

**Induttore, generatore, cortocircuito e topologia**

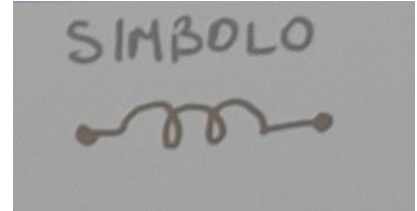
Prof. Marco Ricci – lez.10 - 26/10/2023 – sbobinatore: M. Di Michele – revisionatore: A. Rogato

**INDUTTORE**

- Il **condensatore** è in grado di accumulare energia sotto forma di flusso del campo elettrico; ciò è dovuto alla presenza di un campo elettrico tra le armature.

- L'**induttore** (*solenoid*) è un dispositivo capace di accumulare energia sotto forma di flusso del campo magnetico; ciò è dovuto al fatto che la corrente scorrendo genera un campo magnetico, che forma circonferenze intorno al filo conduttore e che nel solenoide si genera soprattutto al suo interno.

*N.B. Ogni campo ovviamente ha un suo flusso ed un'energia ad esso associata.*



$$L = \frac{\mu A}{l} n^2$$

Il flusso del campo magnetico nell'induttore è proporzionale alla corrente che scorre nel filo dell'induttore e la costante è chiamata **induttanza**  $L$  (dipende dalle caratteristiche geometriche del mezzo).

$$\Phi_B = L \cdot i$$

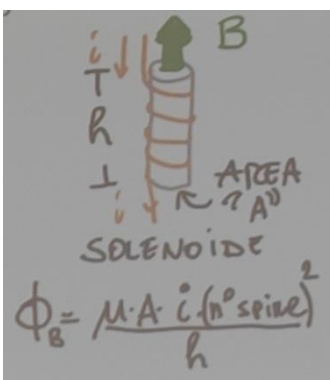
La formula presente nell'immagine a sinistra è simile a quella per il condensatore, in cui  $Q=CV$  ( $Q$  è proporzionale al flusso del campo elettrico), con la differenza che:

1. La costante di proporzionalità è diversa;
2. Vi è la tensione al posto dell'intensità di corrente; per tale ragione

l'induttore può essere definito come il duale del condensatore.

La formula  $\Phi = Li$  si può modificare sostituendo  $i$  con  $di/dt$ . Si può applicare un discorso simile anche per la formula  $Q=CV$ .

$$\begin{array}{ll} \Phi = Li & Q = CV \\ V = L \frac{di}{dt} & i = C \frac{dV}{dt} \\ L \frac{di(t)}{dt} & C \frac{dV(t)}{dt} \end{array}$$



Il flusso del campo magnetico attraverso un solenoide può anche essere calcolato come un rapporto, che presenta rispettivamente come numeratore e denominatore:

- Il prodotto tra la permeabilità magnetica nel vuoto  $\mu$ , la sezione del solenoide  $A$ , l'intensità di corrente  $i$  e il numero di spire al quadrato;
- La lunghezza del solenoide  $h$ .

*N.B. la lettera greca  $\mu$  (mu) indica la permeabilità magnetica e non l'attrito come in meccanica.*

$$v(t) = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

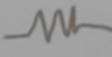
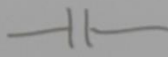
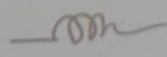
Secondo la **legge di Faraday-Lenz**, la variazione nel tempo del flusso del campo magnetico  $d\phi$  induce, in un circuito, corrente (quindi una differenza di potenziale elettrico) che a sua volta genera un campo magnetico, con verso opposto a quello che l'ha generato.

La potenza istantanea  $p(t)$  è sempre  **$p(t)=V(t)i(t)$** .

Nell'immagine in basso sono visibili le formule per trovare  **$V(t)$**  ed  **$i(t)$**  in tre diverse casistiche che riguardano rispettivamente: resistore, condensatore e solenoide. Dall'immagine si può evincere come le formule usate per il condensatore e quelle usate per il solenoide hanno la stessa forma matematica con la differenza che presentano rispettivamente la capacità e l'induttanza.

Per la scrittura della tensione in funzione della corrente, è possibile effettuare lo stesso meccanismo per l'induttore e quindi la corrente  $i(t)$  che circola a un dato istante temporale nell'induttore sarà uguale a  $1/L$  moltiplicato per l'integrale tra  $t_0$  e  $t$  (cioè meno infinito) di  $v(\tau)$  in  $d\tau$ .

LINEARI

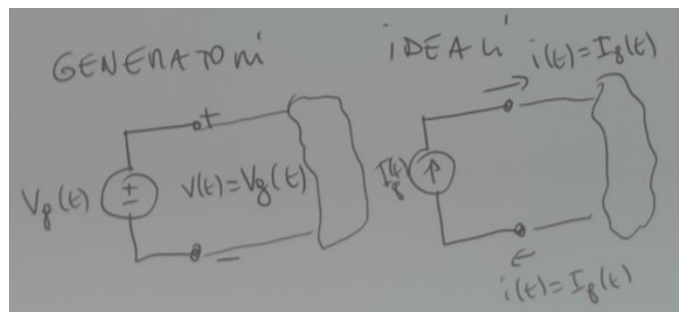
		
$V(t) = R i(t)$	$V(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau$	$V(t) = L \frac{di(t)}{dt}$
$i(t) = G V(t)$	$i(t) = C \frac{dV(t)}{dt}$	$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t V(\tau) d\tau$

Essendo che l'intensità di corrente è definita come un integrale, la corrente che scorre in un induttore non può mai variare istantaneamente. È possibile evitare le variazioni istantanee di tensione, dette “**sbalzi di tensione**” mediante l'utilizzo di induttori in serie o condensatori in parallelo.

## GENERATORE

Il resistore, il condensatore e l'induttore sono i tre principali componenti passivi di un circuito mentre il **generatore** è il componente attivo. I generatori possono essere divisi in dipendenti ed indipendenti ma durante il corso tratteremo solo quelli indipendenti.

- Un **generatore ideale di tensione** (indipendente) è un elemento che fornisce ai suoi estremi una tensione costante indipendentemente dalla corrente che esso eroga. In pratica  $V(t)$  non dipende dal resto del circuito.

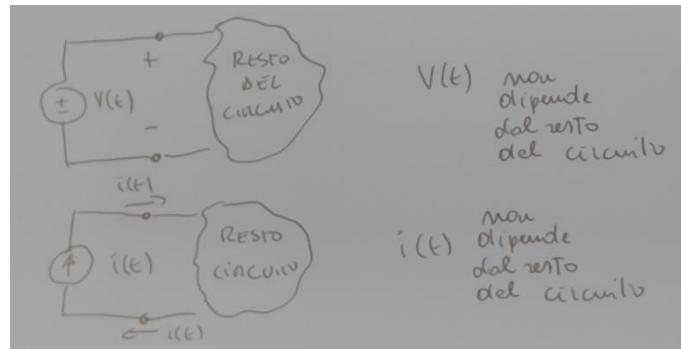


- Un **generatore ideale di corrente** (indipendente) è invece un elemento in grado di fornire una corrente costante, indipendentemente dalla tensione applicata ai suoi capi. In pratica  $i(t)$  non dipende dal resto del circuito.

- La tensione o la corrente generata da un **generatore dipendente** dipende da un'altra tensione o corrente.

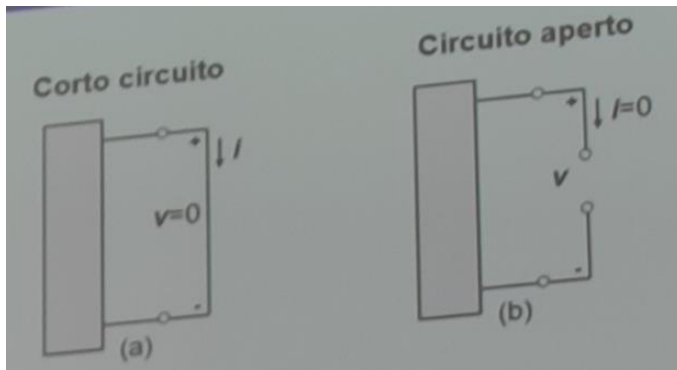
*N.B. La corrente per convenzione si muove dal polo positivo al polo negativo*

Un circuito con generatore di tensione ha i resistori in serie, mentre un circuito con un generatore di corrente ha i resistori in parallelo.



*Dal punto di vista circuitale si parla di amplificatore quando  $\alpha$  è maggiore di 1, cioè quando in uscita vi è una tensione o una corrente maggiore di quella di controllo.*

## CORTOCIRCUITO E CIRCUITO APERTO



Il **cortocircuito** è un elemento che collega 2 terminali ed è caratterizzato dal fatto che ha resistenza prossima allo zero; quindi la corrente che passa attraverso esso può assumere valori molto elevati. La tensione ai capi dei due terminali del cortocircuito è idealmente nulla o trascurabile e quindi, per la I legge di ohm, l'intensità di corrente  $i$  risulterebbe uguale a  $0/0$  assumendo dunque un valore indeterminato.

Aggiunta: La tensione ai capi di un cortocircuito reale non è 0 ma è pari, ad esempio, ai 200–220 V erogati da una comune presa domestica e una simile corrente potrebbe folgorare un essere umano! (fonte: <https://library.weschool.com/lezione/cortocircuito-definizione-e-significato-5577.html>)

In pratica il cortocircuito è il caso limite di un resistore nullo, ad esempio un filo di rame ha una resistenza talmente bassa che può essere considerata nulla. L'intensità di corrente può essere espressa come il prodotto tra la conduttanza  $G$ , uguale a  $1/R$ , e la tensione  $V$ :  $i = GV$ .

Il **circuito aperto**, come intuibile dalla stessa denominazione, non presenta alcun collegamento tra i due terminali e quindi tra essi non vi sarà corrente che scorre.

Il diagramma mostra due equazioni scritte a mano. La prima è  $i(t) = C \frac{dV(t)}{dt}$ . La seconda è  $i(t) = 0$  se  $V(t)$  è costante.

Ogni qual volta vi è tensione costante sul condensatore la corrente che scorre su esso è nulla, in quanto non vi è movimento di cariche che entrano ed escono dal condensatore. In pratica quando la tensione è costante sul condensatore, esso si comporta

come un interruttore aperto;  $i(t)$  è uguale a 0 se  $v(t)$  è costante.

Essendo il condensatore e l'induttore elementi duali, quando il condensatore tende a un circuito aperto l'induttore tende a un cortocircuito.

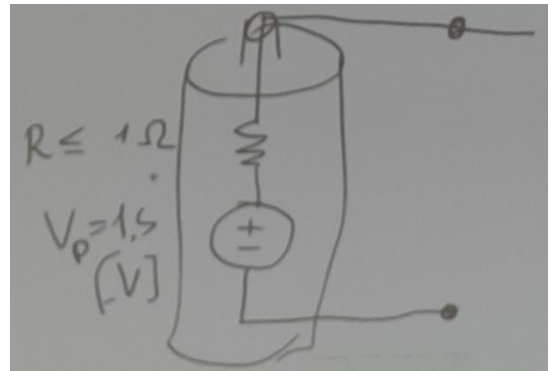
Vi sono 2 incongruenze nel modello di cortocircuito con generatore ideale:

- La pila non può fornire una corrente con intensità infinita;
- Non può mai succedere che ai capi della pila  $V=V_{pila}$  mentre ai capi del C.C.(cortocircuito)  $V=0$ .

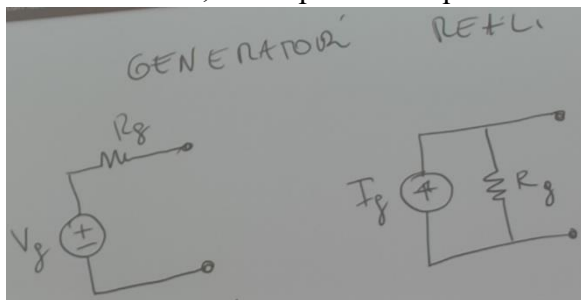
A causa delle incongruenze il modello non è da considerarsi accurato, come anche altri modelli (modello atomico di Rutherford, meccanica Newtoniana che non è adatta a spiegare i fenomeni relativistici...), e per questo sarà necessario usare un modello a generatore reale.

Un'altra problematica è che un generatore ideale potrebbe generare una potenza  $P$  infinita, poiché  $P=Vi$ .

Nell'immagine a destra è rappresentato l'oggetto fisico della **pila** che è caratterizzato solitamente da resistenze molto piccole, ad esempio  $1\Omega$ , ma può essere anche minore. La resistenza  $R$  nella pila è importante per consentire all'intensità di corrente  $i$  di assumere un valore finito ( $V_{pila}/R$ ) e più è piccolo il valore di  $R$  più il valore di  $i$  sale.



Se si mette una pila in cortocircuito, immediatamente il filo si scalda e la pila si svuota scaricandosi. Quando il filo che viene usato è molto sottile, in caso di cortocircuito, si rompe mentre quando il filo presenta uno spessore consistente accade che, se la pila rimane per molto tempo in cortocircuito, si può scaldare eccessivamente aprendosi.



## TOPOLOGIA

Con il termine **topologia** si fa riferimento all'effetto derivante dalla combinazione dei vari elementi in un circuito. Gli elementi in un circuito vanno assunti come privi di dimensioni e ciò significa che bisogna assumere che il potenziale elettrico (o tensione) vari solo all'esterno degli elementi circuitali.

Nell'immagine a destra gli elementi sono circondati da ovali grigi mentre ciascun colore indica un valore di potenziale elettrico differente.



I collegamenti vengono considerati **conduttori perfetti** cioè presentano conducibilità infinita, che comporta assenza di caduta di potenziale e di dissipazione di energia. In pratica i collegamenti tra due elementi circuitali sono concettualmente costituiti da cortocircuiti e tutto ciò che accade a livello fisico, come la formazione del campo elettrico e magnetico, viene ignorato completamente.

Lo schema di un circuito è solo uno strumento grafico e le modalità di rappresentazione e di disposizione degli elementi circuitali potrebbero non avere un riscontro reale. È possibile deformare il circuito a piacere a condizione che rimanga fissa la disposizione delle connessioni.

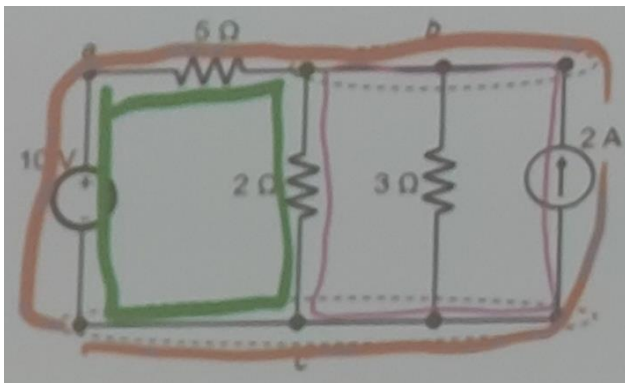
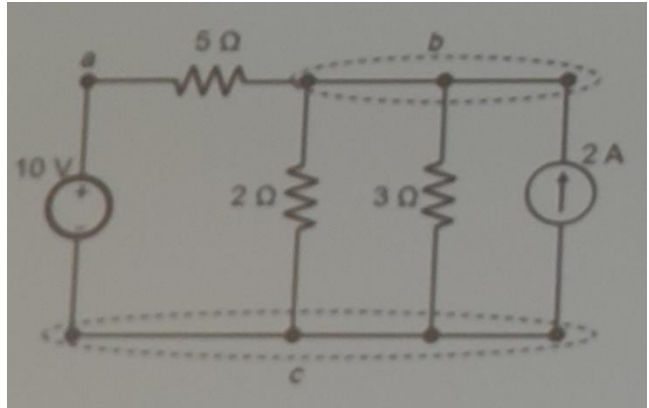
**Ramo:** tratto di filo conduttore che presenta un elemento circuitale (generatore, resistore, condensatore, induttore).

Ciascun ramo è attraversato in ogni suo punto dalla stessa corrente.

**Nodo:** punto di connessione tra 2 o più rami.

Ciascun nodo identifica un valore di potenziale elettrico e quindi ogniqualvolta siamo tra due elementi il potenziale ha un suo valore specifico. Il nodo è un punto equipotenziale in quanto tutti i collegamenti attaccati al nodo sono allo stesso valore di potenziale del nodo; quindi tutti i collegamenti attaccati al nodo sono equipotenziali.

Nell'immagine vi è un circuito in cui i punti  $a, b, c$  rappresentano 3 diversi valori di potenziale.



**Maglia:** percorso chiuso nel circuito.

Nell'immagine in basso sono visibili le diverse maglie in un circuito.