NUMERO: 2439A ANNO: 2019

A P P U N T I

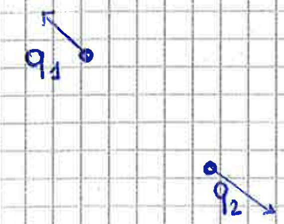
STUDENTE: Ferrera Alessandra

MATERIA: Elettrotecnica + Teoria + Esercizi - Prof. Stievano

3 ottobre 2018

ELETTROTECNICA → è la base per l'elettronica che non si limita alla teoria.
↳ riguarda anche la generazione di energia

LEGGE DI COULOMB



$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ε_0 ↓ permeabilità nel vuoto $\left(8.854 \times 10^{-12}\ C^2/N m^2 = \frac{C^2}{N m^2}\right)$
o PERMITTIVA

CAMPO ELETTRICO

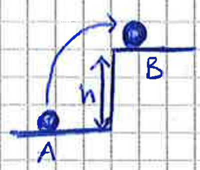
Regione dello spazio nel quale una carica è soggetta ad una forza

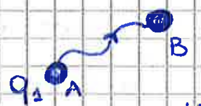
$$\vec{F} = q\vec{E} \qquad \vec{E}\left[\frac{V}{m}\right]$$

POTENZIALE ELETTRICO

Una carica immersa in un campo elettrico possiede un'energia potenziale U.
Il potenziale elettrico in un punto è l'energia potenziale di una carica.

$$V = \frac{U}{q} \rightarrow U = V \cdot q$$





$$U_A - U_B = qV_A - qV_B = q(V_A - V_B) = -W_{A \to B}$$

ma $W = \int_A^B \vec{F} ds$

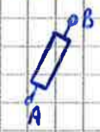
$$\cancel{q}(V_A - V_B) = W = \int_A^B F ds = \int_A^B E q ds = \cancel{q}\int_A^B E ds$$

$$\Delta V = \int_A^B E ds$$

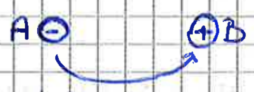
↓

IL CAMPO ELETTRICO È CONSERVATIVO

TENSIONE = differenza di potenziale elettrico



$V_A - V_B = V_{AB}$



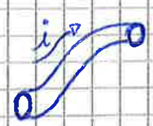
cioè il pot. va verso il valore più alto

CORRENTE ELETTRICA

È la quantità di carica che attraversa una sezione di filo in un dato tempo

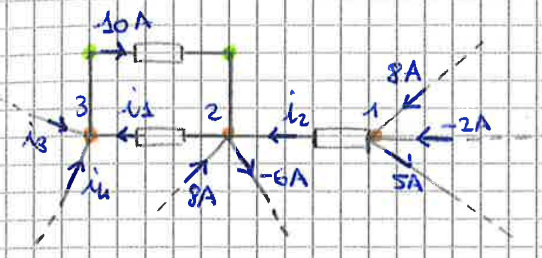
$$\text{CORRENTE} \quad i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dq(t)}{dt}$$

Si misura in A = Ampere



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 3 di 208

esempio



nel nodo 1 ho:

$8A - 2A = 5A + i_2 A$

$6 = 5 + i_2 \rightarrow i_2 = 1\,A$

nel nodo 2 ho:

$10 + 8 + i_2 = -6 + i_1$

$10 + 8 + 1 = -6 + i_1 \rightarrow i_1 = 25\,A$

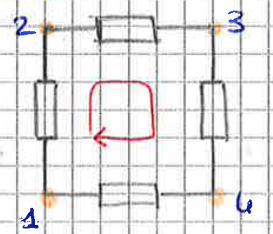
nel nodo 3 ho:

$i_1 + i_3 + i_4 = 10 \rightarrow 25 + i_3 + i_4 = 10$

LEGGE DI KIRCHHOFF DELLE TENSIONI (KVL)

La somma delle tensioni di un percorso chiuso è pari a zero.

$\Sigma\, V$ con direzione concorde $= 0$



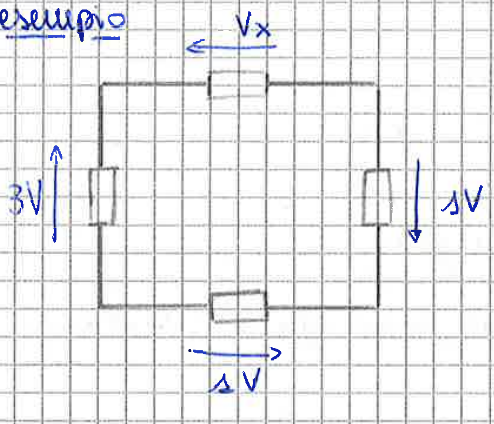
$\cancel{V_2} - \cancel{V_1} + \cancel{V_3} - \cancel{V_2} + \cancel{V_4} - \cancel{V_3} + \cancel{V_1} - \cancel{V_4} =$
$= 0$

oppure Σ entranti $= \Sigma$ uscenti

$V_{21} + V_{32} = V_{43} + V_{14}$

$0 = 0$

esempio



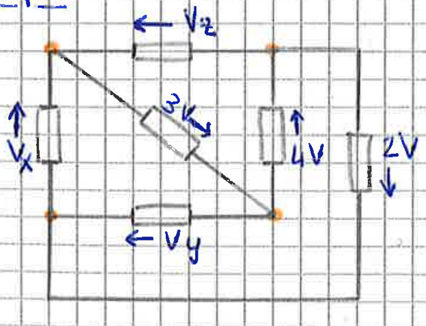
Σ concordi $= \Sigma$ discordi

$3 + 1 = V_x + 1 \rightarrow V_x = 3$

oppure $\Sigma V = 0$

$3 - V_x + \cancel{1} - \cancel{1} = 0 \quad V_x = 3$

esempio



Per calcolare V_z, V_y, V_x:

$V_z + 3 + 4 = 0 \rightarrow V_z = -7V$

$4 + 2 = V_y \rightarrow V_y = 6V$

$V_x + 3 + 4 + 2 = 0 \rightarrow V_x = -9V$

$V_x + 3 + 4 + 2 \rightarrow V_x = -9V$

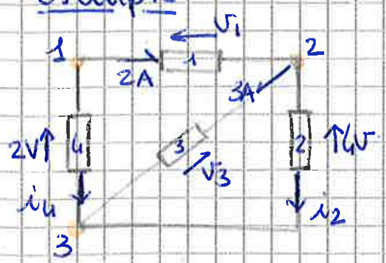
© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 5 di 208

TEOREMA DI TELLEGEN

la somma algebrica delle potenze e' uguale a zero
↓
conservazione della potenza

$$\sum_{k=1}^{b} P_k = 0$$ → sommatoria di tutte le potenze assorbite o di quelle erogate

esempio



KCL nodo 1: $2 + i_4 = 0 \rightarrow i_4 = -2A$

KCL nodo 2: $3 + i_2 = 2 \rightarrow i_2 = -1A$

$V_3 = 4V$

$V_1 + 4 = 2 \rightarrow V_1 = -2V$

POTENZE: $1 \rightarrow P_A = -4W$

$2 \rightarrow P_A = -4W$

$3 \rightarrow P_A = 12W$

$4 \rightarrow P_A = -4W$

→ Σ POTENZE = $-12+12 = 0\,W$

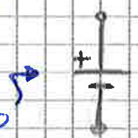
EQUAZIONI COSTITUTIVE DEGLI ELEMENTI

Sono le equazioni utili per risolvere i sistemi e sono specifiche degli ELEMENTI CIRCUITALI DI BASE

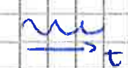
• GENERATORE (IDEALE) DI TENSIONE:

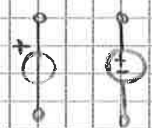
Possono avere valori di tensione costante, ad esempio una pila.

$V = E_0$
↳ e' un valore costante specifico



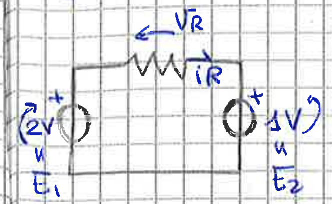
Oppure può essere noto ma non costante nel tempo

$V = e(t)$
↳ variabile come 



questi due simboli non sono specifici come quello della batteria, sono generici e posso usarli per tensione nota non costante

esempio



$R = 1\,\Omega$

$2V = V_R + 1 \rightarrow V_R = 1V$

quindi $i = \frac{V_R}{1} = 1A$

$P_E(E_1) = 2W$, $P_A(E_1) = -2W$

$P_A(R) = 1W$, $P_E(R) = -1W$

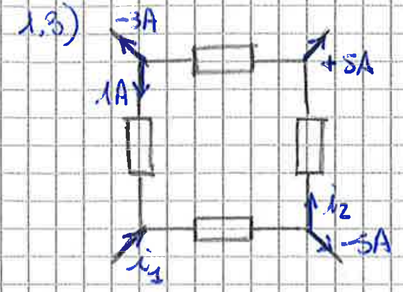
$P_E(E_2) = -1W$, $P_A(E_2) = 1W$

$\rightarrow P_A(R) + P_A(E_2) + P_A(E_1) = 1 + 1 - 2 = 0$

MARTEDÌ 9 OTTOBRE 2018

ESERCITAZIONE 1

1.3)

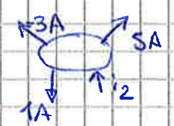


determinare i_1 e i_2

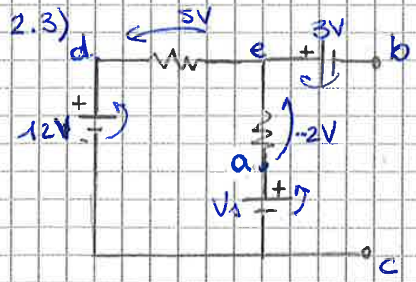
insieme di taglio = cosa considerare

$\rightarrow i_1 = -3 + 5 - 5 = -3A$

$\rightarrow i_2 = -3 + 5 + 1 = 3A$



2.3)



V_1? → tensione del generatore

$V_1 - 2V + 5V - 12V \rightarrow V_1 = 9V$

$+\ 9V$

ATTENZIONE! V_{AD}

A+ —— −D

(Quindi vale la tensione cambiata di segno $-3V$)

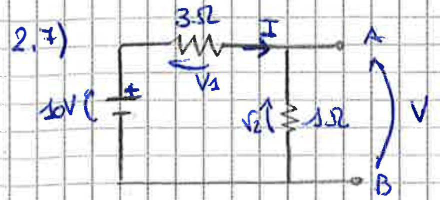
V_{ad}? = tensione tra nodo "a" e "d" $= 5V - 2V = 3V$

oppure $-9 + 12 = 3V$

$-9V$ è V_1 cambiato di verso

V_{bc}? = Quindi B⊕ e C⊖ Devo cambiare segno o leggere da C a B $= 9V - 2V - 3V = 4V$

2.7)



V_{AB} ? I?

$V_1 = 3\Omega \cdot I$

$V = 10V - 3\Omega I$

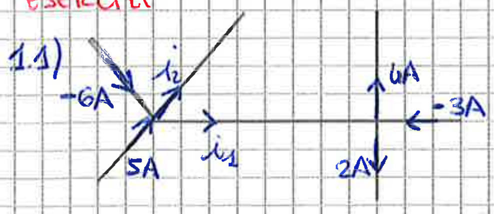
So però anche che $V = 1\Omega I$

$1I = 10V - 3I \rightarrow I = \frac{10}{4} A = 2,5A$

$V = 2,5V$

ESERCIZI

1.1)



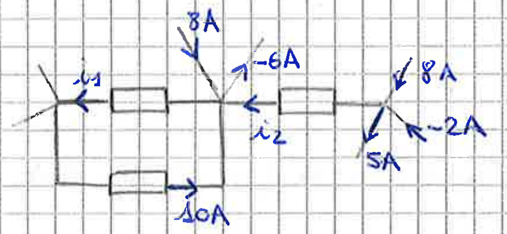
$-6+5-i_2-4-2-3=0$

$i_2 = -10A$

$i_1 - 3A - 4A - 2A = 0$

$i_1 = 9A$

1.2)



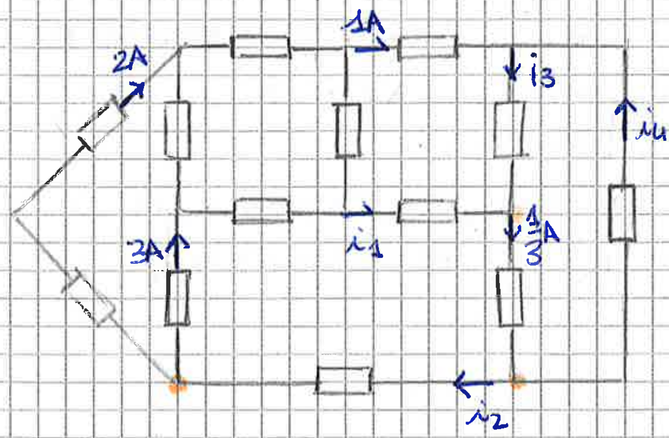
$i_1 - 8A - 6A - 8A + 2A + 5A = 0$

$i_1 = 15A$

$i_1 - 8 - 6 - i_2 - 10 = 0$

$i_2 = 15 - 8 - 6 - 10 = -9A$

1.4)



$i_1 = -1A$

~~i_2~~

$i_1 + i_3 = \frac{1}{3}A$

$i_3 = \frac{1}{3} + 1 = \frac{4}{3}A$

$i_2 = 3 + 2 = 5A$

$i_4 = i_3 - 1A = \frac{4}{3} - 1 = \frac{1}{3}A$

$i_1 + i_3 - \frac{1}{3}A = 0$

$1A - i_3 + i_4 = 0$

$i_2 = 3A + 2A = 5A$ ✓

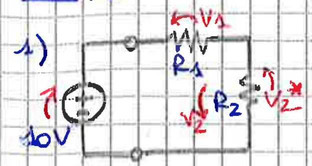
$i_2 - \frac{1}{3} + i_4 = 0 \rightarrow i_4 = \frac{1}{3} - 5 = -\frac{14}{3}A$ ✓

$i_3 = 1A + i_4 = 1 - \frac{14}{3} = -\frac{11}{3}A$ ✓

$i_1 = \frac{1}{3} - i_3 = \frac{1}{3} + \frac{4}{3} = 4A$ ✓

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 11 di 208

esempio

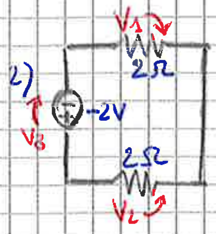
1)


se volessi V_1 e V_2, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$

uso la legge di partizione

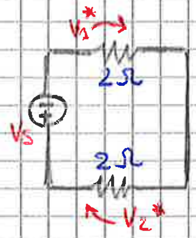
$$V_2^* = V \frac{R_2}{R_e} = 10 \cdot \frac{4}{6} = \frac{40}{6} = \frac{20}{3} V$$

quindi $V_2 = -\frac{20}{3} V$

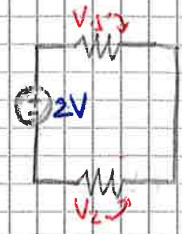
2)


Il generatore e' al contrario!

Ridisegno il circuito →



o



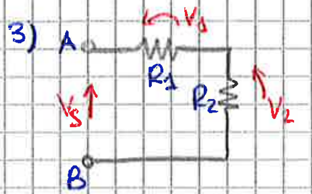
$$V_1^* = V_S \frac{2}{4} = -1 V$$

$$V_2^* = V_S \frac{2}{4} = -1 V$$

$V_1 = V_1^* = -1 V$ $\quad$ $V_2 = -V_2^* = 1 V$

$V_2 = 2 \cdot \frac{2}{4} = 1 V$

$V_1 = -\left(2 \cdot \frac{2}{4}\right) = -1V$

3)


$R_e = R_1 + R_2$

$V_1 = V_S \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $\quad$ $V_2 = V_S \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Facciamo $R_2 \to 0$, cortocircuito, $R_e = R_1$

$V_1 = V_S$

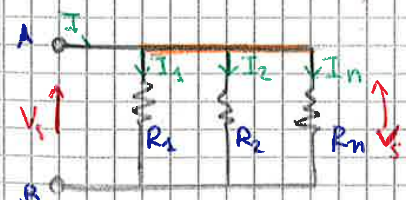
$V_2 = 0 V$

se $R_2 \to \infty$, circuito aperto

$V_1 = 0 V$

$V_2 = V_S$

>>> ——— ♡ ——— <<<



Nel circuito in parallelo le tensioni sono le stesse in tutti i capi

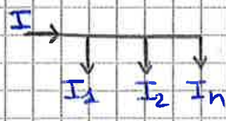
$I_1 = \frac{V_S}{R_1} = V_S G_1$ → G = conduttanza = $1/R$

$I_2 = \frac{V_S}{R_2} = V_S G_2$

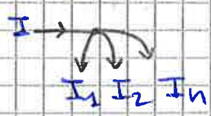
⋮

$I_n = \frac{V_S}{R_n} = V_S G_n$

KCL al nodo 1



o



11

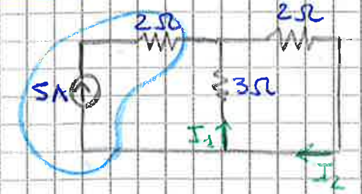
se ho solo 2 resistori

$$I_1 = I \frac{G_1}{G_1+G_2} = I \cdot \frac{1}{R_1} : \left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) = I \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}$$

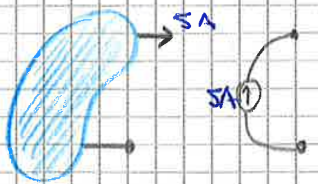
$$I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

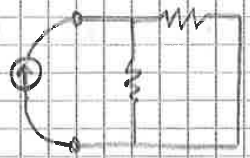
ATTENZIONE! Per $R_1 - I_2$
Per $I_1 - R_2$

esempi



Per il principio di SOSTITUZIONE





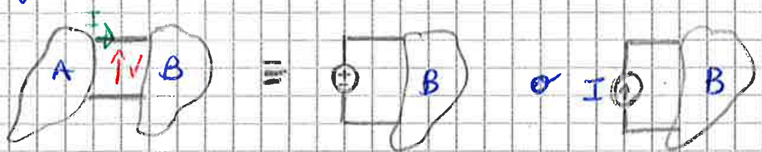
Quindi $I_1 = -5A \cdot \frac{2\Omega}{5\Omega} = -2A$

è in flusso opposto

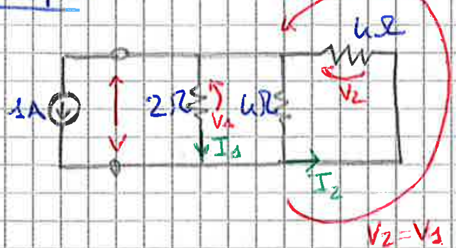
$I_2 = 5A \cdot \frac{3\Omega}{5\Omega} = 3A$

Nel tubero quindi $5A - 3A - 2A = 0A$ KCL ✓

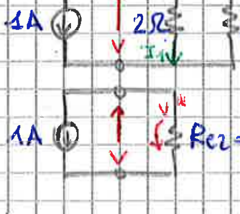
Se ho una porzione di rete connessa al resto attraverso 2 terminali e se ho o posso calcolare la tensione o la corrente in corrispondenza di tale porzione allora vale il principio di SOSTITUZIONE → posso analizzare la rete con un generatore di tensione o di corrente con i loro valori



esempio



CASO 1 Semplificazioni successive e legge di Ohm (caso senza partizioni)



$Re_1 = \frac{16}{8} = 2\Omega$

$Re_2 = \frac{2 \cdot 2}{4} = 1\Omega \rightarrow V^* = 1 \cdot 1 = 1V$

$V = -V^* = -1V$

torno allo step prima, $I_1 = \frac{V}{2\Omega} = -\frac{1}{2}A$

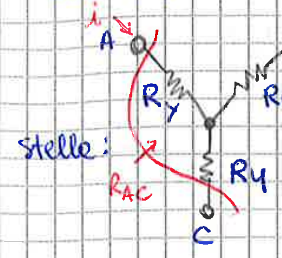
la corrente è opposta

$V_1 = V = 2\Omega \cdot I_1 = 2\Omega \cdot (-\frac{1}{2}A) = -1V$

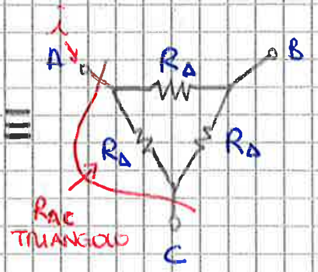
$I_2 = -\frac{V_2}{4\Omega} = \frac{1}{4}A$

TRASFORMAZIONE STELLA-TRIANGOLO

Qui si usano solo per strutture di resistori di ugual valore



=



- la corrente entra in A. Se considero A-C la corrente passa in due resistenze ed esce da C. $R_{AC} = 2R_Y$

Nel caso del triangolo, in B non ho di nuovo corrente.

$R_{AC} = R_\Delta \parallel (R_\Delta + R_\Delta) = \frac{2}{3} R_\Delta$

devo avere due risultati uguali

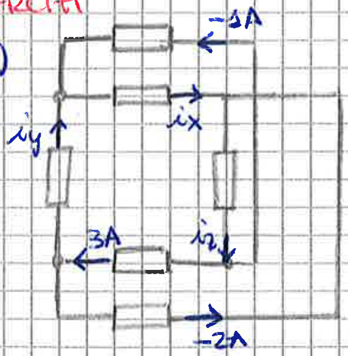
$$2R_Y = \frac{2}{3} R_\Delta$$

$$\downarrow$$

$$\boxed{\begin{array}{c} 3R_Y = R_\Delta \\ R_Y = \dfrac{R_\Delta}{3} \end{array}}$$

ESERCIZI

1.5)



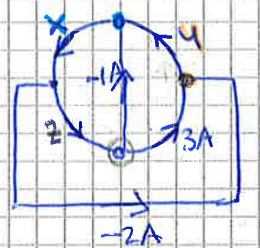
Calcolare i_x, i_y, i_z

~~$i_x = 3A - 1A = 2A$~~

$i_y = 3A + 2A = 5A$

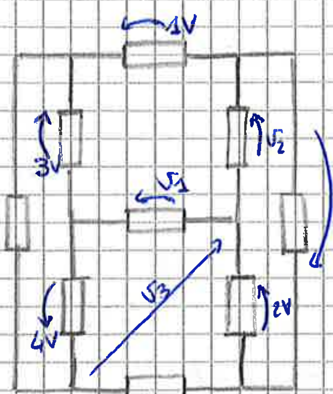
$i_x = i_y - 1A = 5A - 1A = 4A$

~~$i_z = i_y - 2A = 5A - 2A = 3A$~~



$i_z = 3 - 1 = 2A$

1.6)



Calcolare V_1, V_2, V_3

$V_2 + 1 - 3 + 4 + 2 = 0$

$V_2 = -4V$

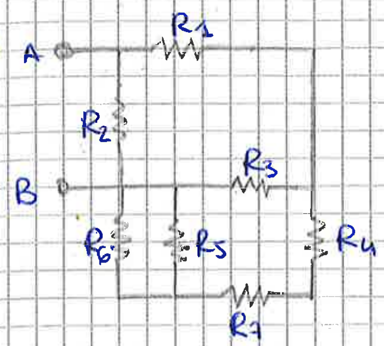
$V_1 = -3V + 1V + V_2 = -2V - 4V = -6V$

$-V_3 = V_1 + 4V = -6V + 4V = -2V$

$\hookrightarrow V_3 = 2V$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 17 di 208

2.17)



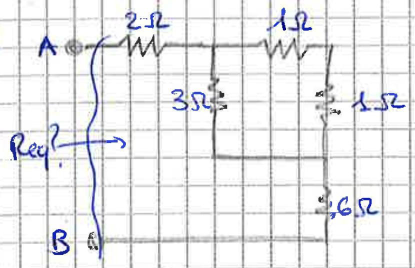
R = sempre uguale = 1000 Ω = 10^3 Ω

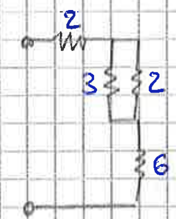
$$\left\{\left\{\left[(R_4+R_7)\,||\,R_3\right]\,||\,(R_5\,||\,R_6)\right\}+R_1\right\}\,||\,R_2$$

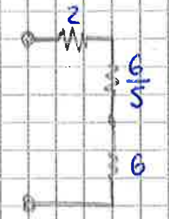
$$\frac{2\times10^3\cdot10^3}{2\times10^3}=10^3\ [\ ]$$

$$\frac{10^3}{3}=333\quad\{\ \}+R_1=1{,}3\times10^3$$

2.18)

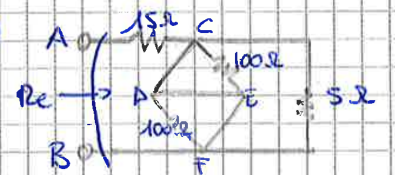






$$R_e = 8+\frac{6}{5}=\frac{46}{5}\,\Omega$$

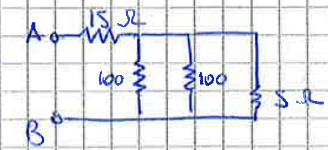
2.19)



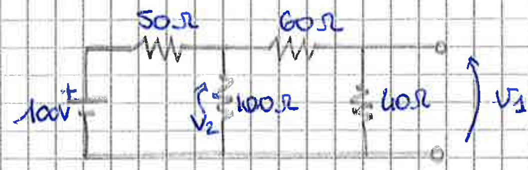
$$\cancel{15+\frac{100\cdot100}{200}+75=20+50=70\,\Omega}$$

$$R_{eq}\,||=G_{100}+G_{100}+G_5=G_{50}+G_5$$

$$\frac{50\cdot5}{55}+15=25\,\Omega$$



2.23)



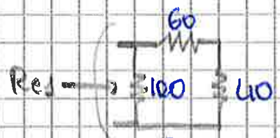
Calcolare V_1

calcoliamo con il partitore di ~~corrente~~ tensione V_2 → 50Ω e 100Ω sono infatti in serie

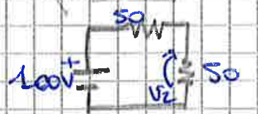
$$V_2=V\cdot\frac{50}{100+50}=\frac{50\cdot10^2}{150}=\frac{5000}{150}=\frac{500}{15}=\frac{100}{3}=\frac{100}{3}$$

$$V_1=V_2\cdot\frac{60}{40+60}=\frac{100}{3}\cdot\frac{60}{100}=\frac{60}{3}=\frac{60}{3}=20\,V$$

non posso farlo



$$\frac{100\cdot100}{200}=50\,\Omega=Re_1$$



$$V_2=100\cdot\frac{50}{50+50}=50\,\Omega$$

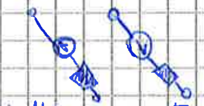
quindi $V_1=V_2\cdot\frac{40}{60+40}=50\cdot\frac{40}{100}=\frac{40}{2}=20\,\Omega$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 19 di 208

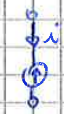
Vm ha sempre la stessa forma

$$V_m = \frac{\boxed{A} + \boxed{B}}{\boxed{C}}$$

BLOCCO A $\sum_p \pm A_p$ per rami

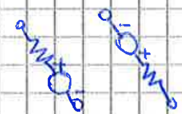


Uso +: A_p inietta corrente verso il + di V_m



Uso −: $\ominus$

BLOCCO B $\sum_k \pm E_k G_k$ per rami

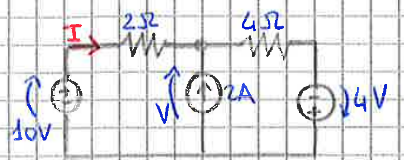


Uso +: E_k ha il + rivolto verso il + di V_m

Uso −: $\ominus$

BLOCCO C $\sum_j G_j$ TRANNE LE G IN SERIE A GENERATORI DI CORRENTE

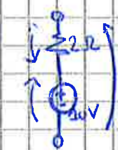
esempio



$$V_m = \frac{A+B}{C} = \frac{2 + \left(\frac{10}{2} - \frac{4}{4}\right)}{\frac{1}{2}+\frac{1}{4}} = 8\,V$$

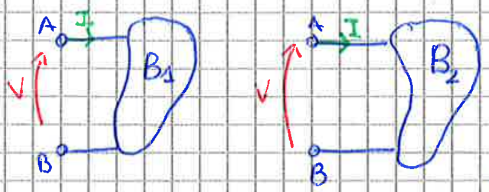
$I \neq \frac{10V}{2\Omega}$! attenzione !

invece I:



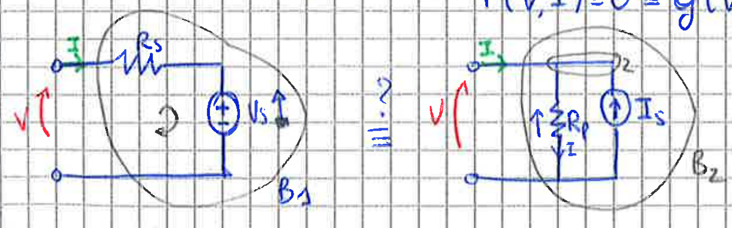
lo leggo $\ominus$ $V_m - 10V + 2I \rightarrow 2I = 10 - V_m \rightarrow I = 1A$

TRASFORMAZIONE DELLE SORGENTI



due bipoli sono equivalenti se hanno la stessa caratteristica I-V

$f(V,I)=0 \equiv g(V,I)=0$



B_1: Uso KVL $\quad V - R_s I - V_s = 0 \quad V = R_s I + V_s$

B_2: Uso KCL $\quad I = \frac{V}{R_p} - I_s \quad V = R_p I + I_s R_p$

$\Downarrow$

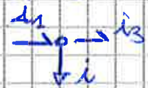
Sono uguali se $I_s = \frac{V_s}{R_s}$ $\quad R_s = R_p \quad V_s = R_p I_s$

So che $i = i_1 - i_3$ per KCL con A

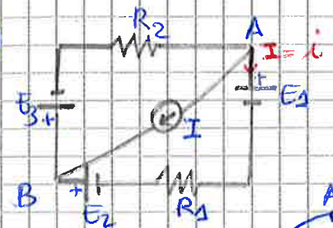
R_{eq} $= (3 \| 6) + (6 \| 3) = \frac{18}{9} + \frac{18}{9} = 4\,\Omega$
Quindi $V = I \cdot R_{eq} = 4\,\Omega \cdot 3A = 12V$ } superfluo

Quindi la corrente che entra nelle due maglie è proprio 3A!

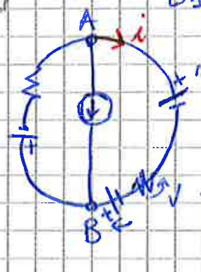
Ora calcolo $i_3 = I \cdot \frac{3\Omega}{9\Omega} = \frac{9}{9} = 1A$

quindi  $i = i_1 - i_3 = 2 - 1 = 1A$

2.34)



$R_1 = 5\Omega$ $E_2 = 4V$ i?
$R_2 = 10\Omega$ $E_3 = 10V$
$E_1 = 2V$ $I = 4A$



Sono in parallelo, è una rete di Millman posso quindi calcolare $V_m = \frac{A+B}{C}$

$$V_m = \frac{-I + \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_3}{R_2} - \frac{E_2}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{-4 + \frac{2}{5} - 1 - \frac{4}{5}}{\frac{1}{5} + \frac{1}{10}} =$$

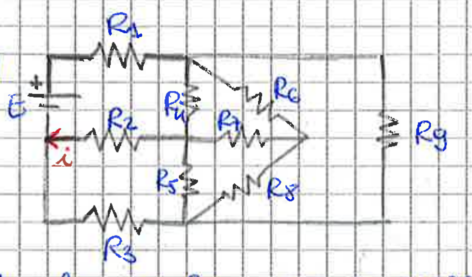
$$= \frac{-5 - \frac{2}{5}}{\frac{15}{50}} = -\frac{27}{5} \cdot \frac{50}{15} = -\frac{270}{15} = -\frac{90}{5} = -18V$$

Per KVL: $V_m - E_1 + E_2 - V = 0$

$V = V_m - E_1 + E_2 = -18V - 2V + 4V = -16V$

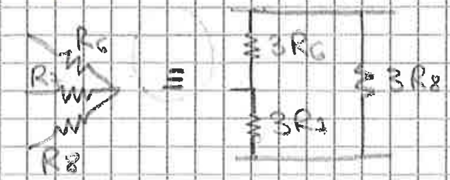
per la legge di Ohm, $V = iR$, quindi $i = \frac{V}{R_1} = \frac{-16}{R_1} = -\frac{16}{5}A$

3.3)



$R_1 = R_2 = R_3 = 5\Omega$ $E = 300V$
$R_4 = R_5 = R_9 = 30\Omega$
$R_6 = R_7 = R_8 = 10\Omega$

Uso la trasformazione stella-triangolo, sapendo che $R_{TRIANGOLO} = 3R_{STELLA}$



$$I = I'' + I' = \frac{A}{2} - \frac{E}{2R} \leftarrow$$

$\triangleq$ SI DEFINISCE

OSSERVAZIONI

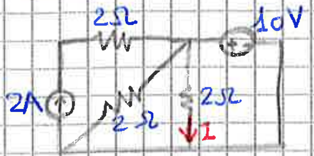
Facile, lungo da fare, inefficiente, attenzione alla potenza!

$v = v' + v''$ e $I = I' + I'' \rightarrow P_A \triangleq v \times i$

$$P = v \cdot i = (v' + v'')(I' + I'') = v'I' + v'I'' + v''I' + v''I''$$

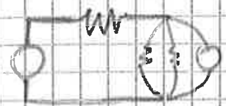
$$P \neq v'i' + v''i''$$

esercizio



1) $I = \frac{10V}{2\Omega} = 5A$ per Ohm

2) Per Millman

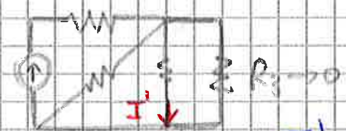


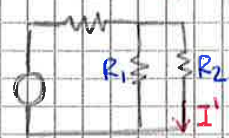
Mi manca una R che va messa in serie con  con $R_1 \to 0$

$$V_m = \frac{\frac{10V}{R_1} + 2A}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{R_1}} \; ; \quad \lim_{R_1 \to 0} \frac{10/r}{1/r} = 10V \quad \text{CVD}$$

3) sovrapposizione degli effetti $I = I' + I''$

$I' = I^{(2A)}$

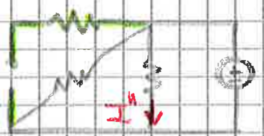




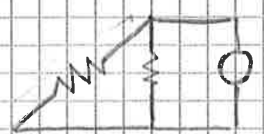
I' per partitore:

$$I' = 2A \cdot \frac{1/R_2}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_{3 \to 0}}$$

$I'' = I^{(10V)}$



$$I'' = \frac{10V}{2\Omega} = 5A$$



$I' = 0A$ perché $R_3 \to 0$

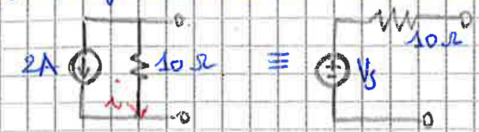
$\Downarrow$

$$I = I' + I'' = 5A + 0A = 5A$$

Per KVL → $V_m - 50 I - 120V = 0$

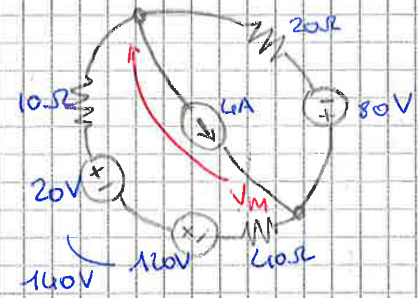
ricavo I e la sommo a I' → ottengo I finale

3) trasformazioni + Millman



$R_s = 10\Omega$

$V_s = 2A \cdot 10\Omega = 20V$

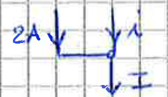


$$V_m = \frac{\frac{140}{50} - \frac{80}{20}}{\frac{1}{50} + \frac{1}{20}}$$

segno (4)

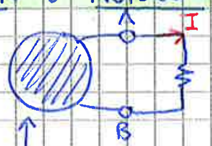
Per KVL → $V_m - 50 I - 140V = 0$

$$I = \frac{V_m - 140}{50}$$



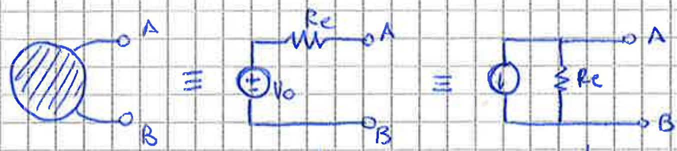
$i = I + 2A$

THEVENIN E NORTON



BIPOLO β con resistori e generatori

→ semplificare con uno dei due bipoli seguenti



EQUIVALENTE DI THEVENIN (SERIE)

EQUIVALENTE DI NORTON (PARALLELO)

• TEOREMA DI THEVENIN

Dato un bipolo β PROPRIO (non dipende da oggetti fuori dal suo dominio), lineare, tempo invariante, "resistivo" (= generatori e resistori) che ammette soluzione (1 e 1 sola) quando pilotato da un generatore di corrente ideale

1) β ha caratteristica V-I del tipo $V = Re\, i + V_0$

2) β è equivalente al bipolo di Thevenin

(2) ⇒ (1) per KVL

$v - Re\, i - V_0 = 0$

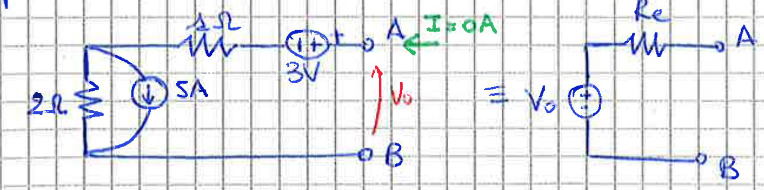
$V = V_0 + Re\, i$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 27 di 208

V_1 con Millman $= \dfrac{\frac{2V}{2\Omega} - 2A}{\frac{1}{2} + 1} = \dfrac{-1}{3/2} = -\dfrac{2}{3}$

esercizio

Equivalente Thevenin:

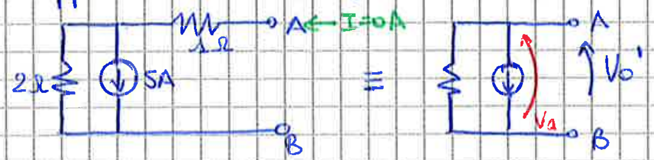


$R_e = 1\Omega + 2\Omega = 3\Omega$

V_0?

1) sovrapposizione $V_0 = V_0' + V_0'' = V_0^{(5A)} + V_0^{(3V)}$

V_0'

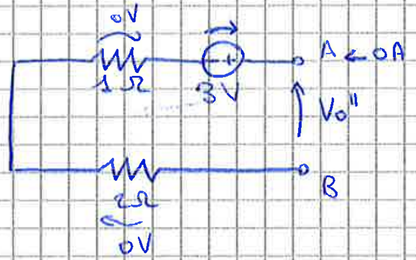


$\rightarrow V_0'$ = PER KVL

$V_1 - V_0' = 0$

$V_1 = V_0' = -5A \cdot 2\Omega = -10V$

V_0''



KVL

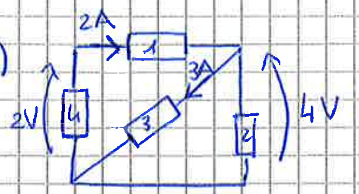
$V_0'' - 3V - 0V - 3V = 0$

$V_0'' = 3V$

Quindi $V = -10V + 3V = -7V$

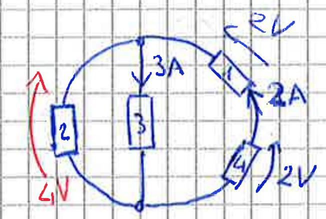
ESERCIZI

1.8)



Calcolare P_A di tutti i componenti

1) ridisegno



componenti:

③ $P_A = 3A \cdot 4V = 12W$

① $P_A = -2A \cdot 2V = -4W$

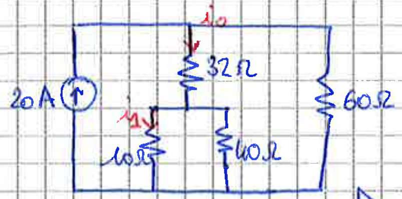
④ $P_A = -2A \cdot 2V = -4W$

② $i_2 = 2A - 3A = -1A \rightarrow P_A = -1A \cdot 4V = -4W$

Infatti, con th. Tellegen, $12 - 4 - 4 - 4 = 0W$ ✓

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 208

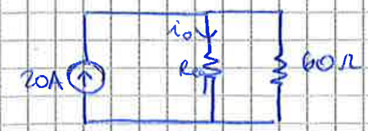
2.24)



calcolare i_1

$$i_1 = i_0 \cdot \frac{40\,\Omega}{50\,\Omega} =$$

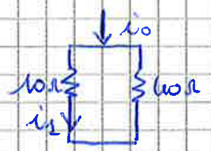
Devo calcolare i_0



$$R_{eq} = 32 + (40 // 10) = 40\,\Omega$$

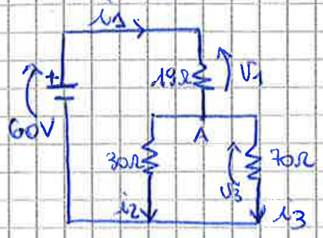
$$i_0 = 20A \cdot \frac{60}{100} = 12A$$

i_0 è la I per calcolare i_1

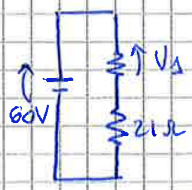


$$i_1 = i_0 \cdot \frac{40}{50} = 12 \cdot \frac{40}{50} = 9{,}6A$$

2.25)



Per calcolare V_1 uso 19 Ω e $R_{eq} = 30 // 70 = \frac{70 \cdot 30}{100} = 21\,\Omega$



$$V_1 = 60 \cdot \frac{19}{19+21} = 28{,}5V$$ ✓

$$R_{eq}\,TOT = 21 + 19 = 40\,\Omega$$

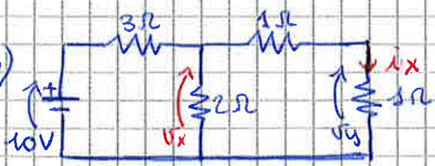
$$\rightarrow i_1 = \frac{60}{40} = 1{,}5A$$

Per i_2 uso partitore di corrente → $i_2 = i_1 \cdot \frac{70}{100} = 15 \cdot \frac{7}{100} = 1{,}05A$ ✓

idem per $i_3 = i_1 \cdot \frac{30}{100} = 15 \cdot \frac{3}{100} = 0{,}45A$ ✓

$V_3 = i_3 \cdot 70 = 0{,}45 \cdot 70 = 31{,}5V$ ✓

2.26)



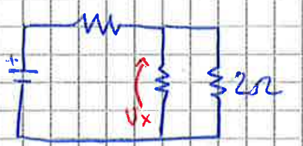
Per calcolare V_x uso lo STEP2 + PARTITORE

$$V_x = 10 \cdot \frac{1}{4} = 2{,}5V$$

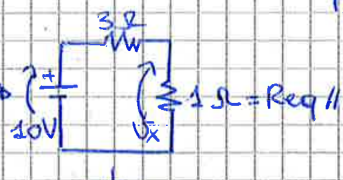
Per calcolare i_x, passo attraverso

$$V_y = V_x \cdot \frac{1}{2} = \frac{2{,}5}{2}V$$

$$i_x = \frac{V_y}{1\,\Omega} = V_y = 1{,}25A$$

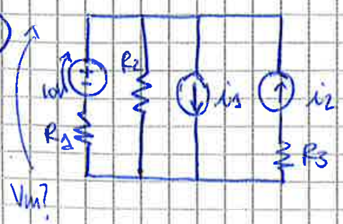


→



STEP 2

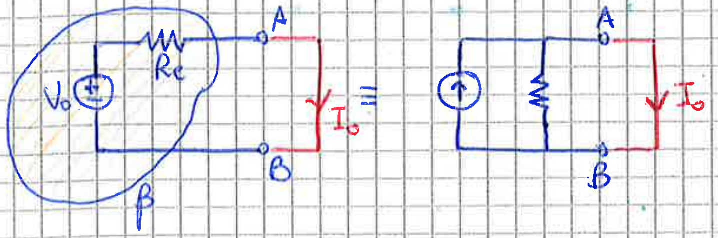
2.33)



$$V_m = \frac{A+B}{C} = \frac{-i_1 + i_2 + \frac{10}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = 3V$$

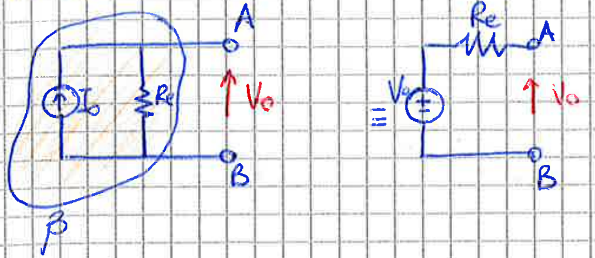
Deriviamo l'equivalenza tra sorgenti usando Thevenin e Norton

$T \to N$



$I_0 = \frac{V_0}{R_e}$

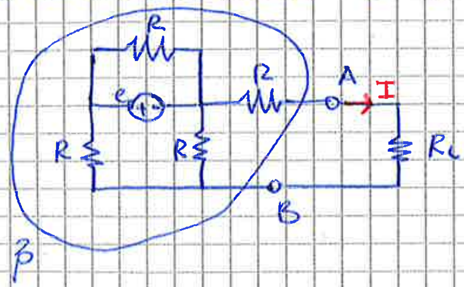
$N \to T$



$V_0 = I_0 \cdot R_e$

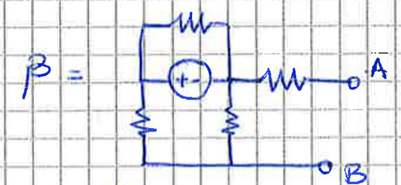
esempio

Data la rete mostrata in figura costruire gli equivalenti T,N del bipolo a sx di R_L e calcolare I se $R_L = 1\Omega$ e se $R_L = 2\Omega$

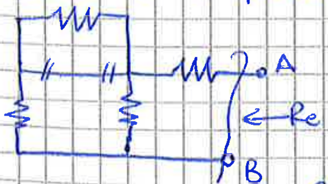


1) identificare bipolo al quale applicare T,N

2) ridisegnare β



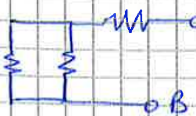
3) calcolo R_e → spengo generatori in β



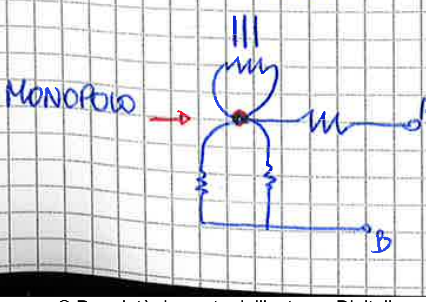
$R_e = 2R \,//\, R + R = \frac{2R^2}{3R} + R = \frac{5}{3}R$ NO!

Non puoi togliere il filo

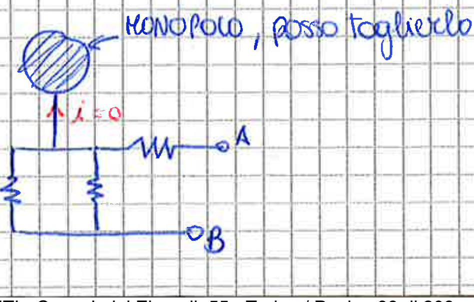
Ricordati che nel parallelo diventa $R \to 0\Omega \,//\, R = 0\Omega$



$= R//R + R = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$

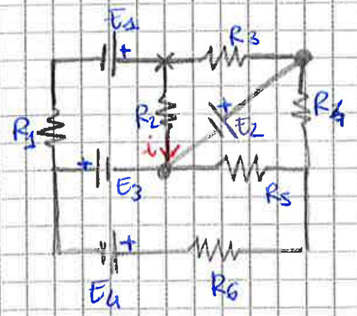


Il monopolo ha una corrente entrante pari a zero! Per KCL



ESERCITAZIONE 3 MARTEDÌ 23 OTTOBRE 2018

5.2) determinare corrente i $R_n = n \cdot 10\Omega$ $E_n = n \cdot 10V$



$$\underset{\substack{\downarrow \\ E_1}}{i'} + \underset{\substack{\downarrow \\ E_2}}{i''} + \underset{\substack{\downarrow \\ E_3}}{i'''} + \underset{\substack{\downarrow \\ E_4}}{i^{IV}} = i$$

per sovrapposizione degli effetti

$R_1 = 10\,\Omega$, $R_2 = 20\,\Omega$, $R_3 = 30\,\Omega$, $R_4 = 40\Omega$, $R_5 = 50\Omega$.

$E_1 = 10V$, $E_2 = 20V$, $E_3 = 30V$, $E_4 = 40V$

- $i' \rightarrow i'\big|_{E' = E_1}$ il resto spento

R_4, R_5, R_6 hanno tensione nulla per via del cortocircuito

Calcolo v con partitore di tensione

$$R_e = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} = \frac{20\cdot 30}{50} = \frac{600}{50} = \frac{60}{5} = 12\ \Omega$$

$$v = E_1 \cdot \frac{R_2 /\!/ R_3}{(R_2/\!/R_3)+R_1} \rightarrow i' = \frac{v}{R_2} = \frac{E_1 \frac{R_2/\!/R_3}{R_2/\!/R_3 + R_1}}{R_2} =$$

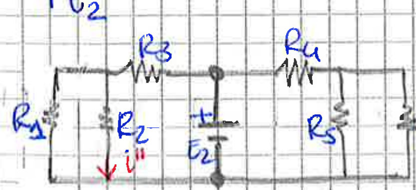
oppure usi partitore di corrente! $Req\ tot = R_1 + R_2/\!/R_3$. $I = \frac{E_1}{Req\ tot}$

$$i' = I \cdot \frac{R_3}{R_2+R_3} \qquad I = \frac{10}{12+10} = \frac{10}{22} = \frac{5}{11}$$

$$i' = \frac{5}{11} \cdot \frac{3\cancel{0}}{5\cancel{0}} = \frac{15\cancel{0}}{55\cancel{0}} = \frac{18}{66} = \frac{3}{11} =$$

→ DGFR PAG 61 QUADERNO (SPECIALMENTE PER i' E i'')

- $i'' \rightarrow i''\big|_{E_2}$

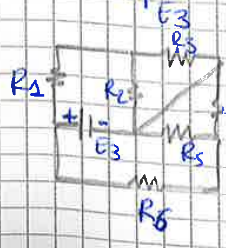


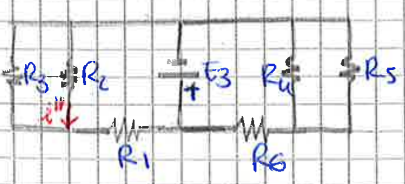
$$Req = (R_1/\!/R_2) + R_3 = \frac{10\cdot 20}{3\cancel{0}} + 30 = \frac{20+90}{3} = 40\Omega$$

$$I = \frac{E_2}{40} = \frac{20}{40} = \frac{1}{2}A$$

$$i'' = \frac{1}{2}A\,(=I) \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10}{30} = \frac{5}{30} = \frac{1}{6}\ \frac{2}{4}\ A$$

- $i''' \rightarrow i'''\big|_{E_3}$





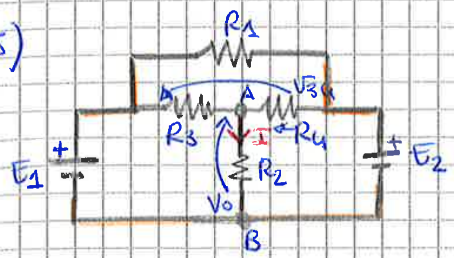
$$Req = R_3/\!/R_2 + R_1 = \frac{30\cdot 20}{50} + 10 = 12 + 10 = 22\Omega$$

$$I_0 = \frac{E_3}{22} = \frac{30}{22}$$

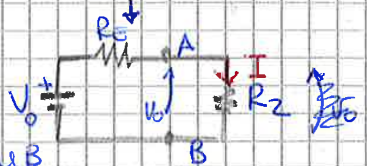
$$i''' = \frac{30}{22} \cdot \frac{R_3}{50} = \frac{30}{22} \cdot \frac{30}{50} = \frac{\cancel{90}^{18}}{22\cdot 8} = \frac{9}{11}$$

33

5.15)



calcolare I calcolando l'equivalente di Thevenin



Perché voglio tra A-B; solo R_2 non entra in β

Mi serve V_0 = tensione a vuoto e R_e = resist. equiv. in β

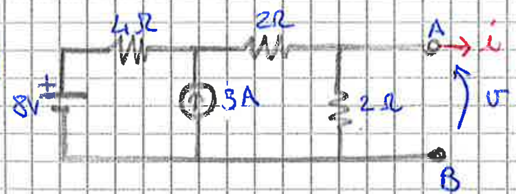
$$V_{34} = E_1 - E_2$$

$$V_0 = V_{R4} + E_2 = \underbrace{(E_1 - E_2)\cdot\frac{R_4}{R_3+R_4}}_{\text{per il partitore}} + E_2 = 16/3\ V$$

$$R_e = R_1 /\!/ 0 + (R_3 /\!/ R_4) = \frac{R_3R_4}{R_3+R_4} = \frac{2\cdot 4}{6} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}\ \Omega$$

$$I \to (*) \to \frac{V_0}{R_{eq}+R_2} = I = \frac{8}{5}\ A$$

5.16)



caratteristica V-I? → $v = f(i)$

faccio finta che $i = 0$ inizialm

$$v = v' + v'' + v'''$$

$8V$ $3A$ i

$$v'? \to 8V\cdot\frac{4\Omega}{4\Omega+4\Omega}\cdot\frac{2\Omega}{2\Omega+2\cdot 2} = 2V$$

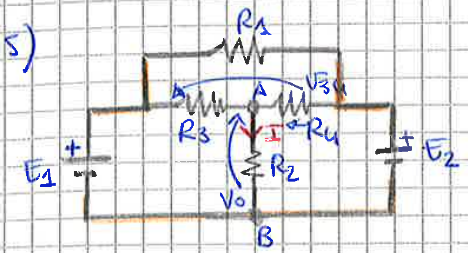
$$v'' = \frac{3}{2}A\cdot 2\Omega = 3V$$

$$v''' = 2/\!/(6\Omega)\cdot i$$

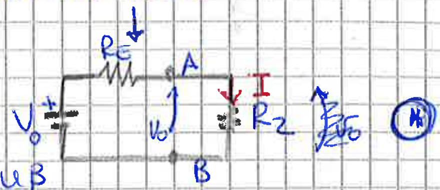
$$\to v = 2V + 3V + \frac{12}{8}i = \left(5 + \frac{3}{2}i\right)V$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 37 di 208

5.15)



calcolare I calcolando l'equivalente di Thevenin



Perché voglio tra A-B! solo R_2 non entra in β

Mi serve V_0 = tensione a vuoto e R_e = resist. equiv. in β

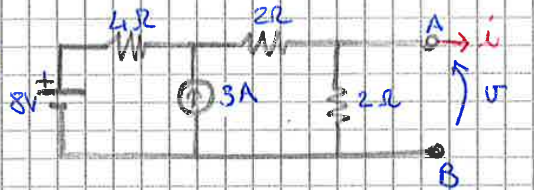
$$V_{34} = E_1 - E_2$$

$$V_0 = V_{R_4} + E_2 = \underbrace{(E_1 - E_2) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}}_{\text{per il partitore}} + E_2 = 16/3\ V$$

$$R_e = R_1 // 0 + (R_3 // R_4) = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{2 \cdot 4}{6} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}\ \Omega$$

$$I \to (*) \to \frac{V_0}{R_{eq} + R_2} = I = \frac{8}{5}\ A$$

5.16)



caratteristica V-I? → $v = f(i)$

faccio finta che $i = 0$ inizialmente

$v = v' + v'' + v'''$

8V, 3A, i

$$v'? \to 8V \cdot \frac{4\Omega}{4\Omega + 4\Omega} \cdot \frac{2\Omega}{2\Omega + 2 \cdot 2} = 2V$$

$$v'' = 3/2\ A \cdot 2\Omega = 3V$$

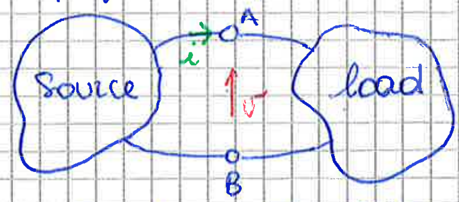
$$v''' = 2 // (6\Omega) \cdot i$$

$$\to v = 2V + 3V + \frac{12}{8} i = \left(5 + \frac{3}{2} i\right) V$$

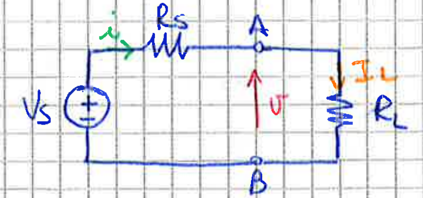
35

MASSIMO TRASFERIMENTO DI POTENZA

Si pensi ad un amplificatore per la source e una cassa acustica → load



Dimensionare il carico (assunto ≡ R_L) per avere il max trasferimento di potenza



$i = I_L$

$P_L = R_L \cdot I_L^2 \rightarrow I_L = \frac{V_S}{R_S + R_L}$

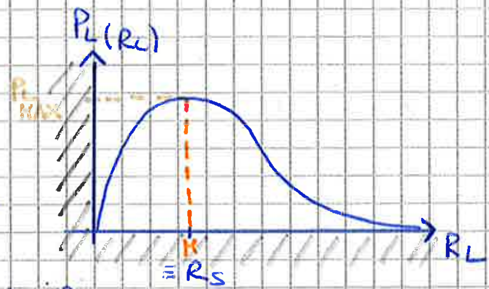
$\Downarrow$

$$P_L = R_L \frac{V_S^2}{(R_S+R_L)^2} = P_L(R_L)$$

$$P_L(MAX) = \frac{V_S^2}{4R_L} = \frac{V_S^2}{4R_S}$$

↓

max assorbita da R



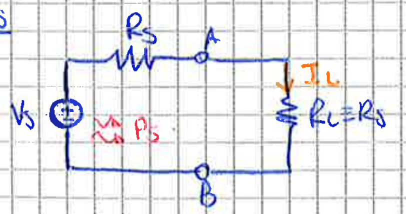
Per $R_L \rightarrow 0$, $P_L \rightarrow 0$

Per $R_L \rightarrow \infty$, $P_L \rightarrow 0$

M ⇒ max → $R_L = R_S$

$P_L(MAX)$ = pot massima in corrispondenza di M

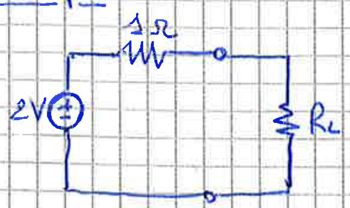
OSS



$$I_L = \frac{V_S}{R_L + R_S} = \frac{V_S}{2R_S}$$

P_S (EROGATA) $= V_S \cdot I_S = \frac{V_S^2}{2R_S}$ → erogata dal generatore

esempio



$R_L = 0 / \frac{1}{2} / 1 / 3$

$P_L = R_L \times I_L^2$

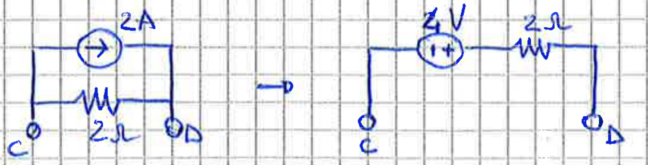
se $R_L = 0\,\Omega \rightarrow P_L = 0\,W$

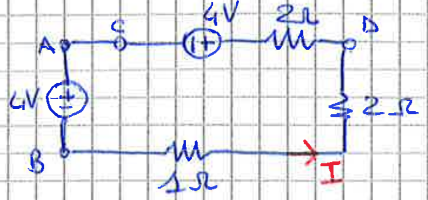
$R_L = \frac{1}{2}\,\Omega \rightarrow R_e = \frac{1}{2} + 1$

Se $R_L = 3\,\Omega \rightarrow I_L = \frac{2}{1+3} = \frac{1}{2} A$, $P_L = 3 \cdot \frac{1}{4}\,W = \frac{3}{4}\,W$

se $R_L = R_S = 1\,\Omega \rightarrow I_L = \frac{2}{2} = 1\,A \rightarrow P_L = 1 \cdot 1 = 1\,W = P_L\,MAX$

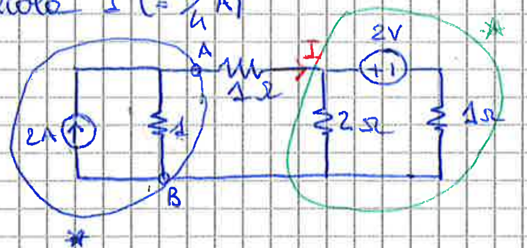
VIA #3 $N \to T$





$$I = -\frac{8V}{5\Omega} = -\frac{8}{5}A$$

2) calcolo I ($= \frac{1}{4}A$)

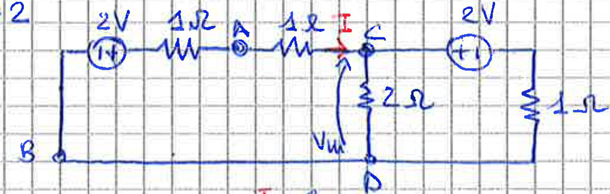


VIA #1 → sovrap (X CASA)

VIA #2 → N→T (*) + Millmann

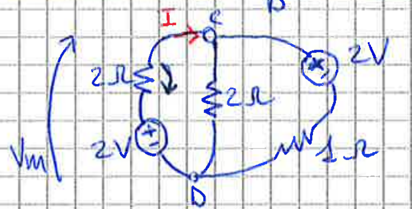
VIA #3 → T su (*) + Millmann

VIA #2



Millmann per CD

$$V_m = \frac{\frac{2}{2} + \frac{2}{1}}{\frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2}} = \frac{3}{2} = \frac{3}{2}V$$

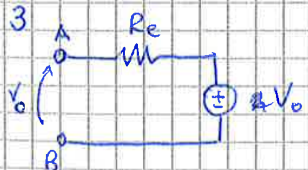


KVL $\quad V_m - 2V + 2I = 0$

$$I = \frac{2V - V_m}{2} = \left(2 - \frac{3}{2}\right)\frac{1}{2} =$$

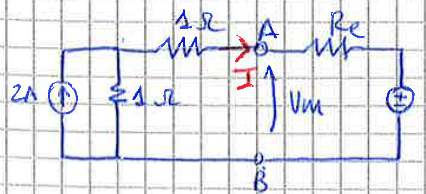
$$= 1 - \frac{3}{4} = \frac{1}{4}A$$

VIA #3



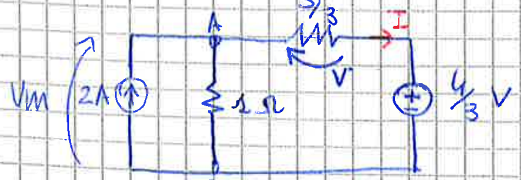
$Re = 2\Omega // 1\Omega = \frac{2}{3}\Omega$

$$V_0 = 2 \times \frac{2\Omega}{1+2} = \frac{4}{3}V$$



$2V_0 = \frac{4}{3}V$ → equivalente Thevenin

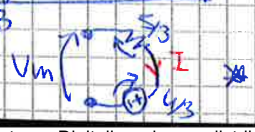
$$V_m = \frac{\left(\frac{4}{3}\right) / \left(1 + \frac{2}{3}\right) + 2}{1 + 1/\left(1+\frac{2}{3}\right)} = \frac{7}{4}V$$



PER KVL *

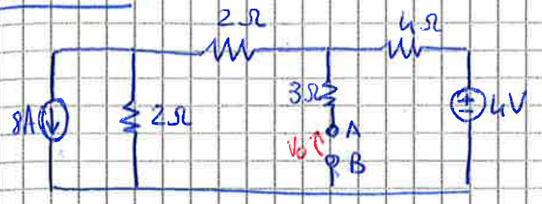
$$V_m - \frac{4}{3} - \frac{5}{3}I = 0$$

$$I = \left(\frac{7}{4} - \frac{4}{3}\right)\frac{3}{5} = \frac{21}{20} - \frac{4}{5} = \frac{1}{4}A$$



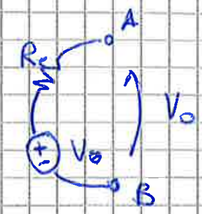
*

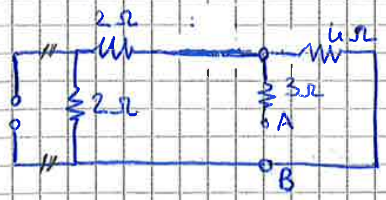
ESERCIZIO



costruire l'equivalente

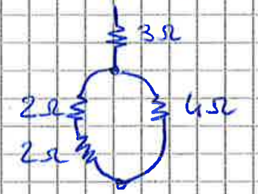
$R_e =$





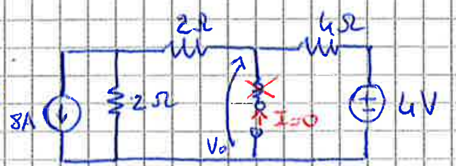
$$\cancel{R_{eq} = (3\Omega + 2\Omega) \,//\, (2\Omega \,//\, \infty\Omega) = (3\Omega + 2\Omega) \,//\, R}$$

Req:

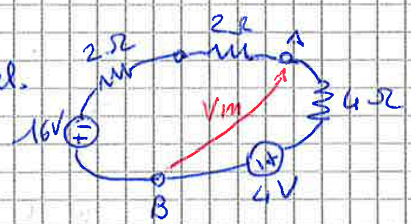


$$\rightarrow \quad 4\Omega \,//\, 4\Omega \rightarrow \frac{16}{8} = 2\Omega + 3\Omega \rightarrow 5\Omega = R_{eq}$$

V_0:

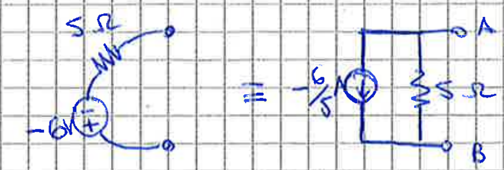


equival. $\rightarrow$



$$V_m = V_0 = \frac{-\frac{16}{4} + \frac{4}{4}}{\frac{1}{4} + \frac{1}{4}} = \frac{-3}{\frac{1}{2}} = -6V$$

ora posso costruire i due equivalenti!

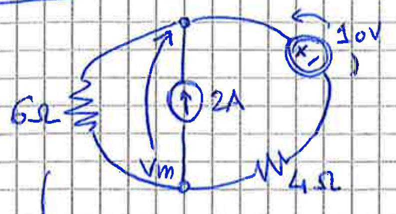


VIA #2 Sovrapposizione ottimizzata + Millman

$$v = \underbrace{v'}_{v^{(3A)}} + \underbrace{\underbrace{v''}_{v^{(2A)}} + \underbrace{v'''}_{v^{(10V)}}}_{v_*'''}$$

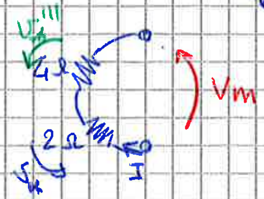
$\underline{v'}$: vedi v''' pag prima $\rightarrow$ $v' = \frac{36}{10} = \frac{18}{5}$ V

$\underline{v'' \text{ e } v'''}$



è una rete di Millman!

$$V_m = \frac{\frac{10}{4} + 2A}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4}} = \frac{18}{4} : \left(\frac{4+6}{24}\right) = \frac{\overset{9}{\cancel{18}}}{\cancel{4}} \cdot \frac{\overset{6}{\cancel{24}}}{\underset{5}{\cancel{10}}} = \frac{54}{5} V$$



$$V_m + 4I + 2I = 0$$

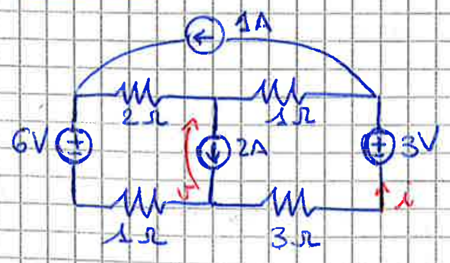
$$I = -\frac{V_m}{6} = -\frac{9}{5} A$$

quindi $v_*''' = I \cdot R = -\frac{9}{5} \cdot 4 = -\frac{36}{5}$ V

$\rightarrow$ ho calcolato $v'' + v'''$ insieme grazie a Millman

$$v = v_*''' + v' = -\frac{36}{5} V + \frac{18}{5} = -\frac{18}{5} V = -\frac{36}{10} V \quad \checkmark ok$$

ESERCIZIO

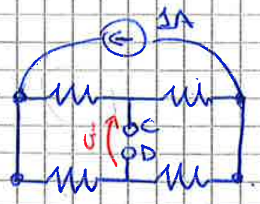


calcolare v, i

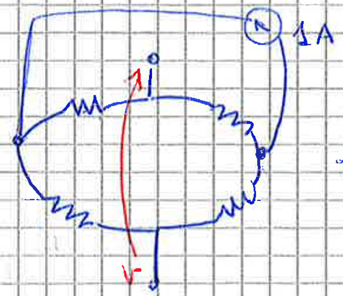
Sovrapposizione ottimizzata + Millman

$$v = \underbrace{v'}_{v^{(-1A)}} + \underbrace{v''' + v'' + v^{IV}}_{v_*}$$

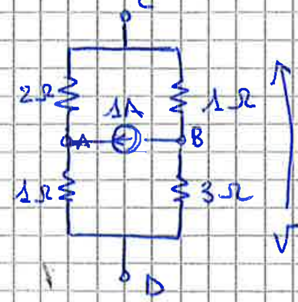
$v' = v\Big|_{1A} =$



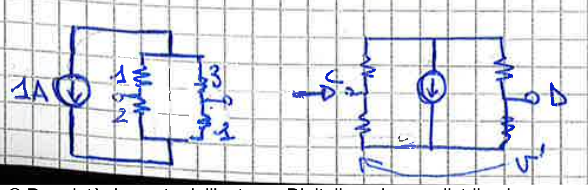
$\rightarrow$



$\rightarrow$



v richiesta $= v_{CD} = v_C$



VENERDÌ 26 OTTOBRE 2018

METODI GENERALI DI ANALISI

Si intende "scrittura automatica" delle equazioni.

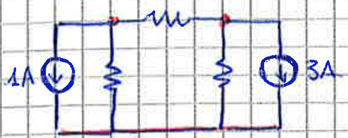
→ METODO DEI NODI (NA, Nodal Analysis/Method)

E' usato in molti simulatori commerciali tipo SPICE (pspice, lt, ...).

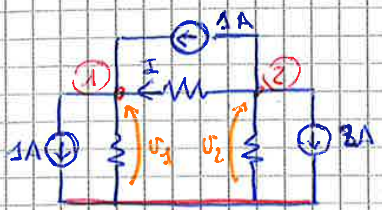
E' basato sulle TENSIONI NODALI (incognite)

RETI CON RESISTORI E GENERATORI DI CORRENTE

es: calcolare I



Quanti nodi hai? → 3



E qui? 3 NON 4

(1) ③ = nodo zero di riferimento → per una rete con n nodi, definisco (n-1) tensioni nodali (•) riferite al nodo zero

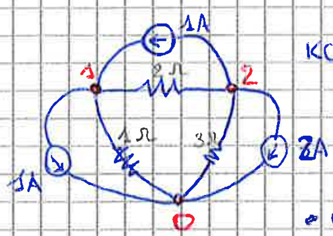
Il primo step quindi è scegliere

(1) il nodo zero.

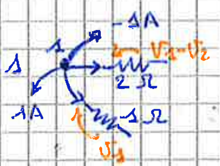
(2) scrivo KCL ai n-1 nodi

(3) soluzione in forma MATRICIALE

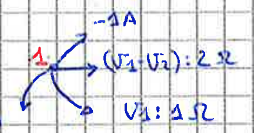
(2) convenzione delle correnti uscenti dal nodo k-esimo.



KCL @ 1

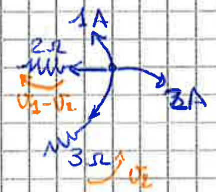


• QUINDI NODO 1



$$1A + \frac{v_1-v_2}{2\Omega} - 1A + \frac{v_1}{1\Omega} = 0 \quad *$$

• KCL @ 2



$$1A + 3A + \frac{v_2}{3\Omega} + \frac{v_1-v_2}{2\Omega} = 0 \quad *$$

→ metto a "sistema" in una matrice $G_n(v=a)$

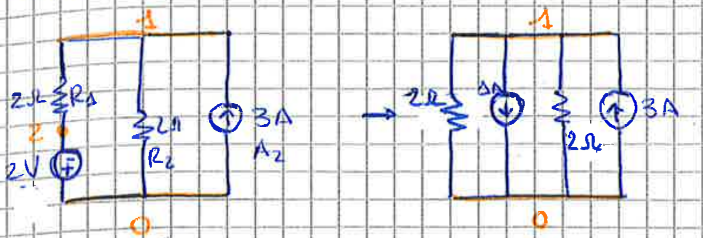
$$\boxed{G_n\,(v = a)}$$

a → termini noti [A]

G_n → MATRICE delle CONDUTTANZE NODALI [$\Omega^{-1} = S$]

v → vettore delle incognite [V]

ESEMPIO



Uso $G_n (v=a)$

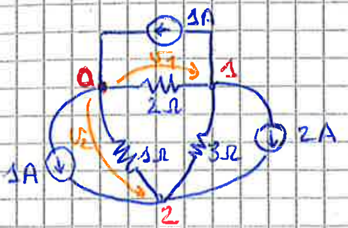
$g_{11} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$

$a_1 = (-1+3)A \rightarrow v_1 = v_m = \dfrac{-1A+3A}{1/R_1 + 1/R_2} = \dfrac{-E/R_1 + A_2}{1/R_1 + 1/R_2}$ = È MILLMAN

$v = v_1$

ESERCIZIO 1

Risolvere con nodo 0 come riferimento



Per ispezione, $G_n (v=a)$

$$\begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \end{array}\begin{array}{cc} 1 & 2 \\ \left[\begin{matrix} \left(\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\right) & -\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{3} & \left(\frac{1}{1}+\frac{1}{3}\right) \end{matrix}\right] \end{array} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (-1-2)A \\ (1+2)A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

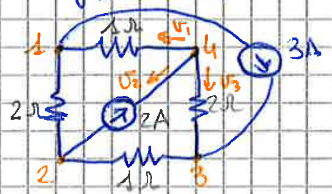
$$\det G_n = \left(\frac{5}{6} \cdot \frac{4}{3}\right) - \frac{1}{9} = \frac{20}{18} - \frac{1}{9} = \frac{18}{18} = 1 \rightarrow \frac{1}{\det} = 1$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{\det G_n} \begin{bmatrix} \frac{4}{3} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{3} & \frac{5}{6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -3 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4+1 \\ -1+\frac{5}{2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3\,V \\ \frac{3}{2}\,V \end{bmatrix}$$

cfr pag 45 → viene uguale!

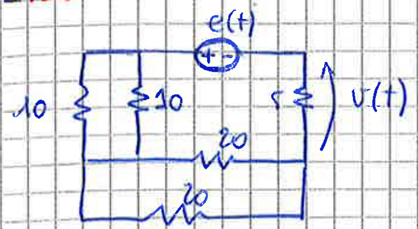
ESERCIZIO 2 × CASA

Scrivi $G_n (v=a)$ scegliendo il nodo 4 come riferimento $4=0$



$$\begin{array}{c} \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array}\begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ \left|\begin{matrix} 1+\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{3}-\frac{1}{3} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2}+1 & 1 \\ -\frac{1}{3}-\frac{1}{3} & \frac{1}{2}+1 & 1+\frac{1}{2} \end{matrix}\right| \end{array} \left|\begin{matrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{matrix}\right| =$$

2.28

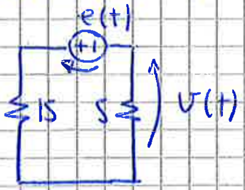


calcola $v(t)$ se $e(t) = E_0 \sin(\omega t + \varphi)$

$10 \parallel 10 = 5\,\Omega$

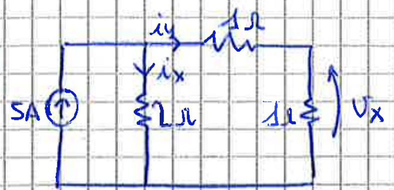
$20 \parallel 20 = 10\,\Omega$

5 serie $10 = 15\,\Omega$



per partitore, $v(t) = -e(t) \cdot \frac{5}{5+15} = -\frac{1}{4} e(t) = -0{,}25\, E_0 \sin(\omega t + \varphi)$

2.29

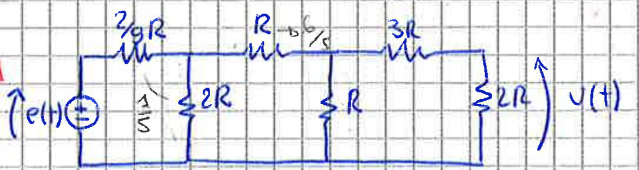


calcola v_x ed i_x

$i_x = 5A \cdot \frac{2}{4} = \frac{10}{4} A = 2{,}5 A$

$v_x = R \cdot i = 2{,}5\,V$

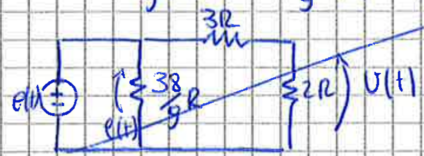
2.31



calcola $v(t)$ noto $e(t)$

NO

$\frac{2}{9}R + 2R = \frac{20}{9}R \parallel 2R = \frac{38}{9}R$



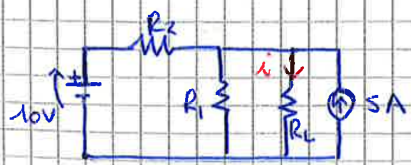
per partitore

$v(t) = e(t) \cdot \frac{2}{5}$

MARTEDÌ 30 OTTOBRE 2018

ESERCITAZIONE 4

ESERCIZIO 5.12

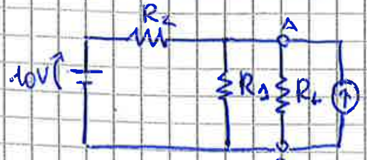


$R_1 = 4\,\Omega$

$R_2 = 6\,\Omega$

trovare $i = f(R_L)$

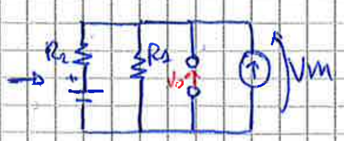
mettiamo A e B dove vuoi calcolare i



$\rightarrow$ Req?

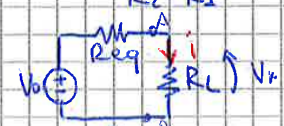
$R_{eq} = 4 \parallel 6 = \frac{24}{10}\,\Omega = \frac{12}{5}$

$\rightarrow$



$V_m = V_0 = \dfrac{5A + \frac{E}{R_2}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}} = \dfrac{5A + \frac{10}{6}}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4}}$

$\left(5 + \frac{10}{6}\right) : \left(\frac{10}{24}\right) = \frac{40}{6} \cdot \frac{24}{10} = 16\,V$



$V_x = V_0 \cdot \frac{R_L}{R_L + R_{eq}} \rightarrow i = \frac{V_x}{R_L} = \frac{V_0 R_L}{R_L + R_{eq}} \cdot \frac{1}{R_L} = \frac{16}{\frac{24}{10} + R_L} = \boxed{\frac{80}{12 + 5R_L}}$

Posso quindi compattare il nodo 1 e 2, connessi da E_1, con una superficie S che contiene ambo i nodi → SUPERNODO. Scrivo la KCL delle correnti al supernodo

$\frac{V_2}{R_3}$ $\quad \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2+E_1}{R_1}$

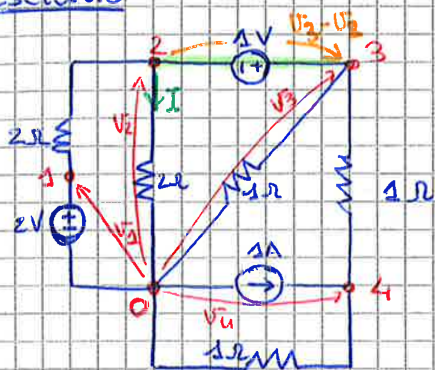
KCL @ S → $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

$I_1 = -A_1$, $\quad I_2 = \frac{V_2 - V_3}{R_2}$ dove $V_3 = E_2 \rightarrow \frac{V_2 - E_2}{R_2}$

$$-A_1 + \frac{V_2 - E_2}{R_2} + \frac{V_2}{R_3} + \frac{V_2 + E_1}{R_1} = 0$$

→ ho un'equazione avente come unica incognita V_2.
Ho dunque risolto il problema senza scrivere la matr.

esercizio

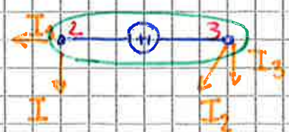


$V_1 = 2V$ (1)

$-V_2 + V_3 = 1V \rightarrow V_3 = V_2 + 1V$ (2)

SUPERNODO S

KCL @ S :



$I_1 + I + I_2 + I_3 = 0$

$\frac{V_2 - V_1}{R_{2\Omega}} + \frac{V_2}{2\Omega} + \frac{V_3}{1\Omega} + \frac{V_3 - V_4}{1\Omega} = 0$

$$\frac{V_2 - 2}{2} + \frac{V_2}{2} + \frac{V_2 + 1}{1} + \frac{V_2 + 1 - V_4}{1} = 0$$

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 2\right) V_2 - V_4 = \cancel{1} - \cancel{1} - 1$$

$3V_2 - V_4 = -1$ (3)

KCL @ 4

$I_1 + I_2 + I_3 = 0$

$\frac{V_4 - V_3}{1} - 1A + \frac{V_4}{1} = 0$

$I = 0$

$V_4 - V_2 - 1 - 1 + V_4 = 0$ (4)

prova a caso con sovrapposiz effetti

$$\begin{cases} (3) \\ (4) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 3V_2 + 1 = V_4 \\ 2V_4 = V_2 + 2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 3V_2 - V_4 = -1 \\ -V_2 + 2V_4 = 2 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_2 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \end{bmatrix}$$

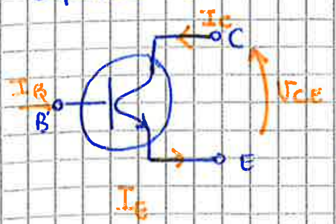
$$\det = 6 - 1 \rightarrow \frac{1}{\det} = \frac{1}{5}$$

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 \\ 2 \end{bmatrix} \frac{1}{5} = \begin{bmatrix} -2+2 \\ -1+6 \end{bmatrix} \frac{1}{5} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\boxed{\begin{aligned} V_1 &= 2V \\ V_2 &= 0V \\ V_3 &= 1V \\ V_4 &= 1V \end{aligned}}$$

GENERATORI DIPENDENTI / PILOTATI / CONTROLLATI

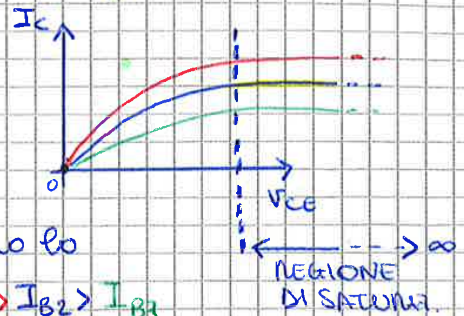
bipolar junction transistor (BJT)



↳ è un tripolo (= ha tre terminali) che si chiamano base (B), collettore (C), emettitore (E).

È un dispositivo non lineare però valgono KVL e KCL

I_E PER KCL $= I_B + I_C$

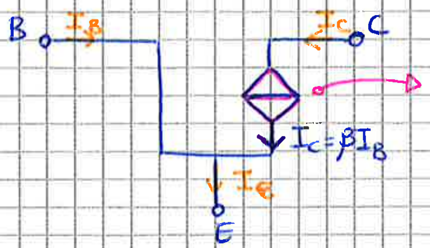


- Come "va" la corrente del collettore in base alla tensione? Aumenta fino alla SATURAZIONE
- Se aumento anche la corrente I_B, ho lo stesso andamento amplificato $I_{B1} > I_{B2} > I_{B3}$

posso rappresentarlo con un circuito equivalente

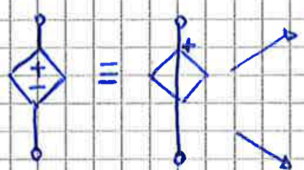
nella regione di saturaz. $I_C = \beta I_B$ con $\beta (50 \div 150)$ circa

quindi I_C non dipende da V_{CE}



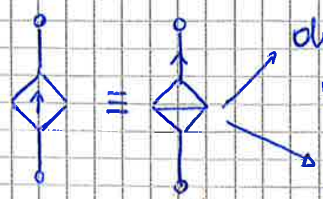
GENERATORE PILOTATO utile per modellare il comportamento circuitale di dispositivi "complicati". Pilotati o da tensione o da corrente

GENERATORE DI TENSIONE PILOTATO



- dalla tensione: αv_x
  VOLTAGE-CONTROLLED VOLTAGE SOURCE (VCVS)
- dalla corrente: $r i_x$
  CURRENT-CONTROLLED VOLTAGE SOURCE (CCVS)

GENERATORE DI CORRENTE PILOTATO



- dalla tensione: $g v_x$
  VOLTAGE-CONTROLLED CURRENT SOURCE (VCCS)
- dalla corrente: βi_x
  CURRENT-CONTROLLED CURRENT SOURCE (CCCS)

α e β = adimensionati $r = [\Omega]$, $g = [S = \frac{1}{\Omega}]$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 57 di 208

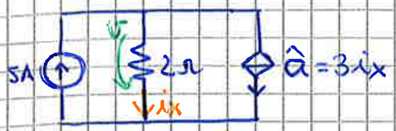
OSSERVAZIONE

Non posso usare sovrapposizione per calcolare direttamente v come $v = v' + v''$ perché è dipendente da i_x

Mi verrebbe $v = -10V + \hat{e} = -10V + 2i_x$

ho una equazione e due incognite

esercizio



metodo grandezza pilota _ calcola v

1_ $i_x = 5 - \hat{a}$

2_ $i_x = 5 - 3i_x \rightarrow i_x = \frac{5}{4}$ A

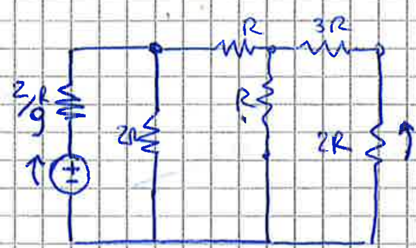
$\hat{a} = \frac{15}{4}$ A

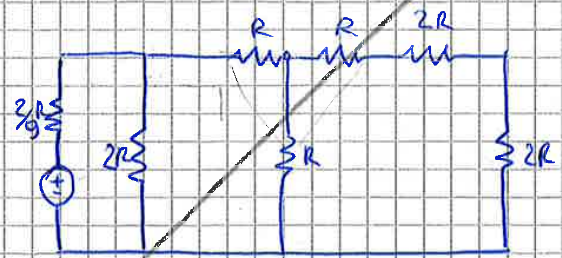
$v = -2\Omega \cdot i_x = -2 \cdot \frac{5}{4} = -\frac{5}{2}$ V

ESERCIZI

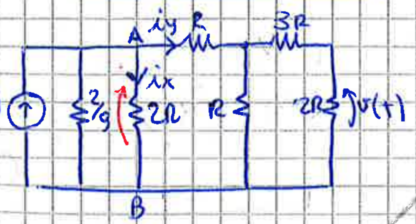
RIFACCIO 2.31

calcolo $v(t)$ noto $e(t)$



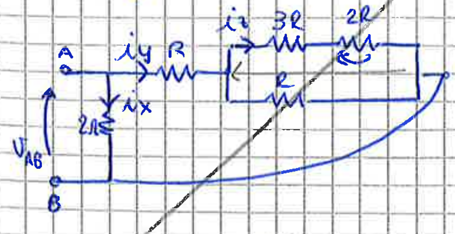


$I = \frac{V}{R} = \frac{9e(t)}{2}$



$i_x = I \cdot \frac{2/9}{2 + 2/9} = \frac{9e(t)}{2} \cdot \frac{2}{9} : \left(\frac{20}{9}\right) = \frac{9}{20} e(t)$

$v_{AB} = \frac{9}{20} e(t) \cdot 2\Omega = i_x \cdot R = \frac{9}{10} e(t)$ ✱



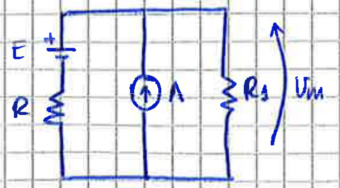
$\frac{2}{9} \,//\, 2R = \frac{4}{9} : \left(\frac{2}{9} + \frac{18}{9}\right) = \frac{1}{5}\Omega$

$i_y = I \cdot \frac{1/5}{1/5 + R} = \frac{9}{2} e(t) \cdot \frac{1}{5} : \left(\frac{6}{5}\right) = \frac{9}{12} e(t) = \frac{3}{4} e(t)$

$i_z = i_y \cdot \frac{R}{5R + R} = \frac{3}{4} e(t) \cdot \frac{1}{6} = \frac{3}{24} e(t) = \frac{1}{8} e(t)$

$v(t) = i \cdot 2R = \frac{1}{4} e(t)$ NO

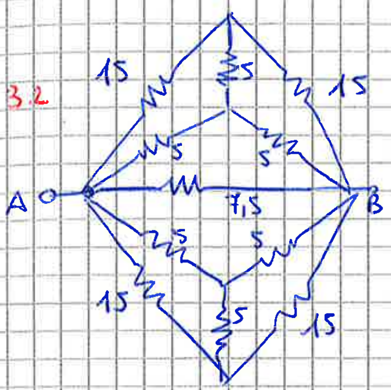
2.36



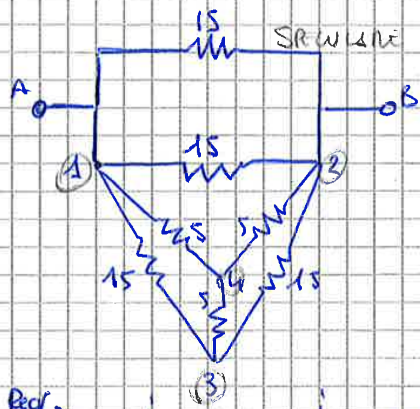
$$V_M = \frac{A+\frac{E}{R}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R}} = \frac{RA+E}{R}\cdot\frac{R_1R}{R_1+R} = \frac{R_1(RA+E)}{R_1+R}$$

se $R\to 0$, $V_M = \frac{A+\frac{E}{R}}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R}} = \frac{R_1(\cancel{RA}+E)}{R_1+\cancel{R}} = \frac{R_1E}{R_1} = E$ questo perchè se $R\to 0$ è come avere un cortocircuito ed essendo $R_1 // E$, la tensione V ai capi di $R_1 = E$

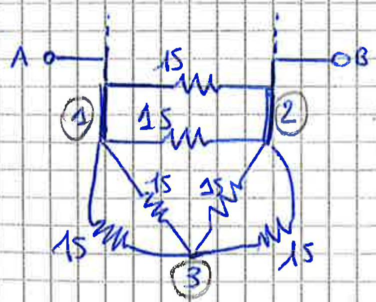
3.2



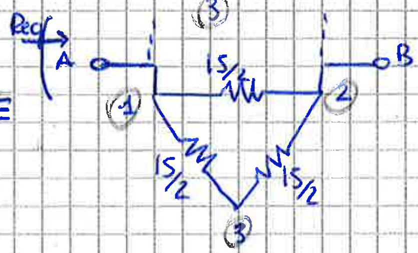
=

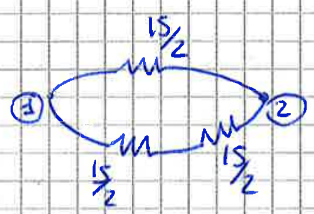


$3R_{STAR} = R_T$

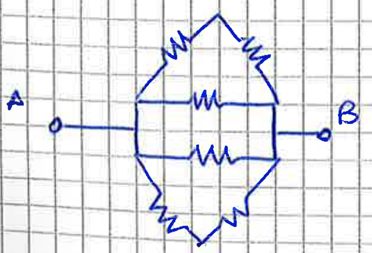


≡

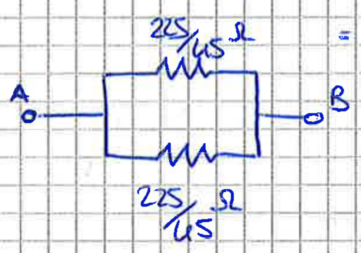




$$\left(\frac{15}{2}+\frac{15}{2}\right) // \frac{15}{2} = 15\cdot\frac{15}{2} : \left(15+\frac{15}{2}\right) = \frac{225}{2}\cdot\frac{2}{45} = \frac{225}{45}\,\Omega$$



≡



$$R_{eq} = \frac{225}{45} // \frac{225}{45} = \frac{R}{2} = \frac{225}{45\cdot 2} = \frac{5}{2}\,\Omega$$

4.3 (vedi pag 63 eserciziario)

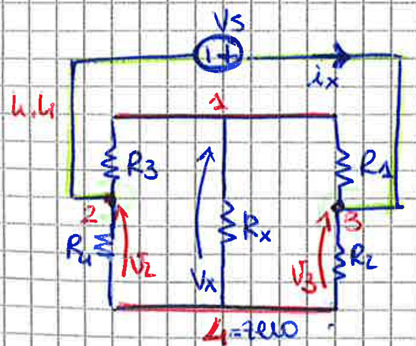
$\mathcal{G}\ (v = a)$

$$\begin{bmatrix} \left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_1}\right) & -\frac{1}{R_2} & 0 & -\frac{1}{R_1} \\ -\frac{1}{R_2} & \left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_3}\right) & -\frac{1}{R_3} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{R_3} & \left(\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_6}+\frac{1}{R_4}\right) & -\frac{1}{R_4} \\ -\frac{1}{R_1} & 0 & -\frac{1}{R_4} & \left(\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_1}\right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 100\,mA \\ 0 \\ 0 \\ -100\,mA \end{bmatrix}$$

$R = 1k\Omega = 10^3\,\Omega$

$$\begin{bmatrix} 2/10^3 & -1/10^3 & 0 & -1/10^3 \\ -1/10^3 & +3/10^3 & -1/10^3 & 0 \\ 0 & -1/10^3 & +3/10^3 & -1/10^3 \\ -1/10^3 & 0 & -1/10^3 & +2/10^3 \end{bmatrix} = \mathcal{G} = \frac{1}{1000}\begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & 3 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & -1 \\ -1 & 0 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$

4.4



noto che $V_S = V_3 - V_2$

$10V = V_3 - V_2 \rightarrow V_3 = 10 + V_2$

[@4 come riferimento]

KCL @1 (convenzione uscente): $\frac{V_x}{R_x} + \frac{V_x - V_3}{R_1} + \frac{V_x - V_2}{R_3} = 0$

[1] $\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{10}+\frac{1}{30}\right)V_x - \left(\frac{1}{30}\right)V_2 - \frac{1}{10}V_3 = 0$

KCL @ S

$\rightarrow \frac{V_2}{R_4} + \frac{V_2 - V_x}{R_3} + \frac{V_3 - V_x}{R_1} + \frac{V_3}{R_2} = 0$

$\left(-\frac{1}{30}-\frac{1}{10}\right)V_x + \left(\frac{1}{40}+\frac{1}{30}\right)V_2 + \left(\frac{1}{10}+\frac{1}{20}\right)V_3 = 0$ [2]

[1] = $\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{10}+\frac{1}{30}\right)V_x \left(-\frac{1}{30} - \frac{1}{10}\right)V_2 = 1$

[2] = $\left(-\frac{1}{30}-\frac{1}{10}\right)V_x + \left(\frac{1}{40}+\frac{1}{30}+\frac{1}{10}+\frac{1}{20}\right)V_2 = -\frac{3}{2}$

$\frac{3+4+12+6}{120} = \frac{25}{120} = \frac{5}{24}$

$$\begin{bmatrix} \frac{14}{30} & -\frac{4}{30} \\ -\frac{4}{30} & \frac{5}{24} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_x \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -3/2 \end{bmatrix}$$

$\det \mathcal{G} = \frac{14}{30}\cdot\frac{5}{24} - \frac{4}{30}\cdot\frac{4}{30} = \frac{7}{72} - \frac{16}{900} = 0{,}08$

59

5.2

$R_n = n \times 10\,\Omega$

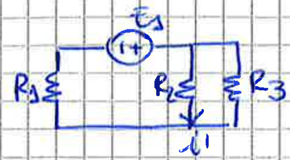
$E_n = n \times 10\,V$

calcolo i → con sovrapposizione effetti

$i = i' + i'' + i''' + i^{IV}$

$i' = i\big|_{E_1}$ →

=



$Req = (R_2 \| R_3) + R_1 =$

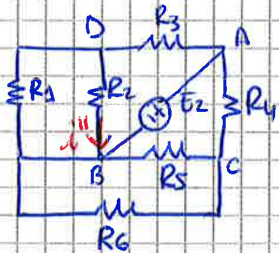
$20 \| 30 = \frac{600}{50} = 12$

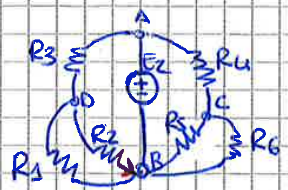
$Req = 12 + 10 = 22\,\Omega$

$I = \frac{E_1}{Req} = \frac{10}{22}\,A$

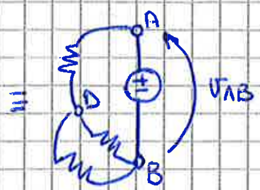
→ i' per partitore $= I \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} = \frac{10}{22} \cdot \frac{30}{50} = \frac{1 \cdot 30}{22 \cdot 5} = \frac{6}{11} = \frac{3}{11}\,A$

$i'' = i\big|_{E_2}$





=



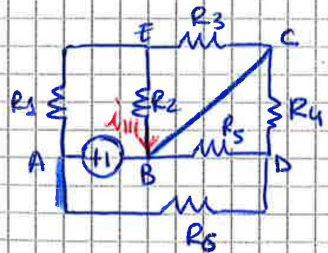
noto che a dx di AB ho solo Req che è in // con AB → non le considero

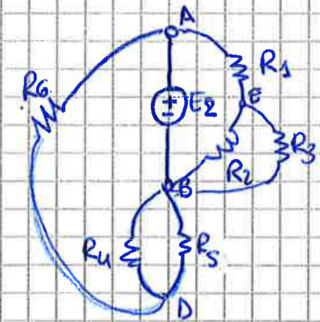
$Req\ sx = R_3 + (R_2 \| R_1) = 30 + \frac{200}{30} = \frac{90 + 20}{3} = \frac{110}{3}\,\Omega$

$I = \frac{E_2}{Req} = \frac{20 \cdot 3}{110} = \frac{6}{11}\,A$

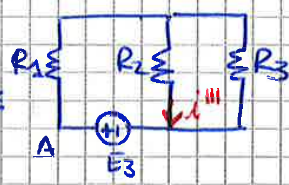
i'' per partitore di corrente $= \frac{6}{11} \cdot \frac{R_1}{R_2 + R_1} = \frac{6}{11} \cdot \frac{10}{30} = \frac{6}{33}\,A = \frac{2}{11}\,A$

$i''' = i\big|_{E_3}$





=



$V_{R_2} = V_m = \frac{\frac{E_3}{R_1}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}} =$

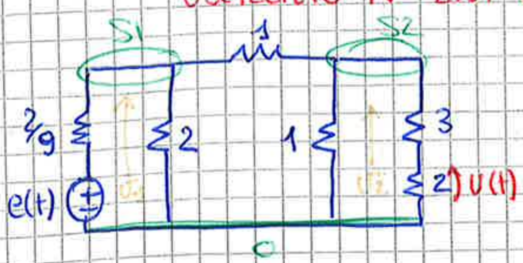
$= \frac{30}{10} : \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30}\right) = \frac{30}{10} \cdot \frac{60}{11} = \frac{180}{11}$

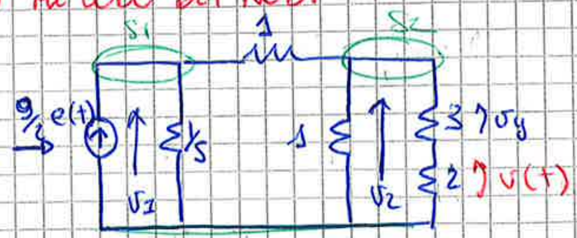
$i''' = \frac{180}{11} \cdot \frac{1}{20} = \frac{9}{11}\,A$

$i^{IV} = 0\,A$ perché dove passa i''' non ho corrente → cortocircuito

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 65 di 208

ESERCIZIO N° 2.31 CON METODO DEI NODI





$$\begin{bmatrix} s+1 & -1 \\ -1 & 11/5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 9/2\, e(t) \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

$$\det = \frac{61}{58} \rightarrow \frac{1}{\det} = \frac{5}{61}$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \frac{5}{61} \begin{bmatrix} 11/5 & 1 \\ 1 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 9/2\, e(t) \\ 0 \end{bmatrix}$$

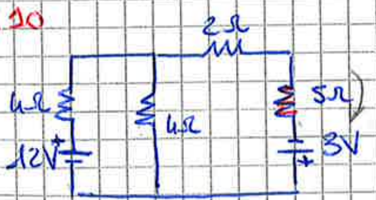
$$v_2 = \frac{9}{2} e(t) \cdot \frac{5}{61} \quad *$$

noto che $i_{3\Omega} = i_{2\Omega} \rightarrow \frac{v_y}{3} = \frac{v(t)}{2} \rightarrow v_y = \frac{3}{2} v(t)$

ma $v_2 = v_y + v(t) = \left(\frac{3}{2}+1\right) v(t) \rightarrow v(t) = \frac{2}{5} v_2 \quad **$

$$v(t) = \frac{9}{\cancel{4}} \cdot \frac{\cancel{8}}{61} \cdot \frac{2}{\cancel{8}} e(t) = \frac{9}{61} e(t)$$

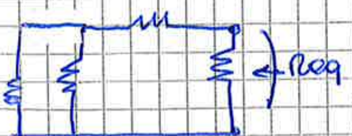
5.10



Calcola Req, poi equivalente

RISOLTO A PAG 65

$Req = \frac{24}{10}$



$$\frac{V_y \cdot 10}{24} = \frac{V_x}{5} \rightarrow V_y = \frac{V_x}{5} \cdot \frac{24}{10}$$

$$V_m = \frac{\frac{12}{4} + \frac{3}{6}}{\frac{1}{4}+\frac{1}{6}} = \frac{3+\frac{1}{2}}{\frac{3+2}{12}} = \frac{7}{2} \cdot \frac{12}{5} = \frac{42}{5}\ V$$

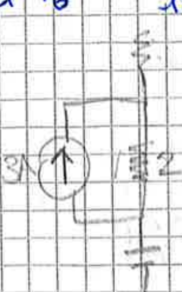
$i_x = i_y$

$V_M - V_x - V_y \rightarrow V_{AB}$

$$1\left(\frac{12}{4} + \frac{3}{4}\right) \cdot \frac{12}{5} = \frac{15}{4} \cdot \frac{12}{5} = 9$$

$$V = \frac{3}{\frac{1}{4}+\frac{1}{4}} = 6\ V$$

$V = 9V$



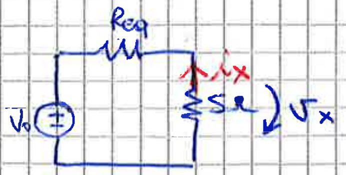
$R_{TOT} = \frac{24}{10} + 5 = \frac{74}{10}$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 67 di 208

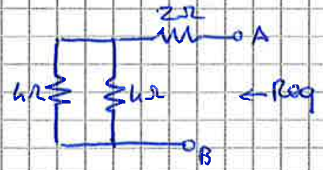
5.10 GIUSTO

calcola $i_{5\Omega}$

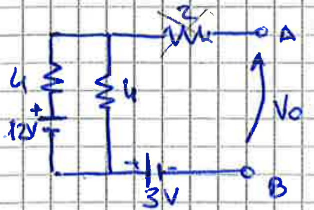
↳ equivalente?

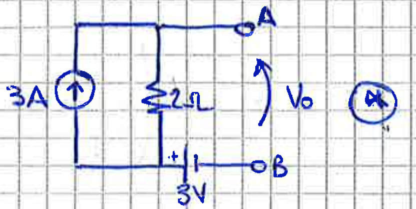


Req? →



$\rightarrow 2+(4//4) = 2+2 = 4\,\Omega = R_{eq}$



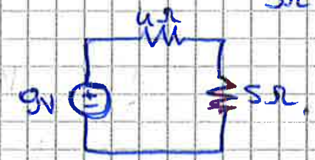


(*) $V_0 = 3V + 3A \cdot 2\Omega = 3+6 = 9V$

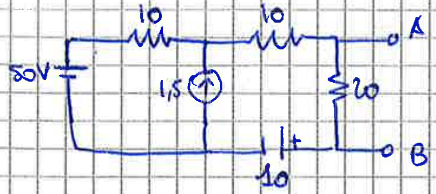
Per il partitore di tensione,

$$v_x = V_0 \cdot \frac{5\Omega}{R_{eq}+5\Omega} = 9 \cdot \frac{5}{9} = 5V$$

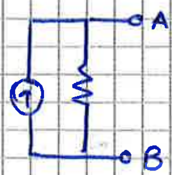
Quindi $i_x = \frac{v_x}{5\Omega} = 1A$



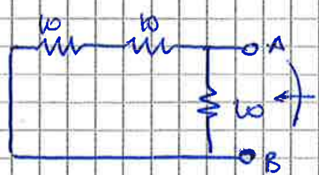
5.8 GIUSTO



Costruire eq. Norton

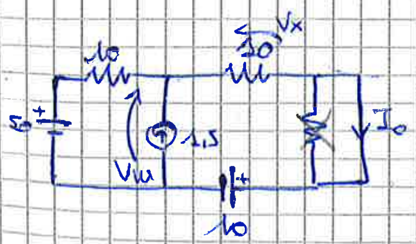


Req)



$R_{eq} = 20//(10+10) = 20//20 = 10\,\Omega$

Io)

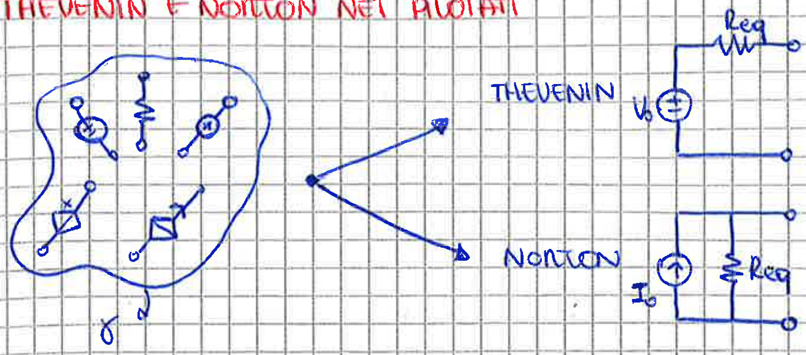


$$V_H = \frac{1,5 + \frac{10}{10} + \frac{50}{10}}{\frac{1}{10}+\frac{1}{10}} = 37,5\,V$$

$$I_0 = \frac{V_x}{10\Omega} = \frac{V_H - 10V}{10\Omega} = 2,75A$$

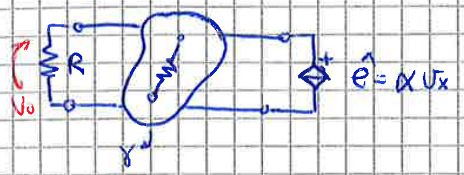
se $R_E = 0$ → $G = -\beta \frac{R_o}{R_i}$ → il guadagno dipenderebbe da β però per via delle grandi incertezze su β potrei ottenere $G \neq$ da quello per il quale ho progettato il mio sistema circuitale

THEVENIN E NORTON NEI PILOTATI



(il calcolo di V_0 non cambia)

ESEMPIO



se ho solo resistori in γ, per la sovrapposizione

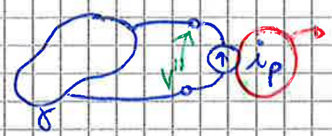
$v_x = K\hat{e}$ → UNICO GENERATORE

$v_x = K\alpha v_x$ → $v_x = 0$

→ se non hai generatori INDIPENDENTI, la tensione $V_0 = 0$
Cioè la tensione equivalente è nulla. Stesso discorso per $I_0 = 0$

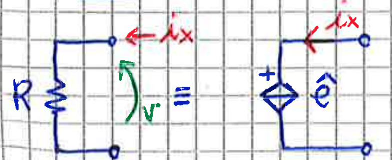
R EQUIVALENTE

Spengo i gen interni ($v' = v_{eq} = 0$) e cosa faccio con i pilotati? Devo lasciarli accesi perché rimane la grandezza pilota. Quindi calcolo v'' in funzione di i_p e uso la definizione $R_{eq} = \frac{v''}{i}$



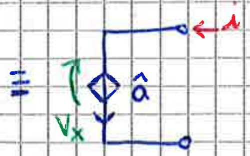
→ GENERATORE DI PROVA DI corrente o di tensione

ESEMPIO



per costruire equivalente devo mettere un generatore di tensione pilotato dalla corrente

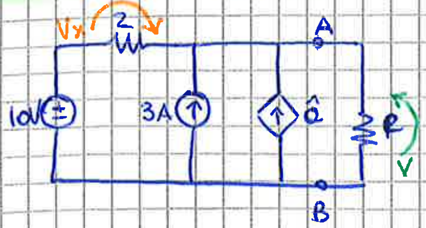
$\hat{e} = R i_x$



o un generatore di corrente pilotato dalla tensione

$\hat{a} = \frac{v_x}{R}$

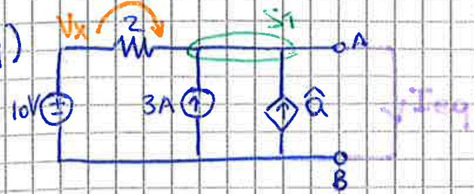
VIA 2 Uso Norton



mi serve I_o e R_{eq}

V_{eq} Thevenin $\rightarrow$? V

Ieq)

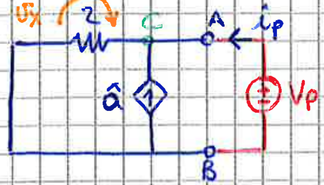


per KVL $\boxed{\;}$, $-10 = V_x \rightarrow V_x = -10V$

KCL @ S1: $\frac{V_x}{2} - 3 + I_{eq} - \hat{a} = 0$

$-\frac{10}{2} - 3 + I_{eq} + 20 = 0 \rightarrow I_{eq} = -12A$

Req)

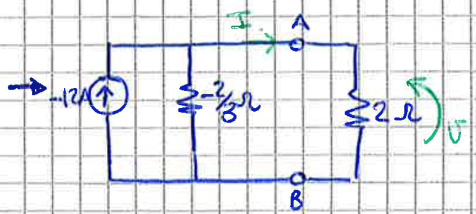


noto che $V_x = V_p$

KCL @ C: $\frac{V_x}{2} - \hat{a} - i_p = 0$

$\frac{V_x}{2} - 2V_x - i_p = 0$

$-\frac{3}{2} V_p = i_p \rightarrow R_{eq} = \frac{V_p}{I_p} = -\frac{2}{3}\,\Omega$



$I = -12 \cdot \frac{-2/3}{-2/3 + 2} = 6A$

$V = IR = 12\,V$

$10 = V_x + V_p$ $\quad i_{p_2} = i_p + \hat{a} = i_p + 2V_x$

$10 = 2(i_p + 2V_x) + V_p$

$V_p - V_x - 10 = 0$

KCL S1 $\rightarrow i_p + \hat{a} - 3A = i_x = \frac{V_x}{2}$

$i_p + 2V_x - 3A = \frac{V_x}{2}$

$i_p = -\frac{3}{2} V_x - 3A$

$V_x = -3A - i_p$

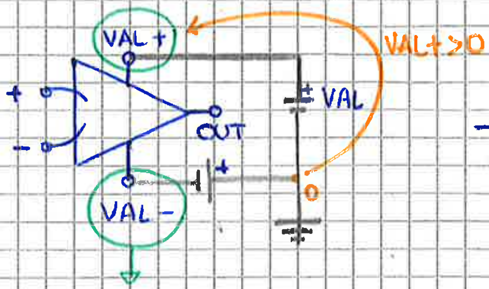
$V_p = -i_p + 7A$

$V_x + 10 = V_p \rightarrow -3A - i_p + 10 = V_p$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 73 di 208

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE (OPAMP)

È un componente alquanto complesso che però viene schematizzato con un triangolo



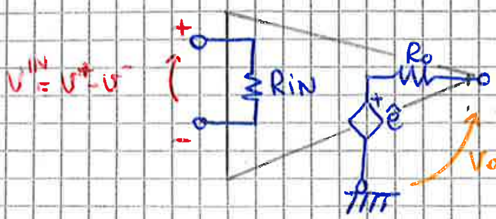
0 → ALIMENTAZIONE

TERMINALI DI ALIMENTAZIONE _ VAL $10 \div 15$ V

VENERDÌ 9 NOVEMBRE 2018

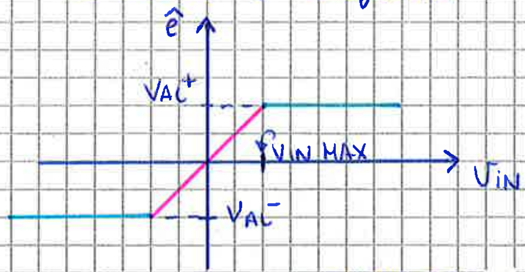
CONTINUAZIONE

La rappresentazione schematica contiene



CARATTERISTICHE:

- R_{IN} GRANDE ($10^6\ \Omega$)
- R_{OUT} piccola ($10\ \Omega$)
- $\hat{e}$ funzione della tensione V_{in} lineare a tratti → $\hat{e} = f(V_{IN})$



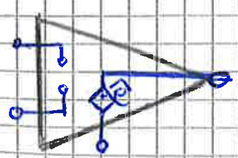
- pendenza = $A \sim 10^4 \div 10^5$
- zona di saturazione

dal grafico noto che

$V_{AL}^+ = A \cdot V_{IN(MAX)}$

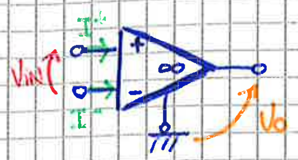
Per approssimazione posso considerare

$R_{IN} = \infty$, $R_{OUT} = 0$



© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 75 di 208

OPERAZIONALE IDEALE



chiamo $V_{IN} = V_D$

Poiché suppongo $R_{IN} \to \infty$, $I^+ = 0 = I^-$

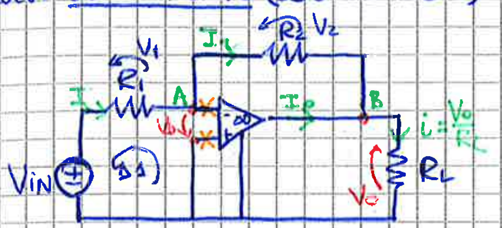
Suppongo un guadagno A infinito quindi $V_D = 0 = V_{IN}$

(perché $\lim_{A \to \infty} V_D = 0$)

corto circuito ideale

(è come se si comportasse sia da circuito aperto, $I^+ = I^- = 0A$, sia chiuso, $V_D = 0$)

RISOLVO ES A PAG 42 (con ideale)



$V_D = 0$

circuito aperto

KVL 1: $V_{IN} - V_1 + \cancel{V_D}^{0} = 0$

$V_{IN} = V_1 = R_1 I \to I = \frac{V_{IN}}{R_1}$

KCL @ A: $I = I_2 + \cancel{I_{op}}^{0} = 0$

$\to I = I_2 = \frac{V_{IN}}{R_1}$

KVL: $V_0 + V_2 + \cancel{V_D}^{0} = 0$

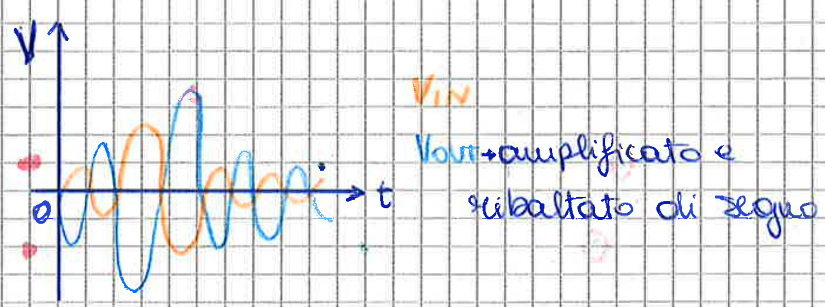
$V_0 = -V_2 = -R_2 I_2 = -R_2 I = -R_2 \cdot \frac{V_{IN}}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} V_{IN}$ CFR PRIMA

STEP

1) KVL che coinvolge V_{IN} e $V_D (=0)$
2) KCL terminali + e/o −
3) KVL che coinvolge $V_D (=0)$, feedback, $V_0 (= V_{OUT} = V_{uscita})$
4) eventualmente KCL @ B: $I_0 + I_2 = I_0 + I = i = \frac{V_0}{R_L}$

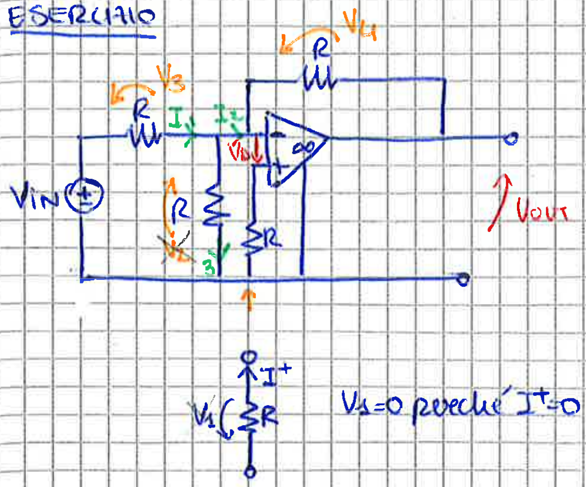
$I_0 + I = \frac{V_0}{R_L} \to I_0 = \frac{V_0}{R_L} - I$

corrente in uscita dall'operatore



73

ESERCIZIO



$V_1 = 0$ perché $I^+ = 0$

Calcola V_{OUT}.

$V_2 = \cancel{V_d} + \cancel{V_1} = 0$ per KVL

$V_3 = V_{IN} - \cancel{V_2} = V_{IN}$ PER KVL

$I_1 = \frac{V_3}{R} = \frac{V_{IN}}{R}$

Ma $I_2 = I_1 + \cancel{I_3} = I_1 = \frac{V_{IN}}{R}$

PER KCL al terminale e KVL

$V_4 = RI_2 = R \cdot \frac{V_{IN}}{R} = V_{IN}$

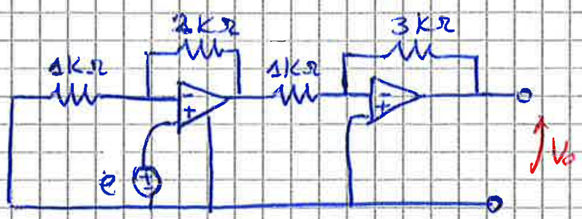
Per KVL uscita:

$V_0 + V_4 + \cancel{V_d} + \cancel{V_1} = 0$

$V_0 = -V_4$

$V_0 = -V_{IN}$ $\rightarrow G = -1$

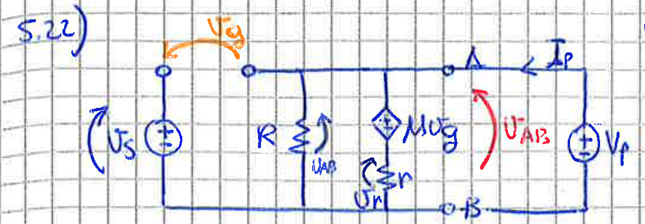
ESERCIZIO X CASA



calcola $G = \frac{V_0}{e}$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 79 di 208

5.22)



equivalente di Thevenin

↓

mi serve v_{AB} e R_{eq}

ATTENZIONE! R in serie a r!

v_{AB}) Per partitore con V_p prova → ①, ②

$$\begin{cases} v_{AB} = -V_p \dfrac{R}{r+R} & ① \\ v_r = -V_p \cdot \dfrac{r}{R+r} & ② \\ \mu v_G + v_R = v_{AB} & \times KVL \\ v_G = v_S - v_{AB} & \times KVL \end{cases}$$

$$v_p = -\frac{v_{AB}(r+R)}{R}$$

$$v_{AB} = \mu v_G + \frac{v_{AB}(r+R)}{R} \cdot \frac{(-r)}{R+r}$$

$$v_{AB} = \mu v_G - \frac{v_{AB}\, r}{R}$$

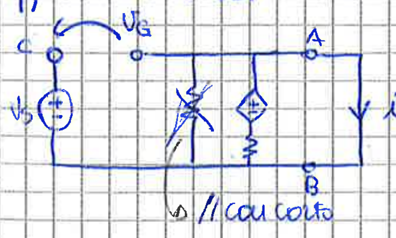
$$v_{AB} = \mu(v_S - v_{AB}) - \frac{v_{AB}\, r}{R}$$

$$v_{AB}R + v_{AB}\, r = \mu v_S R - \mu v_{AB} R$$

$$v_{AB}(R + r + \mu R) = \mu R v_S$$

$$v_{AB} = \frac{\mu R v_S}{R(1+\mu)+r}$$

R_{eq}) con corrente di Norton i_N (senza spegnere)

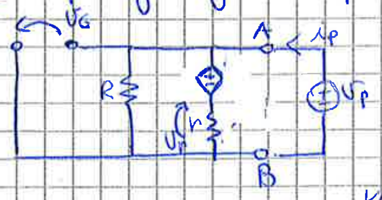


KVL: $v_G = v_S$

$$i_N = \frac{\mu v_G}{r} = \frac{\mu v_S}{r}$$

$$R_{eq} = \frac{v_{AB}}{i_N} = \frac{\cancel{\mu} R \cancel{v_S}}{R(1+\mu)+r} \cdot \frac{r}{\cancel{\mu v_S}} = \frac{Rr}{R(1+\mu)+r}$$

OPPURE spengo + gen di prova



$$-v_p = v_g$$

$$\hat{e} = \mu v_g = -\mu v_p$$

KCL @ A, prima per KVL → $v_p - \hat{e} - v_r = 0$

$$v_p + \mu v_p - v_r = 0$$

$$v_r = (1+\mu)\, v_p$$

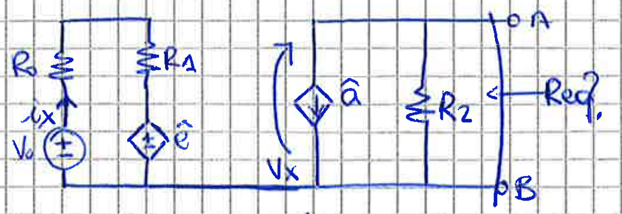
KCL @ A → $-i_p + \dfrac{v_p}{R} + \dfrac{v_r}{r} = 0$

$$i_p = \frac{v_p}{R} + \frac{(1+\mu)v_p}{r} = \frac{(r + R(1+\mu))\, v_p}{Rr}$$

$$R_{Th} = R_{eq} = \frac{v_p}{i_p} = \frac{Rr}{r+R(1+\mu)}$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 81 di 208

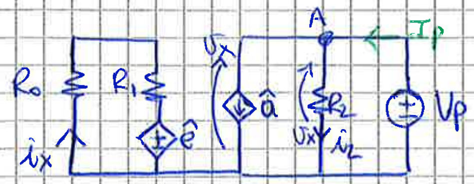
ESERCIZIO 3.6



$\hat{e} = h v_x$ con $h = 5 \times 10^{-4}$

$\hat{a} = k i_x$ con $k = 50$

Per calcolare Req spengo V_0



so che $Req = \frac{V_p}{I_p}$ e che $V_p // V_x \rightarrow V_p = V_x$

nodo A: so che $i_2 = \frac{V_x}{R_2}$ noto

$KCL @ A \rightarrow I_p = \hat{a} + i_2 = \hat{a} + \frac{V_x}{R_2} = k i_x + \frac{V_x}{R_2}$

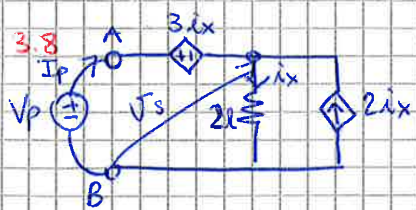
$$Req = \frac{V_x}{k i_x + \frac{V_x}{R_2}} = \frac{V_x\, R_2}{k i_x \cdot R_2 + V_x}$$

mi servono V_x e i_x

R_0 serie $R_1 \rightarrow i_x = -\frac{\hat{e}}{R_0+R_1} = -\frac{h V_x}{R_0+R_1}$ $\rightarrow Req = \frac{V_x R_2}{-k \cdot \frac{h V_x R_2}{R_0+R_1} + V_x} = \frac{\cancel{V_x} R_2 (R_0+R_1)}{-k \cdot h R_2 \cancel{V_x} + \cancel{V_x}(R_0+R_1)}$

$$= \frac{? \; R_2 (R_0+R_1)}{-k h R_2 + R_0 + R_1} = 100\ k\Omega$$

3.8



calcola Req

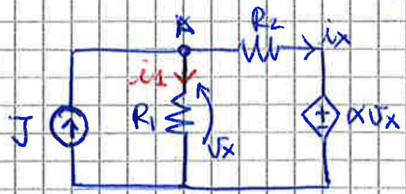
$I_p = i_x - 2 i_x = -i_x$

$KVL \rightarrow V_s = -3 i_x + V_p = 3 i_p + V_p$ = tensione ai capi del 2Ω

$V_s = 3 i_p + V_p = 2 i_x = -2 i_p \rightarrow 5 i_p + V_p = 0$

$Req = \frac{V_p}{i_p} \rightarrow -V_p = 5 i_p \rightarrow \frac{V_p}{i_p} = -5\ \Omega$

3.9



$J = 10\,A$ $\quad \alpha = 2$

$R_1 = 4\,\Omega$ $\quad$ calcola i_x e V_x

$R_2 = 2\,\Omega$

~~calcola i_1 per partitore $\rightarrow i_1 = J \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = 10 \cdot \frac{2}{6\,3} = \frac{10}{3} A$~~

~~$V_x = i_1 R_1 = \frac{10}{3} \cdot 4 = \frac{40}{3} V$~~

~~$KCL @ A \rightarrow J = i_1 + i_x \rightarrow J = \frac{10}{3} + i_x = 10$~~

~~$10 + 3 i_x = 30 \rightarrow i_x = \frac{20}{3} A$~~

V MILLMAN $= V_x$

$$V_m = \frac{10 + \frac{2 V_x}{2}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4}}$$

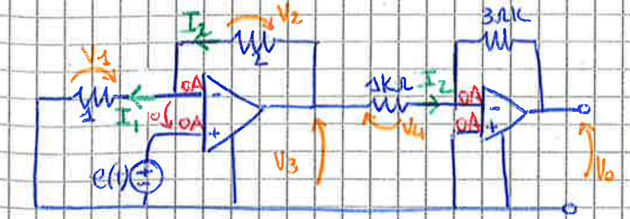
$(-\frac{1}{4}) V_x = 10 \rightarrow V_x = -40\,V$

$i_x = -\frac{V_x}{R_2} = 20\,A$

79

MERCOLEDÌ 14 NOVEMBRE 2018

AMPLIFICATORI OPERAZIONALI IDEALI



$G = \frac{V_0}{e(t)}$

KVL: $V_1 = e(t)$

$I_1 = \frac{V_1}{1k\Omega} = \frac{e(t)}{1k\Omega}$ $\quad V_2 = 2k\Omega \cdot I_1 = 2e(t)$

KVL: $V_3 = V_2 + e(t) = 2e(t) + e(t) = 3e(t)$

$I_2 = \frac{V_4}{1k\Omega} = \frac{V_3 = V_4}{1} = 3e(t)$

$V_5 = 3 I_2 = 9e(t)$

KVL: $V_0 = -V_5 = -9e(t) \rightarrow G = \frac{V_0}{e(t)} = -9$ invertente

Sono due circuiti in serie: parte a sx non invertente $G_1 = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 3 = 1 + \frac{2}{1}$

parte a dx invertente $G_2 = -\frac{R_2}{R_1} = -\frac{3}{1} = -3$

guadagno totale → non dipende dal circuito a valle, infatti posso calcolarli separatamente e moltiplicare

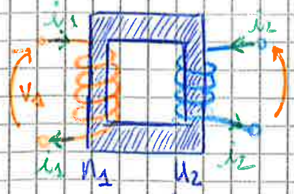
$G = G_1 G_2 = -3 \cdot 3 = -9$

→ in generale queste configurazioni sono definite "a cascata" ed il guadagno complessivo è il prodotto dei guadagni $G = G_1 \cdot G_2 \cdot \ldots G_N$

I TRASFORMATORI IDEALI

Costituiti da materiali ferromagnetici con permeabilità magnetica $\mu_r >> 1$

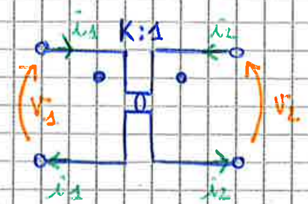
Ho un numero differente di avvolgimenti. Due porte



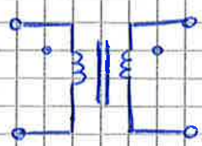
$$\begin{cases} V_1 = K V_2 \quad \text{con } K = \frac{n_1}{n_2} \\ i_1 = -\frac{1}{K} i_2 \end{cases}$$

n° avvolgimenti $K = \frac{n_1}{n_2}$

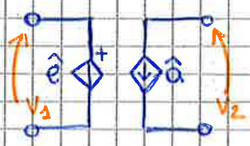
SIMBOLO CIRCUITALE



oppure



posso disegnare un circuito equivalente



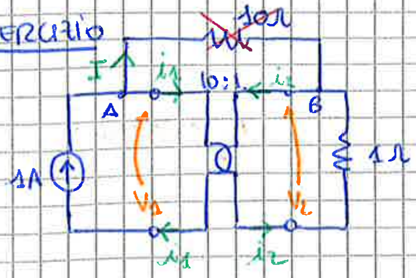
$$\begin{cases} \hat{e} = n V_2 \\ \hat{a} = -n i_1 \end{cases}$$

$P_A = V_2 i_2 + V_1 i_1 = nV_2\left(-\frac{1}{n} i_2\right) + V_2 i_2 = -V_2 i_2 + V_2 i_2 = 0$

↓

non dissipa energia!

ESERCIZIO



KCL @ A → $i_1 = \cancel{I} + i_s$ (infatti $i_s = 1A$)

idem al nodo B! Nella resistenza da 10Ω non scorre corrente

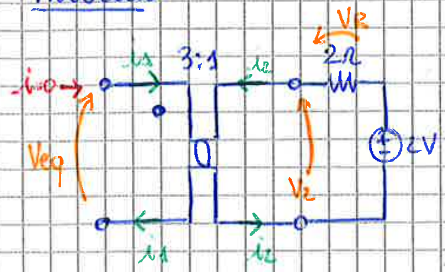
$i_s = -\frac{1}{10} i_2 \rightarrow i_2 = -10(i_s) = -10A$

$V_2 = -1\Omega \cdot i_2 = 10V$; $V_1 = 10 V_2 = 100V$

ATTENZIONE! Se hai il ponte SIA SOPRA SIA SOTTO allora non è più vero che I nei ponti sono nulle! Devo risolvere e ricavarle

CALCOLO DI THEVENIN E NORTON CON TRASFORMATORI.

Thevenin



Nel calcolo dell'equivalente, $i_1 = 0A$

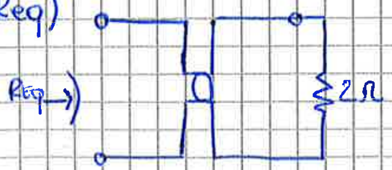
quindi $i_2 = 0$

$V_R = i_2 \cdot 2 = 0$

KVL: $V_2 = 2V + \cancel{V_R} = 2V$

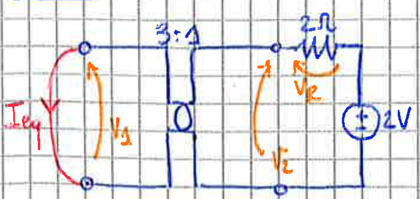
$V_{eq} = 3V_2 = n V_2 = 6V$

Req)



$R_{eq} = n^2 R_{(2\Omega)} = 18\Omega$

Norton



$V_1 = 0V$ $V_2 = 0V$ KVL: $V_R = V_2 - 2V$

$i_2 = -\frac{V_2}{2} = 1A$

$i_1 = -\frac{1}{3} i_2 = -\frac{1}{3} A$

$I_{eq} = -i_1 = \frac{1}{3} A = \frac{V_{eq}}{R_{eq}}$

ESERCIZIO

$V_{eq} = n V_2 = 12V$ (a dx di AB)

$R_{eq} = n^2 R = 9 \cdot 4 = 36\Omega$

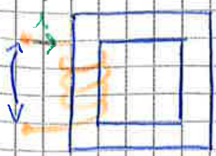
KVL: $V^* + 12 = 2 \rightarrow V^* = -10V$

$V = V^* \cdot \frac{2}{2+36} = -\frac{20}{38} = -\frac{10}{19} V$

VENERDÌ 16 NOVEMBRE 2018

RETI DINAMICHE

induttore → es: filo avvolto ad un corpo magnetico/ferromagnetico



$$v = \mu_0 \mu_r \cdot n^2 \cdot \frac{A}{\ell} \cdot \frac{di}{dt}$$

(n → n° avvolgimenti)

$n^2 \frac{A}{\ell} \mu_0 \mu_r$ = induttanza = L [H = Henry]

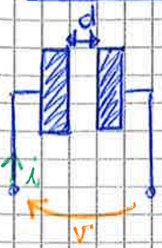
$v = L \cdot \frac{di}{dt}$

simbolo circuitale

mH ÷ μH, nH

milliH, elettrico — elettronico integr.

condensatore → es: facce piane //



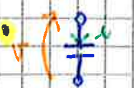
applico una tensione sulle armature. Se la tensione varia nel tempo ho una corrente

$$i = \underbrace{\varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}}_{\text{capacità } C \text{ [F = Farad]}} \cdot \frac{dv}{dt}$$

simbolo circuitale

. Ordine: mF (elettrico) ÷ μF, nF, pF (elettronico integrato)

OSSERVAZIONI



$$i(t) = C\frac{dv(t)}{dt} \rightarrow v(t) = \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i(\tau)\,d\tau = \underbrace{\frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t_0} i(\tau)\,d\tau}_{v(t_0)} + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(\tau)\,d\tau$$

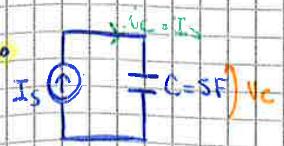
il condensatore è un componente "di memoria". La tensione ad un certo t dipende da v che avevo prima

- $i(t) = C\frac{dv(t)}{dt} \rightarrow \frac{dq}{dt} = C\frac{dv(t)}{dt} \rightarrow \boxed{q = CV}$

- $v(t) = L\frac{di(t)}{dt} \rightarrow \frac{d\phi(\vec{B})}{dt} = L\frac{di(t)}{dt} \rightarrow \boxed{\phi(B) = L \cdot I}$

  ↳ flusso campo magnetico [Wb = Weber]

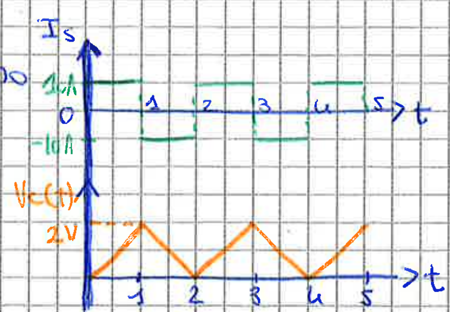
  LEGGE DI LENTZ

- 

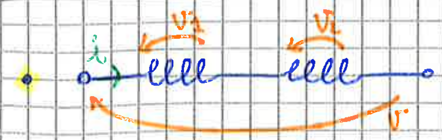
supponiamo che I_s vari nel tempo

$$v(c) = \frac{1}{C}\int_{-\infty}^{t} i_c(\tau)\,d\tau$$

picco $= v(c) = \frac{1}{5} \cdot 10 = 2V$



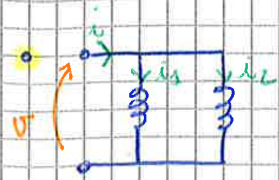
→ anche se i è discontinua, v condensatore è continua



$$v = v_1 + v_2 = L_1 \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} = (L_1+L_2)\frac{di}{dt}$$

$$L_{eq} = L_1 + L_2$$

L SERIE L



induttanza $L_{eq} \Rightarrow \frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$

L PARALLELO L

// INSERTO 1 PAGINE

VENERDÌ 23 NOVEMBRE 2018

OSSERVAZIONI

Dato un circuito,

① la costante di tempo τ è la stessa per tutte le tensioni/correnti

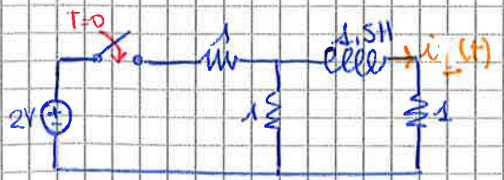
② se hai un interruttore aperto, per $t=0^+$ puoi sostituire un condensatore con Thevenin, avendo $V_0 = V_{Th} = V_C(0)$

③ guardare un circuito a regime ($t \to \infty$): posso sostituire il condensatore con un circuito aperto (la variabile di stato $v(t)$ è costante quindi $\frac{dv(t)}{dt} = 0$)

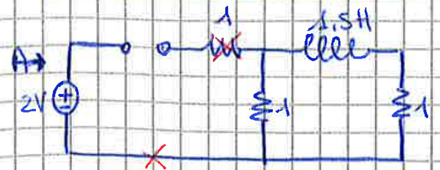
④ la soluzione generale per variabili non di stato $y(t)$

$$y(t) = [y(t_0^+) - y(\infty)]\, e^{-t/\tau} + y(\infty)$$

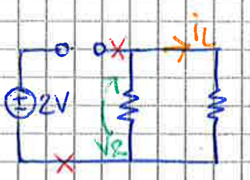
ESERCIZIO



- CASO $t<0$, interruttore aperto → A
- caso $t>0$, interruttore chiuso → B



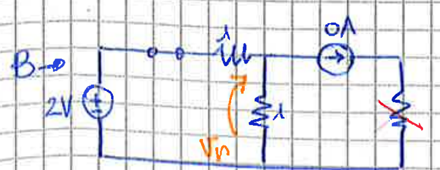
→ considero a regime



$i_L(0^-) = i_L(0^+) = 0\,A$ *

perché i 2V sono staccati

$V_R(0^-) = 0\,V$

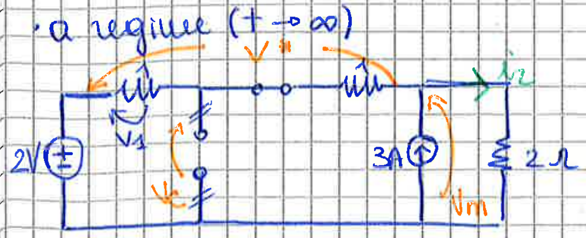


per sostituzione metto il gen da 0 A * per continuità

qui $V_R = 2V \cdot \frac{1}{2} = 1\,V$ per partizione. Condiz. iniziale.

Mi manca condizione a regime

• a regime ($t \to \infty$)



$$V_m = \frac{\frac{2}{2}+3}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}} = 4V$$

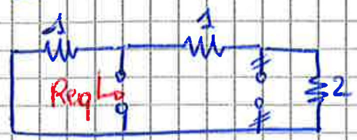
$i_2(t\to\infty) = \frac{4}{2} = 2A$ per Ohm

$V_* = 2V - V_m = -2V$ per KVL

$v_1(\infty) = V_* \cdot \frac{1}{2} = -1V$ per partizione

$v_C(\infty) = -V_1 + 2V = 2V + 1V = 3V$ per KVL

• calcolo di τ



$R_{eq} = 1 \parallel (2+1) = \frac{3}{4}\Omega$

$\tau = R_{eq} \cdot C = \frac{3}{4} \cdot 2 = \frac{3}{2} s$

Ora posso scrivere le soluzioni:

$$v_C(t) = \text{VARIABILE DI STATO} = \begin{cases} 2V & (t<0) \\ (2-3)\, e^{-2t/3} + 3 & (t>0) \end{cases}$$

$$v_1(t) = \begin{cases} 0 & (t<0) \\ (0+1)\, e^{-2t/3} + (-1) & t>0 \end{cases} \rightarrow v_1(t) = \begin{cases} 0 & t<0 \\ e^{-2t/3} - 1 & t>0 \end{cases}$$

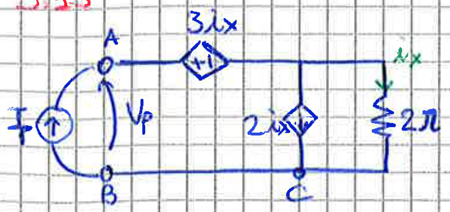
$$i_2(t) \begin{cases} 3 & (t<0) \\ (\frac{5}{3} - 2)\, e^{-2t/3} + 2 & t>0 \end{cases}$$

$i_2(t=0^-) \neq i_2(t=0^+) \rightarrow i_2$ discontinua

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 93 di 208

ESERCIZI A CASA

3.13



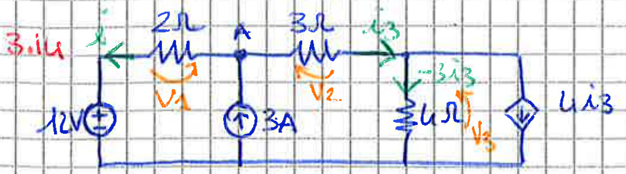
calcola R_{eq} vista da AB

KCL @C → $2i_x + i_x = I_p = 3i_x \rightarrow i_x = \frac{I_p}{3}$

KVL: $V_p = 3i_x + 2i_x$

$V_p = \cancel{I_p}\,\frac{5}{3} I_p \rightarrow R_{eq} = \frac{V_p}{I_p} = \frac{5}{3}\,\Omega$

3.14



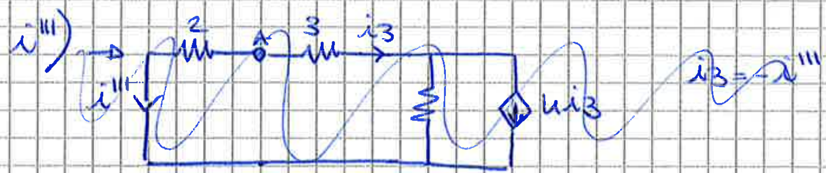
calcolare i.

KCL @A → $i + i_3 = 3A$

$v_3 = -12 i_3$; $v_2 = 3i_3$; $V_1 = 2i$

KVL: $12V + v_1 - v_2 - v_3 = 0 \rightarrow v_1 = v_2 + v_3 - 12V = 2i$

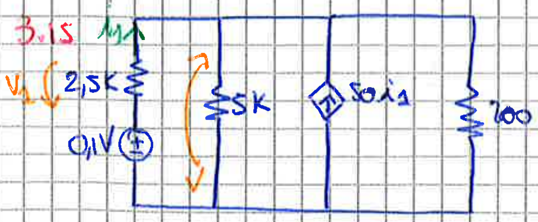
$i = -6V - \frac{9}{2} i_3$ (1)



$i = -6V - \frac{9}{2}(3 - i)$

$i = \frac{39}{7} = 5,5A$

3.15



calcola v.

$$v = V_{MILLMAN} = \frac{50 i_1 + \frac{0,1}{2,5K}}{\frac{1}{2,5K} + \frac{1}{5K} + \frac{1}{100}} = \frac{\frac{50 i_1 2,5K + 0,1}{2,5K}}{5,6 \times 10^{-3}}$$

→ $V = V_M \rightarrow 14V = 50 i_1 \cdot 2,5K + 0,1$

$14V = 125K\, i_1 + 0,1$ (2)

KVL → $V + V_1 = 0,1 \rightarrow v_1 = 0,1 - V = 2,5K \cdot i_1$

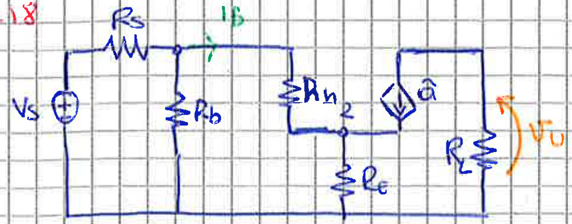
→ $i_1 = \frac{0,1 - V}{2,5K}$ (1)

unisco (1) + (2) → $14V = 125\cancel{K}\left(\frac{0,1 - V}{2,5\cancel{K}}\right) + 0,1$

$14V = 5 - 50V + 0,1$

$64V = 5,1 \rightarrow V = 0,0797V = 79,7\,mV$

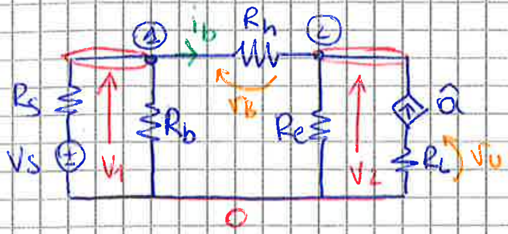
3.18



$\hat{a} = h\, i_b$ - Calcolo V_U

$V_1 = i_S \cdot R_S // R_B = \frac{V_S}{R_S} \cdot (R_S // R_B)$

$V_2 = -\hat{a} R_L$



$V_B = i_B R_h = V_1 - V_2$

$i_B R_h = \frac{V_S}{R_S}(R_S // R_B) + \hat{a} R_L = \frac{V_S}{R_S}(R_S // R_B) + h\, i_B R_L$

$i_B (R_h - h R_L) = \frac{V_S}{R_S}(R_S // R_B)$

$$V_U = -R_L \hat{a} = -R_L i_B h = -R_L h \cdot \frac{\frac{V_S}{R_S}(R_S // R_B)}{R_h - h R_L}$$

forse?

MARTEDÌ 27 NOVEMBRE 2018

ESERCITAZIONE 8

Analisi del transitorio in circuiti del 1° ordine

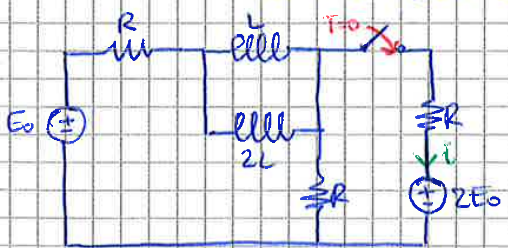
① $x(0)$ → se è una variabile di stato $x(t_0^+) = x(t_0^-)$ per continuità

② $x(+\infty)$

③ τ

$$x(t) = [x(t_0) - x(+\infty)]\, e^{-\frac{t - t_0}{\tau}} + x(+\infty)$$

4.25



$E_0 = 6V$

$R = 3\Omega$

$L = 3H$

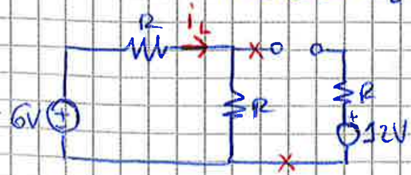
$i(t)$ per $t > 0$

$L_{eq} = L // 2L = \frac{L \cdot 2L}{3L} = \frac{2}{3} L = 2H$

Posso adottare 2 metodi: Primo metodo

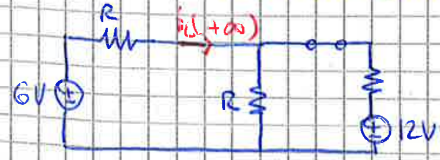
① calcolo preliminare della variabile di stato. Qui è $i_L(t)$

- calcolo $i_L(0^-)$: interruttore aperto e induttore = corto



$i_L(0^-) = \frac{6V}{R+R} = 1A = i_L(0^+)$

- calcolo $i_L(+\infty)$: interruttore chiuso, induttore = corto (perché è la variabile di stato)



uso sovrapposizione $i_L(\infty) = \underset{6V}{i_L'} + \underset{12V}{i_L''}$