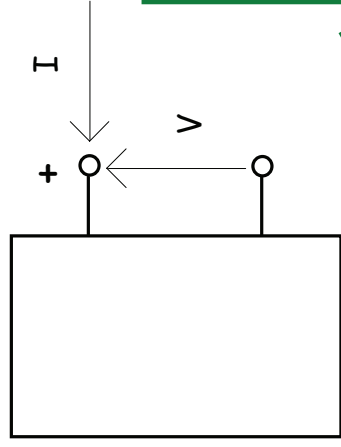


Ad un valore di $P=P_e$
il bipolo fa corrispondere
un solo valore di P_{ne}
e viceversa



Regime stazionario

■ BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO



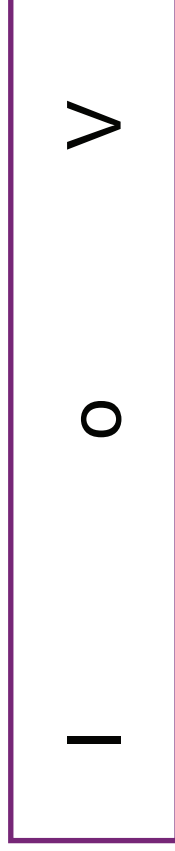
Ad un valore di

V 0 I
(bipolo in base V) (bipolo in base I)

(grandezza
d'ingresso)

il bipolo fa corrispondere uno ed
un solo valore di

(grandezza
d'uscita)



e quindi di P_e e quindi di P_{ne}



Regime stazionario

■ BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

Il bipolo stabilisce un legame univoco tra V e I (fissata una convenzione). Tale legame

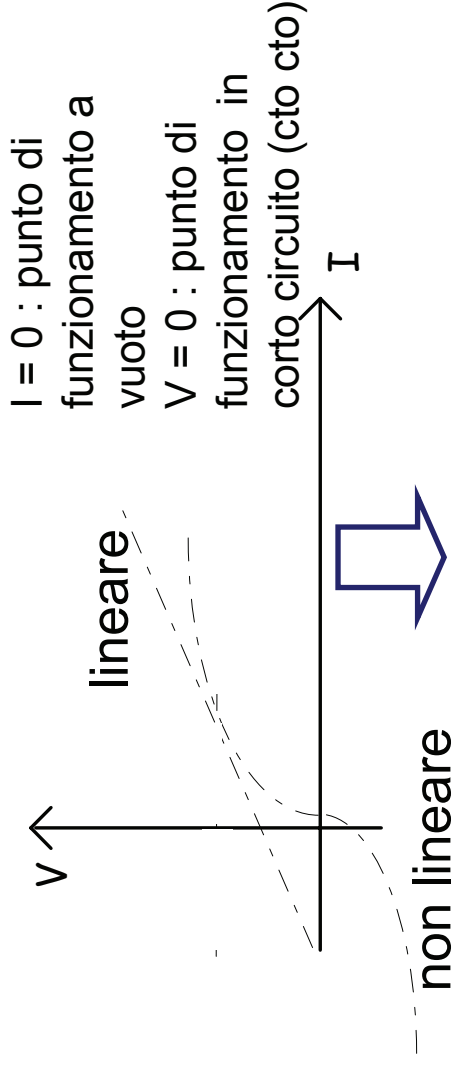
-espresso in
forma analitica

$$V = V(I) , I = I(V)$$



equazione
(legge di Ohm)

- espresso in forma grafica



caratteristica elettrica

(V, I) : punto di funzionamento



Regime stazionario

■ BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

I bipoli si **classificano** in base alle caratteristiche (equazioni di Ohm):

- **bipolo passivo**

se la caratteristica si svolge nel I e III quadrante

- **bipolo lineare o normale**

se la caratteristica è rettilinea

- **bipolo ideale**

se l'equazione di Ohm è descritta da un solo parametro

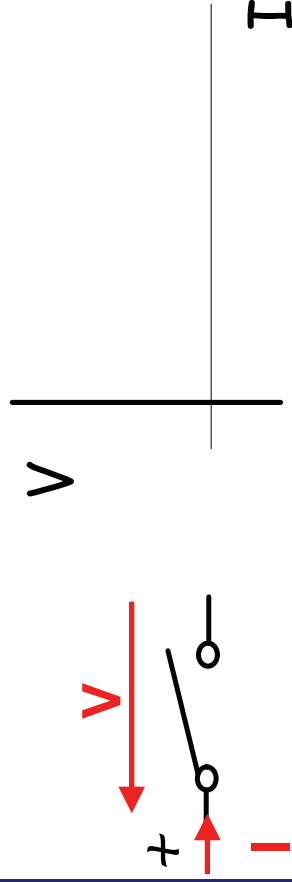


Regime stazionario

■ TIPI DI BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

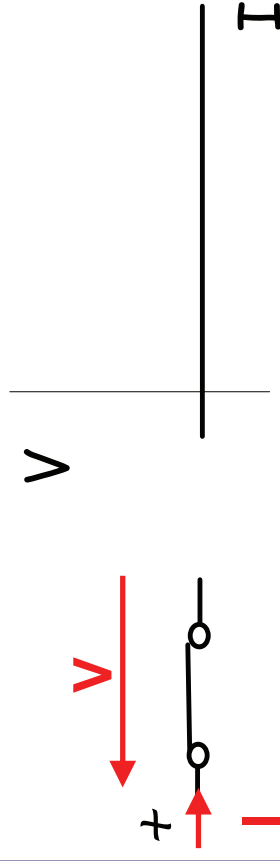
(convenzione utilizzatori)

**Interruttore ideale
aperto**
(isolatore ideale)



$$I = 0$$

**Interruttore ideale
chiuso**
(conduttore ideale)

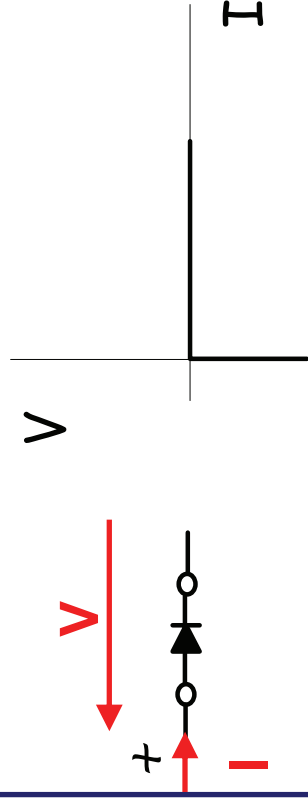


$$V = 0$$

■ TIPI DI BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

(convenzione utilizzatori)

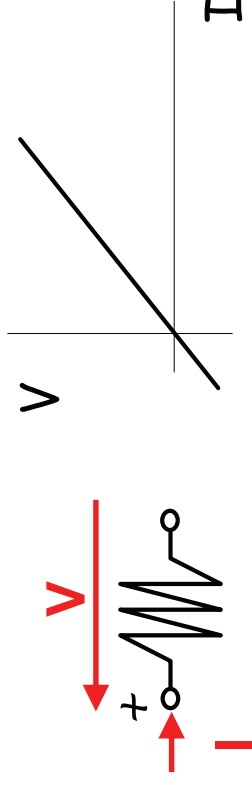
Diodo ideale



$$V < 0, I = 0$$

$$V = 0, I > 0$$

Resistore ideale



R = resistenza

G = conduttanza

$$V = R I \text{ (Ohm, 1827)}$$

$$I = G V$$

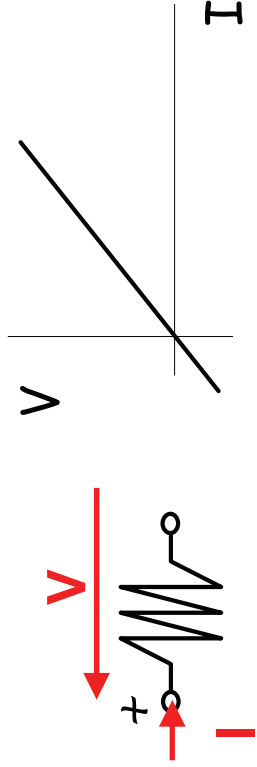


Regime stazionario

■ TIPI DI BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

(convenzione utilizzatori)

Resistore ideale



$R > 0$, R passivo
 $R < 0$, R attivo

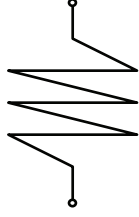
$$G = 1 / R$$

R = resistenza, $[\Omega] = [V] / [A]$
 G = conduttanza, $[S] = [\Omega^{-1}]$



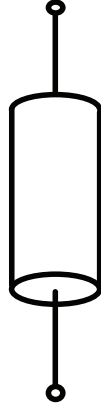
Regime stazionario

■ TIPI DI RESISTORE



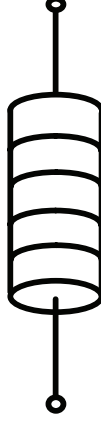
➤ a resistenza fissa (R aumenta con la temperatura)

a polvere di carbone



miscela di polvere di C
e isolante
scarsa precisione
bassa potenza
(ad es. 500 mW)
basso costo

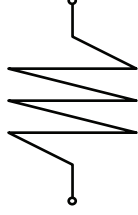
a film metallico



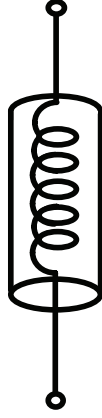
elica di film metallico su
ceramica
buona precisione
alto costo

Regime stazionario

■ TIPI DI RESISTORE

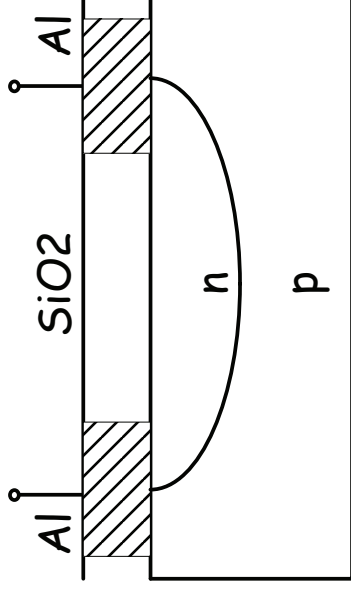


a filo



filo di Cu
buona precisione
alta potenza

a circuito integrato



due contatti di Al poggiano
su un sottile strato
conduttore di Si drogato
(R da pochi Ω a $20 \text{ k}\Omega$)

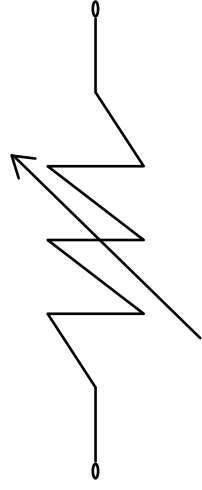




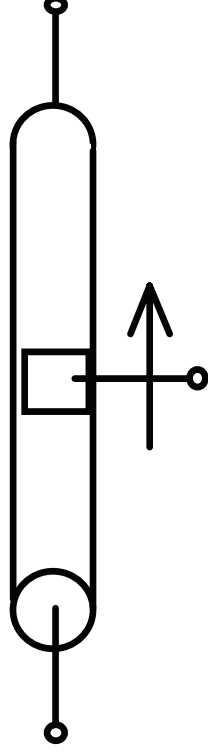
Regime stazionario

■ TIPI DI RESISTORE

- a resistenza variabile (reostato o potenziometro)



a polvere di C o a filo



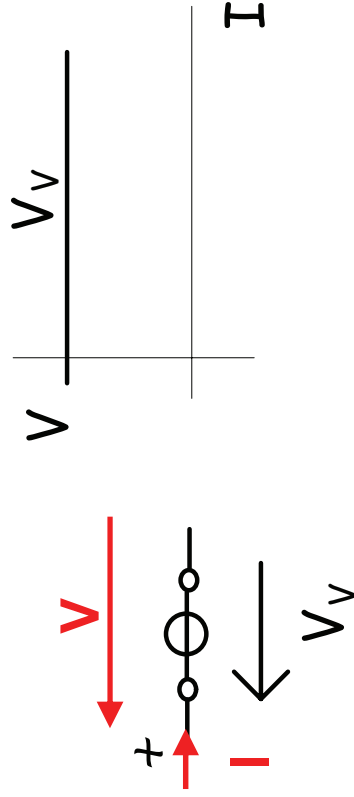


Regime stazionario

■ TIPI DI BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

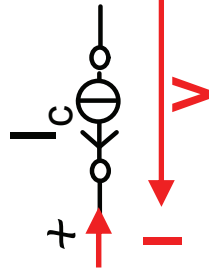
(convenzione utilizzatori)

**Generatore ideale
indipendente di V**



$V = V_v$ es. Pila

**Generatore ideale
indipendente di I**

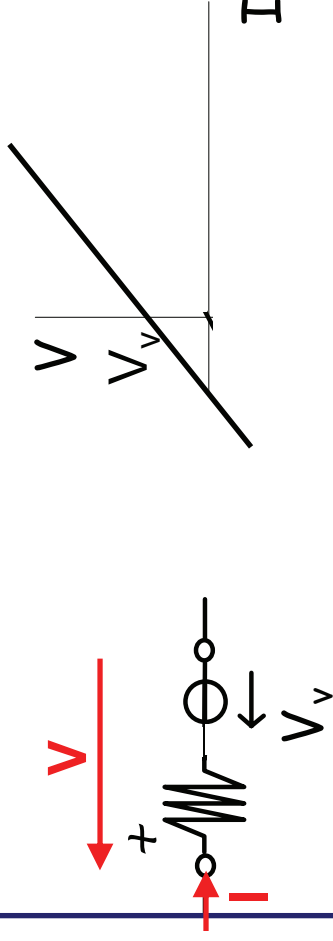


$I = -I_c$ es. Transistore

■ TIPI DI BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

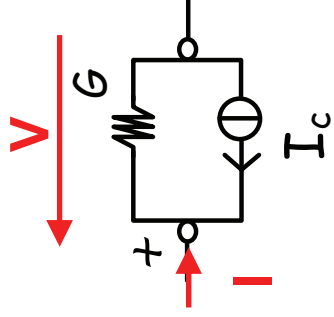
(convenzione utilizzatori)

Generatore reale normale di V



$$V = V_v + RI$$

Generatore reale normale di I



$$I = -I_c + GV$$

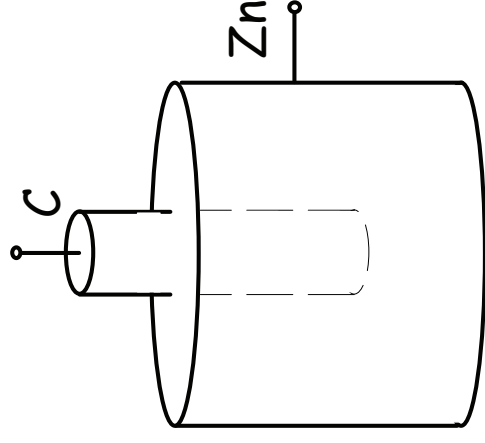
Regime stazionario

■ TIPI DI GENERATORE DI V COSTANTE

Pile o batterie

(energia elettrica da energia chimica)

- Zn-C (biossido di manganese)
cloruro di ammonio: economiche
- Zn-C (biossido di manganese)
idrossido di potassio: alcaline,
durevoli



$$V = 1.5 \text{ V}$$

#1 Inventata da G.Ledlanché nel 1868,

la pila zinco-carbone è tuttora in commercio ed è largamente usata. L'elettrodo negativo è formato da una capsula di zinco al cui interno si trova un'astucciola di carbone (elettrodo positivo) immersa in una massa di carbone e biossido di manganese impregnata con una soluzione acquosa di cloruro di ammonio (elettrolito).

#####; 22/09/2009

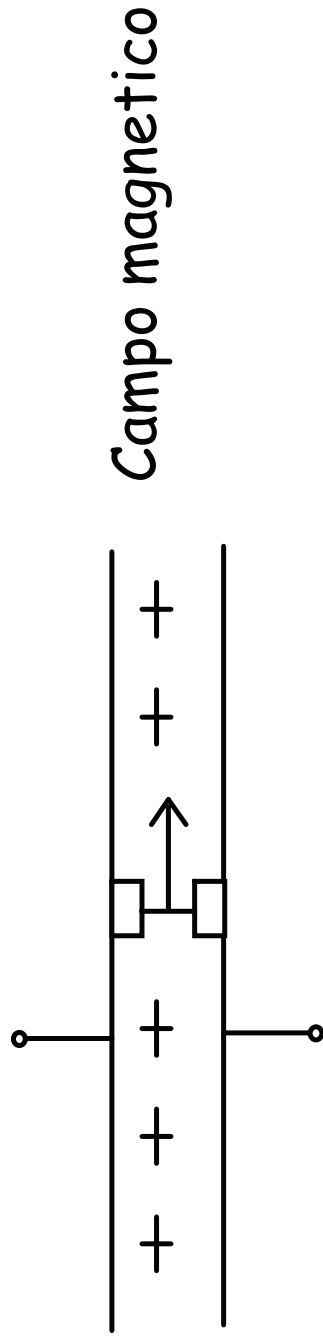


Regime stazionario

■ TIPI DI GENERATORE DI V COSTANTE

Macchine

(energia elettrica da energia meccanica)



V elevata

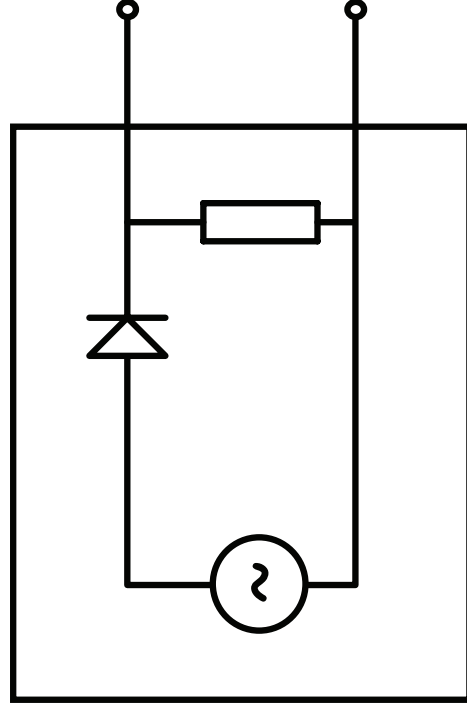


Regime stazionario

■ TIPI DI GENERATORE DI V COSTANTE

Alimentatori

(energia elettrica da energia elettrica)

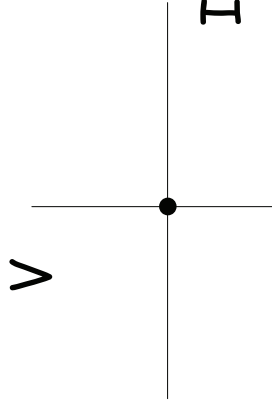
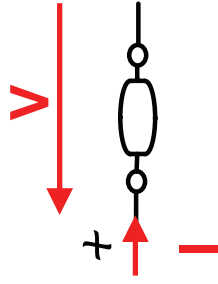


raddrizzatore
elettronico

■ TIPI DI BIPOLO IN REGIME STAZIONARIO

(convenzione utilizzatori)

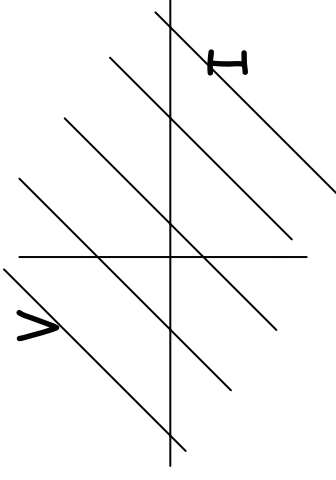
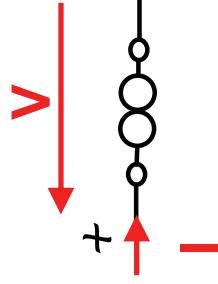
Nullatore



$$V = 0, I = 0$$

amplificatore
operazionale
ideale

Noratore



V, I qualsiasi

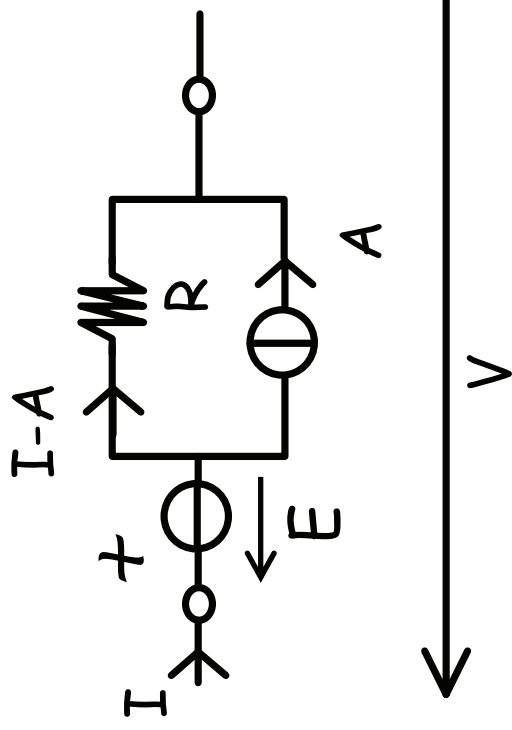


Regime stazionario

■ IL PIÙ GENERICO BIPOLO LINEARE

(convenzione utilizzatori)

in base corrente



$$V = E + R (I - A)$$

casi particolari:

$$V = E$$

$$V = R I$$

$$V = E + R I$$

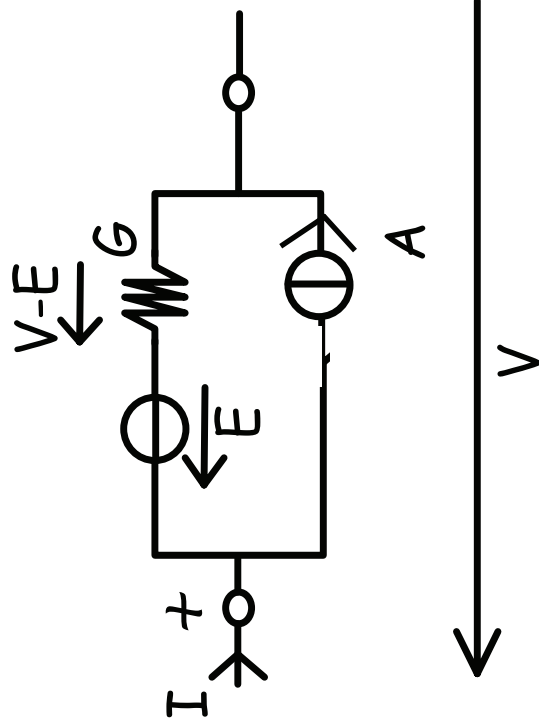


Regime stazionario

■ IL PIÙ GENERICO BIPOLO LINEARE

(convenzione utilizzatori)

in base tensione



$$I = A + G (V - E)$$

casi particolari:

$$I = A$$

$$I = G V$$

$$I = A + G V$$



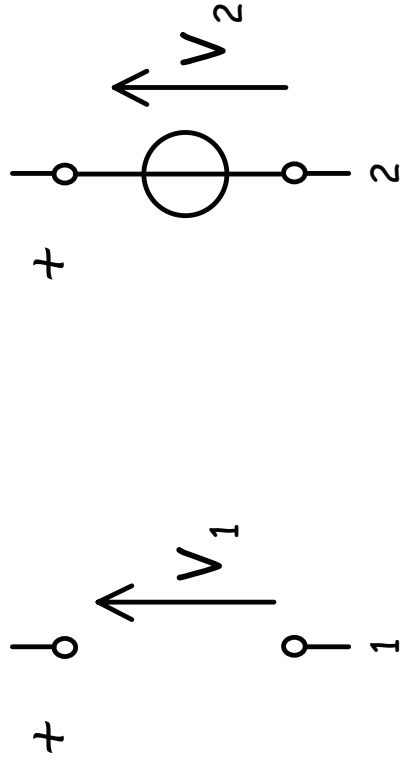
Regime stazionario

■ GENERATORI DIPENDENTI (O COMANDATI)

Sono doppi bipoli (sistema con 2 coppie di morsetti)

Si suppongono ideali e lineari

Generatore di V comandato da V



$$V_2 = \alpha V_1$$

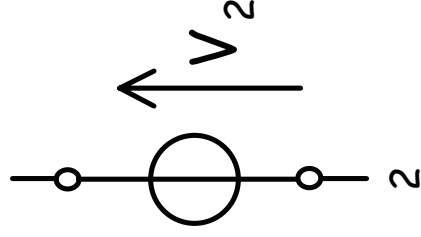
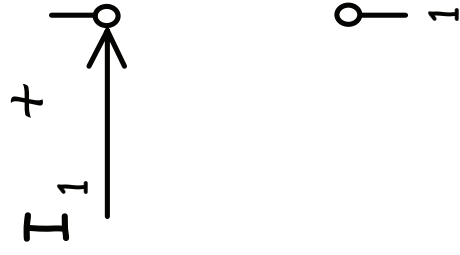
α = funzione di
trasferimento
(adimensionale)



Regime stazionario

■ GENERATORI DIPENDENTI (O COMANDATI)

Generatore di V comandato da I



$$V_2 = R_m I_1$$

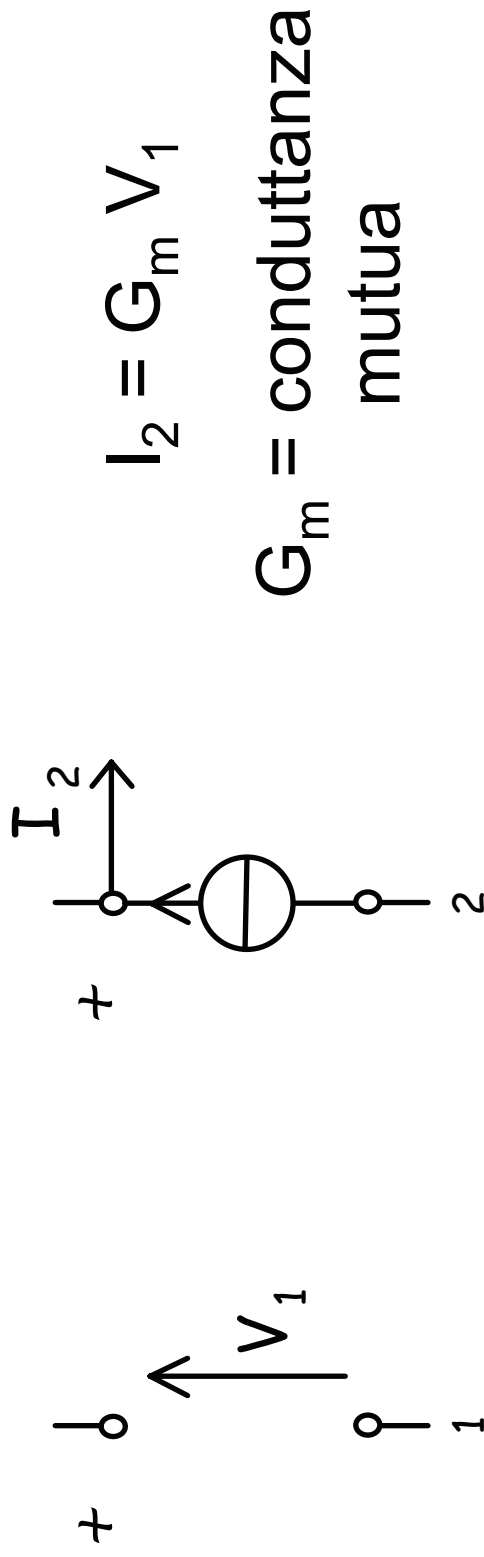
R_m = resistenza
mutua



Regime stazionario

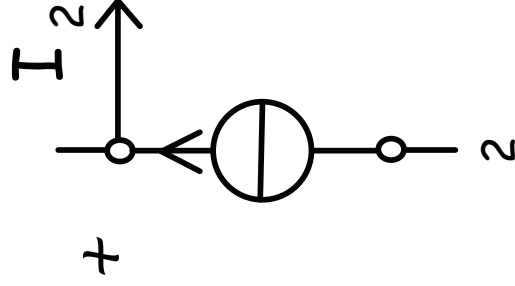
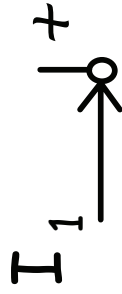
■ GENERATORI DIPENDENTI (O COMANDATI)

Generatore di I comandato da V



■ GENERATORI DIPENDENTI (O COMANDATI)

Generatore di I comandato da I



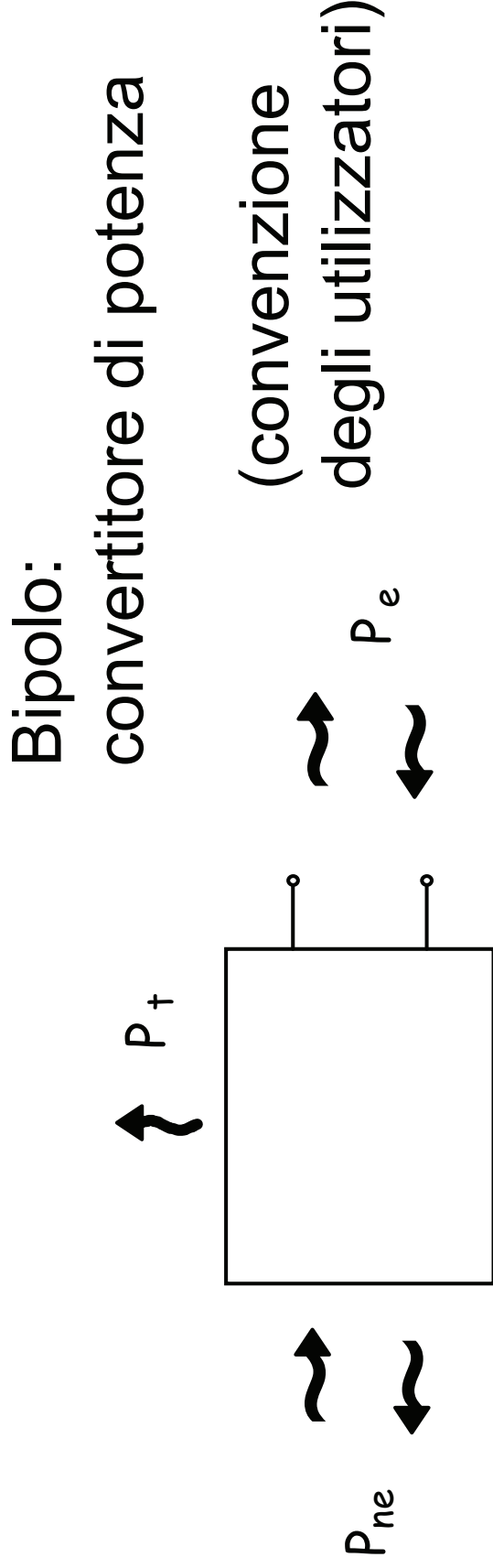
$$I_2 = \beta I_1$$

β = funzione di
trasferimento
(adimensionale)



Regime stazionario

■ BILANCIO ENERGETICO



bilancio: $P_e = P_{ne} + P_t$



Regime stazionario

■ BILANCIO ENERGETICO

Si definiscono 2 tipi di bipoli:

➤ **bipoli tipo serie** o inoperosi a vuoto

$$\text{se } I = 0, P_e = P_{ne} = P_t = 0$$

➤ **bipoli tipo parallelo** o inoperosi in cto cto

$$\text{se } V = 0, P_e = P_{ne} = P_t = 0$$



Regime stazionario

■ UTILIZZATORE LINEARE PASSIVO

Trasforma P_e in P_t

bilancio: $P_e = P_t$ con $P_e = V I$

Si trova sperimentalmente (Joule, 1840-48)

$$Q_t = R I^2 \Delta t \quad (\text{J})$$

$$P_t = Q_t / \Delta t = R I^2$$

$$V I = R I^2$$

$$\text{da cui } V = R I$$

$R =$ Resistenza (energetica)

$$R > 0$$

$$\text{ma anche } P_t = G V^2$$

da cui

$$I = G V$$



Regime stazionario

■ UTILIZZATORE LINEARE ATTIVO

Bipolo di tipo serie

Trasforma P_e in P_{ne} e P_t

bilancio: $P_e = P_{ne} + P_t$ con $P_e = V I$ e $P_t = RI^2$

Affinchè P_{ne} sia $= 0$, se $I = 0$

I deve essere un fattore di P_{ne} $\Rightarrow P_{ne} = I E$

forza elettromotrice (V)
tensione impressa

$$VI = EI + RI^2 \quad \Rightarrow \quad V = E + RI$$



Regime stazionario

■ UTILIZZATORE LINEARE ATTIVO

Bipolo di tipo parallelo

Trasforma P_e in P_{ne} e P_t

bilancio: $P_e = P_{ne} + P_t$ con $P_e = V I$ e $P_t = G V^2$

Affinchè P_{ne} sia $= 0$, se $V = 0$

V deve essere un fattore di $P_{ne} \Rightarrow P_{ne} = V A$
corrente impressa

$$V I = V A + G V^2 \Rightarrow I = A + G V$$