RETI ELETTRICHE IN REGIME CONTINUO

FONTI

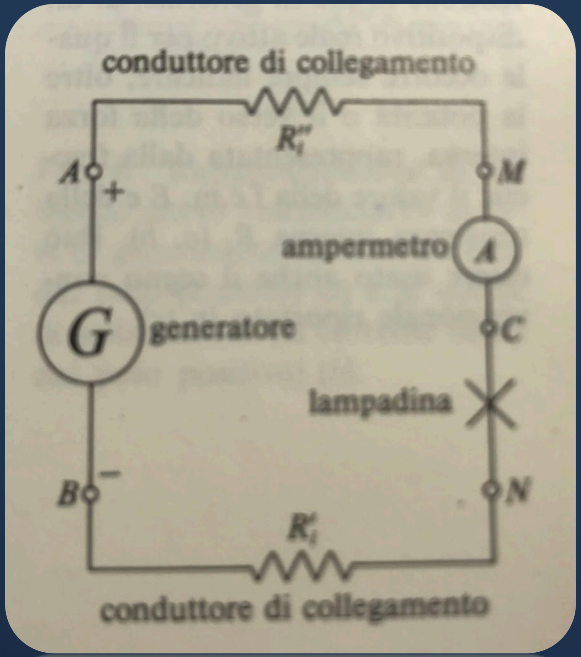
- Mario Pezzi: “Elettrotecnica generale”, Zanichelli, Bologna, 1986
- Luigi Olivieri – Edoardo Ravelli: “Elettrotecnica volume primo: elettrotecnica generale”, Cadam, Padova, 1962
- https://slideplayer.it/slide/17642711/
- Ferrari, Galbassini: “Telecomunicazioni per informatica”, Editrice San Marco

- Se non diversamente specificato, le immagini sono tutte tratte da Wikipedia (https://it.wikipedia.org)

INDICE

- Carica elettrica, corrente elettrica e differenza di potenziale
- Prima e seconda legge di Ohm, serie e parallelo di resistenze
- Materiali conduttori e isolanti
- Circuiti in corrente continua
- Generatori reali di tensione, curve tensione-corrente
- Generatori reali di corrente reali (cenni)
- Teorema di Thévenin
- Sovrapposizione degli effetti
- Principi di Kirchhoff
- Potenza ed energia

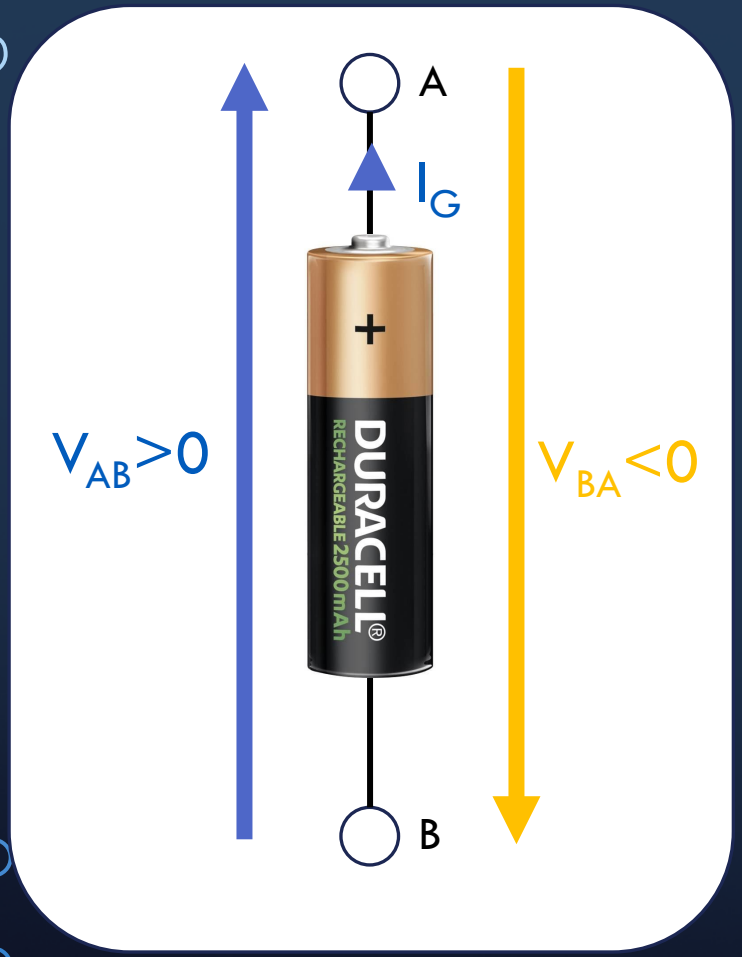
INTRODUZIONE



Schematizzazione di un semplice circuito costituito da un generatore (G), da un utilizzatore (lampadina), da un amperometro (A) e da due conduttori (R_l' , R_l'') di collegamento.
Foto tratta da Mario Pezzi: "Elettrotecnica generale", Zanichelli, Bologna, 1986

- Un circuito elettrico è un insieme di generatori collegati tra loro e ai dispositivi utilizzatori di energia elettrica tramite conduttori di collegamento e dispositivi di manovra, misura o sicurezza, in modo da poter essere attraversati tutti dalla corrente.

BIPOLI ATTIVI

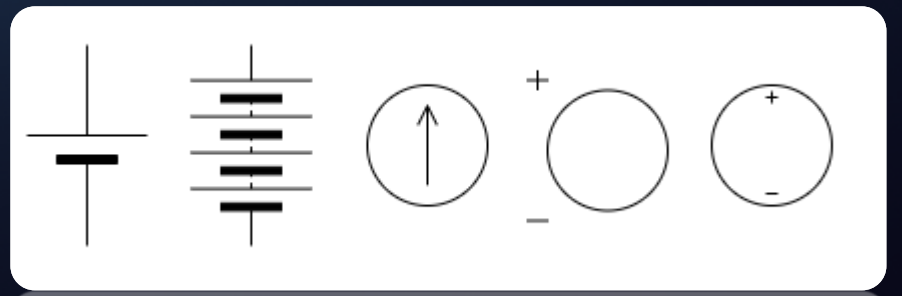


(www.duracell.com)

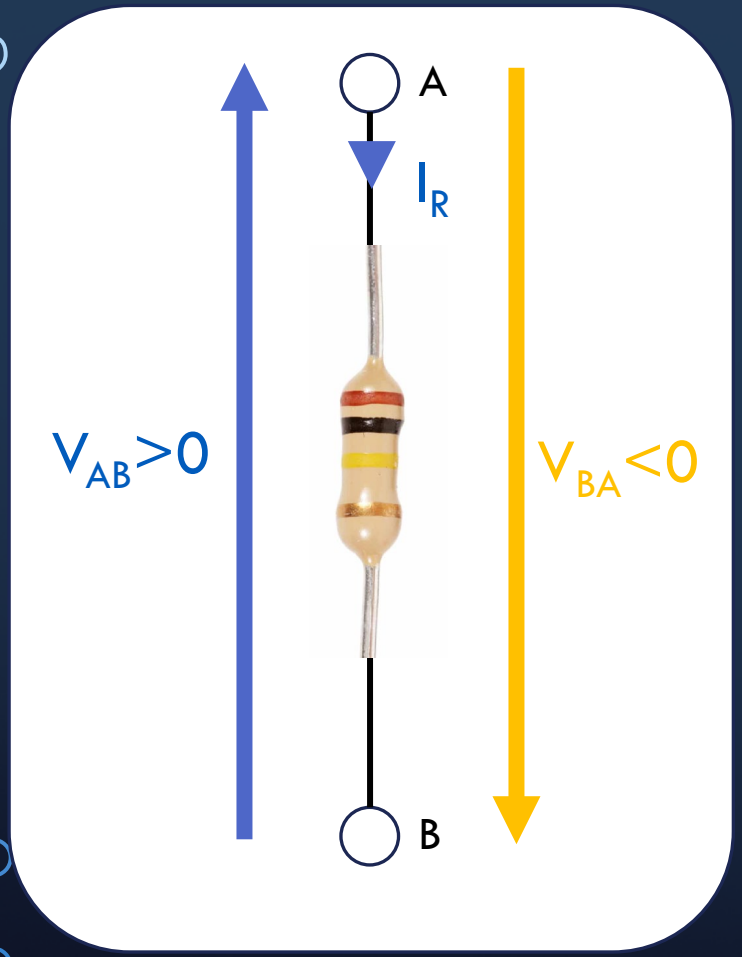
I bipoli attivi trasformano in energia elettrica un'altra forma di energia (tranne il calore).

Per convenzione, la tensione è positiva in corrispondenza del '+', quindi la differenza di potenziale V_{AB} tra A e B è positiva (A è a un potenziale maggiore di B), V_{BA} è negativa.

Se inserito in un circuito la corrente è positiva se esce dal polo positivo (vedremo più avanti il caso di generatori in serie)



BIPOLI PASSIVI

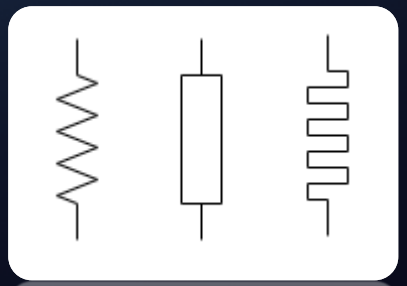


(www.passive-components.eu)

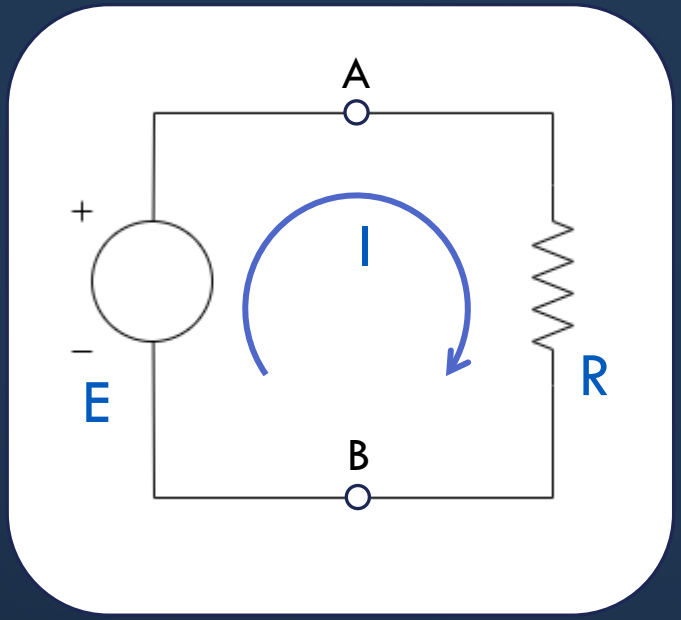
I bipoli passivi trasformano l'energia elettrica in un'altra forma di energia (luminosa, meccanica, chimica), oppure ancora in energia elettrica, ma in ogni caso producendo anche calore (perdite).

Per convenzione, la tensione è positiva nel morsetto dove entra la corrente.

Se non entra corrente la differenza di potenziale è nulla.



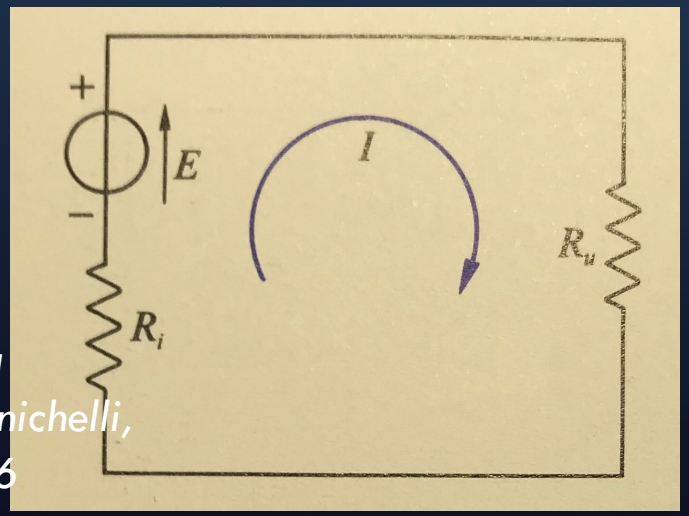
LEGGE DI OHM PER UN CIRCUITO CHIUSO



La corrente I che scorre nel circuito produce una caduta di tensione sulla resistenza R di valore R·I (i conduttori di collegamento si suppongono a resistenza trascurabile)

Poiché i terminali A e B sono in comune ne consegue che

$$E = R \cdot I$$



Mario Pezzi: ''Elettrotecnica generale'', Zanichelli, Bologna, 1986

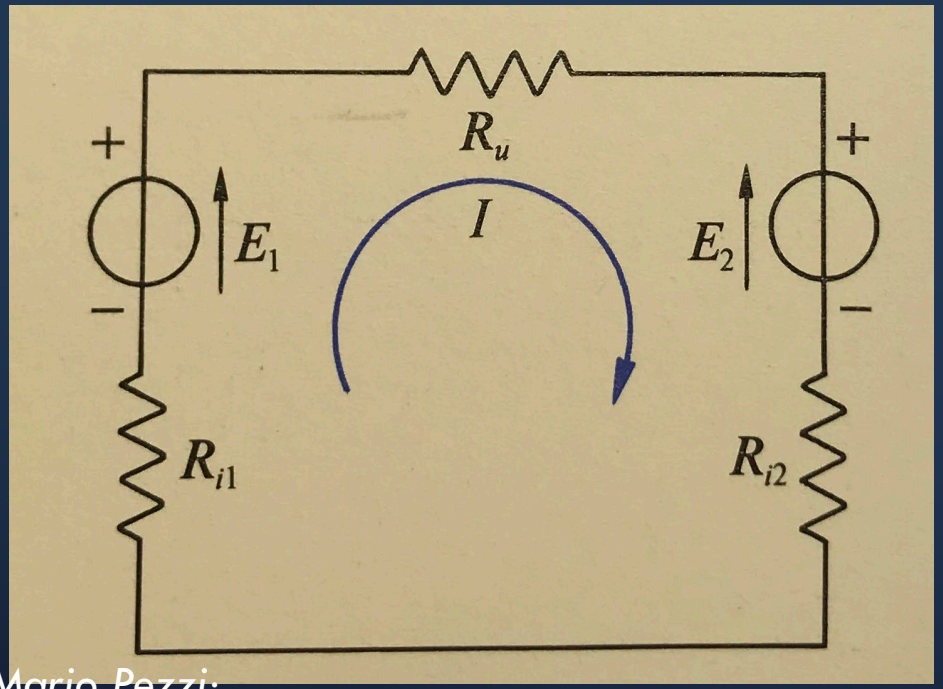
Nel caso di più resistenze, poiché l'energia fornita dal generatore deve essere uguale a quella dissipata nelle resistenze, deve essere

$$E = R_i \cdot I + R_u \cdot I = (R_i + R_u) \cdot I$$

da cui risolvendo si ricava

$$I = \frac{E}{R_i + R_u}$$

LEGGE DI OHM PER UN CIRCUITO CHIUSO



Mario Pezzi: "Elettrotecnica generale", Zanichelli, Bologna, 1986

Nel caso in cui ci siano più generatori in un circuito è necessario considerare come agiscono effettivamente nel circuito.

Se consideriamo il generatore E_1 la corrente effettivamente esce dal '+' e quindi funziona da generatore.

Nel generatore E_2 viceversa la corrente entra dal '+' e in queste condizioni il generatore non può erogare corrente elettrica, ma la assorbe, comportandosi di fatto come un dipolo passivo. La sua forza elettromotrice deve essere quindi presa con il segno negativo.

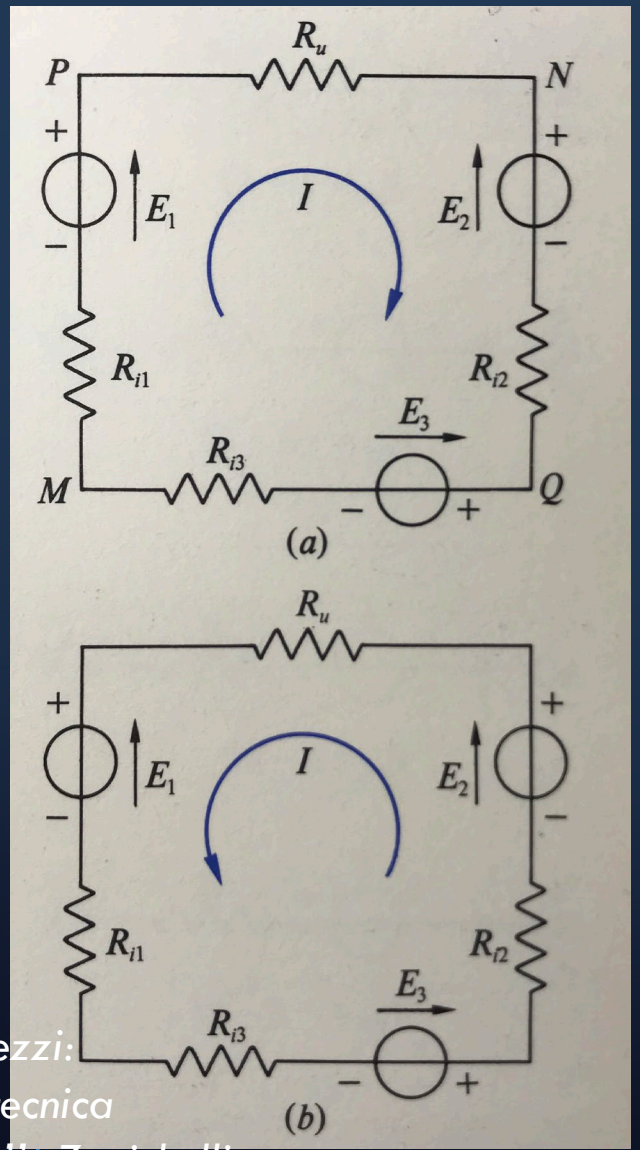
Ne consegue

$$E_1 - E_2 = R_{i1} \cdot I + R_{i2} \cdot I + R_{i3} \cdot I$$

e quindi

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_{i1} + R_{i2} + R_{i3}}$$

LEGGE DI OHM PER UN CIRCUITO CHIUSO



Mario Pezzi: "Elettrotecnica generale", Zanichelli, Bologna, 1986

In generale il segno con cui vanno prese le forze elettromotrici E dei generatori dipende dal verso della corrente che si sceglie.

caso (a):

$$E_1 - E_2 - E_3 = R_{i1} \cdot I + R_{i2} \cdot I + R_{i3} \cdot I + R_u \cdot I$$

da cui si ricava $I = \frac{E_1 - E_2 - E_3}{R_{i1} + R_{i2} + R_{i3} + R_u}$

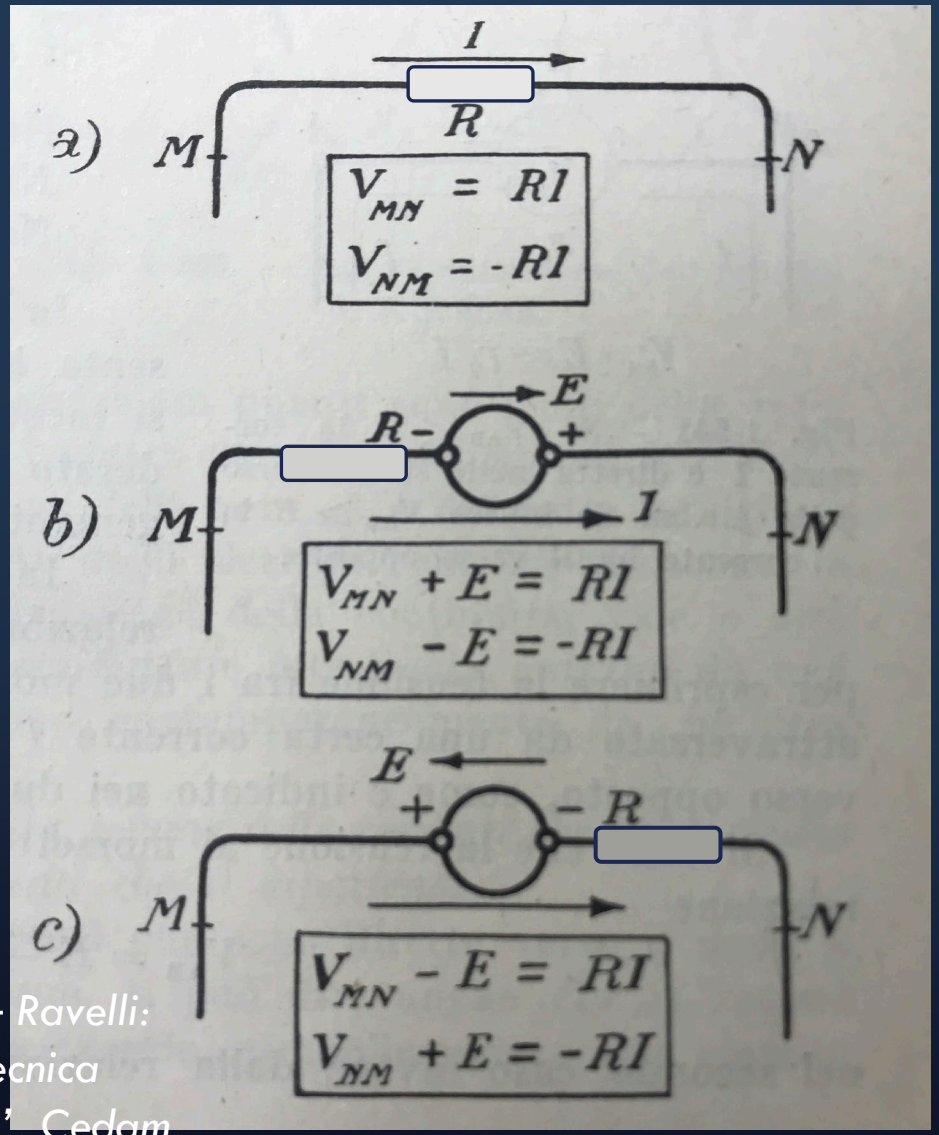
caso (b):

$$E_2 + E_3 - E_1 = R_{i1} \cdot I + R_{i2} \cdot I + R_{i3} \cdot I + R_u \cdot I$$

da cui si ricava $I = \frac{E_2 + E_3 - E_1}{R_{i1} + R_{i2} + R_{i3} + R_u}$

Ovviamente, in uno dei due casi la corrente trovata sarà positiva, nell'altro sarà negativa. Questo a dimostrare che il verso assegnato arbitrariamente nel secondo caso è scorretto e la corrente fluisce nell'altro verso.

LEGGE DI OHM GENERALIZZATA



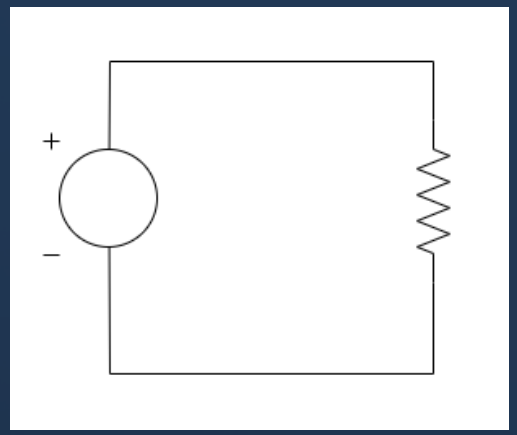
Olivieri – Ravelli: "Elettrotecnica generale", Cedam, Padova, 1962.

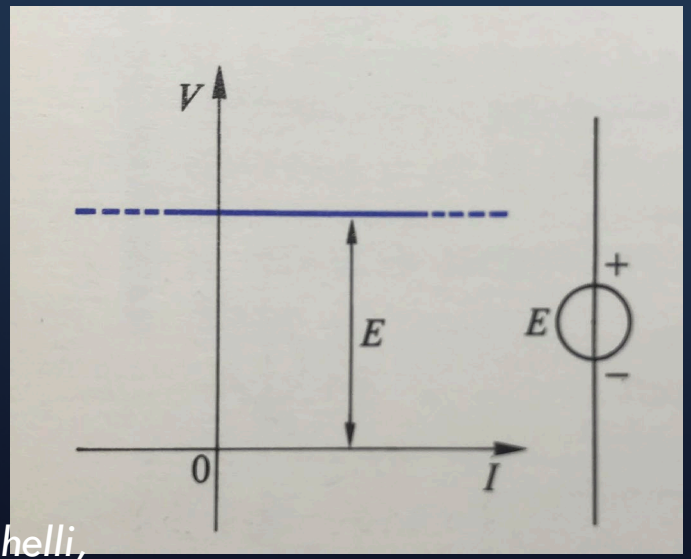
La legge di Ohm può essere utilizzata per esprimere la differenza di potenziale ai capi di un tronco di circuito generico.

In questo caso è necessario in primo luogo fissare un verso arbitrario della corrente e prendere di conseguenza correttamente il segno delle forze elettromotrici.

Qualora il calcolo dia un valore di V_{MN} negativo, il verso preso arbitrariamente per la corrente era scorretto e questa in realtà fluisce nel verso opposto.

GENERATORE REALE DI TENSIONE





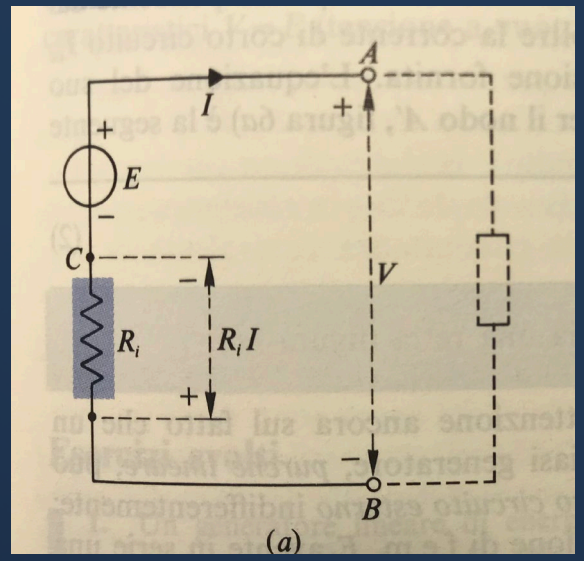
Un generatore ideale di tensione per definizione eroga una tensione costante indipendentemente dal carico attaccato ai suoi terminali.

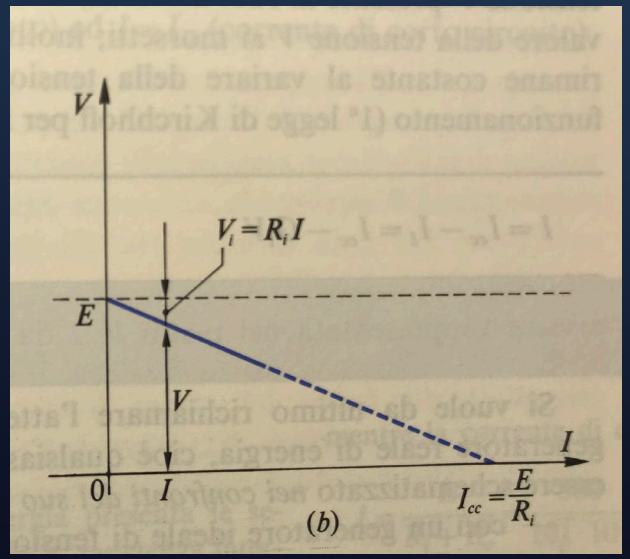
Se la resistenza di carico tende a 0, la corrente erogata idealmente tende a infinito (e idealmente il generatore è in grado di fornirla).

Se si disegnasse la caratteristica corrente-tensione, questa è una retta parallela all'asse della corrente.

Mario Pezzi: "Elettrotecnica generale", Zanichelli, Bologna, 1986

GENERATORE REALE DI TENSIONE





Mario Pezzi: ''Elettrotecnica generale'', Zanichelli, Bologna, 1986

In realtà un generatore di tensione:

- non può erogare correnti infinite
- per quanto piccola i suoi terminali presentano sempre una resistenza serie.

Questo viene modellato tramite un generatore ideale di tensione E con in serie una resistenza R_i che prende il nome di resistenza interna.

L'effetto della resistenza interna è limitare la corrente erogata.

A vuoto, cioè in assenza di carico, la corrente erogata è nulla e la tensione di uscita V è uguale alla tensione del generatore ideale di tensione E

Con i terminali in corto circuito invece la corrente che circola prende il nome di corrente di corto circuito Icc

La tensione in uscita dipende dalla corrente erogata

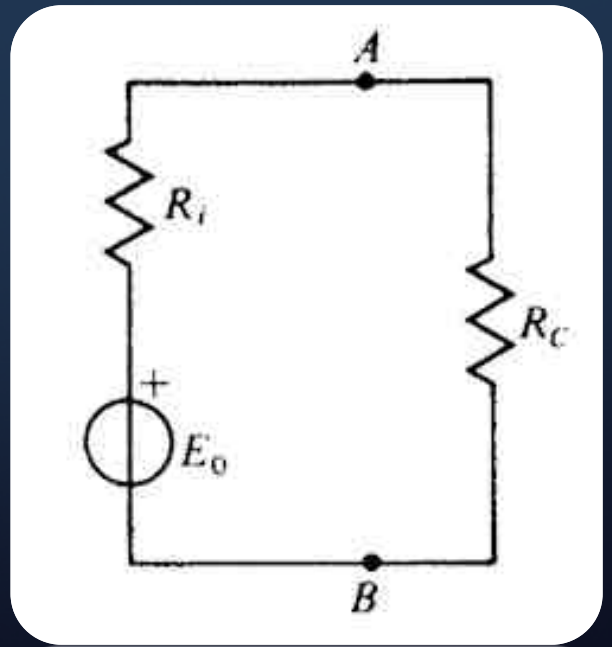
$$V = E - R_i I$$

ESEMPIO

Un generatore di tensione $E_0=9V$, presenta una resistenza interna $R_i=1\Omega$

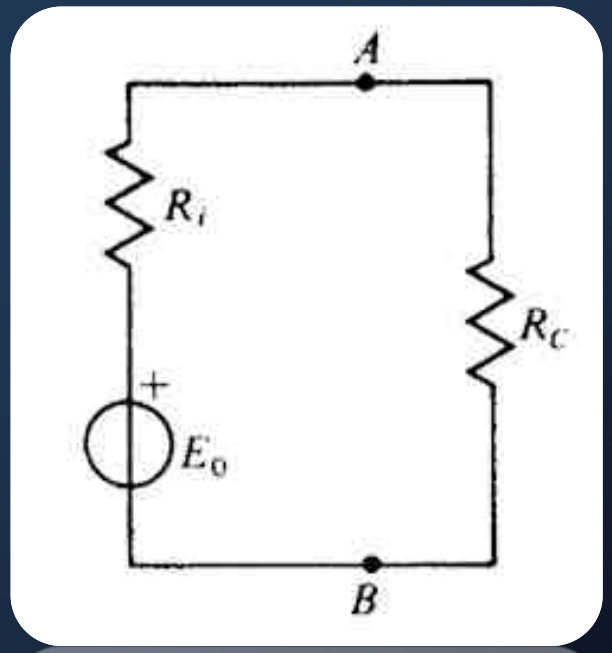
Verificare se è adatto ad alimentare un dispositivo che ammette ai suoi capi una tensione $V_{AB}=9\pm1V$ e presenta una resistenza di carico $R_c=20\Omega$

Verificare anche il caso in cui $R_c=5\Omega$



ESEMPIO (SOLUZIONE)

Il generatore fornirà una corrente $I = \frac{E_0}{R_c + R_i} = 0{,}428°$



Con resistenza di carico Rc=20Ω si avrà

$$V_{AB} = R_c I = E_0 \frac{R_c}{R_c + R_i} = 8{,}57\text{V}$$

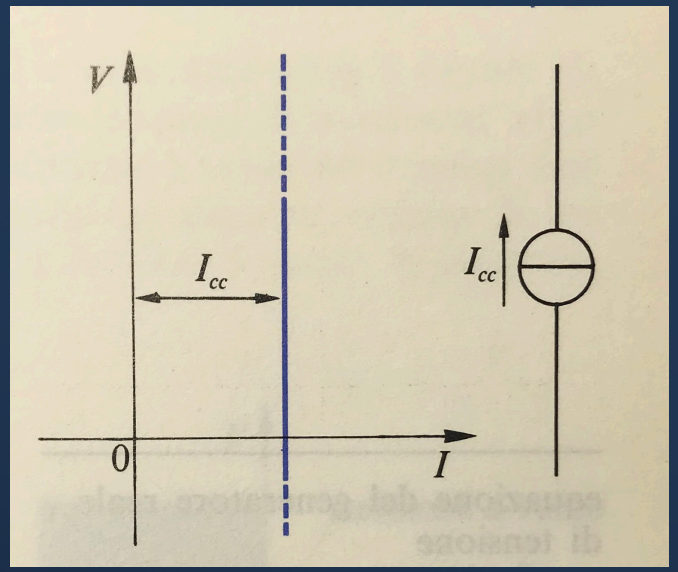
e la tensione fornita è compatibile con quella richiesta

Con resistenza di carico Rc=5Ω si avrà

$$V_{AB} = E_0 \frac{R_c}{R_c + R_i} = 7{,}5\text{V}$$

quindi il generatore non è in grado di fornire la tensione richiesta e deve essere sostituito da uno con resistenza di ingresso minore

GENERATORE IDEALE DI CORRENTE

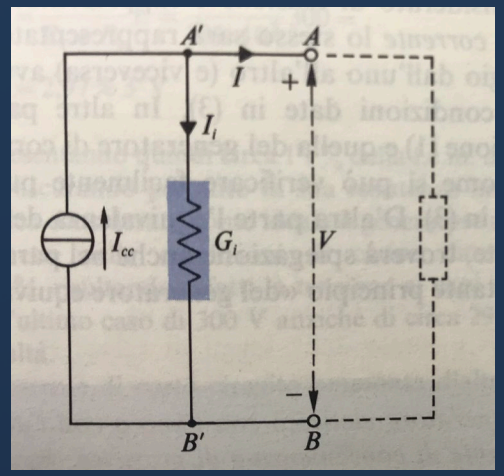


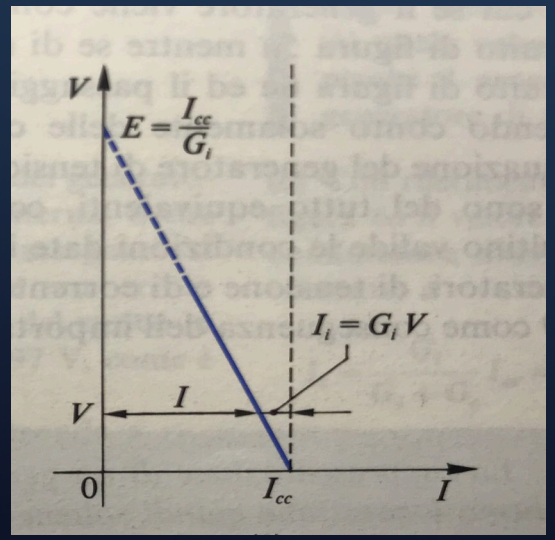
Mario Pezzi: "Elettrotecnica generale", Zanichelli, Bologna, 1986

In generatore ideale di corrente è un generatore che trasforma in energia elettrica altre forme di energia e ha la caratteristica di essere in grado di erogare sempre la stessa corrente indipendentemente dal carico attaccato.

La corrente viene mantenuta costante variando (idealmente) la differenza di potenziale ai morsetti.

GENERATORE REALE DI CORRENTE





Mario Pezzi: "Elettrotecnica generale", Zanichelli, Bologna, 1986

In realtà un generatore di corrente:

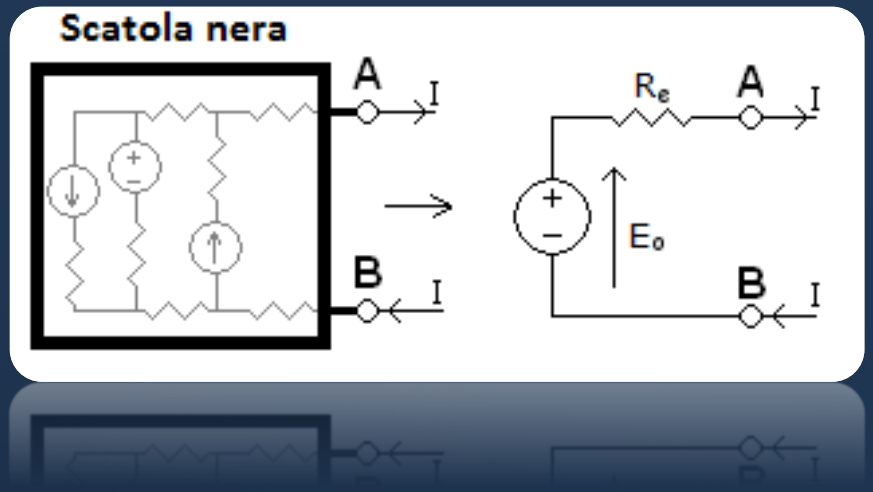
- non è in grado di sostenere qualunque corrente innalzando a dismisura la tensione ai suoi terminali
- presenta una resistenza ai suoi terminali

Questo viene modellato tramite un generatore ideale di corrente i_0 con in parallelo una conduttanza G_i che prende il nome di conduttanza interna.

Una conduttanza è il reciproco di una resistenza. La resistenza interna del generatore è quindi $R_i = {}^{1}/_{G_i}$.

Di conseguenza la differenza di potenziale ai capi del generatore è $V = R_i \cdot I = \frac{I}{G_i}$

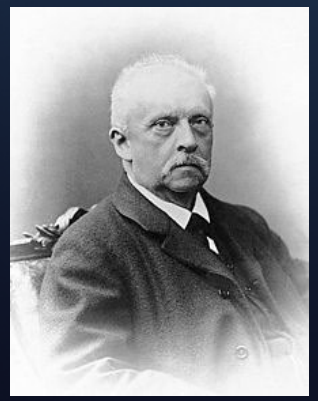
TEOREMA DI THÉVENIN



Il teorema di Thevenin afferma che indipendentemente dalla sua complessità, qualsiasi circuito lineare visto da due terminali A e B è equivalente ad un generatore reale di tensione costituito da un generatore ideale di tensione E_0 in serie a un resistore R_i.

- E_0 è la tensione a vuoto misurata tra A e B
- R_i è la resistenza che si ha tra A e B quando i generatori di tensione vengono cortocircuitati e quelli di corrente aperti.

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (Potsdam, 31 agosto 1821 – Berlino-Charlottenburg, 8 settembre 1894)

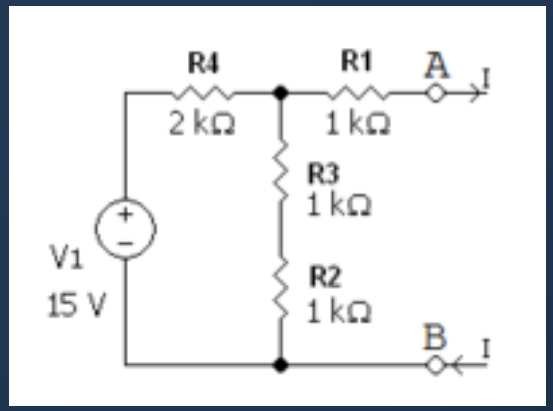


Léon Charles Thévenin (Meaux, 30 marzo 1857 – Parigi, 21 settembre 1926)

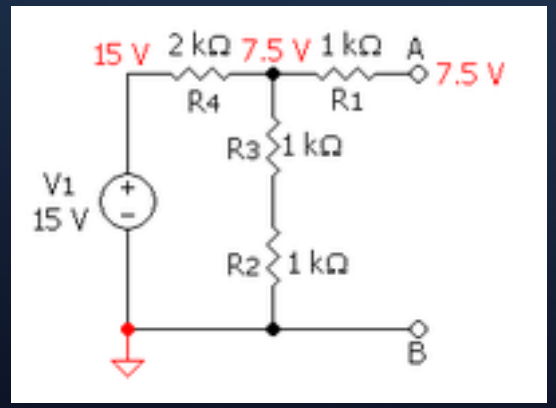
CURIOSITÀ: Il teorema fu enunciato per primo dallo scienziato tedesco Hermann von Helmholtz nel 1853, ma riscoperto nel 1883 dall'ingegnere francese Léon Charles Thévenin da cui prende il nome.

ESEMPIO (TRATTO DA WIKIPEDIA)

Calcolare il generatore equivalente di Thévenin del circuito in figura:



SOLUZIONE:



Nella resistenza R1 non circola corrente, quindi la caduta di tensione è nulla.

La corrente scorre solo nella serie R4, R3, R2 e si ha

$$I = \frac{V1}{R4 + R3 + R2} = 3{,}75\ mA$$

La tensione a vuoto è quindi

$$V_{AB} = (R3 + R2) \cdot I = 7{,}5\ \text{V}$$

ESEMPIO (TRATTO DA WIKIPEDIA)

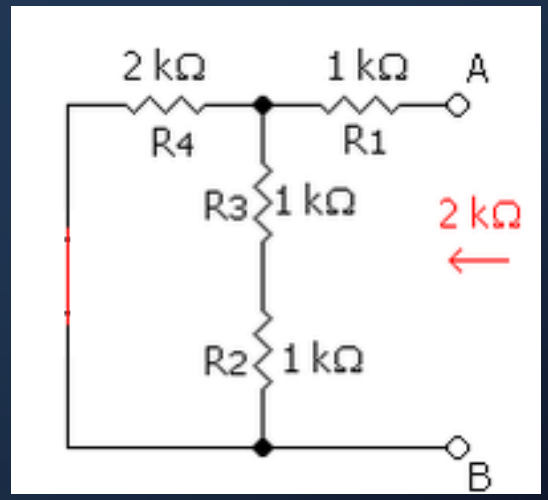
SOLUZIONE (continua):

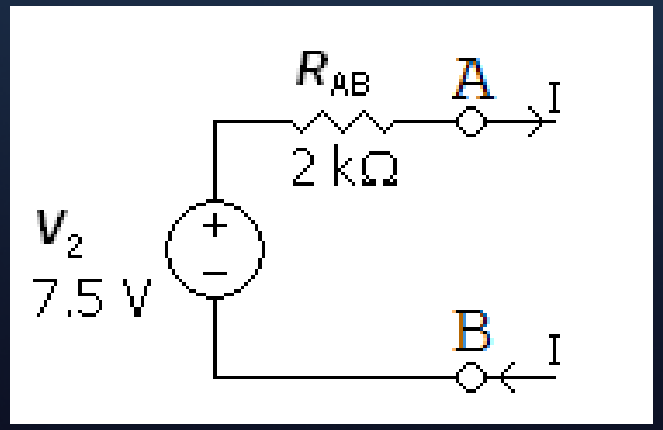
Per calcolare la resistenza equivalente è necessario cortocircuitare il generatore di tensione.

La resistenza equivalente di Thévenin è la resistenza misurata tra i punti A e B "guardando indietro" dentro il circuito.

Il suo valore è:

$$R_{AB} = R1 + [(R3 + R2)//R4] = 2\ K\Omega$$

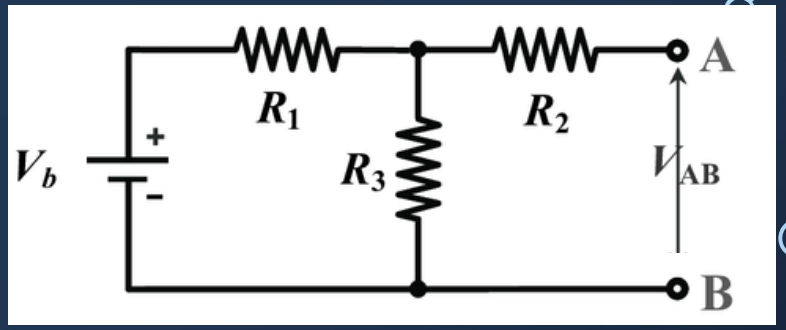




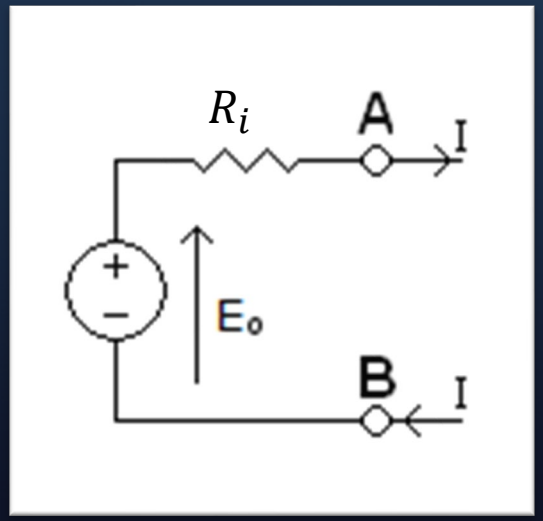
Il generatore equivalente di Thévenin è quindi quello di figura

ESEMPIO

Calcolare il generatore equivalente ai morsetti A e B



SOLUZIONE:



$$E_0 = \frac{V_b * R_3}{R_1 + R_3}$$

$$R_i = R_2 + \frac{R_1 * R_3}{R_1 + R_3}$$