ELETTROTECNICA

30/09/2020

↳ Teoria dei circuiti lineari

- **Circuito** → percorso chiuso di dispositivi elettrici in cui può circolare una corrente

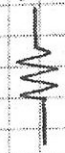
Dispositivi elettrici → dispositivo minimale: **bipolo**



- due fili elettrici di materiale conduttore (conduttore ideale: analogia elettrica di un piano senza attrito) agli terminali.
- cuore del bipolo: assemblaggio di materiali che definisce il comportamento (natura) del bipolo

Esempi di poli lineari

Resistore



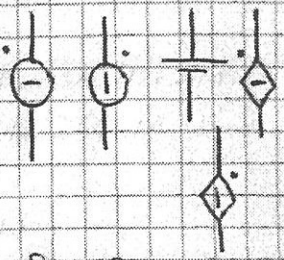
Condensatore



Induttore



Generatore

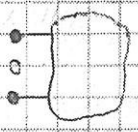


Ogni dipolo è accompagnato da un parametro: resistenza, capacità, induttanza

L'elettronica si occupa invece di circuiti con elementi non lineari

Generatori: presa elettrica e batteria

↳ dispositivo che ha il compito di fornire energia al circuito



presa elettrica



Batteria

- Mentre resistore, condensatore e induttore sono dissipatori di energia

Grandezze di interesse → intensità di corrente
tensione elettrica

CARICA ELETTRICA → proprietà fondamentale della materia, responsabile delle interazioni descritte da campo elettrico e campo magnetico. Alla base della forza elettromagnetica

Grandezza quantizzata (valori multipli di un valore fondamentale)

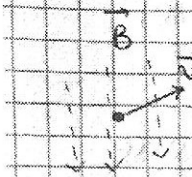
Materia → protone, carica positiva $q_p = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C C = coulomb
elettrone, carica negativa $q_e = -1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C
neutroni

una carica statica o in movimento genera forze che interagiscono con altre cariche nello spazio. queste forze si propagano nello spazio attraverso il campo elettrico e il campo magnetico

CAMPO ELETTRICO $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ forza per unità di carica

↳ generato da cariche elettriche e da campi magnetici variabili nel tempo

CAMPO MAGNETICO → generato da cariche in moto e da campi elettrici variabili nel tempo



$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ (prodotto vettoriale)

↓
forza di Lorentz

CORRENTE ELETTRICA (intensità di corrente elettrica)

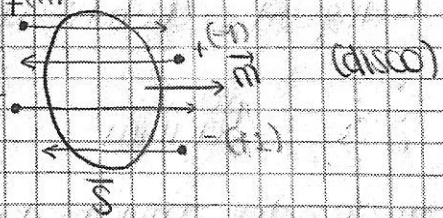
↳ moto ordinato di cariche in un materiale conduttore

↓ materiale in cui le cariche sono libere di muoversi

in generale elettroni (cariche negative)

Quantificare come di intensità di corrente: è importante introdurre il concetto di superficie orientata $\vec{S}$ (con $\vec{n}$ versore)

↳ si intende contare le cariche che attraversano la superficie nella direzione della versore in un certo intervallo di tempo Δt



$$\frac{\Delta Q_S}{\Delta t} \triangleq \langle i \rangle_S$$

↓
intensità di corrente media sulla superficie S nell'intervallo Δt

Dimensionalmente $i = \frac{\text{coulomb}}{\text{secondi}} = \frac{C}{s} \triangleq \text{Ampère} = A$

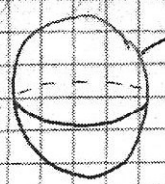
Intensità di corrente istantanea $i_S(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q_S}{\Delta t} = \frac{dQ_S}{dt}$

↓
variazione di carica sull'unità di tempo

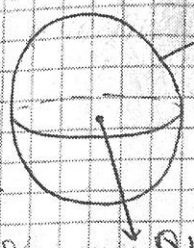
PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELLA CARICA ELETTRICA

↳ la carica elettrica uscente da una superficie chiusa è sempre uguale a zero in condizioni dinamicamente variabili

(superficie chiusa)



può in generale la carica elettrica uscente da una superficie chiusa è uguale alla variazione negativa della carica interna



ΔQ_Σ : carica uscente

$\Delta Q_\Sigma = -\Delta Q_{int}$

↳ se esce una carica allora la carica totale interna diminuisce di un'unità

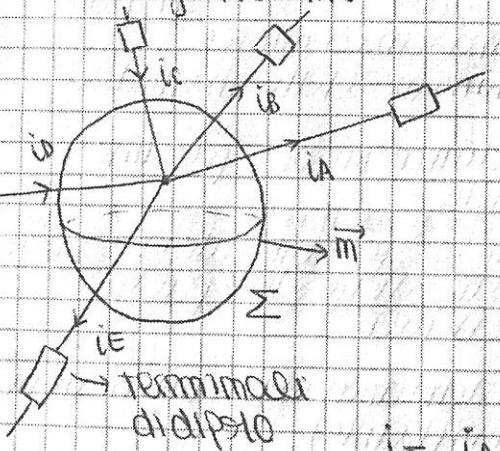
Nella maggior parte delle applicazioni circuitali si può ritenere che quando una carica esce da una superficie chiusa, istantaneamente una carica entra dentro e la sostituisce $\Delta Q_{int} = 0$ in ogni istante $\rightarrow \Delta Q_\Sigma = 0$

↳ in condizioni tendenzialmente variabili

- In condizioni tendenzialmente variabili la carica uscente da una superficie chiusa è nulla in ogni istante → validità del modello circuitale

se $\Delta Q_\Sigma = 0$, $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 0 \rightarrow i_\Sigma(t) = 0$

Primo principio di Kirchhoff, leggesi kirchhoff per le correnti (LKC): la corrente totale uscente da una superficie chiusa è nulla in ogni istante





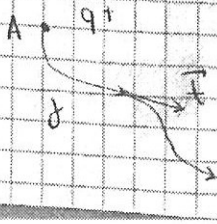
Riferimento per la corrente

$i(t) = \frac{dQ(t)}{dt}$ verso di riferimento che concorde con verso $\vec{n}$ (arbitrario)

$i_\Sigma = i_A + i_B - i_C - i_D + i_E = 0$ LKC

↳ somma delle correnti uscenti (quelle uscenti si considerano di segno +)

TENSIONE ELETTRICA → energia necessaria (lavoro) per spostare una carica unitaria medio spostamento da un punto A ad un punto B



$V_{AB\gamma} = \frac{E_{AB\gamma}}{q} = \frac{L_{AB\gamma}}{q} = \int_{A\gamma}^{B} \frac{\vec{F} \cdot d\vec{\ell}}{q}$

Sappiamo che $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \rightarrow V_{AB\gamma} = \frac{1}{q}\int_{A\gamma}^{B} q\vec{E}\cdot d\vec{\ell} = \int_{A\gamma}^{B} \vec{E}\cdot d\vec{\ell}$

↙ tensione o differenza di potenziale

↙ integrale di linea del campo elettrico

$[V] = \frac{N}{C}\,m = \frac{J}{C} \triangleq V$ (Volt)



LEGGE DI FARADAY

- In generale la circuitazione del campo elettrico lungo una curva chiusa γ

$$\oint_\gamma \vec{E}\cdot d\vec{\ell} = -\frac{d}{dt}\Phi_S \rightarrow$$ flusso del campo magnetico

- In condizioni elettrostatiche varrebbe $\oint_\gamma \vec{E}\cdot d\vec{\ell} = 0$

↙ da cui otteniamo la seconda parte della legge di Kirchhoff o legge di Kirchhoff per le tensioni (LKT)

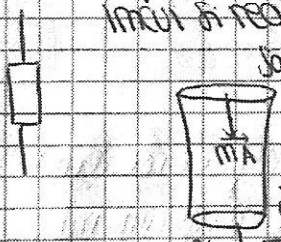
↓

La somma delle tensioni lungo una qualsiasi maglia chiusa è nulla in ogni istante

Questo implica che la tensione è indipendente dal percorso, ma dipende soltanto dagli estremi di questo

2/10/2020

Bipolo: dispositivo con due terminali e una forma esterna in cui si realizza un certo fenomeno elettromagnetico

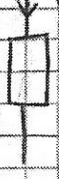


Caso Materiale conduttore in cui è presente un moto di cariche

$i_{SA} = i_{SB}$ → non è possibile attraversamento delle cariche sulle pareti laterali

In un materiale conduttore la corrente istantanea non cambia anche se varia la sezione del terminale (e in maniera) terminale fatto di materiale conduttore ideale

La corrente ha un riferimento che concorda con il verso della superficie orientata (da specificare nel dipolo)



→ verso di riferimento della corrente (definito a priori in modo arbitrario)

per il moto delle cariche positive la corrente positiva se queste si muovono nel verso di riferimento

A potenza otteniamo per il verso con cui si muove la corrente (segno della corrente)

- $i>0$ → cariche positive si muovono nel verso concorde col verso di riferimento (cariche negative si muovono in verso opposto)

$i<0$ → viceversa



In uno stesso bipolo non posso avere versi di riferimento diversi per il primo principio di conservazione della carica (LKC)

$i_B - i_A = 0 \rightarrow i_A = i_B$

Master Copy

La corrente che entra nel terminale di un bipolo è uguale alla corrente uscente dall'altro terminale

↳ in un bipolo vi è una sola corrente (un concetto in accordo a variabilità)

- Se la dimensione fisica del circuito è $\ll$ della lunghezza d'onda allora vale la condizione di lenta variabilità

Data la frequenza di variazione delle grandezze elettriche $f = \frac{1}{T}$

la lunghezza d'onda è la distanza percorsa dalla luce in un periodo T

$$c = \frac{1}{T} = \lambda f \rightarrow \lambda = \frac{c}{f}$$

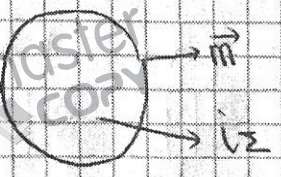
Frequenza della tensione elettrica = 50 Hz $Hz = 1/s$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \, m/s}{50 \, Hz} = 6000 \, km$$

- Le linee di alta tensione si estendono per migliaia di kilometri: la dimensione fisica del circuito e dello stesso ordine della lunghezza d'onda → non vale più l'ipotesi di lenta variabilità

$$i_\Sigma = -\frac{d}{dt} \Phi_{int}$$

non vale più il primo principio di Kirchhoff



Master Copy

CPU $f = 5 GHz$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \, m/s}{5 \cdot 10^9 \, 1/s} = \frac{3}{5} 10^{-1} \, m = 0,06 \, m$$

- Anche in questo caso non valgono i principi di Kirchhoff, il modello circuitale → la dimensione fisica della CPU è confrontabile con la lunghezza d'onda