ELETTROTEC. (teoria dei circuiti lineari) → CIRCUITI percorsi chiusi di dispositivi in cui può circolare corrente

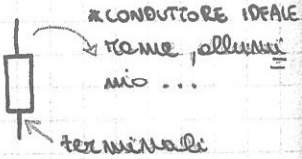
CIRCUITO: insieme di altri dispositivi, in particolare elettrici

DISPOSITIVI ELETTRICI ⇝ dispositivo minimale è il BIPOLO

* analogia elettrica all'azione della forza d'attrito.

BIPOLO 2 terminali ... NPOLO n terminali

("CUORE" BIPOLO) contiene materiali che definiscono la natura del bipolo



attraverso i terminali può essere collegato ad altri bipoli

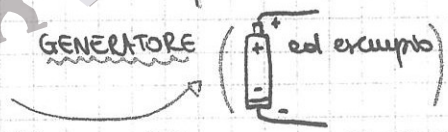
BIPOLI LINEARI:

RESISTORE R* resistenza — CONDENSATORE C* capacità — INDUTTORE L* induttanza

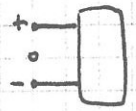
RLC: elementi lineari → [NON LINEARI: elettronica]

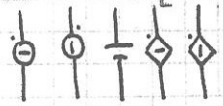
* ognuno accompagnato da un parametro descrittivo *

abbiamo anche il GENERATORE (ad esempio) cosiddetta batteria:



altro esempio è PRESA ELETTRICA:





Resistore, condensatori e induttori sono UTILIZZATORI di energia. Generatore FORNISCE energia al circuito.

GRANDEZZE DI INTERESSE
- intensità di corrente
- tensione elettrica

grandezza quantizzata: esiste con valori multipli di un valore fondamentale

C: Coulomb (unità carica elettrica)

CARICA ELETTRICA: proprietà fondamentale della materia, responsabile dell'interazione descritta da campo elettrico e magnetico (FORZA ELETTROMAGNETICA).

- PROTONE - $q_p = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C, carica positiva
- ELETTRONE - $q_e = -1.602 \cdot 10^{-19}$ C, carica negativa

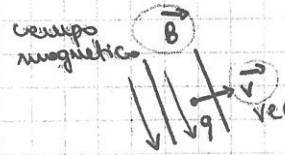
una carica statica o in movimento genera forze che interagiscono con altre cariche nello spazio, questa forza si propaga nello spazio attraverso campo elettrico e magnetico.

Campo elettrico generato da cariche $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ (forza che agisce sulla carica) forza per unità di carica

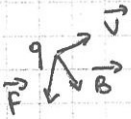
elettriche e campi magnetici variabili nel tempo (vero anche il viceversa)

Campo magnetico → generato da cariche in moto o campi elettrici variabili

NATURA INDUTTIVA



$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$



FORZA DI LORENZ

INTENSITÀ DI CORRENTE ELETTRICA: moto ordinato di cariche in un materiale conduttore. (IMPO)
materiale con cariche libere di muoversi (anche in assenza di forza)


master
COPY


master
COPY

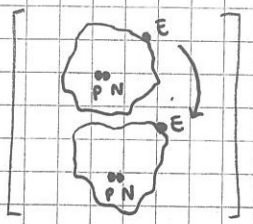
le cariche, seguendo le traiettorie delle particelle, sono sempre in movimento; ma in assenza di forze elettromotrici macroscopicamente non c'è moto



MOTO RANDOM

(maggior parte dei metalli sono conduttori)

fenomeno corrente:



intuitivo

ELETTRONE carica elettrica di movimento

Quantificazione ...



(quando le cariche positive che attraversano nel verso del versore: + e viceversa.)

conto quante cariche attraversano la superficie in un certo intervallo di tempo Delta T.

$\langle i \rangle_S \overset{DEF}{=} \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ carica totale attraversante / tempo osservazione

INTENSITA' DI CORRENTE MEDIA NELL'INTERVALLO ΔT

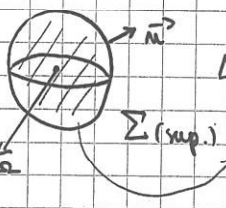
i = Coulomb = Ampere / secondo

A: unità corrente

interessante far tendere ΔT ad un infinitesimo: $i_S(t) = \lim_{\Delta T \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ INTENSITA' DI CORRENTE ISTANTANEA

$\rightsquigarrow i_S(t) = \lim_{\Delta T \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{dQ}{dt}$ variazione carica nell'unità di tempo

PRINCIPIO CONSERVAZIONE CARICA ELETTRICA: la carica elettrica uscente da una superficie chiusa è sempre uguale a tutte le condizioni localmente variabili.



ΔQ_Σ: carica uscente Σ

* [in generale è uguale alla variazione negativa della carica interna.]

$\rightsquigarrow \Delta Q_\Sigma = -\Delta Q_\Omega$ * carica interna al volume

quando una carica esce dalla superficie chiusa di conseguenza ne entra una **

IMPO $\Delta Q_\Sigma = 0 \Longleftarrow$ **  in ogni istante $\Delta Q_{int} = 0$

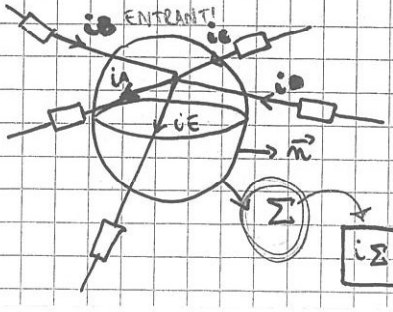
HP

→ in condizioni localmente variabili la carica uscente da una superficie chiusa è nulla in ogni istante => validità modello circuitale (approssimazione)

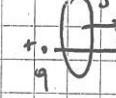
dunque $\lim_{\Delta T \to 0} \frac{\Delta Q_\Sigma}{\Delta T} = 0 \Rightarrow i_\Sigma(t) = 0$ PRIMO PRINCIPIO DI KIRCHHOFF LKC

legge di Kirchhoff x correnti

la corrente totale uscente da una superficie chiusa è nulla in ogni istante.



(ogni corrente ha verso)



=> RIFERIMENTO PER CORRENTE

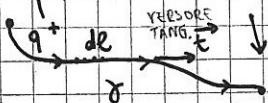
$i(t) = \frac{dQ(t)}{dt}$ → verso del riferimento coincide con verso $\vec{n}$: ARBITRARIO

LKC

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

quindi posso dire: la somma di tutte le correnti uscenti (corrente totale uscente) da una superficie chiusa è nulla in ogni istante.

TENSIONE ELETTRICA: energia necessaria per portare una carica unitaria nello spazio da un punto A a uno B.



$$V_{AB\gamma} = \frac{E_{AB\gamma}}{q} = \frac{L_{AB\gamma}}{q}$$

(energia o lavoro)

$$\rightarrow V_{AB\gamma} = \int_{\gamma}^{B} \frac{\vec{F}\cdot d\vec{l}}{q} = \frac{1}{q}\int_{A}^{B} \vec{F}\cdot d\vec{l}$$ (spostamento)

so che $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ quindi $V_{AB\gamma} = \frac{1}{q}\int_{A\gamma}^{B} q\vec{E}\,d\vec{l} = \int_{\gamma}^{B} \vec{E}\,d\vec{l}$

$\vec{E}$ campo elettrico

la tensione è un integrale di linea del campo elettrico

*Caso semplice: 

$$V_{AB\gamma'} = \int_{A\gamma'}^{B} \vec{E}\,d\vec{l}$$

$d\vec{l} = dl \cdot \vec{t}$ versore tangente alla linea

suppongo che $\vec{E}$ costante dunque $\Rightarrow$

$$V_{AB\gamma'} = E\int_{A\gamma'}^{B} 1\cdot d\vec{l} \Rightarrow V_{AB\gamma'} = E\cdot d$$

Volt $= V = \frac{N}{C}\cdot m = \frac{J}{C}$ (unità tensione)

vicino al concetto di energia potenziale

LEGGE FARADAY: in condizioni fortemente variabili data γ linea chiusa $V_{AA\gamma} = \oint_{A\gamma}^{A} \vec{E}\,d\vec{l} = \phi$

$\Rightarrow$ LKT SECONDO PRINCIPIO DI KIRCHHOFF

LKT: la somma di tutte le tensioni (totale tensione) lungo una linea chiusa è nulla in ogni istante.

linea che definisce il bordo di superficie

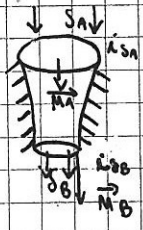
[in generale data γ curva chiusa $V_{AB\gamma} = \oint_{A\gamma}^{B} \vec{E}\,d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ con Φ_B flusso del campo magnetico.]



impensa che V diventa indipendente dal percorso e dipende solo dai punti estremi di questo:

$$V_{AB} = V_{AB\gamma}$$

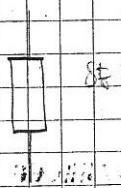
(non devo + specificare percorso)



modello conduttore con morsetti di corrente

corrente totale uscente $= 0$ cioè $i_{SB} - i_{SA} = 0$

$$i_{SB} = i_{SA}$$



SEZIONE TERMINALE INFLUENTE

verso di riferimento indicato nel BIPOLO (della corrente)

corrente non è ben definita x non so se è il verso di rif



per il resto delle cariche positive anche: x queste mi muovono nel verso di riferimento.

VERSO RIFERIMENTO: definito a priori.
VERSO CORRENTE: determinato a posteriori.
$\rightarrow$ 1) $i > 0$ cariche positive si muovono nel verso concordo con quello di riferimento (o cariche negative nel verso opposto).

2) $i < 0$ cariche negative si muovono nel verso concordo con quello di riferimento (o cariche positive nel verso opposto).

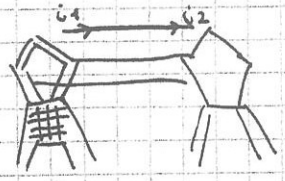
C $i_B - i_A = 0$ cioè $i_B = i_A$ — superficie chiusa — i_A entrante, i_B uscente

in uno stesso bipolo, nei due terminali, per il principio di conservazione della carica non posso avere diverse correnti. } LKC

D Corrente entrante in un terminale di un bipolo è uguale a corrente uscente dall'altro terminale. In un bipolo vi è una sola corrente.

↘ Se ho condizioni non lent. variabili

Bi traliccio — SISTEMA TRIFASE — $i_1 \neq i_2$



↘ per dissipazione energia non vale lenta variabilità

Bii DIMENSIONE FISICA CIRCUITO $\ll$ LUNGHEZZA ONDA $\Rightarrow$ vale condizione di lenta variabilità

data frequenza variazione grandezze elettriche $f = \frac{1}{T}$ con T periodo la lunghezza d'onda è lo spazio percorso dalla luce al tempo T.

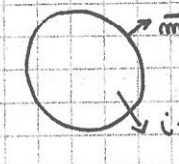
$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$ quindi $\lambda = \frac{c}{f}$

c velocità della luce — lunghezza d'onda

- le linee di alta tensione si estendono su migliaia di km (stesso ordine di grandezza) $\Rightarrow$ la dimensione fisica del circuito stesso ordine di lunghezza d'onda $\Rightarrow$ non vale + lenta variabilità

a casa nostra ad esempio arriva la energia a frequenza di funzionamento industriale = 50 Hz

$\rightarrow \lambda = \frac{300000 \text{ km/s}}{50 \text{ Hz}} = 6000 \text{ km}$ ($\frac{1}{50}$)



$i_\Sigma = -\frac{d Q_{int}}{dt} \neq 0 \Rightarrow$ NON VALE + IL PRINCIPIO DI KIRCHHOFF

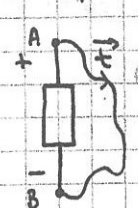
altro esempio CPU con f = 5 GHz ovvero velocità luce

$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5 \cdot 10^9} = \frac{3 \cdot 10^{-1}}{5} \text{ m} \simeq 0.5 \text{ m}$

anche qui non valgono perché le dimensioni fisiche di una CPU (processori) è nell'ordine dei cm cioè confrontabile con λ } $\Rightarrow$ NON VALGONO + PRINCIPI DI KIRCHHOFF

nella maggior parte delle applicazioni circuitali la dimensione fisica del circuito $\ll$ lunghezza d'onda $\Rightarrow$ valgono i principi Kirchhoff

$\Rightarrow$ in un bipolo corrente che entra uguale a quella che esce



definito percorso orientato — con $\vec{t}$ da A a B TENSIONE BIPOLO



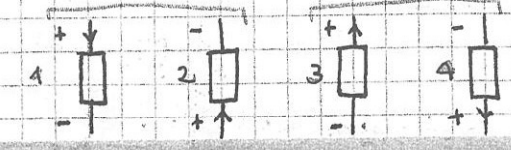
$\rightarrow$ da A verso B sarebbe + e − cioè + è dove parte e − è dove arriva: Verso di riferimento tensione o POLARITÀ

una tensione non è ben definita se non è dato il suo verso di riferimento (o talvolta l'indipendente che definisce la tensione dipende da questo).

$V_{AB} = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = -V_B$ ORDINE CONTA!

verso di riferimento corrente e tensione verso arbitrari e indipendenti tra loro.

I casi possibili:



possono anche raggruppati e 2 e 2: primi 2 correnti da + a −, ultimi 2 correnti da − e +.