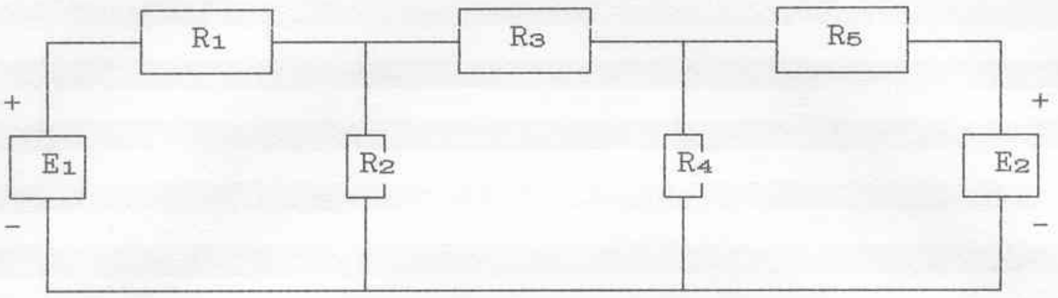
4.1 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 1




M

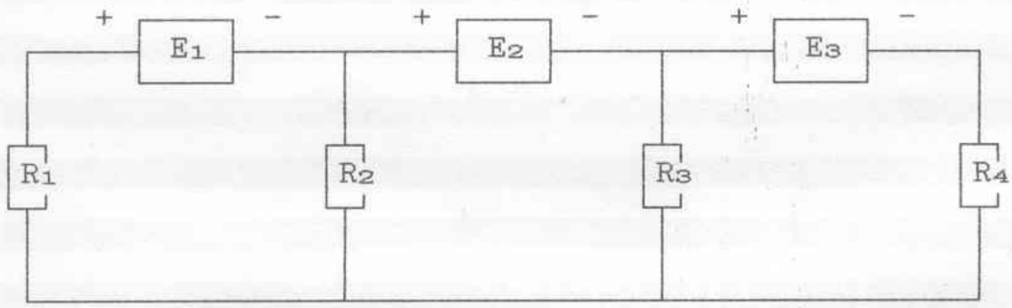
5

F

$E_1 = 80V$ ; $E_2 = 45V$ ; $R_1 = R_2 = R_4 = 20K\Omega$ ; $R_3 = R_5 = 10K\Omega$

4.2 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 6




M

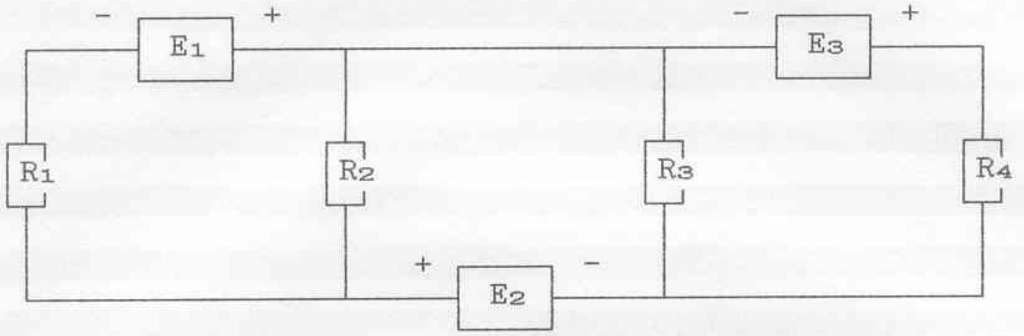
F

$E_1 = E_2 = E_3 = 20V$ ; $R_1 = R_2 = 2K\Omega$ ; $R_3 = 4K\Omega$ ; $R_4 = 5K\Omega$

4.3 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 11

si

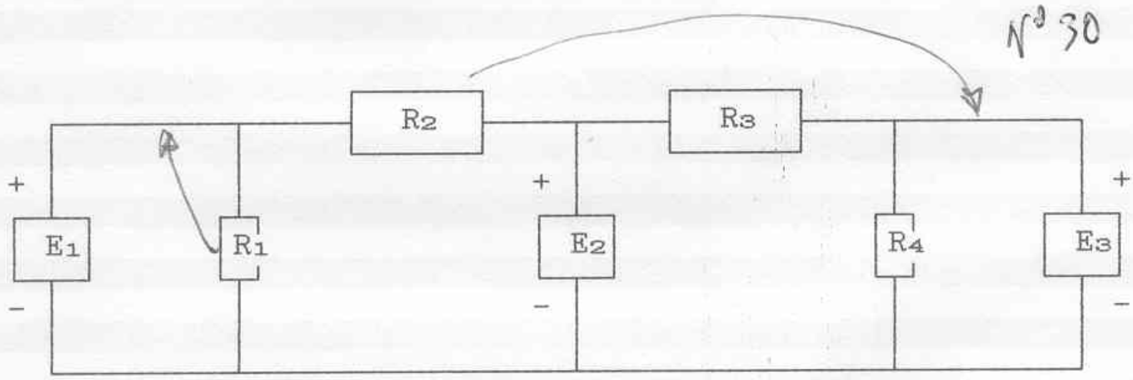



F

$E_1 = E_2 = E_3 = 20V$ ; $R_1 = 20K\Omega$ ; $R_2 = 2K\Omega$ ; $R_3 = 4K\Omega$ ; $R_4 = 5K\Omega$

4.4 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 30




F

aggiunto ??

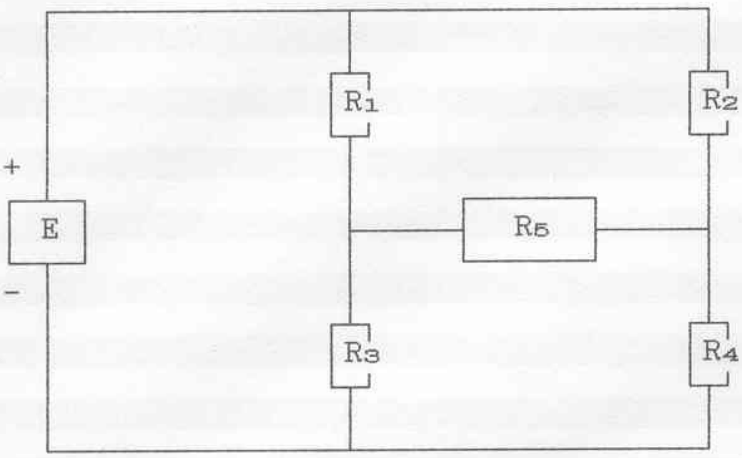
$E_1 = E_2 = E_3 = 20V$ ; $R_1 = R_4 = 2K\Omega$ ; $R_2 = 4K\Omega$ ; $R_3 = 1K\Omega$

4.5 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 2

si

aggiuntivo




F

modificare

$E = 12V$ ; $R_1 = 1K\Omega$ ; $R_2 = 3K\Omega$ ; $R_3 = 5K\Omega$ ; $R_4 = 3K\Omega$ ; $R_5 = \overset{1}{\cancel{1,67}}K\Omega$

$R_1 = R_4 = R_5 = 2K\Omega$ ; $R_2 = R_3 = 4K\Omega$

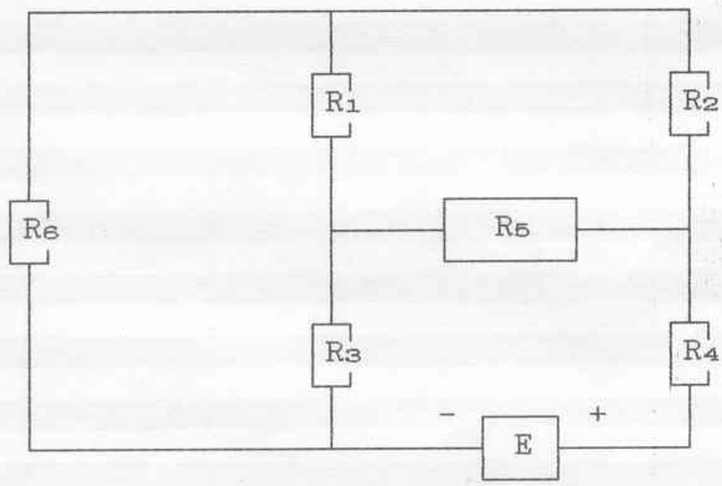
4.6 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 7

F ~~si~~ si

modificare

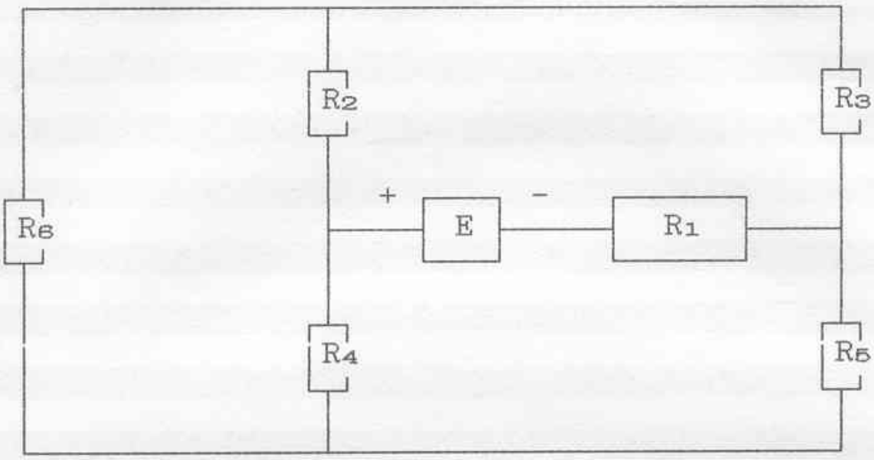
aggiuntivo




$E = 12V$ ; $R_1 = \overset{2}{1}K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = \overset{4}{3}K\Omega$ ; $R_3 = \overset{4}{5}K\Omega$ ; $R_5 = R_6 = 2K\Omega$

4.7 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 12




ni

modificare

F

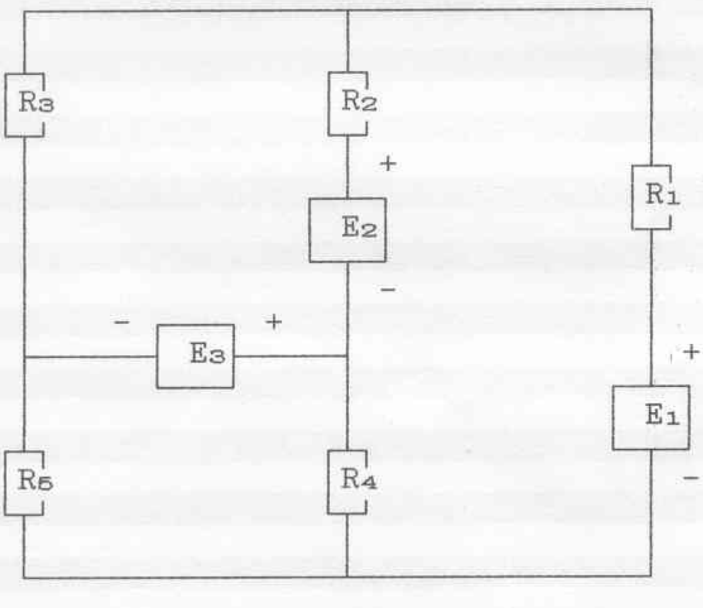
2 4 6 2

$E = 12V$ ; $R_1 = 1K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = 3K\Omega$ ; $R_3 = 5K\Omega$ ; $R_5 = 2K\Omega$ ; $R_6 = 1K\Omega$

$R_1 = R_2 = R_5 = 2k\Omega$ ; $R_3 = R_4 = R_6$

4.8 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 31




~~ne~~

~~in più~~

ni

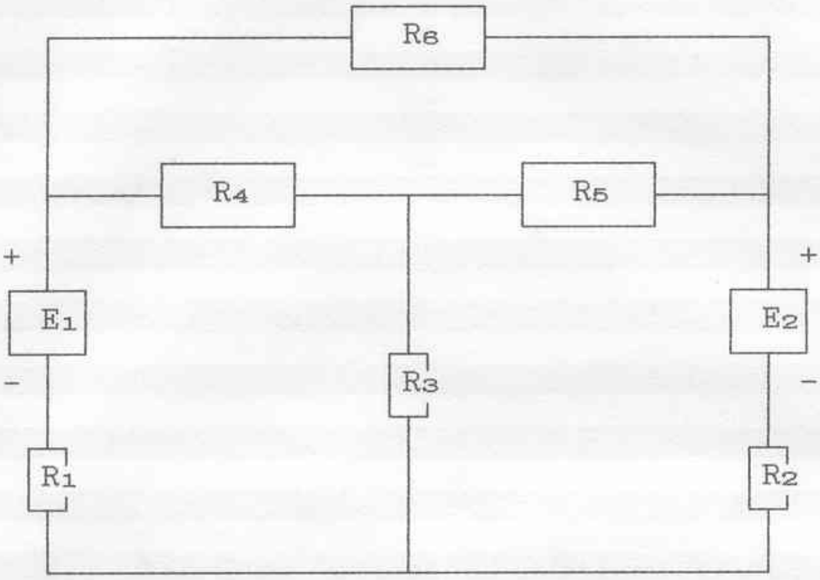
aggiuntivo

F

$E_1 = E_2 = E_3 = 20V$ ; $R_1 = R_5 = 1K\Omega$ ; $R_2 = 2K\Omega$ ; $R_3 = 3K\Omega$ ; $R_4 = 4K\Omega$

4.9 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le dif= ferenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 3




modificare

①

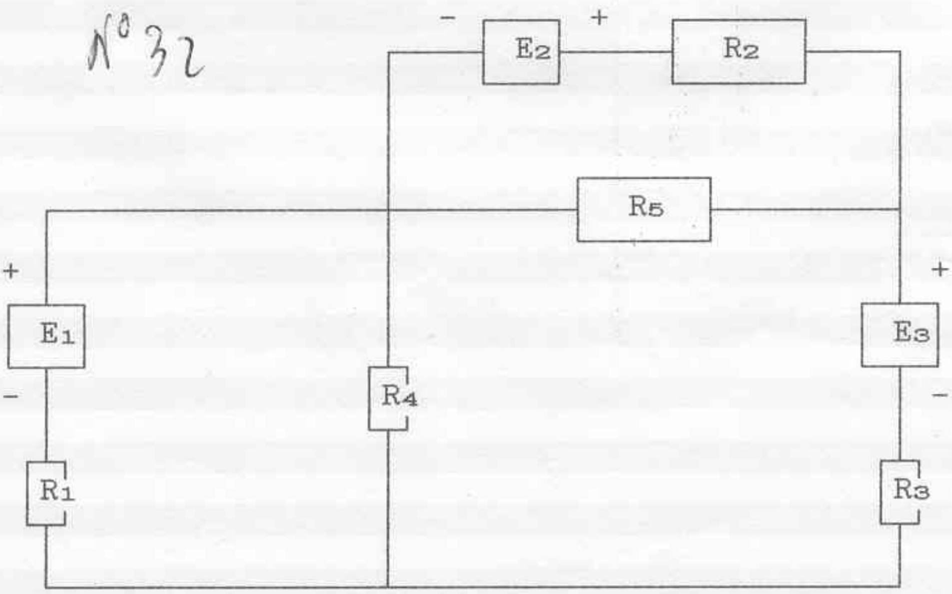
F

$E_1 = E_2 = 10\cancel{0}V$ ; $R_1 = R_2 = \overset{2}{1K\Omega}$ ; $R_3 = 2K\Omega$ ; $R_4 = R_6 = \overset{4}{3K\Omega}$ ; $R_5 = \overset{6}{5K\Omega}$

$R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 2K\Omega$ ; $R_3 = R_5 = 4K\Omega$

4.10 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le dif= ferenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 32




modificare

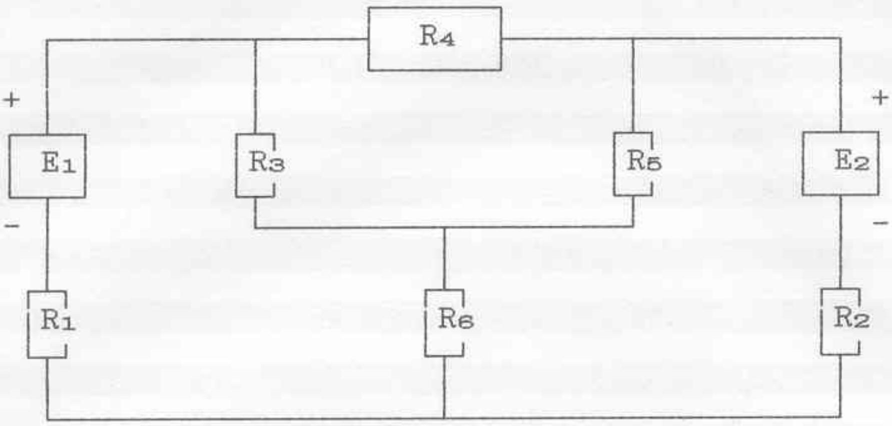
aggiuntivo

F

$E_1 = E_2 = 20V$ ; $E_3 = 60V$ ; $R_1 = \overset{4}{1K\Omega}$ ; $R_3 = \overset{4}{3K\Omega}$ ; $R_2 = R_4 = R_5 = 2K\Omega$

4.11 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 33




aggiuntivo
modificato

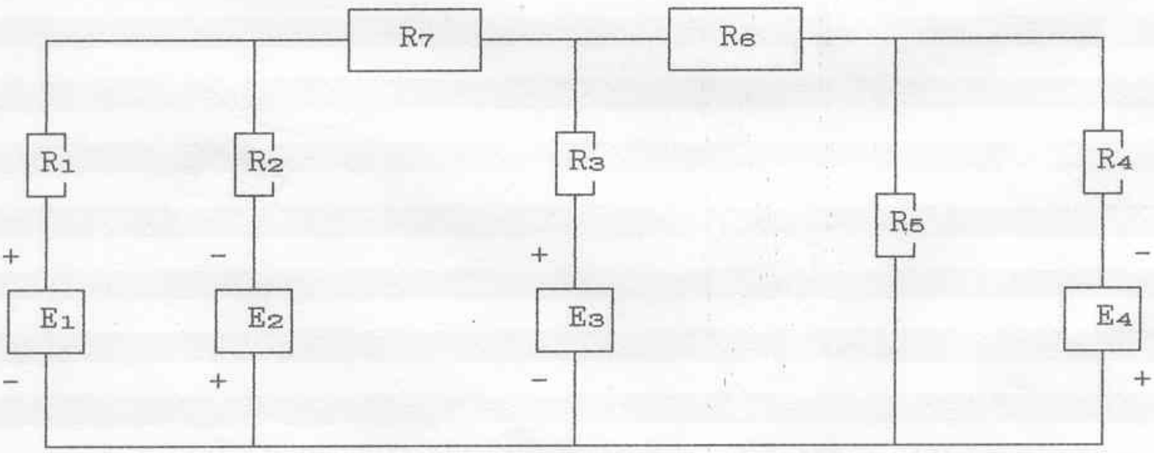
F

4 // R5

$E_1$ = 25V ; $E_2$ = 12V ; $R_1$ = $R_2$ = 1KΩ ; $R_3$ = $R_4$ = 2KΩ ; $\cancel{R_6}$ = $R_6$ = 4KΩ

4.12 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

~~3.01~~ ~~12A 31~~ N° 34




aggiuntivo

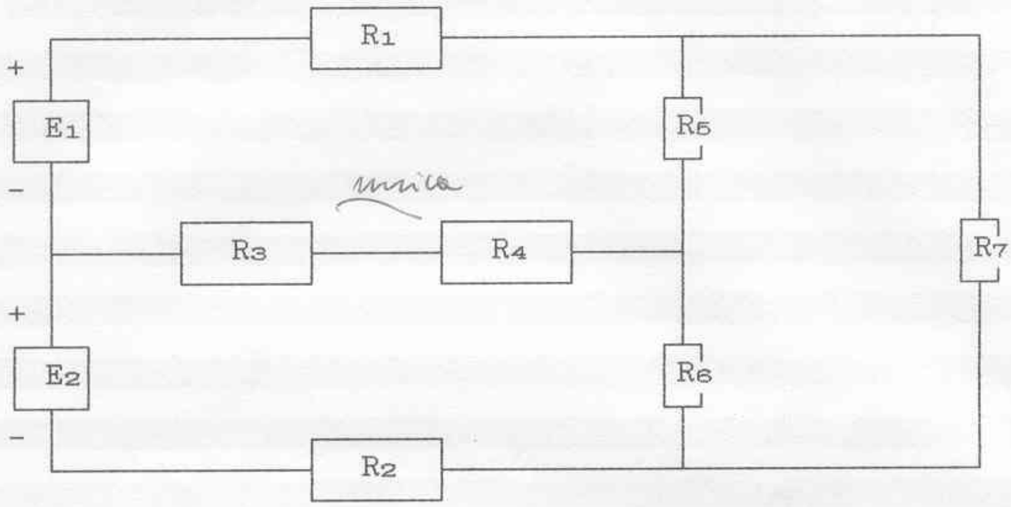
F

$E_1$ = 20V ; $E_2$ = 10V ; $E_3$ = 15V ; $E_4$ = 7,5V

$R_1$ = 5KΩ ; $R_2$ = $R_5$ = $R_7$ = 2KΩ ; $R_3$ = $R_4$ = 1KΩ ; $R_6$ = 3KΩ

4.13 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le dif= ferenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 4




modificato

4

F

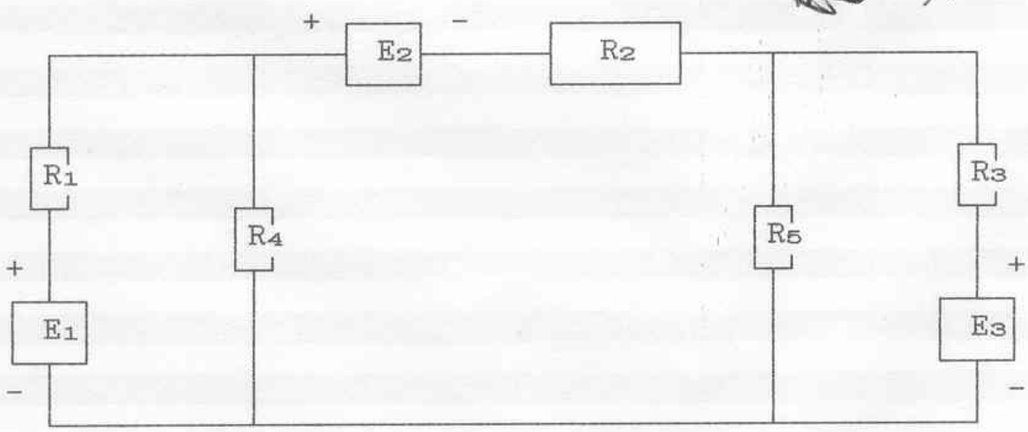
$E_1 = 60V$ ; $E_2 = 80V$ ; $R_1 = R_7 = 6K\Omega$ ; $R_2 = 10K\Omega$ ; $R_3 = 8K\Omega$ ;

$R_4 = R_5 = R_6 = 4K\Omega$

$R_1 = R_5 = 6$ ; $R_2 = 10K\Omega$ ; $R_3 = 12K\Omega$ ; $R_4 = R_5 = 4K\Omega$

4.14 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le dif= ferenze di potenziale di ogni resistenza.

35




F

si

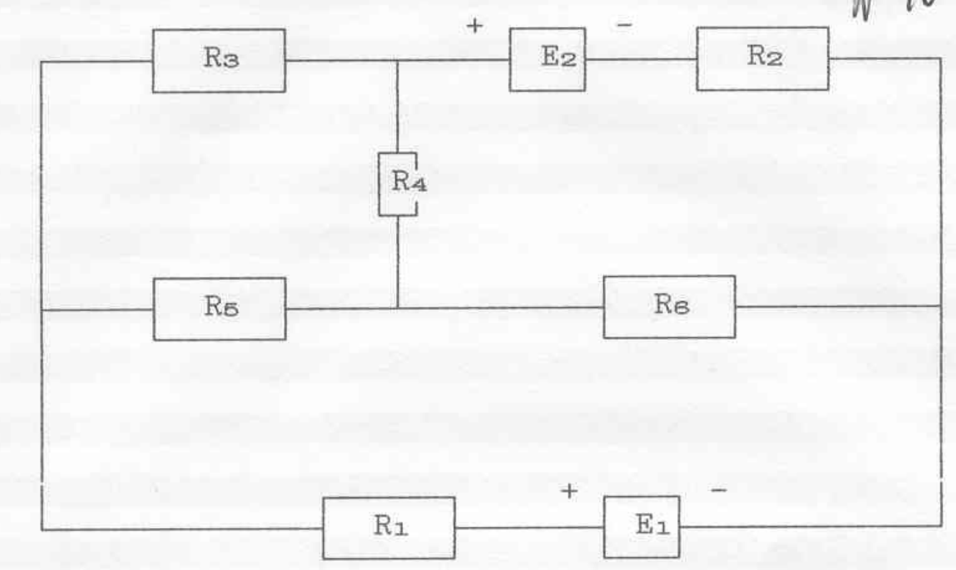
aggiunto

$E_1 = 22V$ ; $E_2 = 2V$ ; $E_3 = 13V$

$R_1 = 1K\Omega$ ; $R_2 = 2K\Omega$ ; $R_3 = 6K\Omega$ ; $R_4 = R_5 = 4K\Omega$

4.15 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N°10



molto facile

⑥

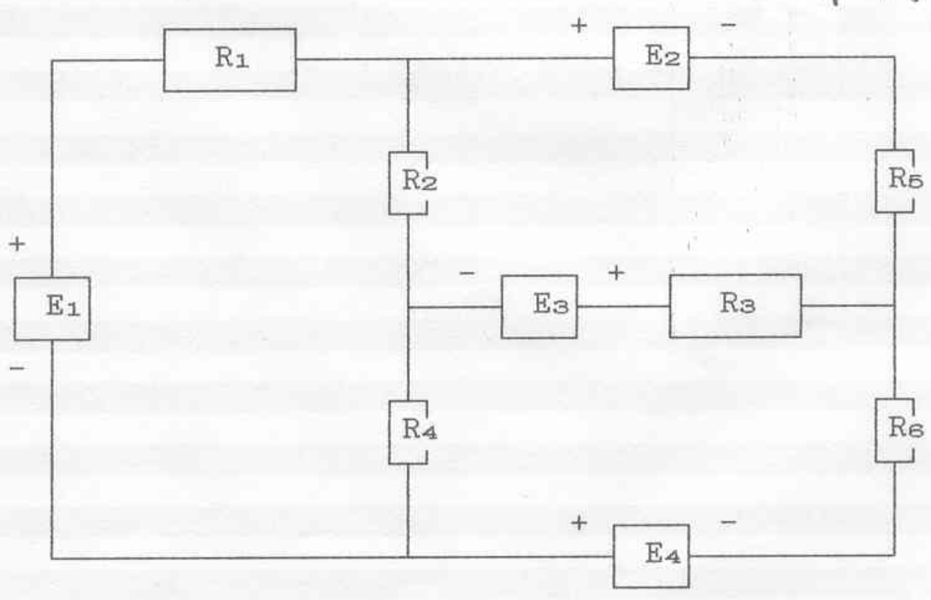
F

$E_1 = 12V$ ; $E_2 = 6V$ ; $R_1 = \cancel{8}K\Omega$ ; $R_2 = 2K\Omega$ ; $R_3 \cancel{=} 1K\Omega$ $= R_1 = R_3$

$R_4 = \cancel{5}K\Omega$ ; $R_5 \cancel{=} 3K\Omega$ ; $R_6 = 4K\Omega = R_4 = R_5$

4.16 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N°36



oggi intero

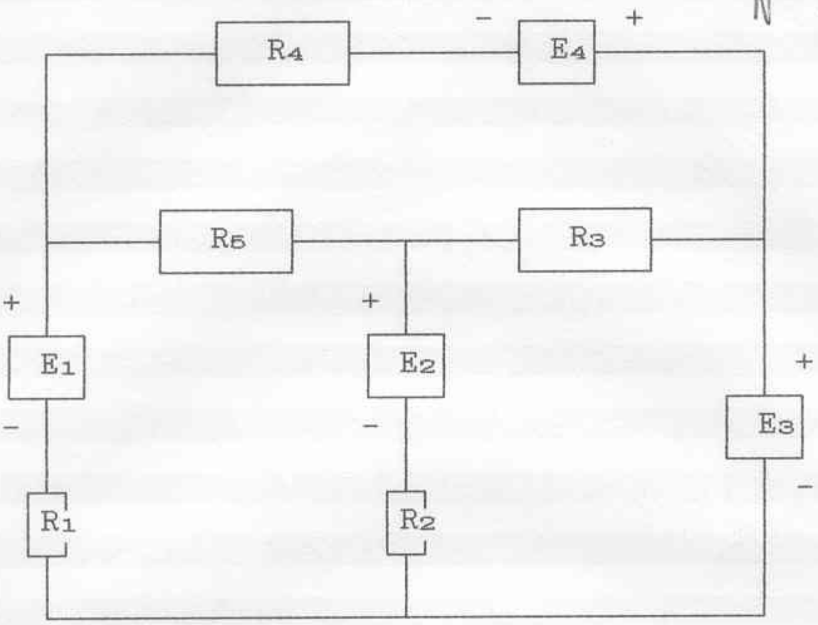
~~molto facile~~

F

$E_1 = 20V$ $= E_4$ ; $E_2 \cancel{=} 12V$ ; $E_3 = 10V$ $= E_2$ ; $E_4 \cancel{=} 8V$

4.17 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 37




aggiuntivo

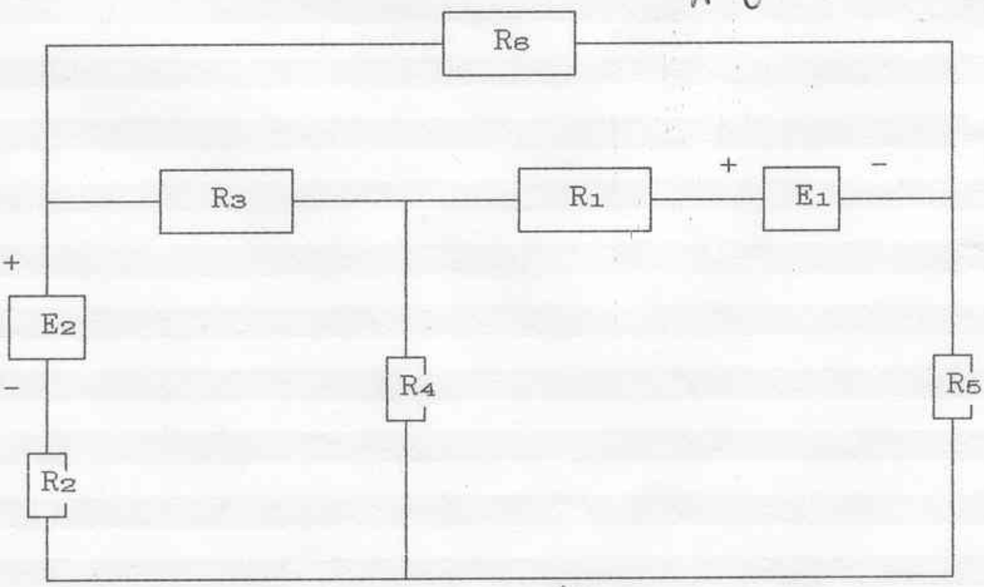
F

$E_1 = 100V$ ; $E_2 = 176V$ ; $E_3 = 112V$ ; $E_4 = 48V$

$R_1 = 2K\Omega$ ; $R_2 = 6K\Omega$ ; $R_3 = 8K\Omega$ ; $R_4 = 10K\Omega$ ; $R_5 = 4K\Omega$

4.18 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 8




modificare

(8)

F

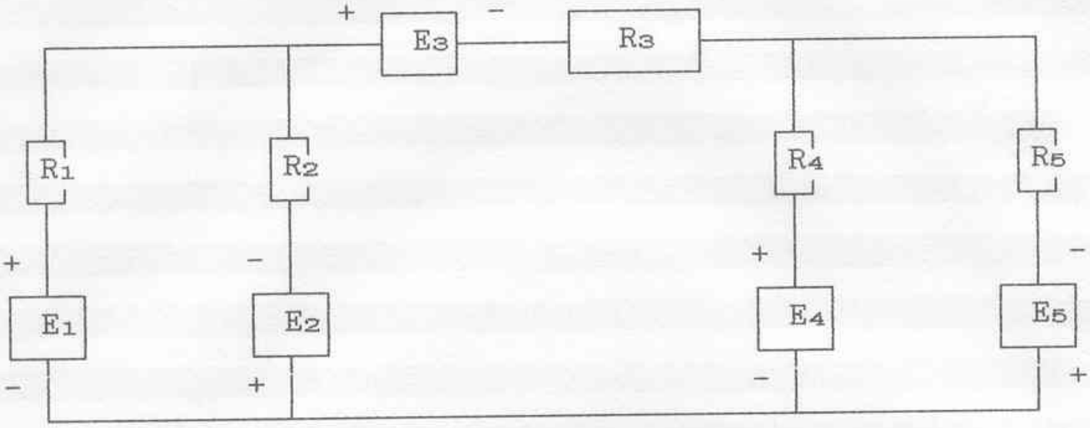
// $R_4 = R_5$

$E_1 = 6V$ ; $E_2 = 4V$ ; $R_1 = 2K\Omega$ ; $R_2 = \cancel{5K\Omega}$ ; $R_3 = \cancel{1K\Omega}$

$R_4 = \cancel{2,5K\Omega}$ ; $R_5 = \cancel{2K\Omega}$ ; $R_6 = 4K\Omega = R_2 = R_3$

4.19 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 38




aggiuntivo

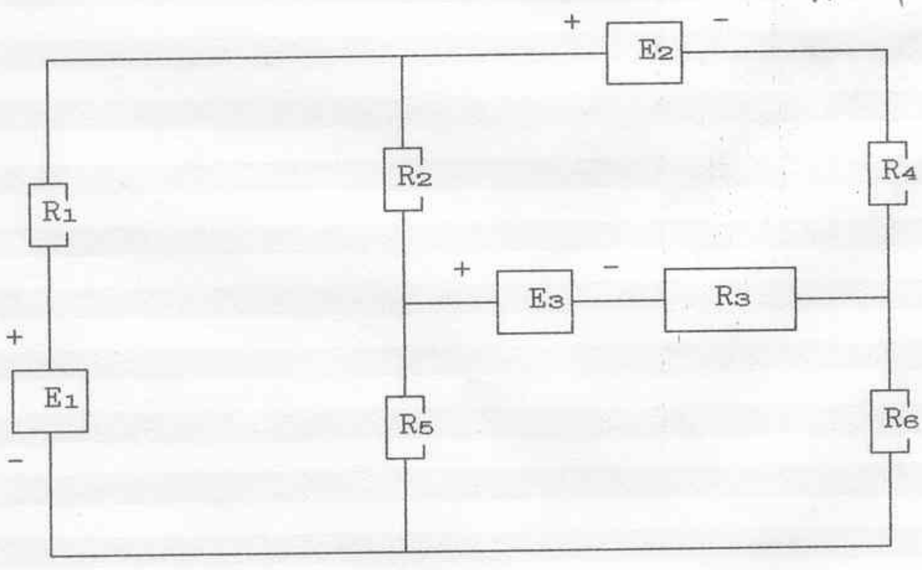
F

$E_1 = 42V$ ; $E_2 = 25V$ ; $E_3 = 57V$ ; $E_4 = 70V$ ; $E_5 = 4V$

$R_1 = 3K\Omega$ ; $R_2 = 4K\Omega$ ; $R_3 = 5K\Omega$ ; $R_4 = 6K\Omega$ ; $R_5 = 7K\Omega$

4.20 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 39




moltiplicatori

aggiuntivo

F

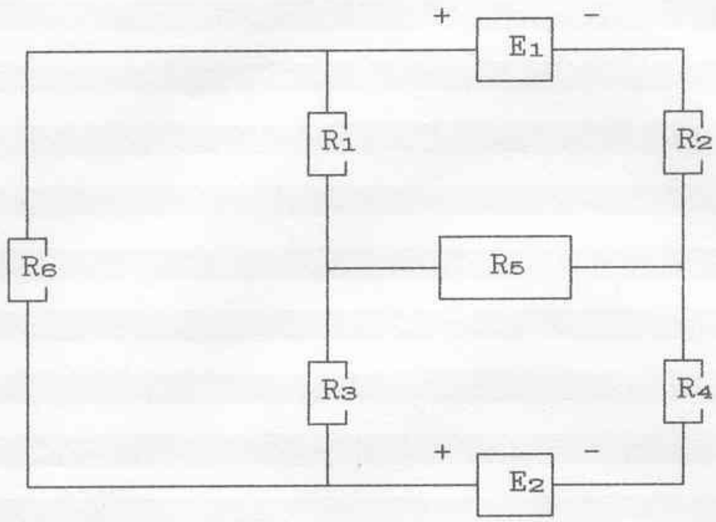
$E_1 = 12V$ ; $E_2 = E_3 = 6V$ ;

$R_1 = R_6 = \cancel{1}K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = 3K\Omega$ ; $R_3 = 5K\Omega$ ; $R_5 = 2K\Omega = R_2 = R_4$

4

4.21 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 15




modificare

(15)

F

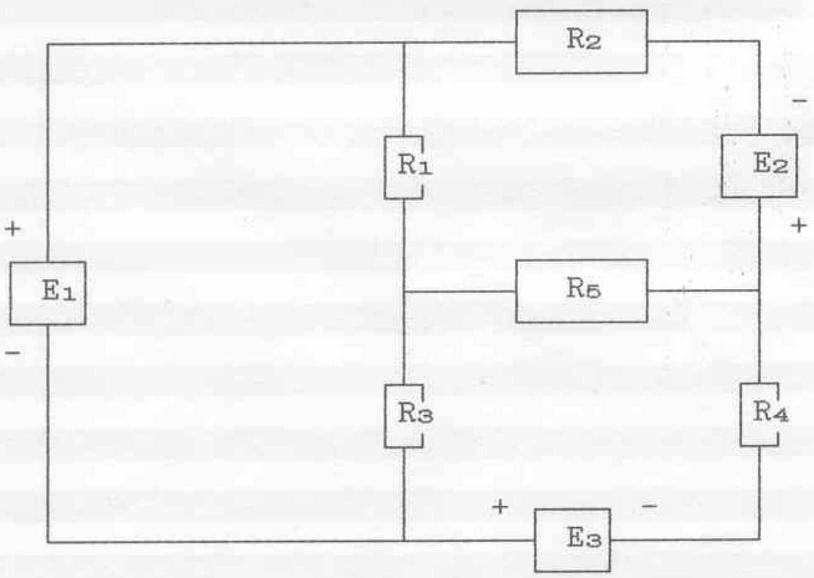
$E_1 = 12V$ ; $E_2 = 6V$ ;

$R_1 = 1K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = \cancel{3}\,4K\Omega$ ; $R_3 = 5K\Omega$ ; $R_5 = R_6 = 2K\Omega = R_3$

"$R_1$

4.22 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

N° 40




modificare

aggiuntivo

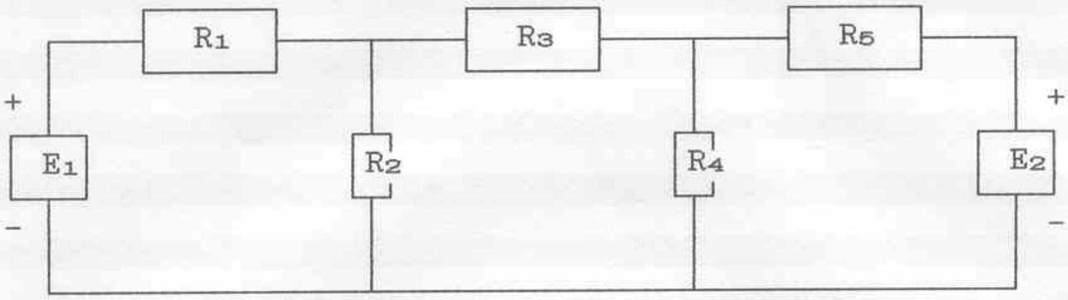
F

$E_1 = 12V$ ; $E_2 = 6V = E_3$ ;

$R_1 = 1K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = \cancel{3}\,4K\Omega$ ; $R_3 = 5K\Omega$ ; $R_5 = \cancel{2}\,4K\Omega = R_3$

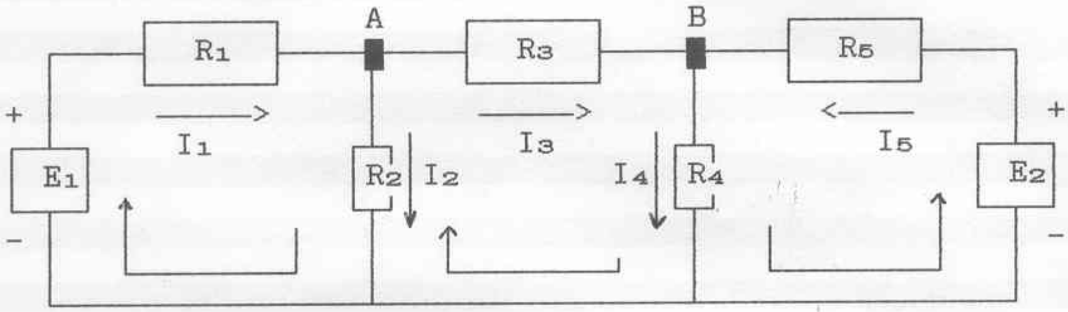
"

4.1 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 80\ V$ ; $E_2 = 45\ V$ ; $R_1 = R_2 = R_4 = 20\ K\Omega$ ; $R_3 = R_5 = 10\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{array}{l l} A & \\ B & \\ & \\ & \\ & \end{array}\left[\begin{array}{ll} I_1 = I_2 + I_3 & (1) \\ I_5 = I_4 - I_3 & (2) \\ E_1 = R_1*I_1 + R_2*I_2 & \\ E_2 = R_4*I_4 + R_5*I_5 & \\ 0 = - R_2*I_2 + R_3*I_3 + R_4*I_4 & \end{array}\right.$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$ e $I_5$ le prime due equazioni:

$$\left[\begin{array}{l} E_1 = R_1*I_2 + R_1*I_3 + R_2*I_2 \\ E_2 = R_4*I_4 + R_5*I_4 - R_5*I_3 \\ 0 = - R_2*I_2 + R_3*I_3 + R_4*I_4 \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} - R_2*I_2 + R_3*I_3 + R_4*I_4 = 0 \\ (R_1 + R_2)*I_2 + R_1*I_3 = E_1 \\ (R_4 + R_5)*I_4 - R_5*I_3 = E_2 \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} - 20*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_3 + 20*10^3 * I_4 = 0 \\ 40*10^3 * I_2 + 20*10^3 * I_3 = 80 \\ - 10*10^3 * I_3 + 30*10^3 * I_4 = 45 \end{array}\right.$$

$$\begin{cases} -2 * I_2 + I_3 + 2 * I_4 = 0 \\ 2*10^3 * I_2 + 1*10^3 * I_3 = 4 \\ -2*10^3 * I_3 + 6*10^3 * I_4 = 9 \end{cases}$$

$\Longrightarrow \quad I_3 = 2 * I_2 - 2 * I_4 \quad (3)$

Si ricava $I_3$ dalla prima e si sostituisce nelle altre due.

$$\begin{cases} 2*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_2 - 2*10^3 * I_4 = 4 \\ -4*10^3 * I_2 + 4*10^3 * I_4 + 6*10^3 * I_4 = 9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2*10^3 * I_2 - 1*10^3 * I_4 = 2 \quad (4) \\ -4*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_4 = 9 \end{cases}$$

Si moltiplica per 2 la prima e si somma alla seconda.

$$\begin{cases} 4*10^3 * I_2 - 2*10^3 * I_4 = 4 \\ -4*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_4 = 9 \end{cases}$$

$$8*10^3 * I_4 = 13 \quad \Longrightarrow \quad I_4 = \frac{13}{8*10^3} = 1{,}625 \text{ mA}$$

Si sostituisce nella (4) e si ricava $I_2$:

$$I_2 = \frac{1*10^3 * I_4 + 2}{2*10^3} = \frac{1*10^3 * 1{,}625*10^{-3} + 2}{2*10^3} = 1{,}8125 \text{ mA}$$

Dalla (3) si calcola $I_3$:

$$I_3 = 2 * I_2 - 2 * I_4 = 2 * 1{,}8125*10^{-3} - 2 * 1{,}625*10^{-3} = 0{,}375 \text{ mA}$$

Dalle (1) e (2) si calcolano $I_1$ e $I_5$:

$$I_1 = I_2 + I_3 = 1{,}8125*10^{-3} + 0{,}375*10^{-3} = 2{,}1875 \text{ mA}$$

$$I_5 = I_4 - I_3 = 1{,}625*10^{-3} - 0{,}375*10^{-3} = 1{,}25 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 20*10^3 * 2{,}1875*10^{-3} = 43{,}75 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 20*10^3 * 1{,}8125*10^{-3} = 36{,}25 \text{ V}$$

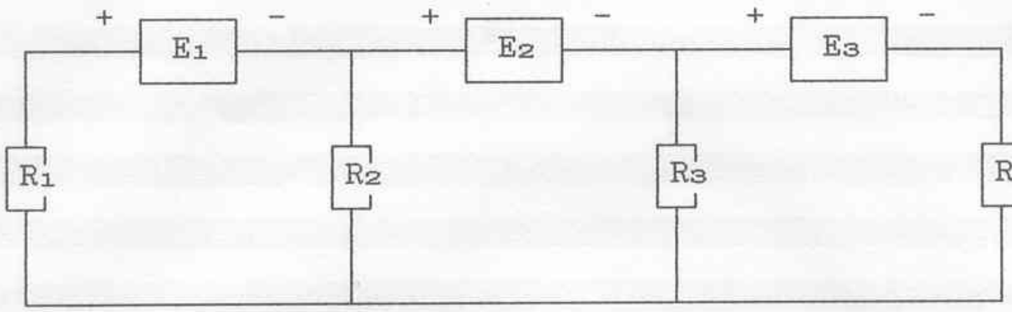
$$V_3 = R_3 * I_3 = 10*10^3 * 0{,}375*10^{-3} = 3{,}75 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 20*10^3 * 1{,}625*10^{-3} = 32{,}5 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 10*10^3 * 1{,}25*10^{-3} = 12{,}5 \text{ V}$$

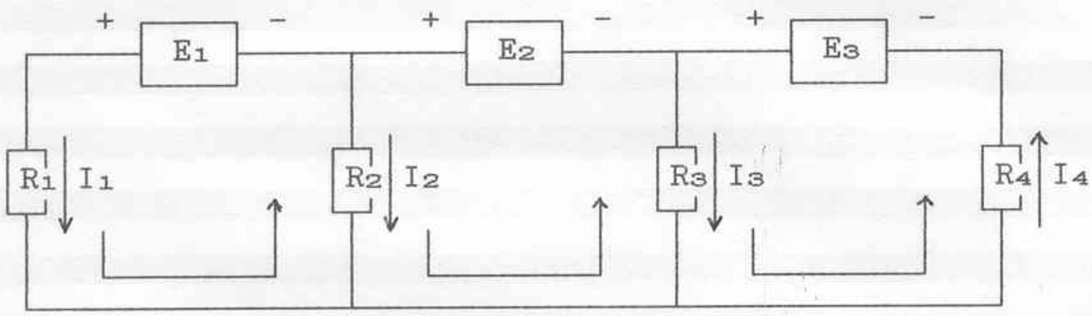
4.2 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.

1




$E_1 = E_2 = E_3 = 20$ V ; $R_1 = R_2 = 2$ KΩ ; $R_3 = 4$ KΩ ; $R_4 = 5$ KΩ

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} I_4 = I_1 + I_2 + I_3 \quad (1) \\ E_1 = R_1 * I_1 - R_2 * I_2 \\ E_2 = R_2 * I_2 - R_3 * I_3 \\ E_3 = R_3 * I_3 + R_4 * I_4 \end{cases}$$

Si sostituisce $I_4$ nelle altre equazioni:

$$\begin{cases} E_1 = R_1 * I_1 - R_2 * I_2 \\ E_2 = R_2 * I_2 - R_3 * I_3 \\ E_3 = R_3 * I_3 + R_4 * I_1 + R_4 * I_2 + R_4 * I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_1 * I_1 - R_2 * I_2 = E_1 \\ R_2 * I_2 - R_3 * I_3 = E_2 \\ R_4 * I_1 + R_4 * I_2 + (R_3 + R_4) * I_3 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2*10^3 * I_1 - 2*10^3 * I_2 = 20 \implies 1*10^3 * I_1 - 1*10^3 * I_2 = 10 \\ 2*10^3 * I_2 - 4*10^3 * I_3 = 20 \implies 1*10^3 * I_2 - 2*10^3 * I_3 = 10 \\ 5*10^3 * I_1 + 5*10^3 * I_2 + 9*10^3 * I_3 = 20 \end{cases}$$

Si calcola $I_1$ dalla prima e $I_3$ dalla seconda e si sostituiscono nella terza:

$$\begin{cases} I_1 = \dfrac{1*10^3 * I_2 + 10}{1*10^3} & (2) \\[2ex] I_3 = \dfrac{1*10^3 * I_2 - 10}{2*10^3} & (3) \\[2ex] 5*10^3 * I_2 + 50 + 5*10^3 * I_2 + 4{,}5*10^3 * I_2 - 45 = 20 & \Longrightarrow \end{cases}$$

$$\Longrightarrow \quad 14{,}5*10^3 * I_2 = 15 \quad \Longrightarrow \quad I_2 = \frac{15}{14{,}5*10^3} = 1{,}034 \text{ mA}$$

Sostituendo nella (2) e nella (3) si calcolano $I_1$ e $I_3$:

$$I_1 = \frac{1*10^3 * I_2 + 10}{1*10^3} = \frac{1*10^3 * 1{,}034*10^{-3} + 10}{1*10^3} = 11{,}034 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{1*10^3 * I_2 - 10}{2*10^3} = \frac{1*10^3 * 1{,}034*10^{-3} - 10}{2*10^3} = - 4{,}483 \text{ mA}$$

Il segno - sta ad indicare che il verso scelto per $I_3$ non è quello reale, ossia bisogna invertire il verso di tale corrente.

Sostituendo nella (1) si calcola $I_4$:

$$I_4 = I_1 + I_2 + I_3 = 11{,}034*10^{-3} + 1{,}034*10^{-3} - 4{,}483*10^{-3} = 7{,}585 \text{ mA}$$

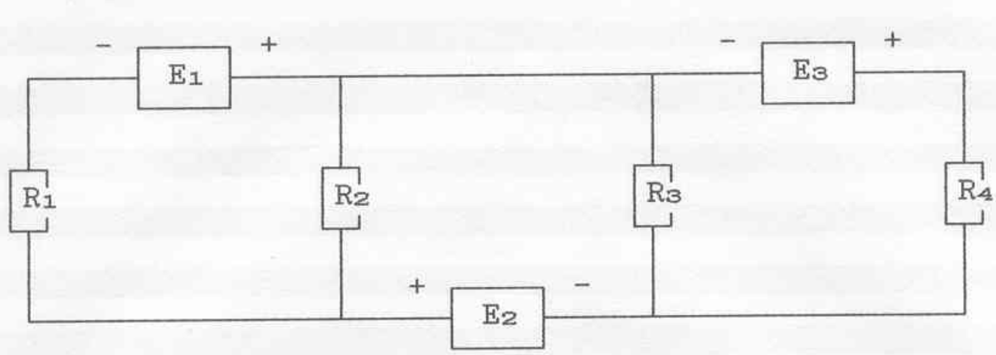
$$V_1 = R_1 * I_1 = 2*10^3 * 11{,}034*10^{-3} = 22{,}068 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 2*10^3 * 1{,}034*10^{-3} = 2{,}068 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 4*10^3 * 4{,}483*10^{-3} = 17{,}93 \text{ V}$$

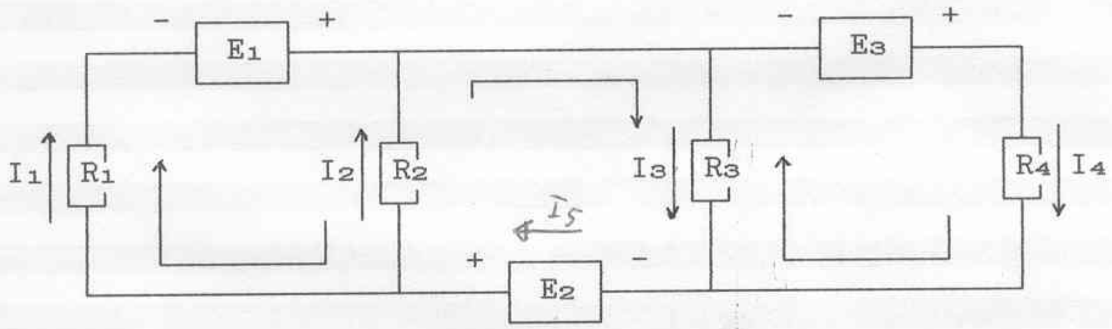
$$V_4 = R_4 * I_4 = 5*10^3 * 7{,}585*10^{-3} = 37{,}925 \text{ V}$$

4.3 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.



$E_1 = E_2 = E_3 = 20\ V$ ; $R_1 = 20\ K\Omega$ ; $R_2 = 2\ K\Omega$ ; $R_3 = 4\ K\Omega$ ; $R_4 = 5\ K\Omega$

RISOLUZIONE



$I_5 = I_1 + I_2$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3 + I_4 \\ E_1 = R_1*I_1 - R_2*I_2 \\ E_2 = R_2*I_2 + R_3*I_3 \\ E_3 = -R_3*I_3 + R_4*I_4 \end{cases} \qquad \begin{cases} I_1 = I_3 + I_4 - I_2 \qquad (1) \\ R_1*I_3 + R_1*I_4 - R_1*I_2 - R_2*I_2 = E_1 \\ R_2*I_2 + R_3*I_3 = E_2 \\ -R_3*I_3 + R_4*I_4 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -(R_1 + R_2)*I_2 + R_1*I_3 + R_1*I_4 = E_1 \\ R_2*I_2 + R_3*I_3 = E_2 \\ -R_3*I_3 + R_4*I_4 = E_3 \end{cases}$$

Dalla prima si è ricavato $I_1$ e si è sostituito nelle altre tre equazioni

$$\begin{cases} -22*10^3 * I_2 + 20*10^3 * I_3 + 20*10^3 * I_4 = 20 \\ 2*10^3 * I_2 + 4*10^3 * I_3 = 20 \\ -4*10^3 * I_3 + 5*10^3 * I_4 = 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -11\cdot10^3 * I_2 + 10\cdot10^3 * I_3 + 10\cdot10^3 * I_4 = 10 \\ 1\cdot10^3 * I_2 + 2\cdot10^3 * I_3 = 10 \\ -4\cdot10^3 * I_3 + 5\cdot10^3 * I_4 = 20 \end{cases}$$

Si somma la prima con la seconda moltiplicata per 11:

$$\begin{cases} -11\cdot10^3 * I_2 + 10\cdot10^3 * I_3 + 10\cdot10^3 * I_4 = 10 \\ 11\cdot10^3 * I_2 + 22\cdot10^3 * I_3 = 110 \end{cases}$$

$$32\cdot10^3 * I_3 + 10\cdot10^3 * I_4 = 120 \quad \Longrightarrow \quad 16\cdot10^3 * I_3 + 5\cdot10^3 * I_4 = 60$$

A tale equazione si aggiunge la terza moltiplicata per 4:

$$\begin{cases} 16\cdot10^3 * I_3 + 5\cdot10^3 * I_4 = 60 \\ -16\cdot10^3 * I_3 + 20\cdot10^3 * I_4 = 80 \end{cases}$$

$$25\cdot10^3 * I_4 = 140 \quad \Longrightarrow \quad I_4 = \frac{140}{25\cdot10^3} = 5{,}6 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{5\cdot10^3 * I_4 - 20}{4\cdot10^3} = \frac{5\cdot10^3 * 5{,}6\cdot10^{-3} - 20}{4\cdot10^3} = 2 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{-2\cdot10^3 * I_3 + 10}{1\cdot10^3} = \frac{-1\cdot10^3 * 2\cdot10^{-3} + 10}{1\cdot10^3} = 6 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_3 + I_4 - I_2 = 2\cdot10^{-3} + 5{,}6\cdot10^{-3} - 6\cdot10^{-3} = 1{,}6 \text{ mA}$$

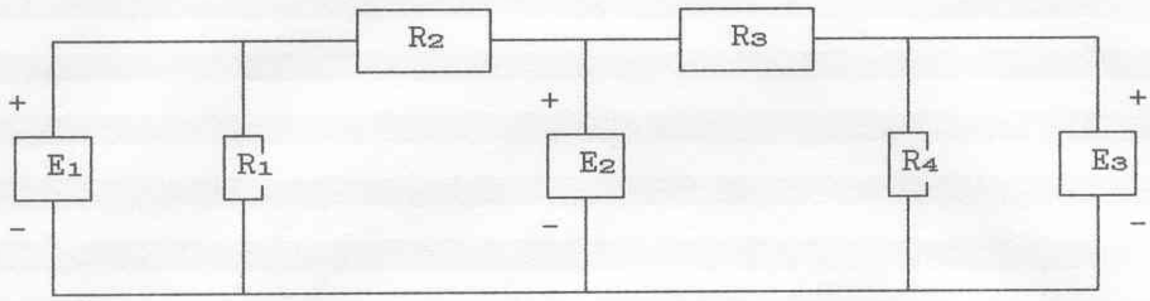
$$V_1 = R_1 * I_1 = 20\cdot10^3 * 1{,}6\cdot10^{-3} = 32 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 2\cdot10^3 * 6\cdot10^{-3} = 12 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 4\cdot10^3 * 2\cdot10^{-3} = 8 \text{ V}$$

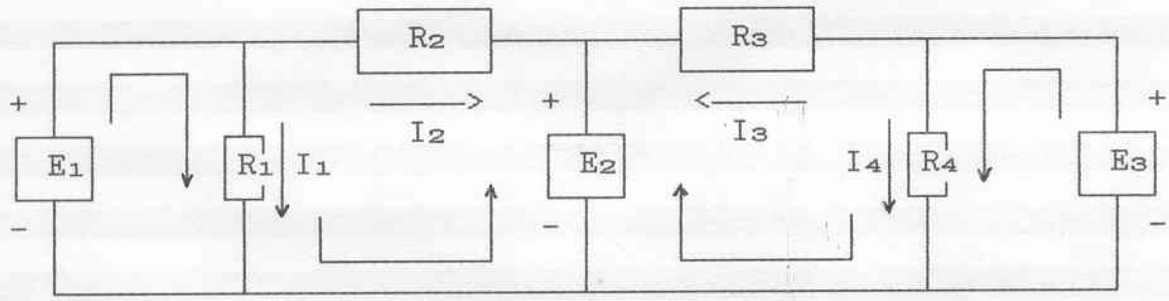
$$V_4 = R_4 * I_4 = 5\cdot10^3 * 5{,}6\cdot10^{-3} = 28 \text{ V}$$

4.4 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = E_2 = E_3 = 20\ V$ ; $R_1 = R_4 = 2\ K\Omega$ ; $R_2 = 4\ K\Omega$ ; $R_3 = 1\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} E_1 = R_1 * I_1 & \Longrightarrow \quad I_1 = \dfrac{E_1}{R_1} = \dfrac{20}{2*10^3} = 10\ mA \\ E_2 = R_1 * I_1 - R_2 * I_2 & (1) \\ E_2 = R_4 * I_4 - R_3 * I_3 & (2) \\ E_3 = R_4 * I_4 & \Longrightarrow \quad I_4 = \dfrac{E_3}{R_4} = \dfrac{20}{2*10^3} = 10\ mA \end{cases}$$

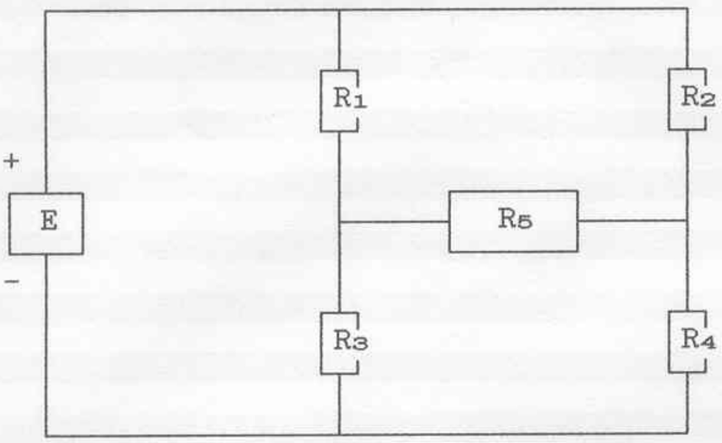
Sostituendo nelle (1) e (2) si calcolano $I_2$ e $I_3$:

$$E_2 = E_1 - R_2 * I_2 \quad \Longrightarrow \quad I_2 = \frac{E_2 - E_1}{R_2} = \frac{20 - 20}{4*10^3} = 0$$

$$E_2 = E_3 - R_3 * I_3 \quad \Longrightarrow \quad I_3 = \frac{E_2 - E_3}{R_3} = \frac{20 - 20}{1*10^3} = 0$$

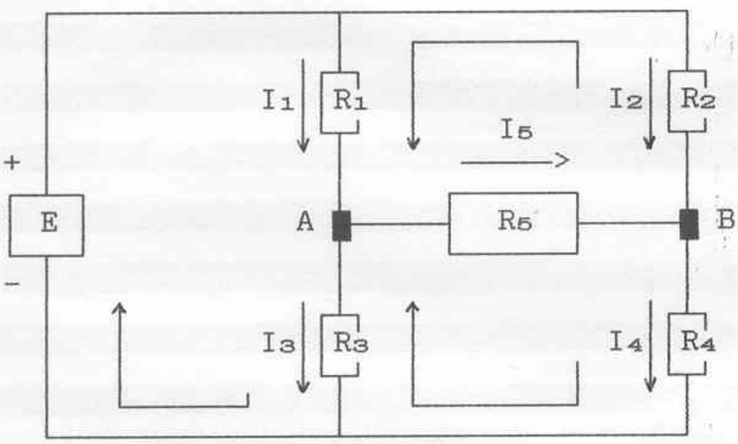
$V_1 = E_1 = 20\ V$ ; $V_2 = V_3 = 0$ ; $V_4 = E_3 = 20\ V$

4.5 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E = 12\ V$ ; $R_1 = 1\ K\Omega$ ; $R_2 = 3\ K\Omega$ ; $R_3 = 5\ K\Omega$ ; $R_4 = 3\ K\Omega$ ; $R_5 = 1,67\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{array}{ll} A & I_1 = I_3 + I_5 \quad (1) \\ B & I_4 = I_2 + I_5 \quad (2) \\ & 0 = R_1 * I_1 - R_2 * I_2 + R_5 * I_5 \\ & 0 = - R_3 * I_3 + R_4 * I_4 + R_5 * I_5 \\ & E = R_1 * I_1 + R_3 * I_3 \end{array}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$ e $I_4$ le prime due equazioni:

$$\left[\begin{array}{l} R_1 * I_3 + R_1 * I_5 - R_2 * I_2 + R_5 * I_5 = 0 \\ - R_3 * I_3 + R_4 * I_2 + R_4 * I_5 + R_5 * I_5 = 0 \\ R_1 * I_3 + R_1 * I_5 + R_3 * I_3 = E \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} - R_2 * I_2 + R_1 * I_3 + (R_1 + R_5) * I_5 = 0 \\ R_4 * I_2 - R_3 * I_3 + (R_4 + R_5) * I_5 = 0 \\ (R_1 + R_3) * I_3 + R_3 * I_5 = E \end{array}\right.$$

$$\begin{cases} -3*10^3*I_2 + 1*10^3*I_3 + 2,67*10^3*I_5 = 0 \implies -3*I_2 + 1*I_3 + 2,67*I_5 = 0 \\ 3*10^3*I_2 - 5*10^3*I_3 + 4,67*10^3*I_5 = 0 \implies 3*I_2 - 5*I_3 + 4,67*I_5 = 0 \\ 6*10^3 * I_3 + 1*10^3 * I_5 = 12 \end{cases}$$

Si sommano le prime due equazioni:

$$\begin{cases} -3*10^3 * I_2 + 1*10^3 * I_3 + 2,67*10^3 * I_5 = 0 \\ 3*10^3 * I_2 - 5*10^3 * I_3 + 4,67*10^3 * I_5 = 0 \end{cases}$$

$$-4*10^3 * I_3 + 7,34*10^3 * I_5 = 0$$

Tale equazione moltiplicata per tre si somma alla terza moltiplicata per 2:

$$\begin{cases} -12*10^3 * I_3 + 22,02*10^3 * I_5 = 0 \\ 12*10^3 * I_3 + 2*10^3 * I_5 = 24 \end{cases}$$

$$24,02*10^3 * I_5 = 24 \implies I_4 = \frac{24}{24,02*10^3} \approx 1 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{7,34}{4} * I_5 = \frac{7,34}{4} * 1*10^{-3} = 1,835 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{I_3 + 2,67 * I_5}{3} = \frac{1,835*10^{-3} + 2,67 * 1*10^{-3}}{3} = 1,5 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_2 + I_5 = 1,5*10^{-3} + 1*10^{-3} = 2,5 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_3 + I_5 = 1,835*10^{-3} + 1*10^{-3} = 2,835 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 2,835*10^{-3} = 2,835 \text{ V}$$

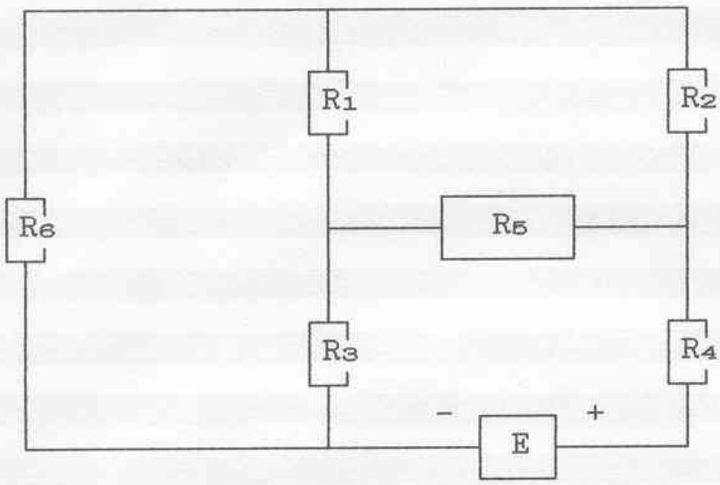
$$V_2 = R_2 * I_2 = 3*10^3 * 1,5*10^{-3} = 4,5 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 5*10^3 * 1,835*10^{-3} = 9,175 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 3*10^3 * 2,5*10^{-3} = 7,5 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 1,67*10^3 * 1*10^{-3} = 1,67 \text{ V}$$

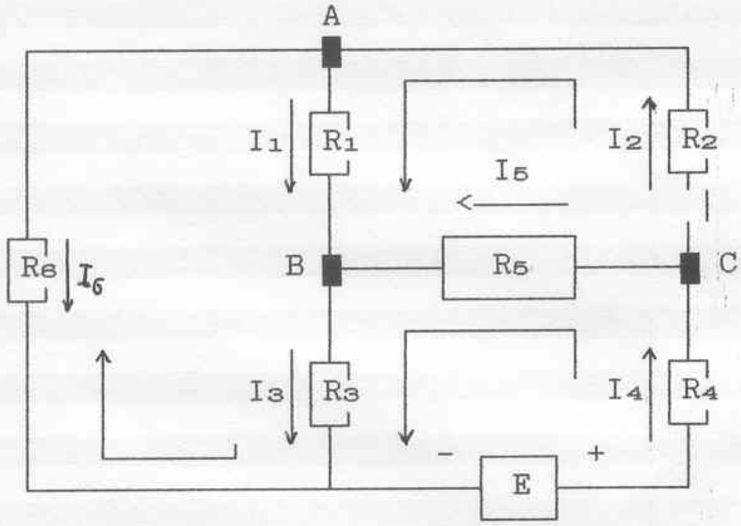
4.6 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




modificare

$E = 12\ V$ ; $R_1 = \overset{2}{1}\ K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = 3\ K\Omega$ ; $R_3 = 5\ K\Omega$ ; $R_5 = R_6 = 2\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{array}{ll} A & \left[\begin{array}{l} I_2 = I_1 + I_6 \\ I_3 = I_1 + I_5 \\ I_4 = I_2 + I_5 = I_1 + I_5 + I_6 \\ 0 = R_1 * I_1 + R_3 * I_3 - R_6 * I_6 \\ 0 = R_1 * I_1 + R_2 * I_2 - R_5 * I_5 \\ E = R_3 * I_3 + R_4 * I_4 + R_5 * I_5 \end{array}\right. \\ B & \\ C & \end{array}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_2$, $I_3$ e $I_4$ le prime tre equazioni:

$$\left[\begin{array}{l} R_1 * I_1 + R_3 * I_1 + R_3 * I_5 - R_6 * I_6 = 0 \\ R_1 * I_1 + R_2 * I_1 + R_2 * I_6 - R_5 * I_5 = 0 \\ R_3 * I_1 + R_3 * I_5 + R_4 * I_1 + R_4 * I_5 + R_4 * I_6 + R_5 * I_5 = E \end{array}\right.$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_3)*I_1 + R_3*I_5 - R_6*I_6 = 0 \\ (R_1 + R_2)*I_1 - R_5*I_5 + R_2*I_6 = 0 \\ (R_3 + R_4)*I_1 + (R_3 + R_4 + R_5)*I_5 + R_4*I_6 = E \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6*10^3 * I_1 + 5*10^3 * I_5 - 2*10^3 * I_6 = 0 \quad ==> \quad 6*I_1 + 5*I_5 - 2*I_6 = 0 \\ 4*10^3 * I_1 - 2*10^3 * I_5 + 3*10^3 * I_6 = 0 \quad ==> \quad 4*I_1 - 2*I_5 + 3*I_6 = 0 \\ 8*10^3 * I_1 + 10*10^3 * I_5 + 3*10^3 * I_6 = 12 \end{cases}$$

Si sottrae dalla terza equazione la seconda:

$$\begin{cases} 8*10^3 * I_1 + 10*10^3 * I_5 + 3*10^3 * I_6 = 12 \\ 4*10^3 * I_1 - 2*10^3 * I_5 + 3*10^3 * I_6 = 0 \end{cases}$$

$$4*10^3 * I_1 + 12*10^3 * I_5 = 12 \quad ==> \quad 1*10^3 * I_1 + 3*10^3 * I_5 = 3$$

Si moltiplica la prima equazione per 3 e ad essa si somma la seconda equazione moltiplicata per 2:

$$\begin{cases} 18*10^3 * I_1 + 15*10^3 * I_5 - 6*10^3 * I_6 = 0 \\ 8*10^3 * I_1 - 4*10^3 * I_5 + 6*10^3 * I_6 = 0 \end{cases}$$

$$26*10^3 * I_1 + 11*10^3 * I_5 = 0 \quad ==> \quad 26 * I_1 + 11 * I_5 = 0$$

Si sottrae da tale equazione quella ottenuta prima moltiplicata per 26:

$$\begin{cases} 26*10^3 * I_1 + 78*10^3 * I_5 = 78 \\ 26*10^3 * I_1 + 11*10^3 * I_5 = 0 \end{cases}$$

$$67*10^3 * I_5 = 78 \quad ==> \quad I_5 = \frac{78}{67*10^3} = 1,164 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{3 - 3*10^3 * I_5}{1*10^3} = \frac{3 - 3*10^3 * 1,164*10^{-3}}{1*10^3} = -\ 0,492 \text{ mA}$$

Il segno - sta ad indicare che il verso scelto per $I_1$ non è quello reale, ossia bisogna invertire il verso di tale corrente.

$$I_6 = \frac{6 * I_1 + 5 * I_5}{2} = \frac{6 * (-0,492*10^{-3}) + 5 * 1,164*10^{-3}}{2} = 1,434 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_1 + I_6 = -0,492*10^{-3} + 1,434*10^{-3} = 0,942 \text{ mA}$$

$$I_3 = I_1 + I_5 = -0,492*10^{-3} + 1,164*10^{-3} = 0,672 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_2 + I_5 = 0,942*10^{-3} + 1,164*10^{-3} = 2,106 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^{3} * 0,492*10^{-3} = 0,492 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 3*10^{3} * 0,942*10^{-3} = 2,826 \text{ V}$$

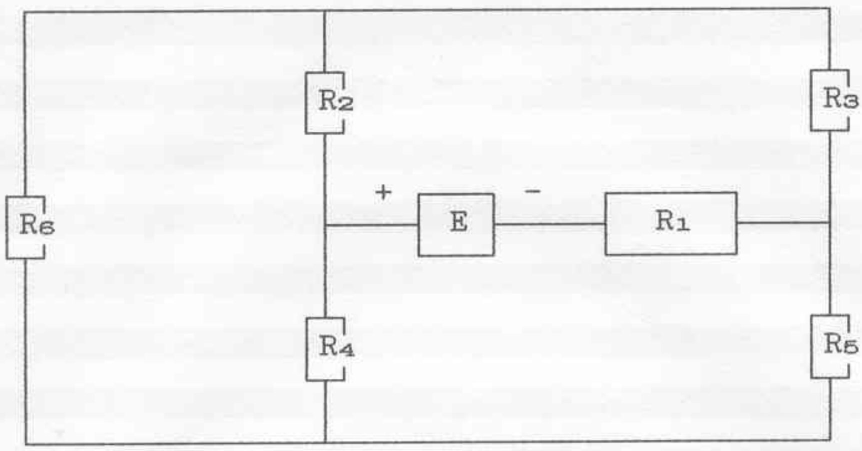
$$V_3 = R_3 * I_3 = 5*10^{3} * 0,672*10^{-3} = 3,36 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 3*10^{3} * 2,106*10^{-3} = 6,318 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^{3} * 1,164*10^{-3} = 2,328 \text{ V}$$

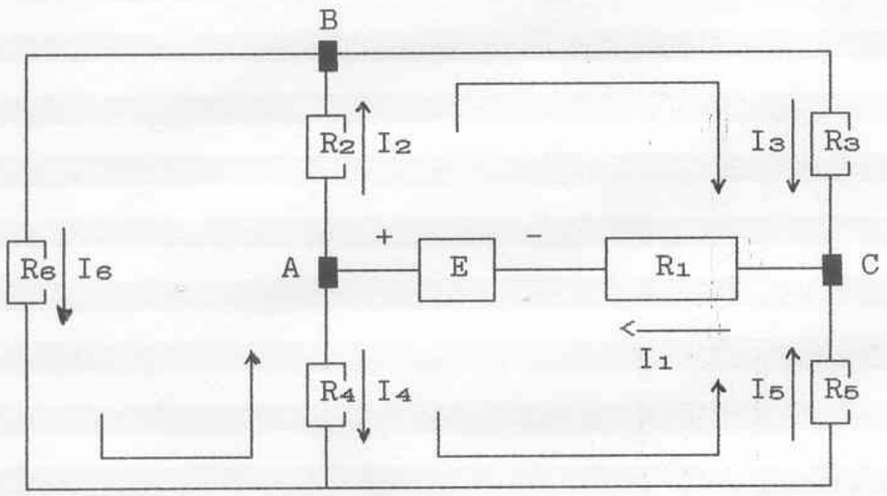
$$V_6 = R_6 * I_6 = 2*10^{3} * 1,434*10^{-3} = 2,868 \text{ V}$$

4.7 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E = 12\ V$ ; $R_1 = 1\ K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = 3\ K\Omega$ ; $R_3 = 5\ K\Omega$ ; $R_5 = 2\ K\Omega$ ; $R_6 = 1\ K\Omega$

## RISOLUZIONE




$$\begin{array}{l|ll}
A & I_1 = I_2 + I_4 \quad ==> & I_4 = I_1 - I_2 \\
B & I_1 = I_3 + I_5 \quad ==> & I_5 = I_1 - I_3 \\
C & I_2 = I_3 + I_6 \quad ==> & I_6 = I_2 - I_3 \\
 & E = R_1 * I_1 + R_2 * I_2 + R_3 * I_3 & \\
 & E = R_1 * I_1 + R_4 * I_4 + R_5 * I_5 & \\
 & 0 = R_2 * I_2 - R_4 * I_4 + R_6 * I_6 &
\end{array}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_4$, $I_5$ e $I_6$ le prime tre equazioni:

$$\begin{cases}
R_1 * I_1 + R_2 * I_2 + R_3 * I_3 = E \\
R_1 * I_1 + R_4 * I_1 - R_4 * I_2 + R_5 * I_1 - R_5 * I_3 = E \\
R_2 * I_2 - R_4 * I_1 + R_4 * I_2 + R_6 * I_2 - R_6 * I_3 = 0
\end{cases}$$

$$\begin{cases} R_1*I_1 + R_2*I_2 + R_3*I_3 = E \\ (R_1 + R_4 + R_5)*I_1 - R_4*I_2 - R_5*I_3 = E \\ - R_4*I_1 + (R_2 + R_4 + R_6)*I_2 - R_6*I_3 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 1*10^3 * I_1 + 3*10^3 * I_2 + 5*10^3 * I_3 = 12 \\ 6*10^3 * I_1 - 3*10^3 * I_2 - 1*10^3 * I_3 = 12 \\ - 3*10^3 * I_1 + 7*10^3 * I_2 - 1*10^3 * I_3 = 0 \quad ==> \quad 3*I_1 - 7*I_2 + I_3 = 0 \end{cases}$$

Si ricava $I_3$ dalla terza equazione e si sostituisce nelle altre due:

$$\begin{cases} I_3 = - 3 * I_1 + 7 * I_2 \\ 1*10^3 * I_1 + 3*10^3 * I_2 - 15*10^3 * I_1 + 35*10^3 * I_2 = 12 \\ 6*10^3 * I_1 - 3*10^3 * I_2 + 3*10^3 * I_1 - 7*10^3 * I_2 = 12 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - 7*10^3 * I_1 + 19*10^3 * I_2 = 6 \\ 9*10^3 * I_1 - 10*10^3 * I_2 = 12 \end{cases}$$

Si moltiplica la prima equazione per 9 e ad essa si somma la seconda equazione moltiplicata per 7:

$$\begin{cases} - 63*10^3 * I_1 + 171*10^3 * I_2 = 54 \\ 63*10^3 * I_1 - 70*10^3 * I_2 = 84 \end{cases}$$

$$101*10^3 * I_2 = 138 \quad ==> \quad I_2 = \frac{138}{101*10^3} = 1,37 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{10*10^3 * I_2 + 12}{9*10^3} = \frac{10*10^3 * 1,37*10^{-3} + 12}{9*10^3} = 2,85 \text{ mA}$$

$$I_3 = - 3 * I_1 + 7 * I_2 = - 3 * 2,85*10^{-3} + 7 * 1,37*10^{-3} = 1,04 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_1 - I_2 = 2,85*10^{-3} - 1,37*10^{-3} = 1,48 \text{ mA}$$

$$I_5 = I_1 - I_3 = 2,85*10^{-3} - 1,04*10^{-3} = 1,81 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_2 - I_3 = 1,37*10^{-3} - 1,04*10^{-3} = 0,33 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 2,85*10^{-3} = 2,85 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 3*10^3 * 1,73*10^{-3} = 5,19 \text{ V}$$

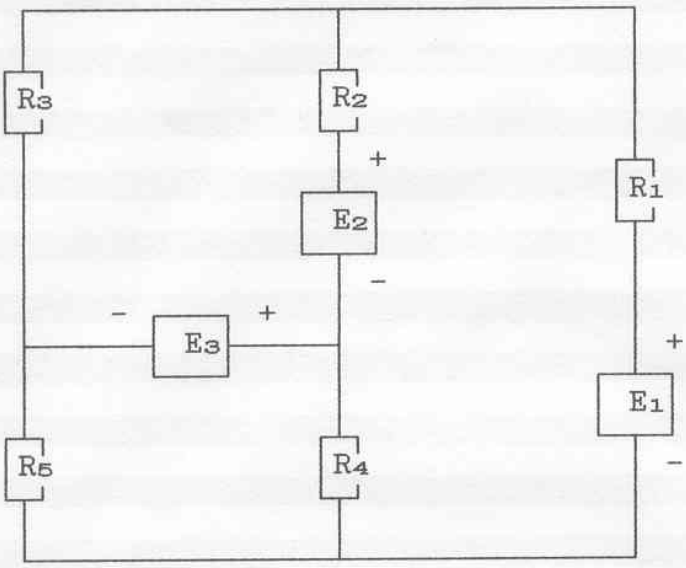
$$V_3 = R_3 * I_3 = 5*10^3 * 1,04*10^{-3} = 5,2 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 3*10^3 * 1,48*10^{-3} = 4,44 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^3 * 1,81*10^{-3} = 3,62 \text{ V}$$

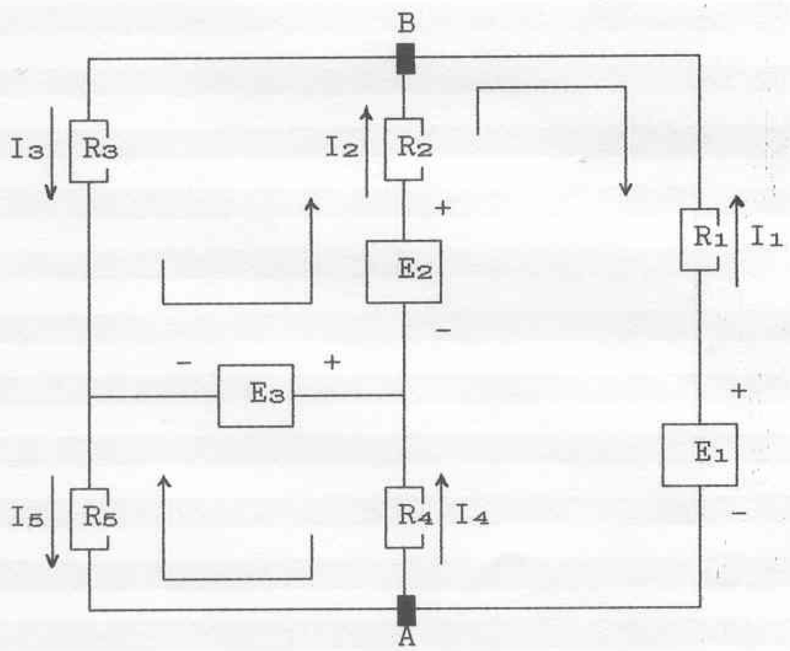
$$V_6 = R_6 * I_6 = 1*10^3 * 0,33*10^{-3} = 0,33 \text{ V}$$

4.8 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = E_2 = E_3 = 20\ V$ ; $R_1 = R_5 = 1\ K\Omega$ ; $R_2 = 2\ K\Omega$ ; $R_3 = 3\ K\Omega$ ; $R_4 = 4\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{array}{l|l} A & I_5 = I_1 + I_4 \\ B & I_3 = I_1 + I_2 \\ & E_2 - E_1 = - R_1*I_1 + R_2*I_2 + R_4*I_4 \\ & E_2 + E_3 = R_2*I_2 + R_3*I_3 \\ & E_3 = - R_4*I_4 - R_5*I_5 \end{array}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni a $I_3$ e $I_5$ le prime due equazioni:

$$\left[\begin{array}{l} - R_1*I_1 + R_2*I_2 + R_4*I_4 = E_2 - E_1 \\ R_2*I_2 + R_3*I_1 + R_3*I_2 = E_2 + E_3 \\ - R_4*I_4 - R_5*I_1 - R_5*I_4 = E_3 \end{array}\right.$$

$$\begin{cases} -R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_4 I_4 = E_2 - E_1 \\ R_3 I_1 + (R_2 + R_3) I_2 = E_2 + E_3 \\ -R_5 I_1 - (R_4 + R_5) I_4 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -1 \cdot 10^3 \cdot I_1 + 2 \cdot 10^3 \cdot I_2 + 4 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 0 \quad \Longrightarrow \quad -I_1 + 2 I_2 + 4 I_4 = 0 \\ 3 \cdot 10^3 \cdot I_1 + 5 \cdot 10^3 \cdot I_2 = 40 \\ -1 \cdot 10^3 \cdot I_1 - 5 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 20 \end{cases}$$

Si ricava $I_1$ dalla prima equazione e si sostituisce nelle altre due:

$$\begin{cases} I_1 = 2 \cdot I_2 + 4 \cdot I_4 \\ 6 \cdot 10^3 \cdot I_2 + 12 \cdot 10^3 \cdot I_4 + 5 \cdot 10^3 \cdot I_2 = 40 \\ -2 \cdot 10^3 \cdot I_2 - 4 \cdot 10^3 \cdot I_4 - 5 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 20 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 11 \cdot 10^3 \cdot I_2 + 12 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 40 \\ -2 \cdot 10^3 \cdot I_2 - 9 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 20 \end{cases}$$

Si moltiplica la prima equazione per 2 e ad essa si somma la seconda equazione moltiplicata per 11:

$$\begin{cases} 22 \cdot 10^3 \cdot I_2 + 24 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 80 \\ -22 \cdot 10^3 \cdot I_2 - 99 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 220 \end{cases}$$

$$-75 \cdot 10^3 \cdot I_4 = 300 \quad \Longrightarrow \quad I_4 = -\frac{300}{75 \cdot 10^3} = -4 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_4$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_2 = \frac{-9 \cdot 10^3 \cdot I_4 - 20}{2 \cdot 10^3} = \frac{9 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} - 20}{2 \cdot 10^3} = 8 \text{ mA}$$

$$I_1 = 2 \cdot I_2 + 4 \cdot I_4 = 2 \cdot 8 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 0$$

$I_3 = I_1 + I_2 = 0 + 8*10^{-3} = 8$ mA

$I_5 = I_1 + I_4 = 0 - 4*10^{-3} = - 4$ mA

Il segno - di $I_5$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$V_1 = R_1 * I_1 = 0$

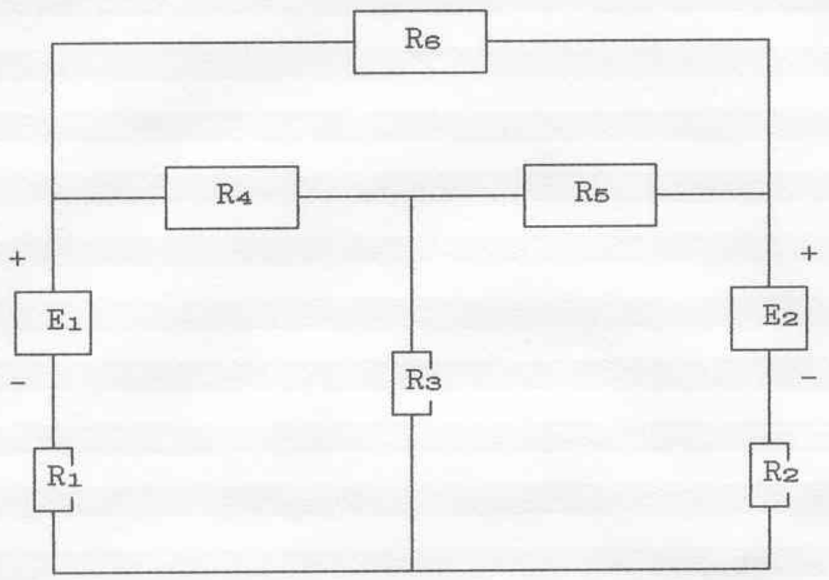
$V_2 = R_2 * I_2 = 2*10^3 * 8*10^{-3} = 16$ V

$V_3 = R_3 * I_3 = 3*10^3 * 8*10^{-3} = 24$ V

$V_4 = R_4 * I_4 = 4*10^3 * 4*10^{-3} = 16$ V

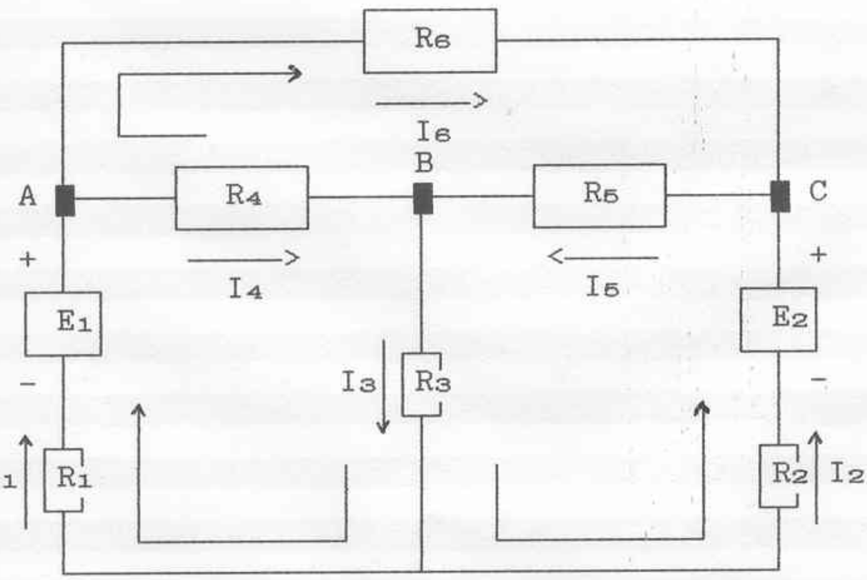
$V_5 = R_5 * I_5 = 1*10^3 * 4*10^{-3} = 4$ V

4.9 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = E_2 = 100$ V ; $R_1 = R_2 = 1$ KΩ ; $R_3 = 2$ KΩ ; $R_4 = R_6 = 3$ KΩ ; $R_5 = 5$ KΩ

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} A & I_1 = I_4 + I_6 \\ B & I_5 = I_3 + I_6 \\ C & I_2 = I_4 + I_5 \\ & 0 = -R_4 * I_4 + R_5 * I_5 + R_6 * I_6 \\ & E_1 = R_1 * I_1 + R_3 * I_3 + R_4 * I_4 \\ & E_2 = R_2 * I_2 + R_3 * I_3 + R_5 * I_5 \end{cases}$$

==> $I_3 = I_5 - I_6$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$, $I_2$ e $I_5$ le prime tre equazioni:

$$\begin{cases} - R_4 * I_4 + R_5 * I_5 + R_6 * I_6 = 0 \\ R_1 * I_4 + R_1 * I_6 + R_3 * I_4 + R_3 * I_5 + R_4 * I_4 = E_1 \\ R_2 * I_5 - R_2 * I_6 + R_3 * I_4 + R_3 * I_5 + R_5 * I_5 = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - R_4 * I_4 + R_5 * I_5 + R_6 * I_6 = 0 \\ (R_1 + R_3 + R_4) * I_4 + R_3 * I_5 + R_1 * I_6 = E_1 \\ R_3 * I_4 + (R_2 + R_3 + R_5) * I_5 - R_2 * I_6 = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - 3*10^3*I_4 + 5*10^3*I_5 + 3*10^3*I_6 = 0 & \Longrightarrow & - 3*I_4 + 5*I_5 + 3*I_6 = 0 \\ 6*10^3*I_4 + 2*10^3*I_5 + 1*10^3*I_6 = 100 & \Longrightarrow & 60*I_4 + 20*I_5 + 10*I_6 = 1 \\ 2*10^3*I_4 + 8*10^3*I_5 - 1*10^3*I_6 = 100 & \Longrightarrow & 20*I_4 + 80*I_5 - 10*I_6 = 1 \end{cases}$$

Alla seconda equazione si somma la terza:

$$\begin{cases} 60 * I_4 + 20 * I_5 + 10 * I_6 = 1 \\ 20 * I_4 + 80 * I_5 - 10 * I_6 = 1 \end{cases}$$

$$80 * I_4 + 100 * I_5 = 2 \quad \Longrightarrow \quad 40 * I_4 + 50 * I_5 = 1$$

Si moltiplica la prima equazione per 10 e ad essa si somma la terza equazione moltiplicata per 3:

$$\begin{cases} - 30 * I_4 + 50 * I_5 + 30 * I_6 = 0 \\ 60 * I_4 + 240 * I_5 - 30 * I_6 = 3 \end{cases}$$

$$30 * I_4 + 290 * I_5 = 3$$

Si moltiplica la seconda equazione così ottenuta per 4 e ad essa si sottrae la prima equazione moltiplicata per 3:

$$\begin{cases} 120 * I_4 + 1160 * I_5 = 12 \\ 120 * I_4 + 150 * I_5 = 3 \end{cases}$$

$$1010 * I_5 = 9 \quad \Longrightarrow \quad I_5 = 8,91 \text{ mA}$$

$$I_4 = \frac{1 - 50 * I_5}{40} = \frac{1 - 50 * 8,91*10^{-3}}{40} = 13,86 \text{ mA}$$

$$I_6 = \frac{3 * I_4 - 5 * I_5}{3} = \frac{3 * 13,86*10^{-3} - 5 * 8,91*10^{-3}}{3} = - 0.99 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_5$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$I_1 = I_4 + I_6 = 13,86*10^{-3} - 8,91*10^{-3} = 12,87$ mA

$I_2 = I_5 - I_6 = 8,91*10^{-3} + 0,99*10^{-3} = 9,9$ mA

$I_3 = I_4 + I_5 = 13,86*10^{-3} + 8,91*10^{-3} = 22,77$ mA

$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 12,87*10^{-3} = 12,87$ V

$V_2 = R_2 * I_2 = 1*10^3 * 9,9*10^{-3} = 9,9$ V

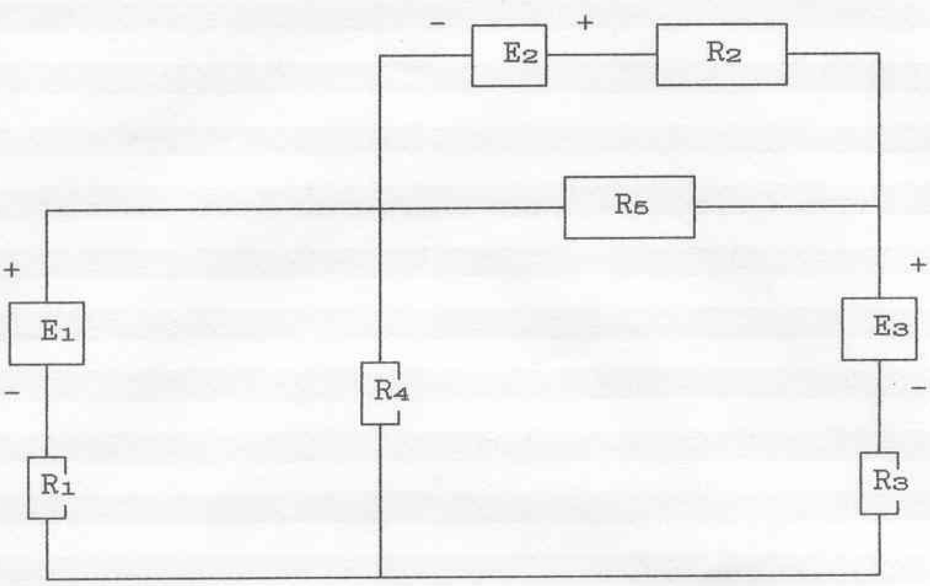
$V_3 = R_3 * I_3 = 2*10^3 * 22,77*10^{-3} = 45,54$ V

$V_4 = R_4 * I_4 = 3*10^3 * 13,86*10^{-3} = 41,58$ V

$V_5 = R_5 * I_5 = 5*10^3 * 8,91*10^{-3} = 44,55$ V

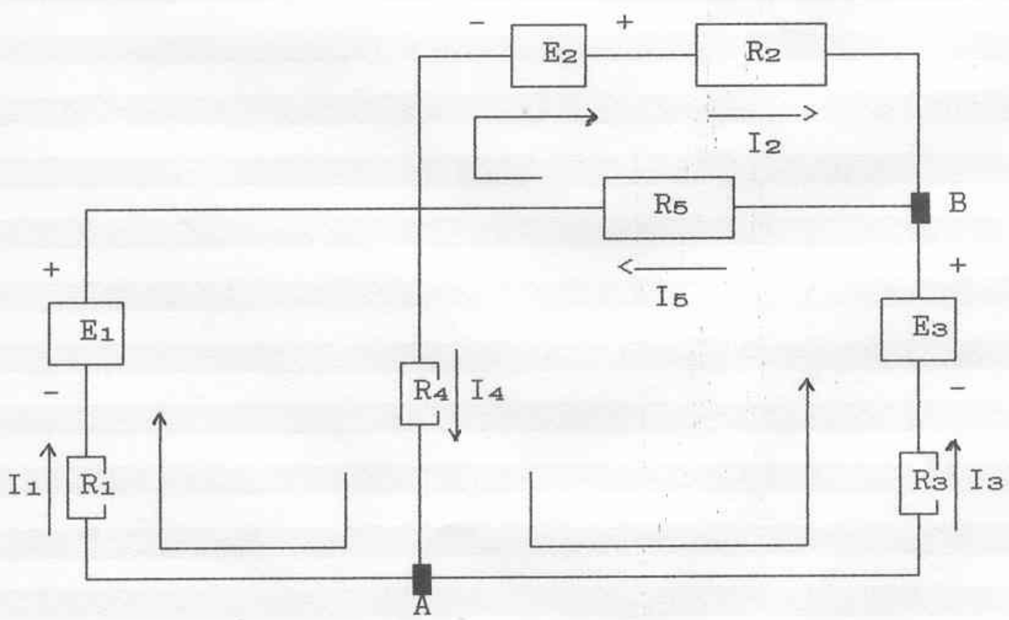
$V_6 = R_6 * I_6 = 3*10^3 * 0,99*10^{-3} = 2,97$ V

4.10 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = E_2 = 20\ V$ ; $E_3 = 60\ V$ ; $R_1 = 1\ K\Omega$ ; $R_3 = 3\ K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = R_5 = 2\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{array}{l|l} A & I_4 = I_1 + I_3 \\ B & I_5 = I_2 + I_3 \\ & E_1 = R_1 * I_1 + R_4 * I_4 \\ & E_2 = R_2 * I_2 + R_5 * I_5 \\ & E_3 = R_3 * I_3 + R_4 * I_4 + R_5 * I_5 \end{array}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_4$ e $I_5$ le prime due equazioni:

$$\begin{cases} R_1*I_1 + R_4*I_1 + R_4*I_3 = E_1 \\ R_2*I_2 + R_5*I_2 + R_5*I_3 = E_2 \\ R_3*I_3 + R_4*I_1 + R_4*I_3 + R_5*I_2 + R_5*I_3 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_4)*I_1 + R_4*I_3 = E_1 \\ (R_2 + R_5)*I_2 + R_5*I_3 = E_2 \\ R_4*I_1 + R_5*I_2 + (R_3 + R_4 + R_5)*I_3 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3*10^3 * I_1 + 2*10^3 * I_3 = 20 \\ 4*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_3 = 20 \quad \Longrightarrow \quad 2*10^3 * I_2 + 1*10^3 * I_3 = 10 \\ 2*10^3 * I_1 + 2*10^3 * I_2 + 7*10^3 * I_3 = 60 \end{cases}$$

Dalla seconda equazione si sottrae la prima:

$$\begin{cases} 4*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_3 = 20 \\ 3*10^3 * I_1 + 2*10^3 * I_3 = 20 \end{cases}$$

$$- 3*10^3 * I_1 + 4*10^3 * I_2 = 0 \quad \Longrightarrow \quad - 3 * I_1 + 4 * I_2 = 0$$

Dalla seconda semplificata moltiplicata per 7 di sottrae la terza:

$$\begin{cases} 14*10^3 * I_2 + 7*10^3 * I_3 = 70 \\ 2*10^3 * I_1 + 2*10^3 * I_2 + 7*10^3 * I_3 = 60 \end{cases}$$

$$- 2*10^3 * I_1 + 14*10^3 * I_2 = 10 \quad \Longrightarrow \quad - 1*10^3 * I_1 + 7*10^3 * I_2 = 5$$

Dalla seconda delle equazioni così ottenute moltiplicata per 3 si sottrae la prima:

$$\begin{cases} - 3*10^3 * I_1 + 21*10^3 * I_2 = 15 \\ - 3*10^3 * I_1 + 4*10^3 * I_2 = 0 \end{cases}$$

$$17*10^3 * I_2 = 15 \quad \Longrightarrow \quad I_2 = 0.88 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{4}{3} * I_2 = \frac{4}{3} * 0,88*10^{-3} = 1,17 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{10 - 2*10^3 * I_2}{1*10^3} = \frac{10 - 2*10^3 * 0,88*10^{-3}}{1*10^3} = 8,24 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_1 + I_3 = 1,17*10^{-3} + 8,24*10^{-3} = 9,41 \text{ mA}$$

$$I_5 = I_2 + I_3 = 0,88*10^{-3} + 8,24*10^{-3} = 9,12 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 1,17*10^{-3} = 1,17 \text{ V}$$

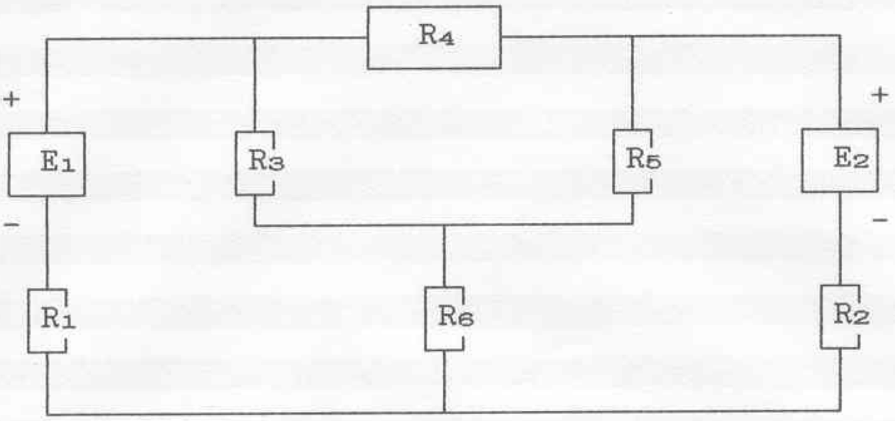
$$V_2 = R_2 * I_2 = 2*10^3 * 0,88*10^{-3} = 1,76 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 3*10^3 * 8,24*10^{-3} = 24,72 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 2*10^3 * 9,41*10^{-3} = 18,82 \text{ V}$$

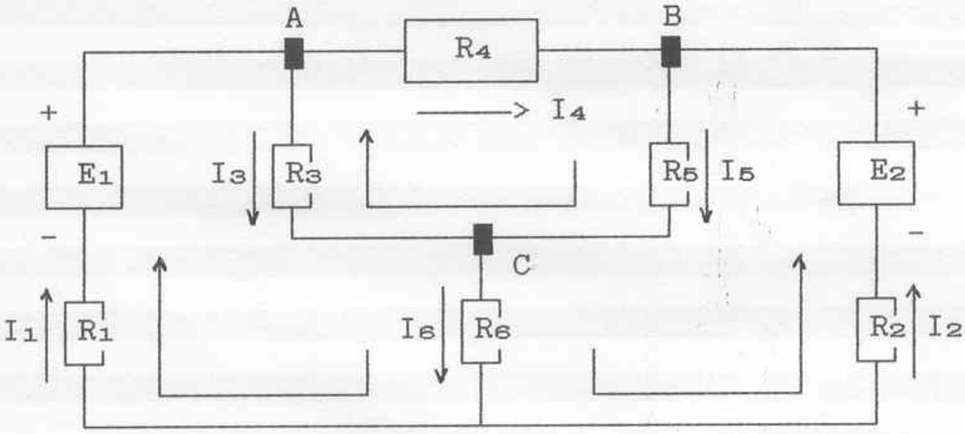
$$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^3 * 9,12*10^{-3} = 18,24 \text{ V}$$

4.11 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 25\ V$ ; $E_2 = 12\ V$ ; $R_1 = R_2 = 1\ K\Omega$ ; $R_3 = R_4 = 2\ K\Omega$ ; $R_5 = R_6 = 4\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{array}{ll} A & \left[\begin{array}{l} I_1 = I_3 + I_4 \\ I_5 = I_2 + I_4 \quad ==> \quad I_2 = I_5 - I_4 \\ I_6 = I_3 + I_5 \\ E_1 = R_1*I_1 + R_3*I_3 + R_6*I_6 \\ E_2 = R_2*I_2 + R_5*I_5 + R_6*I_6 \\ 0 = R_4*I_4 + R_5*I_5 - R_3*I_3 \end{array}\right. \\ B & \\ C & \end{array}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$, $I_2$ e $I_6$ le prime tre equazioni:

$$\left[\begin{array}{l} R_1*I_3 + R_1*I_4 + R_3*I_3 + R_6*I_3 + R_6*I_5 = E_1 \\ R_2*I_5 - R_2*I_4 + R_5*I_5 + R_6*I_3 + R_6*I_5 = E_2 \\ - R_3*I_3 + R_4*I_4 + R_5*I_5 = 0 \end{array}\right.$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_3 + R_6)*I_3 + R_1*I_4 + R_6*I_5 = E_1 \\ R_6*I_3 - R_2*I_4 + (R_2 + R_5 + R_6)*I_5 = E_2 \\ - R_3*I_3 + R_4*I_4 + R_5*I_5 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 7*10^3 * I_3 + 1*10^3 * I_4 + 4*10^3 * I_5 = 25 \\ 4*10^3 * I_3 - 1*10^3 * I_4 + 9*10^3 * I_5 = 12 \\ - 2*10^3 * I_3 + 2*10^3 * I_4 + 4*10^3 * I_5 = 0 \implies - I_3 + I_4 + 2 * I_5 = 0 \end{cases}$$

Dalla terza equazione si ricava $I_4$ e si sostituisce nelle altre due:

$$\begin{cases} I_4 = I_3 - 2 * I_5 \\ 7*10^3 * I_3 + 1*10^3 * I_3 - 2*10^3 * I_5 + 4*10^3 * I_5 = 25 \\ 4*10^3 * I_3 - 1*10^3 * I_3 + 2*10^3 * I_5 + 9*10^3 * I_5 = 12 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 8*10^3 * I_3 + 2*10^3 * I_5 = 25 \\ 3*10^3 * I_3 + 11*10^3 * I_5 = 12 \end{cases}$$

Dalla prima moltiplicata per 3 si sottrae la seconda moltiplicata per 8:

$$\begin{cases} 24*10^3 * I_3 + 6*10^3 * I_5 = 75 \\ 24*10^3 * I_3 + 88*10^3 * I_5 = 96 \end{cases}$$

$$- 82*10^3 * I_5 = - 21 \implies I_5 = 0{,}256 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{25 - 2*10^3 * I_5}{8*10^3} = \frac{25 - 2*10^3 * 0{,}256*10^{-3}}{8*10^3} = 3{,}06 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_3 - 2 * I_5 = 3{,}06*10^{-3} - 2 * 0{,}256*10^{-3} = 2{,}548 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_3 + I_4 = 3{,}06*10^{-3} + 2{,}548*10^{-3} = 5{,}61 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_5 - I_4 = 0{,}256*10^{-3} - 2{,}548*10^{-3} = - 2{,}29 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_2$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$I_6 = I_3 + I_5 = 3{,}06*10^{-3} + 0{,}256*10^{-3} = 3{,}316$ mA

$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 5{,}61*10^{-3} = 5{,}61$ V

$V_2 = R_2 * I_2 = 1*10^3 * 2{,}29*10^{-3} = 2{,}29$ V

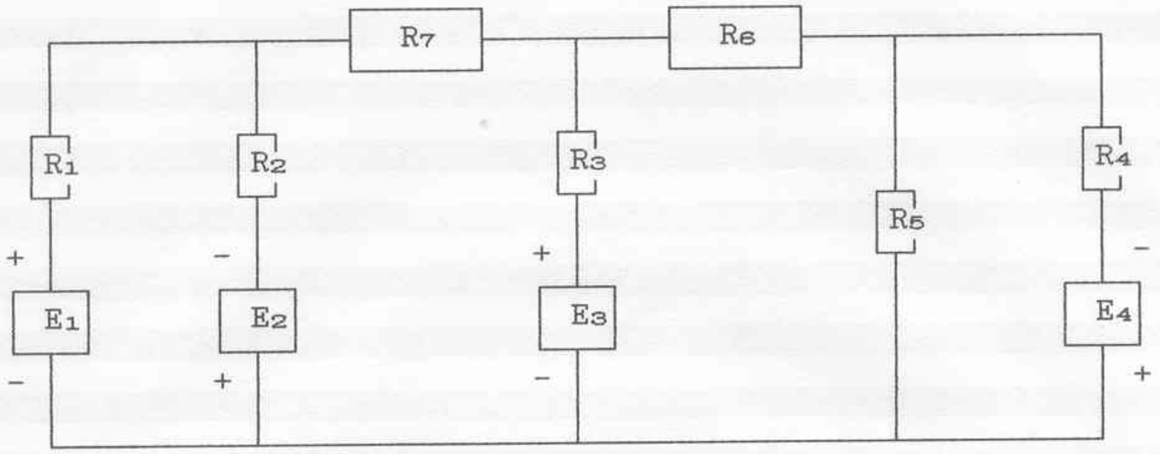
$V_3 = R_3 * I_3 = 2*10^3 * 3{,}06*10^{-3} = 6{,}12$ V

$V_4 = R_4 * I_4 = 2*10^3 * 2{,}548*10^{-3} = 5{,}096$ V

$V_5 = R_5 * I_5 = 4*10^3 * 0{,}256*10^{-3} = 1{,}024$ V

$V_6 = R_6 * I_6 = 4*10^3 * 3{,}316*10^{-3} = 13{,}264$ V

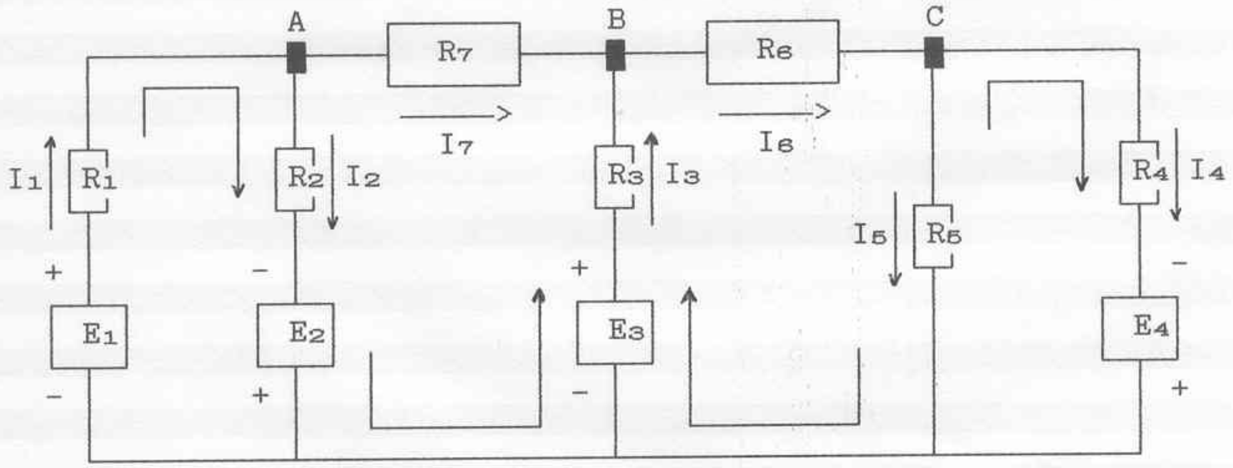
4.12 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 20\ V$ ; $E_2 = 10\ V$ ; $E_3 = 15\ V$ ; $E_4 = 7{,}5\ V$

$R_1 = 5\ K\Omega$ ; $R_2 = R_5 = R_7 = 2\ K\Omega$ ; $R_3 = R_4 = 1\ K\Omega$ ; $R_6 = 3\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} A & I_1 = I_2 + I_7 \\ B & I_6 = I_3 + I_7 \\ C & I_6 = I_4 + I_5 \\ & E_1 + E_2 = R_1 * I_1 + R_2 * I_2 \\ & E_2 + E_3 = R_2 * I_2 + R_3 * I_3 - R_7 * I_7 \\ & E_3 = R_3 * I_3 + R_6 * I_6 + R_5 * I_5 \\ & E_4 = R_4 * I_4 - R_5 * I_5 \end{cases}$$

$\Longrightarrow$ $I_3 = I_4 + I_5 - I_7$

Si sostituiscono nelle ultime quattro equazioni ad $I_1$, $I_3$ e $I_6$ le prime tre equazioni:

$$\left[\begin{array}{l} R_1*I_2 + R_1*I_7 + R_2*I_2 = E_1 + E_2 \\ R_2*I_2 + R_3*I_4 + R_3*I_5 - R_3*I_7 - R_7*I_7 = E_2 + E_3 \\ R_3*I_4 + R_3*I_5 - R_3*I_7 + R_6*I_4 + R_6*I_5 + R_5*I_5 = E_3 \\ R_4*I_4 - R_5*I_5 = E_4 \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} (R_1 + R_2)*I_2 + R_1*I_7 = E_1 + E_2 \\ R_2*I_2 + R_3*I_4 + R_3*I_5 - (R_3 + R_7)*I_7 = E_2 + E_3 \\ (R_3 + R_6)*I_4 + (R_3 + R_5 + R_6)*I_5 - R_3*I_7 = E_3 \\ R_4*I_4 - R_5*I_5 = E_4 \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} 7*10^3 * I_2 + 5*10^3 * I_7 = 30 \\ 2*10^3 * I_2 + 1*10^3 * I_4 + 1*10^3 * I_5 - 3*10^3 * I_7 = 25 \\ 4*10^3 * I_4 + 6*10^3 * I_5 - 1*10^3 * I_7 = 15 \\ 1*10^3 * I_4 - 2*10^3 * I_5 = 7{,}5 \quad ==> \quad 1*10^3 * I_4 = 2*10^3 * I_5 + 7{,}5 \end{array}\right.$$

Si sostituisce $1*10^3 * I_4$ della quarta equazione nelle altre tre:

$$\left[\begin{array}{l} 7*10^3 * I_2 + 5*10^3 * I_7 = 30 \\ 2*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_5 + 7{,}5 + 1*10^3 * I_5 - 3*10^3 * I_7 = 25 \\ 8*10^3 * I_5 + 30 + 6*10^3 * I_5 - 1*10^3 * I_7 = 15 \end{array}\right.$$

$$\left[\begin{array}{l} 7*10^3 * I_2 + 5*10^3 * I_7 = 30 \\ 2*10^3 * I_2 + 3*10^3 * I_5 - 3*10^3 * I_7 = 17{,}5 \\ 14*10^3 * I_5 - 1*10^3 * I_7 = -\ 15 \end{array}\right.$$

Dalla seconda moltiplicata per 3 si sottrae la terza moltiplicata per 14:

$$\left[\begin{array}{r} 28*10^3 * I_2 + 42*10^3 * I_5 - 42*10^3 * I_7 = 245 \\ 42*10^3 * I_5 - 3*10^3 * I_7 = -\ 45 \end{array}\right.$$

$$\overline{\qquad 28*10^3 * I_2 - 39*10^3 * I_7 = 290 \qquad}$$

Dalla prima moltiplicata per 4 si sottrae l´equazione appena ricavata:

$$\begin{cases} 28*10^3 * I_2 + 20*10^3 * I_7 = 120 \\ 28*10^3 * I_5 - 39*10^3 * I_7 = 290 \end{cases}$$

$$59*10^3 * I_7 = - 170 \qquad ==> \qquad I_7 = - 2,88 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_7$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_2 = \frac{290 + 39*10^3 * I_7}{28*10^3} = \frac{290 - 39*10^3 * 2,88*10^{-3}}{28*10^3} = 6,34 \text{ mA}$$

$$I_5 = \frac{- 15 + 1*10^3 * I_7}{14*10^3} = \frac{- 15 - 1*10^3 * 2,88*10^{-3}}{14*10^3} = - 1,277 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_5$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_4 = \frac{7,5 + 2*10^3 * I_5}{1*10^3} = \frac{7,5 - 1*10^3 * 1,277*10^{-3}}{1*10^3} = 4,946 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_4 + I_5 = 4,946*10^{-3} - 1,277*10^{-3} = 3,669 \text{ mA}$$

$$I_3 = I_4 + I_5 - I_7 = 4,946*10^{-3} - 1,277*10^{-3} + 2,88*10^{-3} = 6,549 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_2 + I_7 = 6,34*10^{-3} - 2,88*10^{-3} = 3,46 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 5*10^3 * 3,46*10^{-3} = 17,3 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 2*10^3 * 6,34*10^{-3} = 12,68 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 1*10^3 * 6,549*10^{-3} = 6,549 \text{ V}$$

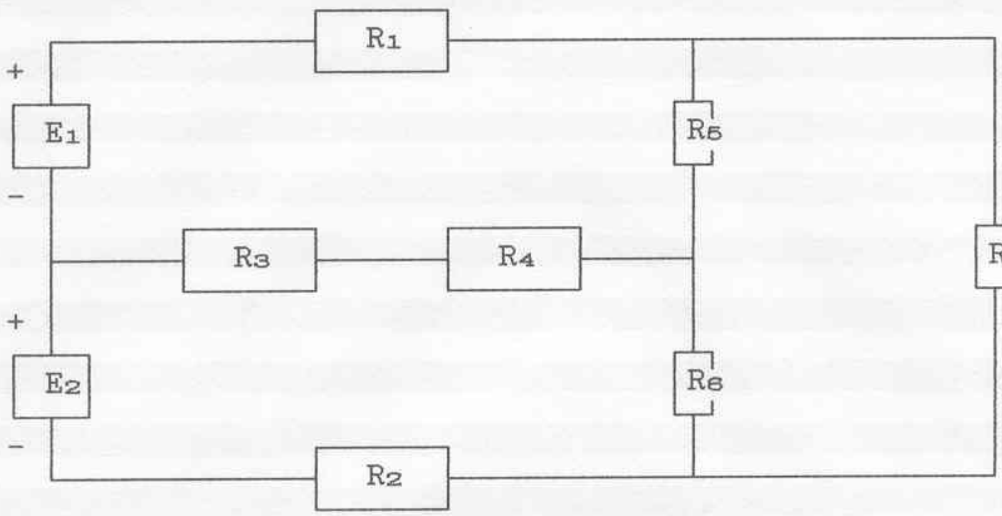
$$V_4 = R_4 * I_4 = 1*10^3 * 4,946*10^{-3} = 4,946 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^3 * 1,277*10^{-3} = 2,554 \text{ V}$$

$$V_6 = R_6 * I_6 = 3*10^3 * 3,669*10^{-3} = 11 \text{ V}$$

$$V_7 = R_7 * I_7 = 2*10^3 * 2,88*10^{-3} = 5,76 \text{ V}$$

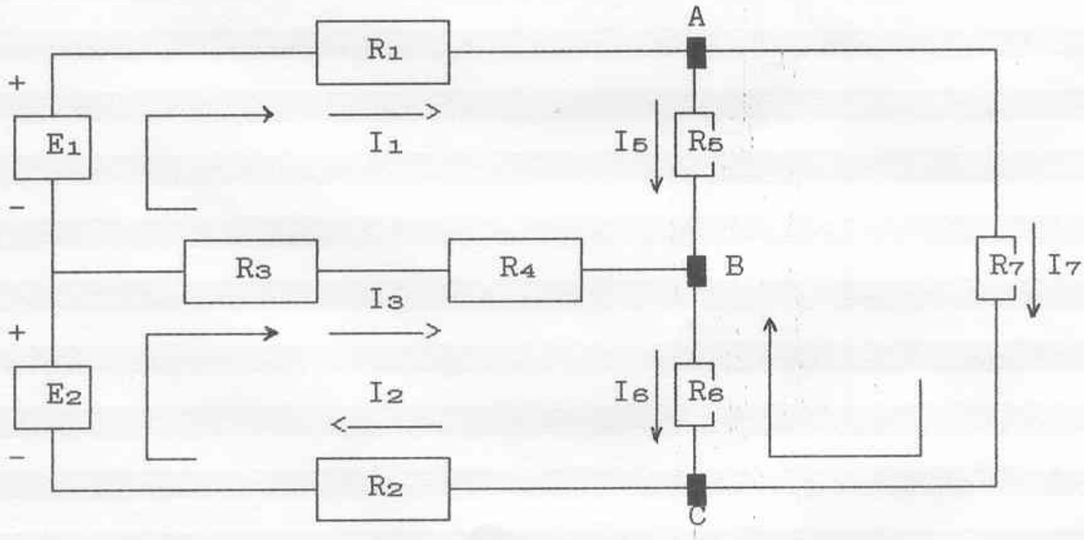
4.13 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 60\ V$ ; $E_2 = 80\ V$ ; $R_1 = R_7 = 6\ K\Omega$

$R_2 = 10\ K\Omega$ ; $R_3 = 8\ K\Omega$ ; $R_4 = R_5 = R_6 = 4K\Omega$

## RISOLUZIONE




$$\begin{array}{l|l} A & I_1 = I_5 + I_7 \\ B & I_6 = I_3 + I_5 \\ C & I_2 = I_6 + I_7 = I_3 + I_5 + I_7 \\ & 0 = - R_6 * I_6 - R_5 * I_5 + R_7 * I_7 \\ & E_1 = R_1 * I_1 + R_5 * I_5 - (R_3 + R_4) * I_3 \\ & E_2 = R_2 * I_2 + (R_3 + R_4) * I_3 + R_6 * I_6 \end{array}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$, $I_2$ e $I_6$ le prime tre equazioni:

$$\begin{cases} R_6*I_3 + R_6*I_5 + R_5*I_5 - R_7*I_7 = 0 \\ R_1*I_5 + R_1*I_7 + R_5*I_5 - (R_3 + R_4)*I_3 = E_1 \\ R_2*I_3 + R_2*I_5 + R_2*I_7 + (R_3 + R_4)*I_3 + R_6*I_3 + R_6*I_5 = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_6*I_3 + (R_5 + R_6)*I_5 - R_7*I_7 = 0 \\ -(R_3 + R_4)*I_3 + (R_1 + R_5)*I_5 + R_1*I_7 = E_1 \\ (R_2 + R_3 + R_4 + R_6)*I_3 + (R_2 + R_6)*I_5 + R_2*I_7 = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4*10^3 * I_3 + 8*10^3 * I_5 - 6*10^3 * I_7 = 0 \\ -12*10^3 * I_3 + 10*10^3 * I_5 + 6*10^3 * I_7 = 60 \\ 26*10^3 * I_3 + 14*10^3 * I_5 + 10*10^3 * I_7 = 80 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2*10^3 * I_3 + 4*10^3 * I_5 - 3*10^3 * I_7 = 0 \quad ==> \quad 2*I_3 + 4*I_5 - 3*I_7 = 0 \\ -6*10^3 * I_3 + 5*10^3 * I_5 + 3*10^3 * I_7 = 30 \\ 13*10^3 * I_3 + 7*10^3 * I_5 + 5*10^3 * I_7 = 40 \end{cases}$$

Alla prima si somma la seconda:

$$\begin{cases} 2*10^3 * I_3 + 4*10^3 * I_5 - 3*10^3 * I_7 = 0 \\ -6*10^3 * I_3 + 5*10^3 * I_5 + 3*10^3 * I_7 = 30 \end{cases}$$

$$-4*10^3 * I_3 + 9*10^3 * I_5 = 30$$

Alla prima moltiplicata per 5 si somma la terza moltiplicata per 3:

$$\begin{cases} 10*10^3 * I_3 + 20*10^3 * I_5 - 15*10^3 * I_7 = 0 \\ 39*10^3 * I_3 + 21*10^3 * I_5 + 15*10^3 * I_7 = 120 \end{cases}$$

$$49*10^3 * I_3 + 41*10^3 * I_5 = 120$$

Alla prima di queste equazioni così ottenute moltiplicata per 49 si somma la seconda moltiplicata per 4:

$$\left[\begin{array}{l} -\ 196*10^3 * I_3 + 441*10^3 * I_5 = 1470 \\ \ \ 196*10^3 * I_3 + 164*10^3 * I_5 = 480 \\ \hline \end{array}\right.$$

$$605*10^3 * I_5 = 1950 \quad ==> \quad I_5 = 3{,}22 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{9*10^3 * I_5 - 30}{4*10^3} = \frac{9*10^3 * 3{,}22*10^{-3} - 30}{4*10^3} = -\ 0{,}225 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_3$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_7 = \frac{2 * I_3 + 4 * I_5}{3} = \frac{2 * (-\ 0{,}225*10^{-3}) + 4 * 3{,}22*10^{-3}}{3} = 4{,}14 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_3 + I_5 = -\ 0{,}225*10^{-3} + 3{,}22*10^{-3} = 2{,}995 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_6 + I_7 = 2{,}995*10^{-3} + 4{,}14*10^{-3} = 7{,}135 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_5 + I_7 = 3{,}22*10^{-3} + 4{,}14*10^{-3} = 7{,}36 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 6*10^3 * 7{,}36*10^{-3} = 44{,}16 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 10*10^3 * 7{,}135*10^{-3} = 71{,}35 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 8*10^3 * 0{,}225*10^{-3} = 1{,}8 \text{ V}$$

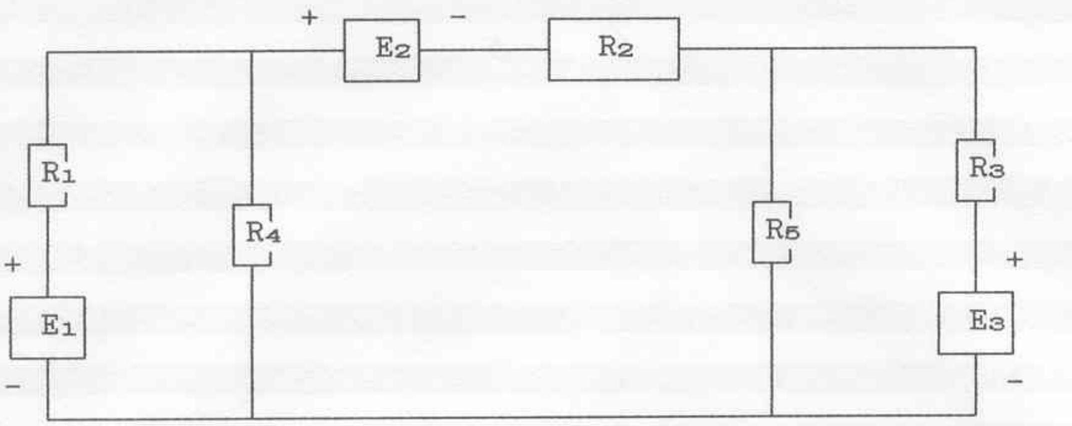
$$V_4 = R_4 * I_3 = 4*10^3 * 0{,}225*10^{-3} = 0{,}9 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 4*10^3 * 3{,}22*10^{-3} = 12{,}88 \text{ V}$$

$$V_6 = R_6 * I_6 = 4*10^3 * 2{,}995*10^{-3} = 11{,}98 \text{ V}$$

$$V_7 = R_7 * I_7 = 6*10^3 * 4{,}14*10^{-3} = 24{,}84 \text{ V}$$

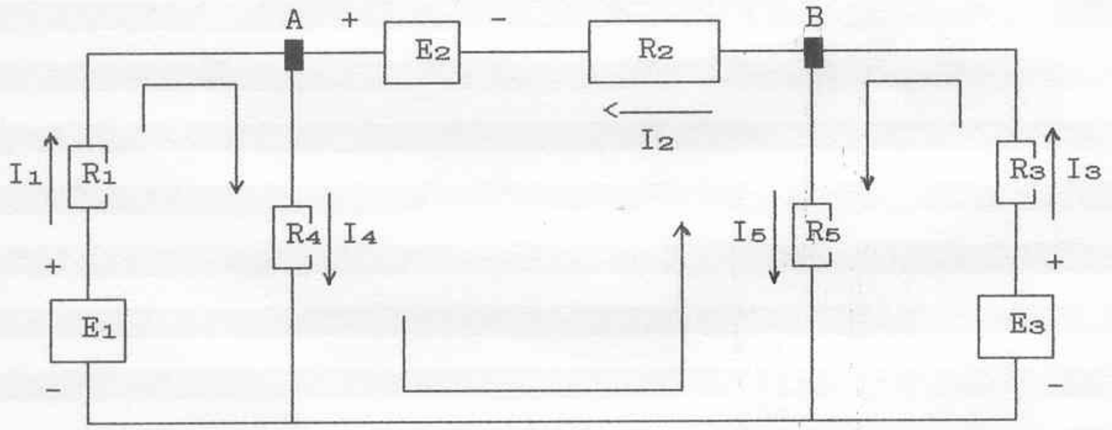
4.14 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 22\ V$ ; $E_2 = 2\ V$ ; $E_3 = 13\ V$

$R_1 = 1K\ \Omega$ ; $R_2 = 2\ K\Omega$ ; $R_3 = 6\ K\Omega$ ; $R_4 = R_5 = 4\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} A & I_4 = I_1 + I_2 \\ B & I_3 = I_2 + I_5 \\ & E_1 = R_1*I_1 + R_4*I_4 \\ & E_2 = R_2*I_2 + R_4*I_4 - R_5*I_5 \\ & E_3 = R_3*I_3 + R_5*I_5 \end{cases}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_3$ e $I_4$ le prime due equazioni:

$$\begin{cases} R_1*I_1 + R_4*I_1 + R_4*I_2 = E_1 \\ R_2*I_2 + R_4*I_1 + R_4*I_2 - R_5*I_5 = E_2 \\ R_3*I_2 + R_3*I_5 + R_5*I_5 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_4)*I_1 + R_4*I_2 = E_1 \\ R_4*I_1 + (R_2 + R_4)*I_2 - R_5*I_5 = E_2 \\ R_3*I_2 + (R_3 + R_5)*I_5 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5*10^3 * I_1 + 4*10^3 * I_2 = 22 \\ 4*10^3 * I_1 + 6*10^3 * I_2 - 4*10^3 * I_5 = 2 \\ 6*10^3 * I_1 + 10*10^3 * I_5 = 13 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5*10^3 * I_1 + 4*10^3 * I_2 = 22 \\ 2*10^3 * I_1 + 3*10^3 * I_2 - 2*10^3 * I_5 = 1 \\ 6*10^3 * I_1 + 10*10^3 * I_5 = 13 \end{cases}$$

Alla seconda moltiplicata per 5 si somma la terza:

$$\begin{cases} 10*10^3 * I_1 + 15*10^3 * I_2 - 10*10^3 * I_5 = 5 \\ 6*10^3 * I_1 + 10*10^3 * I_5 = 13 \end{cases}$$

$$10*10^3 * I_1 + 21*10^3 * I_5 = 18$$

Alla prima moltiplicata per 2 si sottrae l'equazione ottenuta:

$$\begin{cases} 10*10^3 * I_1 + 8*10^3 * I_2 = 44 \\ 10*10^3 * I_1 + 21*10^3 * I_5 = 18 \end{cases}$$

$$- 13*10^3 * I_2 = 26 \quad ==> \quad I_2 = - 2 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_2$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_1 = \frac{22 - 4*10^3 * I_2}{5*10^3} = \frac{22 + 4*10^3 * 2*10^{-3}}{4*10^3} = 6 \text{ mA}$$

$$I_5 = \frac{13 - 6*10^3 * I_2}{10*10^3} = \frac{13 + 6*10^3 * 2*10^{-3}}{10*10^3} = 2,5 \text{ mA}$$

$$I_3 = I_2 + I_5 = - 2*10^{-3} + 2,5*10^{-3} = 0,5 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_1 + I_2 = 6*10^{-3} - 2*10^{-3} = 4 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 6*10^{-3} = 6 \text{ V}$$

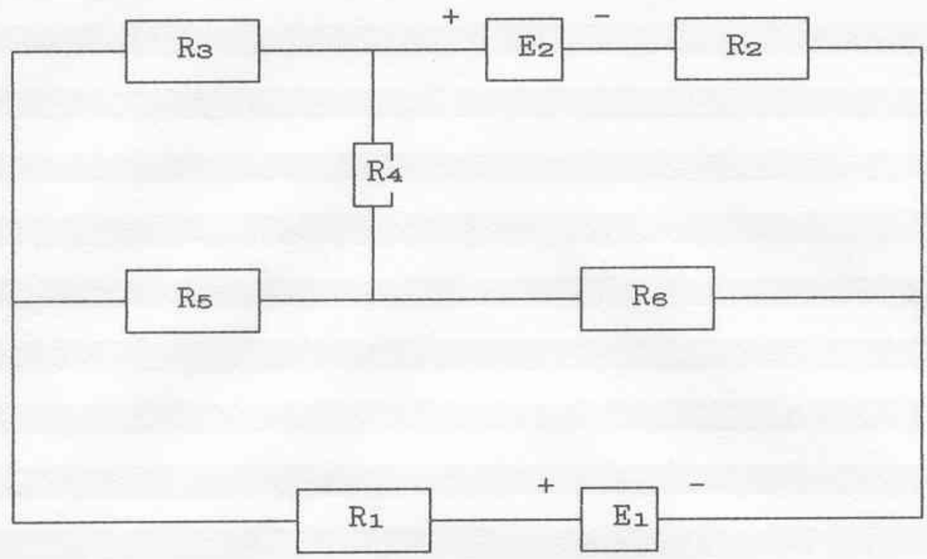
$$V_2 = R_2 * I_2 = 2*10^3 * 2*10^{-3} = 4\ V$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 6*10^3 * 0,5*10^{-3} = 3\ V$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 4*10^3 * 4*10^{-3} = 16\ V$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 4*10^3 * 2,5*10^{-3} = 10\ V$$

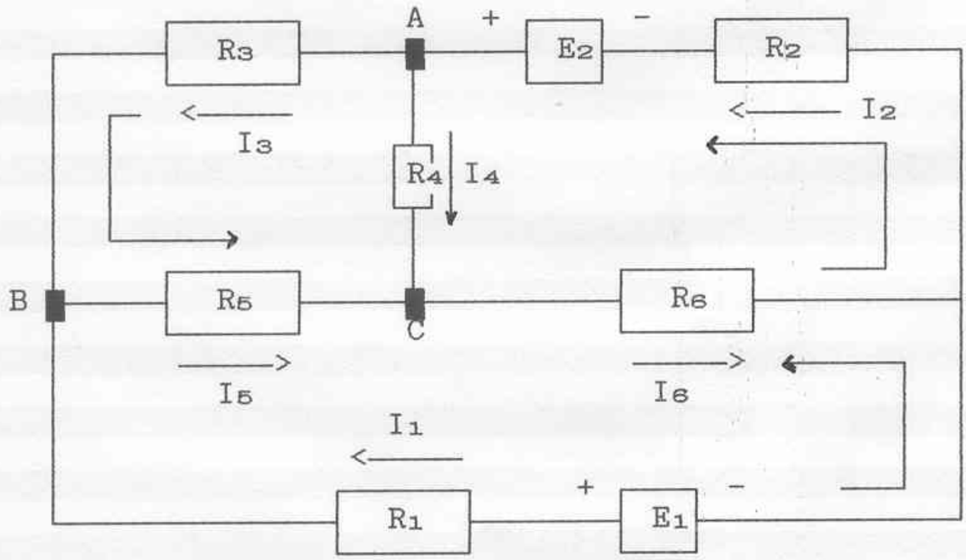
4.15 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1$ = 12 V ; $E_2$ = 6 V ; $R_1$ = 8 KΩ ; $R_2$ = 2 KΩ

$R_3$ = 1 KΩ ; $R_4$ = 5 KΩ ; $R_5$ = 3 KΩ ; $R_6$ = 4 KΩ

RISOLUZIONE




$$
\begin{array}{ll}
A & I_2 = I_3 + I_4 \\
B & I_5 = I_1 + I_3 \\
C & I_6 = I_4 + I_5 = I_1 + I_3 + I_4 \\
 & 0 = R_3*I_3 + R_5*I_5 - R_4*I_4 \\
 & E_2 = R_2*I_2 + R_4*I_4 + R_6*I_6 \\
 & E_1 = R_1*I_1 + R_5*I_5 + R_6*I_6
\end{array}
$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_2$, $I_5$ e $I_6$ le prime tre equazioni:

$$\begin{cases} R_3*I_3 + R_5*I_1 + R_5*I_3 - R_4*I_4 = 0 \\ R_2*I_3 + R_2*I_4 + R_4*I_4 + R_6*I_1 + R_6*I_3 + R_6*I_4 = E_2 \\ R_1*I_1 + R_5*I_1 + R_5*I_3 + R_6*I_1 + R_6*I_3 + R_6*I_4 = E_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R_5*I_1 + (R_3 + R_5)*I_3 - R_4*I_4 = 0 \\ R_6*I_1 + (R_2 + R_6)*I_3 + (R_2 + R_4 + R_6)*I_4 = E_2 \\ (R_1 + R_5 + R_6)*I_1 + (R_5 + R_6)*I_3 + R_6*I_4 = E_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 3*10^3 * I_1 + 4*10^3 * I_3 - 5*10^3 * I_4 = 0 \quad ==> \quad 3*I_1 + 4*I_3 - 5*I_4 = 0 \\ 4*10^3 * I_1 + 6*10^3 * I_3 + 11*10^3 * I_4 = 6 \\ 15*10^3 * I_1 + 7*10^3 * I_3 + 4*10^3 * I_4 = 12 \end{cases}$$

Alla seconda moltiplicata per 3 si sottrae la prima moltiplicata per 4:

$$\begin{cases} 12*10^3 * I_1 + 18*10^3 * I_3 + 33*10^3 * I_4 = 18 \\ 12*10^3 * I_1 + 16*10^3 * I_3 - 20*10^3 * I_4 = 0 \end{cases}$$

$$2*10^3 * I_3 + 53*10^3 * I_4 = 18$$

Alla prima moltiplicata per 5 si sottrae la terza:

$$\begin{cases} 15*10^3 * I_1 + 20*10^3 * I_3 - 25*10^3 * I_4 = 0 \\ 15*10^3 * I_1 + 7*10^3 * I_3 + 4*10^3 * I_4 = 12 \end{cases}$$

$$13*10^3 * I_3 - 29*10^3 * I_4 = - 12$$

Alla prima di queste equazioni così ottenute moltiplicata per 13 si sottrae la seconda moltiplicata per 2:

$$\begin{cases} 26*10^3 * I_3 + 689*10^3 * I_4 = 234 \\ 26*10^3 * I_3 - 58*10^3 * I_4 = - 24 \end{cases}$$

$$747*10^3 * I_4 = 258 \quad ==> \quad I_4 = 0{,}345 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{29*10^3 * I_4 - 12}{13*10^3} = \frac{29*10^3 * 0,345*10^{-3} - 12}{13*10^3} = - 0,154 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_3$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_1 = \frac{5 * I_4 - 4 * I_3}{3} = \frac{5 * 0,345*10^{-3} + 4 * 0,154*10^{-3}}{3} = 0,78 \text{ mA}$$

$$I_5 = I_1 + I_3 = 0,78*10^{-3} - 0,154*10^{-3} = 0,626 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_3 + I_4 = - 0,154*10^{-3} + 0,345*10^{-3} = 0,191 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_4 + I_5 = 0,345*10^{-3} + 0,626*10^{-3} = 0,971 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 8*10^3 * 0,78*10^{-3} = 6,24 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 2*10^3 * 0,191*10^{-3} = 0,382 \text{ V}$$

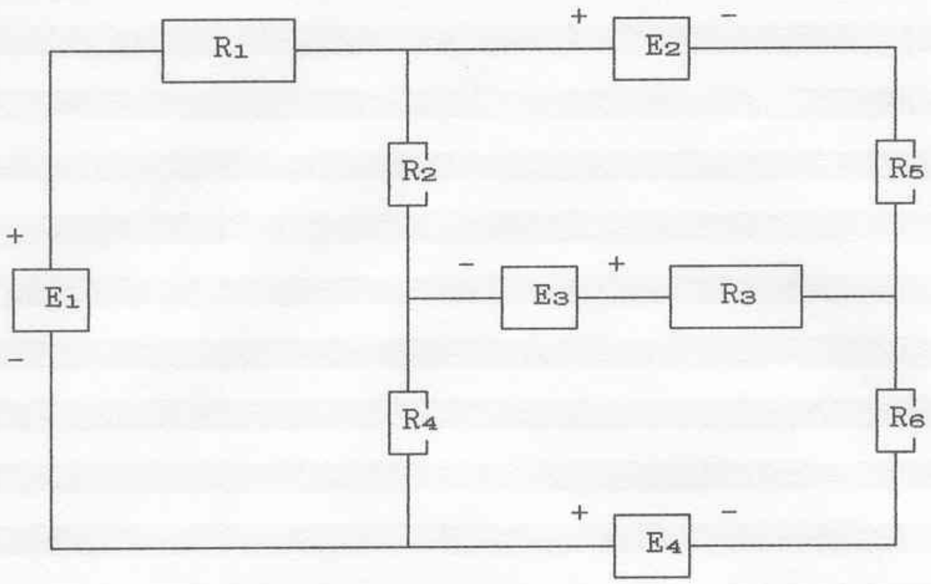
$$V_3 = R_3 * I_3 = 1*10^3 * 0,154*10^{-3} = 0,154 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 5*10^3 * 0,345*10^{-3} = 1,725 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 3*10^3 * 0,626*10^{-3} = 1,878 \text{ V}$$

$$V_6 = R_6 * I_6 = 4*10^3 * 0,971*10^{-3} = 3,884 \text{ V}$$

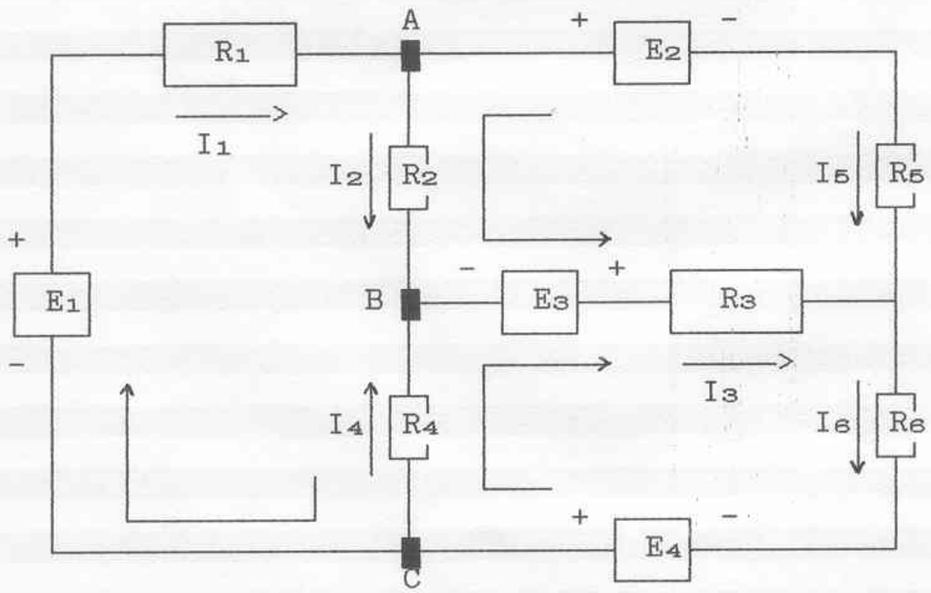
4.16 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 20$ V ; $E_2 = 12$ V ; $E_3 = 10$ V ; $E_4 = 8$ V

$R_1 = R_6 = 2$ KΩ ; $R_2 = 6$ KΩ ; $R_3 = 8$ KΩ ; $R_4 = 10$ KΩ ; $R_5 = 4$ KΩ

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} A & I_1 = I_2 + I_5 \\ B & I_3 = I_2 + I_4 \\ C & I_6 = I_1 + I_4 = I_2 + I_4 + I_5 \\ & E_1 = R_1 * I_1 + R_2 * I_2 - R_4 * I_4 \\ & E_2 + E_3 = R_2 * I_2 + R_3 * I_3 - R_5 * I_5 \\ & E_3 + E_4 = R_3 * I_3 + R_4 * I_4 + R_6 * I_6 \end{cases}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$, $I_3$ e $I_6$ le prime tre equazioni:

$$\begin{cases} R_1*I_2 + R_1*I_5 + R_2*I_2 - R_4*I_4 = E_1 \\ R_2*I_2 + R_3*I_2 + R_3*I_4 - R_5*I_5 = E_2 + E_3 \\ R_3*I_2 + R_3*I_4 + R_4*I_4 + R_6*I_2 + R_6*I_4 + R_6*I_5 = E_3 + E_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)*I_2 - R_4*I_4 + R_1*I_5 = E_1 \\ (R_2 + R_3)*I_2 + R_3*I_4 - R_5*I_5 = E_2 + E_3 \\ (R_3 + R_6)*I_2 + (R_3 + R_4 + R_6)*I_4 + R_6*I_5 = E_3 + E_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 8*10^3 * I_2 - 10*10^3 * I_4 + 2*10^3 * I_5 = 20 \\ 14*10^3 * I_2 + 6*10^3 * I_4 - 4*10^3 * I_5 = 22 \\ 10*10^3 * I_2 + 20*10^3 * I_4 + 2*10^3 * I_5 = 18 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4*10^3 * I_2 - 5*10^3 * I_4 + 1*10^3 * I_5 = 10 \\ 7*10^3 * I_2 + 3*10^3 * I_4 - 2*10^3 * I_5 = 11 \\ 5*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_4 + 1*10^3 * I_5 = 9 \end{cases}$$

Alla prima si sottrae la terza:

$$\begin{cases} 4*10^3 * I_2 - 5*10^3 * I_4 + 1*10^3 * I_5 = 10 \\ 5*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_4 + 1*10^3 * I_5 = 9 \end{cases}$$

$$- 1*10^3 * I_2 - 15*10^3 * I_4 = 1$$

Alla prima moltiplicata per 2 si somma la seconda:

$$\begin{cases} 8*10^3 * I_2 - 10*10^3 * I_4 + 2*10^3 * I_5 = 20 \\ 7*10^3 * I_2 + 3*10^3 * I_4 - 2*10^3 * I_5 = 11 \end{cases}$$

$$15*10^3 * I_2 - 7*10^3 * I_4 = 31$$

Alla prima delle equazioni così ottenute moltiplicata per 15 si somma la seconda:

$$\begin{cases} -15*10^3 * I_2 - 225*10^3 * I_4 = 15 \\ 15*10^3 * I_2 - 7*10^3 * I_4 = 31 \end{cases}$$

$$-232*10^3 * I_4 = 46 \quad ==> \quad I_4 = -0,2 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_3$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_2 = \frac{-15*10^3 * I_4 - 1}{1*10^3} = \frac{15*10^3 * 0,2*10^{-3} - 1}{1*10^3} = 2 \text{ mA}$$

$$I_5 = \frac{9 - 5*10^3*I_2 - 10*10^3*I_4}{1*10^3} = \frac{9 - 5*10^3*2*10^{-3} - 10*10^3*0,2*10^{-3}}{1*10^3} = 1 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_2 + I_5 = 2*10^{-3} + 1*10^{-3} = 3 \text{ mA}$$

$$I_3 = I_2 + I_4 = 2*10^{-3} - 0,2*10^{-3} = 1,8 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_1 + I_4 = 3*10^{-3} - 0,2*10^{-3} = 2,8 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 2*10^3 * 3*10^{-3} = 6 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 6*10^3 * 2*10^{-3} = 12 \text{ V}$$

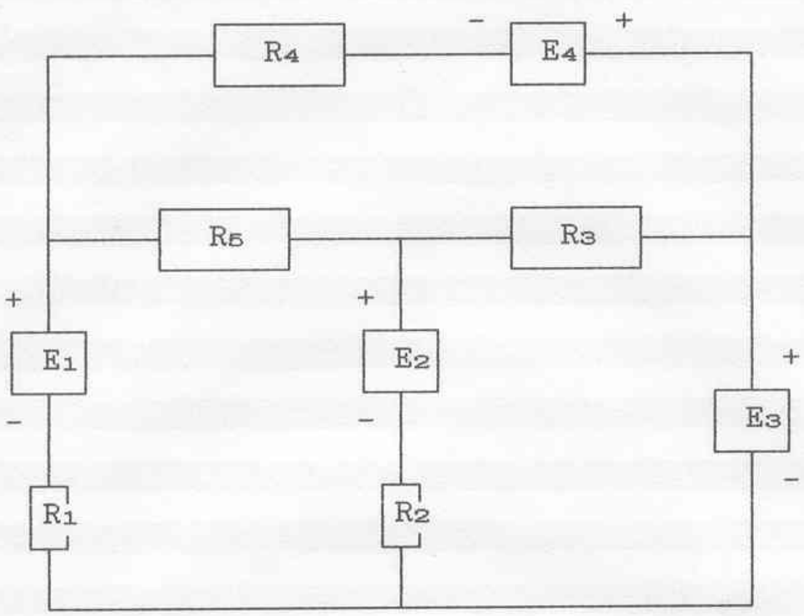
$$V_3 = R_3 * I_3 = 8*10^3 * 1,8*10^{-3} = 14,4 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 10*10^3 * 0,2*10^{-3} = 2 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 4*10^3 * 1*10^{-3} = 4 \text{ V}$$

$$V_6 = R_6 * I_6 = 2*10^3 * 2,8*10^{-3} = 5,6 \text{ V}$$

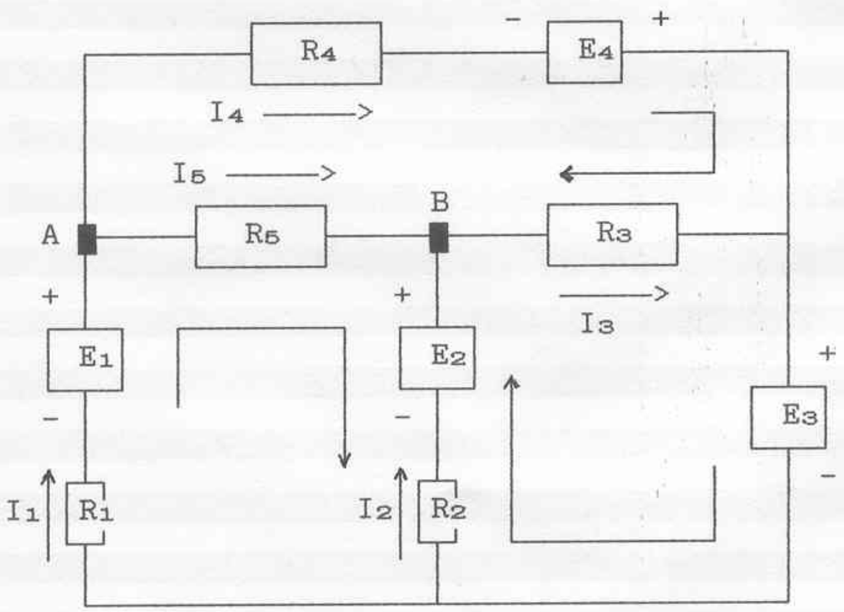
4.17 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 100\ V$ ; $E_2 = 176\ V$ ; $E_3 = 112\ V$ ; $E_4 = 48\ V$

$R_1 = 2\ K\Omega$ ; $R_2 = 6\ K\Omega$ ; $R_3 = 8\ K\Omega$ ; $R_4 = 10\ K\Omega$ ; $R_5 = 4\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$
\begin{cases}
A & I_1 = I_4 + I_5 \\
B & I_3 = I_2 + I_5 \\
 & E_1 - E_2 = R_1 * I_1 + R_5 * I_5 - R_2 * I_2 \\
 & E_2 - E_3 = R_2 * I_2 + R_3 * I_3 \\
 & E_4 = R_4 * I_4 - R_3 * I_3 - R_5 * I_5
\end{cases}
$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$ e $I_3$ le prime due equazioni

$$\begin{cases} R_1*I_4 + R_1*I_5 + R_5*I_5 - R_2*I_2 = E_1 - E_2 \\ R_2*I_2 + R_3*I_2 + R_3*I_5 = E_2 - E_3 \\ R_4*I_4 - R_3*I_2 - R_3*I_5 - R_5*I_5 = E_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - R_2*I_2 + R_1*I_4 + (R_1 + R_5)*I_5 = E_1 - E_2 \\ (R_2 + R_3)*I_2 + R_3*I_5 = E_2 - E_3 \\ - R_3*I_2 + R_4*I_4 - (R_3 + R_5)*I_5 = E_4 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - 6*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_4 + 6*10^3 * I_5 = - 76 \\ 14*10^3 * I_2 + 8*10^3 * I_5 = 64 \\ - 8*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_4 - 12*10^3 * I_5 = 48 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - 3*10^3 * I_2 + 1*10^3 * I_4 + 3*10^3 * I_5 = - 38 \\ 7*10^3 * I_2 + 4*10^3 * I_5 = 32 \\ - 4*10^3 * I_2 + 5*10^3 * I_4 - 6*10^3 * I_5 = 24 \end{cases}$$

Dalla prima moltiplicata per 5 si sottrae la terza:

$$\begin{array}{l} - 15*10^3 * I_2 + 5*10^3 * I_4 + 15*10^3 * I_5 = - 190 \\ - \ 4*10^3 * I_2 + 5*10^3 * I_4 - 6*10^3 * I_5 = 24 \\ \hline - 11*10^3 * I_2 + 21*10^3 * I_5 = - 214 \end{array}$$

Alla seconda equazione moltiplicata per 11 si somma l´equazione appena ottenuta moltiplicata per 7:

$$\begin{array}{l} 77*10^3 * I_2 + 44*10^3 * I_5 = 352 \\ - 77*10^3 * I_2 + 147*10^3 * I_5 = - 1498 \\ \hline 191*10^3 * I_5 = - 1146 \end{array} \quad ==> \quad I_5 = - 6 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_5$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_2 = \frac{214 + 21*10^3 * I_5}{11*10^3} = \frac{214 - 21*10^3 * 6*10^{-3}}{11*10^3} = 8 \text{ mA}$$

$$I_4 = \frac{- 38 + 3*10^3 * I_2 - 3*10^3 * I_5}{1*10^3} =$$

$$= \frac{- 38 + 3*10^3 * 8*10^{-3} + 3*10^3 * 6*10^{-3}}{1*10^3} = 4 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_4 + I_5 = 4*10^{-3} - 6*10^{-3} = - 2 \text{ mA}$$

Il segno - di $I_1$ sta ad indicare che il verso per essa scelto non è quello effettivo; bisogna quindi cambiare il verso di tale corrente.

$$I_3 = I_2 + I_5 = 8*10^{-3} - 6*10^{-3} = 2 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 2*10^3 * 2*10^{-3} = 4 \text{ V}$$

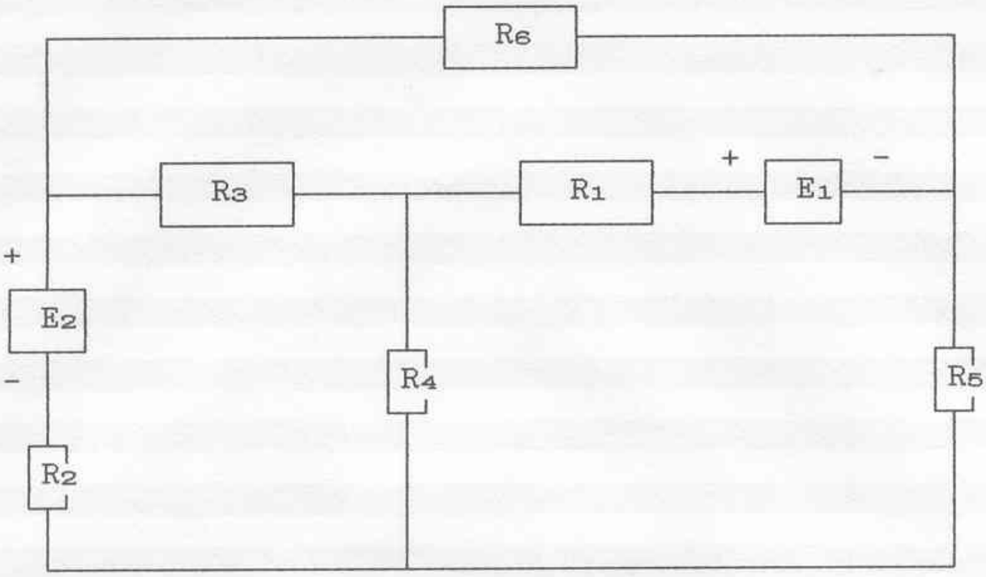
$$V_2 = R_2 * I_2 = 6*10^3 * 8*10^{-3} = 48 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 8*10^3 * 2*10^{-3} = 16 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 10*10^3 * 4*10^{-3} = 40 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 4*10^3 * 6*10^{-3} = 24 \text{ V}$$

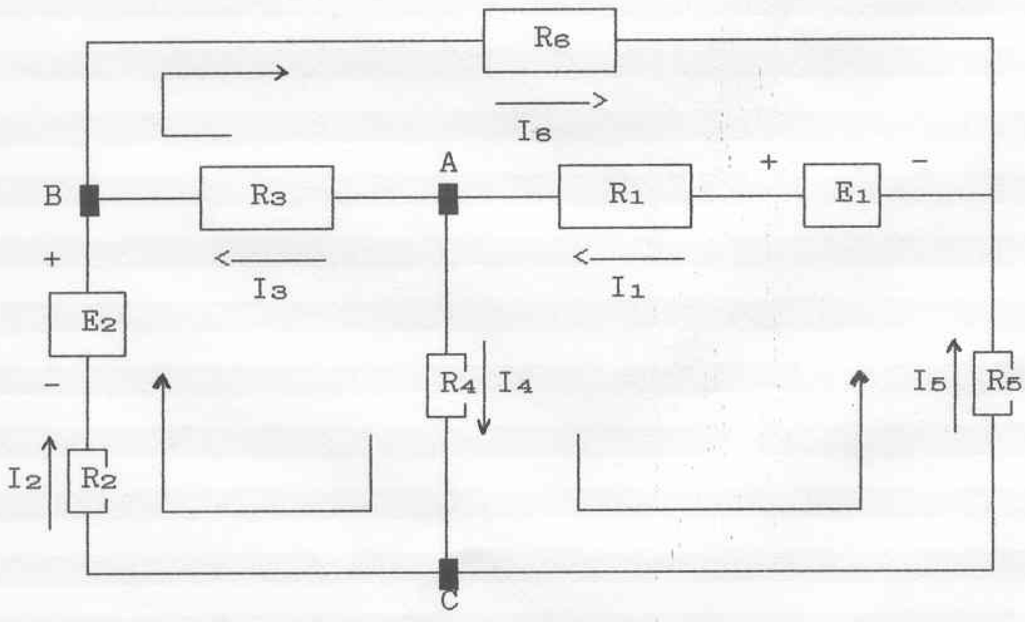
4.18 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 6\ V$ ; $E_2 = 4\ V$ ; $R_1 = 2\ K\Omega$ ; $R_2 = 5\ K\Omega$

$R_3 = 1\ K\Omega$ ; $R_4 = 2{,}5\ K\Omega$ ; $R_5 = 2\ K\Omega$ ; $R_6 = 4\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$
\begin{array}{l|ll}
A & I_1 = I_3 + I_4 & \\
B & I_6 = I_2 + I_3 & \\
C & I_4 = I_2 + I_5 \quad ==> \quad I_5 = I_4 - I_2 & \\
 & E_1 = R_1*I_1 + R_4*I_4 + R_5*I_5 & \text{Si sostituiscono nelle ultime tre} \\
 & E_2 = R_2*I_2 - R_3*I_3 + R_4*I_4 & \text{equazioni ad } I_1,\ I_4 \text{ e } I_6 \text{ le prime} \\
 & E_1 = R_1*I_1 + R_3*I_3 + R_6*I_6 & \text{tre equazioni}
\end{array}
$$

$$\begin{cases} R_1*I_3 + R_1*I_4 + R_4*I_4 + R_5*I_4 - R_5*I_2 = E_1 \\ R_2*I_2 - R_3*I_3 + R_4*I_4 = E_2 \\ R_1*I_3 + R_1*I_4 + R_3*I_3 + R_6*I_2 + R_6*I_3 = E_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - R_5*I_2 + R_1*I_3 + (R_1 + R_4 + R_5)*I_4 = E_1 \\ R_2*I_2 - R_3*I_3 + R_4*I_4 = E_2 \\ R_6*I_2 + (R_1 + R_3 + R_6)*I_3 + R_1*I_4 = E_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - 2*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_3 + 6,5*10^3 * I_4 = 6 \\ 5*10^3 * I_2 - 1*10^3 * I_3 + 2,5*10^3 * I_4 = 4 \\ 4*10^3 * I_2 + 7*10^3 * I_4 + 2*10^3 * I_4 = 6 \end{cases}$$

Alla prima moltiplicata per 2 si somma la terza:

$$\begin{cases} - 4*10^3 * I_2 + 4*10^3 * I_3 + 13*10^3 * I_4 = 12 \\ 4*10^3 * I_2 + 7*10^3 * I_3 + 2*10^3 * I_4 = 6 \end{cases}$$

$$11*10^3 * I_3 + 15*10^3 * I_4 = 18$$

Alla prima moltiplicata per 5 si somma la seconda moltiplicata per 2:

$$\begin{cases} - 10*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_3 + 32,5*10^3 * I_4 = 30 \\ 10*10^3 * I_2 - 2*10^3 * I_3 + 5*10^3 * I_4 = 8 \end{cases}$$

$$8*10^3 * I_3 + 37,5*10^3 * I_4 = 38$$

Dalla seconda delle equazioni ottenute moltiplicata per 11 si sottrae la prima moltiplicata per 8:

$$\begin{cases} 88*10^3 * I_3 + 412,5*10^3 * I_4 = 418 \\ 88*10^3 * I_3 + 120*10^3 * I_4 = 144 \end{cases}$$

$$292,5*10^3 * I_4 = 274 \qquad ==> \qquad I_4 = 0,937 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{18 - 15*10^3 * I_4}{11*10^3} = \frac{18 - 15*10^3 * 0,937*10^{-3}}{11*10^3} = 0,358 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{2*10^3 * I_2 + 6,5*10^3 * I_4 - 6}{2*10^3} =$$

$$= \frac{2*10^3 * 0,358*10^{-3} + 6,5*10^3 * 0.937*10^{-3} - 6}{2*10^3} = 0,4 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_3 + I_4 = 0,358*10^{-3} + 0,937*10^{-3} = 1,295 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_2 + I_3 = 0,4*10^{-3} + 0,358*10^{-3} = 0,758 \text{ mA}$$

$$I_5 = I_4 - I_2 = 0,937*10^{-3} - 0,4*10^{-3} = 0,537 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 2*10^3 * 1,295*10^{-3} = 2,59 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 5*10^3 * 0,4*10^{-3} = 2 \text{ V}$$

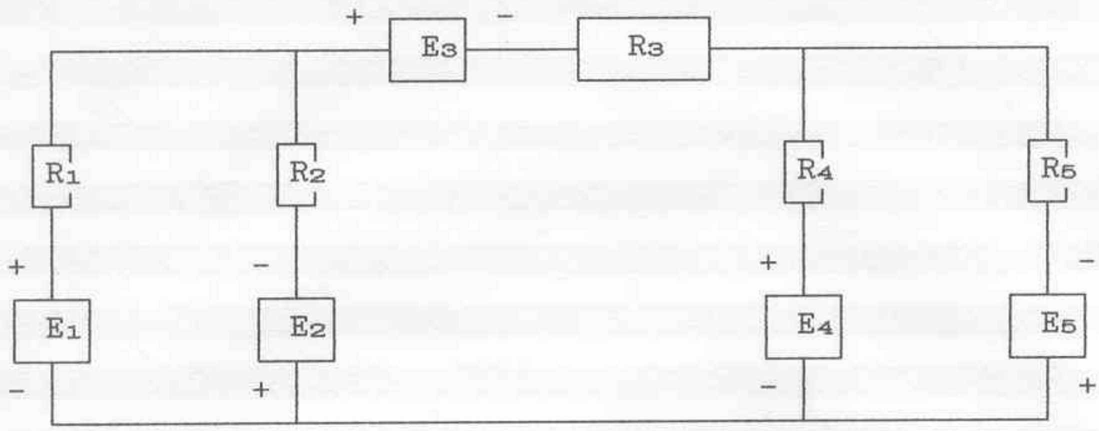
$$V_3 = R_3 * I_3 = 1*10^3 * 0,358*10^{-3} = 0,358 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 2,5*10^3 * 0,937*10^{-3} = 2,3425 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^3 * 0,537*10^{-3} = 1,074 \text{ V}$$

$$V_6 = R_6 * I_6 = 4*10^3 * 0,758*10^{-3} = 3,032 \text{ V}$$

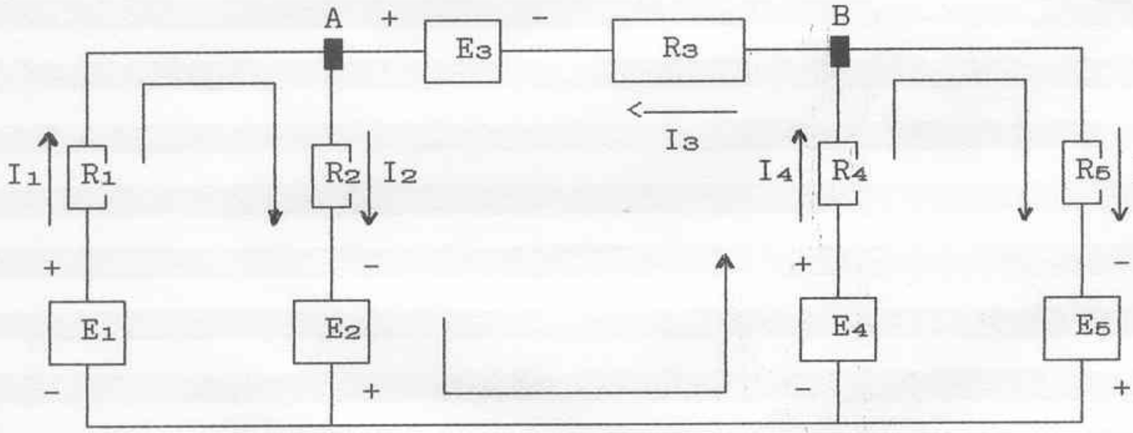
4.19 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 42\ V$ ; $E_2 = 25\ V$ ; $E_3 = 57\ V$ ; $E_4 = 70\ V$ ; $E_5 = 5\ V$

$R_1 = 3\ K\Omega$ ; $R_2 = 4\ K\Omega$ ; $R_3 = 5\ K\Omega$ ; $R_4 = 6\ K\Omega$ ; $R_5 = 7\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} A \quad I_2 = I_1 + I_3 \\ B \quad I_4 = I_3 + I_5 \\ E_1 + E_2 = R_1 * I_1 + R_2 * I_2 \\ E_2 + E_3 + E_4 = R_2 * I_2 + R_3 * I_3 + R_4 * I_4 \\ E_4 + E_5 = R_4 * I_4 + R_5 * I_5 \end{cases}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_2$ e $I_2$ le prime due equazioni

$$\begin{cases} R_1 * I_1 + R_2 * I_1 + R_2 * I_3 = E_1 + E_2 \\ R_2 * I_1 + R_2 * I_3 + R_3 * I_3 + R_4 * I_3 + R_4 * I_5 = E_2 + E_3 + E_4 \\ R_4 * I_3 + R_4 * I_5 + R_5 * I_5 = E_4 + E_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)*I_1 + R_2*I_3 = E_1 + E_2 \\ R_2*I_1 + (R_2 + R_3 + R_4)*I_3 + R_4*I_5 = E_2 + E_3 + E_4 \\ R_4*I_3 + (R_4 + R_5)*I_5 = E_4 + E_5 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 7*10^3 * I_1 + 4*10^3 * I_3 = 67 \\ 4*10^3 * I_1 + 15*10^3 * I_3 + 6*10^3 * I_5 = 152 \\ 6*10^3 * I_3 + 13*10^3 * I_5 = 74 \end{cases}$$

Dalla seconda equazione moltiplicata per 13 si sottrae la terza moltiplicata per 6:

$$\begin{cases} 52*10^3 * I_1 + 195*10^3 * I_3 + 78*10^3 * I_5 = 1976 \\ 36*10^3 * I_3 + 78*10^3 * I_5 = 444 \end{cases}$$

$$52*10^3 * I_1 + 159*10^3 * I_3 = 1532$$

Alla prima equazione moltiplicata per 52 si sottrae l´equazione appena ottenuta moltiplicata per 7:

$$\begin{cases} 364*10^3 * I_1 + 1113*10^3 * I_3 = 10724 \\ 364*10^3 * I_1 + 208*10^3 * I_3 = 3584 \end{cases}$$

$$905*10^3 * I_3 = 7140 \quad ==> \quad I_3 \approx 8 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{67 - 4*10^3 * I_3}{7*10^3} = \frac{67 - 4*10^3 * 8*10^{-3}}{7*10^3} = 5 \text{ mA}$$

$$I_5 = \frac{74 - 6*10^3 * I_3}{13*10^3} = \frac{74 - 6*10^3 * 8*10^{-3}}{13*10^3} = 2 \text{ mA}$$

$$I_2 = I_1 + I_3 = 5*10^{-3} + 8*10^{-3} = 13 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_3 + I_5 = 8*10^{-3} + 2*10^{-3} = 10 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 3*10^3 * 5*10^{-3} = 15 \text{ V}$$

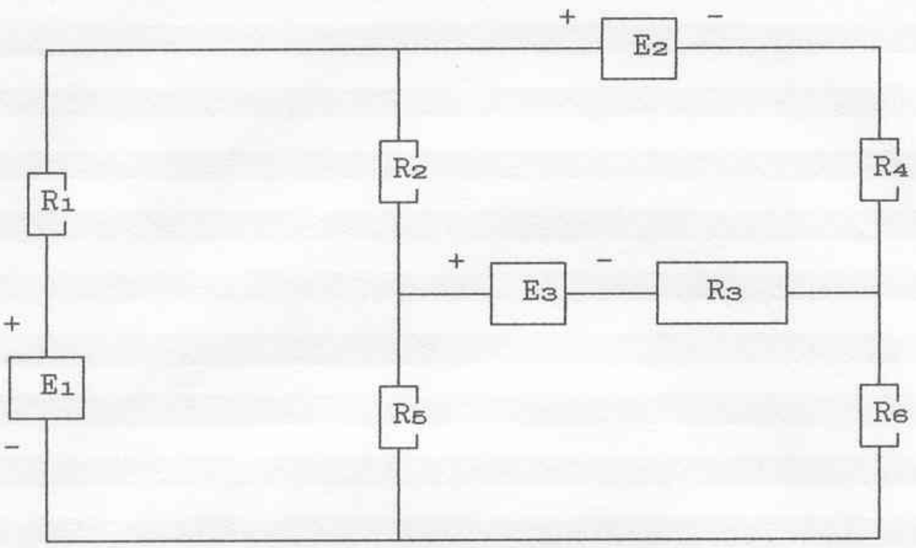
$$V_2 = R_2 * I_2 = 4*10^3 * 13*10^{-3} = 52 \text{ V}$$

$V_3 = R_3 * I_3 = 5*10^3 * 8*10^{-3} = 40\ V$

$V_4 = R_4 * I_4 = 6*10^3 * 10*10^{-3} = 60\ V$

$V_5 = R_5 * I_5 = 7*10^3 * 2*10^{-3} = 14\ V$

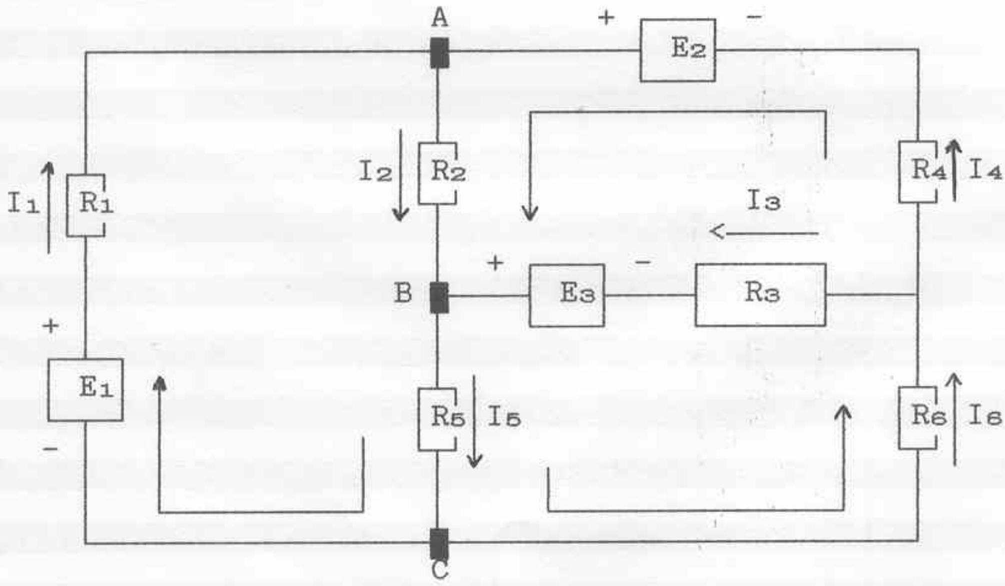
4.20 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 12\ V$ ; $E_2 = E_3 = 6\ V$

$R_1 = R_6 = 1\ K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = 3\ K\Omega$ ; $R_3 = 5\ K\Omega$ ; $R_5 = 2\ K\Omega$

RISOLUZIONE




A $I_2 = I_1 + I_4 \implies I_4 = I_2 - I_1$

B $I_5 = I_2 + I_3 \implies I_3 = I_5 - I_2$

C $I_5 = I_1 + I_6 \implies I_6 = I_5 - I_1$

$E_2 - E_3 = R_2 * I_2 - R_3 * I_3 + R_4 * I_4$

$E_1 = R_1 * I_1 + R_2 * I_2 + R_5 * I_5$

$E_3 = R_3 * I_3 + R_5 * I_5 + R_6 * I_6$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_3$, $I_4$ e $I_6$ le prime tre equazioni

$$\begin{cases} R_2*I_2 - R_3*I_5 + R_3*I_2 + R_4*I_2 - R_4*I_1 = E_2 - E_3 \\ R_1*I_1 + R_2*I_2 + R_5*I_5 = E_1 \\ R_3*I_5 - R_3*I_2 + R_5*I_5 + R_6*I_5 - R_6*I_1 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - R_4*I_1 + (R_2 + R_3 + R_4)*I_2 - R_3*I_5 = E_2 - E_3 \\ R_1*I_1 + R_2*I_2 + R_5*I_5 = E_1 \\ - R_6*I_1 - R_3*I_2 + (R_3 + R_5 + R_6)*I_5 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - 3*10^3 * I_1 + 11*10^3 * I_2 - 5*10^3 * I_5 = 0 \quad ==> \quad - 3I_1 + 11I_2 - 5I_5 = 0 \\ 1*10^3 * I_1 + 3*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_5 = 12 \\ - 1*10^3 * I_1 - 5*10^3 * I_2 + 8*10^3 * I_5 = 6 \end{cases}$$

Alla prima si somma la seconda moltiplicata per 3:

$$\begin{cases} - 3*10^3 * I_1 + 11*10^3 * I_2 - 5*10^3 * I_5 = 0 \\ 3*10^3 * I_1 + 9*10^3 * I_2 + 6*10^3 * I_5 = 36 \end{cases}$$

$$20*10^3 * I_2 + 1*10^3 * I_5 = 36$$

Alla seconda si somma la terza:

$$\begin{cases} 1*10^3 * I_1 + 3*10^3 * I_2 + 2*10^3 * I_5 = 12 \\ - 1*10^3 * I_1 - 5*10^3 * I_2 + 8*10^3 * I_5 = 6 \end{cases}$$

$$- 2*10^3 * I_2 + 10*10^3 * I_5 = 18$$

Alla prima delle equazioni ottenute si somma la seconda moltiplicata per 10:

$$\begin{cases} 20*10^3 * I_2 + 1*10^3 * I_5 = 36 \\ - 20*10^3 * I_2 + 100*10^3 * I_5 = 180 \end{cases}$$

$$101*10^3 * I_5 = 216 \quad ==> \quad I_5 = 2{,}14 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{10*10^3 * I_5 - 18}{2*10^3} = \frac{10*10^3 * 2,14*10^{-3} - 18}{2*10^3} = 1,7 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{11 * I_2 - 5 * I_5}{3} = \frac{11 * 1,7*10^{-3} - 5 * 2,14*10^{-3}}{3} = 2,67 \text{ mA}$$

$$I_3 = I_5 - I_2 = 2,14*10^{-3} - 1,7*10^{-3} = 0,44 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_2 - I_1 = 1,7*10^{-3} - 2,67*10^{-3} = - 0,97 \text{ mA}$$

Il segno - ottenuto per la corrente $I_4$ sta ad indicare che il verso scelto per essa non è quello effettivo, per cui bisognerà cambiarne il verso.

$$I_6 = I_5 - I_1 = 2,14*10^{-3} - 2,67*10^{-3} = - 0,53 \text{ mA}$$

Il segno - ottenuto per la corrente $I_6$ sta ad indicare che il verso scelto per essa non è quello effettivo, per cui bisognerà cambiarne il verso.

$$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 2,67*10^{-3} = 2,67 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 3*10^3 * 1,7*10^{-3} = 5,1 \text{ V}$$

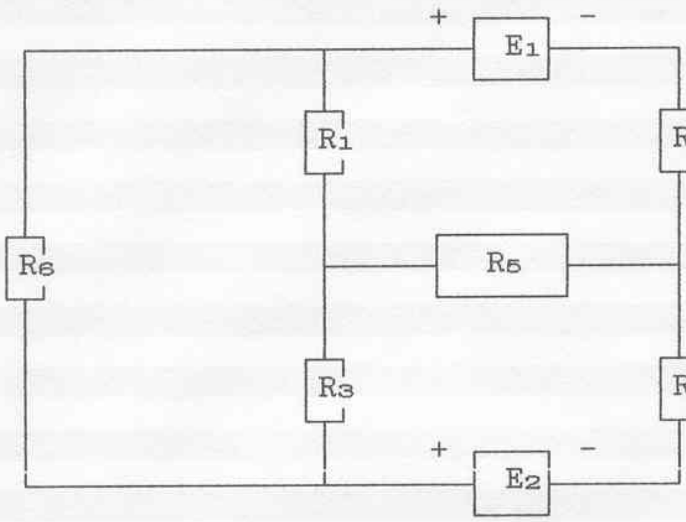
$$V_3 = R_3 * I_3 = 5*10^3 * 0,44*10^{-3} = 2,2 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 3*10^3 * 0,97*10^{-3} = 2,91 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^3 * 2,14*10^{-3} = 4,28 \text{ V}$$

$$V_6 = R_6 * I_6 = 1*10^3 * 0,53*10^{-3} = 0,53 \text{ V}$$

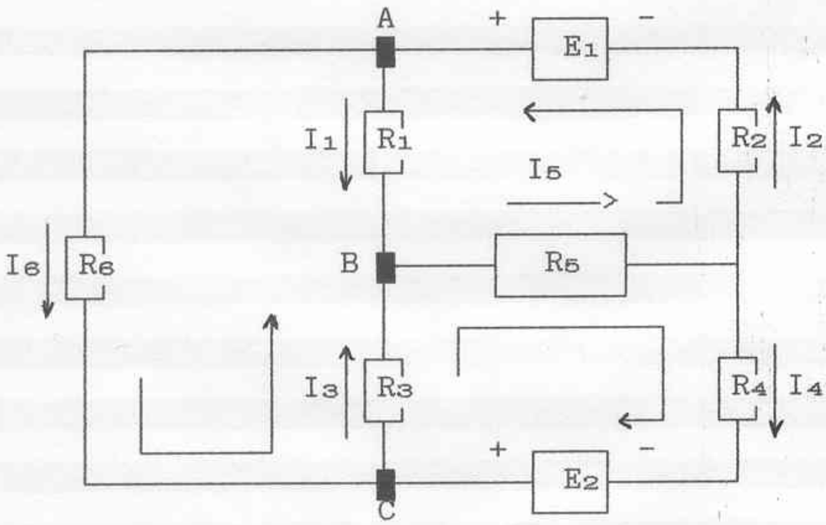
4.21 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 12\ V$ ; $E_2 = 6\ V$

$R_1 = 1\ K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = 3\ K\Omega$ ; $R_3 = 5\ K\Omega$ ; $R_5 = R_6 = 2\ K\Omega$

RISOLUZIONE




$$\begin{cases} A & I_2 = I_1 + I_6 \\ B & I_5 = I_1 + I_3 \\ C & I_3 = I_4 + I_6 \quad ==> \quad I_4 = I_3 - I_6 \\ & 0 = -R_1 * I_1 + R_3 * I_3 + R_6 * I_6 \\ & E_2 = R_3 * I_3 + R_4 * I_4 + R_5 * I_5 \\ & E_1 = R_1 * I_1 + R_2 * I_2 + R_5 * I_5 \end{cases}$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_2$, $I_4$ e $I_5$ le prime tre equazioni

$$\begin{cases} - R_1 * I_1 + R_3 * I_3 + R_6 * I_6 = 0 \\ R_3 * I_3 + R_4 * I_3 - R_4 * I_6 + R_5 * I_1 + R_5 * I_3 = E_2 \\ R_1 * I_1 + R_2 * I_1 + R_2 * I_6 + R_5 * I_1 + R_5 * I_3 = E_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - R_1 * I_1 + R_3 * I_3 + R_6 * I_6 = 0 \\ R_5 * I_1 + (R_3 + R_4 + R_5) * I_3 - R_4 * I_6 = E_2 \\ (R_1 + R_2 + R_5) * I_1 + R_5 * I_3 + R_2 * I_6 = E_1 \end{cases}$$

$$\begin{cases} - 1*10^3 * I_1 + 5*10^3 * I_3 + 2*10^3 * I_6 = 0 \quad ==> \quad - I_1 + 5*I_3 + 2*I_6 = 0 \\ 2*10^3 * I_1 + 10*10^3 * I_3 - 3*10^3 * I_6 = 6 \\ 6*10^3 * I_1 + 2*10^3 * I_3 + 3*10^3 * I_6 = 12 \end{cases}$$

Si ricava $I_1$ dalla prima e si sostituisce nelle altre due equazioni:

$$\begin{cases} I_1 = 5 * I_3 + 2 * I_6 \\ 10*10^3 * I_3 + 4*10^3 * I_6 + 10*10^3 * I_3 - 3*10^3 * I_6 = 6 \\ 30*10^3 * I_3 + 12*10^3 * I_6 + 2*10^3 * I_3 + 3*10^3 * I_6 = 12 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 20*10^3 * I_3 + 1*10^3 * I_6 = 6 \\ 32*10^3 * I_3 + 15*10^3 * I_6 = 12 \end{cases}$$

Alla prima moltiplicata per 15 si sottrae la seconda:

$$\begin{cases} 300*10^3 * I_3 + 15*10^3 * I_6 = 90 \\ 32*10^3 * I_3 + 15*10^3 * I_6 = 12 \end{cases}$$

$$268*10^3 * I_3 = 78 \quad ==> \quad I_3 = 0,29 \text{ mA}$$

$$I_6 = \frac{6 - 20*10^3 * I_3}{1*10^3} = \frac{6 - 20*10^3 * 0,29*10^{-3}}{1*10^3} = 0,2 \text{ mA}$$

$$I_1 = 5 * I_3 + 2 * I_6 = 5 * 0,29*10^{-3} + 2 * 0,2*10^{-3} = 1,85 \text{ mA}$$

$I_2 = I_1 + I_6 = 1,85*10^{-3} + 0,2*10^{-3} = 2,05$ mA

$I_5 = I_1 + I_3 = 1,85*10^{-3} + 0,29*10^{-3} = 2,14$ mA

$I_4 = I_3 - I_6 = 0,29*10^{-3} - 0,2*10^{-3} = 0,09$ mA

$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 1,85*10^{-3} = 1,85$ V

$V_2 = R_2 * I_2 = 3*10^3 * 2,05*10^{-3} = 6,15$ V

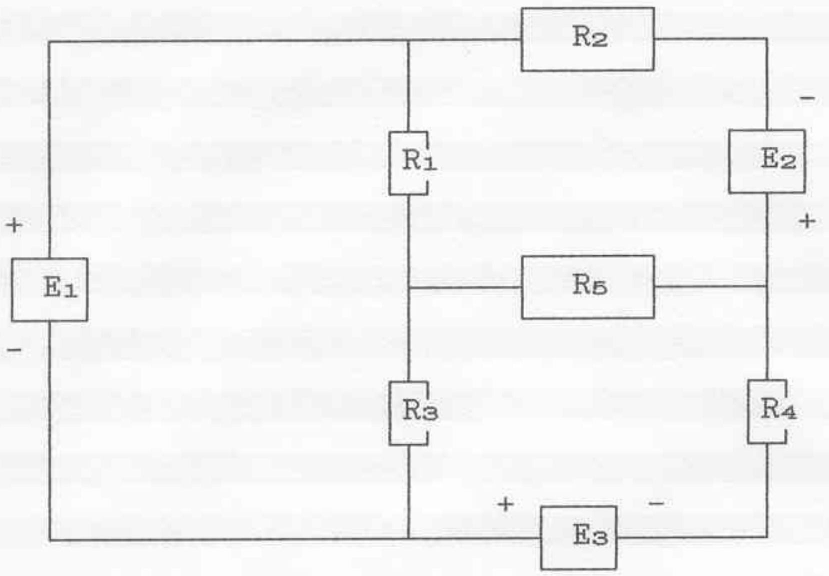
$V_3 = R_3 * I_3 = 5*10^3 * 0,29*10^{-3} = 1,45$ V

$V_4 = R_4 * I_4 = 3*10^3 * 0,09*10^{-3} = 0,27$ V

$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^3 * 2,14*10^{-3} = 4,28$ V

$V_6 = R_6 * I_6 = 2*10^3 * 0,2*10^{-3} = 0,4$ V

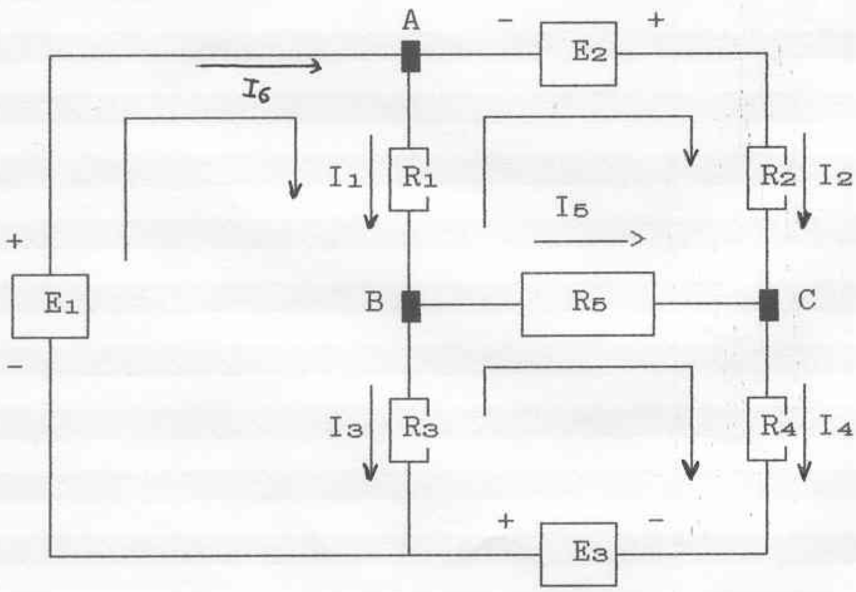
4.22 - Applicando i principi di Kirchhoff, calcolare le correnti e le differenze di potenziale di ogni resistenza.




$E_1 = 12\ V$ ; $E_2 = E_3 = 6\ V$

$R_1 = 1\ K\Omega$ ; $R_2 = R_4 = 3\ K\Omega$ ; $R_3 = 5\ K\Omega$ ; $R_5 = 2\ K\Omega$

## RISOLUZIONE




$$
\begin{array}{l|l}
A & I_6 = I_1 + I_2 \\
B & I_1 = I_3 + I_5 \\
C & I_4 = I_2 + I_5 \\
 & E_1 = R_1 * I_1 + R_3 * I_3 \\
 & E_2 = - R_1 * I_1 + R_2 * I_2 - R_5 * I_5 \\
 & E_3 = - R_3 * I_3 + R_4 * I_4 + R_5 * I_5
\end{array}
$$

Si sostituiscono nelle ultime tre equazioni ad $I_1$ e $I_4$ la seconda e la terza equazione

$$\begin{cases} R_1*I_3 + R_1*I_5 + R_3*I_3 = E_1 \\ - R_1*I_3 - R_1*I_5 + R_2*I_2 - R_5*I_5 = E_2 \\ - R_3*I_3 + R_4*I_2 + R_4*I_5 + R_5*I_5 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} (R_1 + R_3)*I_3 + R_1*I_5 = E_1 \\ R_2*I_2 - R_1*I_3 - (R_1 + R_5)*I_5 = E_2 \\ R_4*I_2 - R_3*I_3 + (R_4 + R_5)*I_5 = E_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6*10^3 * I_3 + 1*10^3 * I_5 = 12 \\ 3*10^3 * I_2 - 1*10^3 * I_3 - 3*10^3 * I_5 = 6 \\ 3*10^3 * I_2 - 5*10^3 * I_3 + 5*10^3 * I_5 = 6 \end{cases}$$

Alla seconda si sottrae la terza:

$$\begin{cases} 3*10^3 * I_2 - 1*10^3 * I_3 - 3*10^3 * I_5 = 6 \\ 3*10^3 * I_2 - 5*10^3 * I_3 + 5*10^3 * I_5 = 6 \end{cases}$$

$$4*10^3 * I_3 - 8*10^3 * I_5 = 0 \quad ==> \quad I_3 - 2 * I_5 = 0 \quad ==> \quad I_3 = 2 * I_5$$

Si sostituisce nella prima e si calcola $I_5$

$$12*10^3 * I_5 + 1*10^3 * I_5 = 12 \quad ==> \quad 13*10^3 * I_5 = 12 \quad ==> \quad I_5 = 0{,}923\text{mA}$$

$$I_3 = 2 * I_5 = 2 * 0{,}923*10^{-3} = 1{,}846 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{1*10^3 * I_3 + 3*10^3 * I_5 + 6}{3*10^3} =$$

$$= \frac{1*10^3 * 1{,}846*10^{-3} + 3*10^3 * 0{,}923*10^{-3} + 6}{3*10^3} = 3{,}54 \text{ mA}$$

$$I_1 = I_3 + I_5 = 1{,}846*10^{-3} + 0{,}923*10^{-3} = 2{,}77 \text{ mA}$$

$$I_4 = I_2 + I_5 = 3{,}54*10^{-3} + 0{,}923*10^{-3} = 4{,}463 \text{ mA}$$

$$I_6 = I_1 + I_2 = 2,77*10^{-3} + 3,54*10^{-3} = 6,31 \text{ mA}$$

$$V_1 = R_1 * I_1 = 1*10^3 * 2,77*10^{-3} = 2,77 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 * I_2 = 3*10^3 * 3,54*10^{-3} = 10,62 \text{ V}$$

$$V_3 = R_3 * I_3 = 5*10^3 * 1,846*10^{-3} = 9,23 \text{ V}$$

$$V_4 = R_4 * I_4 = 3*10^3 * 4,46*10^{-3} = 13,31 \text{ V}$$

$$V_5 = R_5 * I_5 = 2*10^3 * 0,923*10^{-3} = 1,846 \text{ V}$$