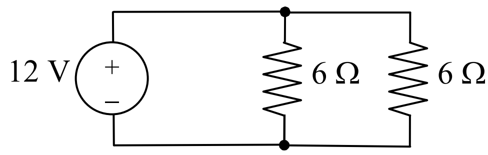
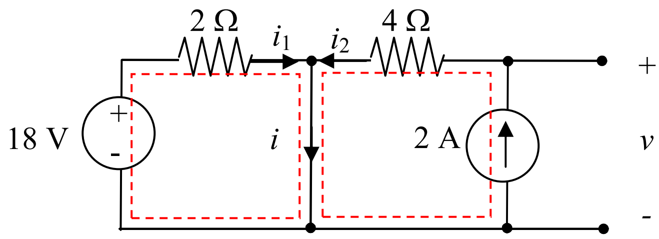
2.2

Le lampade sono collegate in parallelo. Il modello è riportato nella figura seguente. La potenza assorbita da ciascuna lampada è $12^2/6 = 24$ W, quindi la potenza complessiva è di 48 W.



2.3

Applicando la LKT alla maglia di sinistra si ricava la tensione ai capi del resistore di 2 Ω che è 18 V, quindi $i_1 = 18/2 = 9$ A. La corrente i_2 coincide con la corrente del generatore di corrente ($i_2 = 2$ A). Applicando la LKC si ottiene $i = i_1 + i_2 = 11$ A. Applicando la LKT alla maglia di destra si ricava $v = 4\ i_2 = 8$ V.



2.7

Applicando la LKT alla maglia si ricava la corrente: $i = \dfrac{12-8}{6} = \dfrac{2}{3}$ A. La tensione v_{ac} è $6i = 4$ V; la tensione v_{bd} si ricava applicando la LKT alla sequenza *b-c-d-b*: $v_{bd} = 4\ i + 8 = 32/3 \cong 10{,}67$ V.

2.8

(a) Applicando la LKT alla maglia si ricava la corrente: $i = \dfrac{12-9}{0{,}4+R}$. Imponendo $i = 5$ A si ricava $R = 0{,}2$ Ω. (b) La corrente è $i = \dfrac{3}{0{,}4+R}$. Applicando la LKT si scrive: $v = 0{,}3\ i + 9 = \dfrac{0{,}9}{0{,}4+R} + 9$; imponendo la condizione $v = 10$ V si ricava $R = 0{,}5$ Ω.

2.10

Poiché $i = 1$ A e $v = 6$ V, con la legge di Ohm si ricava $R_2 = v/i = 6$ Ω. Applicando la LKT alla maglia si ricava $i = 24/(R_1+R_2)$. Poiché $i = 1$ A si ha $R_1+R_2 = 24$ Ω, quindi $R_1 = 18$ Ω.

2.13

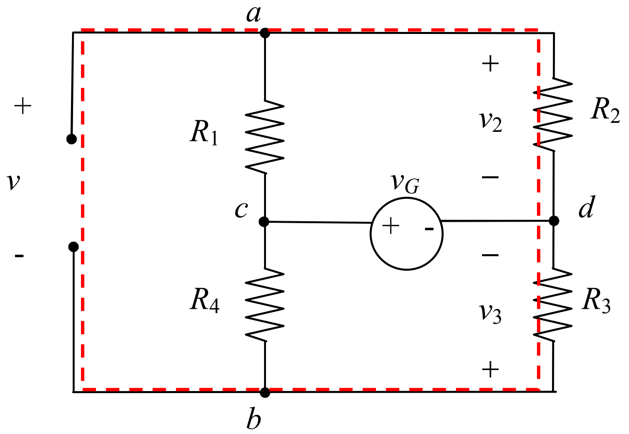
Applicando la LKT alla linea tratteggiata si ricava $v = v_2 - v_3$. I resistori R_1 ed R_2 formano un partitore di tensione, così come R_3 ed R_4. Pertanto

$$v_2 = v_G \frac{R_2}{R_1 + R_2} \qquad\qquad v_3 = v_G \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$

Quindi

$$v = v_G\left(\frac{R_2}{R_1+R_2} - \frac{R_3}{R_3+R_4}\right)$$

Imponendo la condizione $v = 0$ si ricava la condizione di equilibrio: $R_1R_3 = R_2R_4$



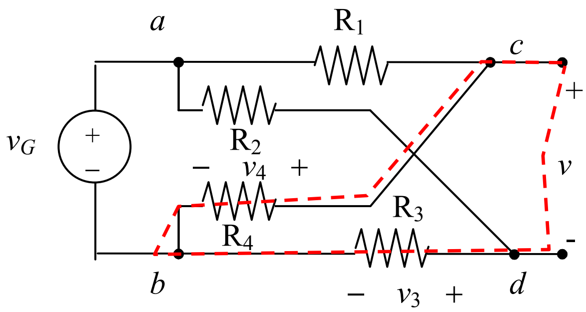
(b) Applicando la LKT alla linea tratteggiata si ricava $v = v_4 - v_3$. I resistori R_1 ed R_4 formano un partitore di tensione, così come R_2 ed R_3. Pertanto

$$v_3 = v_G\frac{R_3}{R_2+R_3} \qquad\qquad v_4 = v_G\frac{R_4}{R_1+R_4}$$

Quindi

$$v = v_G\left(\frac{R_3}{R_2+R_3} - \frac{R_4}{R_1+R_4}\right)$$

Imponendo la condizione $v = 0$ si ricava la condizione di equilibrio: $R_1R_3 = R_2R_4$.



2.14

Applicando la LKC si scrive:

$$\frac{v}{2000} + \frac{v}{3000} + \frac{3}{1000} + \frac{4}{1000} - \frac{2}{1000} = 0$$

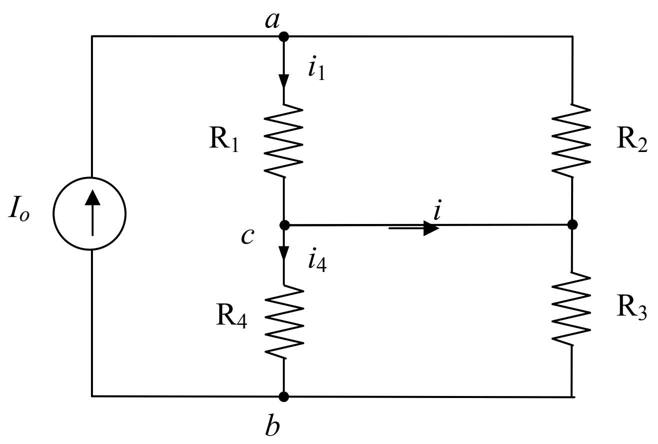
dove v è la tensione comune.
Risolvendo si ricava $v = -6$ V, $i_1 = v/2000 = -3$ mA, $i_2 = v/3000 = -2$ mA.

2.15

La corrente i_2 è 3/6 = 0,5 A. La corrente i_1 è 3/2 = 1,5 A. $i_G = i_1 + i_2 = 2$ A.

2.17
I resistori R_1 ed R_2 formano un partitore resistivo di corrente, così come i resistori R_3 ed R_4. Pertanto:

$$i_1 = I_o \frac{R_2}{R_1 + R_2} \qquad\qquad i_4 = I_o \frac{R_3}{R_3 + R_4}$$



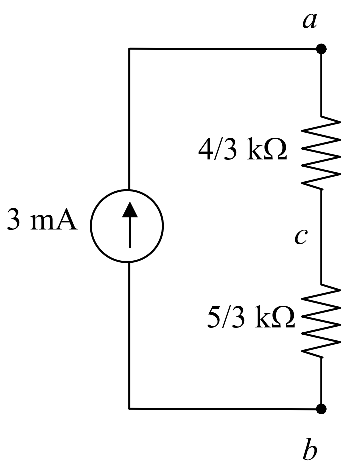
Applicando la LKC al nodo c si ha $i = i_1 - i_4$; sostituendo le espressioni precedenti:

$$i = I_o \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$

Imponendo la condizione $i = 0$ si ricava: $R_1R_3 = R_2R_4$.

2.18
Per la LKC la corrente i è la somma delle correnti che scorrono nei due rami in parallelo al generatore. Queste valgono $i_1 = 10/10^3 = 10$ mA e $i_2 = 10/(5\text{x}10^3) = 2$ mA. Infine i = 12 mA.

2.19
Combinando le resistenze in parallelo si ha lo schema seguente. Quindi $v_{ac} = 3(4/3) = 4$ V, $v_{cb} = 3(5/3) = 5$ V.



2.20
Sia R_p la resistenza equivalente del parallelo R//2kΩ. Applicando la formula del partitore di tensione si ricava

$$v = 10\frac{R_p}{R_p + 1}$$

dove R_p è espressa in kΩ per comodità. Imponendo $v = 4$ V, dalla relazione precedente si ricava $R_p = 2/3$ kΩ. Inoltre, esprimendo R in kΩ,

$$R_p = \frac{2R}{2+R}$$

Imponendo R_p =2/3 dalla relazione precedente si ricava $R = 1$ kΩ.

2.21

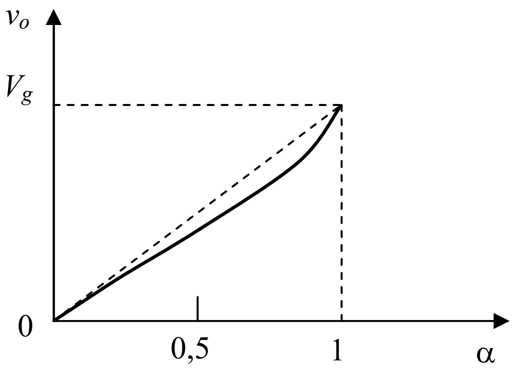
Il circuito equivale ad un partitore di tensione con le resistenze:

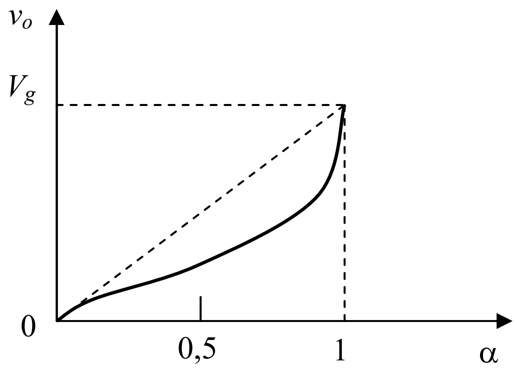
$$R_1 = (1-\alpha)R \qquad\qquad R_2 = \frac{\alpha R R_L}{\alpha R + R_L}$$

Applicando la formula del partitore si ricava

$$v_o = V_g \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_g \frac{\alpha R R_L}{(1-\alpha)R(\alpha R + R_L) + \alpha R R_L} = V_g \frac{\alpha}{(1-\alpha)\alpha(R/R_L) + 1}$$

I grafici sono riportati di seguito.





2.22

(a) Le due resistenze sono cortocircuitate quindi non sono percorse da corrente, la resistenza equivalente è nulla (in rosso il percorso della corrente).

(b) Applicando la LKT si verifica facilmente che le due resistenze in parallelo non sono percorse da corrente:

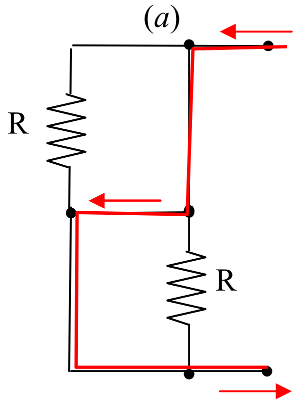
$$Ri + Ri = 0 \quad \Rightarrow \quad i = 0$$

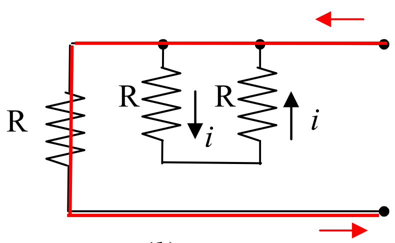
Perciò la resistenza equivalente è R.

(c) Solo il resistore di destra è percorso da corrente, quindi $R_{eq} = R$.

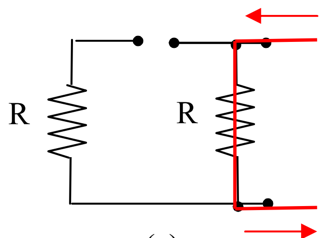
(d) I due resistori sono cortocircuitati, perciò $R_{eq} = 0$.

(a)

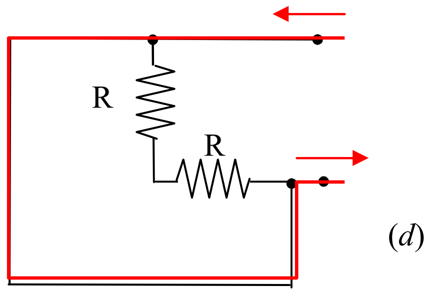




(b)

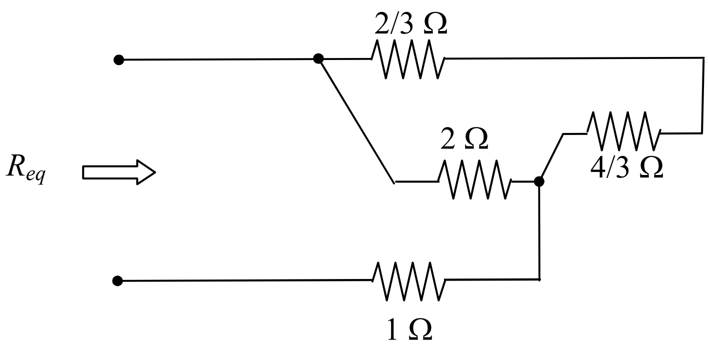


(c)



2.27

Combinando le resistenze in parallelo da 2 Ω e 4 Ω si ottiene lo schema seguente.



Quindi si ricava $R_{eq} = 1 + \left(\frac{2}{3} + \frac{4}{3}\right) // 2 = 2\,\Omega$.

2.28

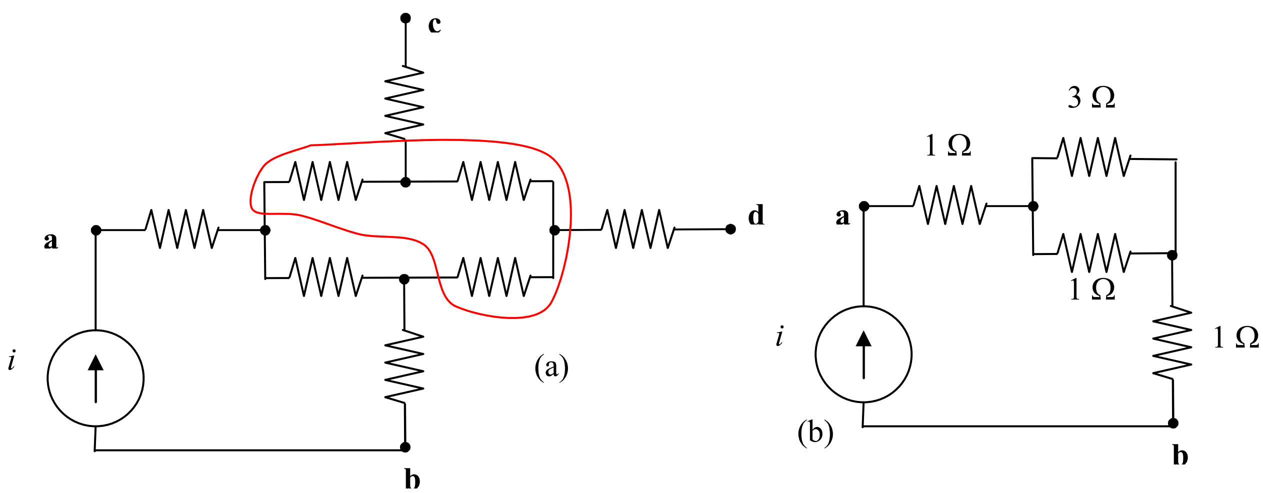
I resistori con gli interruttori chiusi sono in parallelo. Perciò conviene considerare le conduttanze:

0.5 0.25 0.125 0.0625 S

Sommando le conduttanze 2-3 si ottiene 0.375 S che corrisponde a 2.67 Ω.
Sommando le conduttanze 1-4 si ottiene 0.5625 S che corrisponde a 1.78 Ω.
Gli altri due valori di resistenza si ottengono chiudendo gli interruttori 3-4 e 1-2-3-4.

2.29

Immaginiamo di collegare ai morsetti **a, b** un generatore di corrente (figura (a)).



I resistori collegati ai terminali **c** e **d** non sono percorsi da corrente; pertanto i tre resistori evidenziati risultano in serie. Questa resistenza di 3 Ω è in parallelo ad una resistenza di 1 Ω. Il circuito può essere ridisegnato come in figura (b), dalla quale si ricava facilmente R_{eq} = 1 + 1 + 1//3 = 2 + ¾ = 2,75 Ω.

2.30

Sia R_p la resistenza equivalente del parallelo R_2//20kΩ. Applicando la formula del partitore di tensione si ricava

$$v_0 = v_s \frac{R_p}{R_p + R_1}$$

Imponendo $v_0 = ½\, v_s$, dalla relazione precedente si ricava $R_p = R_1$.
La resistenza equivalente vista dal generatore ha l'espressione

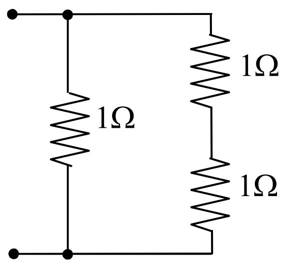
$$R_{eq} = R_1 + R_p = 2\, R_1$$

Imponendo che R_{eq} sia pari a 20 kΩ si ricava R_1 = 10 kΩ.
Inoltre

$$R_p = \frac{20R_2}{20 + R_2} = 10 \quad \Rightarrow \qquad R_2 = 20\ \text{k}\Omega$$

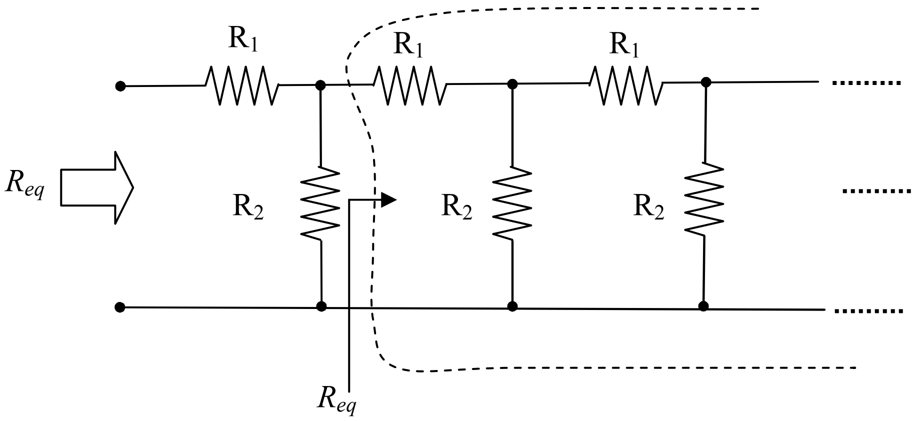
2.31

Se v = 1 V la resistenza equivalente del bipolo è 1/0,5 = 2 Ω; quindi è sufficiente collegare in serie due resistori da 1 Ω. Se v = 1/3 V la resistenza equivalente del bipolo è 2/3 Ω; la conduttanza corrispondente è 3/2 S= 1+0,5 S; perciò equivale al parallelo di un resistore da 1 S (1 Ω) e di uno da 0,5 S (2 Ω). Quindi il bipolo richiesto è il seguente.



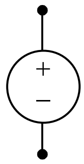
2.32

La resistenza equivalente non cambia se si aggiunge un resistore di valore R_1 e un resistore di valore R_2, come nella figura seguente. Perciò la resistenza equivalente coincide con la resistenza caratteristica, ricavata nell'Esempio 2.14.



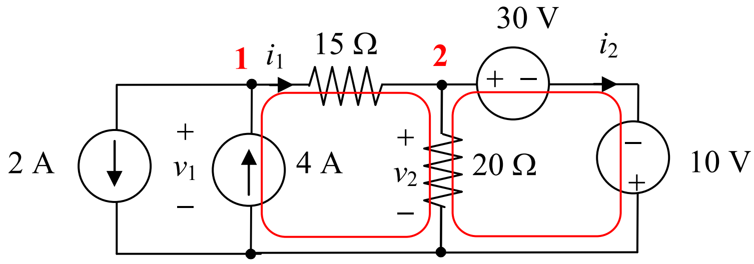
2.34

La serie dei generatori di -3 V e 1 V equivale ad un generatore di - 2 V, identico a quello in parallelo. Eliminando uno dei due si ottiene la serie di tre generatori di 8 V, -2 V e -2 V. La tensione risultante è 8-2-2 = 4 V, che corrisponde al generatore equivalente nella figura seguente.



2.36

Indichiamo le correnti e le tensioni come nella figura seguente.



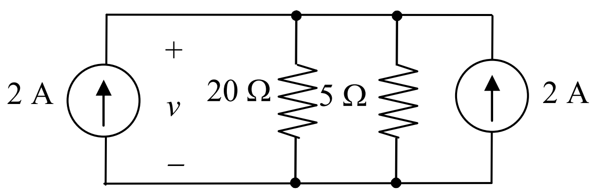
LKC del nodo 1: $i_1 = 4 - 2 = 2$ A.
LKT della maglia di destra: $v_2 = 30 - 10 = 20$ V.
LKC del nodo 2: $i_2 = i_1 - v_2 / 20 = 2 - 1 = 1$ A
LKT della maglia centrale: $v_1 = 15 i_1 + v_2 = 30 + 20 = 50$ V

Potenze assorbite dai resistori (il pedice corrisponde al valore della resistenza):
$P_{15} = 15 i_1^2 = 60$ W $\qquad P_{20} = v_2^2 / 20 = 20$ W

Potenze erogate dai generatori (il pedice corrisponde al valore del generatore):
$P_2 = -2 v_1 = -100$ W $\qquad P_4 = 4 v_1 = 200$ W $\qquad P_{30} = -30 i_2 = -30$ W $\qquad P_{10} = 10 i_2 = 10$ W

2.37

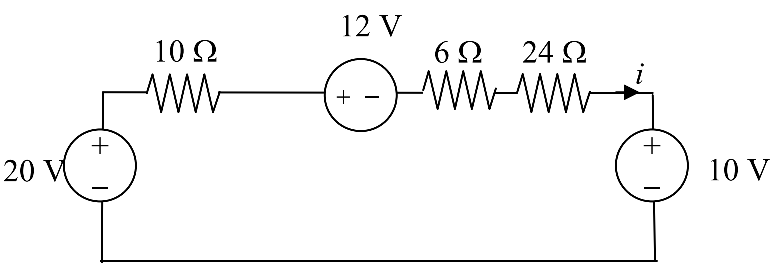
Conviene trasformare il generatore di tensione (v. figura).



Con la formula (2.12) a pag. 36 oppure con la LKC si ricava: $v = \dfrac{4}{0{,}05 + 0{,}2} = 16$ V.

2.39

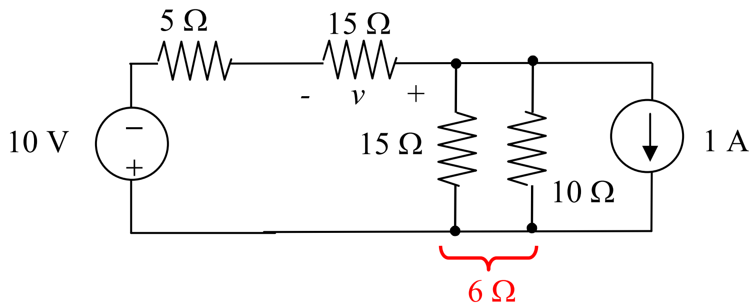
Trasformando i generatori di corrente in generatori di tensione si ottiene lo schema seguente.



La corrente è $i = \frac{20-12-10}{40} = -1/20 \text{ A} = -50 \text{ mA}$.

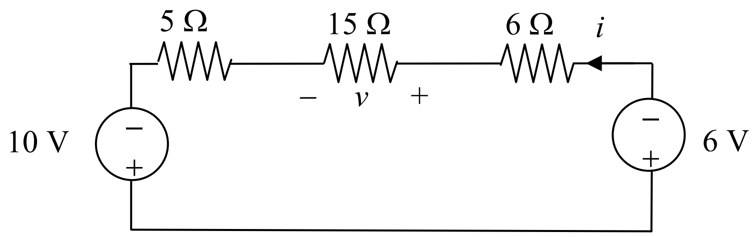
2.40

Trasformando il generatore di corrente in generatore di tensione e viceversa si ottiene lo schema seguente.



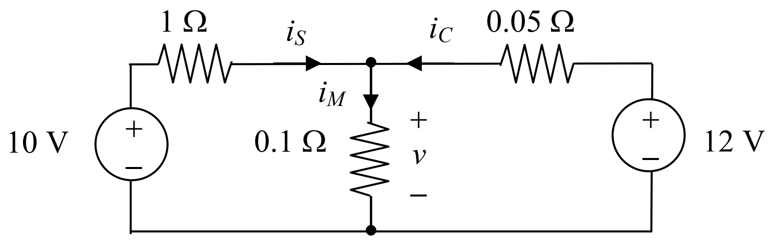
Trasformando il generatore di corrente in generatore di tensione si ottiene lo schema seguente. Si ricava:

$$i = \frac{10-6}{26} \quad \Rightarrow \quad v = 15i = 2{,}3 \text{ V}$$



2.43

Il circuito equivalente è mostrato nella figura seguente.



Applicando il teorema di Millman si ricava la tensione v:

$$v = \frac{10 + 12 \times 20}{1 + 10 + 20} = 8{,}064 \text{ V}$$

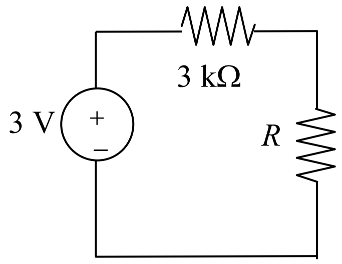
Quindi:

$$i_S = \frac{10 - v}{1} = 1{,}936 \text{ A} \qquad\qquad i_C = \frac{12 - v}{0.05} = 78{,}72 \text{ A}$$

$$i_M = \frac{v}{0.1} = 80{,}64 \text{ A}$$

2.44

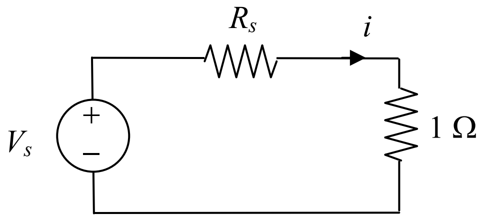
Trasformando il generatore di corrente si ottiene lo schema seguente.



Applicando il teorema del massimo trasferimento di potenza si trova che la potenza massima si ottiene per R = 3 kΩ e vale $P_{disp} = \dfrac{9}{4 \times 3 \times 10^3} = 0{,}75\ \text{mW}$.

2.45

Il circuito equivalente è mostrato nella figura seguente.



La potenza assorbita dalla lampada è

$$p = Ri^2 = \left(\frac{V_s}{R_s + 1}\right)^2$$

per avere la massima potenza, la corrente deve essere massima ma deve soddisfare la condizione:

$$i = \frac{V_s}{R_s + 1} < 5\ \text{A}$$

Scartiamo la batteria per auto perché la corrente sarebbe superiore a 5 A.
Per quanto riguarda la pila alcalina da 9 V, ne possiamo usare n in serie con una corrente risultante

$$i = \frac{9n}{2n + 1}$$

La corrente è <5 A per ogni n e il valore massimo per $n \to \infty$ è 4,5 A.
Per la pila zinco-carbone la corrente è

$$i = \frac{1{,}5n}{0{,}5n + 1}$$

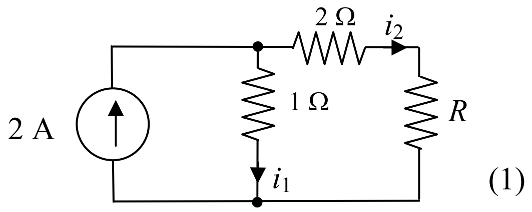
La condizione i< 5 A è soddisfatta per ogni valore di n e il valore massimo è 3 A.
Infine, per la pila alcalina da 1,5 V la corrente è

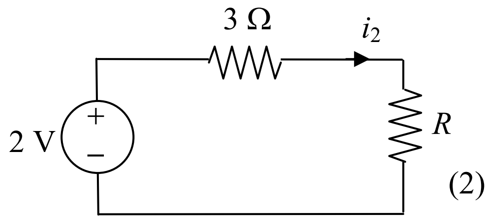
$$i = \frac{1{,}5n}{0{,}2n + 1}$$

Tale corrente è < 5 A solo per n<10. Per n = 9 abbiamo i = 4,82 A. Quindi la soluzione con la massima potenza è: 9 pile alcaline da 1,5 V in serie.

2.46

Lo schema in figura (1) diventa lo schema in figura (2) con la trasformazione del generatore di corrente.





(a) Per il teorema del massimo trasferimento di potenza si ottiene $R = 3\ \Omega$.
(b) Il rendimento non si può ricavare dallo schema in figura (2) perché, dopo la trasformazione del generatore, l'equivalenza vale solo esternamente mentre la potenza erogata dai due generatori è differente.

Il rendimento è

$$\eta = \frac{P_L}{P_L + P_g}$$

dove P_L è la potenza dissipata in R e P_g è la potenza erogata dal generatore di corrente in (1), che equivale alla somma delle potenze dissipate nei tre resistori.

Le correnti si ricavano dallo schema (1) considerando il partitore di corrente:

$$i_1 = 2\frac{2+R}{3+R}$$

$$i_2 = 2\frac{1}{3+R}$$

Le tre potenze sono:

$$P_L = Ri_2^2 = \frac{4R}{(3+R)^2} \qquad P_1 = i_1^2 = \frac{(4+2R)^2}{(3+R)^2} \qquad P_2 = 2i_2^2 = \frac{8}{(3+R)^2}$$

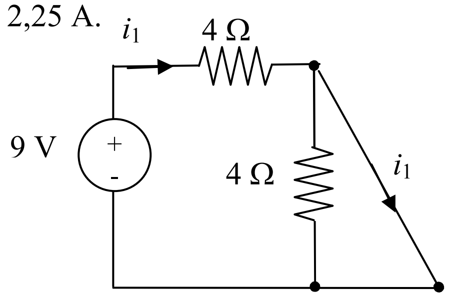
Il rendimento è

$$\eta = \frac{P_L}{P_L + P_1 + P_2} = \frac{4R}{4R + (4+2R)^2 + 8}$$

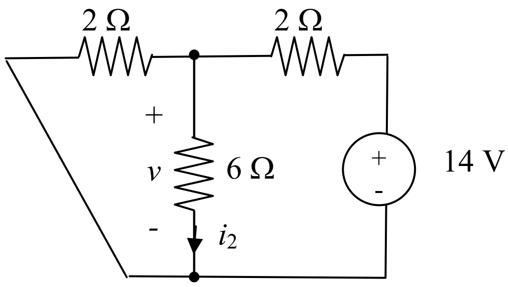
Imponendo η=0,1 si ricavano due soluzioni: R= 2 Ω e R= 3 Ω.

2.47

Per la presenza del corto circuito possiamo ricavare le due correnti considerando due circuiti distinti. La corrente i_1 si deduce dal circuito seguente. Il resistore cortocircuitato non ha corrente perciò $i_1 = 9/4 = 2{,}25$ A.

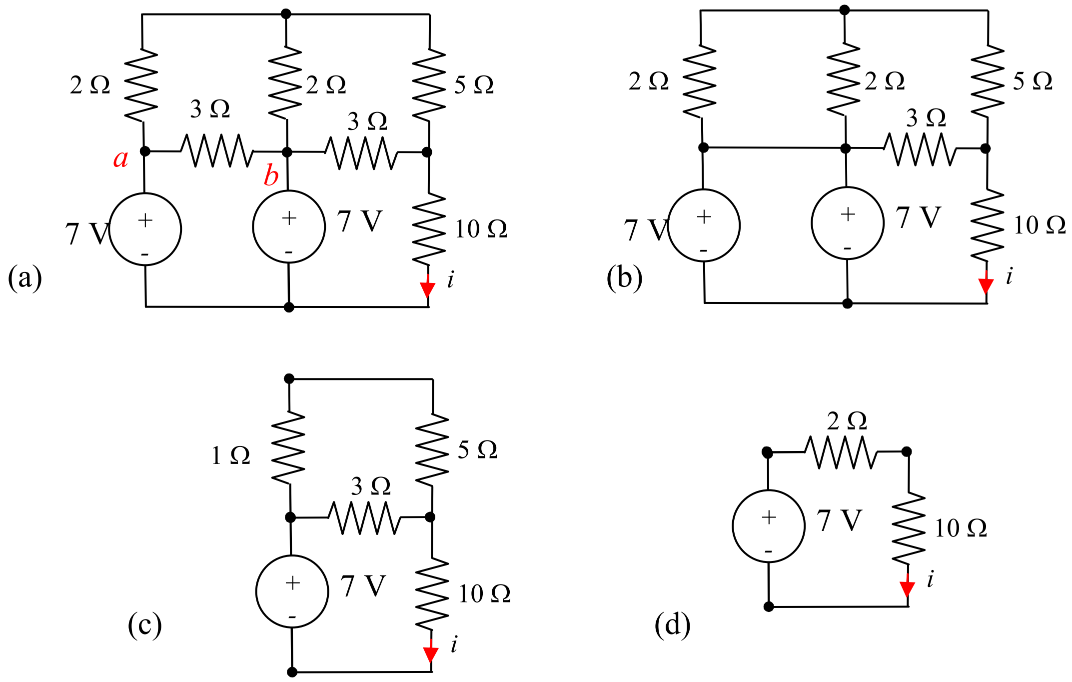


La corrente i_2 si ottiene dal circuito seguente. Il parallelo 2 Ω//6 Ω vale 1,5 Ω. Perciò la tensione del resistore di 6 Ω è v = 14×1,5/(2+1,5) = 6 V. La corrente è i_2 = 1 A.



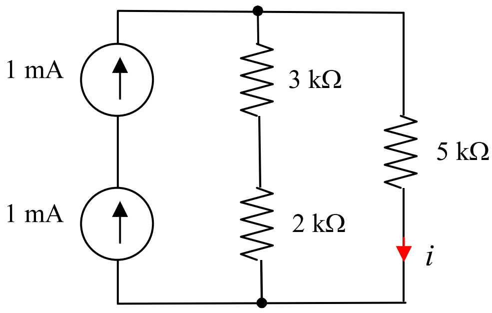
2.48

La tensione tra i nodi a e b è nulla (figura (a)) quindi, per il principio di sostituzione, il resistore da 3 Ω può essere sostituito da un corto circuito (figura (b)). I due generatori di tensione in parallelo equivalgono ad un solo generatore di 7 V; le due resistenze da 2 Ω sono in parallelo ed equivalgono ad un resistore da 1 Ω (figura (c)). Combinando le altre resistenze si ricava i = 7/12 A (figura (d)).



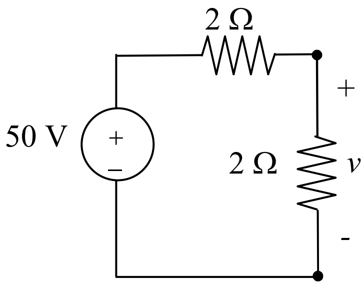
2.49

Per la LKC, il resistore da 1 kΩ non è percorso da corrente, quindi può essere sostituito da un circuito aperto (figura seguente). I due generatori di corrente equivalgono ad uno solo. Applicando la formula del partitore di corrente si ricava i = 0.5 mA.

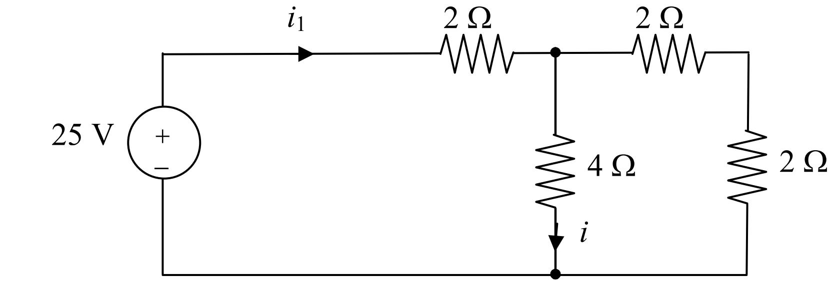


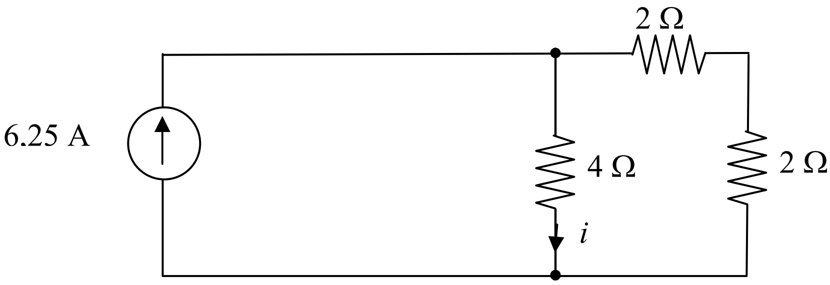
2.50

Combinando i resistori in serie e in parallelo si arriva allo schema seguente.



La tensione v vale 25 V. Applicando il principio di sostituzione si può considerare lo schema seguente. La resistenza equivalente vista dal generatore è 4 Ω perciò $i_1 = 25/4 = 6{,}25$ A.
Infine, applicando di nuovo il principio di sostituzione, si ottiene un partitore di corrente (ultima figura): $i = 6{,}25/2 = 3{,}125$ A.





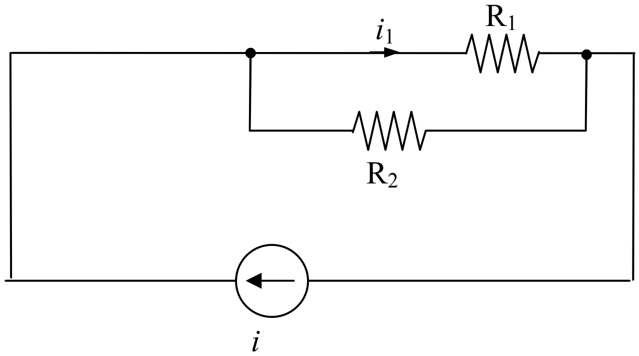
2.51

Si applicano le formule (2.38) e (2.39) del libro a pag. 63.

2.52

Il circuito equivalente è mostrato nella figura seguente. Per la formula del partitore di corrente abbiamo

$$i_1 = i\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



Quando $i = 3$ A, $i_1 = 100$ mA quindi

$$\frac{R_2}{R_1+R_2}=\frac{1}{30} \Rightarrow \qquad R_1 = 29R_2$$

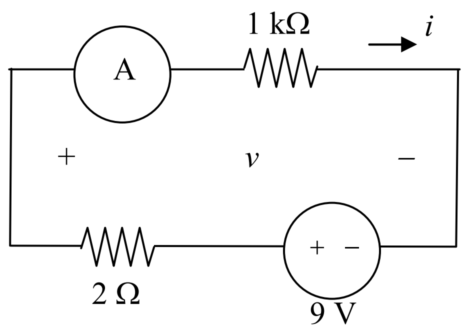
Inoltre, la resistenza equivalente del parallelo è

$$\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{29R_2}{30}<2\Omega \qquad \Rightarrow \qquad R_2 < 2{,}07\Omega$$

Possiamo scegliere $R_2 = 2\ \Omega$ e $R_1 = 58\ \Omega$.

2.53

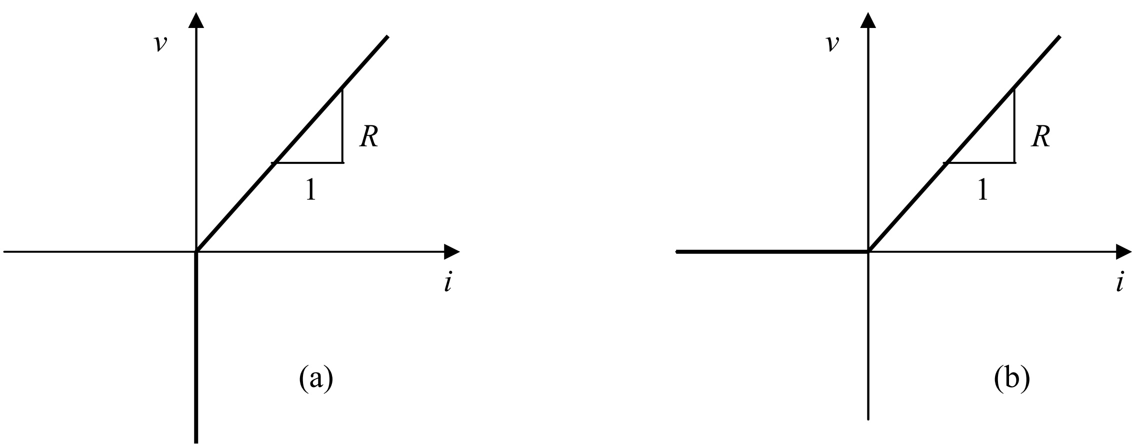
Poiché la corrente massima è 10 mA, le portate richieste si ottengono con resistenze di 1 kΩ, 10 kΩ e 50 kΩ. La tensione a vuoto che si vuole misurare vale 9 V. Nel caso della portata minima, l'inserzione del voltmetro corrisponde al circuito nella figura seguente. La corrente è $i = 9/1002$ e la tensione misurata è $v = 9\times1000/1002 = 9\times0{,}998$. L'errore relativo è $\varepsilon = \frac{9-9\times0{,}998}{9} = 0{,}002$ corrispondente allo 0,2 %. Analogamente si ricava l'errore per le altre due portate.



2.54

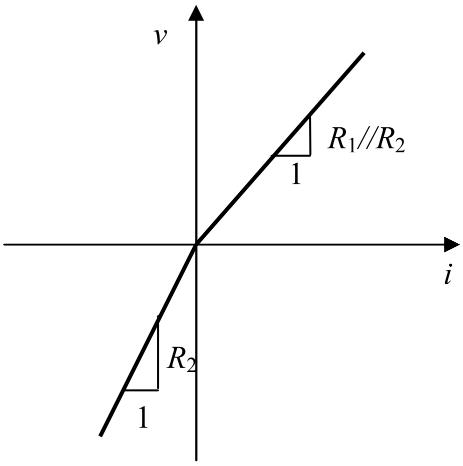
Bipolo di sinistra. La corrente i non può essere negativa; quando il diodo conduce $i > 0$ e $v = R\,i$. Quando il diodo è interdetto la corrente è nulla (v coincide con la tensione del diodo). La caratteristica è mostrata in (a).

Bipolo di destra. Quando il diodo è interdetto $v > 0$ e $i = v/R$. Quando il diodo conduce, $v = 0$ e $i < 0$ (coincide con la corrente del diodo cambiata di segno). La caratteristica è mostrata in (b).



2.55

Quando il diodo conduce il bipolo equivale al parallelo di R_1 ed R_2 ($i > 0$). Quando il diodo è interdetto la corrente attraversa solo R_2; deve essere negativa perché $v < 0$. La caratteristica è mostrata di seguito.



2.56

Quando $v_s > 0$ la corrente può circolare solo nel modo descritto nella figura sotto a sinistra ($v_u = -v_s$). Quando $v_s < 0$ la corrente può circolare solo nel modo descritto nella figura sotto a destra ($v_u = v_s$). In entrambi i casi la tensione v_u è negativa. La forma d'onda è illustrata nella figura successiva.