

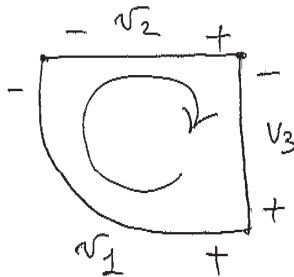
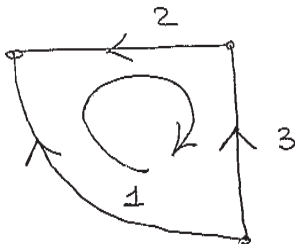
- **Note su legge di Kirchhoff per le tensioni (KV)**

- Per scrivere la KV a una maglia possiamo usare la regola nota (figura a sinistra); oppure possiamo sommare algebricamente le cadute di tensione che si incontrano percorrendo una maglia (figura di destra); nel secondo caso attribuiamo segno + alla tensione di del bipolo k -esimo se incontro prima il + della tensione v_k ; segno - altrimenti; in ogni caso otteniamo

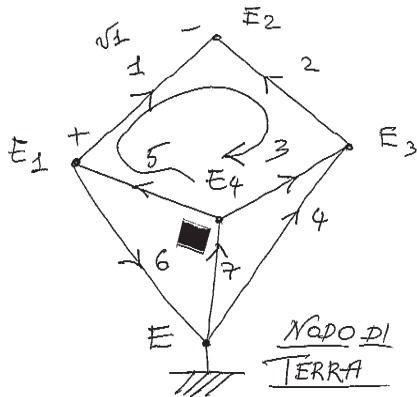
$$KV: v_1 - v_2 - v_3 = 0$$

$\ell - m + 1$ KV indep
 $m - 1$ tens. indep

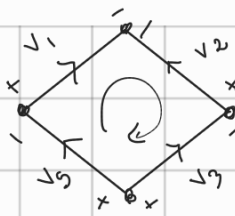
$m - 1$ KV indep
 $\ell - m + 1$ componenti indep



- Consideriamo un grafo orientato e utilizziamo per ciascun lato la convenzione degli utilizzatori. Lungo la maglia $\{1, 2, 3, 5\}$ si ha da KV che per ogni t risulta $v_1(t) - v_2(t) - v_3(t) + v_5(t) = 0$. Ricordiamo che $v_1(t) = \lim_{\Delta q \rightarrow 0} \Delta L_1 / \Delta q$, dove ΔL_1 e' il lavoro compiuto dalle forze del campo elettrico su Δq lungo un percorso che collega il $+$ al $-$ del bipolo 1. Analogamente per gli altri bipoli



gli altri bipo
potenziale $\circ$

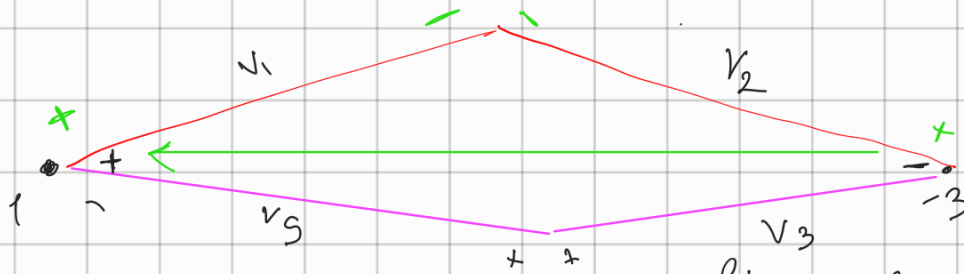


$$V_1 - V_2 - V_3 + V_4$$

è un bilancio di lavoro

Considero le forze
compilate dal campo elettrico
la tensione è un lavoro

Ci stiamo muovendo in un campo conservativo
lavoro indipendente dal percorso



potrei anche scegliere un altro
percorso

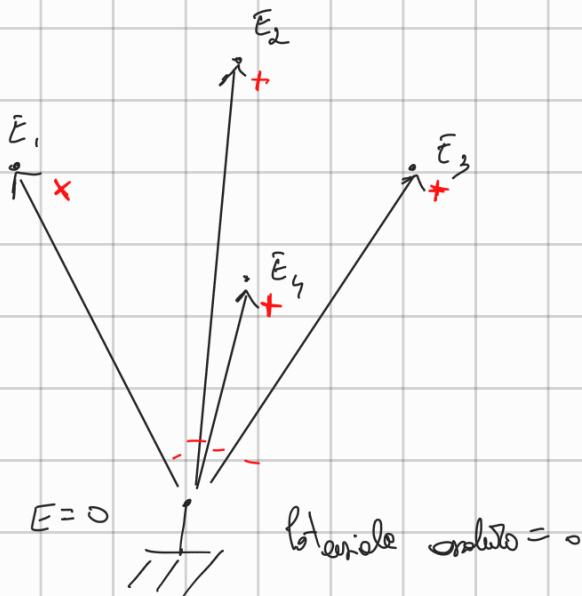
V_{13} = Tensione solo
rispetto a 3

$$V_{13} = +V_1 - V_2$$

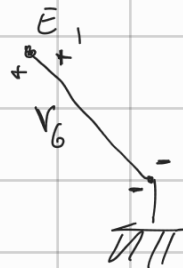
Induzione solo di Terra

Tensione solo rispetto a Terra

Tensione di polo, V_1 = Tensione di un nodo rispetto ad un altro
Tensione nei nodi, non assoluta.

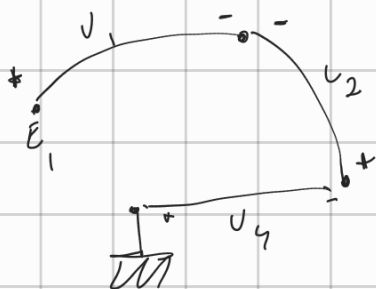


Voglio definire E_1 , prendo un
percorso che collega E_1 a Terra



$$E_1 = +V_6$$

Prendo un altro percorso



$$E_1 = V_1 - V_2 - V_4$$

o al contrario

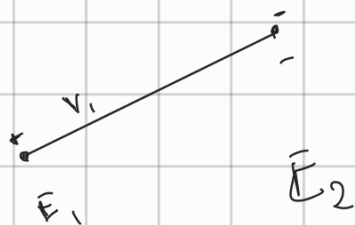
moti E_1, E_2, E_3, E_4

?? $V_1, V_2, \dots, V_6$

$$V_1 = E_1 - E_2$$

$$V_2 = E_4 - E_1$$

verifico
con un
disegno



E_1 = tensione nodo rispetto a Terra
+ allo, - alla Terra

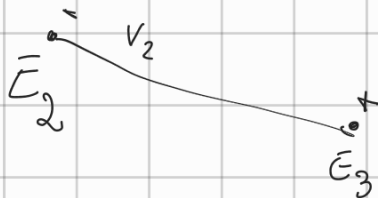
E_2 = tensione nodo 2

Potenziale

$$+V_1 + E_2 - E_1 = 0$$

risultato quello
di prima

opure

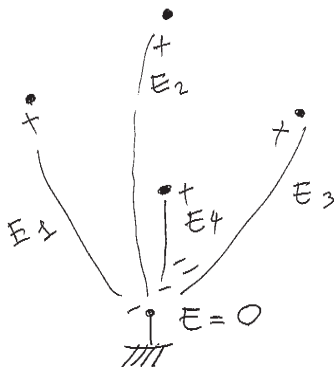


M ← nodo di "riferimento"

E_2 = potenziale nodo a cui corrisponde il -

E_i = potenziale punto rispetto a Terra
lo trova prendendo un percorso
che lo collega a Terra

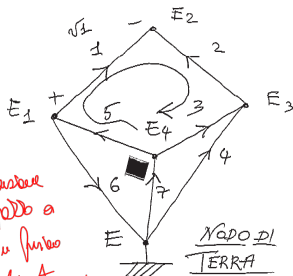
- da KV segue che il lavoro compiuto dalle forze del campo elettrico lungo una maglia del grafo e' nullo. Abbiamo a che fare quindi con un campo elettrico conservativo
- ne consegue che il lavoro e' indipendente dal percorso lungo il grafo che facciamo passando da un nodo ad un altro
- ha senso percio' parlare di tensione fra due nodi e anche di tensione (potenziale) di un nodo rispetto ad un nodo di terra a cui si attribuisce potenziale 0



- ad esempio, E_1 (potenziale del nodo 1 rispetto a terra) e' dato da

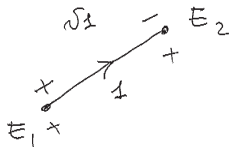
$$E_1 = v_6 = -v_5 - v_7 = v_1 - v_2 - v_4 = \dots$$

- con cio' esprimiamo il potenziale di un nodo in funzione della tensione sui bipoli che si incontrano lungo un percorso (qualsiasi) che collega il nodo a terra
- viceversa, noto il potenziale dei nodi E_1, E_2, E_3, E_4 , la tensione di un bipolo si esprime facilmente come differenza fra i potenziali dei nodi a cui e' collegato
- ad esempio, $v_1 = E_1 - E_2$, $v_3 = E_4 - E_3$, $v_4 = -E_3$



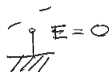
*Scrivo Tensione
nodo rispetto a
Terra in funzione
della diff di p.t. sui
bipoli*

NODO DI
TERRA

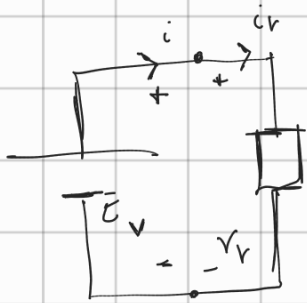


$$v_1 + E_2 - E_1 = 0$$

$$\Rightarrow v_1 = E_1 - E_2$$



Bipoli Notevoli Ottenuti Interconnettendo Bipoli Elementari



perché non vediamo solo i o solo v ?

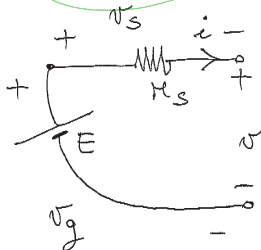
Viste da $E_v \Rightarrow$ corrente si genera

Viste da R : corrente circolerà

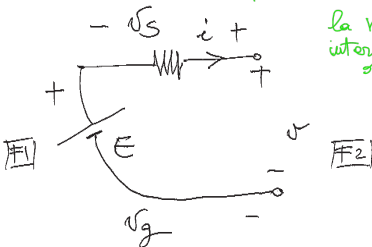
Generatore (indipendente) reale di tensione *impone una tensione stabilisce la tensione*

- Si modella con un generatore (indipendente) ideale di tensione in serie a una resistenza $r_s > 0$ detta resistenza interna

batteria con in serie una resistenza



irreversibile: se il processo va in poi si potremmo dissipare



la resistenza interna dipende dalla corrente

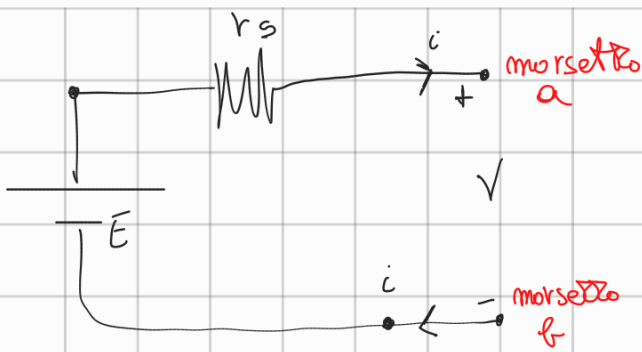
- per una batteria (generatore reale) la relazione costitutiva e' (convenzione dei generatori)

$$v = E - r_s i$$

verifica: scrivendo la KV alla maglia si ottiene $v - v_g + v_s = 0$. Si ha poi $v_g = E$ e $v_s = r_s i$

- il risultato non dipende dalla scelta (peraltro arbitraria) dei versi.

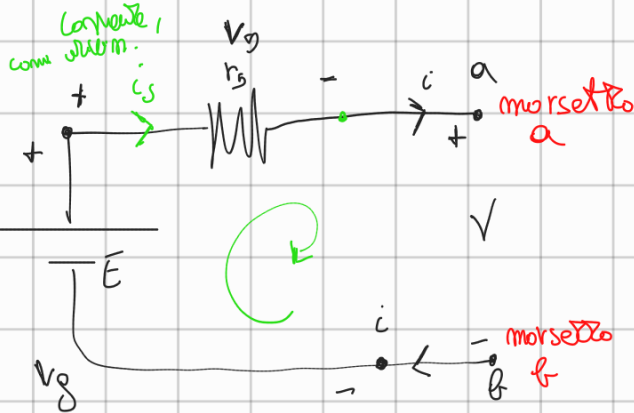
Nel secondo caso si ha $v - v_g - v_s = 0$, $v_g = E$ ma $v_s = -r_s i$



allora findo V e i .
? Relazione costitutiva bipolo

questo bipolo ha un'unica legge tra V e i

per trovarlo, generiamo internamente al bipolo, mettiamo a zero



uso Kirchhoff per tensioni

$$+V - V_g + V_s = 0$$

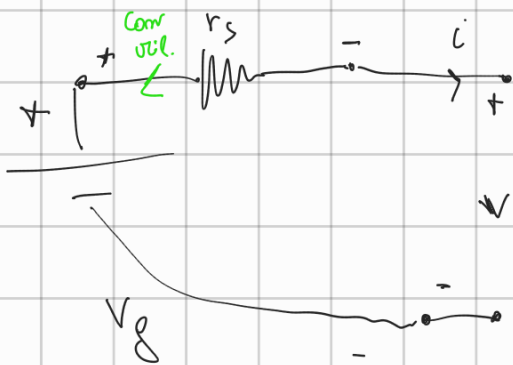
$$i_s = i \quad \text{link. corrente}$$

$$V_s = +r_s i_s \quad \text{legge Ohm usata}$$

$$V_g = E$$

$$V = E - r_s i$$

facciamo vedere che cambiando i segni, il risultato resta lo stesso



$$V - V_g + V_s = 0$$

$$V - E - r_s i_s = 0$$

$$V_s = -r_s i \quad \text{legge Ohm generata}$$

$$i_s = -i \quad \text{uguali e opposti}$$

$$V = E - r_s i$$

Tensione ai morsetti.

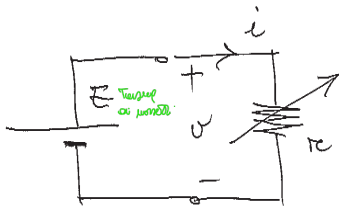
$$V = E - r_s i$$

Verifica interna: corrente

Confronto generatore indipendente ideale e reale di tensione

- Generatore ideale (batteria)

generatore di tensione,
può erogare qualsiasi potenza
& qualsiasi corrente



$$i = \frac{E}{r} \quad \text{corrente che passa nel resistore}$$

$$p = \frac{E^2}{r} \quad \text{W} \quad \text{potenza erogata al resistore}$$

posso tirare
fuori quanto
conosco voglio, basta
for Tesla t a $\rightarrow \infty$

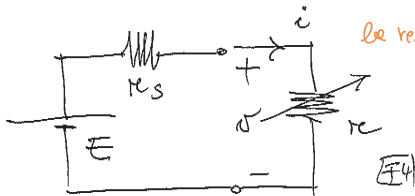
- $v(t) = E, \forall i(t)$
- comportamento al variare del carico $r > 0$: $i = E/r$ non è limitata, potenza fornita al carico $p = E^2/r$ non è limitata (tendono a infinito per $r \rightarrow 0$)

Poco Plausibile !

- generatore reale

Teorema massimo

del generatore



- $v = E - r_s i$ e $v = r i$ da cui

$$v = E - r_s i$$

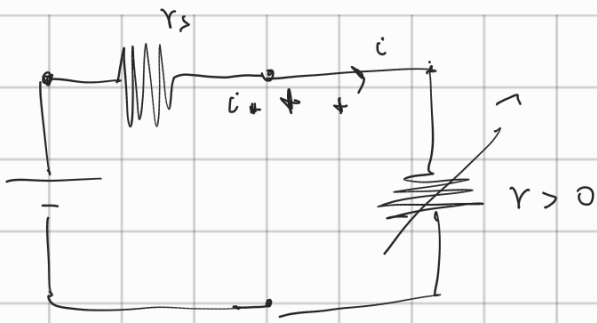
$$i = \frac{E}{r + r_s}$$

e' limitata da E/r_s (corrente quando $r = 0$ o corrente di corto circuito). La potenza assorbita da r vale

$$p = r i^2 = \frac{r E^2}{(r + r_s)^2}$$

- p ha un massimo per $r = r_s > 0$ e la potenza massima vale

$$p_{\max} = \frac{E^2}{4 r_s} \text{ W}$$



scelgo il resistore, per v e i
c'è una relazione
(relaz. tensione corrente del generatore)

$$\begin{cases} v = E - r_s i \\ v = r i \end{cases}$$

$$i = \frac{E}{r + r_s}$$

Si ha il massimo per la corrente

$$i_{MAX} = \frac{E}{r_s} \quad \text{corrente di cortocircuito} \quad (r=0)$$

$$p(r) = r i^2 = r \frac{E^2}{(r + r_s)^2} \quad \text{W}$$

potenza erogata

Cosa succede al variare di r ?

$r \rightarrow 0$, potenza annullata tende a 0

$r \rightarrow +\infty$ circuito aperto, potenza tende a 0

Massimo della potenza si ha quando $r = r_s$

$$P_{MAX} = r_s \frac{E^2}{4 r_s^2} = \frac{E^2}{4 r_s} \quad \text{W}$$

potenza massima erogata dal generatore

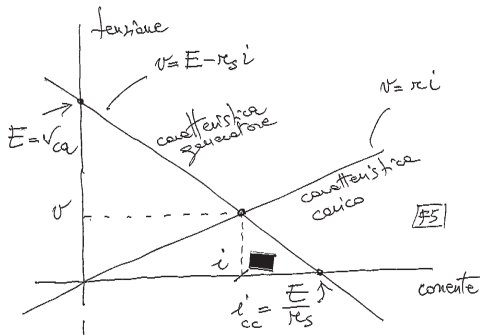
g) $V = r_i$ caratteristica del carico



$$\rho = r_i^2 = v_i$$

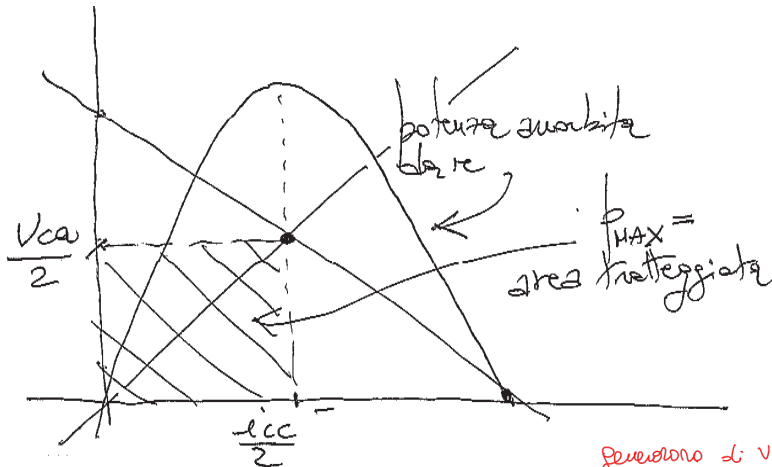
Interpretazione grafica

- Tensione e corrente ai morsetti si ottengono intersecando la caratteristica tensione-corrente del generatore reale $v = E - r_s i$ con la retta di carico $v = r i$.



- al variare di r la corrente varia fra 0 e $i_{cc} = E/r_s$ (corrente di corto circuito) e la tensione fra 0 e $v_{ca} = E$ (tensione a circuito aperto)

- la potenza massima corrisponde a $i = i_{cc}/2$ e $v = v_{ca}/2$

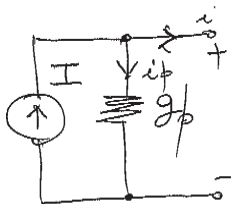


generazione di V in
una libreria di corrente
tensione max, e potenza

$$P_{max} = \frac{I_{cc}}{2} \times \frac{V_{cc}}{2} = \frac{E}{2R_s} \times \frac{E}{2}$$

Generatore indipendente reale di corrente *in parallelo* *po una conduttanza*

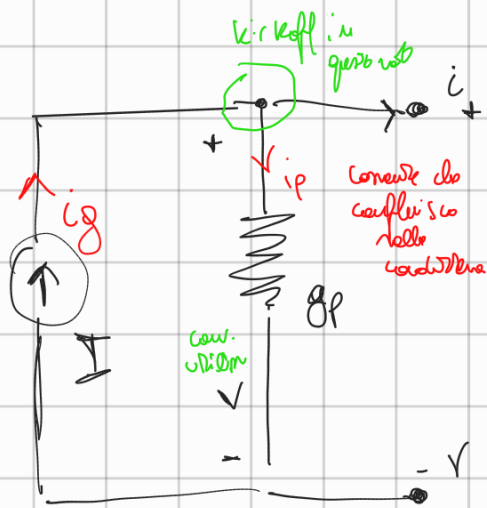
- E' dato da un generatore ind.te ideale di corrente con in parallelo una conduttanza $g_p = 1/r_p > 0$
inverso resist. interna



$$\boxed{F6}$$
$$i + i_p - I = 0$$
$$i_p = g_p v$$

- la relazione costitutiva e' (convenzione dei generatori)

$$i = I - g_p v$$



g_p conduttanza

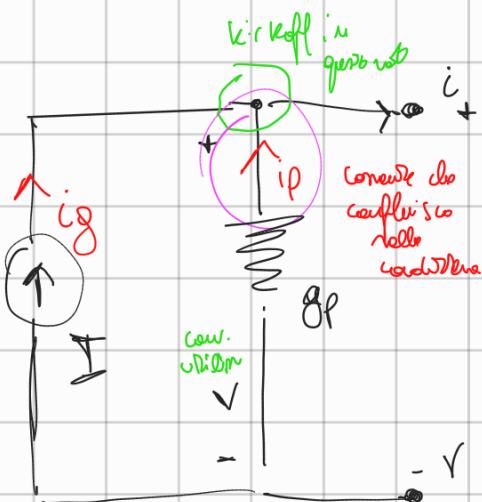
$$g_p = \frac{1}{r_p}$$

$$i + i_p = i_g$$

$$i + g_p V = I$$

cons. utilim.

$$i = I - g_p V$$

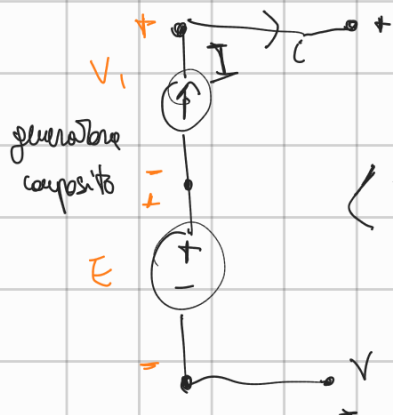


la parte di conduttanza

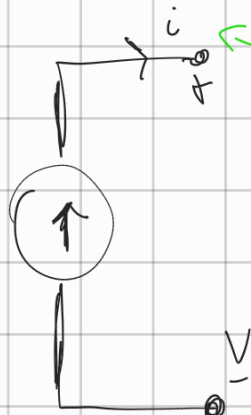
$$i = i_g + i_p$$

$$i = I - g_p V$$

altro es. in serie



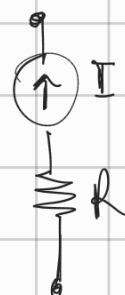
$\Leftrightarrow$



$$i = I \quad \forall V$$

$$i = i_g + i_p$$

$$i = I - g_p V$$



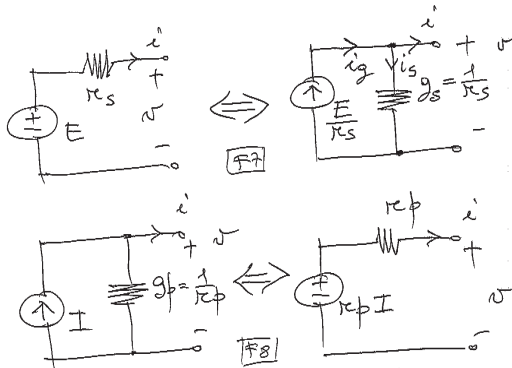
$$V = V_1 + E$$

$i = I$ ← il generatore di tensione ideale crea qualsiasi corrente

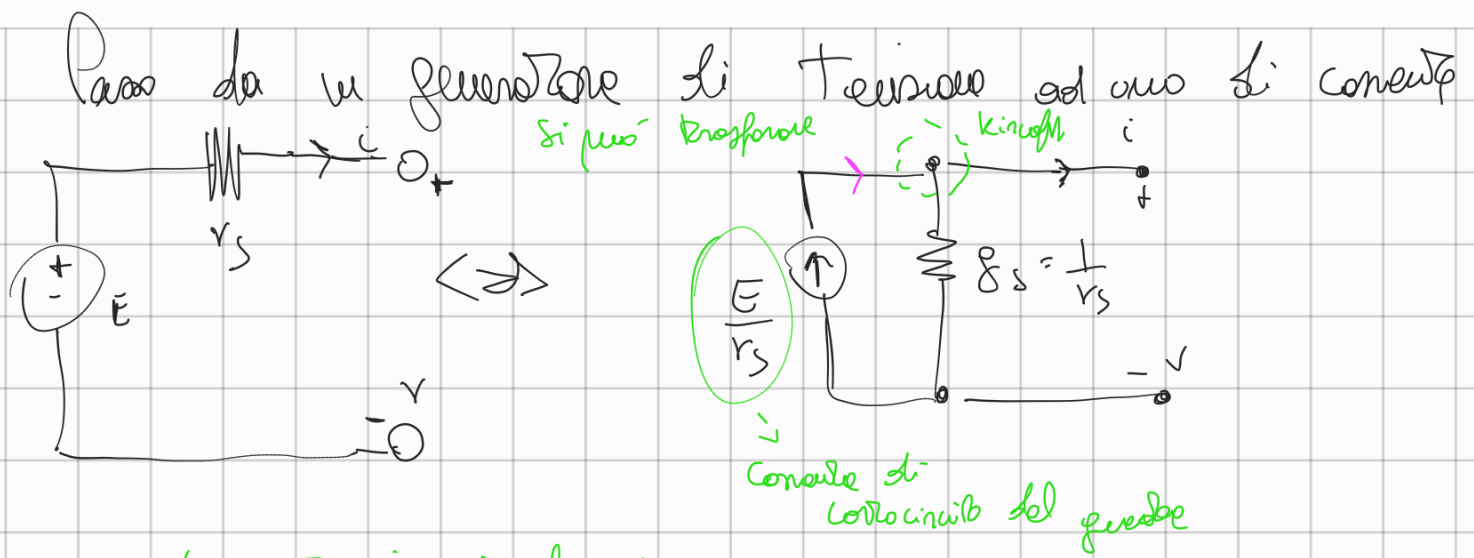


Equivalenza fra bipoli

- Due bipoli si dicono equivalenti (esternamente) se e solo se hanno la stessa relazione costitutiva (stabiliscono lo stesso legame fra tensione e corrente ai morsetti)
- equivalenza fra gen.re ind.te reale di tensione e di corrente



- verifica prima equivalenza: dalla KI al nodo otteniamo $i_g = i_s + i$; si ha poi $i_g = E/r_s$ e $i_s = v g_s = v/r_s$ da cui $v = E - r_s i$ che è proprio la relazione costitutiva del generatore reale di tensione



quando resistenza in serie, la mettiamo in parallelo

relaz. gen. V

$$V = E - r_s i$$

con questa scelta
i due sono equivalenti

$$\frac{E}{r_s} = i_s + i = \underbrace{g_s \cdot V}_{i_s} + i$$

$$= \frac{V}{r_s} + i$$

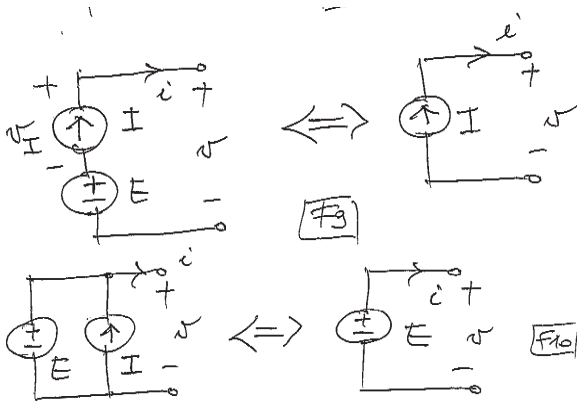
$$V = E - r_s i$$

il carico esternamente non si accorge di niente
l'equivalenza ai morsetti, è esterna.
stessa tensione e corrente ai morsetti, stessa potenza

- interpretare graficamente
 - l'equivalenza e' esterna (ai morsetti) ma non e' interna
 - equivalenza inversa fra gen.re ind.te reale di corrente e di tensione (verificare per esercizio)
- 

Altre equivalenze

- Serie con generatore ind.te ideale di corrente. In questo caso il gen.re di tensione E e' ridondante (esternamente). Infatti si ha per la serie $v = v_I + E$ con v_I qualsiasi, inoltre $i = I$. Quindi $i = I$ con v qualsiasi che e' proprio la relazione costitutiva di un gen.re ind.te ideale di corrente



- analogamente si puo' dimostrare l'altra equivalenza

Bipoli controllabili in tensione o in corrente

- Un bipolo si dice controllabile in tensione se ha una relazione costitutiva del tipo

Posso applicare qualsiasi V , e noto i determinato univocamente. $i = g(V)$. i = funzione di V

cioè V è una grandezza indipendente e, nota V , conosciamo univocamente i

- Un bipolo si dice controllabile in corrente se ha una relazione costitutiva del tipo

$$V = f(i)$$

cioè i è una grandezza indipendente e, nota i , conosciamo univocamente V

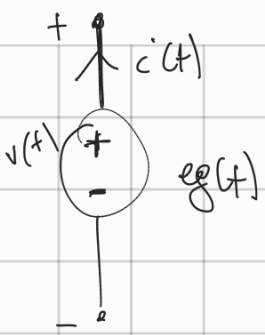
$$\left. \begin{aligned} V &= R i \\ i &= \frac{1}{R} V = G V \end{aligned} \right\} \Rightarrow \text{Resistore in entrambi i modi}$$

ma se ho un corto-circuito, $V = R i = 0$,

un c.c. è controllabile in corrente
ma non è controllabile in tensione ($V=0$)
Tensione deve essere 0

$i = G V$, un c.a. è controllabile in
Tensione, ma non in corrente
 $i=0$

- un resistore ideale R e' controllabile in entrambi i modi
- un generatore ind.te ideale di tensione $v = v_g(t)$ e' controllabile in corrente; infatti la corrente i nel generatore e' indipendente e nota, i , e' nota la tensione $v_g(t)$! Invece non e' controllabile in tensione. Infatti la tensione $v = v_g(t)$ e' stabilita dal generatore e quindi non e' indipendente. Inoltre, nota $v_g(t)$, non e' nota a priori la corrente i
- un generatore ind.te ideale di corrente $i = i_g(t)$ e' controllabile in tensione ma non in corrente (riflettere)
- un gen.re ind.te reale di tensione (o di corrente) e' controllabile in entrambi i modi
- un corto circuito e' controllabile in corrente ma non in tensione. Analogamente, un circuito aperto e'....



$$v(t) = e_g(t)$$

è controllabile in corrente, non dip. da corrente

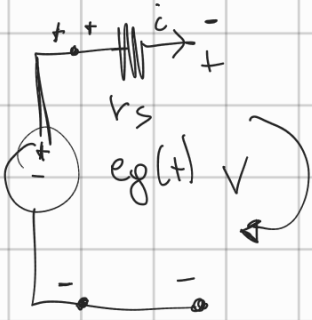
non è controllabile in tensione, non posso applicare V che voglio
e a priori non conosco la corrente



$i(t) = i_g(t)$ indipendente da tensione di apply

Controllabile in tensione ma non in corrente

nota i non conosco ✓



$$V = e_g(t) - r_s i$$

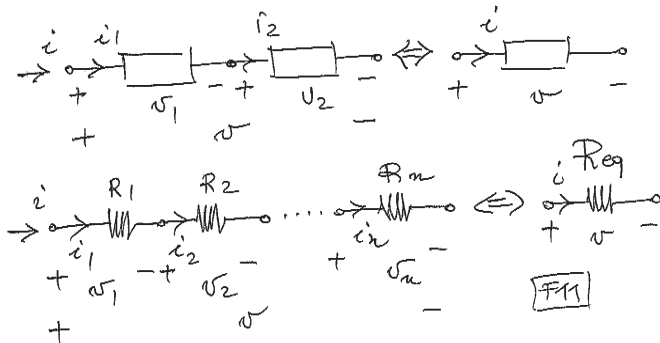
È controllabile in corrente
È controllabile in tensione

nota corrente, posso ricavare tensione e vicev.

Ci sono tipi controll me in corrente me in tensione

Connessione serie fra bipoli *Resistive in serie e parallelo*

- Due bipoli si dicono collegati in serie se hanno un nodo a comune a cui non sono collegati altri bipoli



- relazioni con cui si studia la serie (KI e KV)

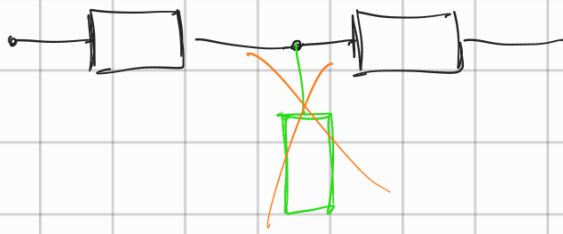
$$i = i_1 = i_2$$

$$v = v_1 + v_2$$

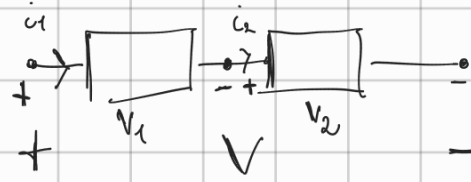
- la definizione si estende immediatamente alla serie fra n bipoli

Comessione serie Resistori

Modo comune a cui non sono collegati altri bipoli.

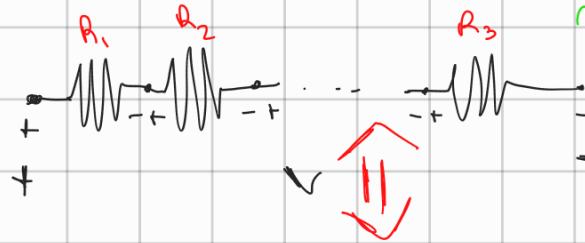


Utilizzabili con corrente e la stessa



vincoli

$$\begin{cases} i = i_1 = i_2 \\ V = V_1 + V_2 \end{cases}$$



metodo verso corrente per corrente



$$R_{eq} = R_1 + \dots + R_m$$

$$(2) V = V_1 + V_2 + \dots + V_m \quad \text{somma cadute tensione} = R_1 i_1 + R_2 i_2 + \dots + R_m i_m$$

$$(1) \text{ le correnti coincidono } \underbrace{(R_1 + R_2 + \dots + R_m)}_{R_{eq}} i = V$$

Regola del PARTITORE di Tensione se in serie

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + \dots + R_m}$$

Tensione di mio interesse

$$V_m = \frac{V_{tot} R_m}{R_1 + \dots + R_m}$$

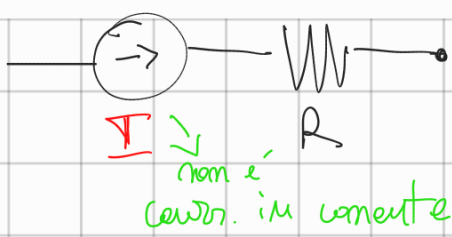
• Code più tensione sulle resistenze più grosse

$$\frac{V_h}{V_k} = \frac{R_h}{R_k}$$

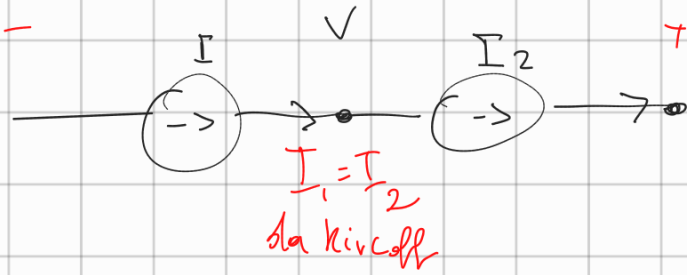
Comessione serie se
entranti bipoli sono controllati
in corrente

Se uno dei due non lo è, uno è ridondante.

Es



$\langle \Rightarrow \rangle$
 R riducibile



Se $I_1 \neq I_2$ compressione
 assurda perché contraddiz.
 Kirchhoff

$I_1 = I_2$ ho problemi a trovare la Tensione, il circuito non avendo
 soluzione, infinite sol. V è indeterminata

- la serie ha sempre senso se tutti i bipoli sono controllabili in corrente ed e' di solito facile studiare il bipolo equivalente alla serie

- Ad esempio. Serie fra n resistori. Si ha $v = v_1 + v_2 + \cdots + v_n = R_1 i_1 + R_2 i_2 + \cdots + R_n i_n = (R_1 + R_2 + \cdots + R_n)i = R_{\text{eq}}i$. La serie equivale a un resistore di resistenza $R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$

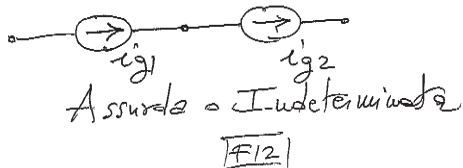
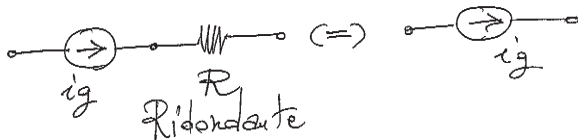
- si ha

$$i = \frac{v}{R_1 + R_2 + \cdots + R_n}$$

e quindi la tensione sui singoli resistori puo' essere trovata con la formula $v_k = R_k i_k = R_k i$; quindi (*regola del partitore di tensione*)

$$v_k = \frac{v R_k}{R_1 + R_2 + \cdots + R_n}, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

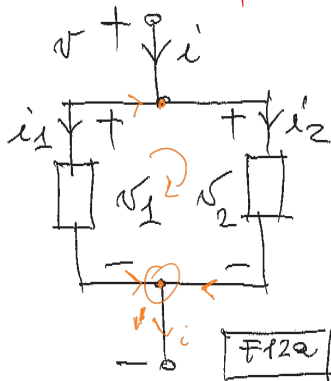
- se un bipolo non è controllabile in corrente la connessione può essere 'ridondante' (esternamente uno dei bipoli può essere 'eliminato')
- supponiamo che entrambi i bipoli siano non controllabili in corrente; in questo caso la connessione serie è assurda se $i_{g1} \neq i_{g2}$ (viene contraddetta KI) oppure indeterminata se $i_{g1} = i_{g2}$ (il potenziale del nodo centrale può assumere qualunque valore)



Connessione parallelo fra bipoli

- Due bipoli si dicono in parallelo se sono collegati fra la stessa coppia di nodi

formano una MAGLIA elementare di 2 bipoli



segui così per costruire

- relazioni con cui si studia il parallelo (KV e KI)

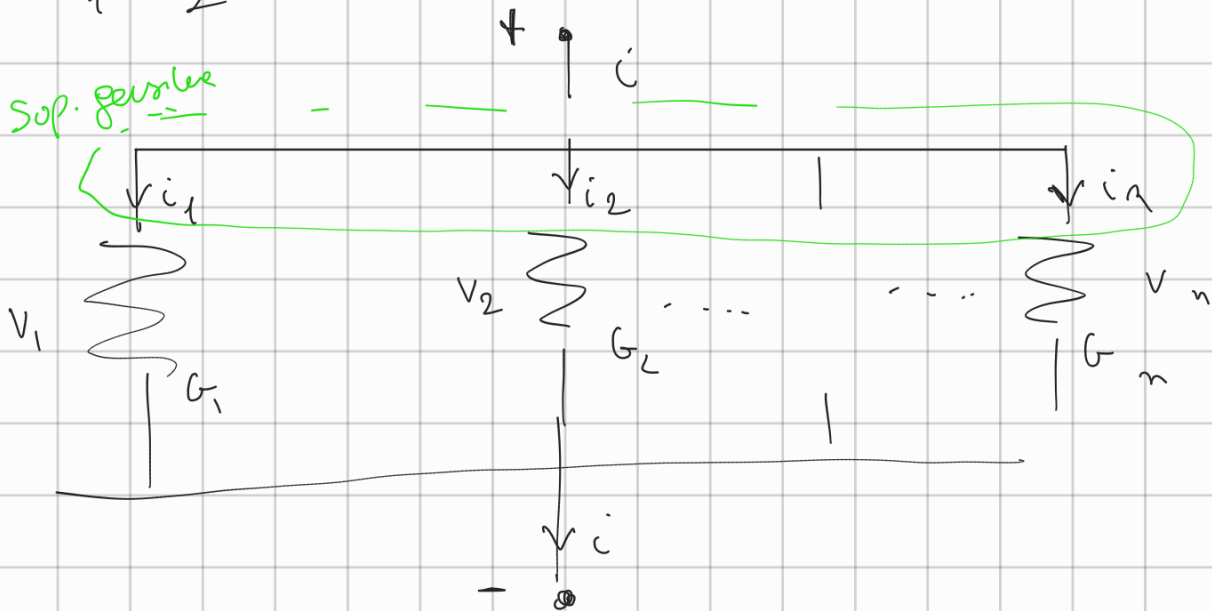
$$v = v_1 = v_2$$

$$i = i_1 + i_2$$

- la definizione si estende immediatamente al parallelo fra n bipoli

$$\begin{cases} V = V_1 = V_2 \\ i = i_1 + i_2 \end{cases}$$

parallelo tra n conduttori



conv. util.

$$i = i_1 + i_2 + \dots + i_n = G_1 V_1 + G_2 V_2 + \dots + G_n V_n$$

V_{equiv}

$$= (G_1 + G_2 + \dots + G_n) V$$

G_{eq}

Regola Port: Nono corrente

più grande è la conduttanza, più corrente ci pone

volto trovare le tensioni

$$V = \frac{i}{G_1 + \dots + G_n}$$

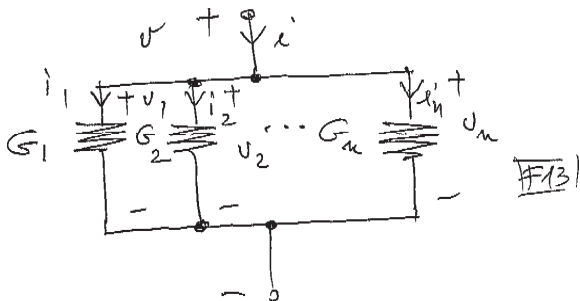
$$i_1 = G_1 V = i \cdot \frac{G_1}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

$$i_n = G_n V = i \cdot \frac{G_n}{G_1 + \dots + G_n}$$

i è la corrente

parallelo se entrambi controllabili in tensione

- il parallelo ha sempre senso se i bipoli sono controllabili in tensione ed e' di solito facile studiare il bipolo equivalente al parallelo



- ad esempio, parallelo fra n conduttanze; si ha

$$i = i_1 + i_2 + \dots + i_n = G_1 v_1 + G_2 v_2 + \dots + G_n v_n = (G_1 + G_2 + \dots + G_n) v = G_{eq} v.$$
 Il parallelo equivale a una conduttanza di valore $G_{eq} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$

- si ha

$$v = \frac{i}{G_1 + G_2 + \cdots + G_n}$$

e quindi la corrente nelle singole conduttanze puo' essere trovata con la formula $i_k = G_k v_k = G_k v$; quindi (regola del partitore di corrente)

$$i_k = \frac{i G_k}{G_1 + G_2 + \cdots + G_n}, \quad k = 1, 2, \dots, n$$

- se un bipolo non e' controllabile in tensione la connessione puo' essere 'ridondante' (esternamente uno dei bipoli puo' essere 'eliminato')
- se entrambi i bipoli sono non controllabili in tensione la connessione parallelo e' assurda oppure indeterminata (proporre esempi)

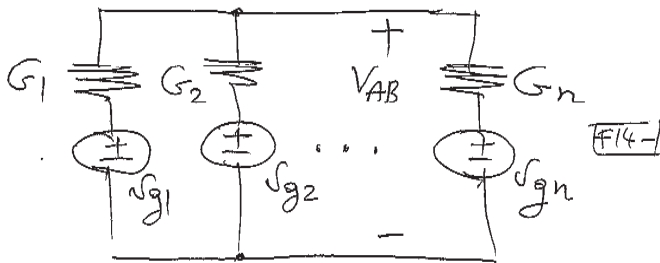
Teorema di Millmann

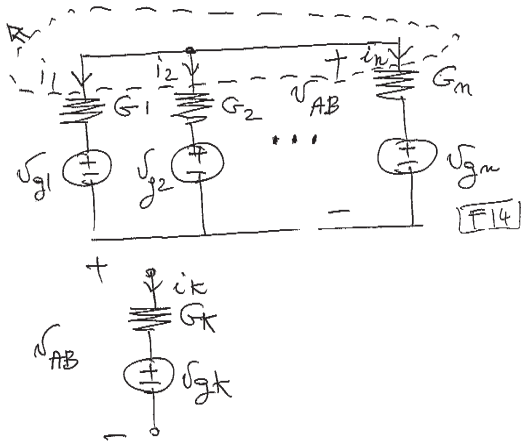
- Configurazione con n generatori indipendenti reali di tensione in parallelo fra di loro. La tensione v_{AB} si può determinare con la seguente formula

$$v_{AB} = \frac{\overbrace{v_{g1} G_1}^{\frac{v_{g1}}{R_1} = i_1} + v_{g2} G_2 + \dots + v_{gn} G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

*Summa currents
di continui with
conduct. eq*

Nota v_{AB} è facile determinare tutte le altre tensioni e correnti del circuito





• verifica: applicando KI alla superficie Gaussiana tratteggiata si ha $i_1 + i_2 + \dots + i_n = 0$. Per il generatore reale k si ha $v_{AB} = \frac{1}{G_k} i_k + v_{gk}$, quindi $i_k = v_{AB} G_k - v_{gk} G_k$. Sostituendo

$$v_{AB}(G_1 + G_2 + \dots + G_n) - (v_{g1} G_1 + v_{g2} G_2 + \dots + v_{gn} G_n) = 0$$

e quindi il risultato detto

tre varianti

Casi particolari

$$= \frac{V_{g1}G_1 + V_{g2}G_2 + \cancel{V_{g3}G_3}}{G_1 + G_2 + G_3}$$

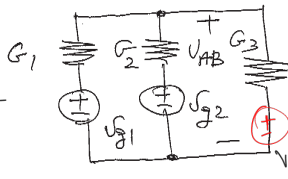


Fig 15

ci manca, lo inserisco io
generatore di V grande, un CC

$$V_{AB} = \frac{V_{g1}G_1 + V_{g2}G_2 + \textcircled{I}}{G_1 + G_2}$$

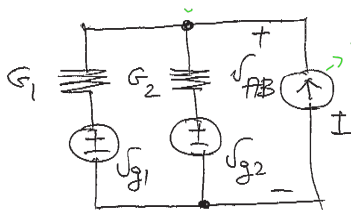
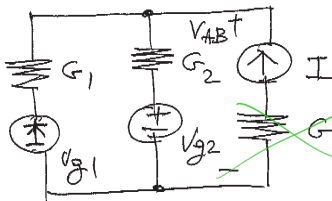


Fig 16

introduce solo il numeratore

aggiungo conduttanza

$$V_{AB} = \frac{V_{g1}G_1 + V_{g2}G_2 + \textcircled{I}}{G_1 + G_2 + \cancel{G_3}}$$



ridondante

- variante 1; mostrare che

$$v_{AB} = \frac{v_{g1} G_1 + v_{g2} G_2}{G_1 + G_2 + G_3}$$

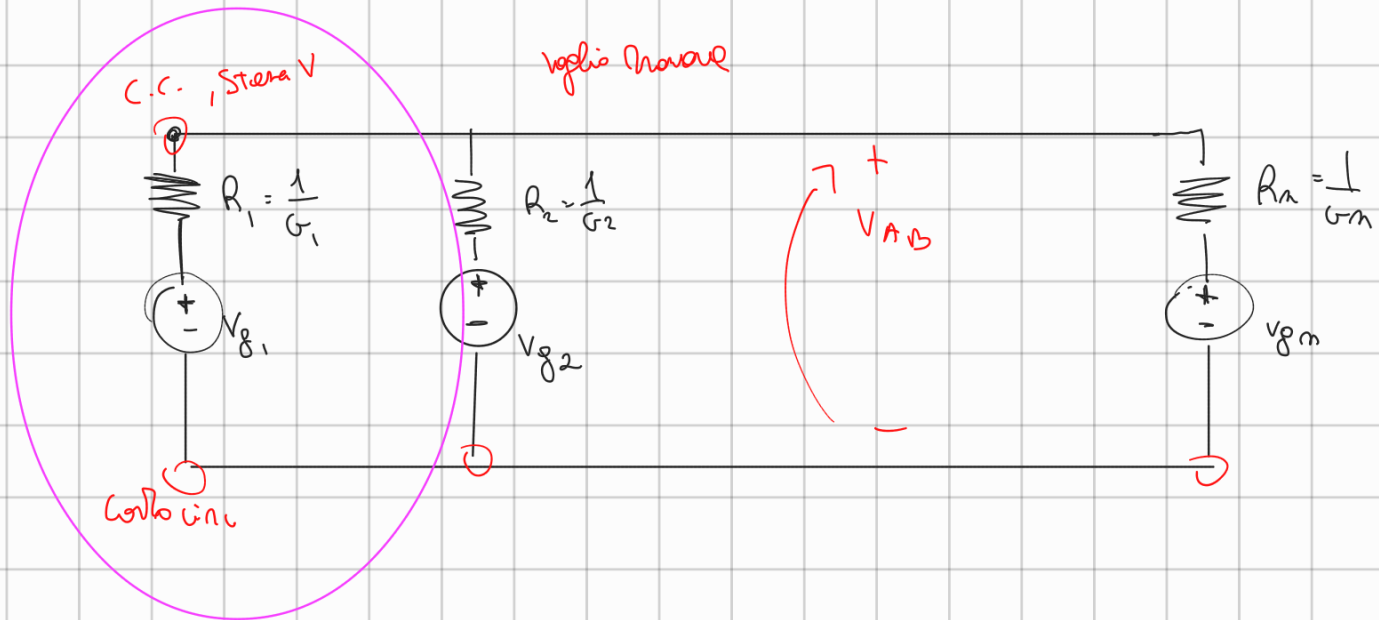
- variante 2; mostrare che

$$v_{AB} = \frac{v_{g1} G_1 + v_{g2} G_2 + I}{G_1 + G_2}$$

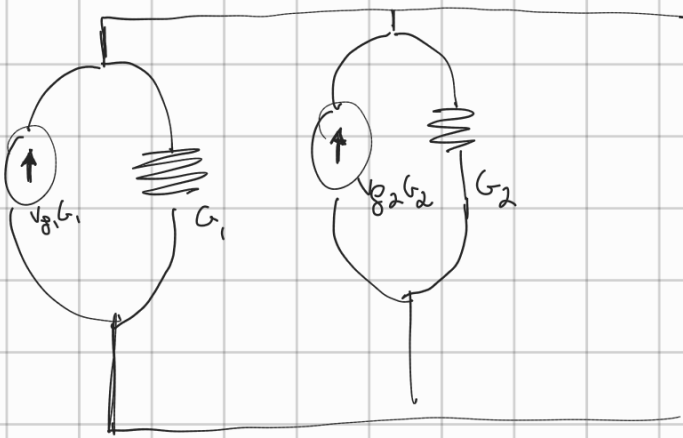
- variante 3; mostrare che

$$v_{AB} = \frac{v_{g1} G_1 + v_{g2} G_2 + I}{G_1 + G_2}$$

Dimostrazione alternativa, trasformo tutto in generatore ideale di corrente

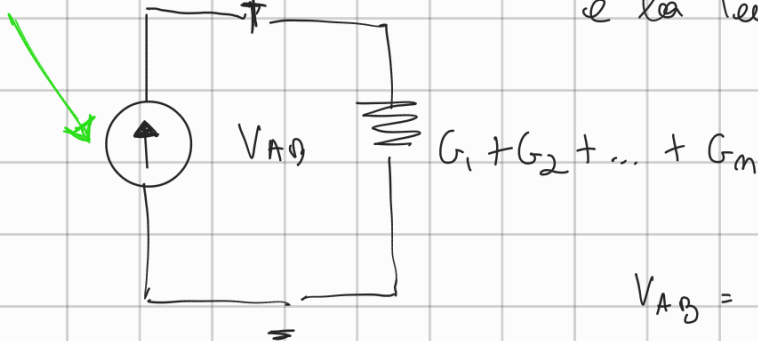


Dipoli in parallelo, possiamo di posizione, le condutture si sommano, invece delle correnti



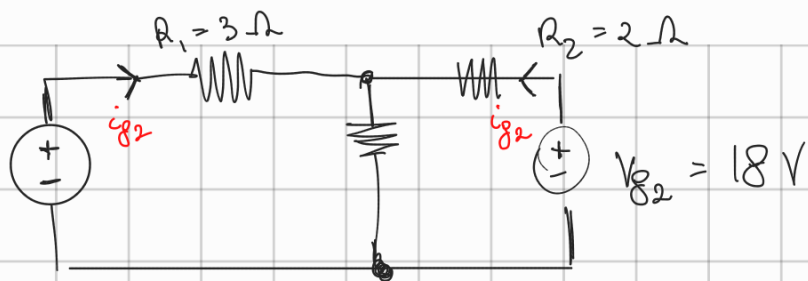
$$V_{g1}G_1 + V_{g2}G_2 + \dots + V_{gm}G_m$$

e la tensione V_{AB} dunque saranno



$$V_{AB} = \frac{V_{g1}G_1 + \dots + V_{gm}G_m}{G_1 + G_2 + \dots + G_m}$$

Esercizio



$$i_{g1}, i_{g2} = ?$$

$$P_{g1}, P_{g2} = ?$$

trovo tensione al centro, uso MILLMAN

$$V = \frac{V_{g1} G_1 + V_{g2} G_2}{G_1 + G_2 + G_3} = \frac{3 + 3}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{2}} = 12 V$$

una corrente sarà positiva e l'altra sarà negativa

$$-V_{g1} + 3 i_{g1} + V = 0 \Rightarrow V_{g1} = 1 A$$

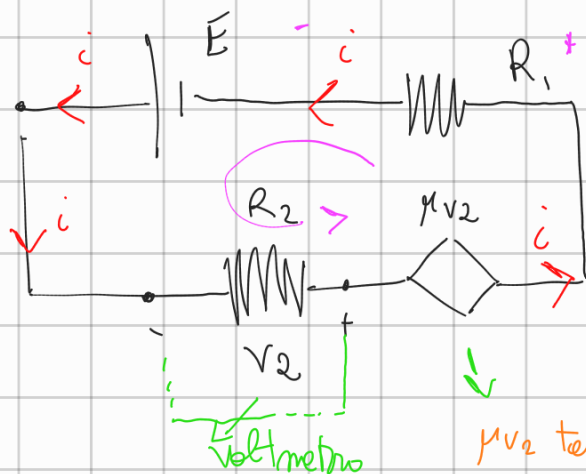
Per la maglia di dx

$$-V_{g1} + 2 V_{g2} + V = 0 \quad V_{g2} = 3 A$$

$$P_{eng.g1} = V_{g1} \cdot i_{g1} = -9 W \quad V_{g1} \text{ sta erogando } 9 W$$

$$P_{en.g2} = V_{g2} \cdot i_{g2} = 54 W. \quad \text{Potenza erogata}$$

54 W come potenza, le altre dissipate



? v_e

i unica maglia

μv_2 tensione glielo
mi mostrerò.

una maglia, unica corrente
incognita

$$K V: \mu V_2 + R_1 i - \bar{E} - R_2 i = 0$$

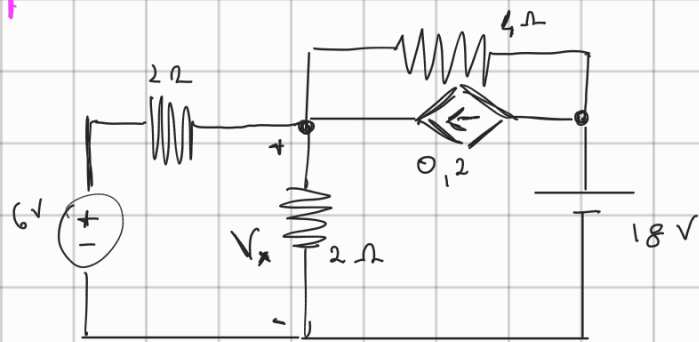
$$V_2 = -R_2 i$$

$-V_2$

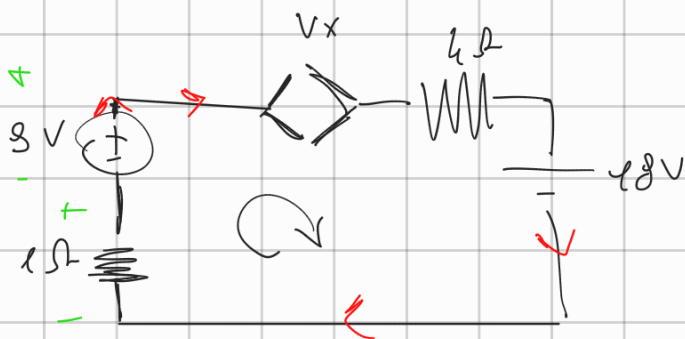
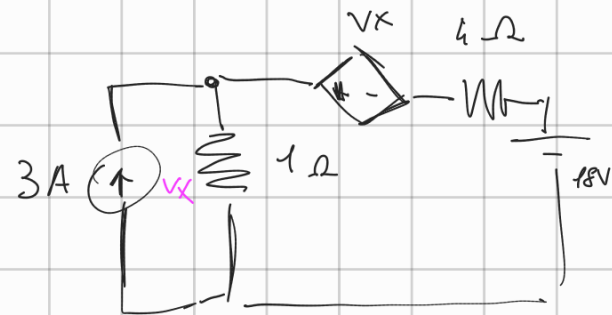
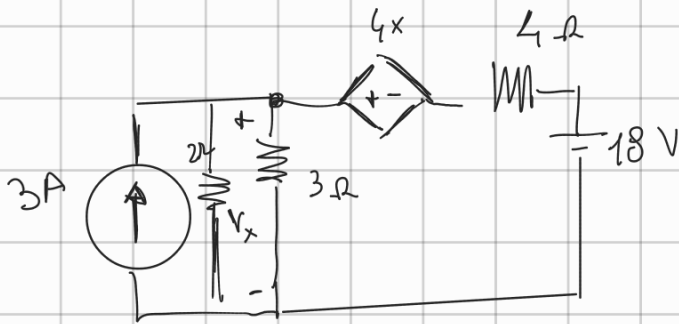
$$R_2 i - \bar{E} + R_1 i - \mu R_2 i = 0$$

$$i = \frac{E}{R_1 + R_2 - \mu R_2}$$

$$V = -R_2 i = -R_2 \frac{E}{R_1 + R_2 - \mu R_2}$$



use the equivalent



$$i - 3 + V_x + 4i + 18 = 0$$

$$V_x =$$

$$3 = 5i + V_x + 18$$

$$V_x = 3 - 1$$

$$V_x = \frac{15}{2} \text{ Volt}$$

$$41 = 18$$

$$1 - \frac{18}{4}$$