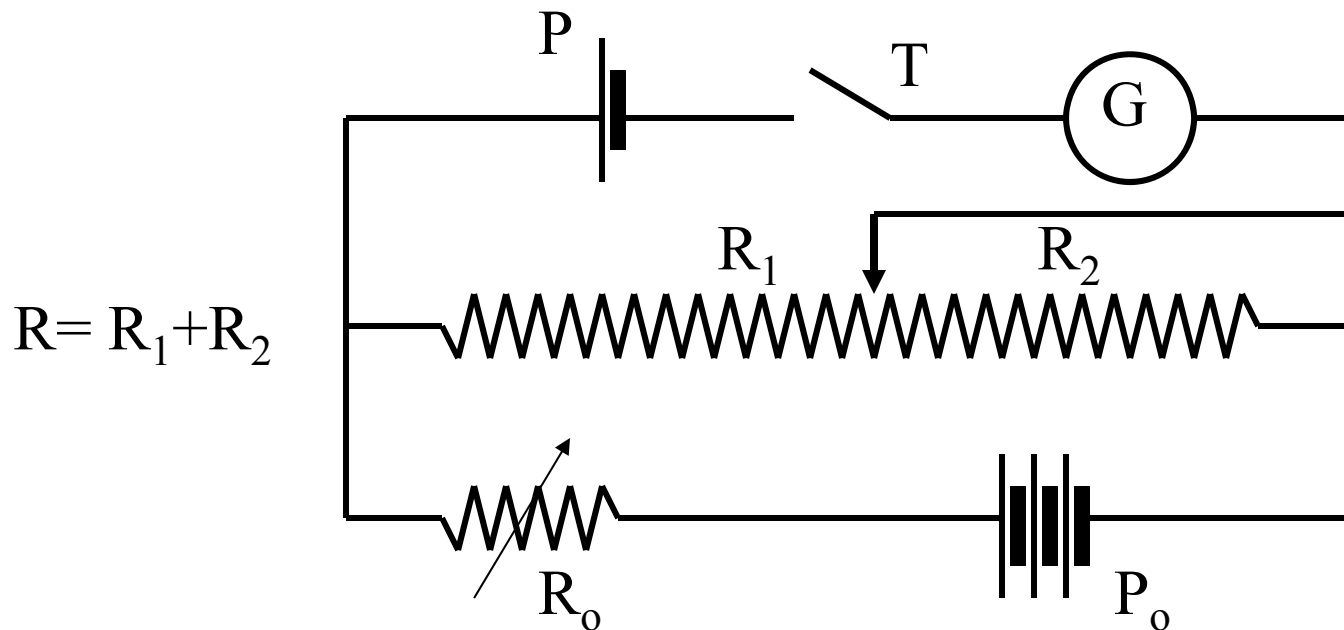


Misure di forze elettromotrici

- Il metodo potenziometrico o di Poggendorf permette di misurare la forza elettromotrice di un generatore confrontandola con una forza elettromotrice nota con precisione (pila campione).
- Si utilizzano un potenziometro ed un galvanometro (un amperometro estremamente sensibile) che viene usato come strumento di zero.

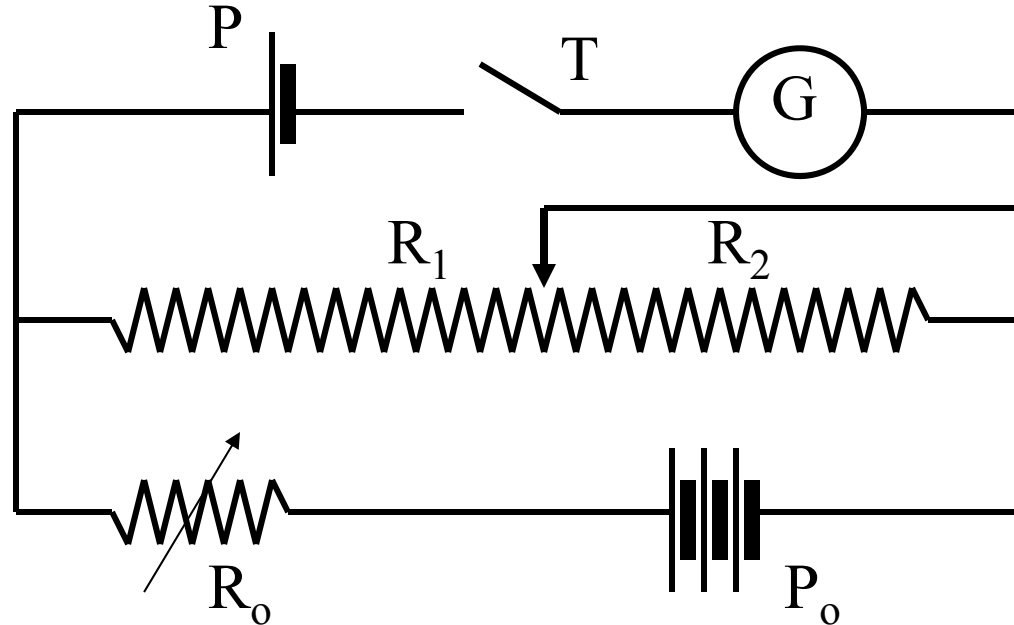
Misure di forze elettromotrici

- Si montano i componenti in modo che la f.e.m. campione si opponga alla f.e.m. da misurare nel ramo del galvanometro. Questa condizione si ottiene agendo sul potenziometro:



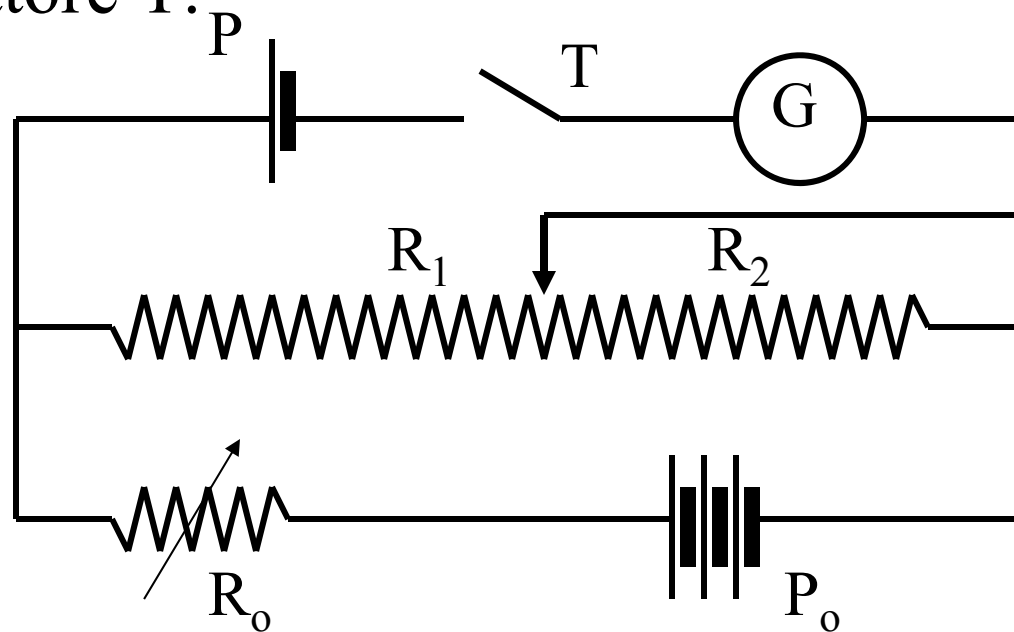
Misure di forze elettromotrici

- Quando l'interruttore T è aperto, la ddp ai capi della sezione R_1 del potenziometro è $V_1 = P_o R_1 / (R_1 + R_o + R_2)$.



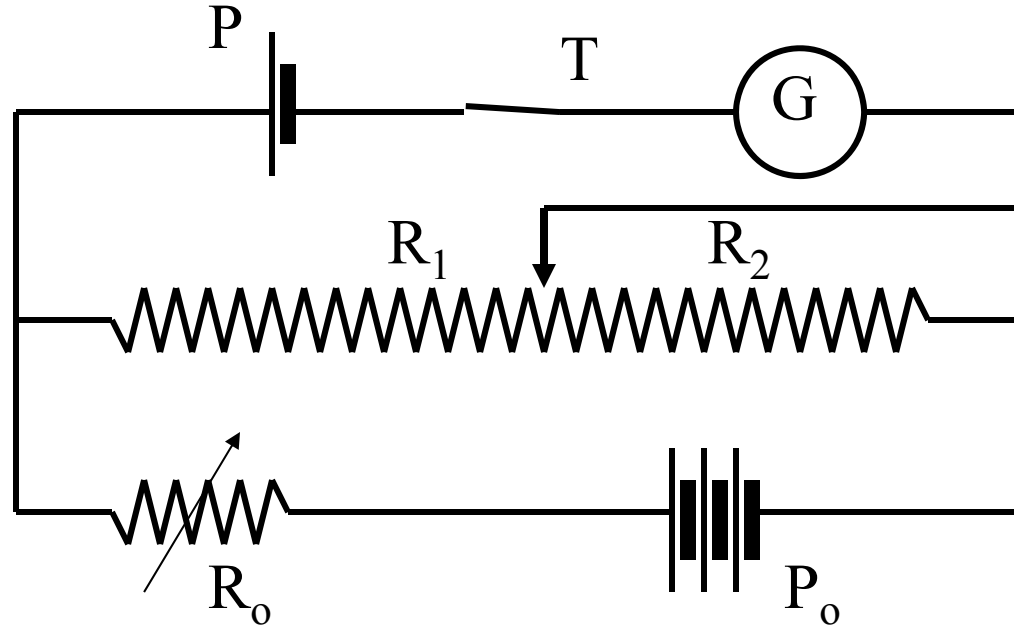
Misure di forze elettromotrici

- Quando l' interruttore T e' aperto, la ddp ai capi della sezione R_1 del potenziometro e' $V_1 = P_o R_1 / (R_1 + R_o + R_2)$.
- Si regola il cursore del potenziometro in modo che $V_1 = P$.
- Questa condizione si puo' ottenere con grande sensibilita', verificando l' immobilita' del galvanometro al chiudersi dell' interruttore T.



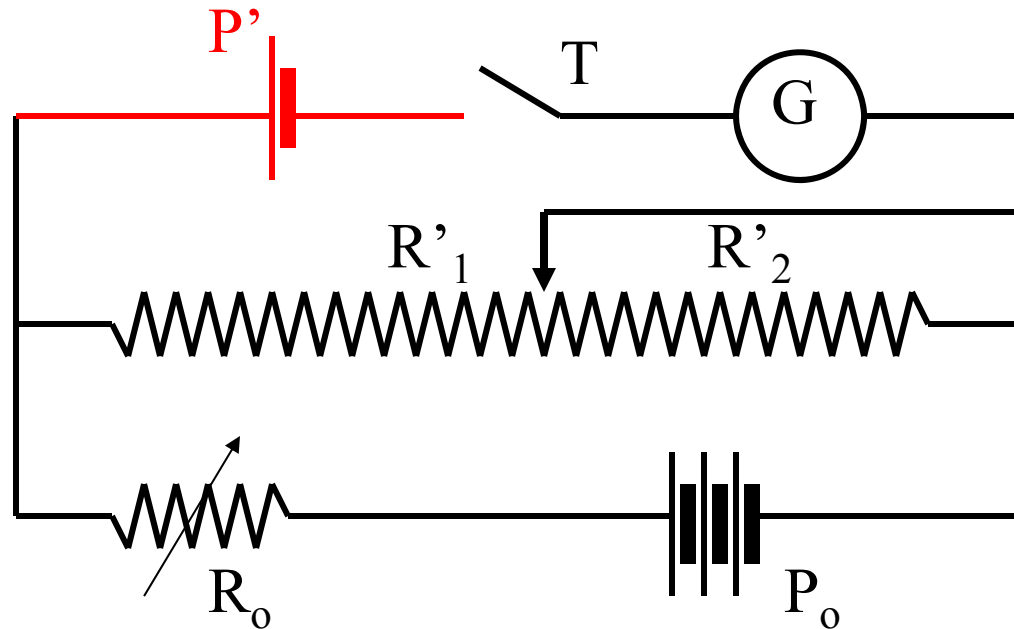
Misure di forze elettromotrici

- In queste condizioni $P = V_1 = P_o R_1 / (R_1 + R_o + R_2) ..$



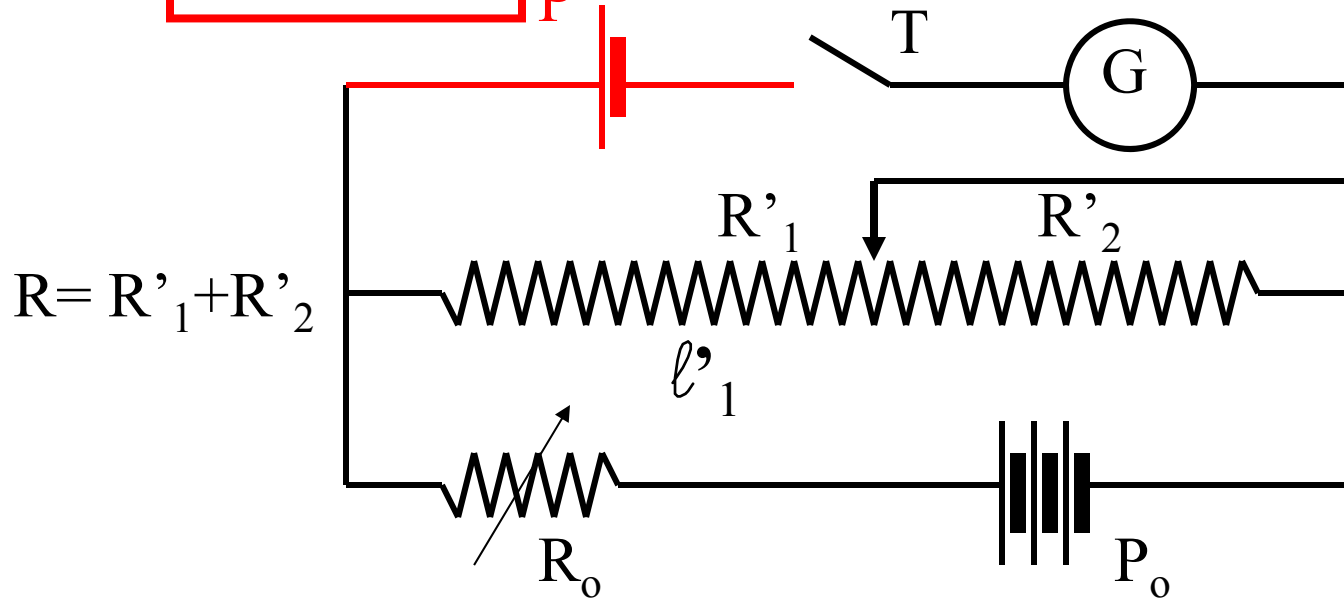
Misure di forze elettromotrici

- In queste condizioni $P = V_1 = P_o R_1 / (R_1 + R_o + R_2)$..
- A questo punto si sostituisce la pila incognita P con una pila campione P' .
- L' equilibrio si otterra' in una nuova posizione del potenziometro: $P' = P_o R'_1 / (R'_1 + R_o + R'_2)$.



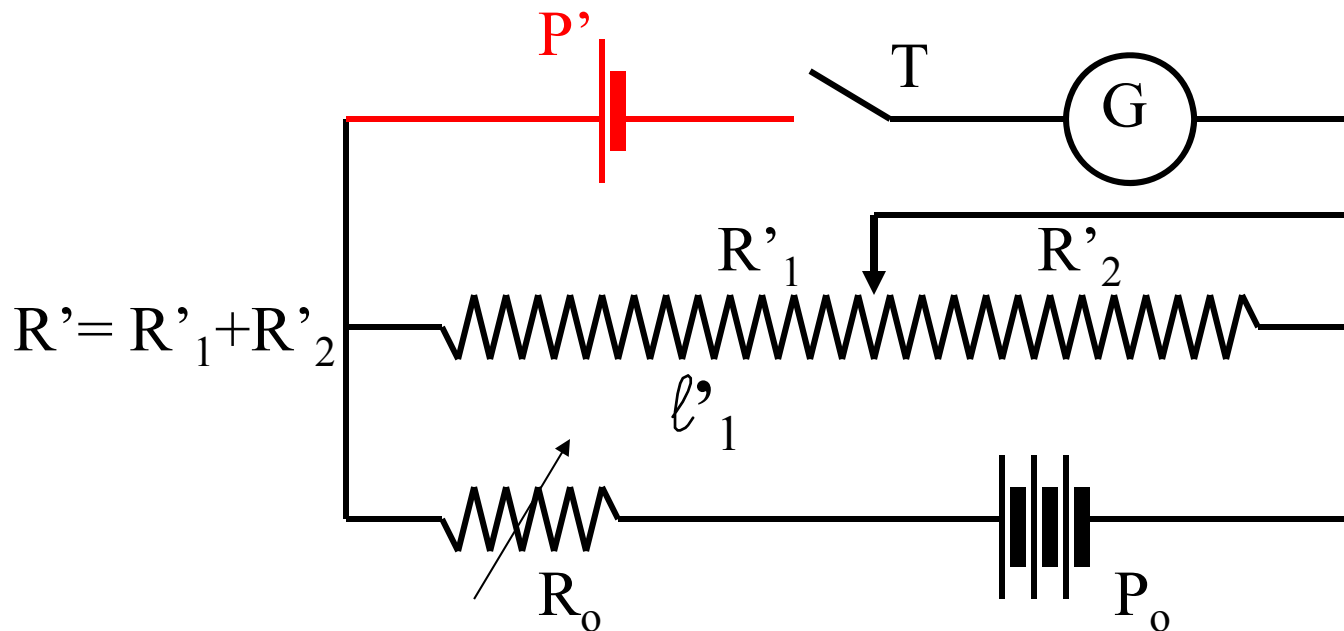
Misure di forze elettromotrici

- Confrontando le due relazioni $P = P_o R_1 / (R_1 + R_o + R_2)$ e $P' = P_o R'_1 / (R'_1 + R_o + R'_2)$ si ottiene (siccome $R'_1 + R'_2 = R = R_1 + R_2$ e quindi il denominatore è sempre lo stesso)
- $P = P' R_1 / R'_1$ dalla quale si misura P . Se il potenziometro è un semplice pezzo di conduttore omogeneo e di sezione costante, dalla legge di Ohm si ha $R_1 = \rho \ell_1 / S$ e $R'_1 = \rho \ell'_1 / S$ da cui $P = P' \ell_1 / \ell'_1$.



Misure di forze elettromotrici

- $P = P' \ell_1 / \ell_1'$: la misura di P viene quindi effettuata grazie a due misure di lunghezza.
- Il galvanometro viene usato come strumento di zero, quindi il risultato è indipendente dalla sua calibrazione e dalla sua precisione, ma dipende solo dalla sua sensibilità.



Esperienza del 25 Marzo 2015

- Divisa in due parti:
- Misure in corrente continua su una catena di resistori in serie – Scopo:
 - Imparare ad usare lo strumento universale ed il multimetro digitale
 - Verifica delle leggi di Ohm e di Thevenin
 - Verifica delle perturbazioni introdotte dagli strumenti
- Trasferimento di potenza – Scopo:
 - Imparare ad usare lo strumento universale ed il multimetro digitale
 - Verifica dell' effetto della resistenza interna del generatore (che viene aumentata artificialmente).

Esperienza del 25 Marzo 2015

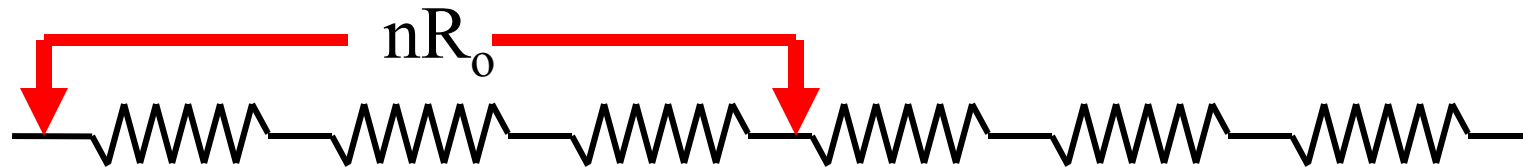
Avrete a disposizione:

- “Strumento universale” (multimetro analogico)
- Multimetro elettronico digitale
- Alimentatore (generatore reale di tensione)
- Batteria (generatore reale di tensione)
- Catena di resistori (10 x 100 k Ω)
- Resistori vari

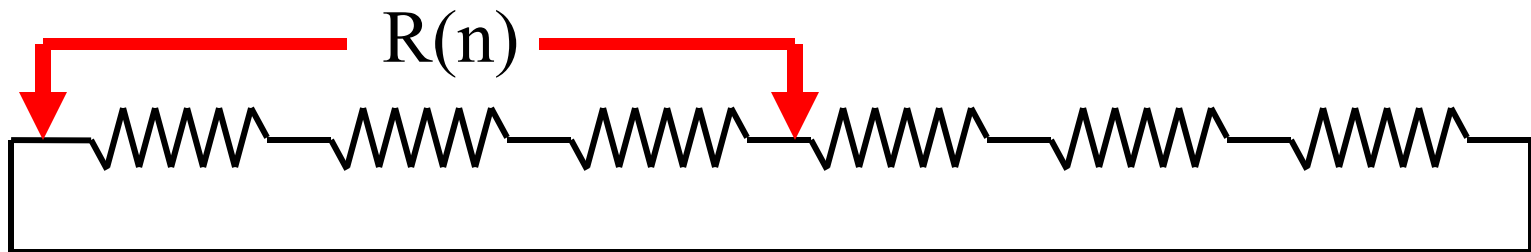
Misure sulla catena di resistori:

Misura preliminare.

- Verificare coi multimetri i valori delle resistenze
- Verificare i valori della serie di n resistori, per n che va da 1 a 10, con la catena aperta



- Verificare i valori della serie di n resistori, per n che va da 1 a 9, con la catena chiusa su se stessa.

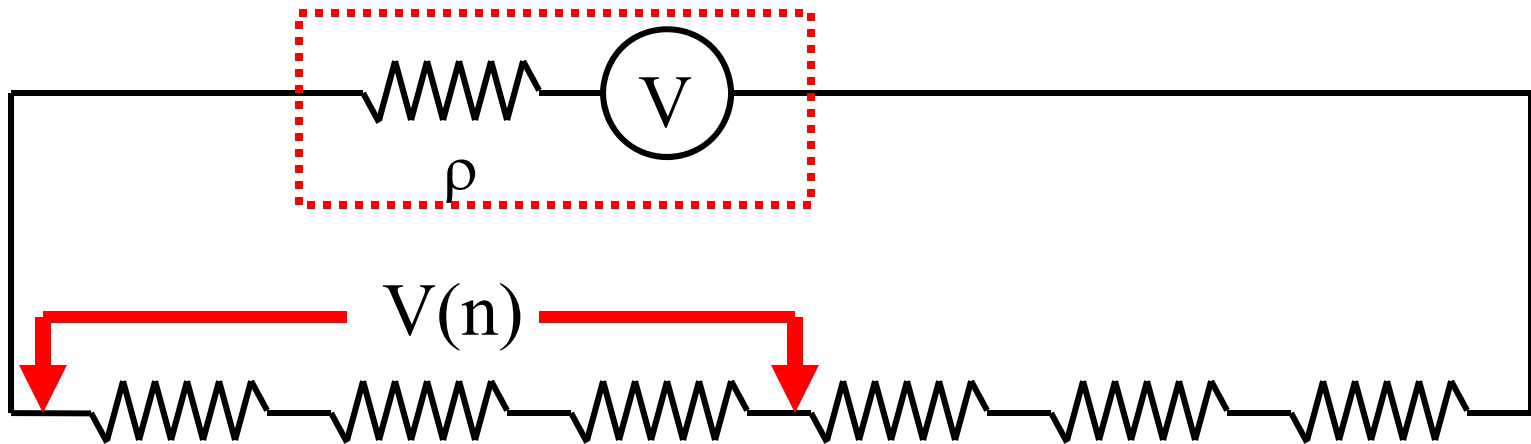


Misure sulla catena di resistori:

Misura della ddp ai capi di n resistori.

Si connette la catena al generatore.

- Si misurano le ddp $V(n)$ con
 - Strumento universale FS 2V
 - Strumento universale FS 10 V
 - Multimetro elettronico digitale

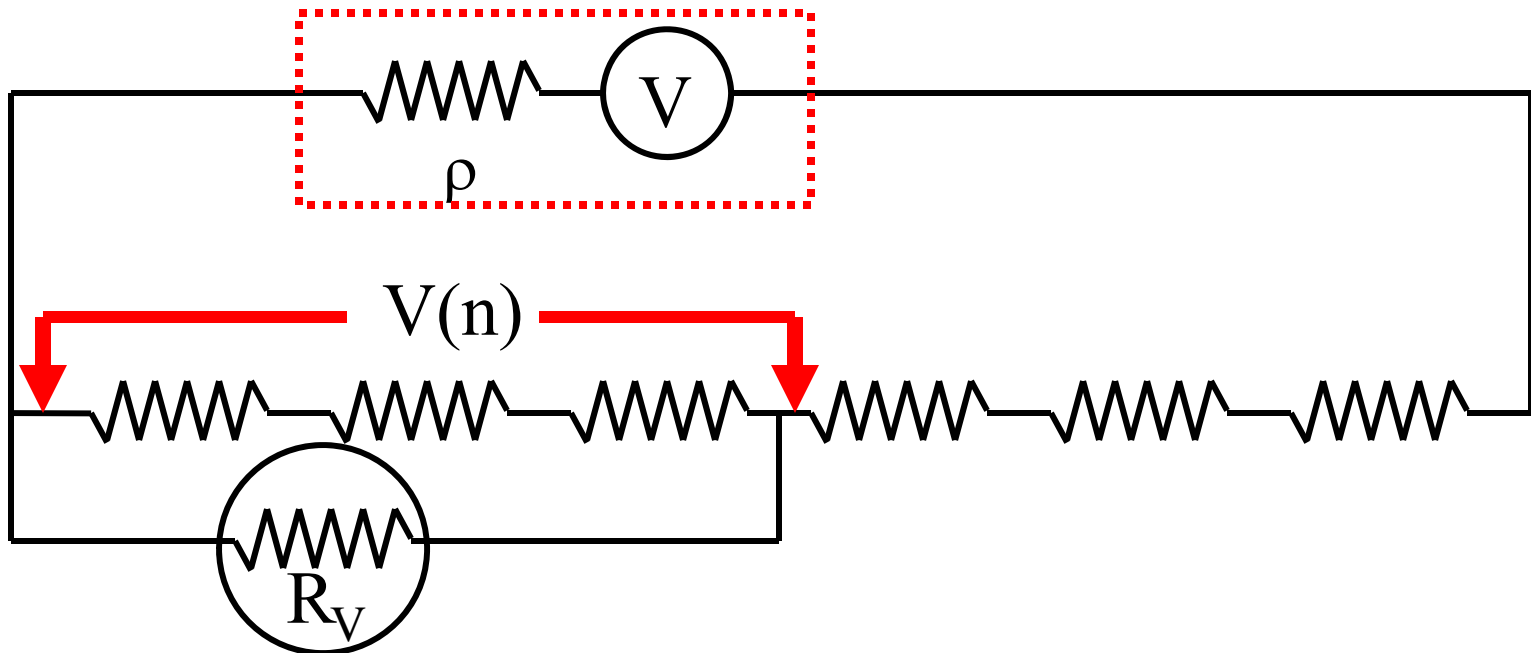


Misure sulla catena di resistori:

Misura della ddp ai capi di n resistori.

Si connette la catena al generatore.

- Si misurano le ddp $V(n)$ con
 - Strumento universale FS 2V
 - Strumento universale FS 10 V
 - Multimetro elettronico digitale

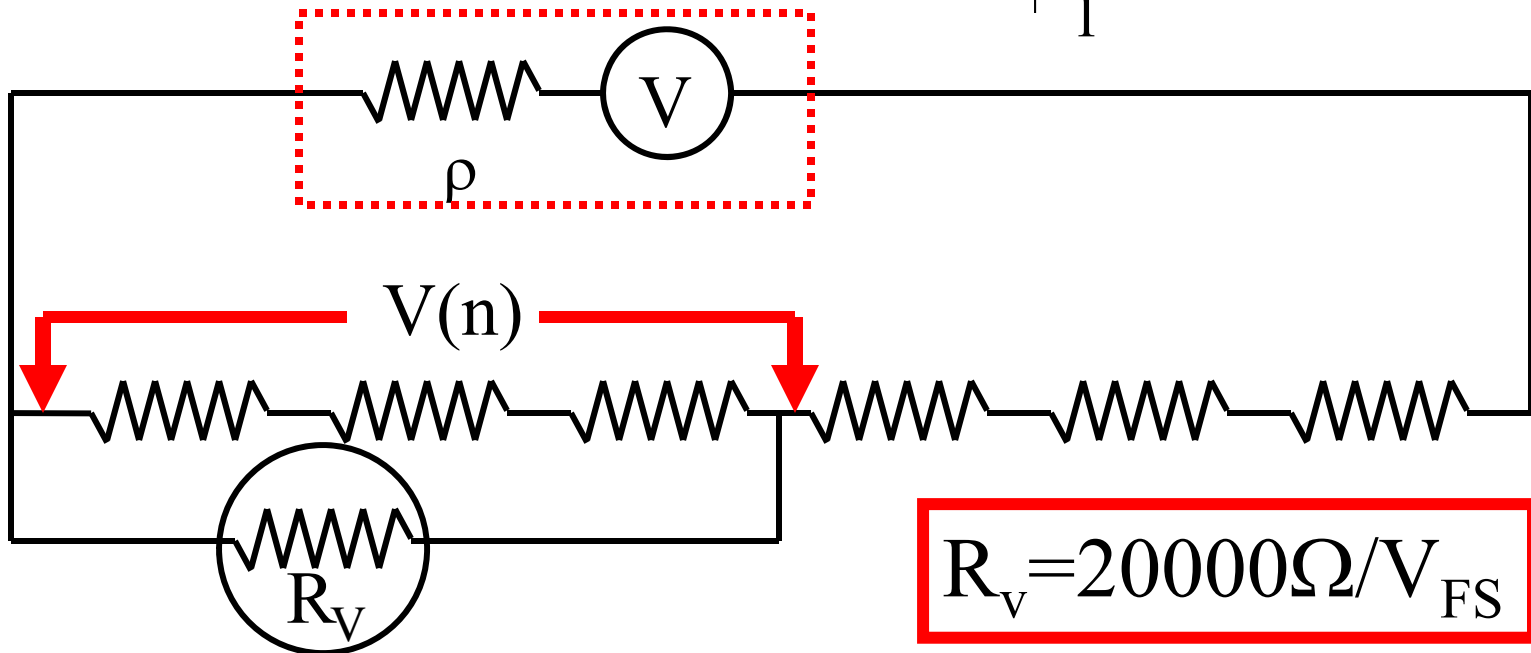
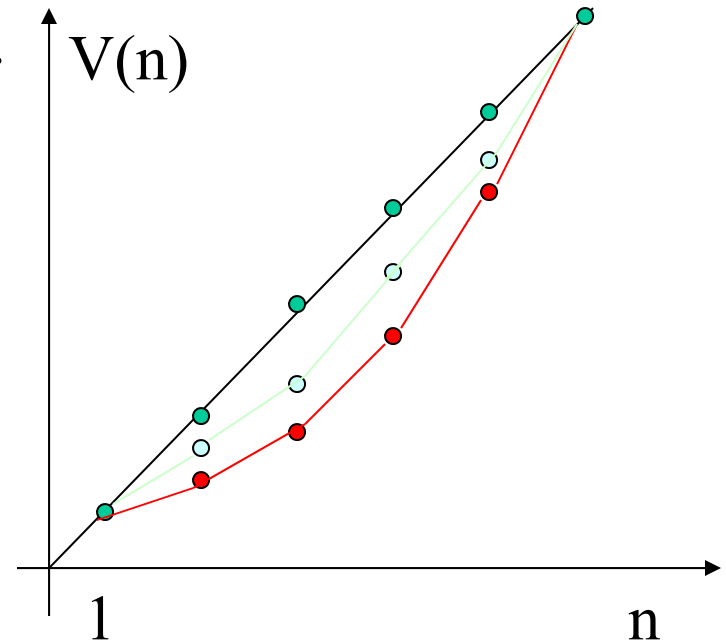


Misure sulla catena di resistori:

Misura della ddp ai capi di n resistori.

Si riportano in grafico le $V(n)$

- – Strumento universale FS 2V
- – Strumento universale FS 10 V
- – Multimetro elettronico digitale

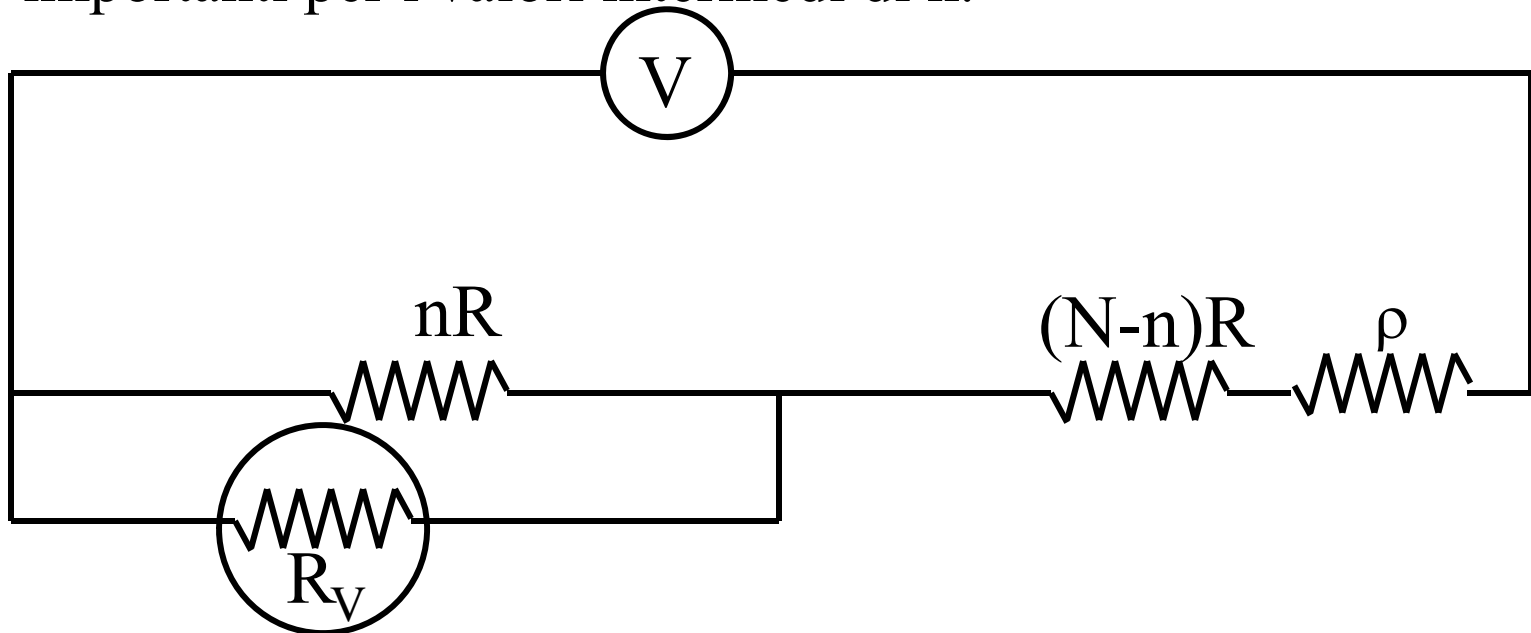


$$R_V = 20000 \Omega / V_{FS}$$

Misure sulla catena di resistori:

La perturbazione e' tanto maggiore quanto maggiore e' il numero di resistenze effettivamente in parallelo al voltmetro, perche' in quel caso R_v puo' diventare addirittura inferiore alla resistenza equivalente.

La resistenza "vista" da R_v e', secondo Thevenin, il parallelo tra nR e $(N-n)R + \rho$, ed e' quindi bassa sia quando n e' vicino a 1 che quando n e' vicino a N . Ci aspettiamo quindi piccole perturbazioni in questi due casi, e perturbazioni piu' importanti per i valori intermedi di n .

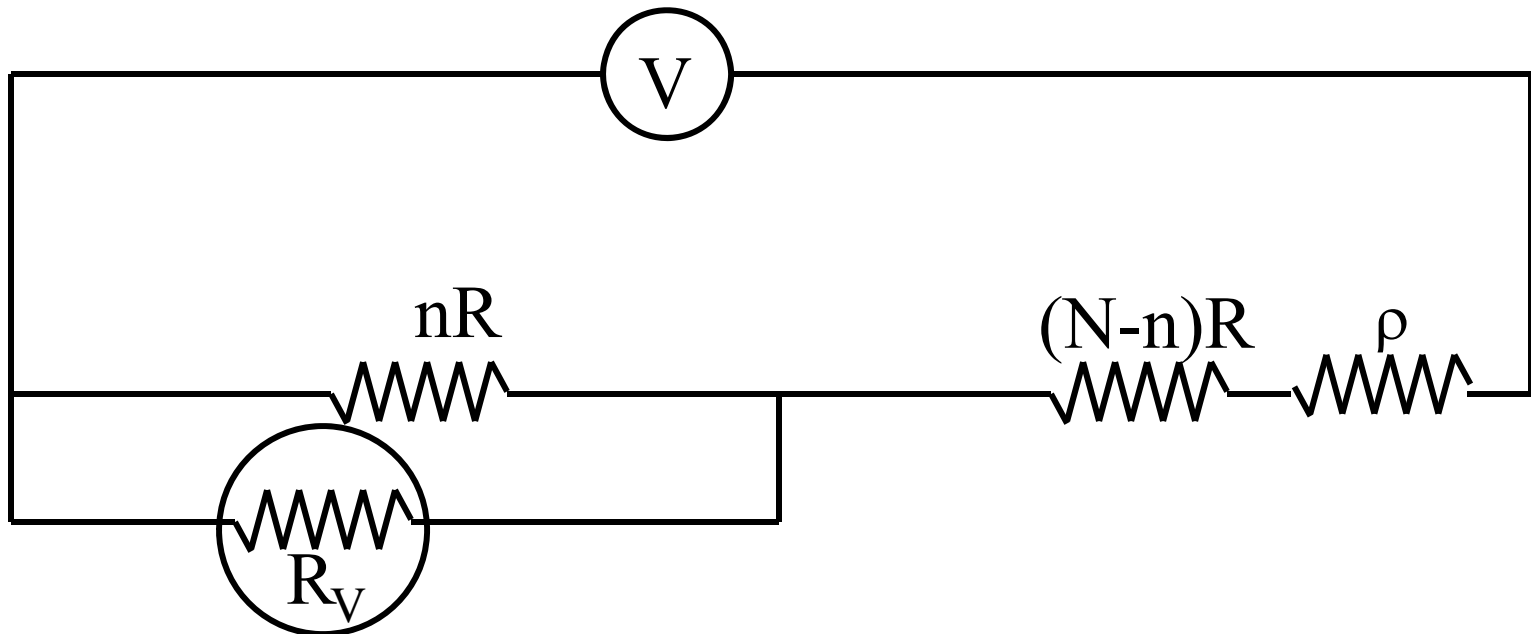


Misure sulla catena di resistori:

Per risolvere il problema basta considerare il partitore tra la resistenza $R_1 = (N-n)R + \rho$ e la resistenza $R_2 = nR // R_V$.

Possiamo quindi scrivere subito (trascurando ρ):

$$V_V = V \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V \frac{\frac{nRR_V}{nR + R_V}}{\frac{nRR_V}{nR + R_V} + (N-n)R} = V \frac{n}{N + \frac{nR}{R_V}(N-n)}$$

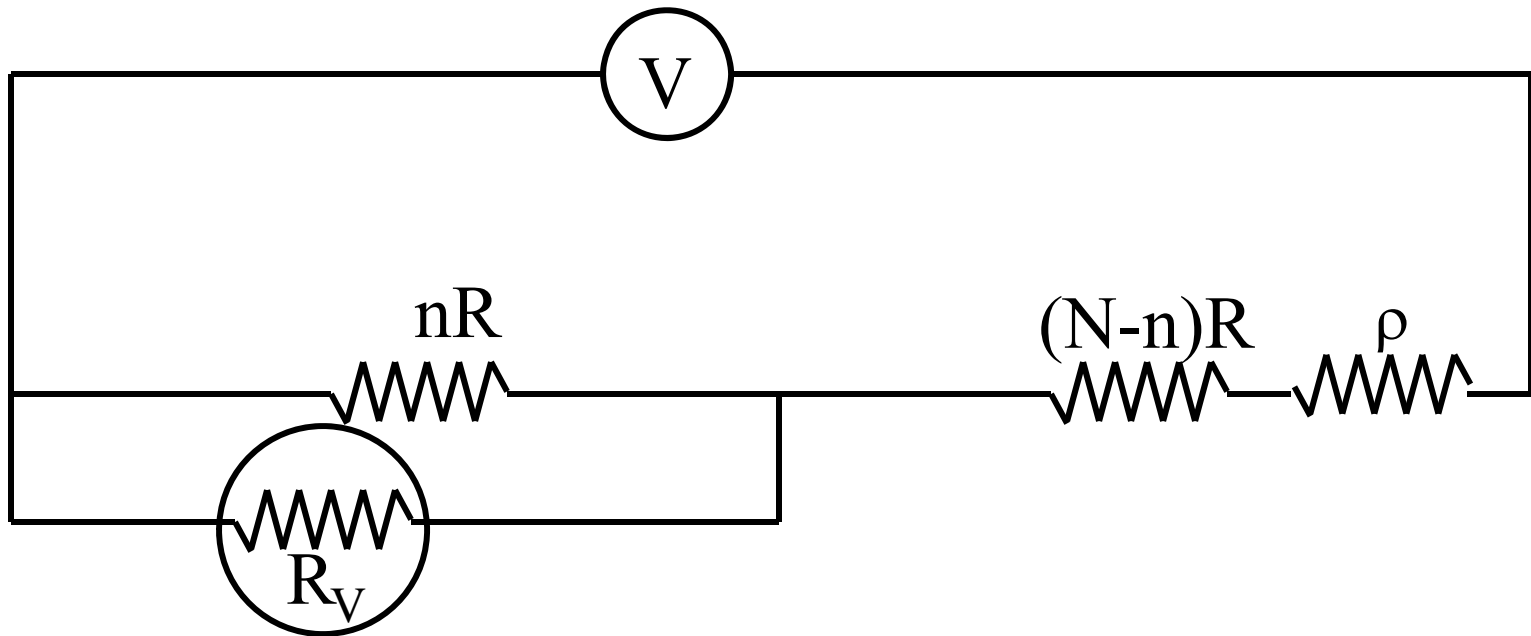


Misure sulla catena di resistori:

Da cui si vede che la formula si riduce al caso banale

$V_v = (n/N)V$ quando $R_v \gg n(N-n)R$.

$$V_v = V \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V \frac{\frac{nRR_v}{nR + R_v}}{\frac{nRR_v}{nR + R_v} + (N - n)R} = V \frac{n}{N + \frac{nR}{R_v}(N - n)}$$



Misure sulla catena di resistori:

Se conosciamo la resistenza interna del voltmetro R_V ed il valore delle singole resistenze R , possiamo correggere i valori di V_V misurati, ed ottenere i valori che si leggerebbero se il voltmetro fosse ideale:

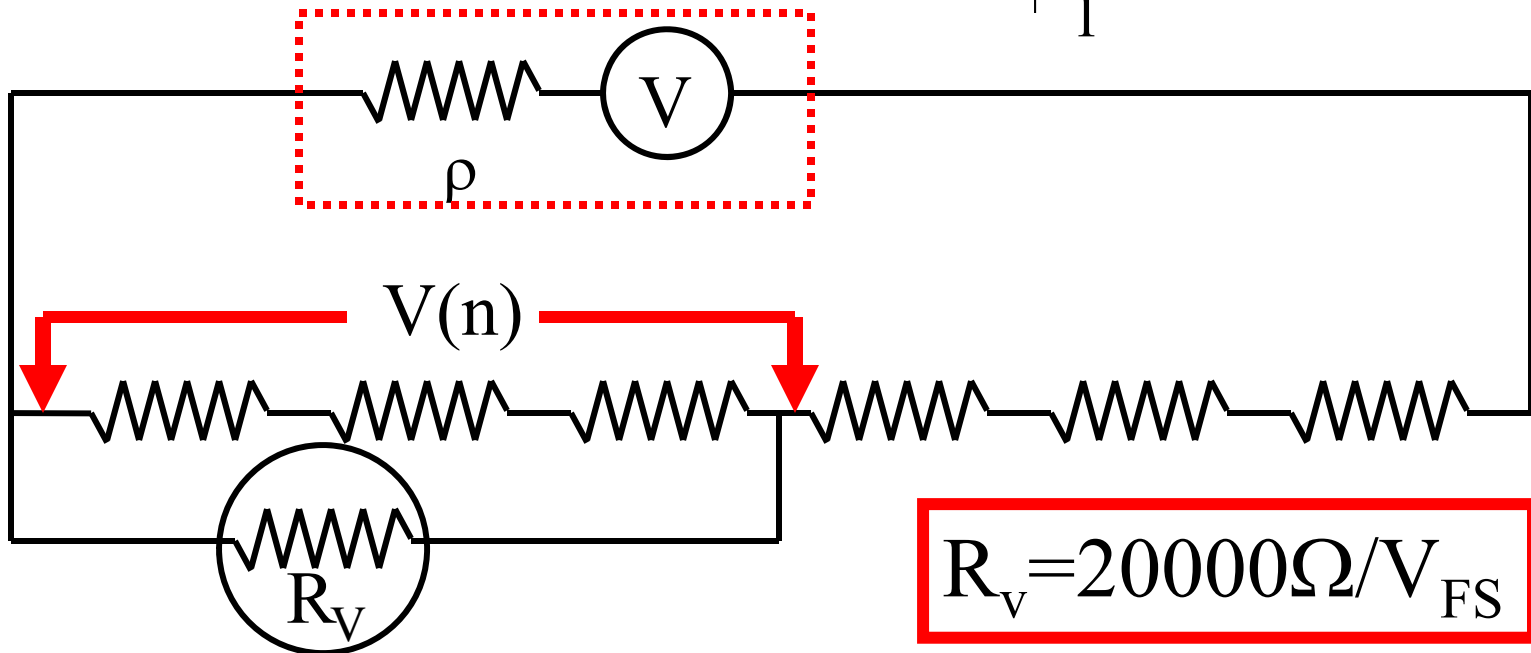
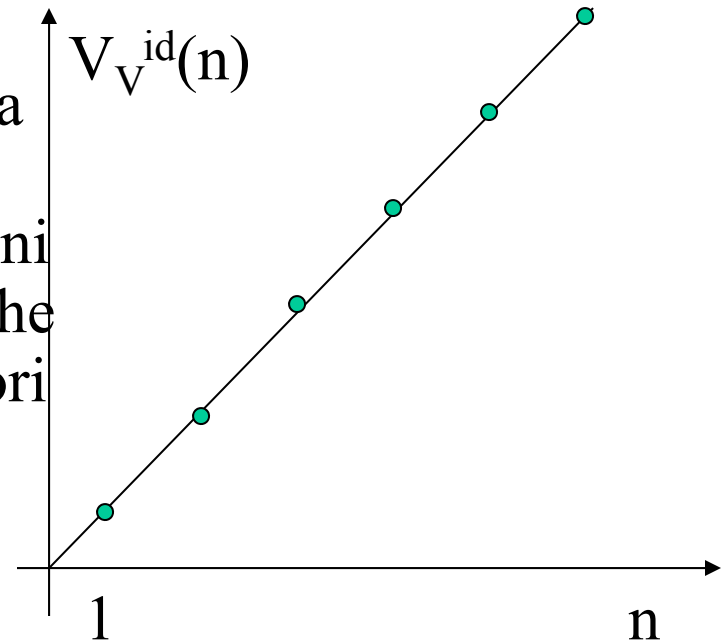
$$V_V^{mis} = V \frac{n}{N + \frac{nR}{R_V}(N - n)} \quad ; \quad V_V^{id} = V \frac{n}{N}$$

facendo il rapporto si ottiene

$$V_V^{id} = V_V^{mis} \frac{N + \frac{nR}{R_V}(N - n)}{N} = V_V^{mis} \left[1 + \frac{nR}{R_V} \left(1 - \frac{n}{N} \right) \right]$$

Misure sulla catena di resistori:

Si riportano in grafico le $V_V^{\text{id}}(n)$ corrette per la perturbazione introdotta dallo strumento di misura usando la formula precedente, e si otterra' in ogni caso che sono tutte lungo la retta, anche se con barre d' errore diverse, maggiori nel caso a fondo scala piu' alto.



Trasferimento di potenza da un generatore a un carico

La potenza dissipata nel carico e'

$$W = V_R I_R$$

Il circuito e' un normale partitore, quindi

$$V_R = V_o \frac{R}{R + R_o} \quad ; \quad I_R = \frac{V_o}{R + R_o}$$

$$\Rightarrow W = \frac{V_o^2 R}{(R + R_o)^2}$$

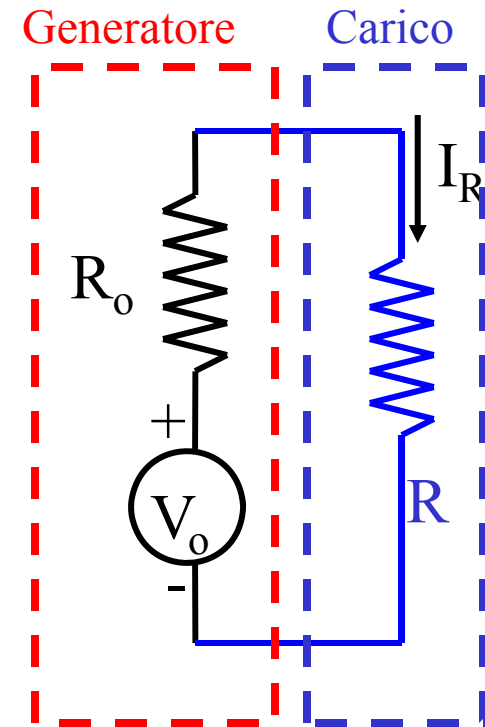
se si deriva rispetto a R si scopre che e' max. per

$$R = R_o$$

e vale

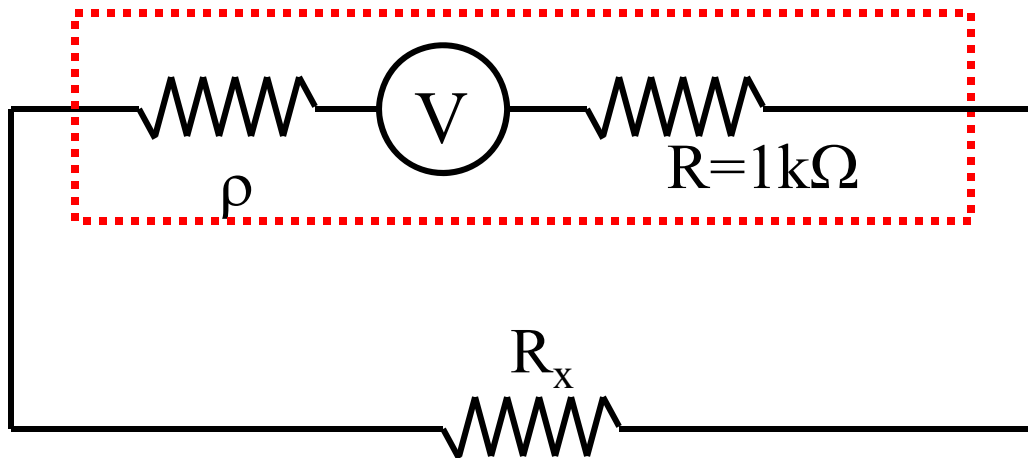
$$W_{\max} = \frac{V_o^2}{4R_o}$$

In queste condizioni si dice
che il carico e' "adattato"



Misura del trasferimento di potenza dal generatore al carico

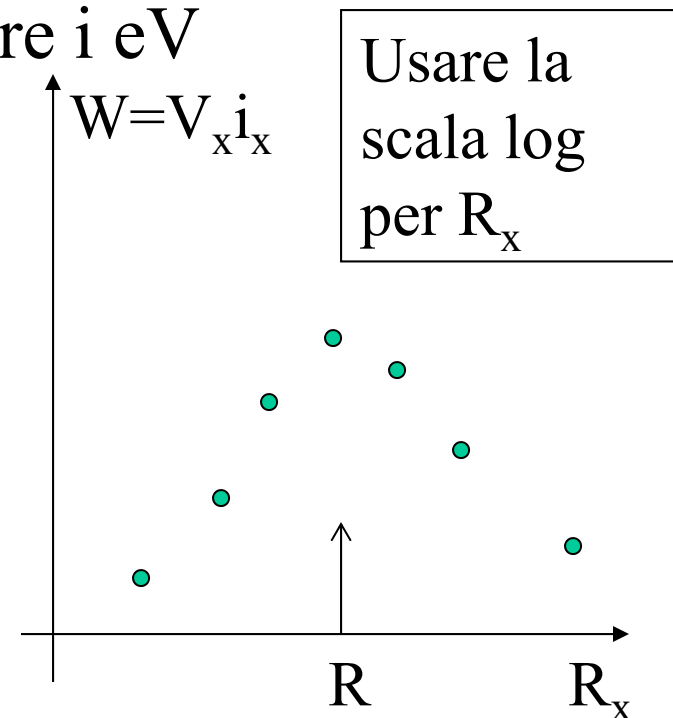
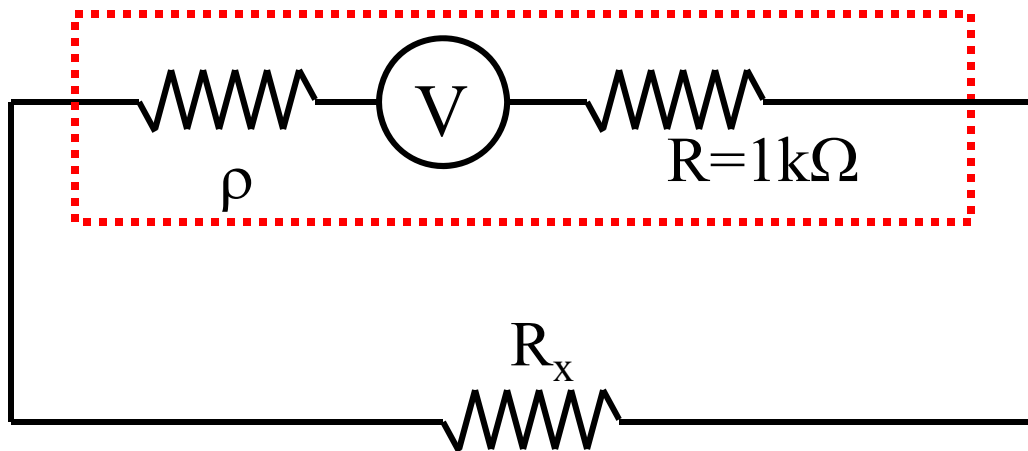
- Si aumenta artificialmente la resistenza interna del generatore inserendo in serie $1\text{k}\Omega$.
- Si misurano V_{R_x} e i_{R_x} nella resistenza R_x al variare di R_x .
- Si usano contemporaneamente lo strumento universale e il multimetro digitale per misurare i e V



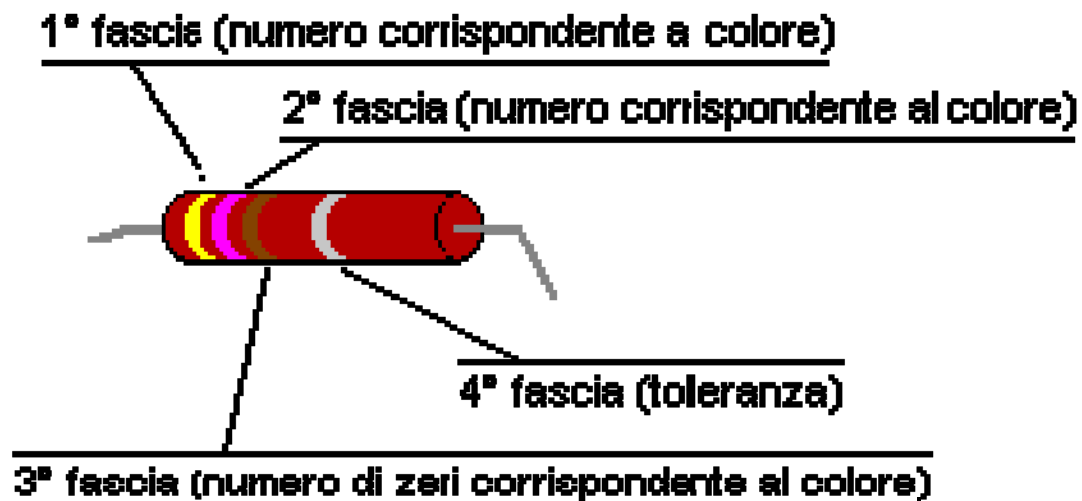
Usare R_x di 22, 47, 100, 220, 470, 1000, 2200, 4700, 10000, 22000, 47000 Ω

Misura del trasferimento di potenza dal generatore al carico

- Si aumenta artificialmente la resistenza interna del generatore inserendo in serie $1\text{k}\Omega$.
- Si misurano V_{R_x} e i_{R_x} nella resistenza R_x al variare di R_x .
- Si usano contemporaneamente lo strumento universale e il multimetro digitale per misurare i e V

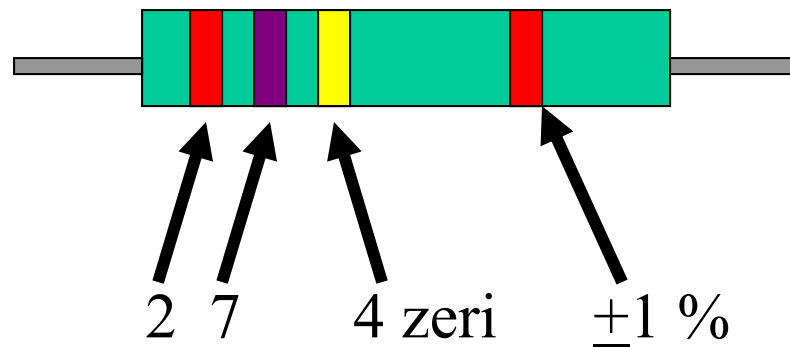


codice dei colori nei resistori



colore	1 ^a cifra	2 ^a cifra	3 ^a cifra
Nero	0	0	-
Marrone	1	1	0
Rosso	2	2	00
Arancio	3	3	000
Giallo	4	4	0000
Verde	5	5	00000
Blu	6	6	000000
Viola	7	7	-
Grigio	8	8	-
Bianco	9	9	-

Esempio:



$$= 270\text{k}\Omega$$

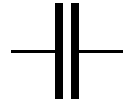
TOLLERANZE

Rosso 1%	Oro 5%	Argento 10%	Mancante 20%
-------------	-----------	----------------	-----------------

Correnti variabili nel tempo

- Finora abbiamo studiato circuiti in corrente continua, cioè circuiti in cui siamo “a regime”, molto tempo ($t \gg \tau_i$) dopo l’inizio del processo, quando tutte le correnti si sono stabilizzate.
- Oggi cominciamo a studiare situazioni più dinamiche, partendo dal primo circuito che introduce una costante di tempo nel sistema: la carica e scarica di un condensatore attraverso un resistore.
- Poi generalizzeremo a circuiti più complessi e al caso particolarmente importante di correnti variabili in modo periodico.

- Per gli elementi passivi valgono le seguenti relazioni, note dallo studio dell' elettromagnetismo:



$$V = RI ;$$

Legge di Ohm

$$I = V / R ;$$

$$V = \frac{1}{C} \int_0^t Idt ;$$

Def. di $C=Q/V$

$$I = C \frac{dV}{dt} ;$$

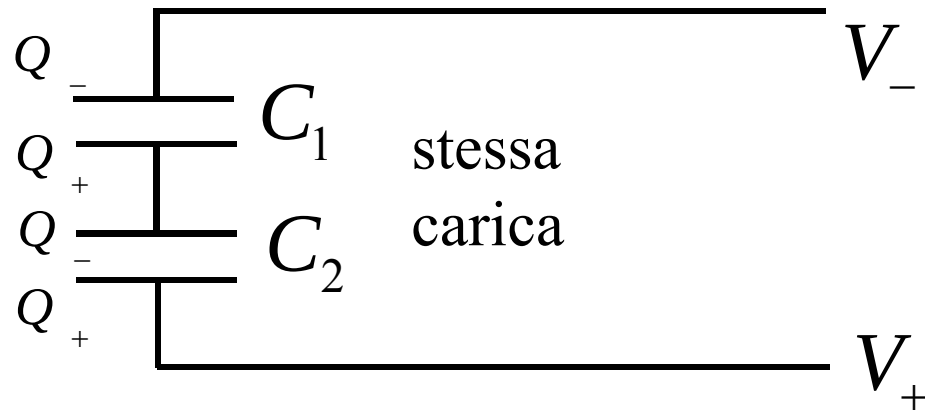
$$V = L \frac{dI}{dt}$$

Legge di Lenz

$$I = \frac{1}{L} \int_0^t Vdt$$

- Dove:
 - V = differenza di potenziale ai capi dell' elemento considerato,
 - I = intensita' di corrente che attraversa l' elemento stesso,
 - R =resistenza,
 - C =capacita',
 - L =coefficiente di autoinduzione (o induttanza), t = tempo

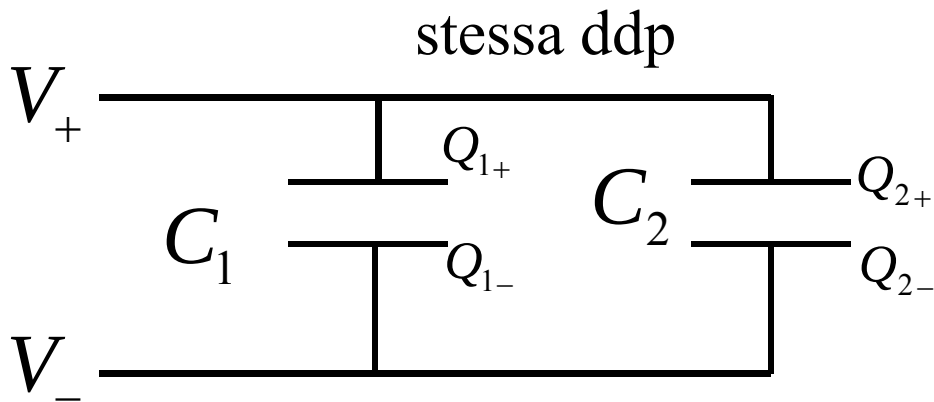
Condensatori in serie e in parallelo



$$V_+ - V_- = V_{C_1} + V_{C_2} = \frac{Q_+}{C_1} + \frac{Q_+}{C_2}$$

$$C_s = \frac{Q_+}{V_+ - V_-} = \frac{Q_+}{\frac{Q_+}{C_1} + \frac{Q_+}{C_2}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

$$C_s^{-1} = C_1^{-1} + C_2^{-1}$$



$$C_p = \frac{Q_{1+} + Q_{2+}}{V_+ - V_-} = \frac{Q_{1+}}{V_+ - V_-} + \frac{Q_{2+}}{V_+ - V_-}$$

$$C_p = C_1 + C_2$$