

Le interazioni elettriche si manifestano tra cariche generiche indicate con  $q$ . Dato che le interazioni possono essere sia attrattive che repulsive sorge spontanea la presenza di due tipi di cariche,  $q^+$  e  $q^-$ .

tra cariche omogenee si stabilisce una repulsione, tra cariche eterogenee attrazione.  $q = q^+ + q^-$

Considerando gli effetti macroscopici di agglomerati di cariche si definisce la densità di carica.

La densità di carica può essere:

- 1) Volumica  $[g_c]$
- 2) Superficiale  $[\sigma_c]$
- 3) Lineare  $[\lambda_c]$

Tali densità di carica in genere sono variabili nel tempo.

$$\text{DENSITÀ VOLUMICA } \beta_c(P, t) \equiv \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta V} = \frac{dq}{dT}$$

carica  
 Δq → ΔV  
 funzione del punto      funzione del tempo  
 volume che tende a un punto      volume di un punto

derivata della quantità di carica rispetto al volume in cui è stimata.

La densità di carica definisce un campo di carica che risulta generato dalla presenza di entrambi i "segni" volumici. Tale campo è scalare e quindi come la carica potrà essere espresso da un numero reale.

$$\beta_c = \beta_c^+ + \beta_c^- \quad \frac{[C]}{[m^3]}$$

Densità superficiale ovviamente cambia l'unità di misura che passa da metri cubi a metri quadrati. Continua a valere la VARIABILITÀ TEMPORALE

$$\sigma_c(P, t) \equiv \lim_{\Delta \Sigma \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta \Sigma} = \frac{dq}{d\Sigma} \quad \Sigma = \text{unità superficiale}$$

$$\sigma_c = \sigma_c^+ + \sigma_c^-$$

### CARICHE PUNTIIFORMI

Si assume che entro le distanze tra le cariche in gioco, sempre molto maggiori che lo spazio impegnato dalla carica stessa, che queste sia appunto puntiformi.

Le cariche saranno cioè considerate come concentrate in dei punti

cariche puntiformi  $q(P, t)$

Nota BRRR: con minuscole corsive si indicano grandezze variabili nel tempo, mentre con maiuscole le grandezze istantanee

con  $\triangleq$  si dichiara che la formula è una definizione

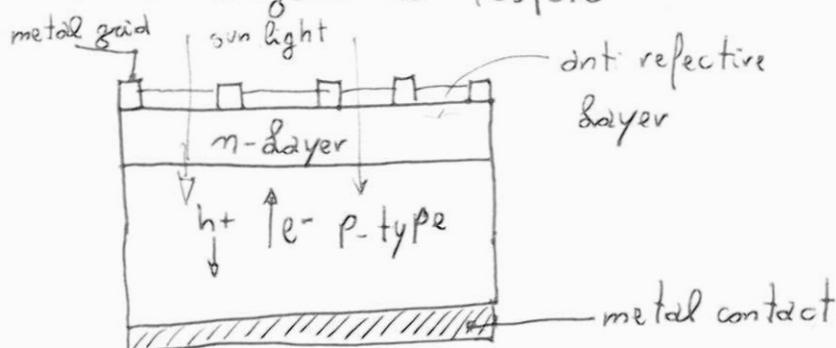
Cos'è l'elettrotecnica?

- Tecnica dell'applicazione pratica e industriale dei fenomeni elettrici (a. 1884)

si divide in due grandi discipline teoria dei circuiti e teoria dei campi.

La cella fotovoltaica

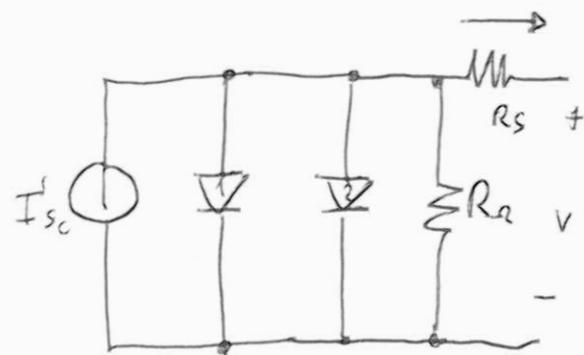
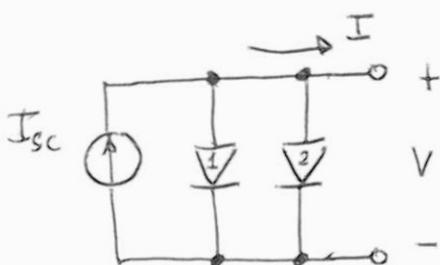
È in pratica un diodo drogato P con Boro. La superficie invece è drogata al fosforo



I due elettrodi sono il metal grid e il metal contact

L'equazione di Poisson della teoria dei campi risolve la cella fotovoltaica.

Il modello della cella fotovoltaica è:



$$I = I_{sc} - I_{os} \left( e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right) - I_{os} \left( e^{\frac{qV}{2kT}} - 1 \right)$$

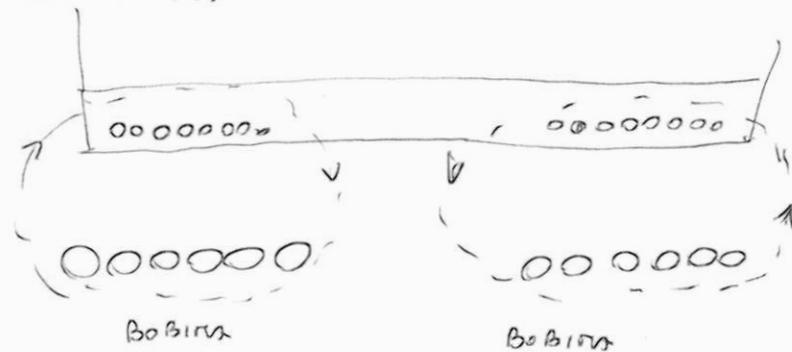
## PIANO DI COTTURA MAGNETICO

vengono indotte delle correnti indotte sul fondo della pentola e non ci sono dispersioni verso altri materiali.

Le sorgenti di calore sono direttamente nella pentola.

18 - 19 → fino a 60 KHz sono le frequenze che creano sul fondo della pentola le correnti indotte.

Rendimento 95 - 97%



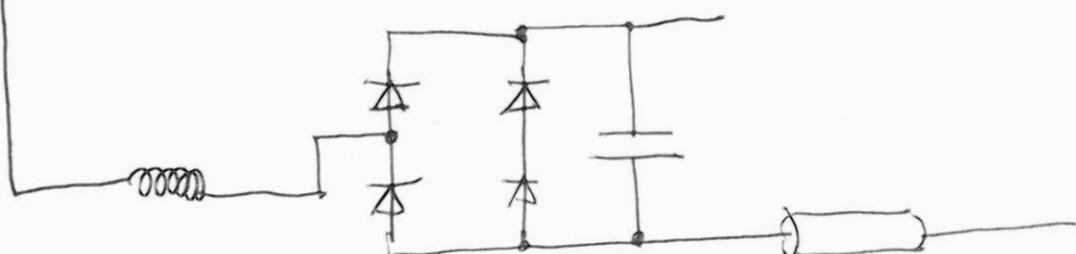
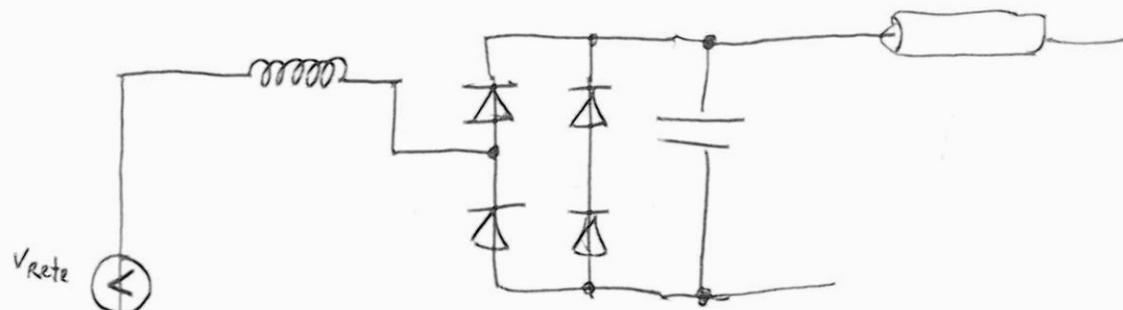
soltò alle bobine il circuito magnetico  
viene chiuso con delle ferite

all'interno del cerchio del forno, e' fatto in filo LITZ

che segue il principio



tanti fili particolarmente intrecciate.



La teoria delle reti e la teoria dei campi sono fortemente legate tra di loro. Si può studiare un circuito elettrico come quello del piano di voltage ad induzione con i campi elettromagnetici oppure con i così detti parametri concentrici.

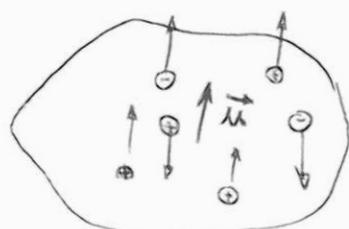
Lo stesso fenomeno si studia con i due approcci

#### TEORIA DELLE RETI

Diamo i parametri fondamentali con le def. corrette e definiamo gli oggetti sui cui operano che sono i bipoli e gli n-poli

#### CORRENTE ELETTRICA

consideriamo una superficie orientata da un versore



ci sono cariche di entrambi i segni che fluiscono in entrambe le direzioni attraverso la superficie.

È LA CARICA NETTA CHE ATTRAVERSA L'UNITÀ DI SUPERFICIE S

con carica netta si intende un

$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q_s}{\Delta t} \quad [A]$$

$$\Delta q_s = (\underbrace{\Delta q^+ + \Delta q^-}_{\text{equirivale a } \vec{n}}) (\underbrace{\Delta q^+ - \Delta q^-}_{\text{verso opposto}})$$

Vale non solo per elettroni ma anche per particelle ionizzate in una elettrolisi.

Questa def. di carica netta mette a posto ogni corrente che può essere messa in gioco.

Ai parametri dovuti ai campi si può definire il vettore densità di corrente

$$\vec{j}(t, p)$$

la corrente si può ottenere integrando questo vettore normalmente alla S considerata

(5)

La densità di corrente è una grandezza vettoriale mentre quella definita dalla carica è SCALARE  
con i campi si studia la grandezza corrente che ha la dimensione di tipo puntuale (vettoriale) e dipende da verso direzione e intensità

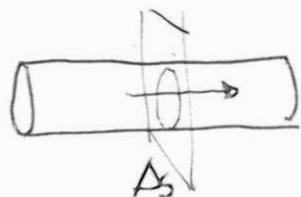
La scalare è una grandezza integrale.

La densità di corrente dipende dal tempo e dalla posizione è quindi un prodotto scalare che compare nell'integrale

$$i(t) = \int_S \vec{J}(t, \vec{r}) \cdot \vec{n} dS$$

La corrente elettrica VALE è termi voltaggio corrente, mentre "E'" è obbligatoria.

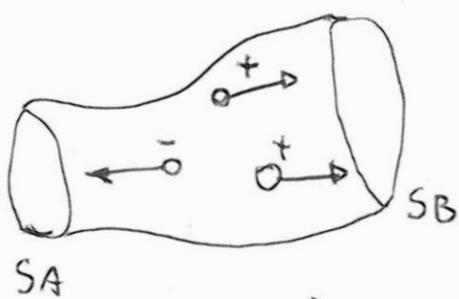
Va prima fissato un verso di riferimento, e la corrente assume un valore positivo o negativo rispetto a quel verso, ma non ha una reale direzione o verso intrinseco.



$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q_s}{\Delta t}$$

### TUBI DI FLUSSO DI CORRENTE

La corrente non attraversa la superficie laterale ma è canalizzata nell'interno del tubo



tubi di flusso di corrente

- tubi di flusso del vettore densità di corrente

→ è possibile fissare un riferimento

sulle superfici opposte posso fare o la "differenza" di carica e trovare la carica netta oppure l'integrale e trovarci la corrente

$$\Delta q_S = (\vec{\Delta q^+} + \vec{\Delta q^-}) - (\vec{\Delta q^+} + \vec{\Delta q^-})$$

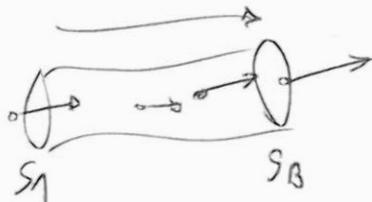
$$i(t) = \int_S J(t, p) \cdot \vec{n} \, ds$$

### CORRENTI SOLEMBO DALI definizione

legge di continuità, è fondamentale. Per corrente elettrica si segnala all'opposto della quantità di carica che esce dalla superficie chiusa

$$i(t) = - \frac{dq}{dt}$$

Se non ho la variazione di carica rispetto al tempo allora la quantità di corrente che esce dalla superficie koppia A è uguale alla quantità di carica che viene dalla sup. koppia B  
Questo è il concetto di corrente SOLEMBO DALI



### AMPEROMETRO

La corrente obbligata dal segno del riferimento che scelgo sul conduttore



Si inserisce in ogni intervallo prendo il circuito. Va rispettata la IDEALITÀ, ovvero l'amperometro ~~non~~ deve influenzare la corrente da misura

- gидрато dell'impennino è aperto o chiuso dal fatto che
- 3) la d.d.p. di morselli è  $\emptyset$
  - 4) la R interna dello strumento è  $\emptyset$

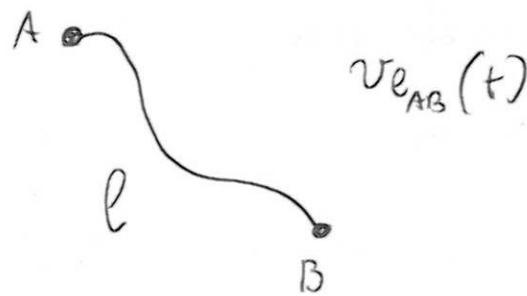
### DUALITÀ

significa che si può per una grandezza definire una legge cambiando solo una parola: ad es. tensione  $\rightarrow$  corrente

La grandezza duale della corrente è la Tensione elettrica

### TENSIONE ELETTRICA (distinguere tra d.d.p. e tensione)

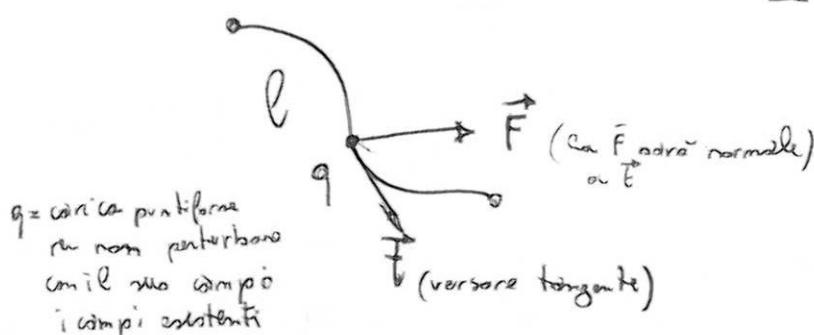
La tensione si associa a una linea  $\ell$  quindi parlano di  $V_\ell$  ed è necessario che la linea  $\ell$  sia orientata



$$V_{\ell AB}(t)$$

definiamo la tensione elettrica  $V$  lungo la linea  $\ell$  definendo come punto positivo il punto  $A$  e l'estremo "A"

definiamo il lavoro  $\Delta \mathcal{L}$  come  $\frac{\Delta \mathcal{L}(t)}{\Delta q}$  è il lavoro delle forze elettriche esercitate sulla carica stessa



$q$  = carica puntiforme  
non perturba  
nei suoi campi  
i campi costanti

$$V_{\ell AB}(t) = \lim_{\Delta q \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathcal{L}(t)}{\Delta q}$$

è un lavoro per unità di carica Joule su coulomb  
che è il Volt

$$\frac{[J]}{[C]} = [V]$$

Se c'è una forza elettrica c'è anche un campo elettrico

$V_{AB}(t) = \int_l \vec{E} \cdot \vec{t} dl$

campo elettrico di Maxwell ovvero quella dovuta alla parte coulombiana (o gradiente) e la componente inotolita (non è irrotazionale)

$\vec{E} = \vec{E}_c + \vec{E}_i$

Esistono dei casi in cui non dipende più dalla linea quindi la tensione elettrica diventa una differenza di potenziale.

La tensione inotolabile è la d.d.p.

i) Quando il campo elettrico dipende anche dalla parte inotolata si parla di tensione prodotto  $\vec{E} = \vec{E}_c + \vec{E}_i$

ii) Quando il campo elettrico dipende solo dalla parte coulombiana allora si crea una d.d.p.  $\vec{E} = \vec{E}_c$

In generale il campo elettrico ha la parte coulombiana dovuta alla separazione di carica e una componente inotolata dovuta alle variazioni dell'induzione magnetica nel tempo  
(seconda equazione di Maxwell)

\* In presenza di un campo magnetico inotolato non si può parlare di d.d.p. ma di tensione. (Fondamentale)

La d.d.p. si può esprimere come differenza dei campi potenziale elettrico scalare nei punti A e B

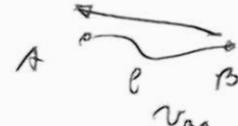
$$V(t) = \phi_A(t) - \phi_B(t)$$

$$V_{AB}(t) = -V_{BA}(t)$$

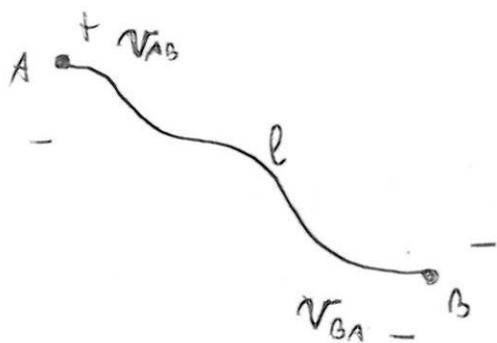
rif. a moto perlice



$$\vec{E}_c(P, t) = -\nabla \phi(P, t)$$



⑨

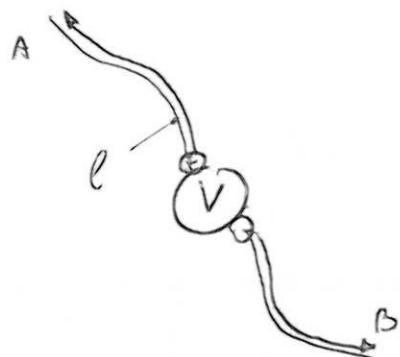


$$V_{AB}(t) = -V_{BA}(t)$$

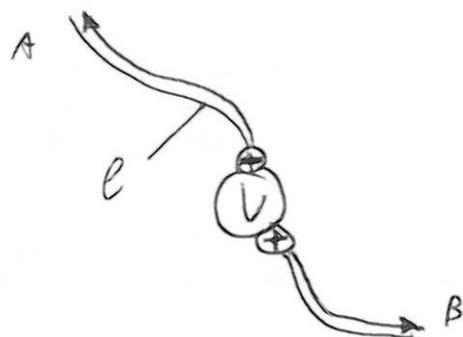
### IL VOLTMETRO

I cordoni del voltmetro REALIZZANO o almeno dovrebbero farlo, la linea di integrazione, su cui si valuta la tensione.

Solo se la tensione è conservativa ovvero  $\vec{E}_i = 0$  allora la posizione dei cordoni è irrelevante, ma non la posizione dei puntali che vanno applicati al punto A e B sotto test.



Legge  $V_{AB}$

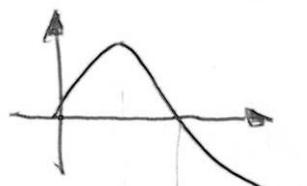
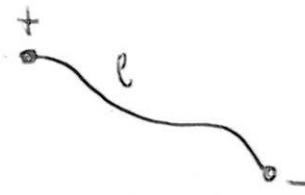


Legge  $V_{BA}$

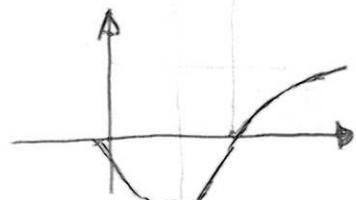
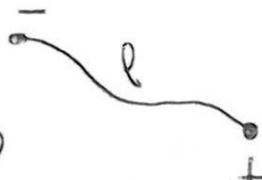
Se voltmetro ideale ha istante per istante corrente nulla che fluisce nei suoi cordoni.

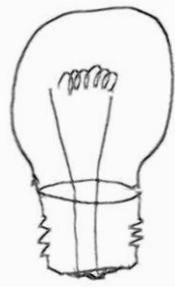
Per questo rapidamente posso variare la tensione questa viene indicata correttamente. (non ci sono effetti capacitivi o indutivi)

### MORSETTI E SEGNO DELLA MISURA

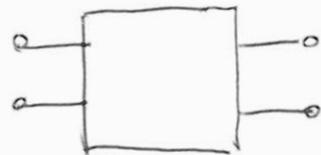
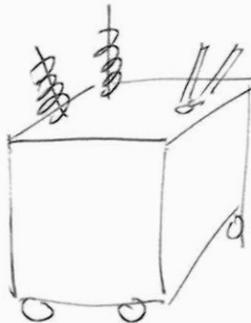


INVERTENDO I PUNTAI DEL VOLTMETRO  
SI ROVESCIÀ RISPETTO ALLE ORDINATE

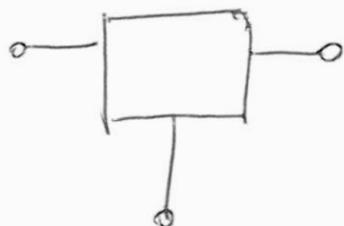




è un componente fisico che potrai essere idealizzato  
come un oggetto fatto così

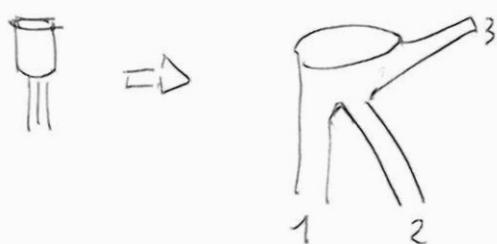
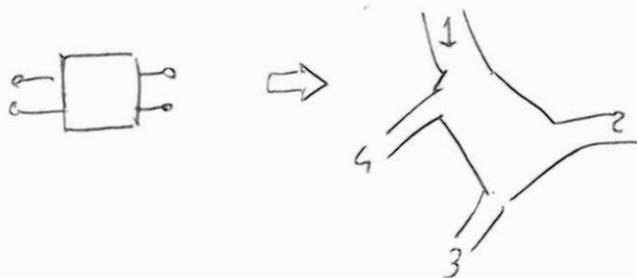


TRASFORMATORI  
DI POTERIA



SI DEFINISCE QUINDI L' m-polo che serve per idealizzare  
un componente elettrico qualunque esso sia.

vistosi i tubi di filamento, ad esempio



queste scatoline si chiamano:  
n-poli Lag 15

si definiscono II ipotesi fondamentali  
al cui devono essere soggetti

IPOTESI 1)  $V_{12} + V_{13} + V_{34} + \dots + V_n = 0$   
dovendo le tensioni devono essere intanziate  
quindi la circuitazione è nulla.  
c'è solo la componente coulombistica del  
campo

Se tensioni fra due morsetti qualsiasi sono esprimibili tramite differenze di potenziale

HIPOTESI 2) Le correnti debbono essere salientabili, ovvero

$$i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n = 0$$

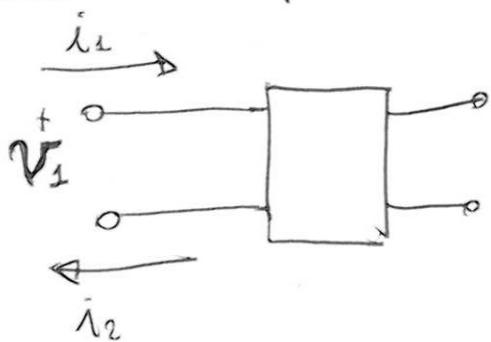
avendo preso lo stesso riferimento per tutti i poli dell' n-polo

### IL BIPOLI

modella i componenti a due terminali

Le porte elettriche si individuano fra le coppie di poli degli n-poli in cui la corrente entrante è uguale alla corrente uscente con verso uscente.

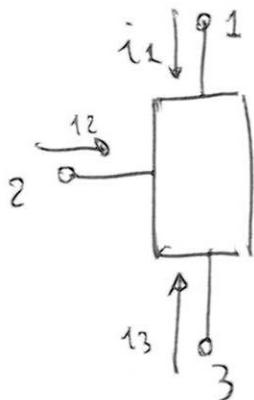
attenzione ai riferimenti



su queste porte si può quindi fare riferimento a un'unica tensione e un'unica corrente detta tensione e corrente di porta.

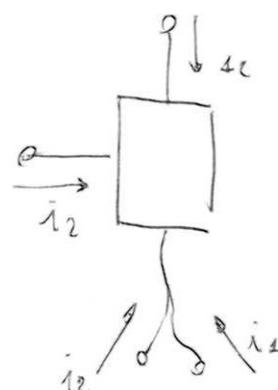
m-polo o doppio-polo (perché ha due porte)

Alla necessità si può convertire un m-polo in n-1-bipoli



tripolo

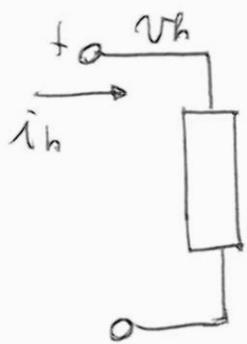
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$
$$i_1 + i_2 = -i_3$$



doppio-polo

## POTENZA ELETTRICA

È definita ad una porta elettrica.



$$P_h \stackrel{\text{indica la seconda definizione}}{=} V_h \cdot i_h \rightarrow [W] \rightarrow [V][A]$$

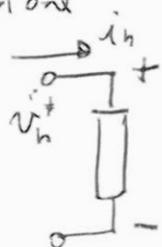
La potenza elettrica scambiata da una porta è:

$$p_h(t) \stackrel{\Delta}{=} v_h(t) i_h(t) \quad \text{della porta h-esima dell' m-bipolo.}$$

### CONVENZIONI

Porta convenzionata da utilizzazione

quando il rif. di corrente è entrante al rif. positivo della tensione



Potenza assorbita

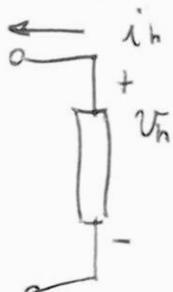
$$P_e = v \cdot i > 0 \quad \text{ASSORBITA}$$

$P_e$  (contratto)

$$P_e = v \cdot i < 0 \quad \text{EROGATA}$$

### Porta convenzionata da generazione

quando il rif. di corrente è uscente dal rif. positivo della tensione



Potenza erogata

$$P_U = v \cdot i > 0 \quad \text{EROGATA}$$

$P_U$  (pol. uscente)

$$P_U = v \cdot i < 0 \quad \text{ASSORBITA}$$

ATTENZIONE ALLE 4 COMBINAZIONI POSSIBILI (pag 25)

Se lavora dell'energia dalla potenza

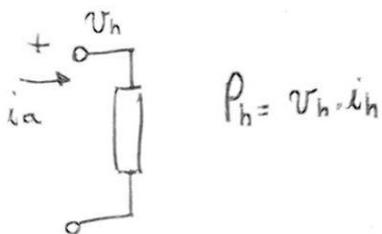
$$\mathcal{L}_e (\Delta t) = \int_0^{\Delta t} P_h(t) dt = \int_0^{\Delta t} V_h \cdot i_h dt$$

Si può convenzionare la potenza anche a mezzo pedici mag <sup>25</sup>

$$P_{AB,e}(t) = V_{AB}(t) i_{AB}(t) = V_{BA}(t) i_{BA}(t)$$

potenza entrante  
 $P_{A,B,e}(t)$

## POTENZA

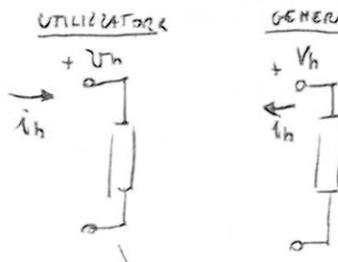


$$P_h = V_h \cdot i_h$$

bipolo convenzionale  
dal utilizzatore

riferito a un  
m-polo

$$P_h = \sum_{i=1}^m P_i = \sum_{i=1}^m V_i i_i$$



$P_e$  = pot. entrante

$P > 0$  assorbito

$P < 0$  erogato

$$P_e = V_h \cdot i_h$$

$P_u$ , pot. uscita

$> 0$  erogato

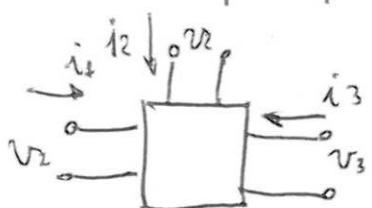
$< 0$  assorbito

$$P_u = V_h \cdot i_b$$

conviene convenzione tutte  
le porte o da utilizzatori  
o da generatori

Possiamo convenzione come  
POSITIVE le pot. ENTRANTI,  
NEGATIVE le pot. USCENTI

Vediamo nel triplo bipolo



$$V_1 = 30 \quad V_2 = 60 \quad V_3 = 30$$

$$i_1 = -2$$

$$i_2 = +2A$$

$$i_3 = 10A$$

$$P_e = P_1 + P_2 - P_3$$

$$= -60 + 120 - 300 = -240 \text{ W}$$

Se consideriamo un n-polo, che è un m-1-polo

$$P_h = \sum_{i=1}^{m-1} P_i = \sum_{i=1}^{m-1} V_{i,m} i_{i,m}$$

## BIPOLI ATTIVI O PASSIVI

un unipolo attivo e un bipolo in grado di erogare lavoro elettrico a spese di una altre fonti energetiche.

- \* celle fotovoltaiche

- \* dinamo bicicletta

- \* batterie

Avendo gli attivi assorbono lavoro ~~e lo~~ trasformano in elettrico

Se il bipolo è passivo assorbe lavoro elettrico e non lo trasforma in altre forme (non può trasformare lavoro in altre fonti)  
in generale

$$\mathcal{L}_u(t_0, t) \geq 0 \quad \forall t_0 \quad V_t > t_0$$

Il bipolo passivo non è in grado di erogare lavoro elettrico a spese di altre fonti

- \* È in grado di erogare solo il lavoro elettrico che ha prima immagazzinato, esempio quando si scarica un condensatore.

L'energia rilasciata non è "un'altra" ma solo quella che aveva accumulato prima.

$$\text{ATTIVO} \quad \mathcal{L}_u(t_0, t) = \geq 0 \quad V_{t_0}, \quad V_t > t_0$$

$$\text{Passivo} \quad \mathcal{L}_u(t_0, t) \leq V(t_0) \quad V_{t_0}, \quad V_t > t_0$$

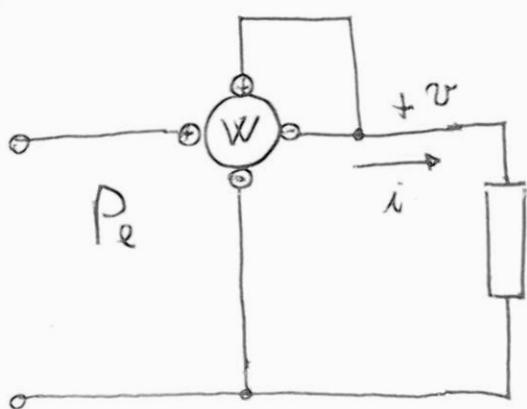
In un bipolo passivo la potenza uscente deve essere al massimo = 0

$$\mathcal{L}_u(t_0, t) = P_u \Delta t \leq 0 \quad P_u \leq 0$$

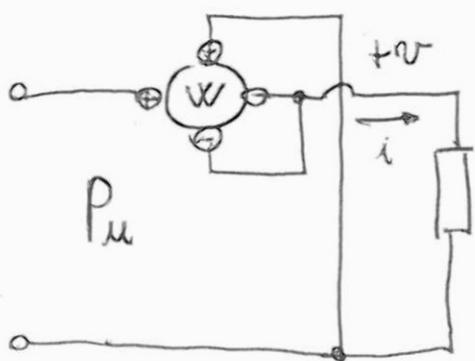
vedi pag 76 libro blu.

## WATTMETRO

Possiede 4 morsetti 2 voltmetrici e 2 Amperometrici.

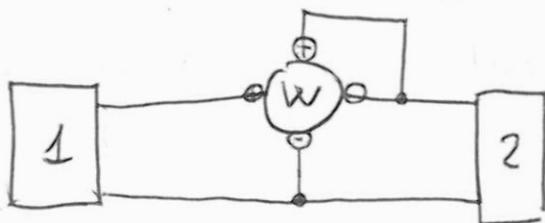


I morsetti di Wattmetro sono convenzionali con i riferimenti di Porta. Nella figura sto misurando la potenza entrante.



questo misura mi mostra la potenza uscente dall'ipolo.

Se ho due dispositivi posso capire che eroga e chi assorbe



- \* Se positivo, è erogata da 1 e assorbita da 2
- \* Se negativo, è erogata da 2 e assorbita da 1

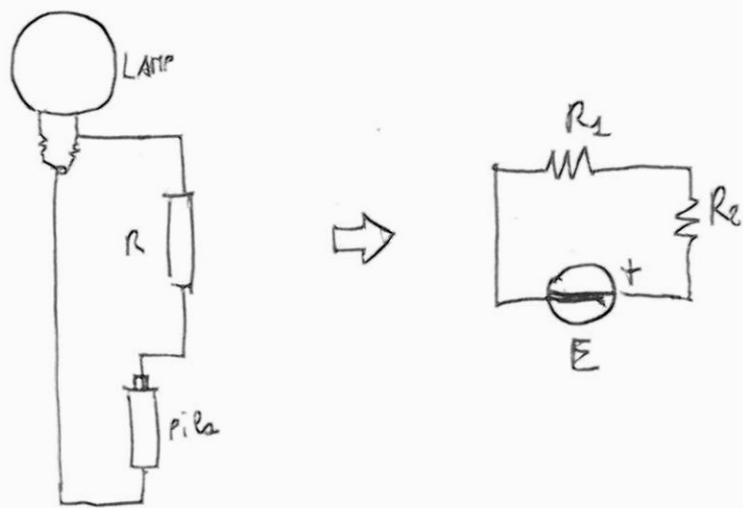
Il contatore domestico è un Wattmetro integratore e quindi misura il lavoro elettrico che transita nel tempo.

Oggi deve essere bidirezionale, secondo le discipline dello scambio sul posto, quando si parla di tecnologia fotovoltaica.

Queste misure si eseguono sulle reti elettriche

## RETI ELETTRICHE

Le reti elettriche sono agglomerati di m-n-ecu-bipoli.



Risolvere una rete elettrica significa che bipolo per bipolo, componente per componente, trovare tensione e corrente. Dipenderanno da due grandi proprietà della rete.

\* **TIPOLOGIA** (dei vari bipoli)

\* **TOPOLOGIA** (come sono interconnessi)

REGIMI DI FUNZIONAMENTO (pag 32 libro guarnieri)

\* **STAZIONARIO** (il più semplice) i parametri tensione e costanti sono costanti nel tempo  
 \* ~~(sinusoidale)~~  
~~VARIABILE~~ (si verifica quando non tutte le tensioni e le correnti  $i(t)$  sono costanti nel tempo)

c'sono due casi

→ Regime variabile periodico (caso particolare il sinusoidale, in cui  $v(t)$  e  $i(t)$  sono periodiche) ISOFREQUENZIALI

→ Regime variabile aperiodico (quando quando non tutte le tensioni e le frequenze e correnti non sono costanti e le frequenze pur essendo costanti non sono uguali. qui noto ISOFRQUNZIALI TRANSISTORI)

noi useremo solo reti in regime variabile quasi stazionario.

E' necessario in certi casi mettere in relazione la lunghezza  $l_{max}$  del circuito con la velocità di propagazione del segnale.

$$l_{max}$$

$$v_{pr}$$

La velocità del segnale è quella della luce  $3 \cdot 10^8 \frac{m}{sec}$

$$\Delta t_{pr} = \frac{l_{max}}{v_{pr}}$$

$\Delta t_{var}$  è il tempo di variazione del segnale, nel caso della sinusoidale è 20 m sec

Quando il tempo di propagazione è molto maggiore delle velocità di variazione si ottiene un regime quasi stazionario

pag. 33

$$\Delta t_{pr} \ll \Delta t_{var}$$

$$l_{max} \ll \frac{v_{pr}}{f} \quad \begin{matrix} \text{rapporto propagazione segnale} \\ (\text{velocità luce}) \end{matrix}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

bisogna quindi parlare di lunghezza del circuito <sup>frequenza</sup> ma riferita alle velocità di propagazione.

quasi stazionario significa → poter lavorare a parametri concentrati più facile che a parametri distribuiti  
(IMPORTANTE) quindi trascurando i fenomeni dei campi elettromagnetici

Studieremo le reti usando i così detti modelli zero dimensionali (a parametri concentrati o costanti concentrati) in cui le dimensioni dei componenti non trascurate.

bipoli utilizzatori e generatori fra loro collaborano e scambiano energia, ma i bipoli perfetti non hanno perdite o conversioni de non controlano - tutta l'energia fornita a un resistore perfetto diventa energia termica.

### EQUAZIONI TIPOLOGICHE

per ogni bipolo si caratterizza la tensione e la corrente legate fra loro da una legge fisica.

La tipologia del bipolo è quindi data dalle due possibili relazioni fisiche

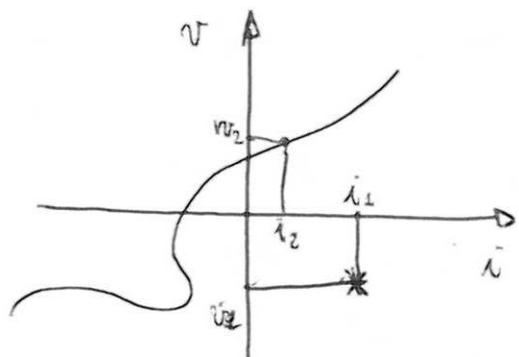
$$\text{algebrica} \quad f(v, i) = 0 \quad (\begin{smallmatrix} \text{grandezze} \\ \text{minuscole} \end{smallmatrix})$$

$$\text{differenziale} \quad F(v, i) = 0 \quad (\text{relazione derivate}) \quad I_L = \frac{dV}{dt}$$

Se  $f(v, i)$  si chiama bipolo zero dimensionale di ordine zero o adimensionale

Se  $F(v, i)$  si chiama bipolo di ordine uno o Bipoli dinamici (sono bipoli con memoria)

La relazione  $v(t), i(t)$  oppure  $i(t), v(t)$  mi dice dove il mio bipolo va a funzionare.



CARATTERISTICA ESTREMA DEL BIPOLI

(oppure  $v, i$  per le quali il bipolo può funzionare)

esempio  $i_1, v_1$  non è un punto di lavoro mentre  $i_2, v_2$  è un punto di lavoro perché cade dentro all'equazione di funzionamento

$i = \frac{cdv}{dt}$  dipende dal tempo  
 (bipoli di ordine 1 non hanno sempre la stessa caratteristica esterna)

DINAMICO

INDUTTORE - CONDENSATORE

$v = 47i$  è invece una caratteristica statica essendo i bipoli di ordine zero e

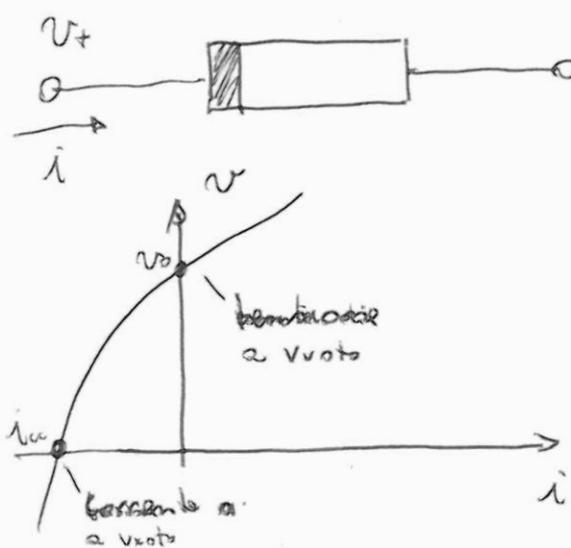
coincidendo con la caratteristica statica.

ADINAMICO

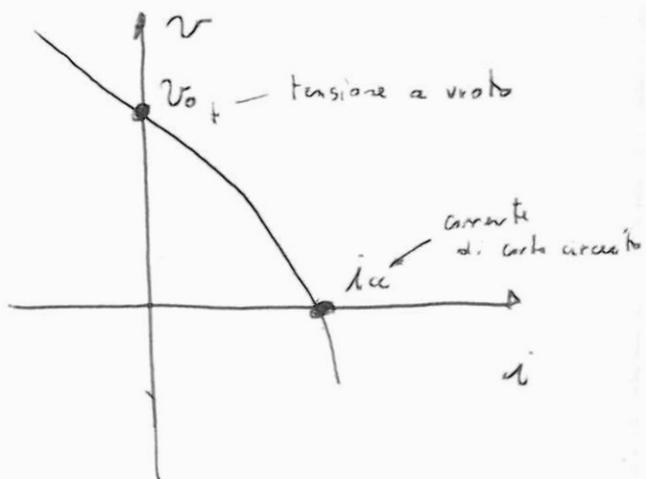
RESISTENZE E ALTRI GENERATORI

CARATTERISTICA DEI BIPOLI ADINAMICI

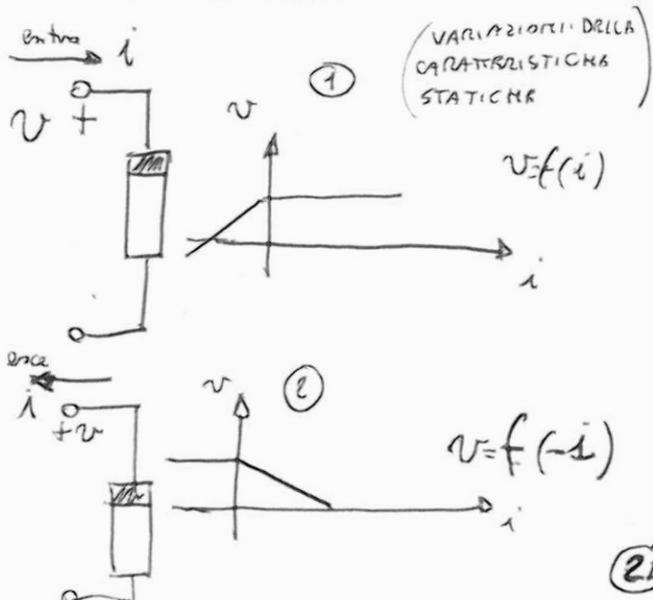
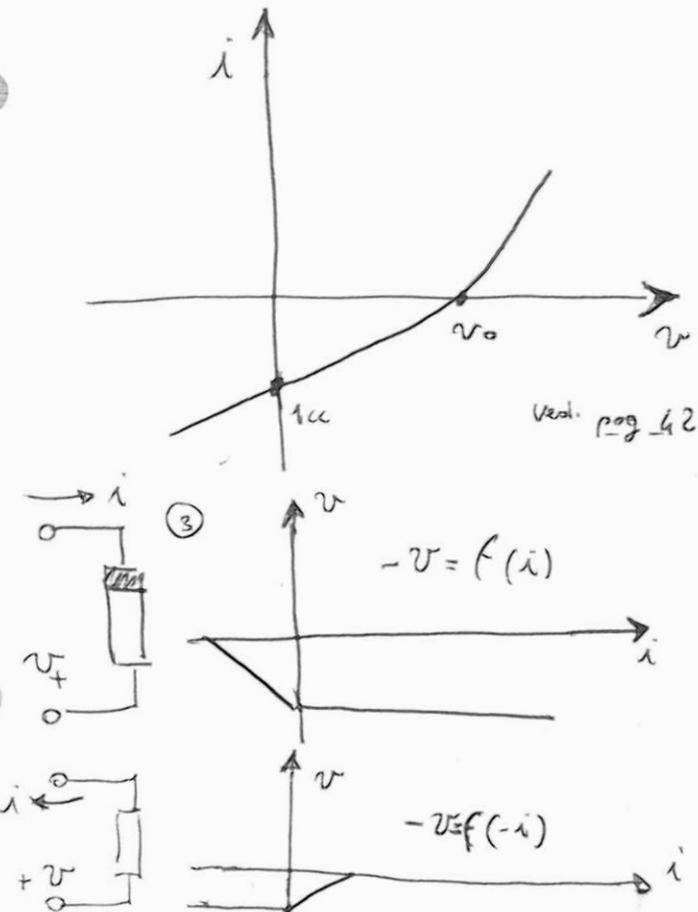
vanno caratterizzati i poli (distinti)



solo i bipoli bilaterali possono essere invertiti nell'inserimento.

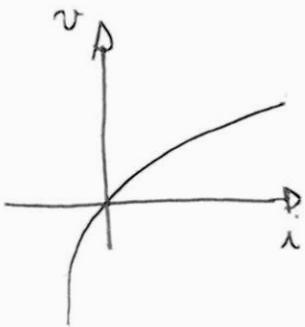


La caratteristica statica dipende dai riferimenti che assumo.



## PROPRIETÀ DEI BIPOLI

Bipolo imante è un bipolo la cui conduttricca statica passa attraverso l'origine. (pag 42)



conduttricca statica di un diodo reale



## BIPOLI CONTROLLATI IN CORRENTE

$f(V, i) = 0$  le funzioni sono invertibili solo se sono monotone crescenti o monotone decrescenti

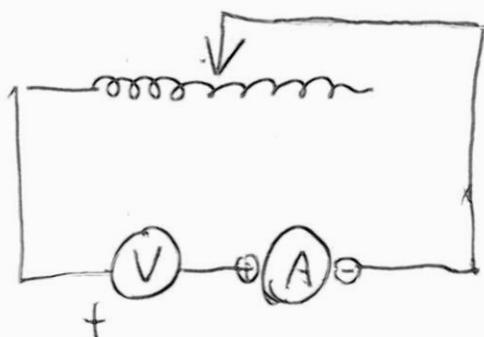
$$f(V, i) = 0 \quad \begin{cases} V = f(i) \\ i = f^{-1}(V) \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} \text{il bipolo è controllato/controllabile} \\ \text{sia in tensione che in corrente} \end{array} \right.$$

se invece si ha solo  $V = f(i)$  è controllato in corrente

$i = f(V)$  è controllato in tensione

## I BIPOLI CONTROLLATI

Un resistore, ad esempio, è un bipolo controllato a resistenza variabile

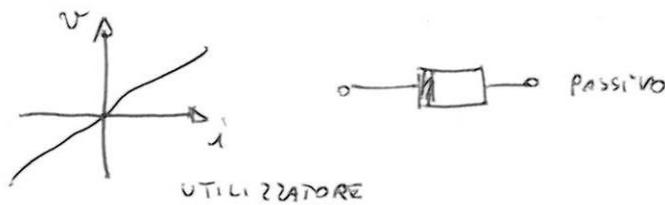


il comando è una grandezza meccanica  
ma se fosse disponibile un termistore  
la grandezza di comando non è  
meccanica ma fisica ovvero la  
temperatura.

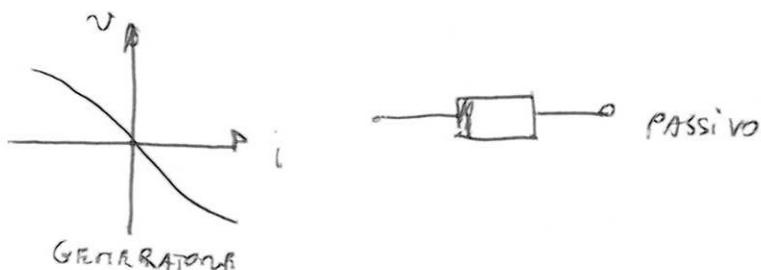
Se la grandezza di comando è il tempo allora il bipolo è  
di tipo tempo-variante.

La caratteristica statica dei bipoli ci dice subito se il bipolo è di tipo attivo o di tipo passivo.

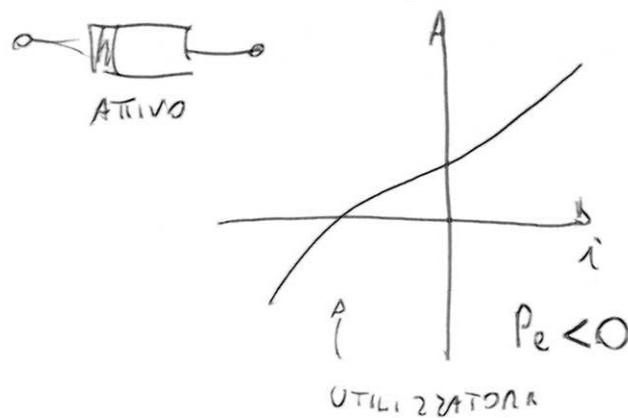
Vediamo un bipolo passivo convenzionato da utilizzatore la sua caratteristica statica passa per il primo e terzo quadrante



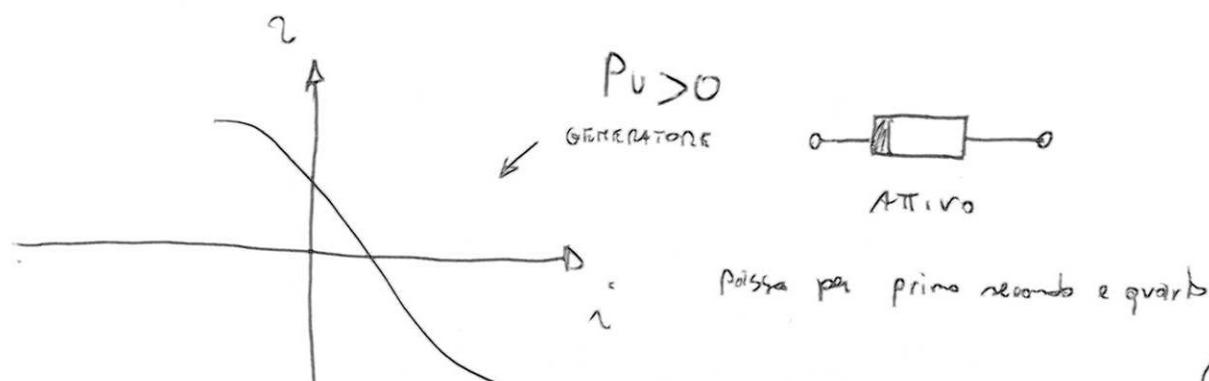
Se il bipolo passivo è convenzionato da generatore la caratteristica statica passa per il secondo e quarto quadrante



### VEDIAMO PRR : BIPOLI ATTIVI (Vedi pag 47) IMPORTANTI



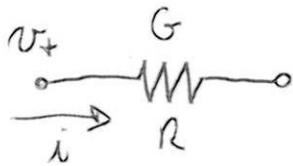
Passa per il primo, terzo ma anche secondo quadrante



Passa per primo secondo e quarto

# Bipoli GENERATORI / RESISTORI 09/03/2012

Bipolo Resistore consideriamo per il momento solo bipoli ideali, che hanno caratteristiche di tipo lineare o tratti di retta.



caratteristica statica

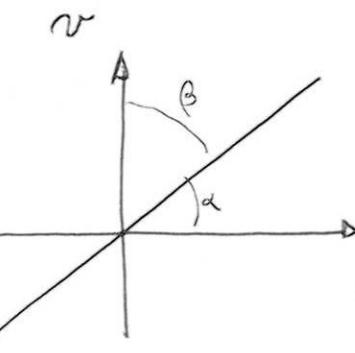
$$V = RI$$

quando controllato  
in corrente

$R = [\Omega]$  ohm si può considerarlo controllato in tensione

$G = [S]$  SIEMENS  $\rightarrow [\Omega^{-1}]$  in qualche testo americano  $[mho]$

$$R = \frac{1}{[G]}$$



\* convenzione di utilizzazione

\* dato che la caratteristica passa per il I° e il III° quadrante si tratta di un bipolo passivo

\* Se valore della resistenza è proporzionale alla tangente dell'angolo  $\alpha$  della caratteristica esterna.  $R = \tan \alpha$   $G = \tan \beta$

\* La potenza istantanea del bip. resistore è data da  $v \cdot i$

$$P_e(t) = v \cdot i = R i^2$$

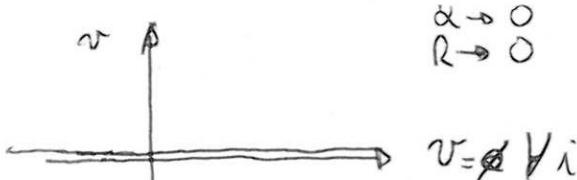
Ragionando in termini di dati si ha:

$$P_e = G \cdot V^2 = vi$$

ai casi estremi del bipolo resistore: 1)  $\alpha$  molto piccolo o  $\alpha$  molto grande oppure prossimo a  $90^\circ$ . se  $\alpha$  tende a zero si ha la caratteristica

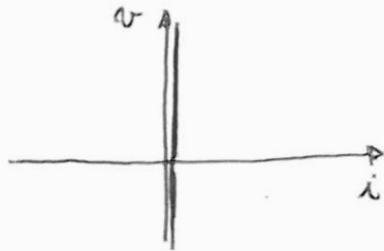
$$\alpha \rightarrow 0 \\ R \rightarrow 0$$

partice sull'asse delle i



flessione nulla per ogni valore di corrente, è il bipolo con circuito IDEALE (condutanza infinita)

Altro caso quando il tensore è  $\frac{\pi}{2}$



$$\alpha \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

$$R \rightarrow \infty$$

le caratteristiche esterne  
coincide con l'asse  
della  $V$

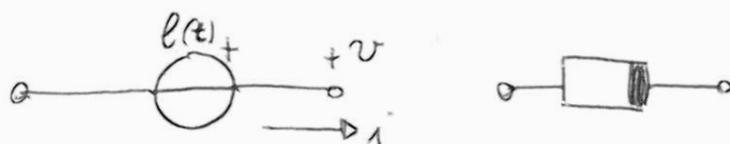
CIRCUITO APERTO IDEALE

$$i = 0 \quad \forall V$$

Questi due casi rappresentano anche l'interruttore IDEALE

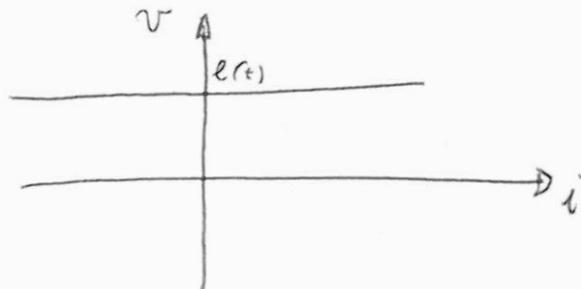
BIPOLI GENERATORE DI TENSIONE IDEALE

(GIT)



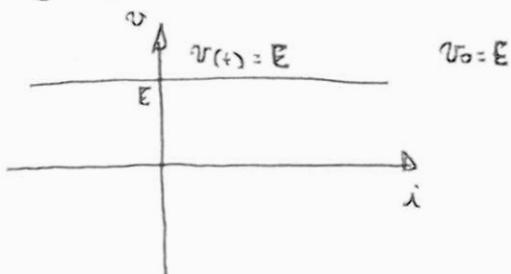
$$V = e(t) \quad \forall i$$

ha caratteristica esterna  $e$ :



$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \alpha)$$

a meno di dirsi che la  $e(t)$  coincide con  $E$  e quindi  $V(t) = E$  è costante:



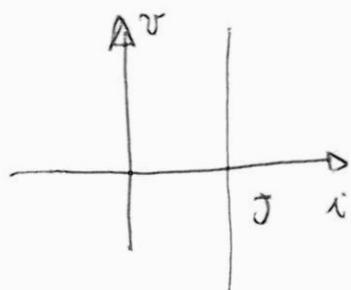
La Fem è la tensione da misura  
a vuoto ai capi del bipolo.

Si può ottenere un bipolo degenero quando si considerano i casi estremi - il generatore di tensione ideale spento si può sostituire con il corto circuito ideale.

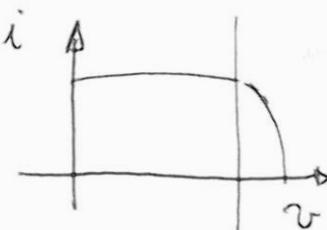
## BIPOLI GENERATORE IDEALE DI CORRENTE (GIC)



$$i = J(t) \quad \forall v$$



La  $J$  è detta corrente impressa dal generatore ideale di corrente  
La cella fotovoltaica è più somigliante a un GIC che a un GIT  
caratteristico esterno della cella fotovoltaica

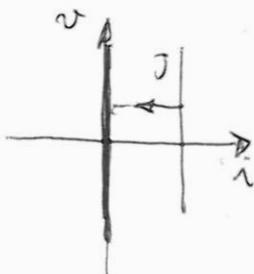


mettendo in serie le celle fotovoltaiche si ottiene un pannello fotovoltaico con la corrente impressa pari a quella di una singola cella delle singole celle.

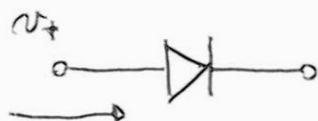
Cella circa 6W di pot. sono 32 celle per circa 200 W.

cioè le si nomina sono le tensioni

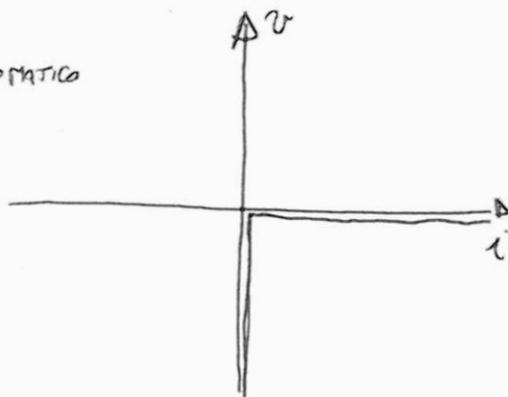
Un GIC con corrente impressa nulla coincide con un generatore ideale aperto. (davile del GIT)



## BIPOLI DIODO IDEALE

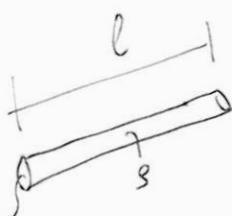
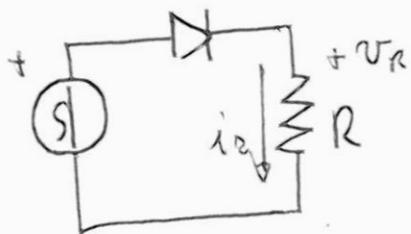


la caratteristica esterna è:



Si comporta come un Interruttore automatico

Per  $v < 0$  si comporta come un interruttore aperto  
Per  $i > 0$  si comporta come un interruttore chiuso



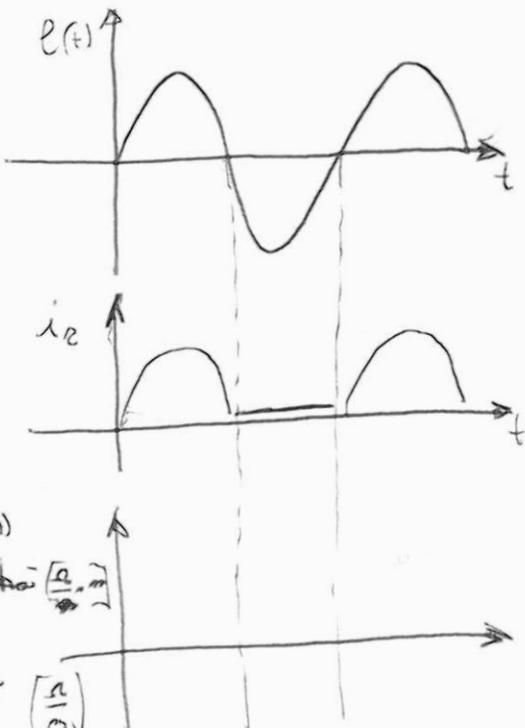
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$$G = \frac{S}{\rho l}$$

(resistività)

$$\rho = \text{Resistività} \left[ \frac{\Omega \cdot m}{m^2} \right]$$

$$S = \text{condutibilità} \left[ \frac{A}{m} \right]$$



La temperatura influenza fortemente sulle resistenze anche di 5 volte  
in aumento passando da 0 a 1000 gradi. (Fine capitolo e libro Guarnieri)

### CAP.3 INTRODUZIONE ALLE RETI ELETTRICHE

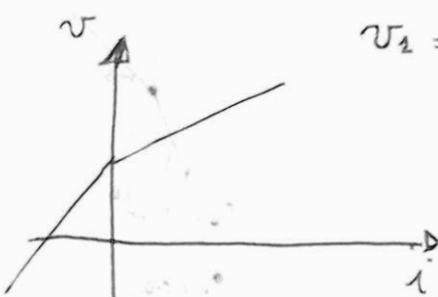
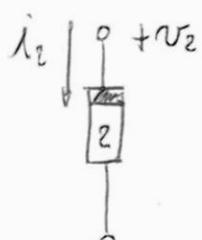
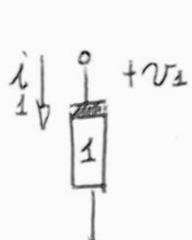
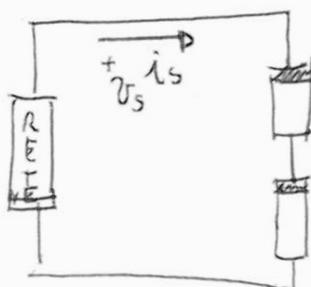
#### EQUIVALENZA ELETTRICA.

Connessione serie e connessione parallela

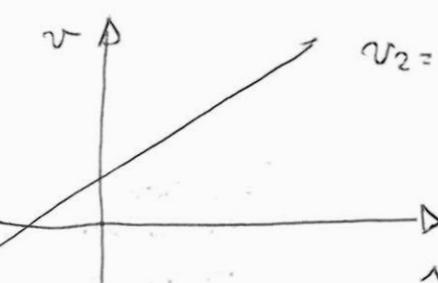
CONNESSIONE SERIE:

questi due bipoli  
separati vanno  
uniti in comp.

Serie



$$U_1 = f_1(i_1)$$

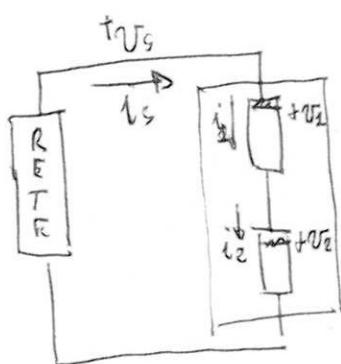


$$U_2 = f_2(i_2)$$

$$\begin{cases} i_{is} = i_1 = i_2 \\ U_s = U_1 + U_2 \end{cases}$$

due bipoli si dicono in  
serie quando sono all'interno  
della stessa corrente.

vediamo la caratteristica del bipolo serie.



$$V_S = f_S(i_S)$$

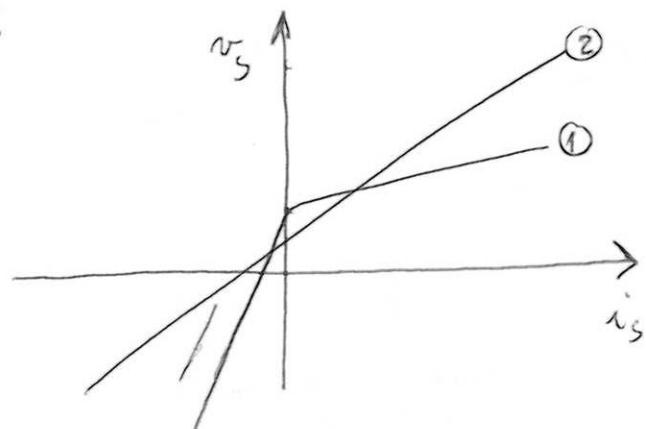
Studio analitico

$$\text{dato che } V_S = V_1 + V_2 = f_1(i_S) + f_2(i_S)$$

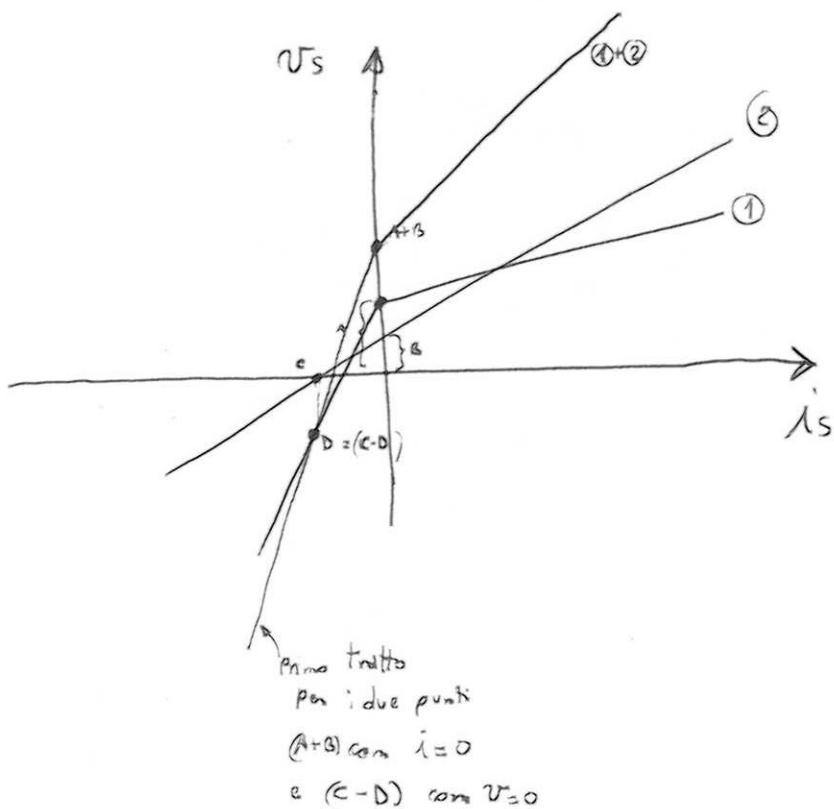
$$= f_1(i_S) + f_2(i_S)$$

$$= f_1(i_S) \oplus f_2(i_S)$$

si somma quindi non solo omologamente ma anche in termini grafici



prova a sommare le tensioni a parità di corrente



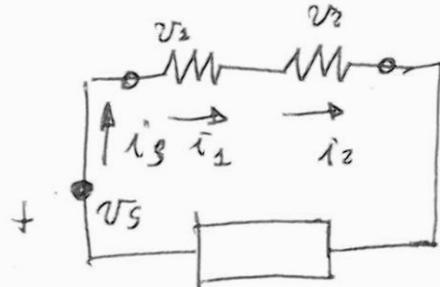
Se carica esterna  
rossa è la  
carica esterna  
della configurazione  
serie.

dimostriamo che la somma delle resistenze da una resistenza

pari alla somma

$$V_1 = R_1 i_1$$

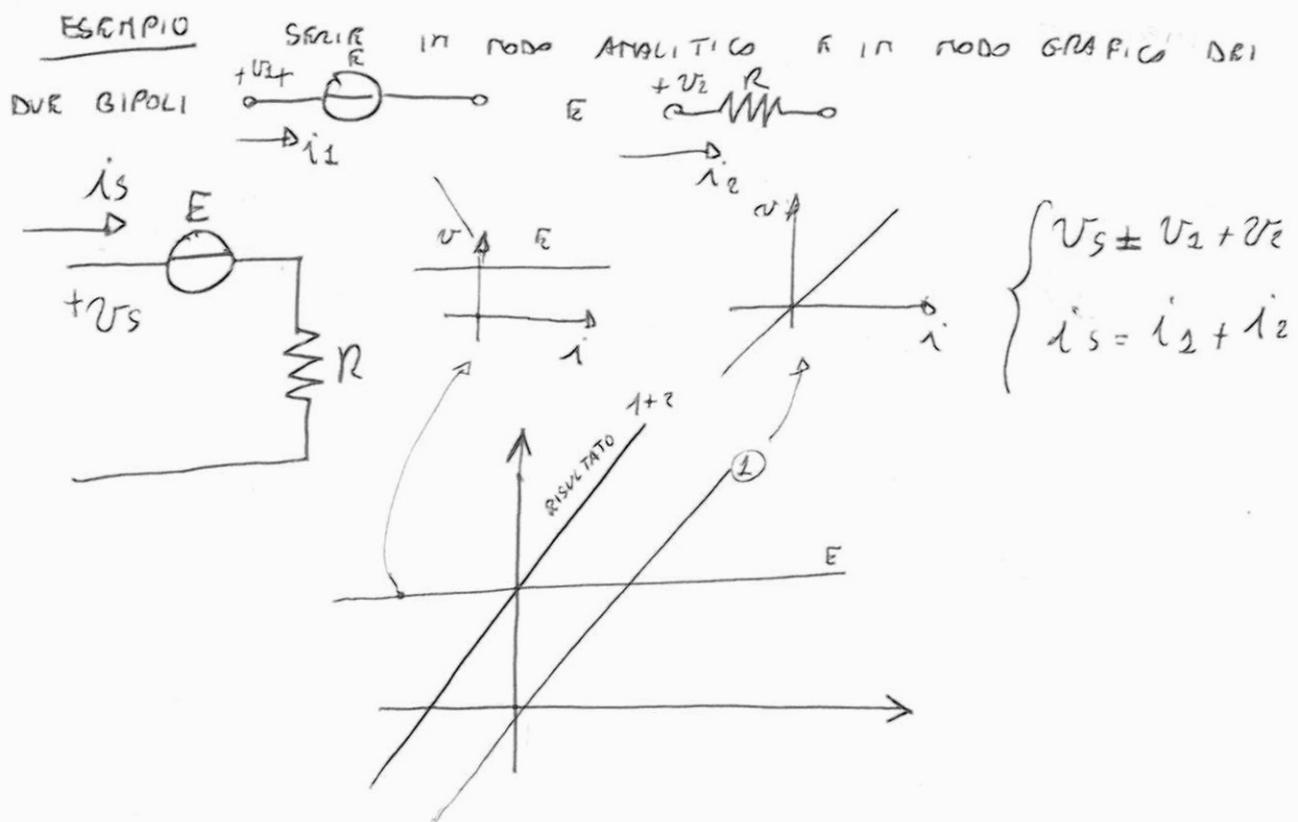
$$V_2 = R_2 i_2$$



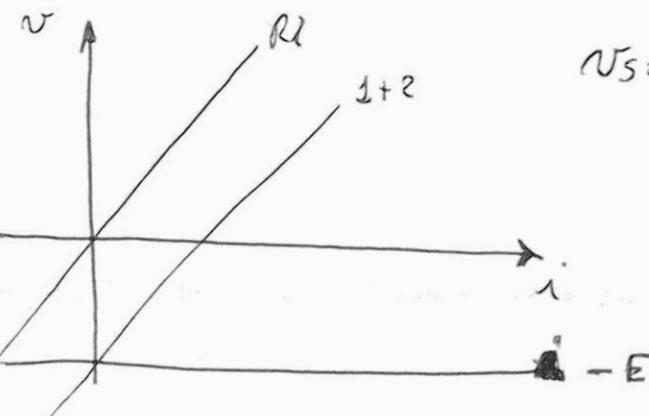
$$V_S = V_1 + V_2 = R_1 i_1 + R_2 i_2$$

$$\begin{aligned} &= R_1 i_S + R_2 i_S \\ &= (R_1 + R_2) i_S \end{aligned}$$

NON TUTTI I BIPOLI SI POSSANO COLLEGARE IN SERIE, POSSONO DUE GENERATORI IDEALI DI CORRENTE AVERNTI  $J_1 \neq J_2$

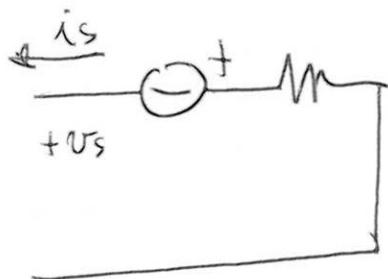
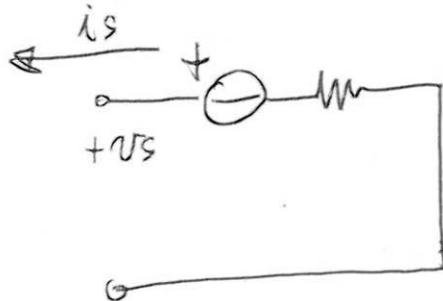


Proviamo a girare il generatore ideale di tensione.



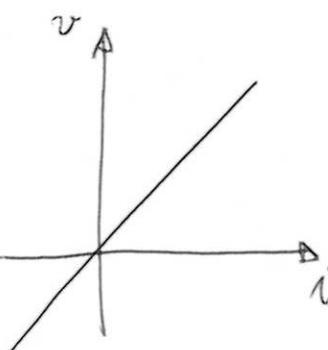
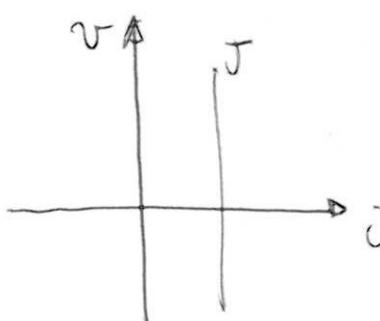
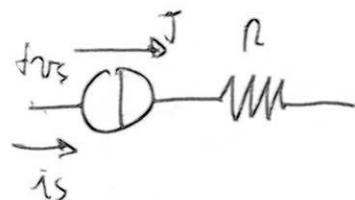
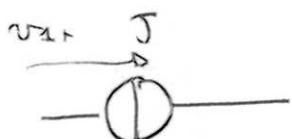
$$V_S = -E + R_{iS}$$

Provare a trovare le caratteristiche serie delle serie

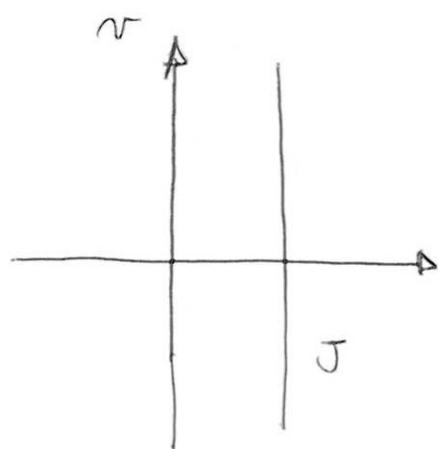


#### IMPORTANTE

Proviamo a mettere in serie i due bipoli  $R$  e generatore idraulico di corrente. Troviemo la caratteristica statica.



$$\begin{cases} i_s = J = i \\ U_s = U_1 + U_2 \end{cases}$$



mettendo in serie a un generatore di corrente una resistenza si ottiene un bipolo che ha la caratteristica esterna del generatore dell'corrente