

# Componenti basati su semiconduttori

sabato 15 luglio 2023 17:52

Incominciamo a parlare dei dispositivi elettronici, i quali servono per fare un **circuito elettronico** (**elaborazione del segnale in ingresso e restituisce un segnale in uscita**).

Nel dettaglio vediamo i componenti elettronici basati su conduttori, i quali hanno la caratteristica di essere **bipoli / tripoli / n-poli** o morsetto (2 poli /tre poli / n poli).

Vediamo in dettaglio il **Bipolo (1 porta)** : elemento caratterizzato da due soli terminali , i quali sono caratterizzati da funzione ingresso uscita ( a seconda di come lo "studiamo"):

$$v = f(i)$$

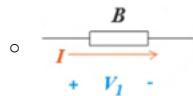
terminali (poli, porta, .  
impropriamente morsetti)

Possiamo avere più tipi di componenti :

- Elementare
  - Se all'interno della scatola c'è un solo dispositivo
- Complessi
  - Se all'interno della scatola ci sono più dispositivi
- Attivi
  - Se erogano potenza come per esempio i generatori . **Potenza negativa**



- Passivi
  - Se elemento dissipava potenza come per esempio il resistore. **Potenza positiva**

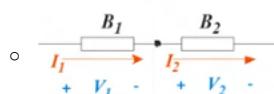


- Lineari
  - Seguendo la linearità : variabili sommate tra loro, al massimo moltiplicate per costanti
  - Vale principio sovrapposizione degli effetti
  - Segnale in uscita modificato in ampiezza e fase ma non frequenza (inalterato il contenuto armonico del segnale)
- Non lineare
  - Le variabili sono moltiplicate tra loro
  - Il circuito modifica ampiezza fase e frequenza

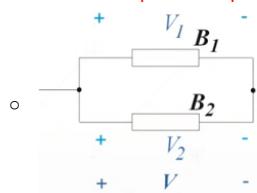
Per risoluzione di un circuito (**sia alternata AC che in continua DC**) si intende quel processo che va a determinare per ogni componente sia la tensione che la corrente che vi scorrono.

Per quanto riguarda la connessione tra componenti , vi sono 5 casistiche :

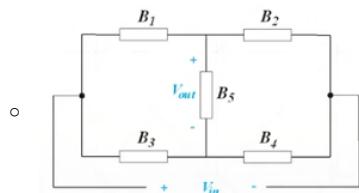
- Serie (1 terminale in comune) : **Stessa Corrente**
  - Chiamato anche partitore di tensione : la tensione viene ripartita tra gli n componenti
  - La resistenza totale è la somma delle resistenze



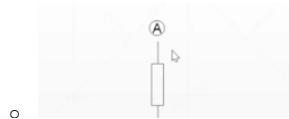
- Parallello (terminali accoppiati a due a due) : **Stessa tensione**
  - La resistenza totale è la somma degli inversi delle resistenze, quindi applicando la formula del parallelo : prodotto/somma



- Ponte

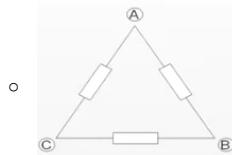


- Stella / Y

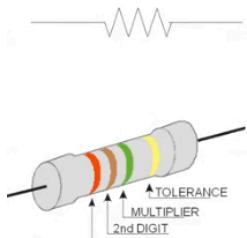




- Triangolo /delta

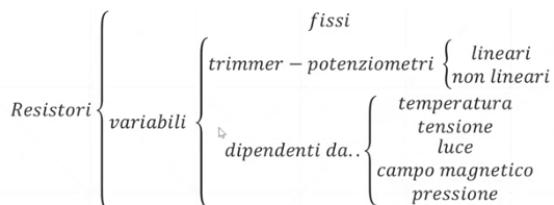


Vediamo ora un primo componente : il resistore :



Resistance value [Ohm]				
Color	1 <sup>th</sup> digit	2 <sup>nd</sup> digit	3 <sup>rd</sup> digit	Tolerance
None	-	-	-	± 20%
Silver	-	-	10 <sup>-2</sup>	± 10%
Gold	-	-	10 <sup>-1</sup>	± 5%
Black	0	0	10 <sup>0</sup>	-
Brown	1	1	10 <sup>1</sup>	± 1%
Red	2	2	10 <sup>2</sup>	± 2%
Orange	3	3	10 <sup>3</sup>	-
Yellow	4	4	10 <sup>4</sup>	-
Green	5	5	10 <sup>5</sup>	± 0.5%
Blue	6	6	10 <sup>6</sup>	-
Violet	7	7	10 <sup>7</sup>	-
Grey	8	8	10 <sup>8</sup>	-
White	9	9	10 <sup>9</sup>	-

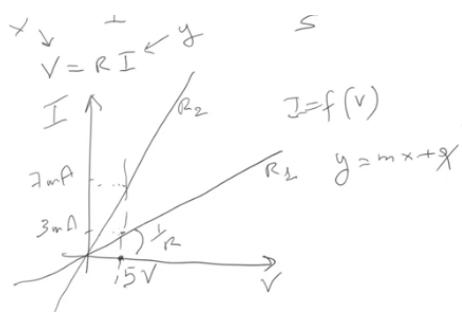
Ne esistono di vari tipi :



In dettaglio :

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

Dove  $\rho_0$  è la resistività del materiale.  
Vediamo il grafico (Grafico circuito ohmico) :



Da notare che  $r_2$  è maggiore!!

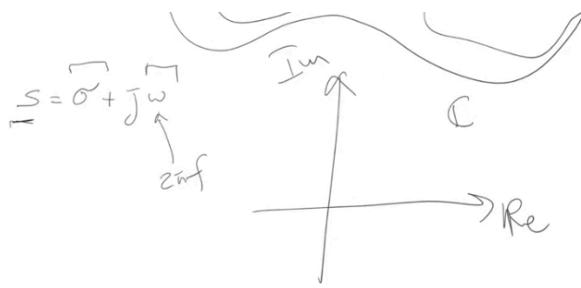
**Attenzione !!! Delle volte la resistenza diventa un numero complesso!!!:**

**Z=R+jX** dove R è la resistenza ed indica l'attenuazione del segnale, mentre jX indica la parte immaginaria del segnale ed indica la propagazione del segnale.

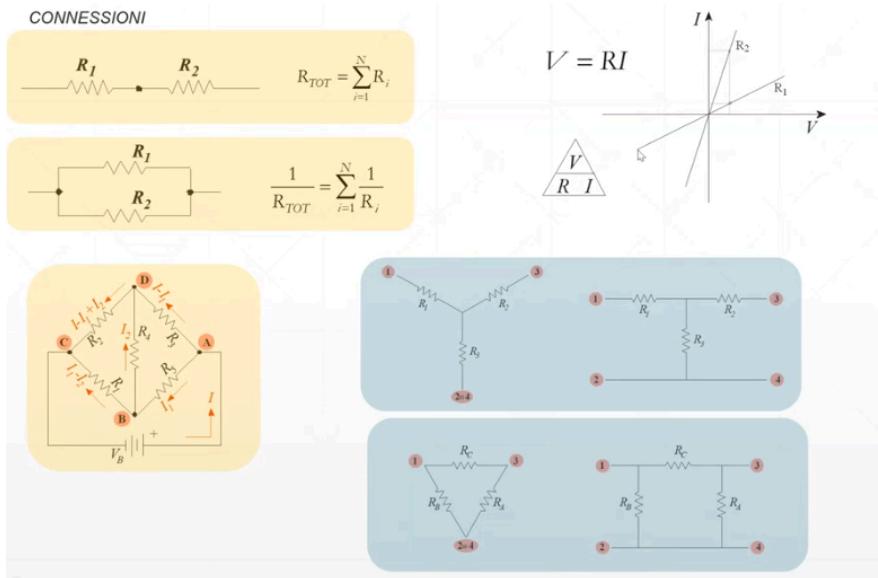
**Quindi impedenza = resistenza + reattività**

$$R = \frac{V}{I}$$

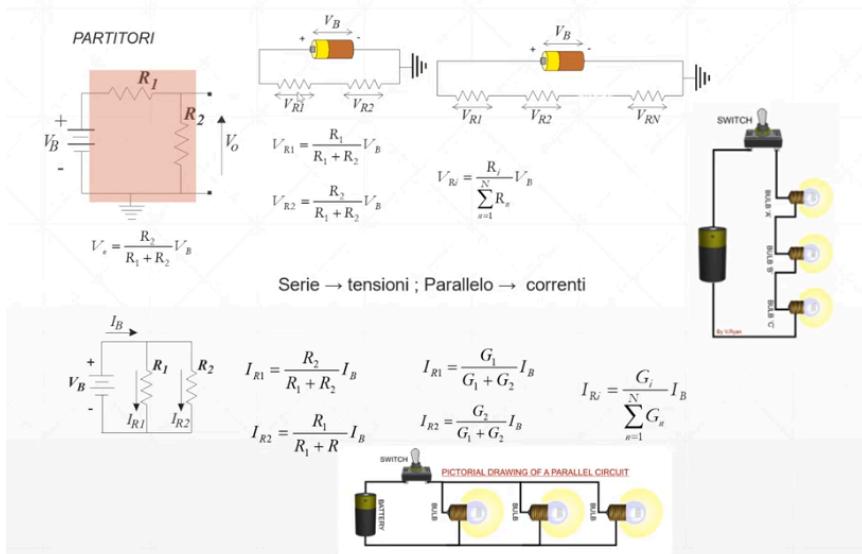
$R_e$  +  $jR_m$



Riassumendo quindi :



Vediamo ora i **Partitori** :



Quello di tensione agisce solo su frequenze!!

Vediamo ora la Potenza [W]=[V\*A]/[ohm^2] , ovvero la variazione di energia nel tempo!!

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

La potenza in questione, nel resistore, viene totalmente dissipata in calore

La dissipazione della potenza avviene per effetto joule : trasformazione energia elettrica in energia termica.

**Il calore si dissipa per convezione, conduzione ed irraggiamento**

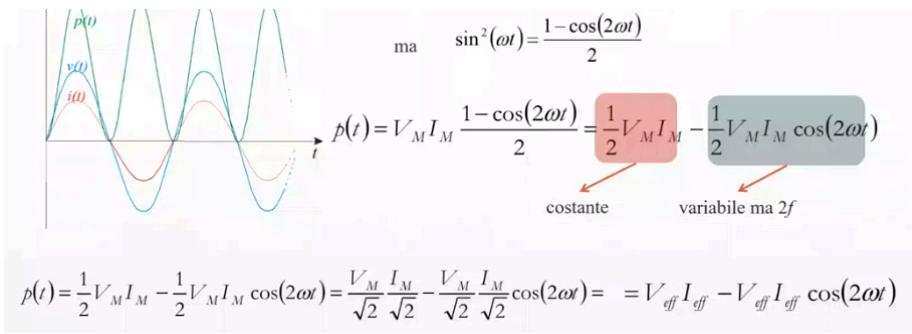
Se sia la corrente che la potenza sono costanti si ha potenza costante, mentre se sono alternate (onde sinusoidali) si ha che :

#### POTENZA ATTIVA

$$v(t) = V_M \sin(\omega t) \quad i(t) = I_M \sin(\omega t)$$

$$p(t) = v(t)i(t) = V_M \sin(\omega t)I_M \sin(\omega t) = V_M I_M \sin^2(\omega t)$$

↑ ↗ ↘ ↙ ↖

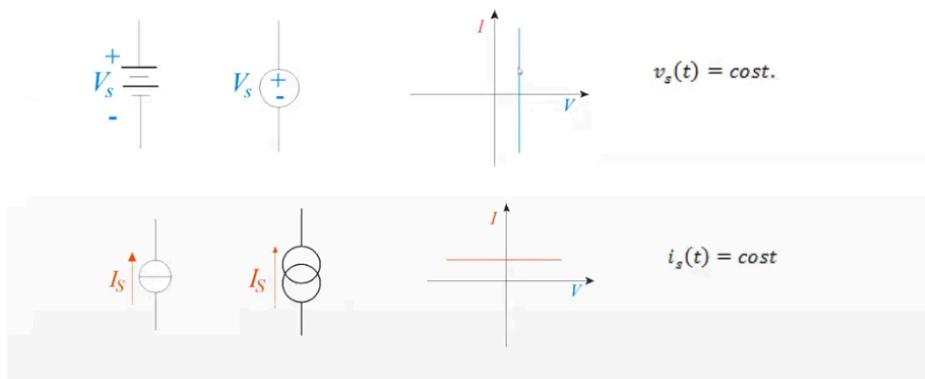


Parliamo ora delle batterie : oggetto che trasforma energia chimica in elettrica:

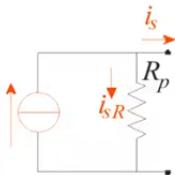
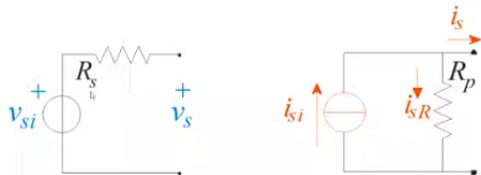
Un **generatore elettrico** è un dispositivo che fornisce potenza elettrica.

Possiamo distinguerli di **tensione** e di **corrente**,

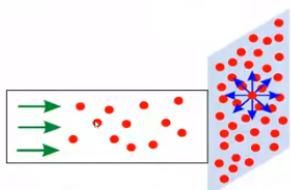
ulteriormente suddivisi in AC o DC



Vediamo ora i generatori reali :

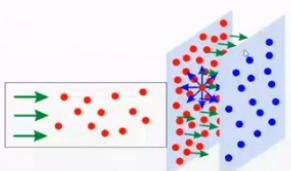


Vediamo ora il terzo dispositivo dei conduttori (posticipa tensione rispetto a corrente di 90 gradi) il quale non dissipava energia: **il condensatore : oggetto che immagazzina cariche ed agisce come una batteria temporanea**



I portatori vengono spinti nel conduttore (applicando una forza), le quali cariche vengono immagazzinate su una piastra, ma in base alla forza di repulsione Coulombiana si respingono.

Come risolvo questa repulsione? Applicando una seconda piastra di "cariche opposte":



Quindi qui agiscono sia la forza di repulsione che la forza di attrazione. Se la forza di attrazione è maggiore di quella di repulsione, allora le cariche rimangono "immagazzinate" anche se in assenza di forza.

Analogamente alla forza :

$$F = m \frac{dv_m(t)}{dt}$$

$m$  si oppone a  $dv_m$

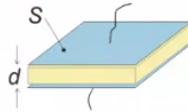
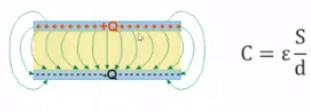
Esiste la ragione dell'opposizione del condensatore alla variazione della sua tensione, a parità di corrente :

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

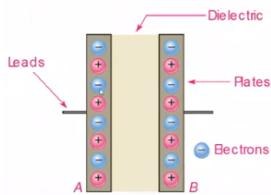
$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} [F/m]$$



Quindi C è la ragione dell'opposizione del cambiamento della tensione sui capi  
In dettaglio:

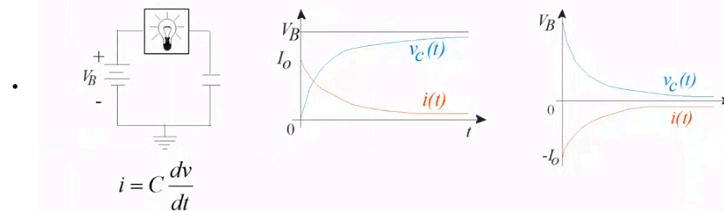


Il dielettrico è un materiale isolante!!

Vediamo ora i tipi di processi :

- **Regime (permanenti)**
  - Situazione in condizioni di stabilità
- **Transitori**
  - Situazione nel mentre si transita tra due situazione stabili

CARICA - SCARICA



Per quanto riguarda RC si chiama "Tau"

Riassumendo :

$$C = \frac{Q}{\Delta V}$$

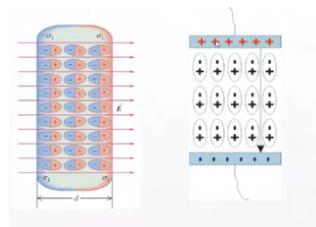
$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow i = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}(CdV) = C \frac{dv}{dt}$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt + v_0$$

Da notare che il condensatore non produce variazioni istantanee di tensione, introducendo una certa inerzia , mantenendo lo stato precedente.

Quindi nel condensatore si crea un campo elettrico uniforme :



Al contrario della resistenza v/i e' un numero reale, mentre nel caso del condensatore si parla di **reattanza capacitiva** che appartiene ai numeri immaginari ( $X_C$ ).

Possibili connessioni :

SERIE



$$\frac{1}{C_{TOT}} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$$

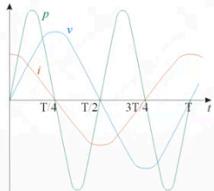


$$C_{TOT} = \sum_{i=1}^N C_i$$

Torniamo alla potenza :

POTENZA REATTIVA

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt} \Rightarrow v(t) = V_M \sin(\omega t) \quad i(t) = CV_M \cos(\omega t)$$



P media = 0 :

$$p(t) = v(t)i(t) = V_M \sin(\omega t)CV_M \cos(\omega t) = V_M \sin(\omega t)I_M \cos(\omega t) = V_M I_M \sin(\omega t) \cos(\omega t)$$

$$\text{ma: } \sin(2\omega t) = 2\sin(\omega t)\cos(\omega t) \Rightarrow p(t) = \frac{1}{2}V_M I_M \sin(2\omega t) \quad \text{Pulsazione doppia}$$

$$p(t) = \frac{V_M}{\sqrt{2}} \frac{I_M}{\sqrt{2}} \sin(2\omega t) = V_{eff} I_{eff} \sin(2\omega t)$$

**Attenzione se ho resistenza e condensatore : dipende dai valori dei componenti !!** Quindi il valore dello sfasamento è compreso tra 0 e 90:



Sfasamento tra 0° e 90°, POTENZA ATTIVA + REATTIVA

$$v(t) = V_M \cos(\omega t + \varphi_V)$$

$$i(t) = I_M \cos(\omega t + \varphi_I)$$

$$p(t) = v(t)i(t) = V \cos(\omega t + \varphi_V) I \cos(\omega t + \varphi_I)$$

$$p(t) = \frac{1}{2}V_M I_M \cos(\varphi_V - \varphi_I) + \frac{1}{2}V_M I_M \cos(2\omega t + \varphi_V + \varphi_I)$$

$$\varphi_V - \varphi_I \quad \text{sfasamento}$$

$$\frac{1}{2}V_M I_M \cos(\varphi_V - \varphi_I) \quad \text{Termine costante} \rightarrow \text{potenza attiva (o reale o media)} \rightarrow \text{Effetto Joule}$$

Vediamo ora l'energia:

$$dW = vdq = \frac{q}{C} dq$$

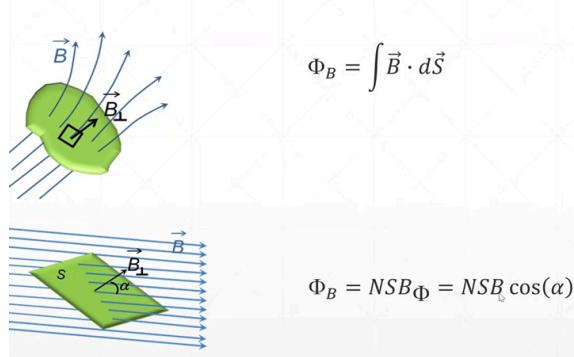
$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{C} \frac{Q^2}{2} = \frac{1}{C} \frac{(Cv)^2}{2} = \frac{1}{2} Cv^2$$

Riassumendo :

- Reattanza capacitiva : opposizione del condensatore al passaggio di corrente
- Potenza istantanea: potenza nel circuito in un determinato momento
- Potenza vera: potenza dissipata nel circuito sotto forma di calore
- Potenza reattiva: rapporto tra energia immagazzinata e quella restituita dal condensatore [VAR]

Vediamo ora il quarto bipolo : **induttore** (ritardi di 90)

Prima di addentrarci vediamo cosa è il flusso : linee di forza che attraversano una superficie . Possibile anche avere angolo di incidenza.



Se questo flusso varia nel tempo (flusso variabile), si parla di forza elettromotrice (legge Faraday):

$$fem = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

$\Delta t$

La quale di base sulla legge di Lenz : la corrente indotta in un avvolgimento causa un campo magnetico che si oppone alla variazione di flusso. Quindi :

se un solenoide di  $N$  spire sperimenta un flusso magnetico variabile, allora l'ampiezza della tensione istantanea  $v$  indotta ai suoi capi è

$$v = N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\Phi_B = BS \cos(\alpha)$$

$v$  dipende da...

$$v = N \frac{d(BS \cos(\alpha))}{dt} = N \left\{ S \cos \alpha \frac{dB}{dt} + B \cos \alpha \frac{dS}{dt} + BS \frac{d \cos \alpha}{dt} \right\}$$

Riassumendo il tutto :

- ✓ (legge di Ampere) una corrente che scorre in un solenoide, produce un campo magnetico nel suo intorno, quindi un flusso magnetico
- ✓ ogni cambiamento nella corrente causa un cambiamento nel flusso magnetico
- ✓ (legge di Faraday) Il cambiamento di flusso attorno al solenoide causa una fem ai suoi capi (legge di Lenz) che si oppone al cambiamento di flusso

Se il solenoide è in un circuito chiuso, la *fem* produce una corrente che, se varia, a sua volta produce una *fem* che tende ad opporsi al cambiamento della corrente

proprietà di opposizione: *auto-induttanza*

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



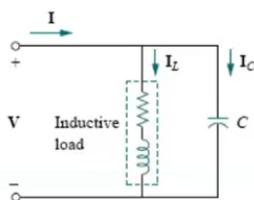
Quindi :

$$L = \mu N^2 \frac{S}{l}$$

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

Con  $\mu$  permeabilità magnetica

**Se condensatore ed induttore in parallelo si ha sfasamento nullo (Correzione sfasamento di potenza):**



Mentre energia immagazzinata in un induttore :

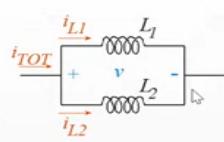
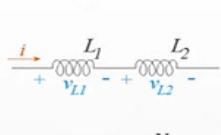
$$fem = -L \frac{di}{dt}$$

$$dW = Pdt = -fem \cdot idt = L \frac{di}{dt} idt = Lidi$$

$$W = \int_0^t Lidi$$

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

Per quanto riguarda serie e parallelo :



$$L_{s,TOT} = \sum_{n=1}^N L_n \quad \frac{1}{L_{p,TOT}} = \sum_{i=n}^N \frac{1}{L_n}$$

Riassumendo i tre dispositivi : Resistore, Capacitore ed induttore

Elemento	Parametro	Comportamento circuitale
Resistore	$R = \rho \frac{l}{S}$	$v = Ri ; (i = \frac{v}{R})$
Condensatore	$C = \epsilon \frac{S}{d}$	$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}; (v(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt)$
Induttore	$L = \mu \frac{S}{l} N^2$	$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}; (i(t) = \frac{1}{L} \int v(t) dt)$

Vediamo ora La variabile di la-place (variabile complessa) : passo dal dominio del tempo passo al dominio S. Quindi i calcoli si semplificano infatti diventano moltiplicazioni (derivate) e divisioni (integrali) !!

**S=sigma+j(omega)-> attenuazione(sigma) + propagazione(omega)**

**Z=R+jX**

**Impedenza=Resistenza +Reattanza (x)**

Quindi per i condensatori ho che :

$$V = \frac{1}{j} X_C I = -j X_C I = -j \frac{1}{\omega C} I$$

Mentre per gli induttori :

$$V = j X_L I = j \omega \downarrow I$$