

# NOTE DI ELETTRONICA

-BY: FRANCESCO BOCORINO

## ELEMENTI CIRCUITALI TIPICI:

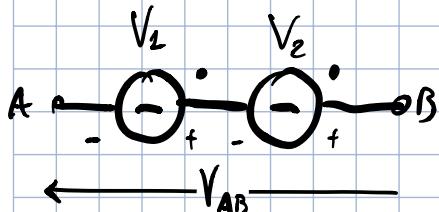


GENERATORE O/

TENSIONE

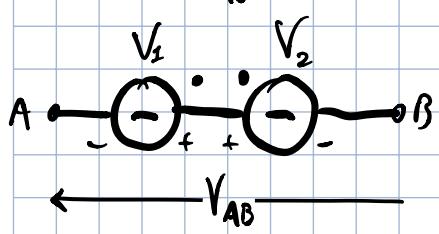
INDIPENDENTE

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



$$V_A + V_1 + V_2 = V_B$$

$$V_{AB} = V_A - V_A - V_1 - V_2$$



$$V_{AB} = V_2 - V_1, \quad V_{BA} = V_1 - V_2$$

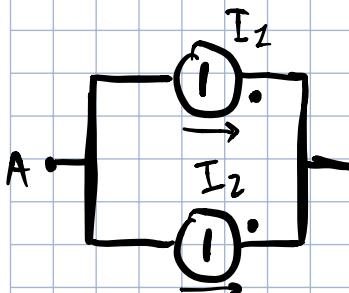
NON SI POSSONO METTERE IN PARALLEL SE NON PRODUCONO LA STESSA TENSIONE, NEL QUAL CASO LA TENSIONE RISULTANTE E'  $V_1 = V_2 = V_{AB}$ .



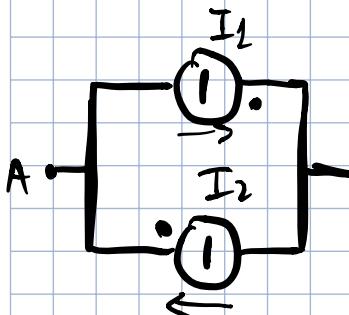
GENERATORE O/

CORRENTE

INDIPENDENTE



$$I_{EQ} = I_1 + I_2$$



$$I_{EQ} = I_2 - I_1$$

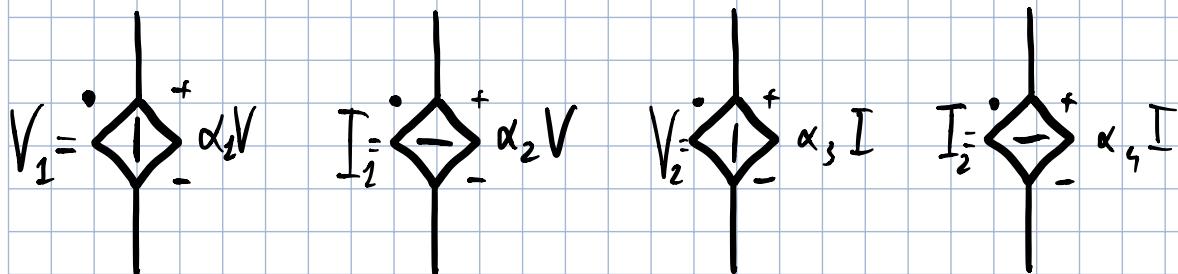
NON POSSO METTERLI IN SERIE A meno che non  
GENERI CORRENTI UGUALI, quindi  $I_{EQ} = I_1 = I_2$

---



---

## GENERATORI DI CORRENTE/TENSIONE DIPENDENTI (DETTI ANCHE CONTROCCATI O PILOTATI)



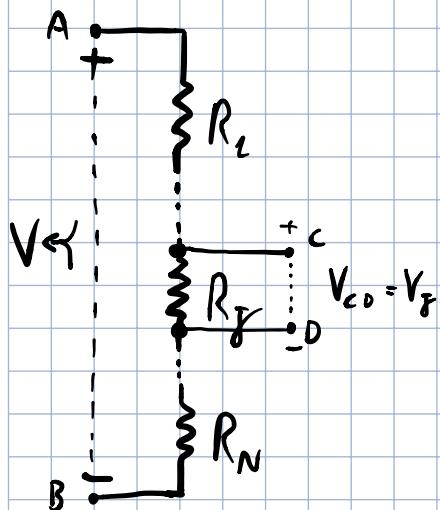
TENSIONE  
CONTROCCATO  
IN TENSIONE

CORRENTE  
CONTROCCATO  
IN TENSIONE

TENSIONE  
CONTROCCATO  
IN CORRENTE

CORRENTE  
CONTROCCATO  
IN CORRENTE

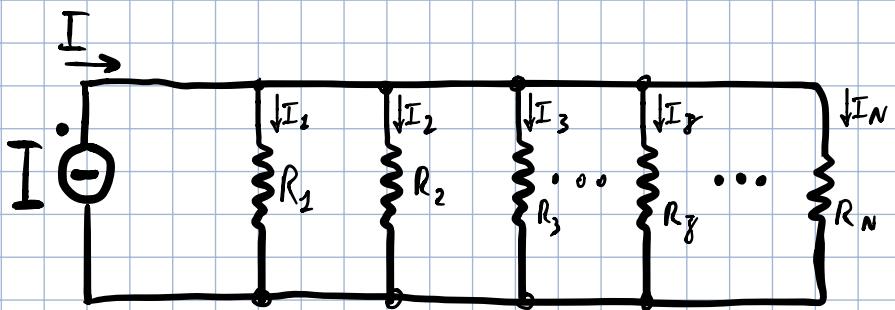
## PARTITORI DI TENSIONE



$$V_f = R_f I_f, \quad R_f = \frac{V(t)}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

$$\text{Es: } V_1 = R_1 \cdot \frac{V}{R_1 + R_2 + \dots + R_N}$$

# PARTITONI DI CORRENTE



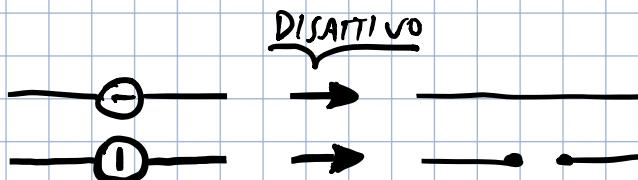
$$I_g = G_g \frac{I}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (G = \frac{1}{R} = \text{CONDUTTANZA})$$

(STESSA COSA DI PARTITONE DI TENSIONE MA CON CONDUTTANZE)

# PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI

POSso STUDIARE IN MANIERA SEPARATA E POI "SOVRAPPORRE"  
GLI EFFETTI DEI GENERATORI DI CORRENTE E TENSIONE  
INDIPENDENTI, ANCHE UNO AD UNO, SUL CIRCUITO.

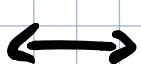
COSÌ FACENDO MI SENPLIFICO LA VITA E RENDO  
RISOLVIBILI, CIRCUITI NON RISOLVIBILI NEL CASO DEBBA  
RISOLVERLI CON TUTTI I GENERATORI INDIPENDENTI  
ATTIVI.



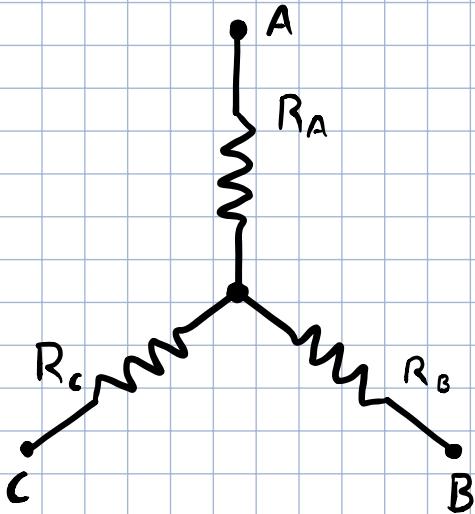
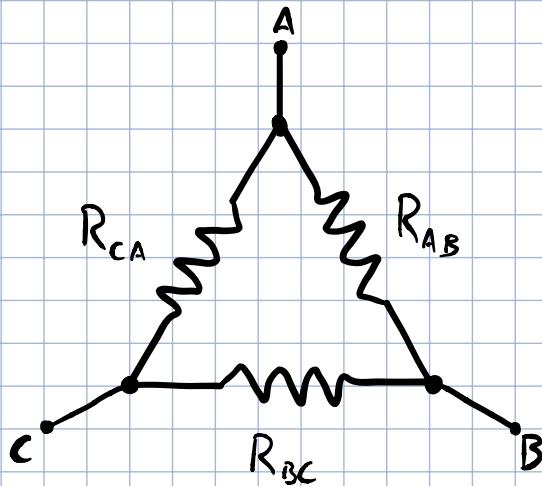
NON POSSO DISATTIVARE I GENERATORI DIPENDENTI.

# TRASFORMAZIONI

STELLA



TRIANGOLO



$$R_{AB} = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_C}$$

$$R_A = \frac{R_{AB} \cdot R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

$$R_{BC} = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_A}$$

$$R_B = \frac{R_{AB} \cdot R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

$$R_{CA} = \frac{R_A R_B + R_B R_C + R_C R_A}{R_B}$$

$$R_C = \frac{R_{BC} \cdot R_{CA}}{R_{AB} + R_{BC} + R_{CA}}$$

# METODO DELLE CORRENTI DI RAMO (TABIGAU)

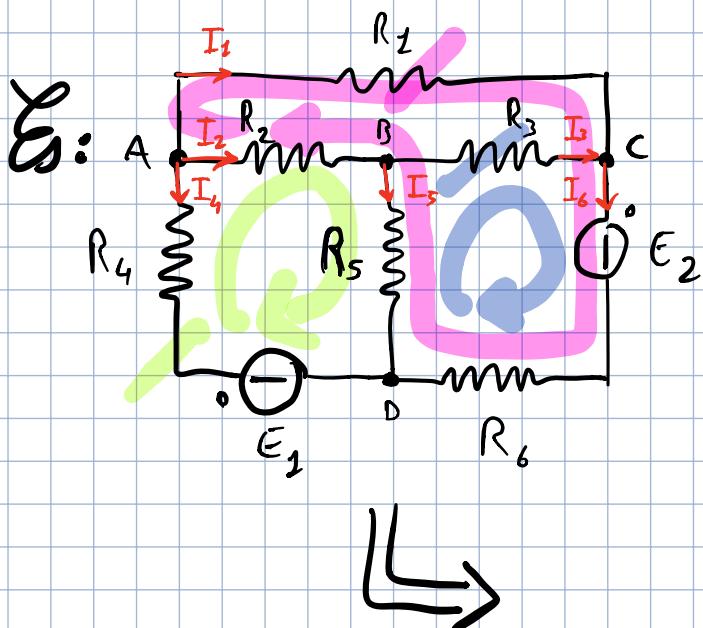
1) INDIVIDUO TUTTI I NODI

2) INDIVIDUO TUTTE LE CORRENTI DI RAMO

3) SCRIVO IL SISTEMA:

→ PER  $n-1$  NODI, EGRAGGO A  $\otimes$  LA SOMMA  
DELL'E CORRENTI ENTRANTI ED USCENTI  
NEL NODO

→ PER  $r-(n-1)$  MAGLIE, SCRIVERE LE EQUAZIONI  
DI MAGLIA, DOVE POSSIBILE, PASSARE SU  
GENERATORI DI TENSIONE, PER AVERE PIÙ  
FACILMENTE UN RISULTATO



$$\left\{ \begin{array}{l} A: I_1 + I_2 + I_4 = 0 \\ B: I_3 + I_5 - I_2 = 0 \\ C: I_6 - I_3 - I_1 = 0 \\ \text{●: } -R_4 I_4 + R_2 I_2 + R_5 I_5 = E_1 \\ \text{●: } R_6 I_6 - R_5 I_5 + R_3 I_3 = -E_2 \\ \text{●: } R_6 I_6 - R_5 I_5 - R_2 I_2 + R_1 I_1 = -E_2 \end{array} \right.$$

(DOPO IL VIOLENZA NON POSSO PIÙ CHIUDERE ALCUNA MAGLIA)

$$\left[ \begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & R_2 & 0 & -R_4 & R_5 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & 0 & -R_5 & R_6 \\ R_1 & -R_2 & 0 & 0 & -R_5 & R_6 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ E_1 \\ -E_2 \\ -E_2 \end{bmatrix}$$

$\downarrow A \cdot x = b$   
 $\downarrow x = A^{-1} \cdot b$

→ Calcolare la POTENZA EROGATA da un generatore

RISOLVO →  $P = I \cdot V$  ai capi del generatore (+ dal lato del contrassegno)  
WATT = AMPERE · VOLT

NB: Se devo calcolare la POTENZA DISSIPATA, il +, va dal lato OPPOSTO del contrassegno.

→ Trovare la resistenza vista tra due morsetti

1) Semplicificare il circuito (eliminare resistenze in parallelo con cortocircuiti, fondere rami con resistenze in parallelo, fondere resistenze in serie, ecc.) NB: non semplificare rami da cui dipendono dei generatori controllati

2) Disattivo tutti i generatori indipendenti

3) SE HO GENERATORI DIPENDENTI, INSERISCO UN GENERATORE DI TENSIONE O CORRENTE DAL VALORE ARBITRARIO "DI PROVA", COME Torna meglio, con cui calcolo  $R_{EQ}$  nella forma  $R_{EQ} = \frac{V_{Prova}}{I_{Prova}}$ , dove trovo  $V_p$  ed  $I_p$  uno arbitrario e faccio risolvendo il circuito.

4) Risolvo il circuito come meglio credo e trovo la mia  $R_{eq}$ .

---

## TEOREMA DI THEVENIN



P posso rappresentare una parte di circuito isolata e lineare con una resistenza, detta resistenza equivalente di Thevenin in serie ad un generatore di tensione, detto di Thevenin.

$R_{TH} \Rightarrow R_{eq}$ . (disattivo tutti i gen indipendenti e metto l'eventuale generatore di prova per trovare  $R_{eq}$ )

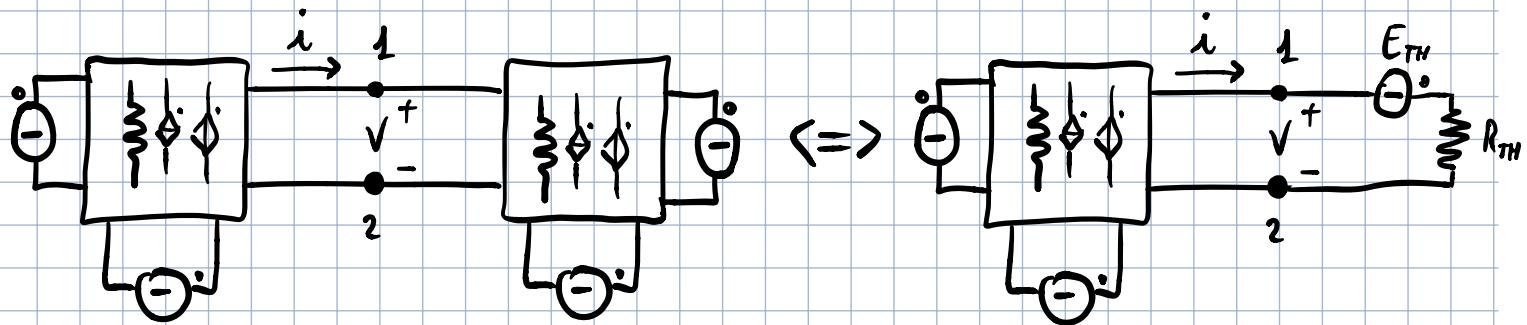
$E_{TH} \Rightarrow$  TENSIONE A VUOTO, ovvero scollego il

CIRCUITO DAL RESTO DEL MONDO E SCECGO UN PERCORSO DA 1 A 2 (i morsetti di test)

SU CUI CALCOLARE LA CADUTA DI TENSIONE, NEGLIA FORMA  $V = R \cdot I$ , AD ESEMPI, APPLICANDO PER TROVARLE LA  $V$  DO I CHE PASSA SU QUEL PARTICOLARE RAMO, LE REGOLE DEI

# PARTITORI DI TENSIONE E CORRENTE.

## DIMOSTRAZIONE:

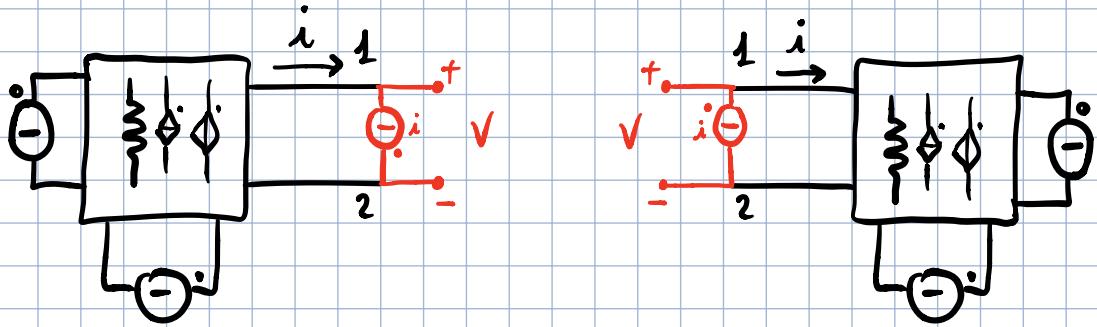


## PRECONDIZIONI:

- RETE ISOLATA: OVVERO TUTTE LE COMPONENTI DIPENDENTI AL SUO INTERNO DIPENDONO SOLO DA PARAMETRI DELLA RETE.
- RETE LINEARE: COMPOSTA DI SOLI COMPONENTI LINEARI O CHE COMUNQUE ABBIA ANDAMENTO LINEARE AGLI EFFETTI ESTERNI.

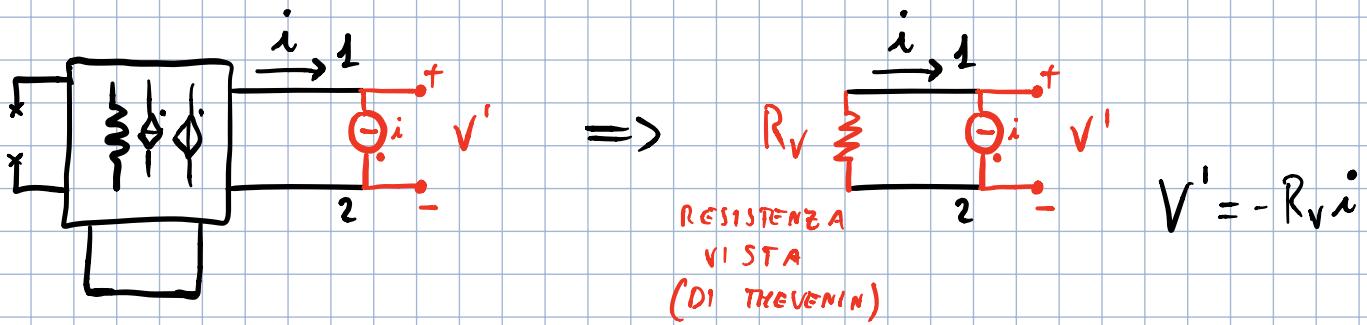
## DIMOSTRAZIONE:

- ① SEPARO LE DUE RETI SU 1,2 ED AGGIUNGO DUE GENERATORI DI CORRENTE, CHE FANNO SCORRERE ESATTAMENTE LA STESSA CORRENTE  $i$  DI PRIMA SU AMBO LE RETI. (E LA STESSA TENSIONE)

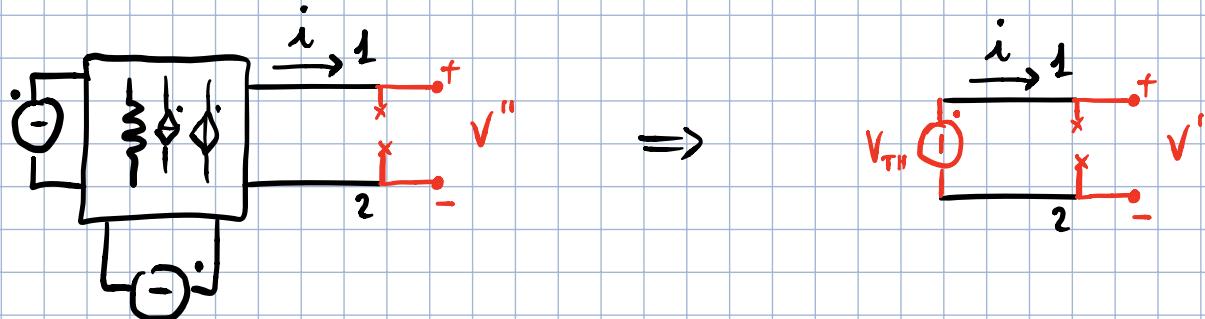


② Voglio quindi rappresentare la sinistra con la sua Thevenin - EQUIVALENTE. (TOLGO DI GIORO LA DX)

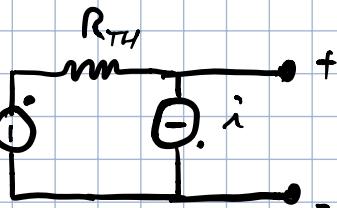
③ Scrivo  $V = V' + V''$  tra + e -, con il principio di sovrapposizione degli effetti, con  $V' = V_{12}$  disattivando tutti i generatori indipendenti nella sotto rete eccetto  $i_1$ , che engava la corrente di prima sull ramo.



④ Calcolo  $V''$  è disattivato solo  $i_1$



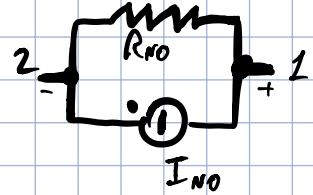
$$\textcircled{5} \quad \text{INFINE} \quad V = V' + V'' \Rightarrow V_{TH}$$



\textcircled{6} Ho ricavato l'equivalente Thevenin che corrisponde alla sorgente di SX, se riscrivo le CAD VTE di potenzialità risulta equivalente, quindi ho finito.

---

# TEOREMA DI NORTON



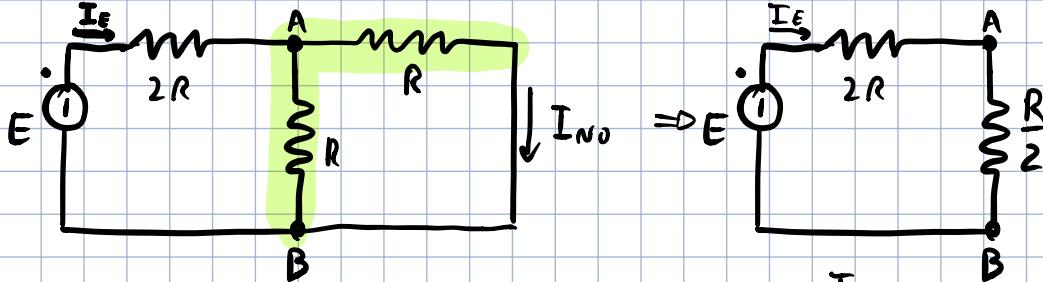
Posso rappresentare una parte di circuito isolata e lineare con una resistenza, detta resistenza equivalente di Norton in parallelo ad un generatore di corrente, detto di Norton.

$R_{NO} \Rightarrow R_{EQ}$ . (di sottrarre tutti i gen. indipendenti, netto l'eventuale gen. di prova e trovo  $R_{eq}$ ) {come Thevenin}

Per calcolare  $I_{NO}$  invece, CORTOCIRCUITO 1 e 2, quindi risolvo il circuito, se non ho modi migliori di vedere quale sia la corrente che passa da 1 a 2 sul cortocircuito.

Nel semplificare il circuito per questo calcolo, puo' darsi che mi convenga eliminare il ramo su cui scorre  $I_{NO}$ ; in quel caso devo legare  $I_{NO}$  ad una variabile che non scompare, come un'altra corrente atta verso un partitore di tensione ad esempio, vedi il caso sotto!

E:



$$I_{NO} = \frac{I_E}{2}$$

(VN' ALTRA  $\frac{I_E}{2}$ )

: PARTITORE DI CORRENTE,  $I_E$  SI DIVIDE IN  $I_{NO}$ , ED HA UN'ALTRA  $\frac{I_E}{2}$ .  
(A QUESTO PUNTO RISOLVO IL CIRCUITO ED HO  $I_{NO}$ .)

**NORTON**  $\longleftrightarrow$  **THEVENIN**

$$R_{NO} = R_{TH}, \quad I_{NO} = \frac{V_{TH}}{R_{TH}}, \quad V_{TH} = R_{NO} \cdot I_{NO}$$

\* (VEDREMO PIÙ CHE VALE PER TUTTI I DOMINI E CON LE IMPEDENZE)

## TENSIONI DI NODO

PER RISOLVERE UN CIRCUITO POSSO SCRIVERE  $(N-1)-g$  EQUAZIONI SUI NODI, DOVE  $g$  E' IL NUMERO DI GENERATORI DI TENSIONE INDIPENDENTI, CHE FANNO DIMINUIRE IL NUMERO DI INCognITE. (OCCHIO AI CONTRASSEGNI NEI GENERATORI, SE SBAGLIO IL SEGNO, SBAGLIO TUTTO).

(UN NODO VIENE MESSO COME RIFERIMENTO =  $\emptyset$ )

1) IMPOSTO LE INCognITE COME LE TENSIONI SUI NODI

2) SCRIVO LE EQUAZIONI NODO PER NODO COME SOMMA

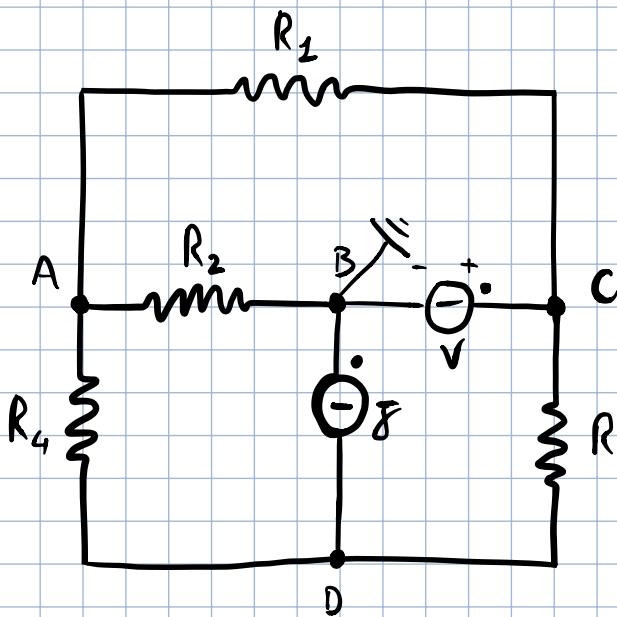
DI CORRENTI ENTRANTI = SOMMA DI CORRENTI USCENTI

RICORDANDO CHE  $\left\{ I = \frac{V}{R} \right\}$  E LE V SONO LE INCOGNITE.

3) RISOLVO IL SISTEMA OTTENUTO E CON ESSO IL CIRCUITO.

NB: IO NON SO MAI LA TENSIONE SU UN RAMO DOVE E' PRESENTE UN GENERATORE DI CORRENTE E VICEVERSA NON SO MAI LA CORRENTE IN UN RAMO DOVE E' PRESENTE UN GENERATORE DI TENSIONE [STO PARLANDO DI GENERATORI IDEALI ED INDEPENDENTI].

E: (BANALE)



NB: IL RIFERIMENTO IO SCELGO SU UN GENERATORE IDEALE DI TENSIONE

$$\begin{cases} V_B = 0 \\ V_C = +V_R \end{cases}$$

NOTA: V\_B = 0

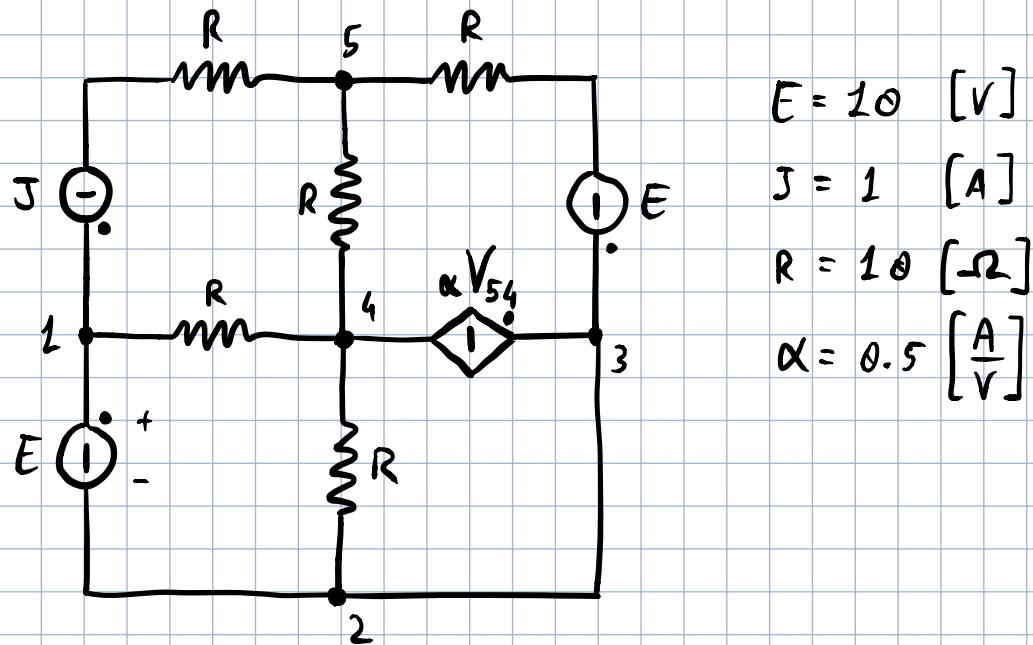
(POSITIVO PER VIA DEL CONTRASSEGNO!)

(PERCORSO DA C A B, AUMENTA IL POTENZIALE)

$$\left\{ \theta = V_A \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \right) - V \left( \frac{1}{R_1} \right) - V_D \left( \frac{1}{R_4} \right) \right. \quad // \text{NODO A}$$

$$\left. -J = V_D \left( \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_3} \right) - V_A \left( \frac{1}{R_3} \right) - V \left( \frac{1}{R_5} \right) \right. \quad // \text{NODO D}$$

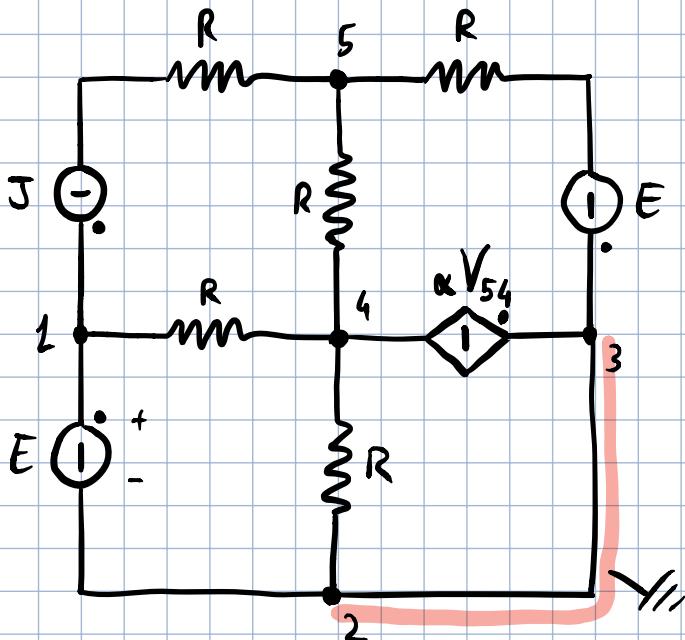
FACCIAMO QUI UN ESEMPIO PIÙ COMPLETO  
CON DENTRO QUALCHE TRAPPOLA:



1) DOVE SCELGO LO  $\Theta$ ?

↪ SONO OBLIGATO A SCEGLIERE IN UN NODO CONFINANTE CON UN GENERATORE IDEALE DI TENSIONE (AKA SENZA RESISTENZE IN SERIE SUL RAMO), IN QUESTO CASO, CONVIENE SCEGLIERE IL NODO 2, CHE NOTIAMO ESSERE ALLO STESSO POTENZIALE DI

3.

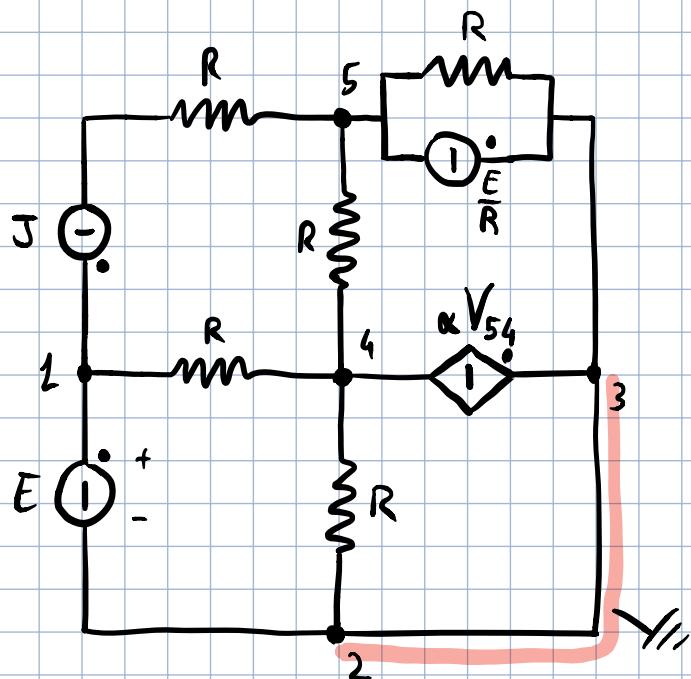


$$V_2 = V_3 = 0$$

2) IL POTENZIALE  $V_1$  E' GRATIS E VALE  $+E$ ,  
 (FACCIO IL PERCORSO DA '1' A '0', IMMAGINO DI  
 STAR RISALENDO UNA CASCATA QUANDO PASSO SU  
 $E$ , STO AUMENTANDO IL MIO POTENZIALE ENTRANDO  
 NEL CONTRARIO).

•)  $V_1 = +E = 10[V]$

3) TRASFORMO I GENERATORI DI TENSIONE REALI  
 NEI LORO EQUIVALENTI NORTON:



$$I_{NO} = \frac{V_{TH}}{R_{TH}} \quad V_{TH} = I_{NO} R_{NO}$$

$$R_{NO} = R_{TH}$$

RIMANGONO DA SCRIVERE  
 E RISOLVERE LE EQUAZ.  
 AI NODI 4 E 5

$$\left\{ -\alpha V_{54} + V_4 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) - V_1 \left( \frac{1}{R} \right) - V_s \left( \frac{1}{R} \right) - V_2 \left( \frac{1}{R} \right) = 0 \right.$$

$= 0$  (RIFERIMENTO)

$$\left. J + \frac{E}{R} + V_5 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) - V_2 \left( \frac{1}{R} \right) - V_4 \left( \frac{1}{R} \right) - V_3 \left( \frac{1}{R} \right) = 0 \right. \quad = 0 \text{ (RIFERIMENTO)}$$

LE RESISTENZE IN SERIE A GENERATORI IDEALI DI CORRENTE  
**NON DANNO CONTRIBUTO ALLA CORRENTE CHE ENTRA/ESCE NEL**

NODO! E' ERRORE GRAVE SCRIVERCA.

MENTRE QUANDO "AGGIUNGO" UN GENERATORE DI CORRENTE EQ. NORTON, E' COME SE AVESSE DUE RAMI DISTINTI TRA RESISTENZA E GENERATORE, QUINDI DI DEFAULT NON SI CANCELLA.

$$\left\{ \begin{array}{l} -\alpha V_{54} + V_4 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) - V_1 \left( \frac{1}{R} \right) - V_s \left( \frac{1}{R} \right) = 0 \\ J + \frac{E}{R} + V_5 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) - V_4 \left( \frac{1}{R} \right) = 0 \end{array} \right.$$

4) INFINE TROVO UN MODO DI RISCRIVERE LA CORRENTE O TENSIONE DEL GENERATORE PILOTATO IN FUNZIONE A GRANDEZZE NOTE ED INCOGNITE DEL SISTEMA, IN QUESTO CASO, E' FACILE.

$$\left\{ \begin{array}{l} -\alpha(V_5 - V_4) + V_4 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) - V_1 \left( \frac{1}{R} \right) - V_s \left( \frac{1}{R} \right) = 0 \\ J + \frac{E}{R} + V_5 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) - V_4 \left( \frac{1}{R} \right) = 0 \end{array} \right. \quad V_1 = E$$

5) RISOLVO IL SISTEMA

$$\left\{ \begin{array}{l} V_4 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + 1 \right) = \alpha V_5 + E \left( \frac{1}{R} \right) + V_s \left( \frac{1}{R} \right) \\ J + \frac{E}{R} + V_5 \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) - V_4 \left( \frac{1}{R} \right) = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_4 = \frac{E\left(\frac{1}{R}\right) + V_s\left(\frac{1}{R} + \alpha\right)}{\left(\frac{3}{R} + 1\right)} = \frac{E\left(\frac{1}{R}\right) + V_s\left(\frac{1 + \alpha R}{R}\right)}{\left(\frac{3 + R}{R}\right)} \end{array} \right.$$

$$RJ + \frac{E}{R} + V_5\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right) - V_4\left(\frac{1}{R}\right) = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_4 = \frac{E + V_s(1 + \alpha R)}{(3 + R)} \end{array} \right.$$

$$RJ + E + 2V_5 - V_4 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_4 = \frac{E + V_s(1 + \alpha R)}{(3 + R)} \\ V_5 = \frac{V_4 - RJ - E}{2} \end{array} \right.$$

// SOSTITUISCO I NUMERI  
ORA CAG E' UNA FORMA  
DECENTEMENTE COMPATTA

$$\left\{ \begin{array}{l} V_4 = \frac{10 + 6V_5}{13} = \frac{10}{13} + \frac{6V_5}{13} \end{array} \right.$$

$$V_5 = \frac{V_4}{2} - 10$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 23V_4 = 10 + 3V_4 - 60 \Rightarrow V_4 = -5 \text{ [V]} \end{array} \right.$$

$$V_5 = -12.5 \text{ [V]}$$

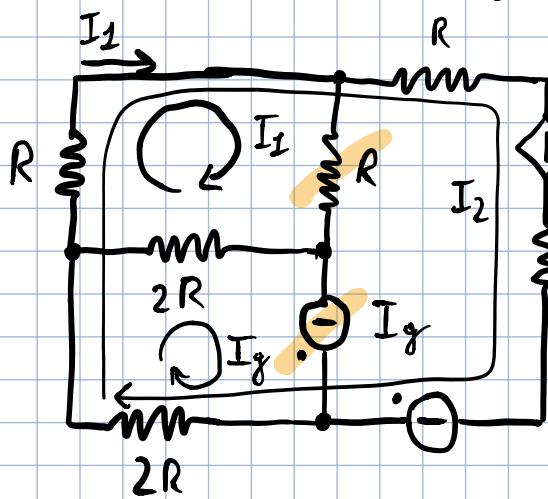
// CIRCUITO RISOLTO

# CORRENTI DI MAGLIA

Sono invece  $\left\{ \left[ r - (n-1) \right] - g \right\}$  dove  $r$  è il numero di rami,  $n$  il numero di nodi,  $g$  il numero di generatori di corrente.

1) INDIVIDUA LE MAGLIE DEL CIRCUITO

2) PER OGNI MAGLIA SCRIVO LE EQUAZIONI DELLA RISPECTIVA CORRENTE PASSANTE SU QUELLA MAGLIA (NEL CASO DI GENERATORI IDEALI DI CORRENTE È NOTA E TOLGO UN' INCognITA), NELLA FORMA:



$\alpha I_2$ . OVVERO: PER PRIME SCRIVO LE EQUAZIONI DEI RAMI CON GENERATORI DI CORRENTE ED "ELIMINO" DAI RAMI SU CUI POSSO PASSARE, UNO ALLA VOLTA, VIA VIA CHE SCRIVO LE EQUAZIONI,

I RAMI CON I GENERATORI SONO EQUAZIONI GRATIS, UGUAGLIANZE.

POI SCRIVO LE EQUAZIONI DELLE ALTRE MAGLIE NELLA

FORMA:

$$\begin{cases} I_1 = I_g \\ I_1(R + 2R + R) + I_2(R) - I_g(2R) = 0 \\ I_2(R + R + 2R + R) + I_g(2R) + I_1(R) = 0 \end{cases}$$

(NEL CASO AVESSI GENERATORI DI CORRENTE CONTROLLATI,  
AVREI UN' ALTRA EQUAZIONE GRATIS O QUASI: SE  
FOSSE CONTROLLATO IN CORRENTE, POTREI DANACENTE  
ESPRIMERE LA CORRENTE IN UNA MAGCIA IN FUNZIONE  
DI QUELLA DI UN' ALTRA, NEL CASO FOSSE CONTROLLATO  
IN TENSIONE, O LA TENSIONE È NOTA, O MI CONVIGNE  
NON PASSARE SUL RAMO DEL GENERATORE PILOTATO, SE  
CI DOVESSI PASSARE PER FORZA, VALUTARE DI  
CAMBIARE METODO RISETTIVO.)