

elementi di un circuito

elementi passivi: resistore, condensatore, induttore
elementi attivi: più di due morsetti, transistor
ecc.; devo collegarli ad una
fonte di alimentazione ecc.

1° elemento primo fondamentale: memristor

resistore con memoria

$$[\gamma = R_i]$$

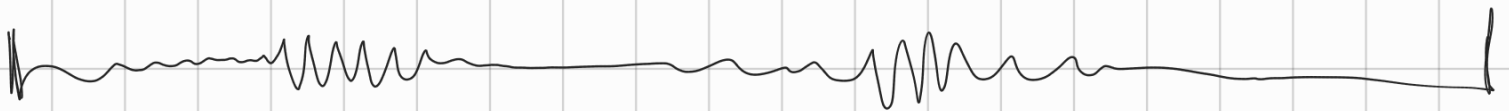
$$\text{ma } V = R(\varphi) i$$

può avere valori di resistenza
in base allo stato
precedente del circuito.

↓ lo si può implementare
indirettamente ma

nel 2007 è stato dimostrato che è possibile
realizzarlo in nanotecnologia.

// in un neurone si accumulano energia 2 memristor



Analisi di reti resistive

- elementi descritti da relaz. algebriche
lineari tra Tensione e corrente

$$V = R \cdot i$$

- Il sistema risultante è un sistema algebrico
lineare.

Analisi di circuiti elementari di reti resistive.

→ Serie e parallelo di Bipoli

→

→

Teoremi su reti resistive lineari

- Principio di sovrapposizione degli effetti

- Teorema di Thevenin, Teorema di Norton (principio di

- Teorema di Tellegen e conservazione della potenza e energia

• qualunque circuito è riducibile con tecniche delle maglie e nodi e tagli.

P₂ Analisi di reti con Memoria in regime sinusoidale

es. $V(t) = L \frac{di}{dt}$ (ret. in corrente alternata)

elemento con memoria

non ho più sistemi algebrici ma

Sistemi integro-differenziali

generatore di fem.



$$v_g(t) = V_m \cos(\omega t)$$

Ci sono generatori di ! tensione di questo tipo
con fase transitoria (?)

il generatore fa in modo che le concent. del
circuiti siano delle pari.

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi_i)$$

Metodo dei fasori: in un dominio trasformato
(ω), le reti diventano ed erano descritte
da sistemi algebrici, senza memoria,
usando i metodi della prima parte.

• Bilanci energetici
potenza in regime sinusoidale

Analisi circuiti del primo ordine nel dominio del
tempo.

P₃

Analisi di reti con memoria al metodo
simbolico di Laplace.

Generatori (tensioni ecc.) non necessariamente
sinusoidali ma trasformabili secondo
Laplace.

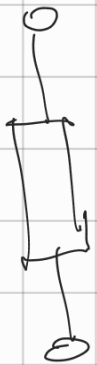
Il circuito trasformato è sempre
senza memoria

qui però siamo nel dominio di $S = \sigma + j\omega$
e non $j\omega$

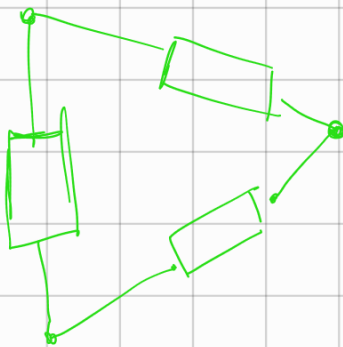
metodo dei fasori è in caso particolare
di Laplace ($\sigma = 0$)



Bipolo: elemento a due morsetti:



interconnettiamo questi elementi



Più avanti elementi
con N poli

Circuiti a
 γ Costanti concentrate

Circuiti più piccoli
della lunghezza d'onda
più piccole

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$D_{MAX} \leq \frac{1}{20} \lambda$$

dimensione massima
di un circuito

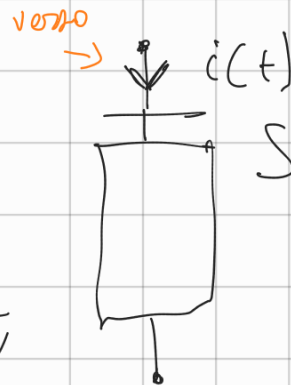
Mai usano frequenze basse, non ci curiamo delle dimensioni del circuito.

- Ci interessiamo alla Tensione e corrente ai morsetti occ.

Definisco la corrente elettrica.

Scegliamo il verso di riferimento per la corrente

VERSO DI RIFERIMENTO
usa una freccia



L'intensità di corrente a t
è solo $i(t)$

$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q(t)}{\Delta t} \quad \text{dove } \Delta q(t) \text{ è la}$$

carica che attraversa S in Δt concordando con il verso indicato

- $i(t)$ è una grandezza scalare e algebrica (ha un segno, +, - o nulla)

algebrica $\langle = \rangle$ CON SEGNO

- Se la corrente è dovuta per esempio al moto di cariche positive, il segno di $i(t)$

e' positivo

$$i(t=1 \text{ sec}) = +3 \text{ Ampere}$$

Allora il verso del moto dello cariche
e' verso l'alto con la pila



$$i(t=1) = +3 \text{ A}$$

Verso corrente
con la pila

$$i(t=2) = -4 \text{ A}$$

verso dello cariche
e' discorde con la
pila

verso dello cariche
discorde

NON può essere corrente se non ha
stabilito un verso.

- Il verso di riferimento $i(t)$ e' fissato
ad arbitrio.

Verso di riferimento di $i(t)$ e segno di
 $i(t)$ permettono di determinare il verso
effettivo di moto delle cariche

$v(t)$

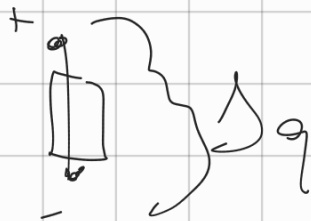
A horizontal line with an arrow at the right end, indicating a direction of motion or velocity.

• Def. di Tensione (diff di Pot)

• Scegliamo verso di riferimento per la tensione indicandolo con + un morsetto, e - l'altro.

Scegliamo un percorso orientato che colleghi il + verso il -

Sia Δq una carica el. infinitesima che si muove lungo il percorso orientato.



$$V(t) = \lim_{\Delta q \rightarrow 0} \frac{\Delta L}{\Delta q}$$

ΔL lavoro compiuto dalla forza el. campo elettrico su Δq lungo il percorso orientato

• $V(t)$ grandezza scalare e algebrica

es. $V(t = 1 \text{ sec}) = +4 \text{ Volt}$

Ora il morsetto + e' a pot. più alta del -

Verso $V(t)$ e' fissato in anticipo.

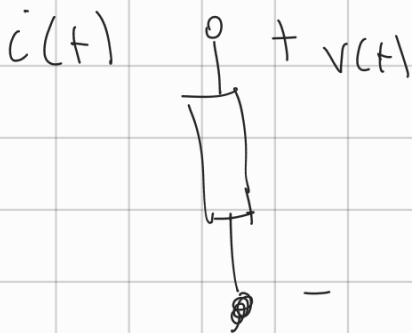
Verso di riferimento su cui si acquirisce quello
morsetto e' a potenziale più alto.

Verni convenzioni per tensione e corrente.

Definire prima un verso di riferimento
per corrente e Tensione.

CONVENZIONE degli UTILIZZATORI

fissato il verso di $v(t)$, il verso di
 $i(t)$ è tale che la corrente entra dal
più col esce dal meno.



importante anche se faccio
il prodotto, $V \cdot I$

$P(t) = V(t) \cdot i(t)$ e' la Watt
potenza assorbita dal
bipolo a t

Se e' negativa e' potenza erogata, se + e
assorbita

$dW(t) = p(t) dt = v(t) i(t) dt$ Joule
energia assorbita in intervallo di tempo finito

Se ho un intervallo di tempo

energia elettrica ASSORBITA dal bipolo nell

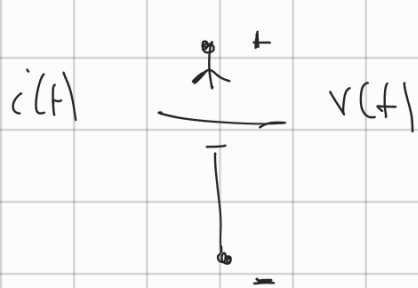
Internello

$$\int_{t_a}^{t_b} p(t) dt = \int_{t_a}^{t_b} dW(t) = \int_{t_a}^{t_b} v(t) i(t) dt \text{ Joule}$$

ASSOMBITA anche UTILIZZAZIONE

CONVENZIONE dei GENERATORI

Fisso un verso per $v(t)$, il verso opposto
conviene di rif. va nel nuovo verso
il più,



del dipolo

Potenza ENERGIATA $\checkmark$ nell'istante
 t $p(t) = v(t) \cdot i(t)$ Watt

Energia elettrica erogata in dt

$$dW(t) = p(t) dt = v(t) i(t) dt \text{ joule}$$

Energia erogata dal dipolo nell'intervallo
di tempo $[t_a, t_b]$

$$\int_{t_a}^{t_b} p(t) dt = \int_{t_a}^{t_b} v(t) i(t) dt$$

Defin. cost. Definizione di un dipolo

$\hookrightarrow$ Bipolo = legame che il dipolo stabilisce
tra tensione e corrente

Legge che caratterizza completamente il
comportamento elettrico del bipolo all'
interno di un circuito.
ci basta sapere il legame tra V e i

Dobbiamo scegliere un verso di riferimento

$V(t) = R i(t)$ legge di ohm per resistori

$V(t) = -R i(t)$ per convenzione dei generatori
il segno della velos. costitutiva dipende
dalla convenzione

Classifichiamo i Bipoli, attivi e passivi

Passivi: oggetti che al loro interno non
hanno una sorgente di energia,
non sono fonte di energia
se non quella che hanno assorbita più

Def. Bipolo passivo se

* $W(t) = \int_{-\infty}^t p(t') dt' = \int_{-\infty}^t v(t') i(t') dt' \geq 0$

energia assorbita complessiva dal bipo

Bipolo passivo se l'energia che
fornisce non supera l'energia che ha
assorbito nel tempo

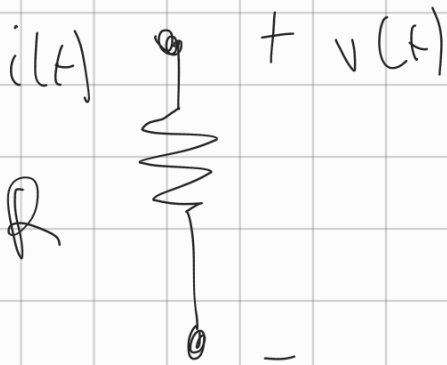
LUI può assorbire energia e fornire energia
ma quella fornita è $\leq$ di quella assorbibile

Un condensatore C assorbe energia e
la fornisce

Se non vale la relazione $*$ per un solo
 t , per un solo esperimento, il Bipolo si
dice attivo

• Un Bipolo attivo ha al suo interno una
sorgente di energia

Resistore ideale



Relaz. costitutiva

$$v(t) = R i(t)$$

con R resistenza in Ω

oppure $i(t) = G v(t)$ con $\frac{1}{R} = G$

G conduttanza in Ω^{-1}

quante è
facile da passare
attraverso il resistore

Ideale perché non ci sono elementi parassiti ecc
 $\hookrightarrow$ vale la legge di Ohm

Potenza el. assorbita da un resistore

$$p(t) = v(t) i(t) = R i^2 = G v^2(t) \text{ Watt}$$

Energia elettrica assorbita in dt

$$dW(t) = v(t) i(t) dt = R i^2(t) dt = G v^2(t) dt \text{ Joule}$$

Passività

$$\begin{aligned} W(t) &= \int_{-\infty}^t p(t') dt' = \int_{-\infty}^t v(t') i(t') dt' \\ &= \int_{-\infty}^t R i^2(t') dt' = \int_{-\infty}^t G v^2(t') dt' \geq 0 \end{aligned}$$

• Un resistore ideale è passivo se

$$R \geq 0$$

$$o \quad G \geq 0$$

un resistore è negativo se fornisce energia, $R < 0$

R neg si trova con un

(INIC)

• Un resistore è senza memoria

Cioè un legame istantaneo tra $v(t)$ e $i(t)$

• Caso particolare
veloc. costante

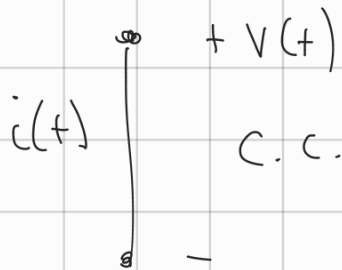
$$R = 0$$

C.C. corto
circuitato

$$V(t) = 0$$

$$\forall i(t)$$

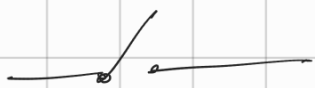
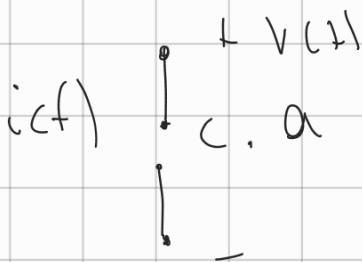
qualunque sia
la corrente



Caso inverso, resistenza
impedisce il

valore di corrente
passaggio si converte

$$i(t) = 0 \quad \forall V(t) \quad G = 0 \text{ ohm}$$



interuttore ideale = è un

C.C. negli istanti di tempo in
cui è chiuso e C.C. in cui
è aperto

• C.C. e C.A. e interuttore ideali sono
elementi inerti, non
partecipano agli scambi energetici, ruolo

$$\circ i = 0 \quad \circ v = 0 \quad \Rightarrow p(t) = v(t)i(t) = 0$$

non si assume niente

Resistore al punto di vista energetico

$R > 0$. l'energia elettrica assorbita

che R in dt coincide con l'energia

dissipata su R sotto forma di effetto Joule

Si ha $dW = R i^2(t) dt = G v^2(t) dt = dQ \geq 0$

dove dQ è il calore sviluppato.

- avrebbe convertito l'energia e la trasformata istantaneamente in calore, che viene dissipata per convezione con l'aria

Non è possibile la transf. inversa

dal calore non posso ripercuotere corrente

$$dW = dQ \quad \text{trasformazione irreversibile}$$

Se scaldo il resistore, è impossibile che restituisca in corrente.



un'antenna irradia, si
muove o ha un resistore

↓
IRREVERSIBILE

Resistore $\rightarrow$ Couplet. IRREVERSIBILE

Se abbiamo un condensatore $\rightarrow$ isolato

$$dW = dE_C \geq 0$$

perfettamente
irreversibile

posso ridare completamente
l'energia assorbita isolando.