

0.1) Bipoli e leggi fondamentali:

PROPRIETÀ ENERGETICA: è il legame che consente di correlare le azioni fisiche (elettriche) misurabili sul bipolo allo scambio energetico attraverso la sua frontiera.

CARATTERIZZAZIONE INTRINSECA: è il legame diretto (o inverso) tra le variabili elettriche fondamentali (tensione V , corrente I).

Potenza elettrica:

-> La potenza elettrica si calcola come grandezza derivata attraverso il prodotto:

$$P = I * V;$$

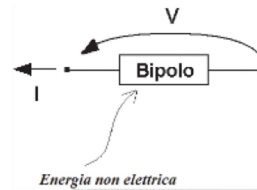
- Si misura in Watt [W];
- $1 W = \frac{1 J}{1 s} = \frac{1 N * 1 m}{1 s} = 1 V * 1 A$;

Convenzioni di segno:

Convenzione dei generatori:

-> **DEF:** misura **positivamente** la potenza (= energia) entrante attraverso la frontiera (energia non elettrica);

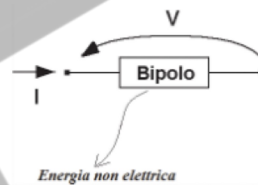
- **Variabili** intrinseche **concordi** in verso;
- P ha segno positivo se generata;



Convenzione degli utilizzatori:

-> **DEF:** misura **negativamente** la potenza (= energia) uscite attraverso la frontiera (energia non elettrica);

- **Variabili** intrinseche **discordi** in verso;
- P ha segno positivo se dissipata;



Kirchhoff Current Law: KCL

-> **DEF:** Presa una **superficie chiusa** attraversata da conduttori, la somma algebrica delle correnti che la attraversano è pari a zero:

$$\sum_j I_j = 0;$$

- Superficie chiusa: non dev'essere per forza un punto. Potrebbe essere anche parte di un circuito.

NODO: punto in cui confluiscono due o più bipoli.

- Nodo **IMPROPRIO:** se il numero di bipoli entranti è due;
- Nodo **PROPRIO:** se il numero di bipoli entranti è $n > 2$.

-> La **corrente** può essere **negativa**.

Kirchhoff Voltage Law: KVL

-> **DEF:** La somma algebrica delle tensioni lungo un percorso chiuso è pari a zero:

$$\sum_j V_j = 0;$$

MAGLIA: è un particolare cammino chiuso, dove ogni lato del cammino è rappresentato da un bipolo.

Bilancio di potenze:

-> **DEF:** All'interno di una rete elettrica il bilancio globale delle potenze elettriche erogate dai bipoli generatori eguaglia quello delle potenze assorbite dai bipoli utilizzatori:

$$\sum_i P_{g,i} = \sum_j P_{u,j};$$

- Il bilancio di potenze è conseguenza della legge di conservazione dell'energia.

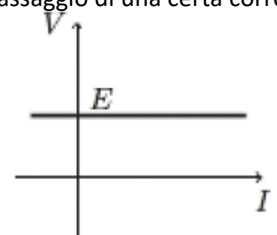
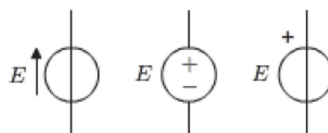
Equazioni costitutive dei principali bipoli:

Generatore ideale di tensione:

-> **DEF:** è un bipolo che, mantenendo costante il valore di tensione E ai suoi capi, permette il passaggio di una certa corrente a qualsiasi intensità al suo interno:

$$V = E \quad \forall I;$$

-> Simboli:



0.2) Bipoli e leggi fondamentali:

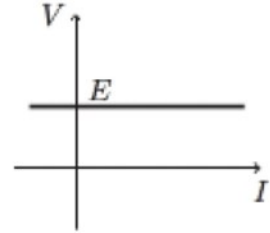
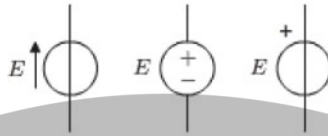
Equazioni costitutive dei principali bipoli:

Generatore ideale di tensione:

-> **DEF:** è un bipolo che, mantenendo costante il valore di tensione E ai suoi capi, permette il passaggio di una certa corrente a qualsiasi intensità al suo interno:

$$V = E \quad \forall I;$$

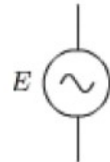
-> Simboli:



-> Simboli circuitali utilizzati per casi particolari:

- Simbolo **batteria** (generatore costante):

- Simbolo generatore **sinusoidale**:

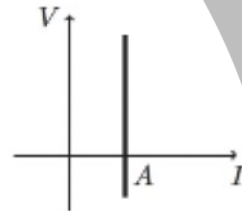
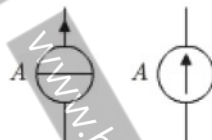


Generatore ideale di corrente:

-> **DEF:** è un bipolo che, mantenendo costante al suo interno il passaggio della corrente A , consente la presenza di una tensione qualsiasi ai suoi terminali:

$$I = A \quad \forall V;$$

-> Simboli:



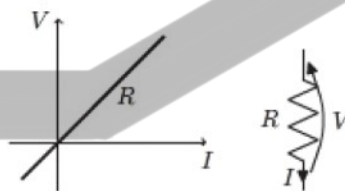
-> **Convenzioni di segno:** i generatori ideali (tensione/corrente) sono pur sempre dei generatori => nel caso in cui la convenzione dei segni, nell'esercizio, sia quella degli utilizzatori => è necessario inserire il segno meno nella formula della potenza (il pedice della potenza, però, è sempre quello di un generatore).

Resistore ideale:

-> **DEF:** è un bipolo che come sua caratteristica funzionale mantiene costante il rapporto tra tensione corrente.

-> Legge di Ohm: $V = R * I;$

⚠ Vale applicando la convenzione degli utilizzatori.

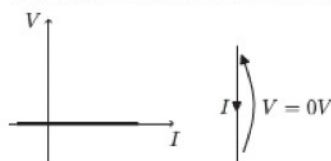


Bipoli degeneri:

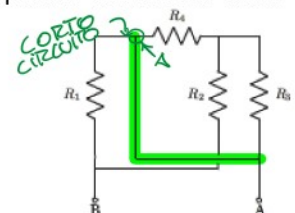
Corto circuito:

-> **DEF:** circuito che mantiene ai suoi capi una tensione nulla.

- Può essere considerato come un caso particolare del generatore di tensione con $E=0$ V oppure di un resistore con $R = 0 \Omega;$
- Due nodi connessi ad un corto circuito possono essere considerati come lo stesso nodo.



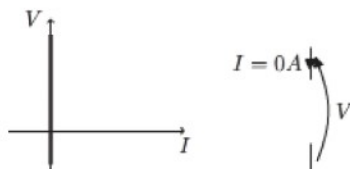
-> Il prodotto tra un corto circuito e un resistore è un corto circuito.



Circuito aperto:

-> **DEF:** è un circuito che impedisce il passaggio della corrente.

- Può essere considerato come un caso particolare di generatore di corrente con $A = 0$ A oppure un resistore con $G = 0$ S (ovvero $R = +\infty$).



0.3) Bipoli e leggi fondamentali:

DEF: Sono definiti transitori quelle fasi temporali in cui le grandezze elettriche di una rete non sono costanti, né variano in maniera periodica.



- Si manifestano se esiste almeno un elemento conservativo.

Gli elementi conservativi possono essere condensatori o induttori:

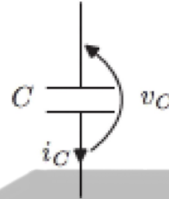
Condensatore:

-> **DEF:** un condensatore è un elemento composto da due lamine (armature) separate da materiale isolante (dielettrico). Se connessi ad un generatore di tensione, una delle due lamine si carica di elettroni negativi, l'altra di elettroni positivi e si genera un campo elettrico. Quando il condensatore viene poi attaccato ad un bipolo utilizzatore, la corrente fluisce.

-> Ha la funzione di una batteria, con la differenza che una batteria ha molta capacità, ma ha lenta

distribuzione ; un condensatore ha poca capacità, ma è molto veloce .

- È caratterizzato da una capacità C;
- Rappresentazione modello:



- Legame tensione-corrente: $i(t) = C \cdot \frac{dv(t)}{dt}$;
- Esempi: utilizzato per i flash delle macchine fotografiche;
- Video: [Condensatore | Sai Come Funziona? \(differenti Modelli\)](#)

- Altre formule:

Caso di invarianza temporale:

$$i(t) = C \cdot \frac{dv(t)}{dt}$$

Tensione:

$$v(t) = v(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau$$

Potenza assorbita:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = v(t) \cdot C \cdot \frac{dv(t)}{dt}$$

Energia assorbita (nell'intervallo (0, t)):

$$w_C(0,t) = \int_0^t p(\tau) d\tau = \int_0^t v(\tau) i(\tau) d\tau = \int_0^t v(\tau) C \cdot \frac{dv(\tau)}{d\tau} d\tau = \frac{1}{2} C \int_0^t dv^2(\tau) = \frac{1}{2} C (v^2(t) - v^2(0))$$

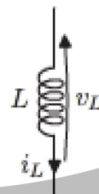
Energia immagazzinata nell'istante t:

$$w_C(t) = \frac{1}{2} C v^2(t)$$

Induttore:

-> **DEF:** un induttore è composto da una bobina di filo raggomitolata su di se. Questo immagazzina energia sottoforma di un campo magnetico, quando stacciamo l'alimentazione (e colleghiamo un altro circuito) questo si scarica, liberando energia.

- È caratterizzato da un'induttanza L;
- Rappresentazione modello:



-> Quando è completamente carico o scarico si comporta come un c.c.

- Legame tensione-corrente: $v(t) = \frac{dL(t) \cdot i(t)}{dt}$;
- Video: [Come funziona un Induttore | Spiegazione Semplice](#);
- Altre formule:

Caso invarianza temporale:

$$v(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

Legame integrale:

$$i(t) = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau$$

Potenza assorbita:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = i(t) \cdot L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

Energia assorbita:

$$w_L(0,t) = \int_0^t p(\tau) d\tau = \int_0^t v(\tau) i(\tau) d\tau = \int_0^t i(\tau) L \cdot \frac{di(\tau)}{d\tau} d\tau = \frac{1}{2} L \int_0^t di^2(\tau) = \frac{1}{2} L (i^2(t) - i^2(0))$$

Energia immagazzinata all'istante t:

$$w_L(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$$

0.4) Bipoli e leggi fondamentali: Principi...

Equivalenza:

-> **DEF:** Due bipoli (o più in generale porzioni di rete accessibili a due terminali) sono equivalenti se hanno la stessa caratterizzazione funzionale $V=f(I)$. Nello specifico due bipoli sono sempre equivalenti quando possono essere rappresentati (agli effetti esterni) dalla medesima relazione caratteristica.

Sostituzione:

-> **DEF:** Se due bipoli A e B sono equivalenti allora è sempre lecito sostituire A con B o viceversa. Questo è possibile perché di fatto non viene alterata agli effetti esterni la relazione funzionale $V=f(I)$ che per definizione deve essere uguale essendo i due bipoli equivalenti.

Bipoli in SERIE:

-> **DEF:** due bipoli si definiscono in serie se sono percorsi dalla stessa corrente, ovvero se sono collegati attraverso un nodo improprio.

- Generatori di TENSIONE:



$$E_{eq} = E_1 + E_2$$

- Generatori di CORRENTE:



$$A_{eq} = \begin{cases} A_1 & \text{se } A_1 = A_2 \\ \cancel{\neq} & \text{se } A_1 \neq A_2 \end{cases}$$

- RESISTORI:

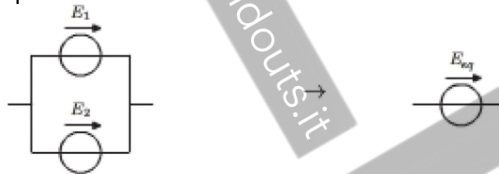


$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Bipoli in PARALLELO:

-> **DEF:** Due bipoli si definiscono in parallelo quando hanno entrambi i morsetti in comune e quindi è applicata la stessa differenza di potenziale.

- Generatori di TENSIONE:



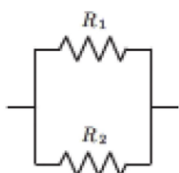
$$E_{eq} = \begin{cases} E_1 & \text{se } E_1 = E_2 \\ \cancel{\neq} & \text{se } E_1 \neq E_2 \end{cases}$$

- Generatori di CORRENTE:



$$A_{eq} = A_1 + A_2$$

- RESISTORI:



$$G_{eq} = G_1 + G_2$$

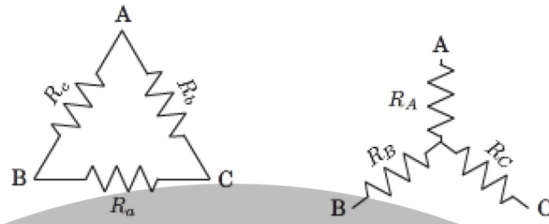
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

0.5) Bipoli e leggi fondamentali:

Trasformazioni a stella - triangolo:

-> Per le configurazioni di questo tipo non è possibile operare riduzioni con il metodo serie/parallelo, ma è possibile identificare trasformazioni che permettano di passare da una tipologia di connessione ad un'altra.

-> Resistori a triangolo e a stella:



1.  -> 

$$R_A = \frac{R_c R_b}{R_a + R_b + R_c} \quad R_B = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad R_C = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

2.  -> 

$$R_a = \frac{R_A R_B + R_A R_C + R_B R_C}{R_A} \quad R_b = \frac{R_A R_B + R_A R_C + R_B R_C}{R_B} \quad R_c = \frac{R_A R_B + R_A R_C + R_B R_C}{R_C}$$

-> Se i resistori che compongono la stella (o triangolo) sono tutti uguali tra loro:

$$R_Y = \frac{R_\Delta}{3}$$

$$R_\Delta = 3R_Y$$

www.handouts.it

0.6) Bipoli e leggi fondamentali > Definizioni:

RETE: (o circuito elettrico) la connessione di un numero arbitrario di bipoli attraverso i loro terminali o morsetti.

NODO: è quel luogo dello spazio che connette due o più terminali.

- **IMPROPRIO:** collega solo due bipoli. -> non si modifica la corrente perché in serie si mantiene.
-> Un corto circuito è una serie infinita di nodi impropri.
- **PROPRIO:** collega più di due bipoli, #nodi ≥ 3 . -> In quello proprio si modifica la corrente.

LATO (o RAMO): è la porzione di rete/circuito compresa tra due nodi propri.

MAGLIA: è l'insieme dei rami che forma un percorso chiuso.

ANELLO: è una maglia minima (una maglia che NON contiene altre maglie).

