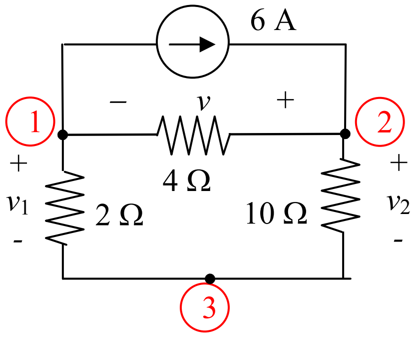
4.1



Utilizziamo il nodo 3 come riferimento. Scrivendo il sistema per ispezione visiva si ottiene:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2}+\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{10}+\frac{1}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -6 \\ 6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 15 & -5 \\ -5 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -120 \\ 120 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

$$v_1 = \frac{\begin{vmatrix} -120 & -5 \\ 120 & 7 \end{vmatrix}}{80} = -3\text{ V} \qquad v_2 = \frac{\begin{vmatrix} 15 & -120 \\ -5 & 120 \end{vmatrix}}{80} = 15\text{ V}$$

Utilizziamo ora come riferimento il nodo 1. Chiamiamo v la tensione del nodo 2 rispetto al nodo 1. La tensione del nodo 3 rispetto al nodo 1 è $-v_1$. Il sistema ottenuto per ispezione è:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{10}+\frac{1}{4} & -\frac{1}{10} \\ -\frac{1}{10} & \frac{1}{10}+\frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ -v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Semplificando:

$$\begin{bmatrix} 7 & -2 \\ -2 & 12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ -v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 120 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

$$v = \frac{\begin{vmatrix} 120 & -2 \\ 0 & 12 \end{vmatrix}}{80} = 18\text{ V} \qquad -v_1 = \frac{\begin{vmatrix} 7 & 120 \\ -2 & 0 \end{vmatrix}}{80} = 3\text{V}$$

Quindi $v_1 = -3$ V; applicando la LKT alla sequenza di nodi 1-2-3-1 si ricava $v_2 = v+v_1 = 18-3 = 15$ V.

Una ulteriore possibilità consiste nel considerare i resistori da 2 Ω e 10 Ω come un solo resistore da 12 Ω. In questo caso il circuito ha due soli nodi. Utilizzando il nodo 1 come riferimento e scrivendo l'equazione LKC al nodo 2 si ottiene:

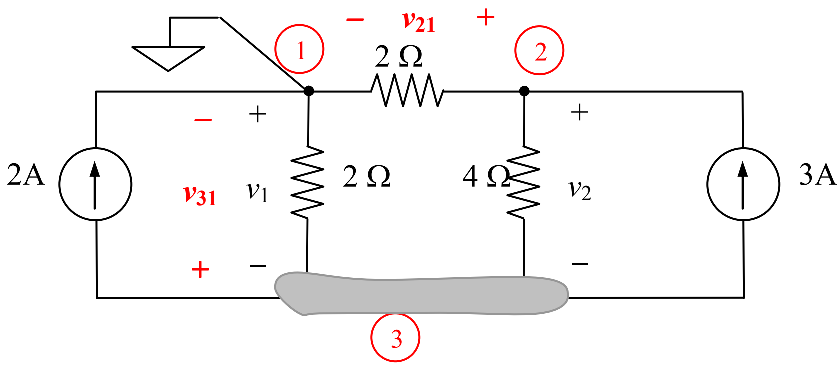
$$\left(\frac{1}{4}+\frac{1}{12}\right)v = 6 \qquad \Rightarrow \qquad v = 18 \text{ V}$$

I resistori da 10 Ω e 2 Ω formano un *partitore di tensione*, perciò:

$$v_1 = -18\frac{2}{12} = \text{-3 V} \qquad\qquad v_2 = 18\frac{10}{12} = 15 \text{ V}$$

4.3

Utilizziamo il nodo 1 come riferimento; v_{21} e v_{31} sono le tensioni dei nodi 2 e 3 rispetto al nodo 1.



Scrivendo il sistema per ispezione visiva si ottiene:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2}+\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2}+\frac{1}{4} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_{21} \\ v_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ -5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -1 & 3 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_{21} \\ v_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ -20 \end{bmatrix}$$

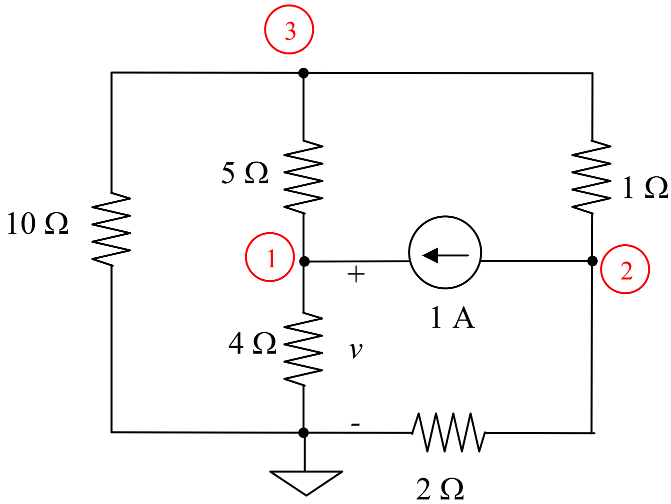
Soluzione:

$$v_{21} = \frac{\begin{vmatrix} 12 & -1 \\ -20 & 3 \end{vmatrix}}{8} = 2 \text{ V} \qquad\qquad v_{31} = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 12 \\ -1 & -20 \end{vmatrix}}{8} = \text{- 6 V}$$

Infine, v_1 = - v_{31} = 6 V; $v_2 = v_{21} - v_{31} = 2 + 6 = 8$ V.

4.4

Conviene scegliere il nodo inferiore come riferimento (figura seguente).



Per ispezione visiva:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{4}+\frac{1}{5} & 0 & -\frac{1}{5} \\ 0 & 1+\frac{1}{2} & -1 \\ -\frac{1}{5} & -1 & 1+\frac{1}{5}+\frac{1}{10} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

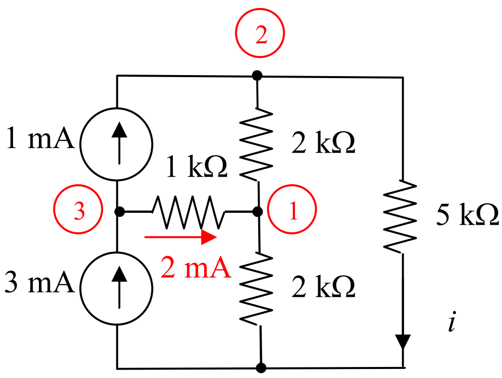
$$\begin{bmatrix} 9 & 0 & -4 \\ 0 & 30 & -20 \\ -4 & -20 & 26 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 \\ -20 \\ 0 \end{bmatrix}$$

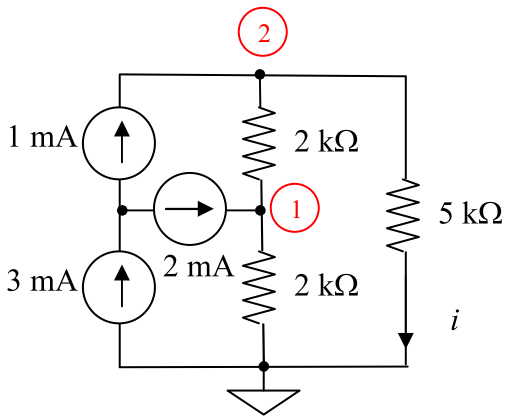
Soluzione:

$$v = v_1 = \frac{\begin{vmatrix} 20 & 0 & -4 \\ -20 & 30 & -20 \\ 0 & -20 & 26 \end{vmatrix}}{2940} = \frac{6000}{2940} = 2.04 \text{ V}$$

4.5

La LKC per il nodo 3 fornisce direttamente la corrente nel resistore da 1 kΩ. Quindi, per il principio di sostituzione, il circuito può essere considerato con due nodi (1 e 2) e tre generatori di corrente.





Utilizzando il riferimento indicato e procedendo per ispezione visiva abbiamo:

$$\begin{bmatrix} 1 & -0{,}5 \\ -0{,}5 & 0{,}7 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

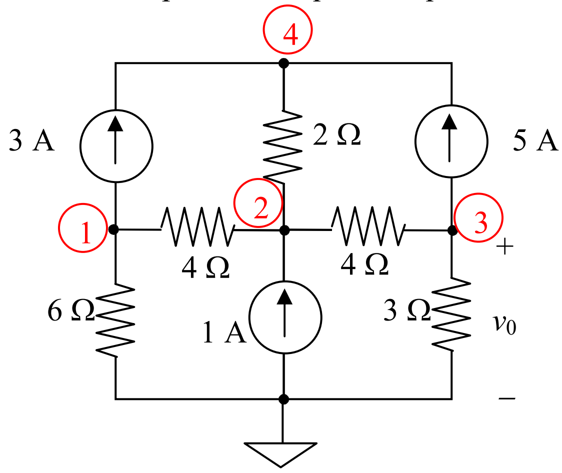
Soluzione:

$$v_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ -0{,}5 & 1 \end{vmatrix}}{0{,}45} = \frac{2}{0{,}45} = 4{,}45 \text{ V}$$

Infine $i = v_2/(5 \text{ k}\Omega) = 0{,}89$ mA.

4.6

Il circuito ha cinque nodi che corrispondono a quattro equazioni LKC.



Utilizzando il riferimento indicato, e procedendo per ispezione visiva, si ottiene il sistema:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{4}+\frac{1}{6} & -\frac{1}{4} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{4}+\frac{1}{4}+\frac{1}{2} & -\frac{1}{4} & -\frac{1}{2} \\ 0 & -\frac{1}{4} & \frac{1}{4}+\frac{1}{3} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 \\ 1 \\ -5 \\ 8 \end{bmatrix}$$

Il sistema può essere risolto per sostituzione, ricordando che l'incognita v_0 coincide con v_3. Dalla prima equazione si ricava v_1 in funzione di v_2. Dalla quarta si ricava v_4 in funzione di v_2. Dalla terza equazione si ricava v_2 in funzione di v_3. Sostituendo nella seconda equazione si ottiene

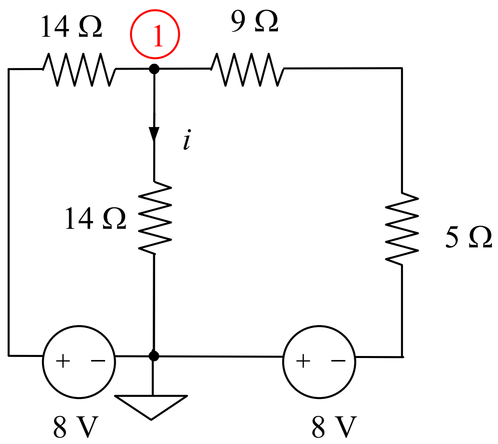
$$v_0 = v_3 = \frac{6}{17} \cong 0{,}3529 \text{ V}$$

4.7

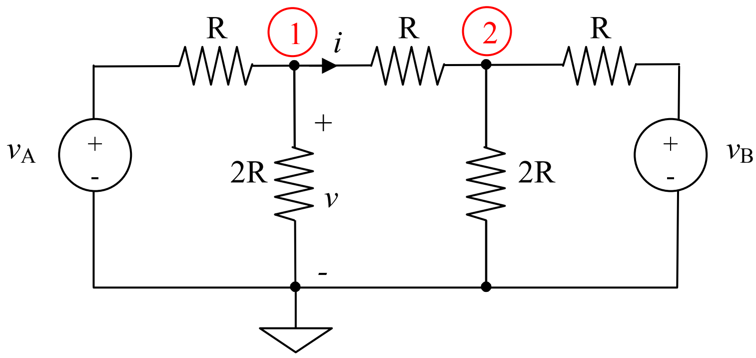
Conviene spostare il resistore da 5 Ω come nella figura seguente. Equazione LKC del nodo 1:

$$\frac{v_1 - 8}{14} + \frac{v_1}{14} + \frac{v_1 + 8}{14} = 0$$

La soluzione è $v_1 = 0$ quindi i = 0.



4.8



Equazioni LKC:

nodo 1
$$\frac{v_1 - v_A}{R} + \frac{v_1}{2R} + \frac{v_1 - v_2}{R} = 0$$

nodo 2
$$\frac{v_2 - v_1}{R} + \frac{v_2}{2R} + \frac{v_2 - v_B}{R} = 0$$

$$\begin{bmatrix} 2{,}5 & -1 \\ -1 & 2{,}5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_A \\ v_B \end{bmatrix}$$

Soluzione:

$$v_1 = \frac{\begin{vmatrix} v_A & -1 \\ v_B & 2{,}5 \end{vmatrix}}{5{,}25} = \frac{2{,}5 v_A + v_B}{5{,}25} = \frac{10 v_A + 4 v_B}{21} = v$$

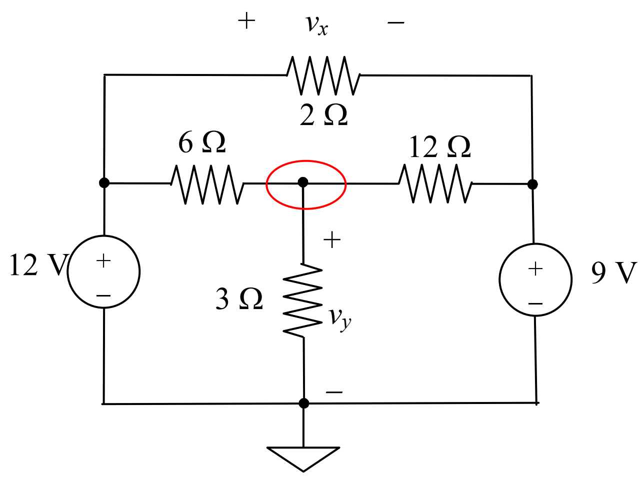
$$v_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2{,}5 & v_A \\ -1 & v_B \end{vmatrix}}{5{,}25} = \frac{10 v_B + 4 v_A}{21}$$

Infine:

$$i = \frac{v_1 - v_2}{R} = \frac{6 v_A - 6 v_B}{21 R} = \frac{2 v_A - 2 v_B}{7 R}$$

4.9

La tensione v_x può essere ricavata direttamente dallo schema con la LKT: $v_x = 12 - 9 = 3$ V.



Scrivendo la LKC per il nodo centrale abbiamo:

$$\frac{12 - v_y}{6} + \frac{9 - v_y}{12} = \frac{v_y}{3}$$

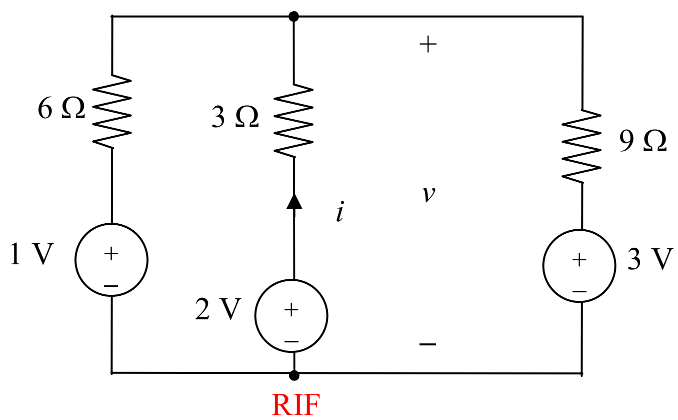
da cui si ricava $v_y = \dfrac{33}{7} \cong 4{,}71$ V.

4.10

Il circuito equivale a quello mostrato nella figura seguente. Applicando la LKC al nodo superiore si ottiene

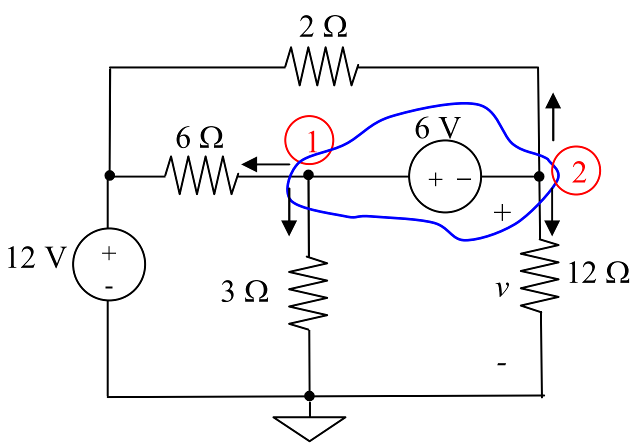
$$\frac{v-1}{6} + \frac{v-2}{3} + \frac{v-3}{9} = 0$$

La soluzione è $v = 21/11$ V. Quindi $i = \dfrac{2 - \dfrac{21}{11}}{3} = \dfrac{1}{33}$ A $\cong 30{,}3$ mA.



4.11

Scegliendo il riferimento come in figura è sufficiente scrivere la LKC per il super-nodo.



Equazione LKC del super-nodo:

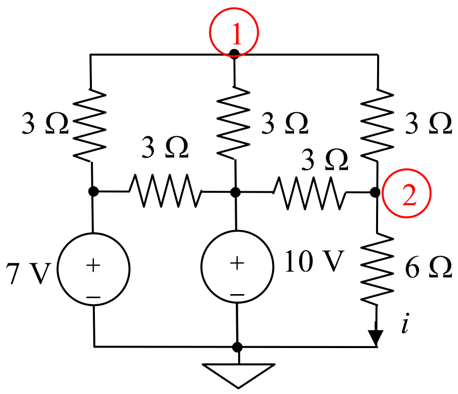
$$\frac{v_1 - 12}{6} + \frac{v_1}{3} + \frac{v_2}{12} + \frac{v_2 - 12}{2} = 0$$

Vincolo del generatore da 6 V:

$$v_1 - v_2 = 6$$

La soluzione è $v_2 = 60/13 \cong 4{,}615$ V.

4.12



Equazioni LKC:

nodo 1 $$\frac{7 - v_1}{3} + \frac{10 - v_1}{3} + \frac{v_2 - v_1}{3} = 0$$

nodo 2 $$\frac{v_1 - v_2}{3} + \frac{10 - v_2}{3} = \frac{v_2}{6}$$

che corrispondono al sistema seguente

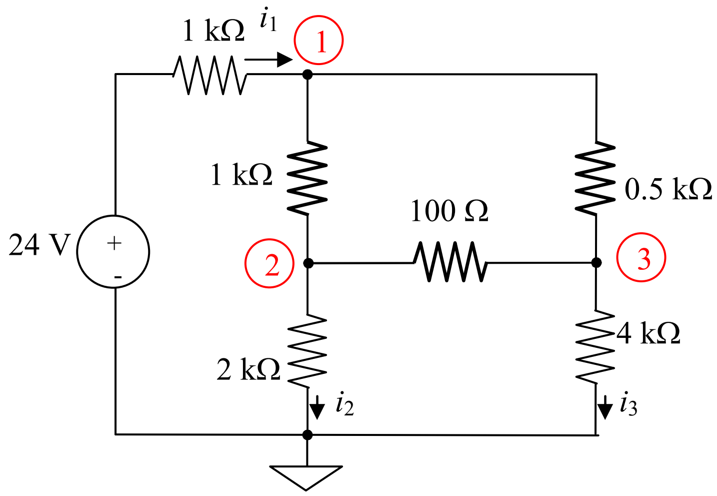
$$\begin{bmatrix} 3 & -1 \\ -2 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 17 \\ 20 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

$$v_2 = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 17 \\ -2 & 20 \end{vmatrix}}{13} = \frac{94}{13}\,\text{V}$$

La corrente richiesta è $i = \frac{v_2}{6} = \frac{47}{39} \cong 1{,}2$ A.

4.14



Equazioni LKC:

nodo 1 $$\frac{24-v_1}{1}=\frac{v_1-v_2}{1}+\frac{v_1-v_3}{0,5}$$

nodo 2 $$\frac{v_1-v_2}{1}=\frac{v_2-v_3}{0,1}+\frac{v_2}{2}$$

nodo 3 $$\frac{v_2-v_3}{0,1}+\frac{v_1-v_3}{0,5}=\frac{v_3}{4}$$

che corrispondono al sistema seguente:

$$\begin{bmatrix} 4 & -1 & -2 \\ -1 & 11,5 & -10 \\ -2 & -10 & 12,25 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 24 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

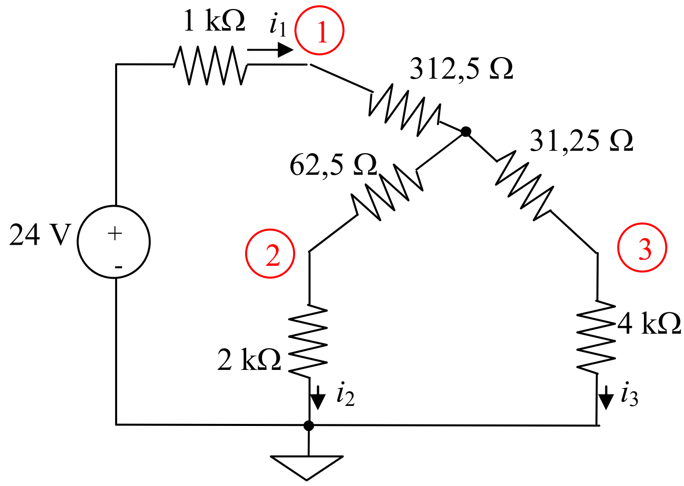
$$v_1=\frac{\begin{vmatrix} 24 & -1 & -2 \\ 0 & 11,5 & -10 \\ 0 & -10 & 12,25 \end{vmatrix}}{65,25}=\frac{981}{65,25}=15,034\ \text{V}$$

$$v_2=\frac{\begin{vmatrix} 4 & 24 & -2 \\ -1 & 0 & -10 \\ -2 & 0 & 12,25 \end{vmatrix}}{65,25}=\frac{774}{65,25}=11,862\ \text{V}$$

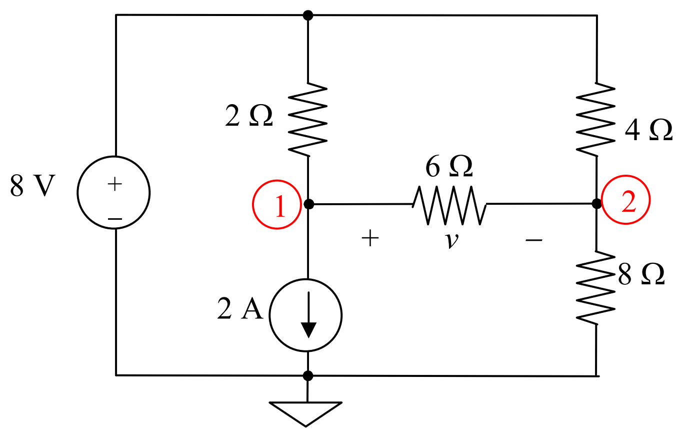
$$v_3=\frac{\begin{vmatrix} 4 & -1 & 24 \\ -1 & 11,5 & 0 \\ -2 & -10 & 0 \end{vmatrix}}{65,25}=\frac{792}{65,25}=12,138\ \text{V}$$

Correnti: $i_1=\dfrac{24-v_1}{1k}=8,966\ \text{mA}$, $i_2=\dfrac{v_2}{2k}=5,931\ \text{mA}$, $i_3=\dfrac{v_3}{4k}=3,035\ \text{mA}$

Con la trasformazione triangolo-stella si disegna lo schema nella figura seguente. Combinando le resistenze in serie e in parallelo si ottiene un partitore di tensione da cui si ricavano facilmente le tre correnti.



4.15



Equazioni LKC

nodo 1 $$\frac{8-v_1}{2}+\frac{v_2-v_1}{6}=2$$

nodo 2 $$\frac{8-v_2}{4}+\frac{v_1-v_2}{6}=\frac{v_2}{8}$$

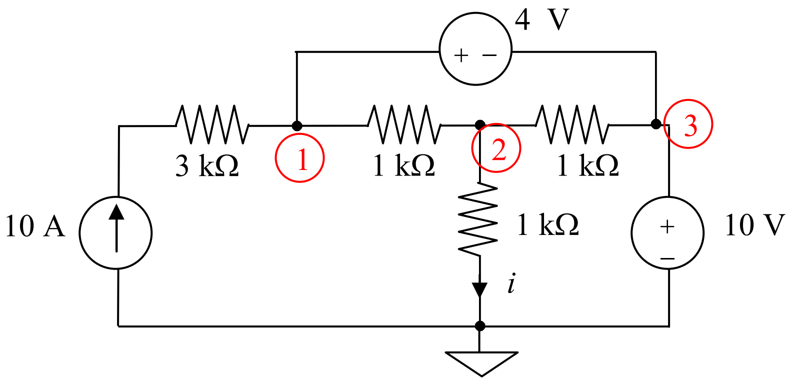
La soluzione è: v_1 = 17/4 V, v_2 = 5 V. Infine $v = v_1 - v_2$ = -3/4 V.

4.17

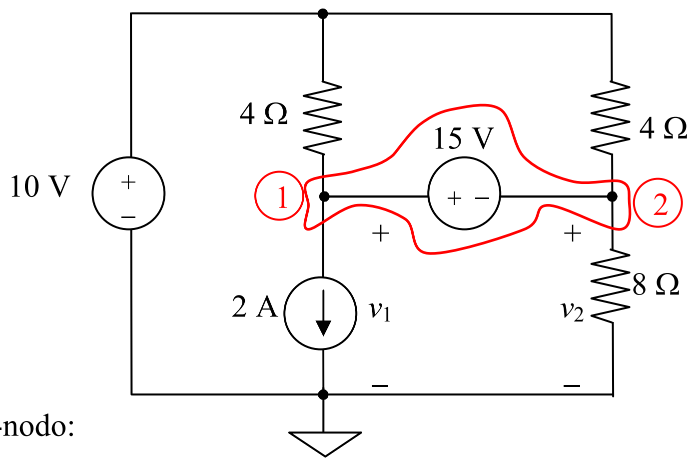
La tensione del nodo 3 è nota (10 V) così come quella del nodo 1, che vale 14 V. Perciò è sufficiente scrivere la LKC per il nodo 2:

$$v_1 - v_2 = v_2 + v_2 - v_3$$

Sostituendo i valori di v_1 e v_3 si ricava v_2 = 8 V. Dunque i = 8 mA.



4.18



Equazione LKC del super-nodo:

$$\frac{10-v_1}{4}+\frac{10-v_2}{4}=2+\frac{v_2}{8}$$

Vincolo: $v_1 - v_2 = 15$

Soluzione:

v_2 = - 1,2 V $\quad$ $v_1 = 15 + v_2$ = 13,8 V

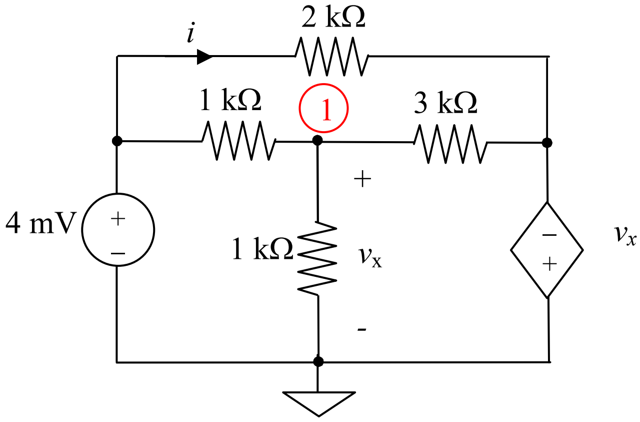
4.19

Scrivendo la LKC per il nodo in alto abbiamo l'equazione

$$\frac{9-v_x}{2}+\frac{2v_x-v_x}{3}=\frac{v_x}{6}$$

La soluzione è v_x = 13,5 V.

4.20



Equazione LKC nodo 1:

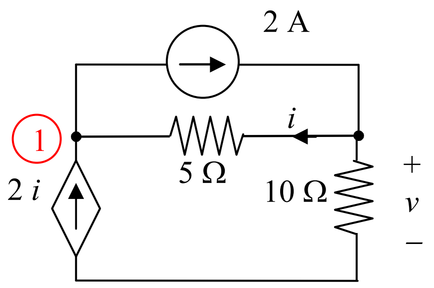
$$v_1 - 4\times10^{-3} + v_1 + \frac{v_1 + v_x}{3} = 0$$

dove $v_x = v_1$.

Soluzione: $$v_1 = 1{,}5\ \text{mV}$$

$$i = \frac{4\times10^{-3} + 1{,}5\times10^{-3}}{2\times10^3} = 2{,}75\ \mu\text{A}$$

4.21

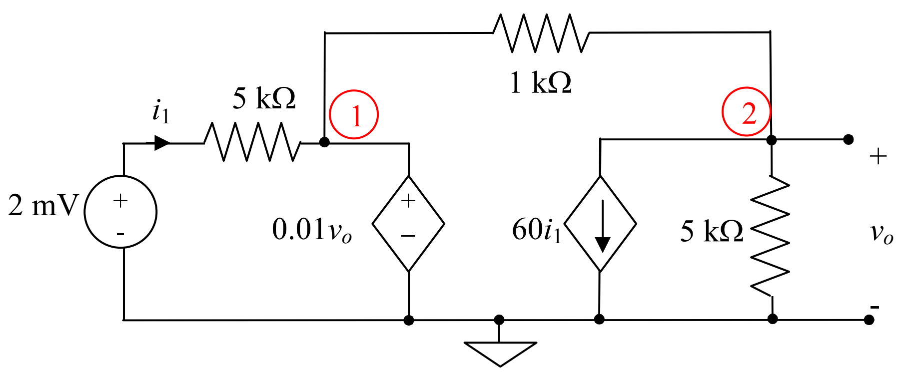


E' sufficiente applicare la LKC al nodo 1:

$$3i = 2 \ \Rightarrow \qquad i = 2/3\ \text{A}$$

La soluzione è $$v = 10\times 2i = \frac{40}{3} \cong 13{,}33\ \text{V}.$$

4.22



Il nodo 1 è collegato al riferimento attraverso un generatore di tensione, quindi è sufficiente scrivere la LKC per il nodo 2 ($v_o = v_2$):

$$60i_1 + \frac{v_2}{5\times10^3} + \frac{v_2 - 0{,}01v_2}{1\times10^3} = 0$$

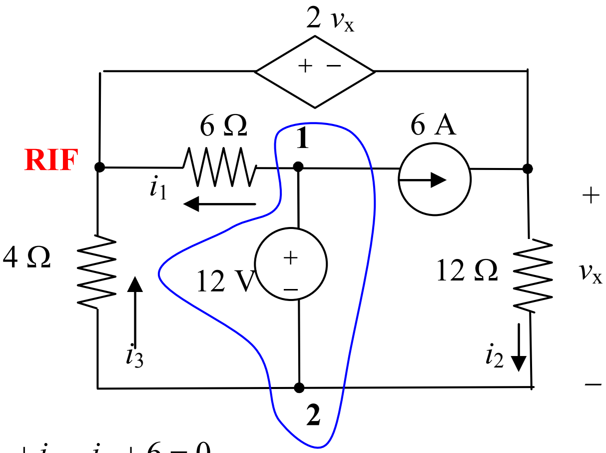
Inoltre:

$$i_1 = \frac{2\times10^{-3} - v_1}{5\times10^3} = \frac{2\times10^{-3} - 0{,}01v_2}{5\times10^3}$$

Sostituendo nell'equazione precedente e risolvendo si ricava v_2 = - 22,43 mV.

4.23

Scegliendo come riferimento il nodo in alto a sinistra si ha la figura seguente.



LKC supernodo $\quad i_1 + i_3 - i_2 + 6 = 0$

$$i_1 = v_1/6 \qquad i_3 = v_2/4 \qquad i_2 = v_x/12$$

vincoli dei generatori di tensione $\quad v_1 - v_2 = 12$

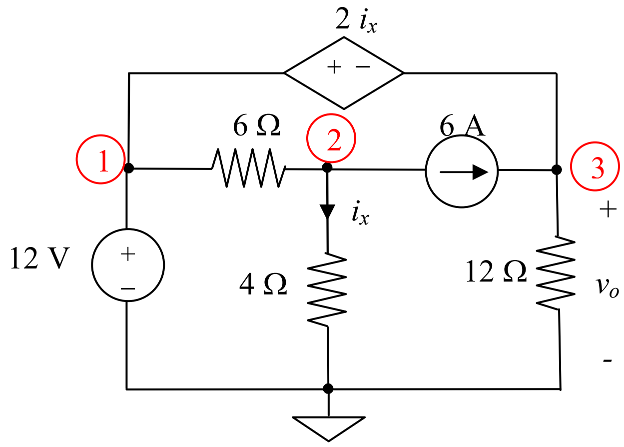
$$-2v_x = v_x + v_2 \qquad \Rightarrow \qquad v_x = -\frac{v_2}{3}$$

Sostituendo:

$$v_2/6 + 2 + v_2/4 + v_2/36 + 6 = 0$$

Soluzione $\quad v_2 = - 18 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad v_x = 6 \text{ V}$

4.24



LKC nodo 2: $\quad \dfrac{12 - v_2}{6} = \dfrac{v_2}{4} + 6$

Vincolo: $\quad v_3 = -2i_x + 12 = -\dfrac{v_2}{2} + 12$

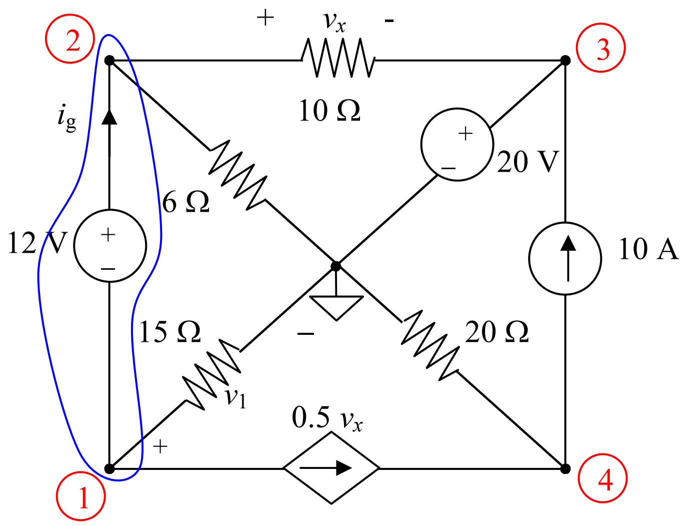
Dalla prima equazione si ricava

$$v_2 = -9{,}6 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad i_x = v_2/4 = -2{,}4 \text{ A}$$

dalla seconda

$$v_3 = 16{,}8 \text{ V} = v_o$$

4.25



LKC super-nodo: $$\frac{v_1}{15} + \frac{v_2}{6} + \frac{v_2 - 20}{10} + 0{,}5(v_2 - 20) = 0$$

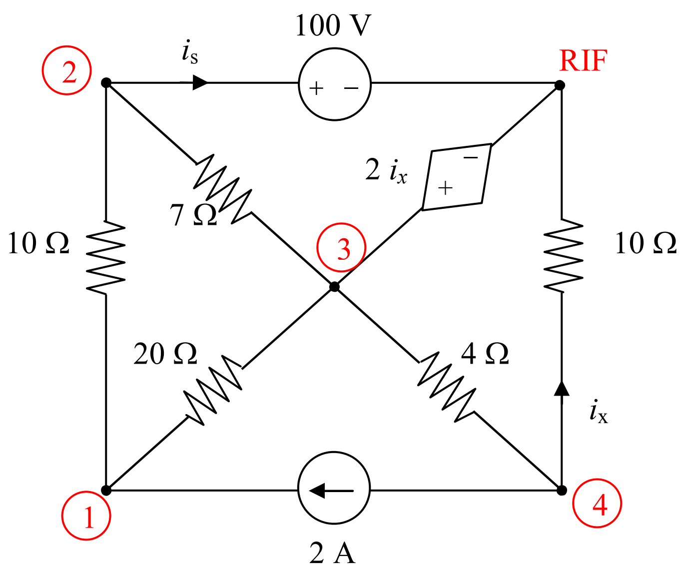
LKC nodo 4: $$0{,}5(v_2 - 20) = \frac{v_4}{20} + 10$$

Vincolo: $$v_2 - v_1 = 12$$

La seconda equazione non è necessaria perché è sufficiente ricavare v_1 e v_2.
Il sistema della prima e della terza equazione ha come soluzione: $v_1 = 3{,}36$ V e $v_2 = 15{,}36$ V.
Inoltre $v_x = v_2 - 20 = -4{,}64$ V.
Per ricavare i_g possiamo scrivere la LKC al nodo 2, dalla quale si ricava:

$$i_g = \frac{v_2}{6} + \frac{v_x}{10} = 2{,}096 \text{ A.}$$

4.26



Equazioni LKC:

nodo 1 $$\frac{v_1 - 100}{10} + \frac{v_1 - 2i_x}{20} - 2 = 0$$

nodo 4 $$2 + \frac{v_4}{10} + \frac{v_4 - 2i_x}{4} = 0$$

Sostituendo $i_x = v_4/10$ si ottiene il sistema seguente:

$$\begin{bmatrix} 3 & -0,2 \\ 0 & 6 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 240 \\ -40 \end{bmatrix}$$

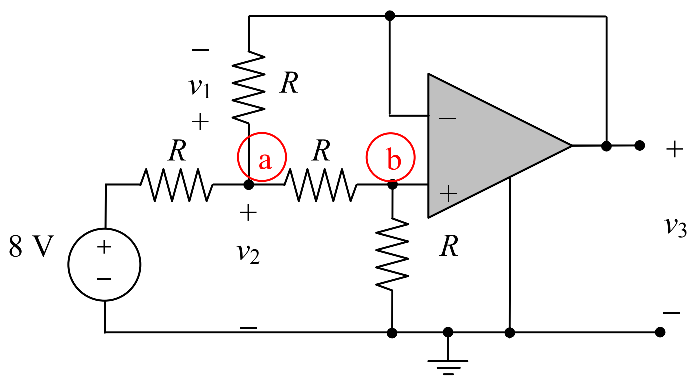
Soluzione:

$$v_1 = \frac{\begin{vmatrix} 240 & -0,2 \\ -40 & 6 \end{vmatrix}}{18} = 79,56 \text{ V} \qquad v_4 = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 240 \\ 0 & -40 \end{vmatrix}}{18} = \text{-20/3 V}$$

Pertanto i_x = -2/3 A. Per conoscere i_s si scrive la LKC del nodo 2, dalla quale si ricava:

$$i_s = \frac{v_1 - 100}{10} + \frac{2i_x - 100}{7} = -\ 16,52 \text{ A}$$

4.27



LKC nodo a: $$\frac{v_2 - 8}{R} + \frac{v_2 - v_b}{R} + \frac{v_2 - v_3}{R} = 0$$

LKC nodo b: $$\frac{v_2 - v_b}{R} = \frac{v_b}{R}$$

Vincolo c.c. virtuale: $v_b = v_3$

Sistema:

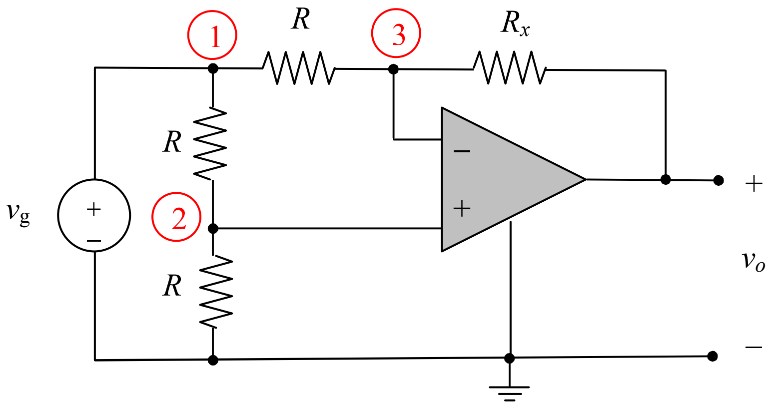
$$\begin{bmatrix} 3 & -2 \\ 1 & -2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

$$v_2 = \frac{\begin{vmatrix} 8 & -2 \\ 0 & -2 \end{vmatrix}}{-4} = 4 \text{ V} \qquad v_3 = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 8 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}}{-4} = 2 \text{ V}$$

Infine $v_1 = v_2 - v_3 = 2$ V.

4.28



LKC nodo 2: $$\frac{v_g - v_2}{R} = \frac{v_2}{R}$$

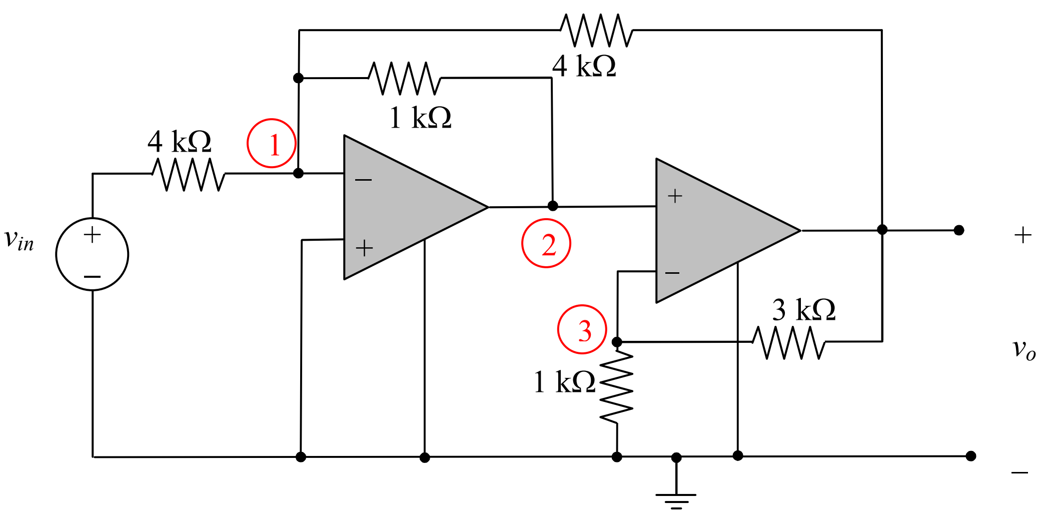
LKC nodo 3: $$\frac{v_g - v_3}{R} = \frac{v_3 - v_o}{R_x}$$

Vincolo c.c. virtuale: $v_2 = v_3$

Dalla prima equazione si ricava $v_2 = v_3 = v_g/2$. Dalla seconda:

$$v_o = \frac{v_g}{2}\left(1 - \frac{R_x}{R}\right) = -\frac{v_g}{2}\frac{\Delta R}{R}$$

4.29



LKC nodo 1: $$\frac{v_{in}-v_1}{4}=v_1-v_2+\frac{v_1-v_o}{4}$$

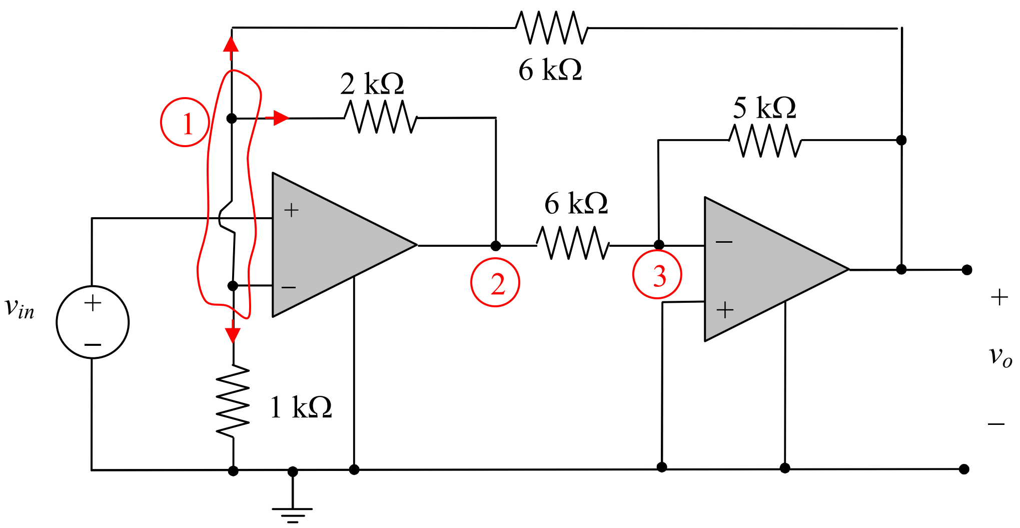
LKC nodo 3: $$\frac{v_o-v_3}{3}=v_3$$

Vincoli c.c. virtuale: $v_1=0$ $\quad v_2=v_3$

Dalla seconda equazione si ricava $v_3 = v_2 = v_o/4$; sostituendo nella prima equazione si ottiene $v_o = -v_{in}/2$.

La relazione $v_2 = v_o/4$ si poteva dedurre anche dall'espressione della tensione di uscita dell'amplificatore non invertente costituito dal secondo operazionale con le resistenze da 1kΩ e 3kΩ. Infatti eventuali elementi collegati al nodo di uscita di un operazionale, nel caso ideale, non ne modificano la tensione di uscita.

4.30



LKC nodo 1: $$v_1+\frac{v_1-v_2}{2}+\frac{v_1-v_o}{6}=0$$

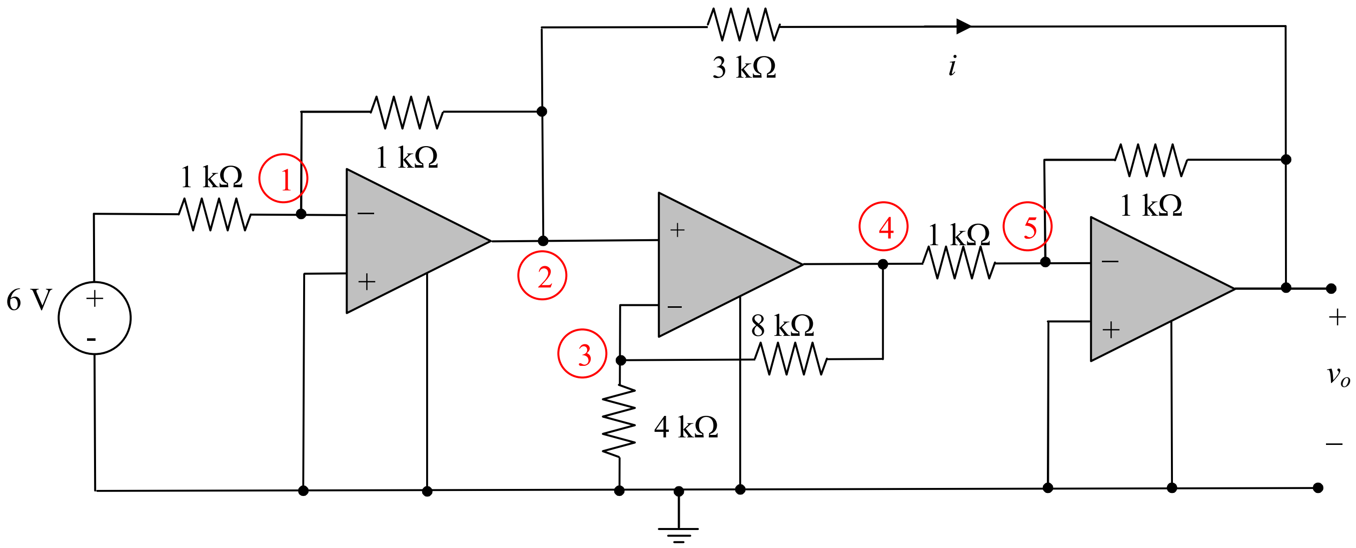
LKC nodo 3: $$\frac{v_2-v_3}{6}=\frac{v_3-v_o}{5}$$

Vincoli c.c. virtuale: $v_1=v_{in}$ $\quad v_3=0$

Dalla seconda equazione si ricava $v_2 = -(6/5)v_o$; sostituendo nella prima equazione si ottiene $v_o = -(50/13)v_{in}$.

La relazione $v_2 = -(6/5)v_o$ si poteva dedurre anche dall'espressione della tensione di uscita dell'amplificatore invertente costituito dal secondo operazionale con le resistenze da 5kΩ e 6kΩ.

4.31



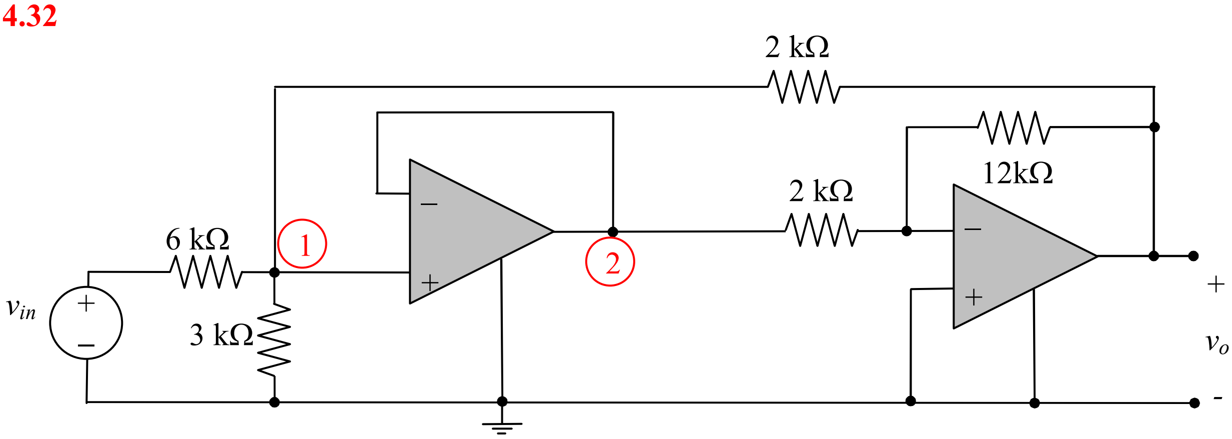
Per l'analisi nodale si devono considerare le equazioni LKC per i nodi 1-3-5 con i vincoli: v_1=v_5 =0 e v_2 = v_3. Ricavate v_2 e v_o si calcola la corrente *i*.
In alternativa possiamo osservare che il primo operazionale si comporta come un amplificatore invertente, il secondo come un amplificatore non invertente e il terzo come invertente. Infatti eventuali elementi collegati al nodo di uscita di un operazionale, nel caso ideale, non ne modificano la tensione di uscita. In definitiva possiamo scrivere le seguenti relazioni:

$$v_2 = -6 \text{ V} \qquad v_4 = 3v_2 = -\,18 \text{ V} \qquad v_o = -v_4 = 18 \text{ V}$$

Infine:

$$i = \frac{v_2 - v_o}{3 \times 10^3} = -\,8 \text{ mA}$$

4.32

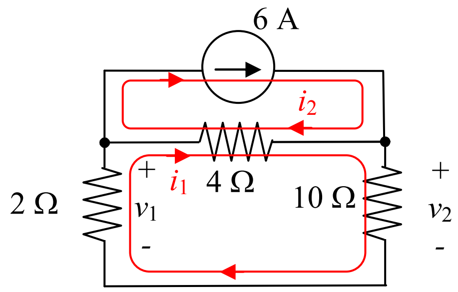


Il primo operazionale funziona da inseguitore, quindi v_2=v_1; il secondo operazionale realizza un amplificatore invertente, quindi v_o = - 6 v_2 = - 6 v_1. Applicando la LKC al nodo 1 abbiamo:

$$\frac{v_{in} - v_1}{6} = \frac{v_1}{3} + \frac{v_1 - v_o}{2}$$

Sostituendo $v_1 = -v_o/6$ si ricava $v_o = -\frac{v_{in}}{4}$.

4.33

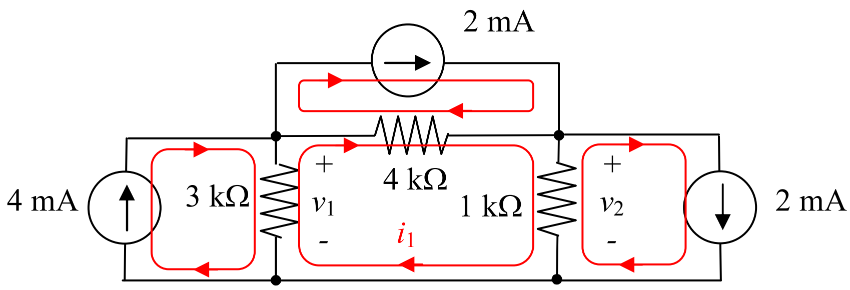


LKT maglia 1: $4(i_1 - 6) + 10i_1 + 2i_1 = 0$

La soluzione è i_1 = 1,5 A, quindi $v_1 = -2i_1$ = - 3 V; $v_2 = 10i_1$ = 15 V.

4.34

Di seguito lo schema del circuito con le correnti di maglia.



Esprimendo le correnti in mA abbiamo:

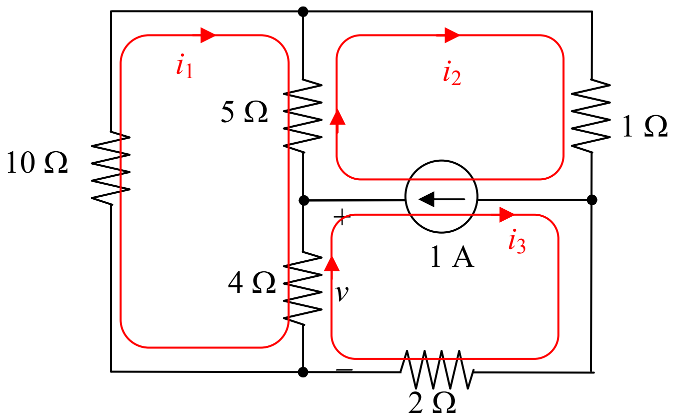
LKT maglia 1: $4(i_1 - 2) + i_1 - 2 + 3(i_1 - 4) = 0$

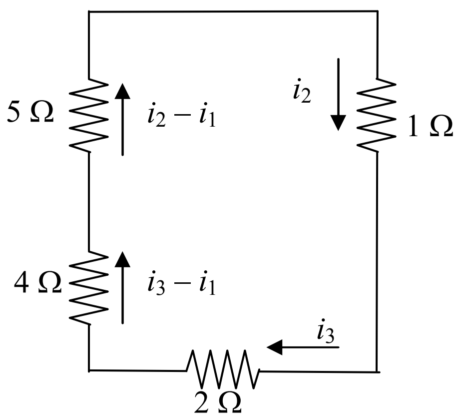
Soluzione: i_1 = 2,75 mA

$$v_1 = 3(4 - i_1) = 3{,}75 \text{ V} \qquad v_2 = i_1 - 2 = 0{,}75 \text{ V}$$

4.35

Di seguito lo schema del circuito con le correnti di maglia. A destra è mostrata la super-maglia.





LKT super-maglia: $i_2 + 2i_3 + 4(i_3 - i_1) + 5(i_2 - i_1) = 0$

LKT maglia 1: $5(i_1 - i_2) + 4(i_1 - i_3) + 10i_1 = 0$

Vincolo: $i_2 - i_3 = 1$

Sistema:

$$\begin{bmatrix} -9 & 12 \\ 19 & -9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -6 \\ 5 \end{bmatrix}$$

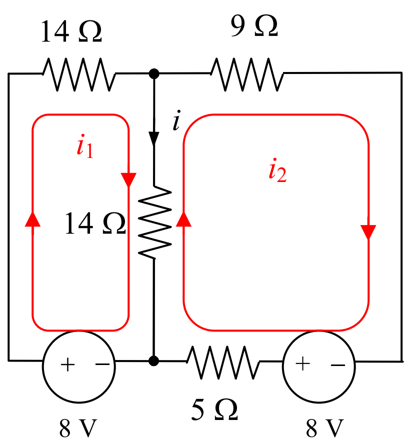
Soluzione:

$$i_1 = \frac{\begin{vmatrix} -6 & 12 \\ 5 & -9 \end{vmatrix}}{-147} = \frac{6}{147}\ \text{A} \qquad i_3 = \frac{\begin{vmatrix} -9 & -6 \\ 19 & 5 \end{vmatrix}}{-147} = -\frac{69}{147}\ \text{A}$$

$$v = 4(i_1 - i_3) = 2{,}04\ \text{V}$$

4.36

Di seguito lo schema del circuito con le correnti di maglia.



Il circuito ha solo generatori di tensione. Per ispezione visiva si scrive il sistema:

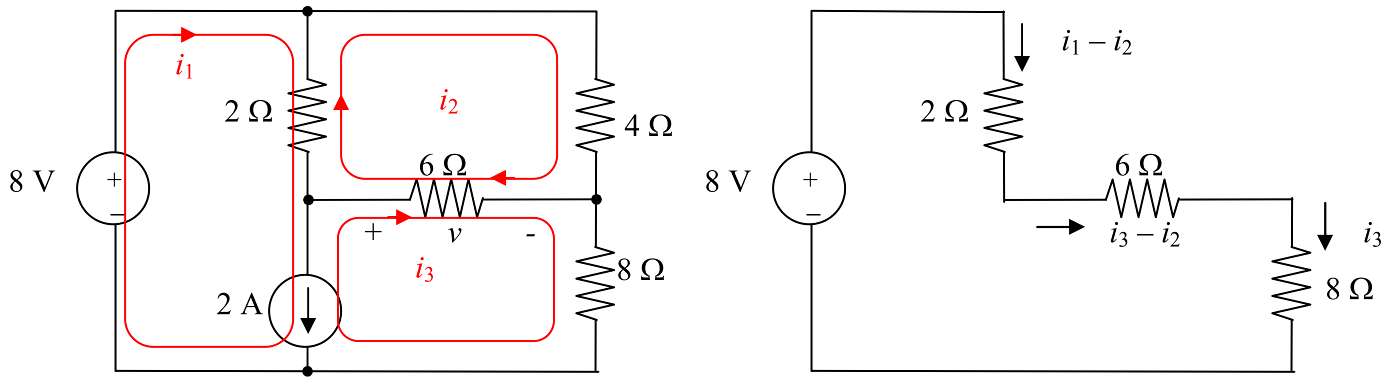
$$\begin{bmatrix} 28 & -14 \\ -14 & 28 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 8 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

$$i_1 = \frac{\begin{vmatrix} 8 & -14 \\ 8 & 28 \end{vmatrix}}{588} = 0{,}5714 \text{ A} \qquad i_2 = \frac{\begin{vmatrix} 28 & 8 \\ -14 & 8 \end{vmatrix}}{588} = 0{,}5714 \text{ A}$$

Infine $i = i_1 - i_2 = 0$.

4.37
Di seguito lo schema del circuito con le correnti di maglia. A destra è mostrata la super-maglia.



LKT super-maglia: $2(i_1 - i_2) + 6(i_3 - i_2) + 8i_3 = 8$

LKT maglia 2: $4i_2 + 6(i_2 - i_3) + 2(i_2 - i_1) = 0$

Vincolo: $i_1 - i_3 = 2$

Sistema:

$$\begin{bmatrix} -2 & 4 \\ 3 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

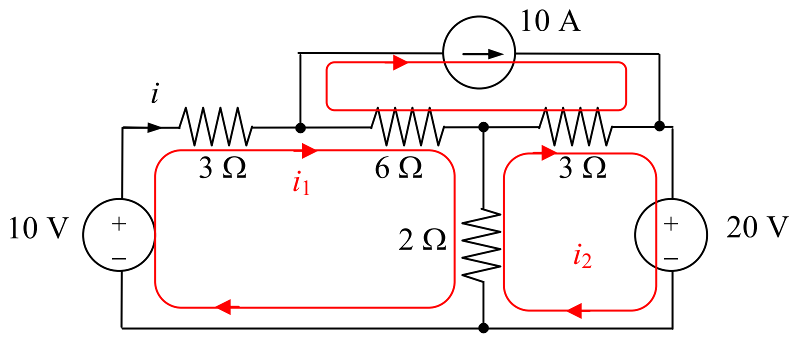
Soluzione:

$$i_2 = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 1 & -2 \end{vmatrix}}{-8} = 0{,}75 \text{ A} \qquad i_3 = \frac{\begin{vmatrix} -2 & 1 \\ 3 & 1 \end{vmatrix}}{-8} = 0{,}625 \text{ A}$$

Infine:

$$v = 6(i_3 - i_2) = -0{,}75 \text{ V}$$

4.38
Di seguito lo schema del circuito con le correnti di maglia.



LKT maglia 1: $3i_1 + 6(i_1 - 10) + 2(i_1 - i_2) = 10$

LKT maglia 2: $3(i_2 - 10) + 2(i_2 - i_1) = -20$

Sistema:

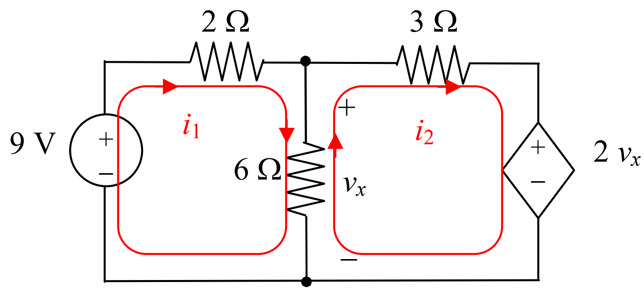
$$\begin{bmatrix} 11 & -2 \\ -2 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 70 \\ 10 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

$$i_1 = \frac{\begin{vmatrix} 70 & -2 \\ 10 & 5 \end{vmatrix}}{51} = 7{,}255 \text{ A}$$

4.39

Di seguito lo schema del circuito con le correnti di maglia.



LKT maglia 1: $2i_1 + 6(i_1 - i_2) = 9$

LKT maglia 2: $3i_2 + 2v_x + 6(i_2 - i_1) = 0$

$v_x = 6(i_1 - i_2)$

Sistema:

$$\begin{bmatrix} 8 & -6 \\ 6 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Soluzione:

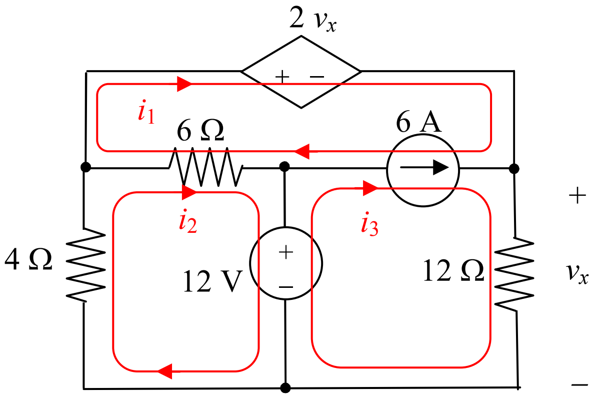
$$i_1 = \frac{\begin{vmatrix} 9 & -6 \\ 0 & -3 \end{vmatrix}}{12} = -2{,}25 \text{ A} \qquad i_2 = \frac{\begin{vmatrix} 8 & 9 \\ 6 & 0 \end{vmatrix}}{12} = -4{,}5 \text{ A}$$

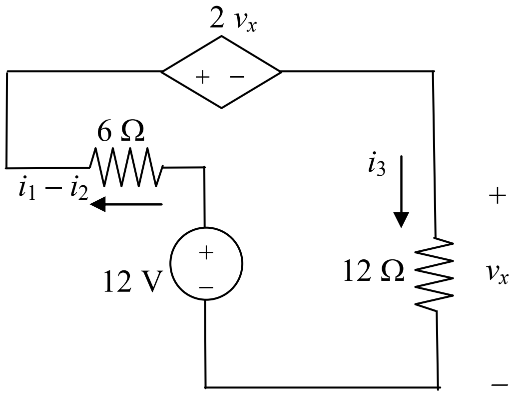
Infine:

$$v_x = 6(i_1 - i_2) = 13{,}5 \text{ V}$$

4.40

Di seguito lo schema del circuito con le correnti di maglia. A destra è mostrata la super-maglia.





LKT super-maglia: $12i_3 - 12 + 6(i_1 - i_2) + 24i_3 = 0$

LKT maglia 2: $6(i_2 - i_1) + 12 + 4i_2 = 0$

Vincolo: $i_3 - i_1 = 6$

Sistema:

$$\begin{bmatrix} -6 & 42 \\ 10 & -6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 48 \\ -48 \end{bmatrix}$$

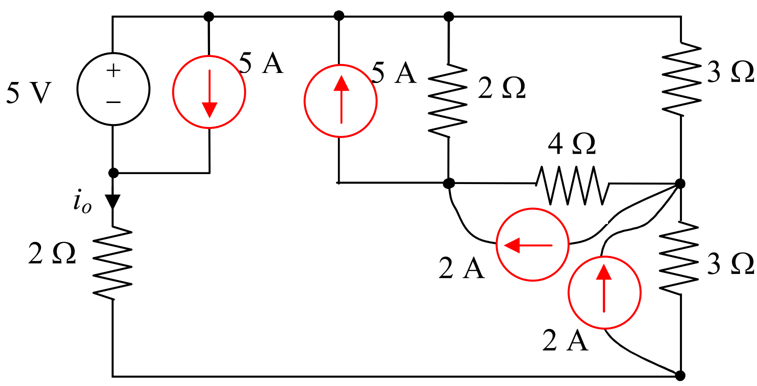
Soluzione:

$$i_3 = \frac{\begin{vmatrix} -6 & 48 \\ 10 & -48 \end{vmatrix}}{-384} = 0.5 \text{ A}$$

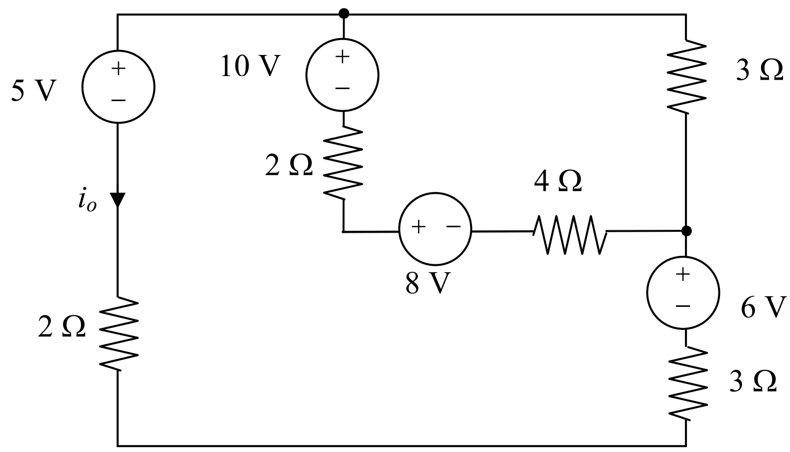
Infine: $v = 12i_3 = 6$ V

4.41

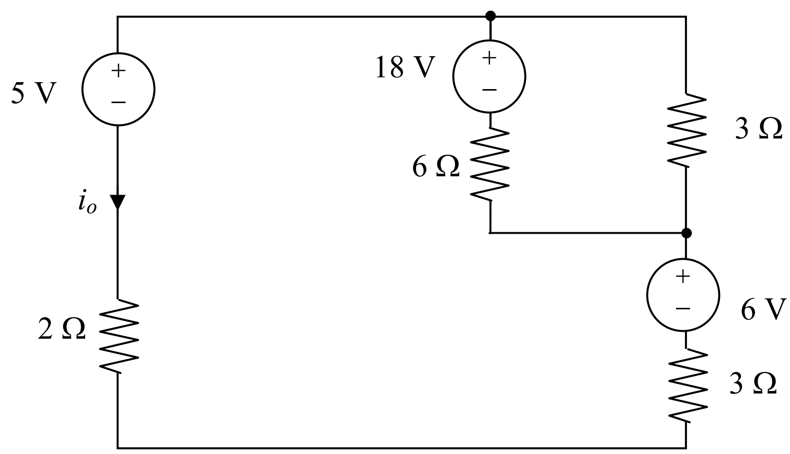
Possiamo duplicare il generatore di corrente da 5 A, collegando un generatore in parallelo al generatore di tensione e l'altro in parallelo al resistore da 2 Ω (figura seguente). Analoga operazione si può effettuare per il generatore di corrente da 2 A.



Il generatore di corrente in parallelo al generatore di tensione si può eliminare, per il principio di sostituzione. Ciascuno degli altri generatori di corrente è in parallelo ad un resistore, pertanto si può trasformare in un generatore di tensione (figura seguente).

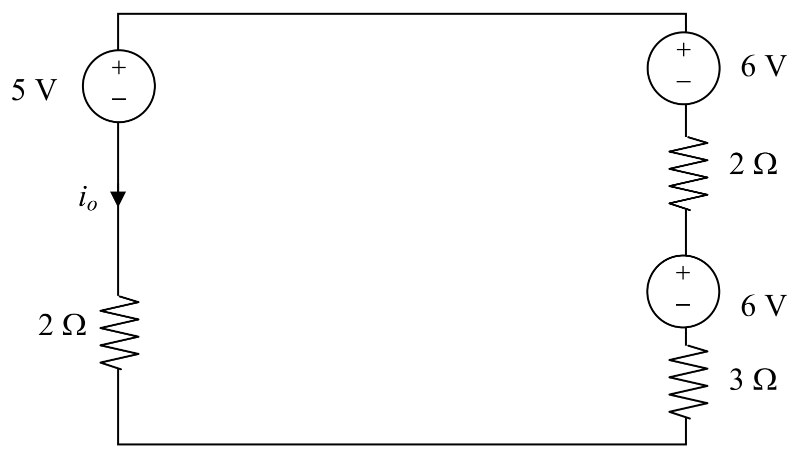


Combinando i generatori da 10 V e 8 V e le resistenze in serie si ha lo schema seguente.



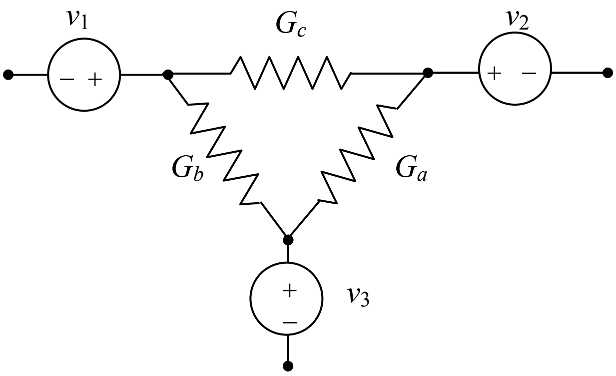
Trasformando il generatore da 18 V in un generatore di corrente e poi di nuovo in un generatore di tensione si ha lo schema seguente, con una sola maglia. Ricavando la corrente si ha:

$$i_o = \frac{12-5}{7} = 1\,\text{A}$$

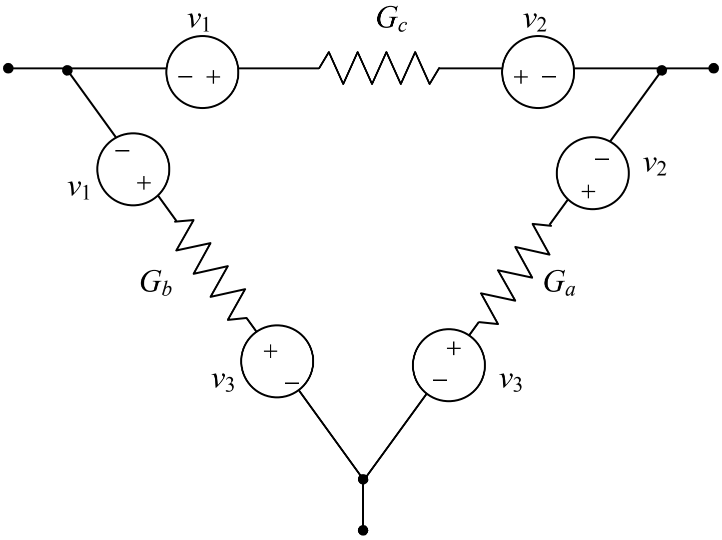


4.42

Applicando la trasformazione stella-triangolo in Figura E.34a si ottiene lo schema seguente.



Applicando la proprietà a pagina 140 del libro si ottiene lo schema seguente.



Combinando i generatori in serie, e trasformando poi i generatori di tensione in generatori di corrente, si ricava lo schema richiesto.