

# MODELLO ELETTROMANETICO

L'analisi di oggetti fisici reali è possibile attraverso modelli che semplificano le ipotesi di lavoro e formulazione.

L'elettromagnetismo è governato dalle equazioni differenziali alle derivate parziali di Maxwell, che richiedono sia un'integrazione nello spazio, che nel tempo.

L'approccio a **parametri concentrati** si basa sull'**eliminazione delle variabili spaziali** dalla trattazione matematica, in modo da **ottenere equazioni dipendenti solo dal tempo**. NON si tratteranno in questo modo più variabili di campo.

Si tratteranno perciò **RETI ELETTRICHE**, ovvero **strutture articolate costituite da interconnessioni di un insieme di elementi idealizzati attraverso due parametri fondamentali: Tensione e Corrente**.

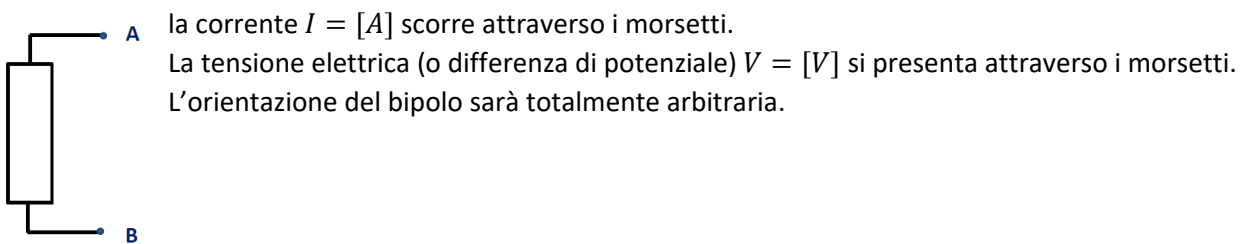
**Un elemento può dirsi concentrato (= dalle dimensioni fisiche trascurabili) se la sua dimensione maggiore risulta molto minore della lunghezza d'onda  $\lambda$  corrispondente alla sua frequenza massima di funzionamento.**

**Un circuito è concentrato se contiene elementi concentrati.**

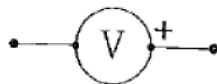
Si definisce un **FENOMENO ELETTROMAGNETICO CONFINATO** un fenomeno elettromagnetico in cui  $\vec{E}, \vec{D}, \vec{H}, \vec{B}$  sono racchiusi all'interno di una superficie limite.

Tale fenomeno elettromagnetico può così scambiare potenza con l'esterno solo in un numero limitato di connessioni elettriche dette **MORSETTI**. Attraverso tali morsetti è possibile scambiare corrente  $I$  e interagire con una tensione  $V$ .

➔ **BIPOLO**: elemento dotato di due morsetti.



➔ Il **VOLTMETRO** messo in parallelo ad un bipolo ne misura la tensione ai suoi capi.



➔ Un **AMPEROMETRO** in serie ad un bipolo ne misura la corrente che lo attraversa.



Regime statico: le grandezze NON variano nel tempo.

**Regime stazionario: le grandezze possono variare nel tempo, e lo fanno o allo stesso modo, o in maniera estremamente lenta rispetto al fenomeno considerato.**

Se invece ci sono continue variazioni di ampiezza o di periodo in intervalli di tempo periodici il regime è **DINAMICO**.

Se le variazioni dinamiche avvengono molto lentamente rispetto al periodo di variazioni della grandezza in esame, il regime è quasi stazionario.

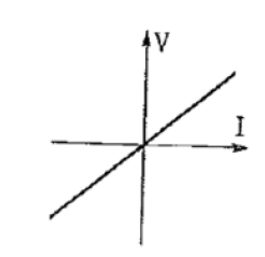
# CARATTERISTICHE DEI BIPOLI

In condizioni statiche un generico bipolo è completamente identificato da una relazione  $V - I$  che esso stabilisce ai capi dei propri morsetti.

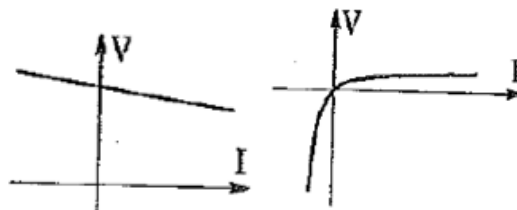
**Caratteristica analitica:**  $V = V(I)$ ;  $I = I(V)$

**Caratteristica grafica:** Grafico nel piano  $I - V$

- ➔ **Bipolo inerte:** se la sua caratteristica grafica passa per O. Bipolo Interte, altrimenti.
- ➔ **Bipolo passivo:** caratteristica situata in quadranti opposti del piano. Un bipolo passivo è anche inerte.
- ➔ **Bipolo strettamente passivo:** si è passivo e la sua caratteristica si muove attraverso O essendo contemporaneamente nulli sia  $I$  che  $V$ .



- ➔ **Bipolo attivo:** se non è passivo, ovvero se il prodotto delle coordinate può assumere valori dei due segni.
- ➔ **Bipolo lineare o normale:** la sua caratteristica grafica è rettilinea, **altrimenti** il bipolo è Non lineare o Anomalo.



Ovviamente la modifica di uno o di entrambi i versi di un riferimento in una rete, comporterà lo spostamento della caratteristica.

## • RESISTORE

**Trasforma energia di tipo elettrico in calore.**



La tensione ai morsetti A e B è regolata dalla Legge di Ohm:

$$V_{AB} = RI_{AB}$$

Con  $R = [\Omega]$ , resistenza.

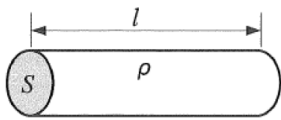
**Un resistore è un bipolo strettamente passivo.**

**Un resistore dissipa corrente elettrica per effetto Joule:**

$$P = VI = RI^2 [W]$$

Il resistore si caratterizza per la più totale assenza di comportamenti dinamici: la risposta del bipolo non dipende dalla velocità di variazione di  $I$  e  $V$ .

Il collegamento che avverrà tra bipoli sarà sempre a resistenza nulla e i morsetti saranno sempre equipotenziali.



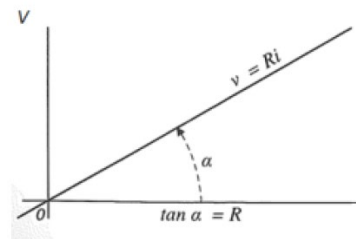
La resistenza si può ricavare dalla proprietà elettriche del materiale, sia la resistività  $\rho = [\Omega \cdot \frac{mm^2}{m}]$  un valore tabulato, allora:

$$R = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{l}{S}$$

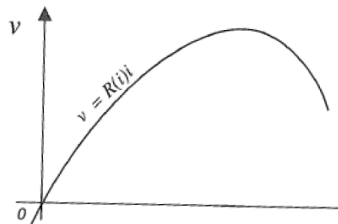
Come anticipato i resistori reali se attraversati da corrente  $I$  sono sede di fenomeni dissipativi che porteranno ad un locale innalzamento di temperatura, questo sarà tanto più marcato quanto più piccole saranno le dimensioni di  $R$ .  
Se  $T \uparrow \Rightarrow \rho \uparrow R \downarrow$

$$R(T_f) = \overbrace{R(T_i)}^{\text{valore tabulato}} \cdot (1 + \underbrace{\alpha_0}_{\text{coefficiente termico } [T^{-1}]} \cdot T_f)$$

Se il valore del parametro Resistenza è indipendente sia da  $I$  che da  $t$ , si parla di resistore LTI: Lineare tempo invariante.



Se invece  $R = R(I)$  sarà NON lineare tempo invariante, mantenendo però il vincolo di passività



Se invece  $R = R(t)$  la caratteristica grafica sarà una famiglia di curve in funzione di  $t$ , l'esempio pratico è quello di un potenziometro.

- CORTOCIRCUITO IDEALE CC**



La tensione ai suoi capi è sempre nulla qualsiasi sia il valore di corrente che lo attraversa, è come se fosse una resistenza a valore nullo.

È passivo e non scambia potenza.

La sua caratteristica è una retta orizzontale coincidente con l'asse delle ascisse ( $I$ ).

- CIRCUITO APERTO IDEALE CA**



La corrente che lo attraversa è sempre nulla qualsiasi sia il valore di  $V$  ai suoi capi. È come se fosse un resistore a valore infinito.

È passivo e non scambia potenza.

La sua caratteristica è una retta verticale coincidente con l'asse delle ordinate ( $V$ ).

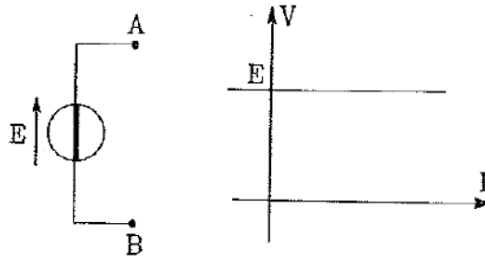
- **GENERATORE IDEALE DI TENSIONE**

Bipolo che impone ai morsetti una  $fem = E$  indipendentemente dalla  $I$ .

Se  $E = 0V$  si ha un CC.

Assorbe ed eroga potenza, la sua caratteristica grafica passa anche per il primo quadrante.

È un bipolo attivo e lineare.

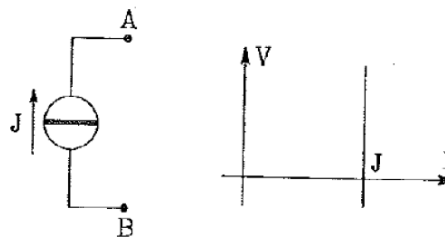


- **GENERATORE IDEALE DI CORRENTE**

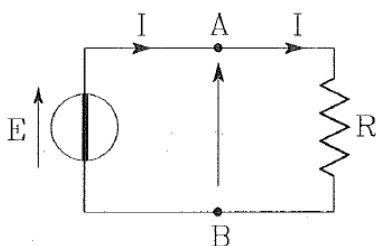
Bipolo che imprime nella rete una corrente  $J$  indipendentemente dalla  $V$  ai suoi morsetti.

Se  $J = 0A$  si ha un CA.

È un bipolo attivo e lineare.



## CONVENZIONI SUI BIPOLI



➔ **Convenzione del generatore:** se  $E = V_E$  allora è equiversa ad  $I$ .

➔ **Convenzione dell'utilizzatore:** se  $V_R = V_{AB}$  allora è controverso ad  $I$ .

➔ **Potenza generata:** positiva se  $I$  e  $V$  sono valutate secondo la convenzione degli utilizzatori.

$$P_g = EI = V_J J$$

➔ **Potenza utilizzata:** positiva se valutata secondo la convenzione degli utilizzatori.

$$P_u = R_I I^2 = V_i R_i$$

Infine, in un circuito, in ogni caso, per la conservazione dell'energia vale:

$$\sum P_i = 0 \Rightarrow P_u = P_g$$