CIRCUITO ELETTRICO → è un'interconnessione tra componenti elettrici: resistori, condensatori e induttori.
↳ per esserlo deve essere verificata in ogni istante la sua relaz. costitutiva componenti lineari: relazioni lineari tra tensioni e correnti

corrente = movimento ordinato di cariche elettriche;
le cariche, in assenza di campo elettrico, si muovono in maniera disordinata con velocità media nulla

| Velocità cariche | media = 100 $\frac{Km}{h}$

Se quantifichiamo il movimento delle cariche parliamo di intensità di corrente → è definita



→ Superficie attraversata da cariche
è definito un verso di attraversamento

ΔQ_S / $(t, t+\Delta t)$ quantità di cariche che ha attraversato S nell'intervallo di tempo Δt

Somma algebrica

cariche con lo stesso segno ne attraversano la superficie con verso concorde a quello di riferimento, viceversa cambiamo il segno

$\hat{i}_S = \frac{\Delta Q_S}{\Delta t}$ valore medio dell'intensità di corrente nell'intervallo di tempo Δt

$\lim_{\Delta t \to 0} \hat{i}_S = i_S(t)$ intensità di corrente istantanea
è un limite di un rapporto incrementale

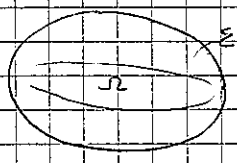
l'intervallo tende a $(t, t+\varepsilon)$

$\Delta Q_S = Q_S(t+\Delta t) - Q_S(t)$ cariche che attraversano S a partire da t_0 arbitrario

in definitiva $i_S(t) = \frac{dQ_S}{dt}$ variazione di carica per unità di tempo

ampere A $\quad 1A = \frac{1C}{1s}$

Ω regione di spazio racchiusa da una superficie Σ



$\Delta Q_\Sigma + \Delta Q_\Omega = 0$

facciamo la derivata $i_\Sigma(t) + \frac{dQ_\Omega}{dt} = 0$

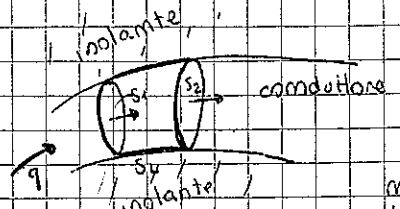
quindi $i_\Sigma(t) = -\frac{dQ_\Omega}{dt}$

Se abbiamo una carica che attraversa una superficie chiusa deve esserci una variazione della carica interna.

condizione stazionaria $\frac{dQ(\cdot)}{dt} = 0 \quad \rightarrow \quad i_\Sigma(t) = 0$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Consideriamo un **conduttore** generico percorso da corrente



in condizioni stazionarie

$i_\Sigma(t) = 0$

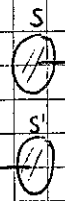
non può esserci corrente attraverso S_4;
tutta la corrente è attraverso Sa e Sb

$i_{SB} - i_{SA} = i_\Sigma = 0$

$i_{SB} = i_{SA}$ L'intensità di corrente non è in funzione della sezione

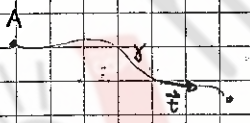
le densità di correnti hanno due verse; in una sezione più piccola la densità di corrente è maggiore

$S = S'$



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

tensione elettrica = lavoro per unità di carica



$\vec{t}$ versore tangente in ogni punto

$V_{AB}|_\gamma$ è il lavoro che deve compiere un campo elettrico esterno per portare una carica elettrica unitaria positiva dal punto A al punto B seguendo il percorso γ

relativa al percorso γ

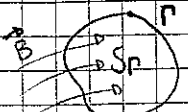
$$V_{AB}|_\gamma = \int_\gamma \vec{E} \cdot \vec{t}\, de$$

Se considero un percorso $\gamma' \neq \gamma$

in generale $V_{AB}|_\gamma \neq V_{AB}|_{\gamma'}$, cambiando il percorso la tensione tra due punti può essere diversa

Si misura in volt $[V]$ $\quad \Delta V = \frac{\Delta J}{\Delta C}$

circuitazione del campo elettrico → è il lavoro calcolato su una linea chiusa Γ



$$\oint_\Gamma \vec{E} \cdot \vec{t}\, de = \mathcal{E}_\Gamma$$ è una tensione

Legge di Faraday: $$\oint_\Gamma \vec{E} \cdot \vec{t}\, de = -\frac{d\Phi_\Gamma}{dt}$$

variazione di flusso del campo magnetico attraverso la superficie racchiusa dalla linea chiusa

Flusso del campo magnetico

$$\Phi_\Gamma = \iint_{S_\Gamma} \vec{B} \cdot \vec{n}\, dS \qquad \text{Weber [Wb]} \qquad 1\,Wb = 1\,V \cdot 1\,s$$

S_Γ è la superficie racchiusa da Γ

Se ci mettiamo a metterci in condizioni stazionarie il flusso non varia nel tempo e quindi $\mathcal{E}_\Gamma = 0$

quindi $\boxed{V_{AB}|_\gamma = V_{AB}|_{\gamma'}}$

MASTER COPY
Tel. 050.8312126
Cell. 388.9837745

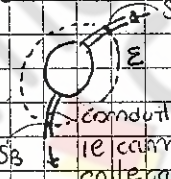
$V_{AB}|_\gamma + V_{BA}|_{\gamma'} = \oint_\Gamma \vec{E} \cdot \vec{t}\, dl = \mathcal{E}_\Gamma = \phi$

$V_{AB}|_\gamma - V_{AB}|_{\gamma'} = \mathcal{E}_{\gamma \cup \gamma'} = \phi$

quindi $V_{AB}|_\gamma = V_{AB}|_{\gamma'}$

potenziale elettrico $V_{AB} = V_A - V_B$

Componente circuitale → 2 terminali



conduttore a conducibilità elettrica elevata. Il campo elettrico all'interno dei fili di collegamento dei terminali esterni è trascurabile

$\mathcal{E}$ superficie chiusa esterna che taglia i due terminali; le uniche due superfici che sono attraversate da corrente sono S_A e S_B

la corrente sulla superficie chiusa è la somma delle correnti su S_A e su S_B

$$i_\mathcal{E} = -\frac{dQ_\mathcal{E}}{dt} = i_B - i_A$$

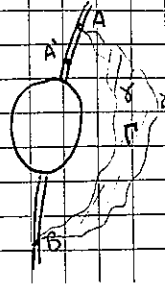
corrente uscente positiva

la corrente che esce dalla superficie può essere diversa da quella che entra se c'è una variazione di carica nello spazio interno.

nei nostri modelli circuitali vale sempre l'ipotesi che $\frac{dQ_\mathcal{E}}{dt} \simeq \phi$ condizione di quasi stazionarietà (o anche lentamente variabili)

quindi $\boxed{i_A = i_B}$

Ragionamento analogo per le terminali ai capi



All'interno del conduttore che compone i terminali il campo elettrico è trascurabile; quindi se spostassi il punto A da A ad A' $V_{AA'}$ sarebbe trascurabile... V_{AB} cambierebbe di poco!

$$V_{AB}|_\gamma - V_{AB}|_{\gamma'} = -\frac{d\Phi_\Gamma}{dt} \simeq \phi$$ (condizioni di quasi stazionarietà

abbiamo un'unica tensione indipendente dal percorso esterno

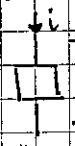
V_{AB} unica

quindi abbiamo un'unica diff. di potenziale e un'unica corrente che entra e che esce.

circuiti → formati da bipoli

BIPOLO ELETTRICO = componente a due terminali

ideale



non abbiamo più una sezione dei terminali

Un bipolo elettrico è caratterizzato dai riferimenti di tensione e corrente
V è un'integrale di linea che va da + a −
i che entra è uguale a i che esce

classificazione dei riferimenti: 4 possibilità



riferimento **dell'utilizzatore**; la corrente entra dal polo +

riferimento **del generatore** la corrente esce dal polo +

assorbono potenza, prendono energia da qualcun altro (esempio: resistenza, condensatore)

generano energia al loro interno

Su un'utilizzatore c'è qualcuno che compie **lavoro** e porta le cariche da + verso − (positive)
L'utilizzatore è qualcosa che oppone resistenza al passaggio di cariche dal polo positivo al polo negativo; il moto delle cariche è naturale, sotto l'effetto di un campo elettrico esterno,
le cariche vengono spinte da − a + e quindi non dovrebbero andare.
Viceversa in un generatore V è necessario compiere lavoro interno, utilizza una fonte di energia per portare cariche positive verso il polo positivo, la tendenza del campo elettrico esterno

relazione costitutiva del bipolo $V = f(i)$
ogni bipolo avrà una propria relazione (lineare!)

(resistenza) $V = K\,i$

(induttore) $V = K' \frac{di}{dt}$ relazioni lineari che valgono istante per istante

(condensatore) $V_{(t)} = K'' \int_{-\infty}^{t} i(\tau)\,d\tau$

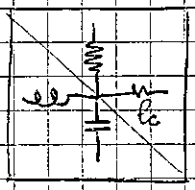
(generatore di tensione) $V = K'''$



Possiamo considerare vere le **condizioni di quasi stazionarietà** quando

$$\frac{dQ_r}{dt} \simeq \phi \quad , \quad \frac{d\phi_r}{dt} \simeq \phi$$

Per verificare queste ipotesi bisognerebbe verificare il sistema di Maxwell completo... più brutalmente andiamo a considerare:



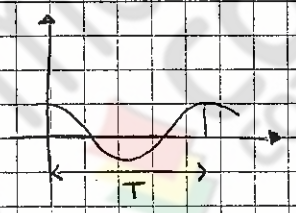
lc lunghezza massima del circuito

- il tempo che la luce impiega ad attraversare il circuito lungo la sua dimensione maggiore è tc ;

$$C = \frac{l_c}{t_c} \qquad \frac{\text{spazio}}{\text{tempo}}$$

tc tempo di ritardo, tempo di propagazione elettromagnetica del circuito

$t_c \ll T$ — variazioni temporali delle grandezze interne
└ tempo caratteristico, periodo delle grandezze del circuito



$$T = \frac{\lambda}{C} \quad , \quad \lambda = TC$$

per costituzione

$$\frac{l_c}{c} \ll \frac{\lambda}{c} \rightarrow \boxed{l_c \ll \lambda}$$

Per considerare vere le hp di stazionarietà il circuito deve essere molto più piccolo dello spazio percorso alla velocità della luce in un tempo T caratteristico del circuito.

esempio: radio che ha una frequenza 100 MHz

$\frac{1}{T} = 100\ MHz$

$T = \frac{1}{100 \cdot 10^6} = 10\ ns$ tempo caratteristico del circuito radio

$C = 3 \cdot 10^8\ m/s$

$\lambda = T \cdot C = 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{-8} = \boxed{3\ m}$

una radio deve essere molto più piccola di 3 metri, per poter funzionare come oscillatore circuitale