

Κεφάλαιο 6

Μικτά κυκλώματα

6

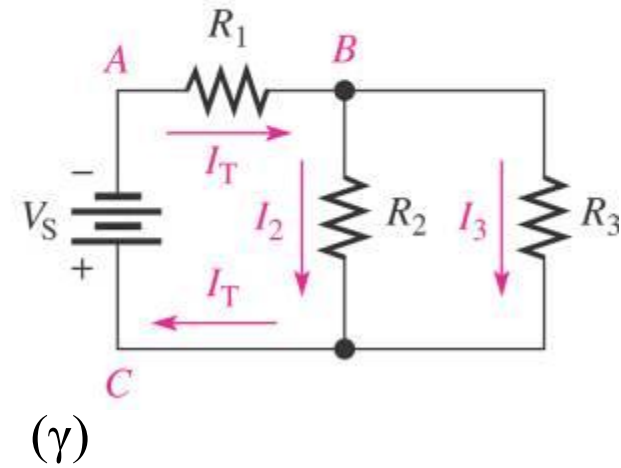
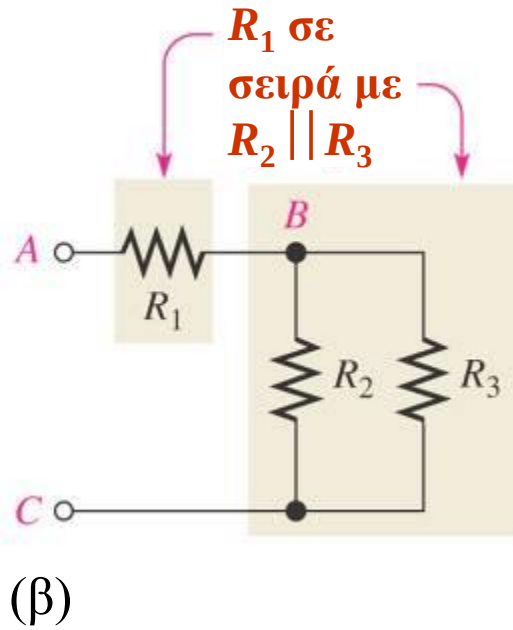
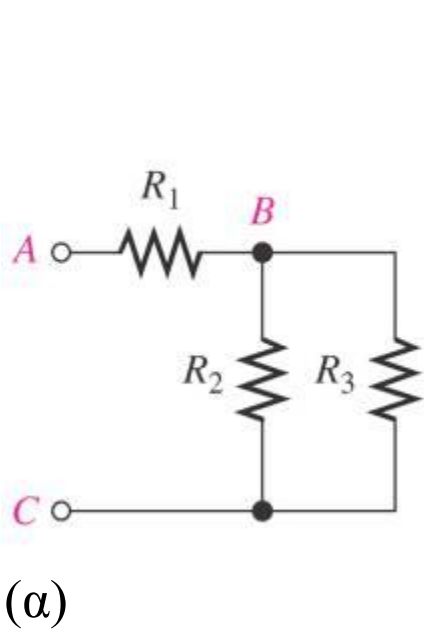
Μικτά κυκλώματα (Series-Parallel Circuits)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Αναγνώριση Σειριακών και Παράλληλων Συνδεσμολογιών
- Ανάλυση Σειριακών-Παράλληλων Κυκλωμάτων
- Διαιρέτες Τάσης με Ωμικό Φορτίο
- Το Φαινόμενο Φόρτισης ενός Βολτομέτρου
- Η Γέφυρα Wheatstone
- Εντοπισμός Βλαβών

Που θα το βρείτε: Στο βιβλίο R.J. Fowler, “Ηλεκτροτεχνία AC-DC”, σελ. 135-140

ΕΙΚΟΝΑ 6-1 Ένα απλό μικτό (σειριακό-παράλληλο) κύκλωμα.

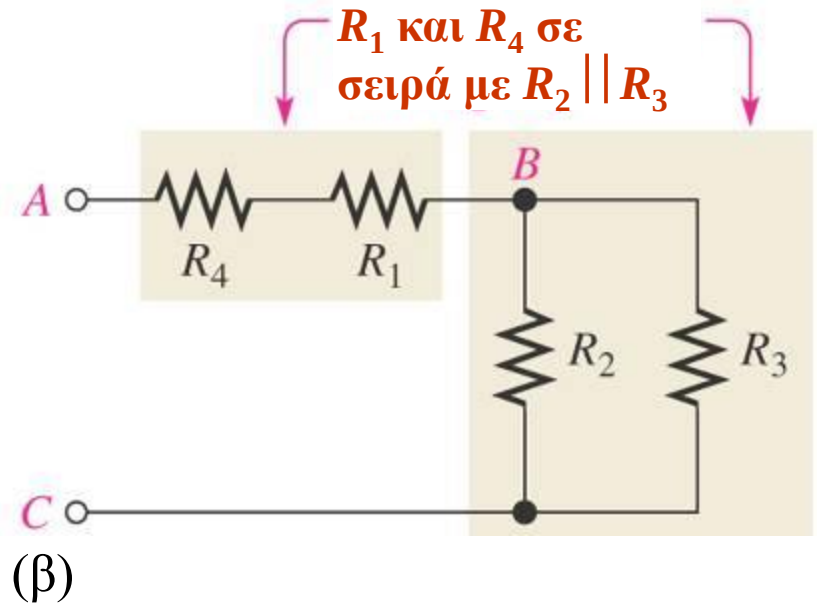
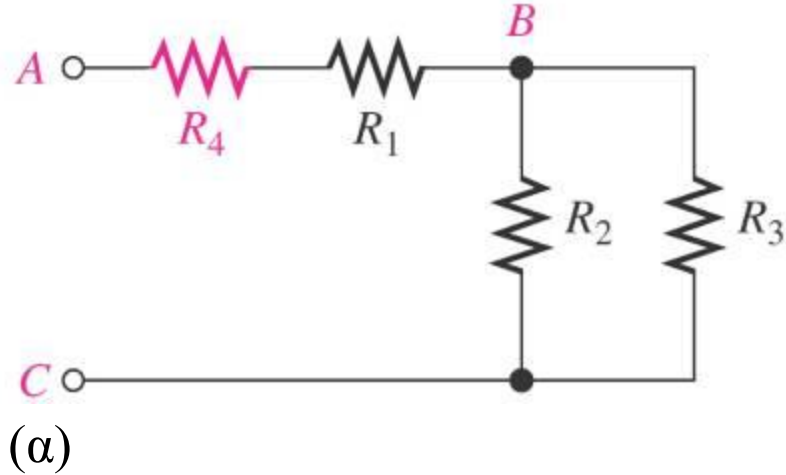


$$\mathbf{R_T = R_1 + R_2 // R_3}$$

ή

$$R_T = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

ΕΙΚΟΝΑ 6-2 Η R_4 προστίθεται στο κύκλωμα σε σειρά με την R_1 .

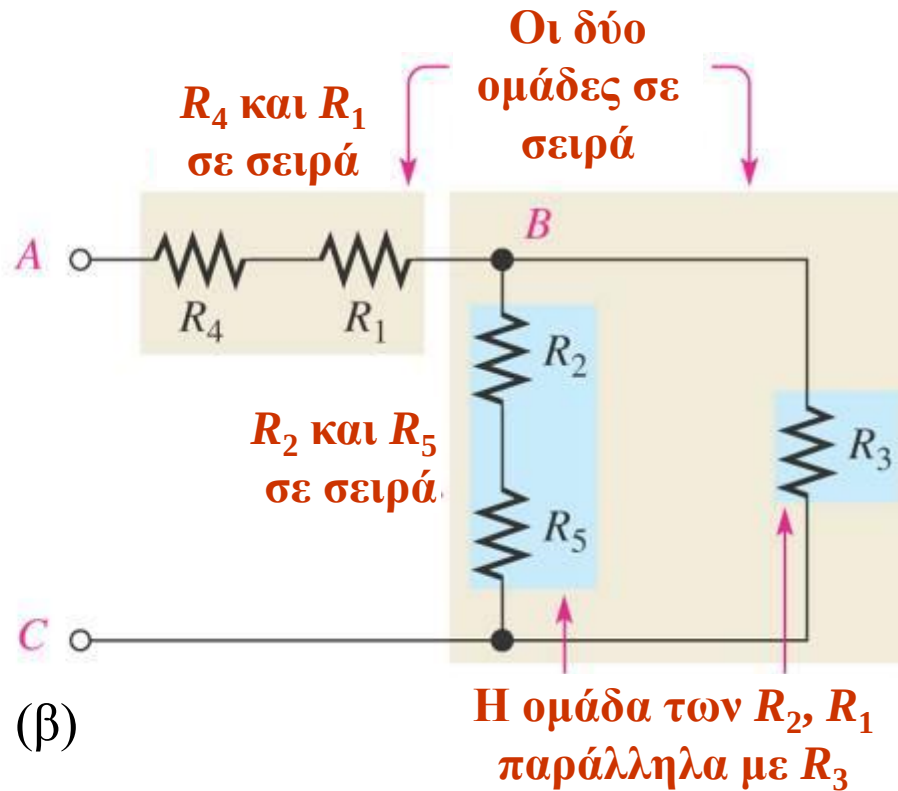
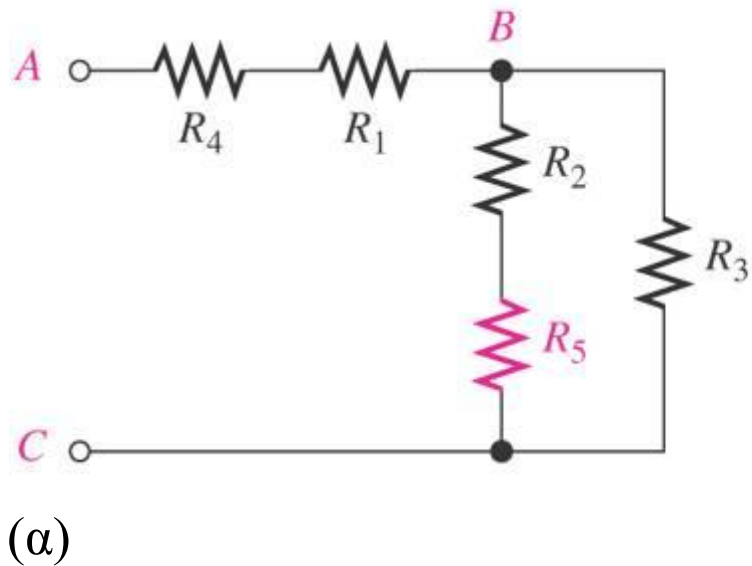


$$\mathbf{R_T = R_4 + R_1 + R_2 // R_3}$$

ή

$$R_T = R_4 + R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

ΕΙΚΟΝΑ 6-3 Η R_5 προστίθεται στο κύκλωμα σε σειρά με την R_2 .

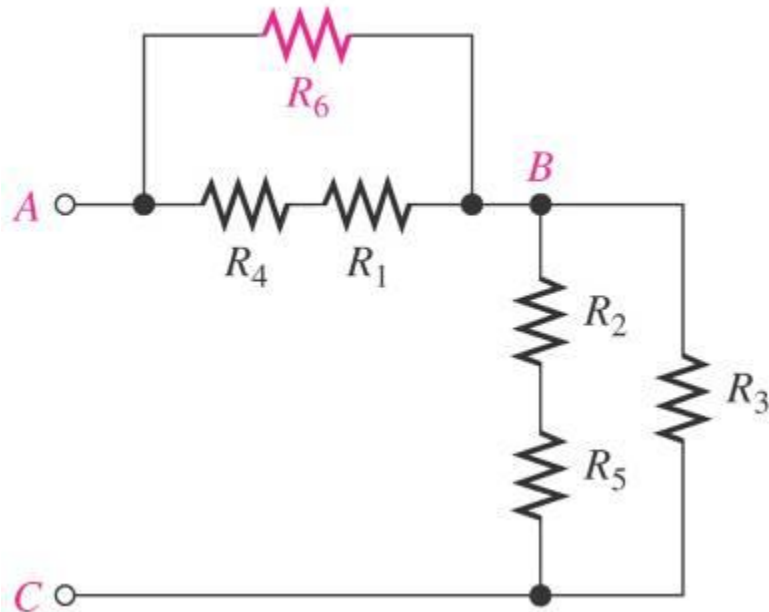


$$R_T = R_4 + R_1 + (R_2 + R_5) // R_3$$

ή

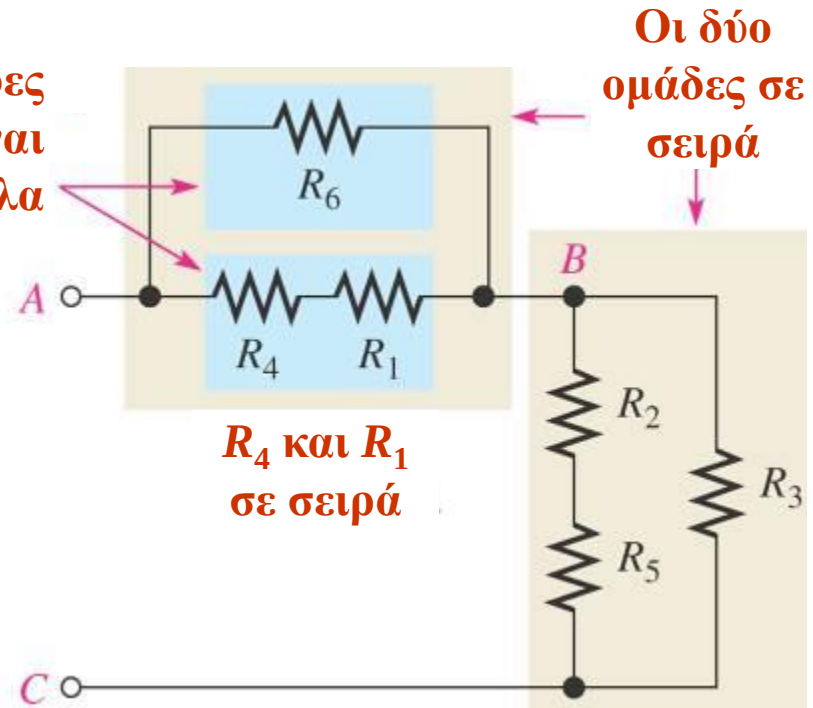
$$R_T = R_4 + R_1 + \frac{(R_2 + R_5) \cdot R_3}{(R_2 + R_5) + R_3}$$

ΕΙΚΟΝΑ 6-4 Η R_6 προστίθεται στο κύκλωμα παράλληλα προς τον σε σειρά συνδυασμό των R_1 και R_4 .



(α)

Οι δύο ομάδες
είναι
παράλληλα



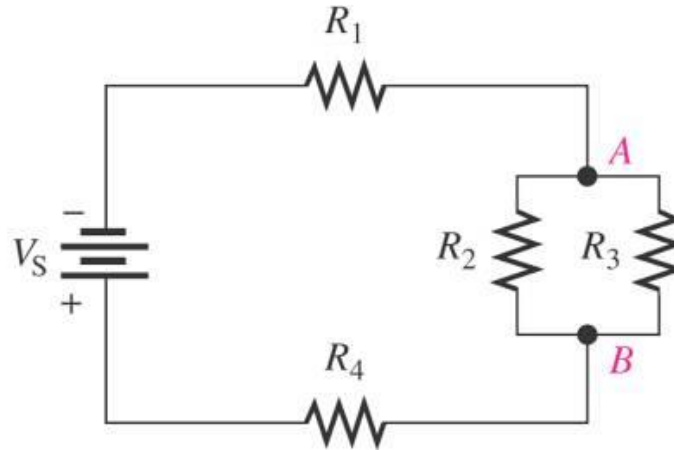
(β)

$$R_T = (R_4 + R_1) // R_6 + (R_2 + R_5) // R_3$$

ή

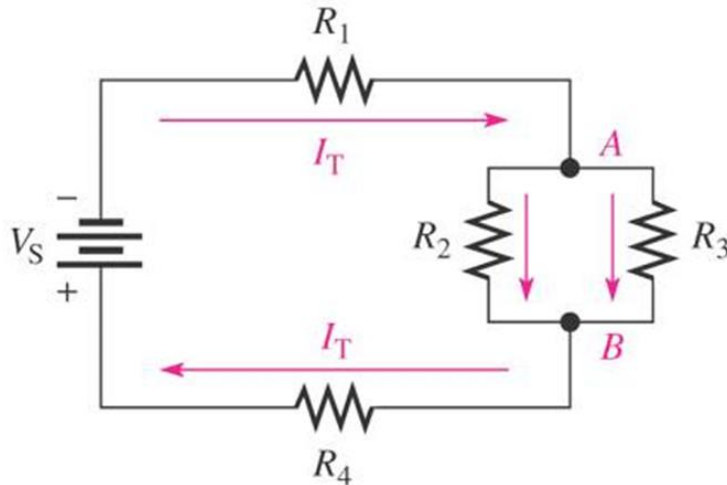
$$R_T = \frac{(R_4 + R_1) \cdot R_6}{(R_4 + R_1) + R_6} + \frac{(R_2 + R_5) \cdot R_3}{(R_2 + R_5) + R_3}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-1 Προσδιορίστε τις σε σειρά και παράλληλες σχέσεις στην παρακάτω εικόνα.



Λύση

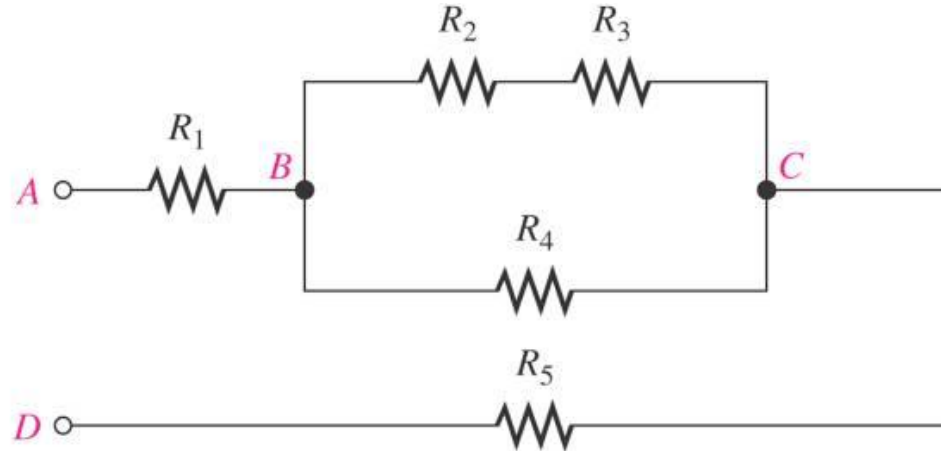
Τα ρεύματα στους κάδους είναι



επομένως

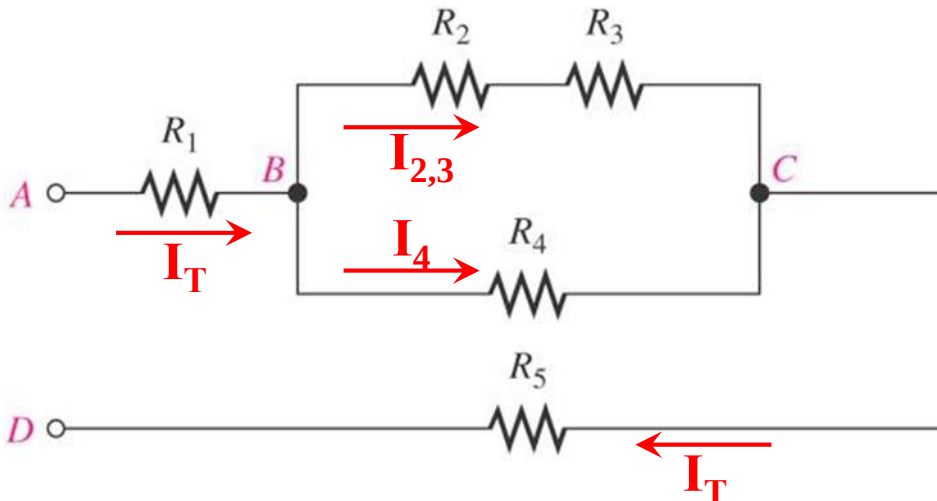
$$\mathbf{R_T = R_1 + (R_2 // R_3) + R_4}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-2 Περιγράψτε τον σειριακό-παράλληλο συνδυασμό μεταξύ των ακροδεκτών A και D στην παρακάτω εικόνα.



Λύση

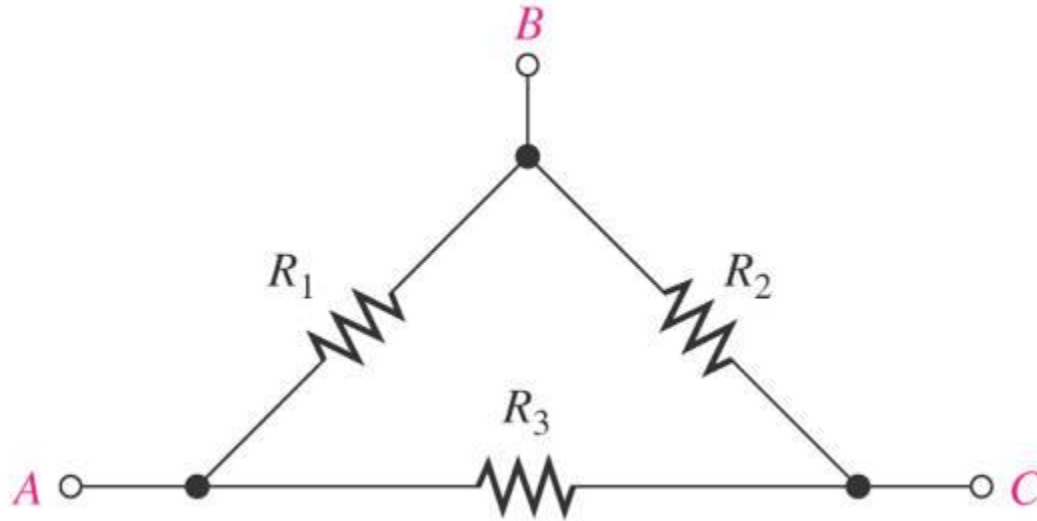
Τα ρεύματα στους κλάδους είναι



επομένως

$$\mathbf{R_{AD} = R_1 + [R_4 // (R_2 + R_3)] + R_5}$$

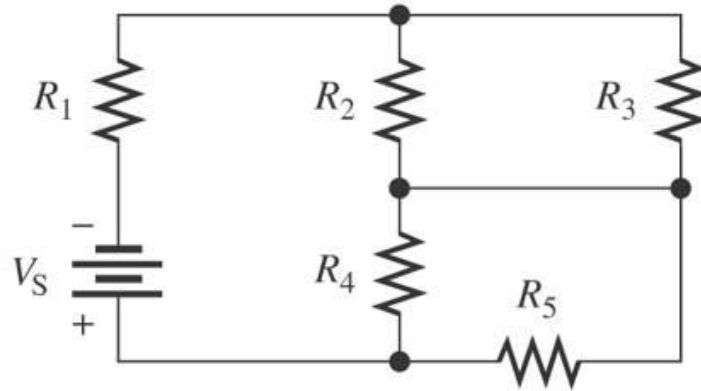
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-3 Περιγράψτε την ολική αντίσταση μεταξύ κάθε ζεύγους ακροδεκτών (AB, AC και BC) της παρακάτω εικόνας.



Λύση

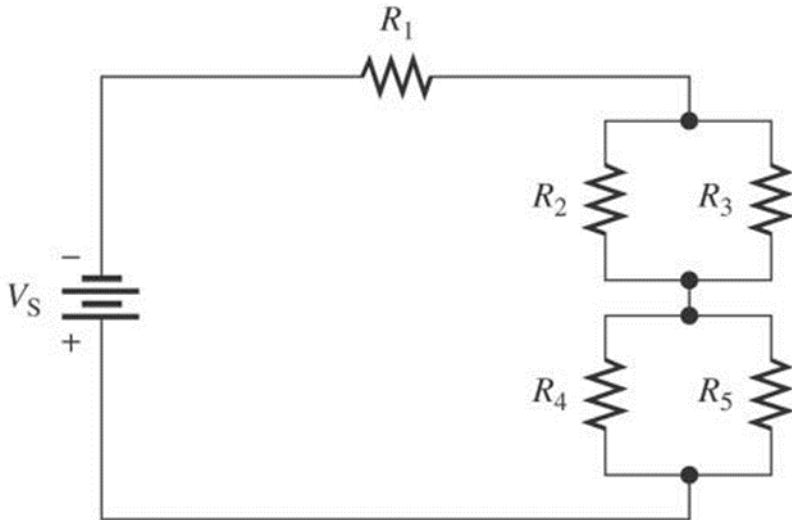
1. Μεταξύ των ακροδεκτών A και B: $R_{AB} = R_1 // (R_2 + R_3)$
2. Μεταξύ των ακροδεκτών A και C: $R_{AC} = R_3 // (R_1 + R_2)$
3. Μεταξύ των ακροδεκτών B και C: $R_{BC} = R_2 // (R_1 + R_3)$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-4 Συχνά, οι σχέσεις των αντιστάσεων φαίνονται ευκολώτερα αν ξανασχεδιάσουμε το κύκλωμα. Προσδιορίστε τις σειριακές-παράλληλες σχέσεις των αντιστατών στο παρακάτω κύκλωμα



Λύση

Το κύκλωμα μπορεί να σχεδιαστεί και



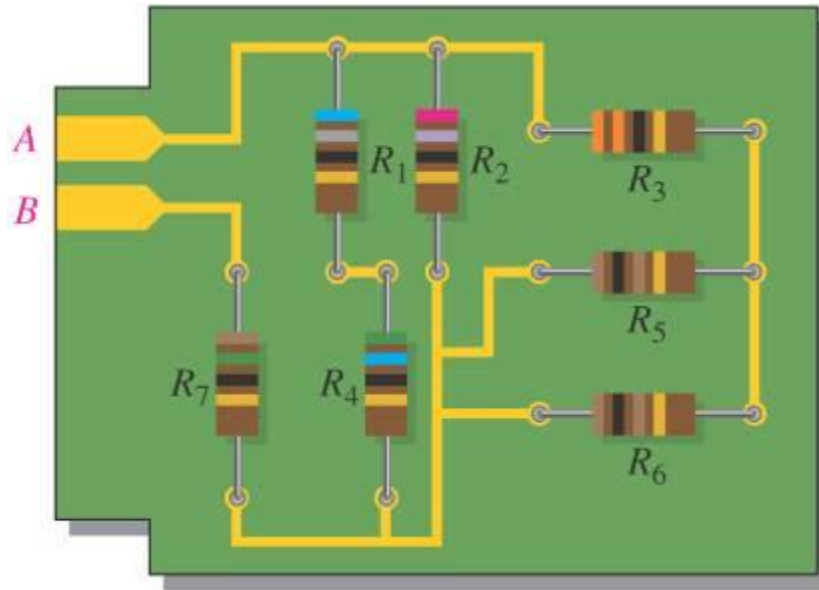
επομένως

$$\mathbf{R_1 + (R_2 // R_3) + (R_4 // R_5)}$$

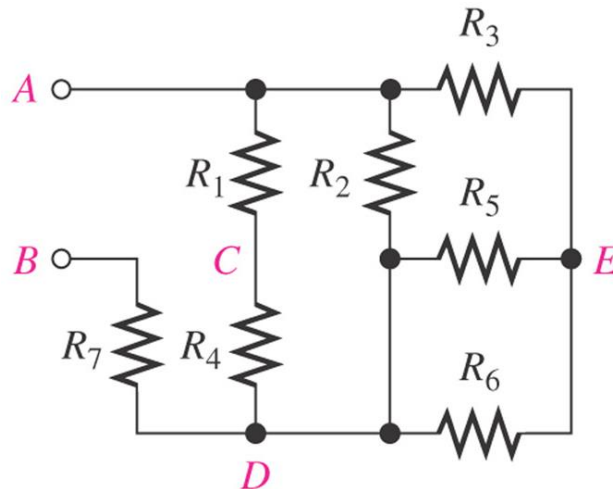
Προσδιορισμός Σχέσεων Πάνω σε μια Πλακέτα Τυπωμένου Κυκλώματος

- Συνήθως, η φυσική διάταξη των στοιχείων πάνω σε μια πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (Printed Circuit Board, PCB) δεν έχει φέρει καμία ομοιότητα με τις πραγματικές ηλεκτρικές σχέσεις.
- Σχεδιάζοντας το κύκλωμα της PC πλακέτα πάνω στο χαρτί και αναδιατάσσοντας τα στοιχεία σε πιο αναγνωρίσιμη μορφή, μπορούμε να προσδιορίσουμε τις σε σειρά και παράλληλες σχέσεις.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-5 Προσδιορίστε τις σχέσεις μεταξύ των αντιστατών στην PC πλακέτα της παρακάτω εικόνας.

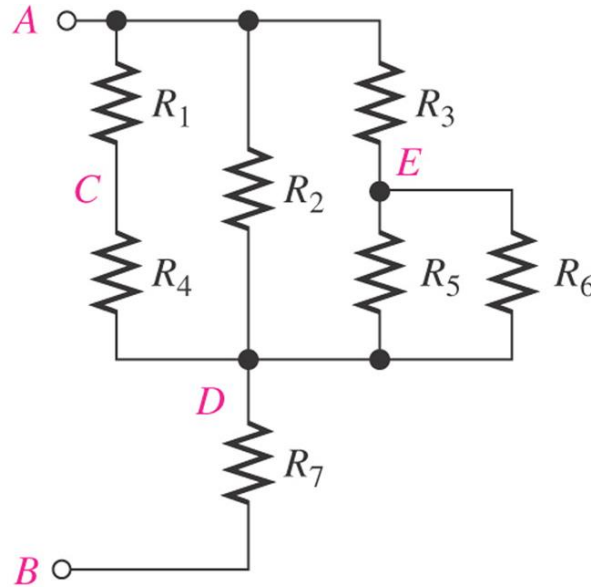


Λύση Σχεδιάζουμε στο χαρτί το κύκλωμα όπως είναι διατεταγμένο στην πλακέτα.



Λύση (συνέχεια)

Ξανασχεδιάζουμε τους αντιστάτες, έτσι ώστε η σχέση μεταξύ τους να γίνει πιο καθαρή.

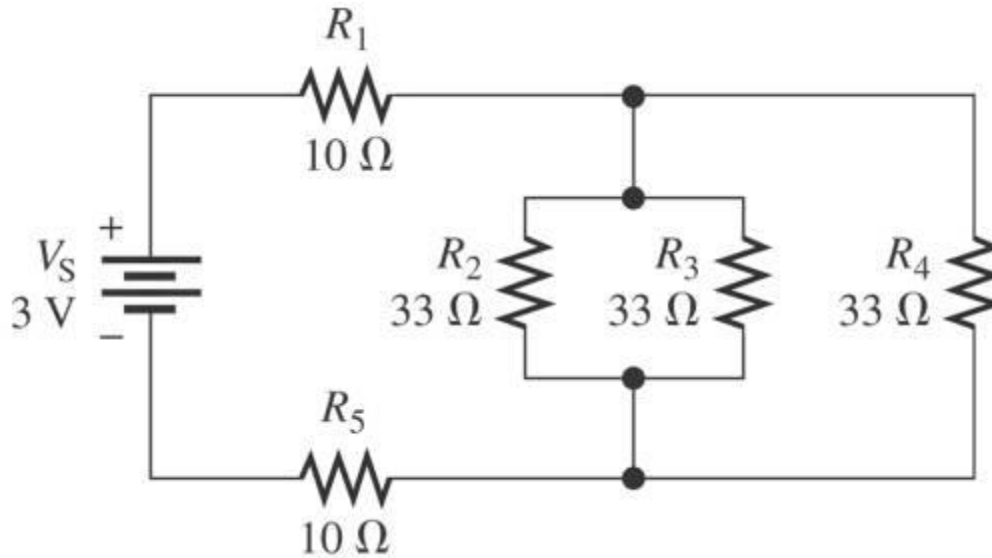


Έχουμε:

$$R_{AB} = ((R_5 // R_6 + R_3) // R_2 // (R_1 + R_4)) + R_7$$

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Αναγνώριση Σειριακών-Παράλληλων Σχέσεων

1. Προσδιορίστε τις σειριακές και παράλληλες σχέσεις της παρακάτω εικόνας, όπως φαίνονται από τους ακροδέκτες της πηγής.



Απ.: $R_1 + (R_2 // R_3 // R_4) + R_5$

2. Φανταστείτε και σχεδιάστε του παρακάτω σειριακούς – παράλληλους συνδυασμούς:
- (α) Η R_1 σε σειρά με τον παράλληλο συνδυασμό των R_2 και R_3 .
 - (β) Η R_1 παράλληλα με τον σε σειρά συνδυασμό των R_2 και R_3 .
 - (γ) Η R_1 παράλληλα με έναν κλάδο που περιλαμβάνει την R_2 σε σειρά με έναν παράλληλο τεσσάρων αντιστατών.

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Αναγνώριση Σειριακών-Παράλληλων Σχέσεων

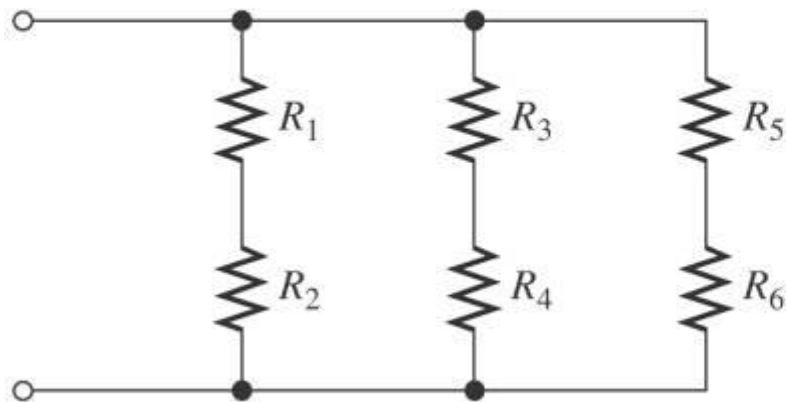
3. Φανταστείτε και σχεδιάστε τα παρακάτω σειριακά – παράλληλα κυκλώματα:

(α) Ένας παράλληλος συνδυασμός τριών κλάδων, που καθένας περιλαμβάνει δύο αντιστάτες σε σειρά.

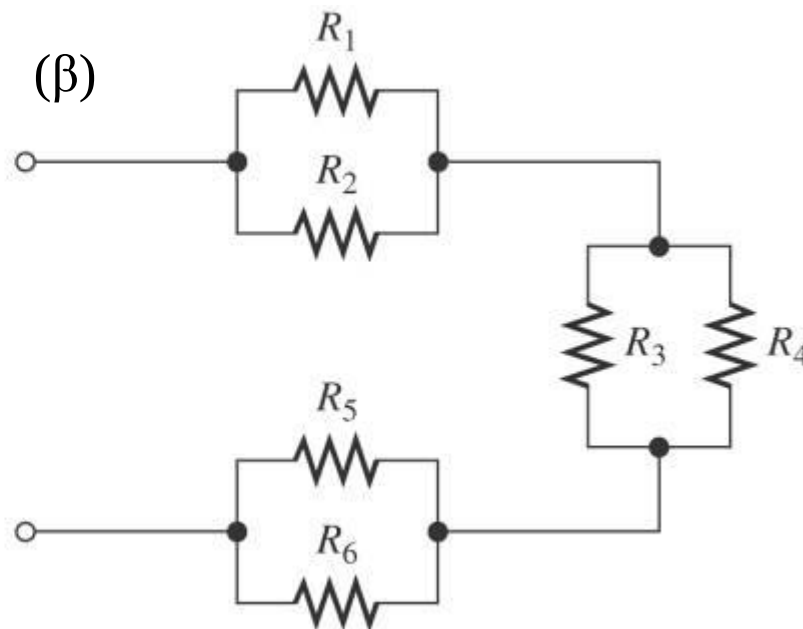
(β) Ένας σε σειρά συνδυασμός τριών παράλληλων κλάδων, που καθένας περιέχει δύο παράλληλους αντιστάτες.

Απ.:

(α)

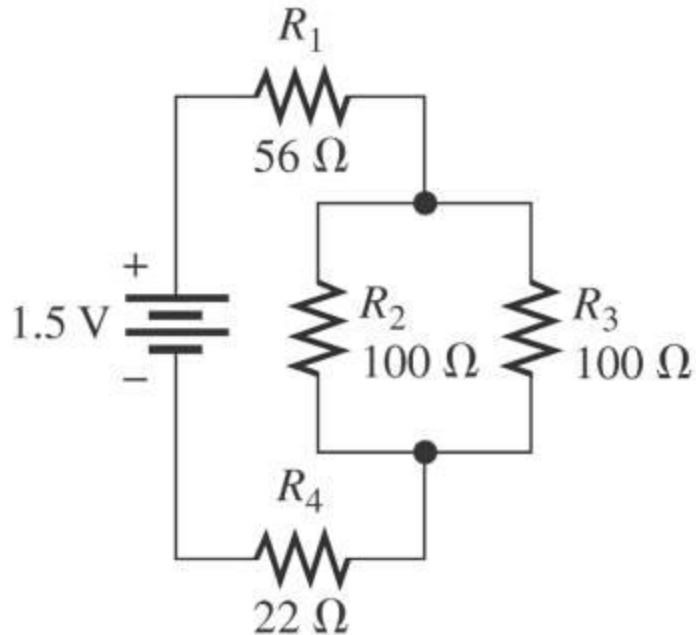


(β)

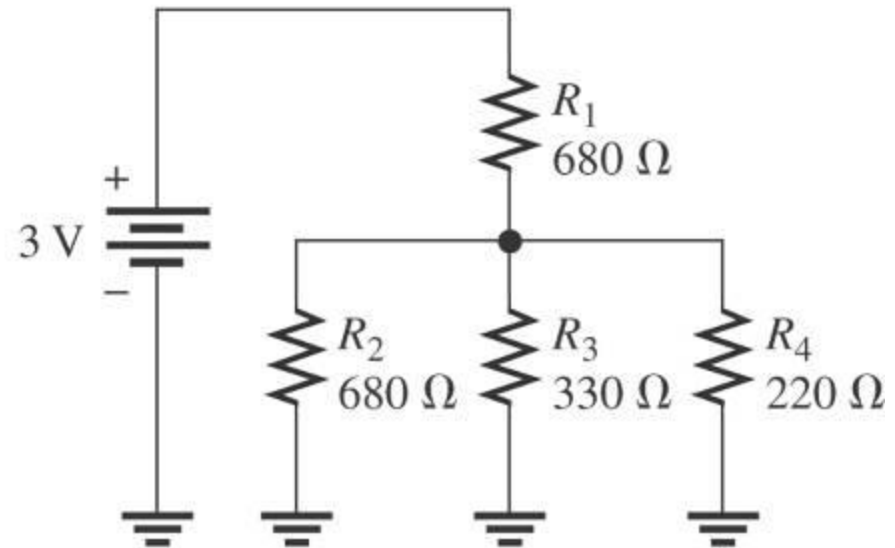


ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Αναγνώριση Σειριακών-Παράλληλων Σχέσεων

4. Σε καθένα κύκλωμα της παρακάτω εικόνας, προσδιορίστε τις σε σειρά και παράλληλες σχέσεις των αντιστατών, όπως φαίνονται από την πηγή.



(α)



(β)

Απ.: (α) $R_1 + (R_2 // R_3) + R_4$

(β) $R_1 + (R_2 // R_3 // R_4)$

Ανάλυση Σειριακών-Παράλληλων Κυκλωμάτων

Η ανάλυση ενός μικτού κυκλώματος περιλαμβάνει τον προσδιορισμό :

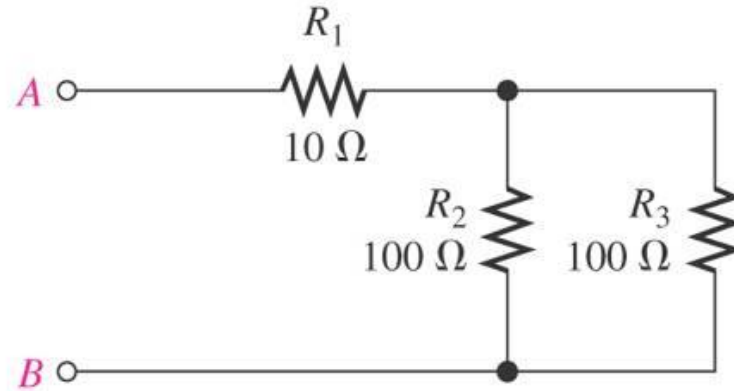
- της ολικής αντίστασης
- των ρευμάτων των κλάδων
- των πτώσεων τάσης στις αντιστάσεις

Η Ολική Αντίσταση

Για να προσδιορίσουμε την ολική αντίσταση (R_T) ενός μικτού κυκλώματος,

- βρίσκουμε πρώτα τις παράλληλες αντιστάσεις και υπολογίζουμε την ισοδύναμη αντίσταση τους,
- στη συνέχεια, προσθέτουμε τις αντιστάσεις σε σειρά

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-6 Προσδιορίστε την R_{AB} μεταξύ των ακροδεκτών A και B του κυκλώματος της παρακάτω εικόνας.



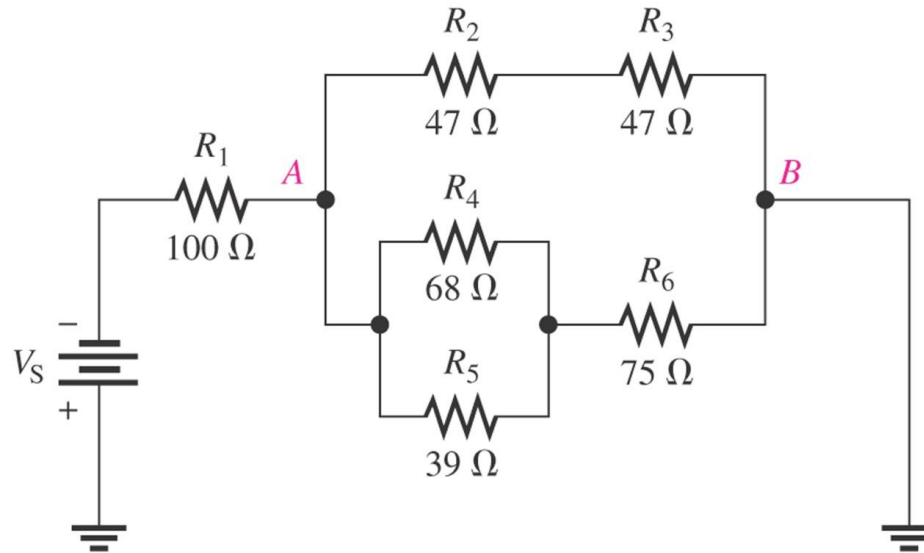
Λύση

$$R_{AB} = R_1 + R_2 // R_3$$

$$R_2 // R_3 = \frac{R}{2} = \frac{100\ \Omega}{2} = 50\ \Omega$$

$$\text{Επομένως } R_{AB} = R_1 + R_2 // R_3 = 10\ \Omega + 50\ \Omega = \mathbf{60\ \Omega}$$

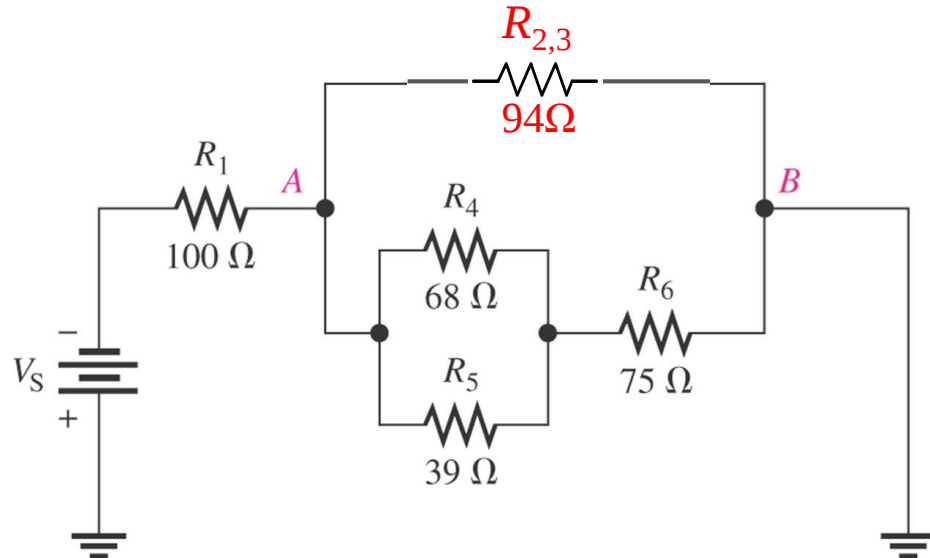
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-7 Βρείτε την ολική αντίσταση του κυκλώματος συνδυάζοντας βήμα-βήμα τις αντιστάσεις μεταξύ τους.



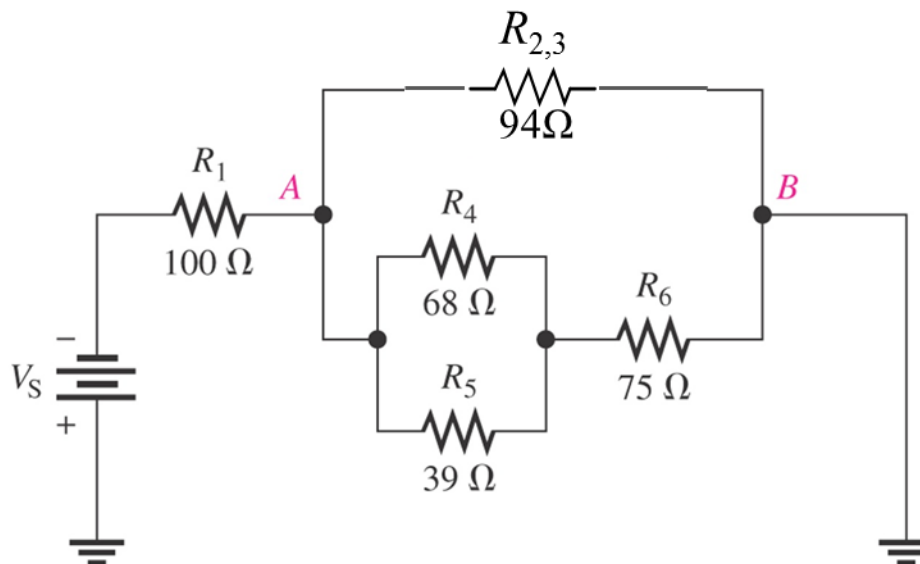
Λύση

- Η R_2 είναι σε σειρά με την R_3 . Μπορούμε να τις αντικαταστήσουμε με την ισοδύναμη

$$\begin{aligned} R_{2,3} &= R_2 + R_3 \\ &= 47 \, \Omega + 47 \, \Omega \\ &= 94 \, \Omega \end{aligned}$$

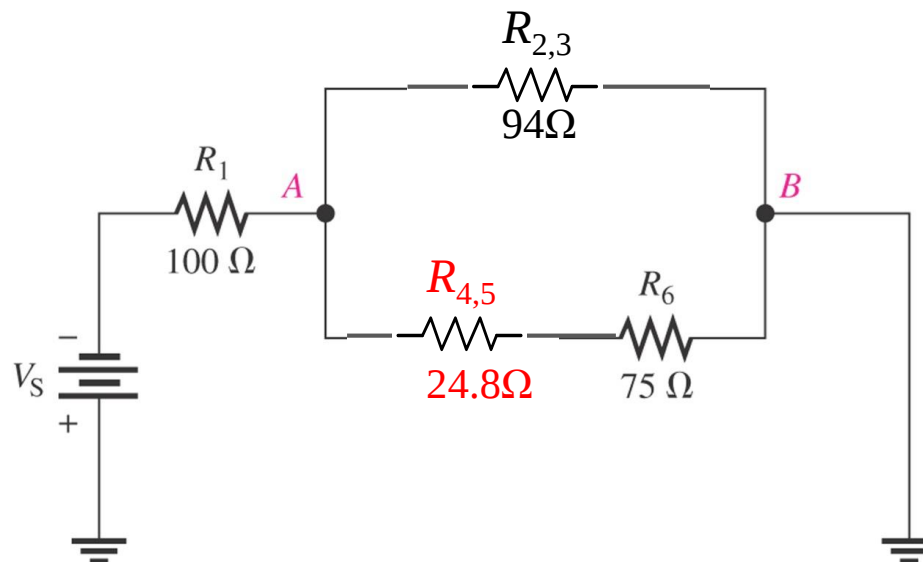


Λύση (συνέχεια)

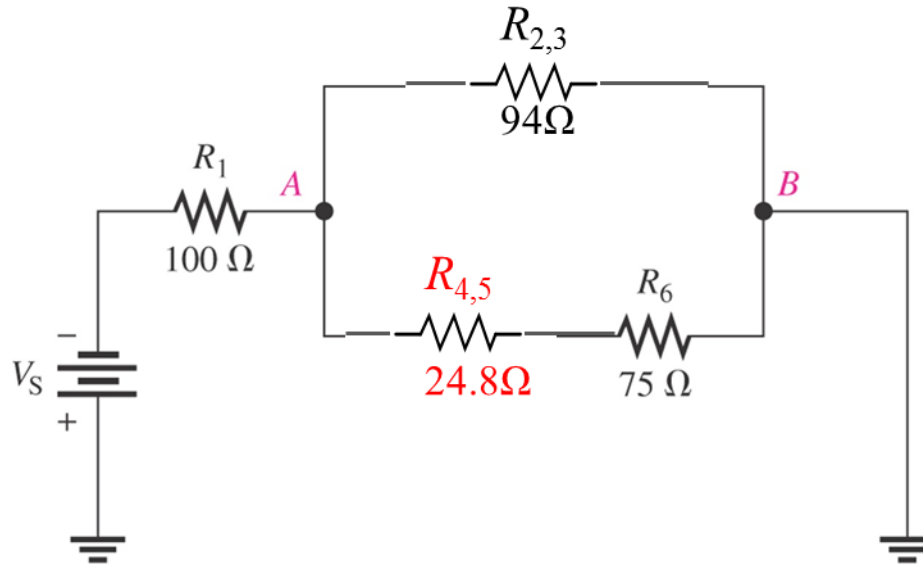


- Οι R_4 και R_5 είναι παράλληλες. Μπορούμε να τις αντικαταστήσουμε με την ισοδύναμή τους $R_{4||5}$

$$\begin{aligned} R_{4,5} &= \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} \\ &= \frac{68\Omega \cdot 39\Omega}{68\Omega + 39\Omega} \\ &= 24.8\Omega \end{aligned}$$

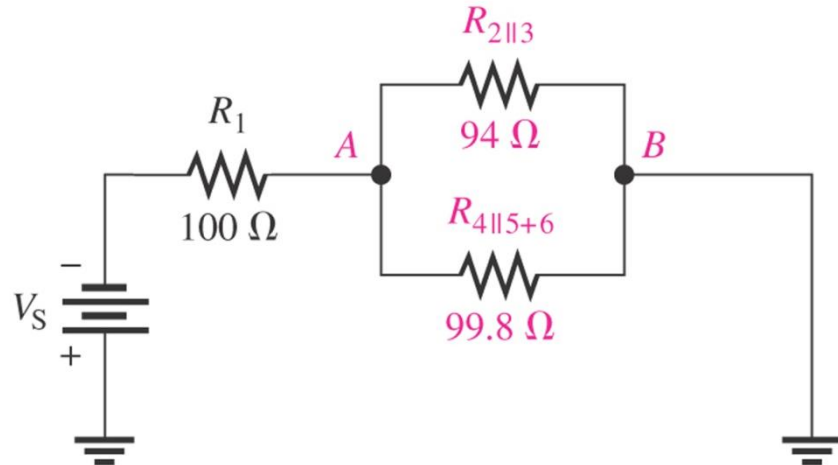


Λύση (συνέχεια)

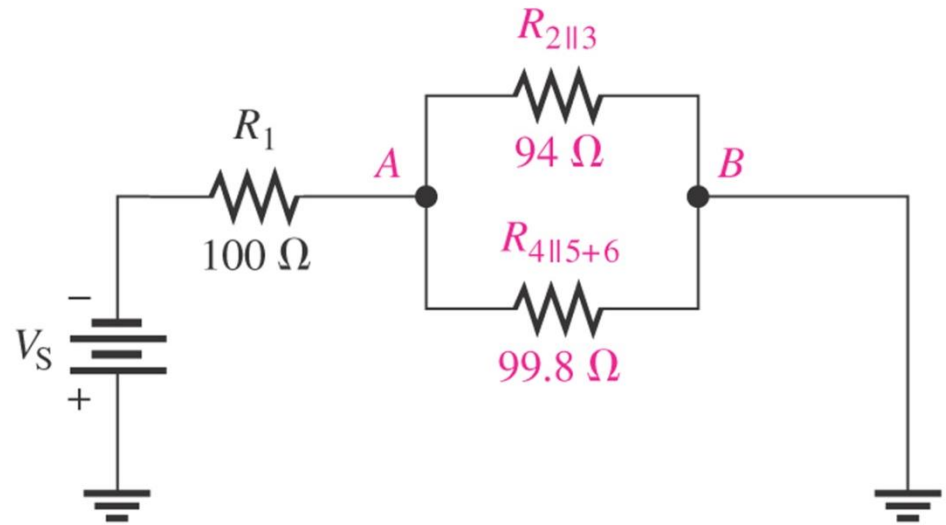


- Οι $R_{4,5}$ και R_6 είναι σε σειρά. Αντικαθίστανται με την $R_{4||5+6}$

$$\begin{aligned} R_{4||5+6} &= R_{4||5} + R_6 \\ &= 24.8\Omega + 75\Omega \\ &= 99.8\Omega \end{aligned}$$



Λύση (συνέχεια)



- Μεταξύ A και B, η $R_{2||3}$ παράλληλα με την $R_{4||5+6}$. Η ισοδύναμη αντίσταση είναι:

$$R_{AB} = \frac{94\Omega \cdot 99.4\Omega}{94\Omega + 99.4\Omega} = 48.4\ \Omega$$

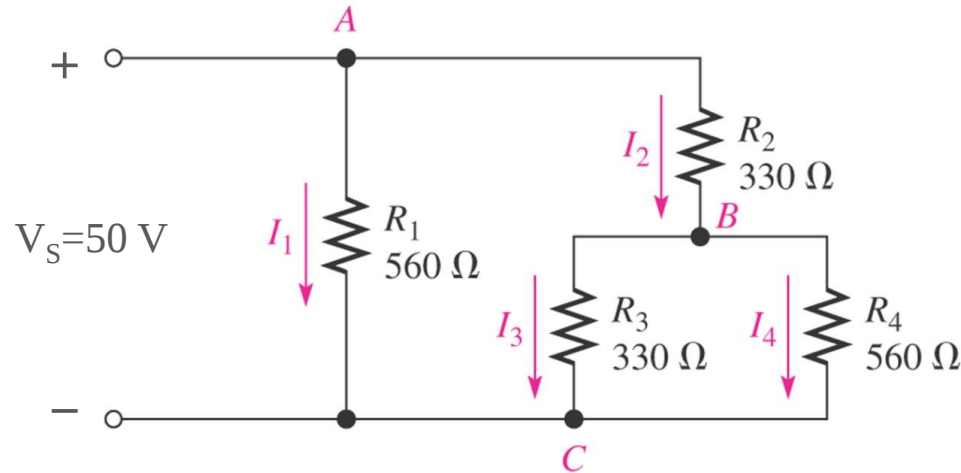
- Τελικά, η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι η R_1 σε σειρά με την R_{AB} .

$$R_T = R_1 + R_{AB} = 100\ \Omega + 48.4\ \Omega = \mathbf{148.4\ \Omega}$$

Τα Ρεύματα των Κλάδων

- Χρησιμοποιώντας τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος, το νόμο των ρευμάτων του Kirchhoff, το νόμο του Ohm ή συνδυασμό αυτών, μπορούμε να βρούμε το ρεύμα σε οποιονδήποτε κλάδο ενός εν σειρά – παράλληλου κυκλώματος

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-8 Βρείτε το ρεύμα I_4 στην παρακάτω εικόνα, αν $V_S = 50\text{ V}$.



Λύση

Το ρεύμα I_4 μπορούμε να το υπολογίσουμε από το ρεύμα I_2 χρησιμοποιώντας το τύπο του διαιρέτη ρεύματος

$$I_4 = \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) I_2$$

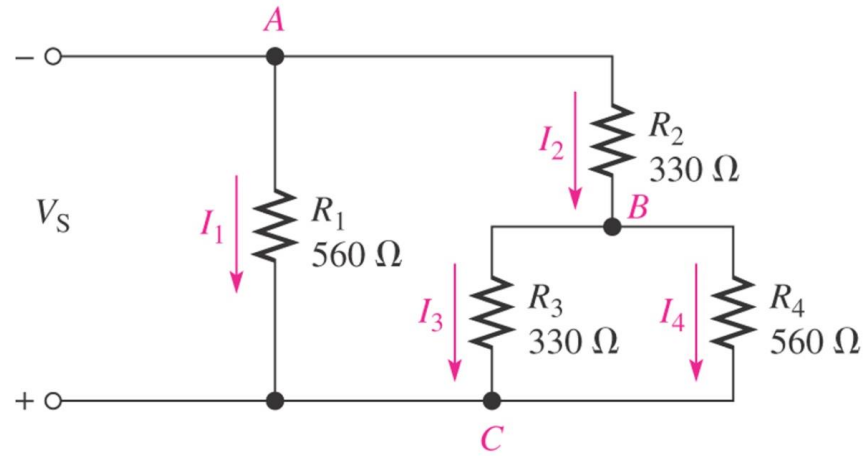
Το ρεύμα I_2 μπορούμε να υπολογίσουμε αν βρούμε την αντίσταση του κλάδου από το A στο C, εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm

$$R_{AC} = R_2 + R_3 \parallel R_4 = R_2 + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4} = 330\Omega + \frac{(330\Omega)(560\Omega)}{890\Omega} = 538\Omega$$

και

$$I_2 = \frac{V_S}{R_{AC}} = \frac{50\text{ V}}{538\Omega} = 0.093\text{ A ή } 93\text{ mA}$$

Λύση (συνέχεια)



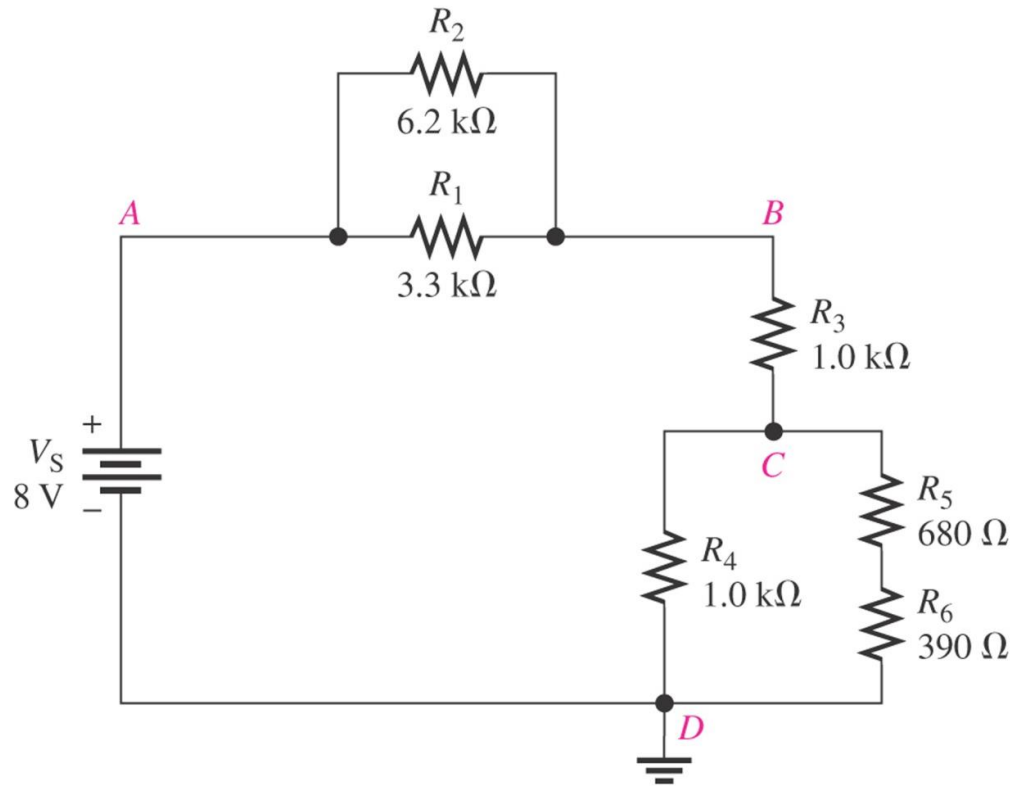
Το I_4 υπολογίζεται από τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος

$$I_4 = \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} \right) \cdot I_2 = \left(\frac{330\ \Omega}{890\ \Omega} \right) \cdot 93\ \text{mA} = \mathbf{34.5\ \text{mA}}$$

Οι πτώσεις τάσης στις αντιστάσεις

- Χρησιμοποιώντας, επίσης, τον τύπο του διαιρέτη τάσης, το νόμο των ρευμάτων του Kirchhoff, το νόμο του Ohm ή συνδυασμό αυτών, μπορούμε να βρούμε το ρεύμα σε οποιονδήποτε κλάδο ενός εν σειρά – παράλληλου κυκλώματος

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-9 Προσδιορίστε την πτώση τάσης σε κάθε αντιστάτη της παρακάτω εικόνας.

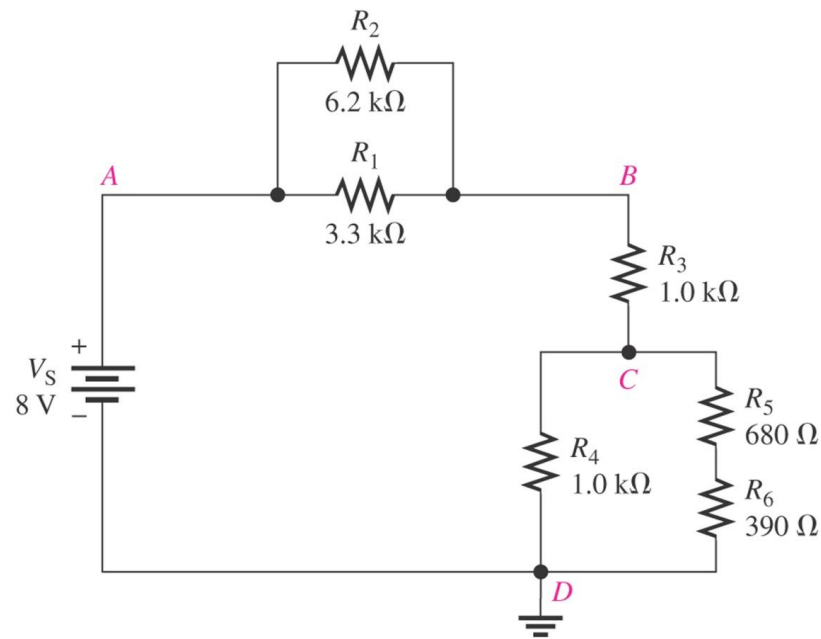


Λύση

Εφ' όσον γνωρίζουμε την ολική τάση, μπορούμε να λύσουμε το πρόβλημα χρησιμοποιώντας τον τύπο του διαιρέτη τάσης.

Πρώτα, υπολογίζουμε όλες τις ισοδύναμες αντιστάσεις μεταξύ AB, BC και CD.

Λύση (συνέχεια)



$$R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(3.3 \text{ k}\Omega)(6.2 \text{ k}\Omega)}{9.5 \text{ k}\Omega} = 2.15 \text{ k}\Omega$$

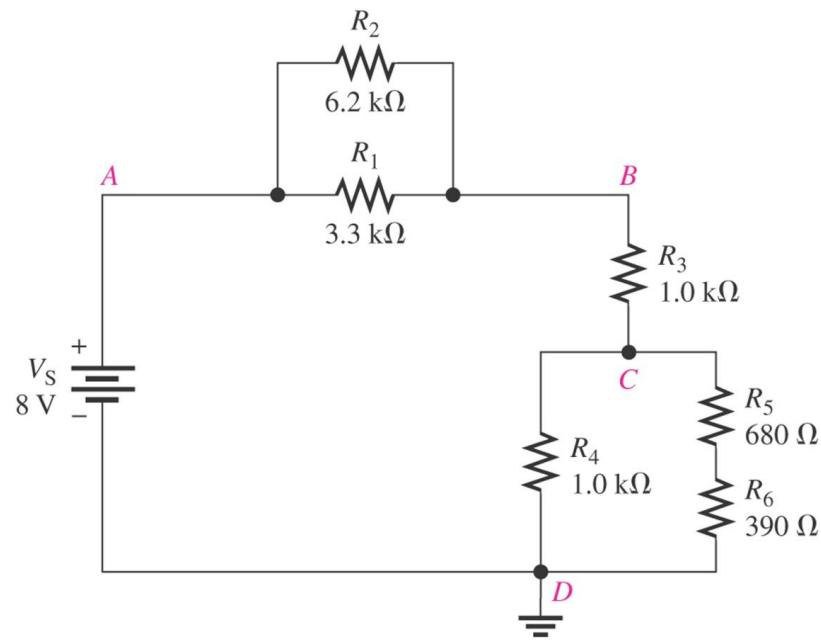
$$R_{BC} = R_3 = 1.0 \text{ k}\Omega$$

$$R_{CD} = \frac{R_4 \cdot (R_5 + R_6)}{R_4 + R_5 + R_6} = \frac{(1.0 \text{ k}\Omega)(1.07 \text{ k}\Omega)}{2.07 \text{ k}\Omega} = 517 \Omega$$

Η ολική αντίσταση είναι

$$R_T = R_{AB} + R_3 + R_{CD} = 2.15 \text{ k}\Omega + 1.0 \text{ k}\Omega + 517 \Omega = 367 \text{ k}\Omega$$

Λύση (συνέχεια)



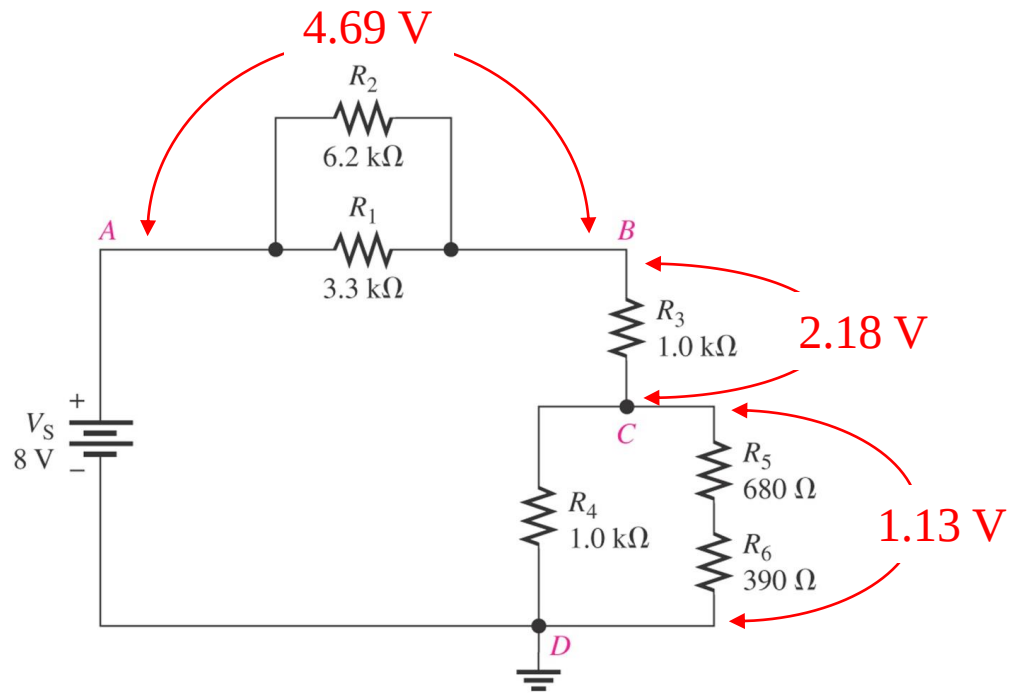
Εφαρμόζουμε τον τύπο του διαιρέτη τάσης για να υπολογίσουμε τις τάσεις μεταξύ AB, BC και CD.

$$V_{AB} = \left(\frac{R_{AB}}{R_T} \right) \cdot V_S = \left(\frac{2.15 \text{ k}\Omega}{3.67 \text{ k}\Omega} \right) \cdot 8 \text{ V} = 4.69 \text{ V}$$

$$V_{BC} = \left(\frac{R_3}{R_T} \right) \cdot V_S = \left(\frac{1.0 \text{ k}\Omega}{3.67 \text{ k}\Omega} \right) \cdot 8 \text{ V} = 2.18 \text{ V}$$

$$V_{CD} = \left(\frac{R_{CD}}{R_T} \right) \cdot V_S = \left(\frac{517 \Omega}{3.67 \text{ k}\Omega} \right) \cdot 8 \text{ V} = 1.13 \text{ V}$$

Λύση (συνέχεια)



Επομένως $V_{R1} = V_{R2} = V_{AB} = \mathbf{4.69\text{ V}}$

$$V_{R3} = V_{BC} = \mathbf{2.18\text{ V}}$$

$$V_{R4} = V_{CD} = \mathbf{1.13\text{ V}}$$

Τέλος, εφαρμόζοντας τον τύπο του διαιρέτη τάσης στις R_5 και R_6 , παίρνουμε:

$$V_{R5} = \left(\frac{R_5}{R_5 + R_6} \right) \cdot V_{CD} = \left(\frac{680\ \Omega}{1070\ \Omega} \right) \cdot 1.13\text{ V} = \mathbf{718\text{ mV}}$$

$$V_{R6} = \left(\frac{R_6}{R_5 + R_6} \right) \cdot V_{CD} = \left(\frac{390\ \Omega}{1070\ \Omega} \right) \cdot 1.13\text{ V} = \mathbf{412\text{ mV}}$$

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Ανάλυση Σειριακών – Παράλληλων Κυκλωμάτων

5. Ένα κύκλωμα αποτελείται από δύο παράλληλους αντιστάτες. Η ολική αντίσταση είναι $667\ \Omega$. Ο ένας από τους αντιστάτες είναι $1.0\ \text{k}\Omega$. Πόσος είναι ο άλλος αντιστάτης;

Απ.: $2003\ \Omega$

6. Υπολογίστε την ολική αντίσταση για κάθε ένα κύκλωμα του προβλήματος 4.

Απ.: (α) $128\ \Omega$

(β) $790.5\ \Omega$

7. Προσδιορίστε το ρεύμα μέσα από κάθε αντιστάτη σε αμφότερα τα κυκλώματα του προβλήματος 4. Έπειτα, υπολογίστε κάθε πτώση τάσης.

Απ.: (α) $I_1 = I_4 = 11.7\ \text{mA}$, $I_2 = I_3 = 5.85\ \text{mA}$ και $V_1 = 655\ \text{mV}$, $V_2 = V_3 = 585\ \text{mV}$, $V_4 = 257\ \text{mV}$

(β) $I_1 = 3.8\ \text{mA}$, $I_2 = 618\ \text{mA}$, $I_3 = 1.27\ \text{mA}$, $I_4 = 1.91\ \text{mA}$ και $V_1 = 2.58\ \text{V}$, $V_2 = V_3 = V_4 = 420\ \text{mV}$

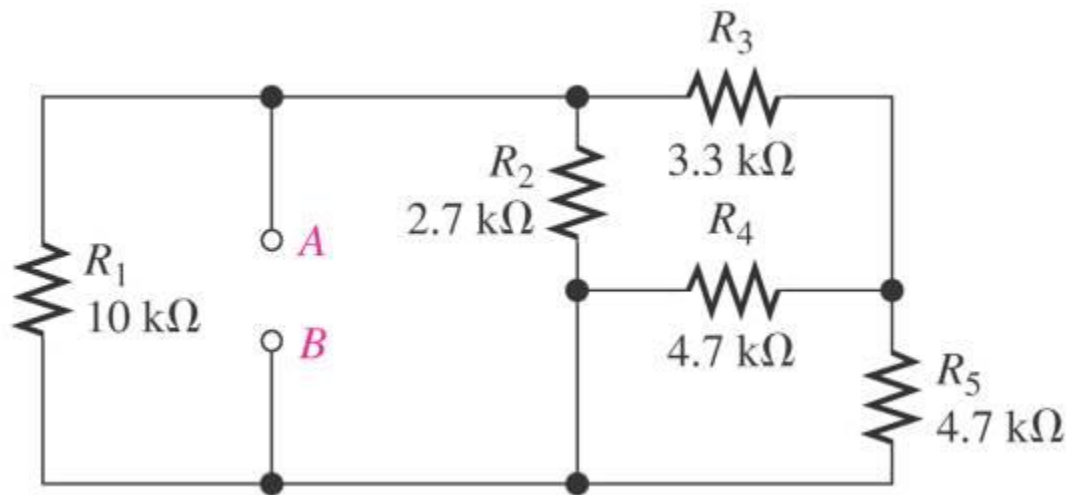
8. Στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας, βρείτε τα ακόλουθα:

(α) την ολική αντίσταση μεταξύ των ακροδεκτών A και B

(β) το ολικό ρεύμα που θα τραβάει το κύκλωμα από μια πηγή 6 V συνδεδεμένη από το A στο B

(γ) το ρεύμα μέσω της R_5

(δ) την τάση στα άκρα της R_2



Απ.: (α) $R_T = 1545 \Omega$

(β) $I_T = 3.9 \text{ mA}$

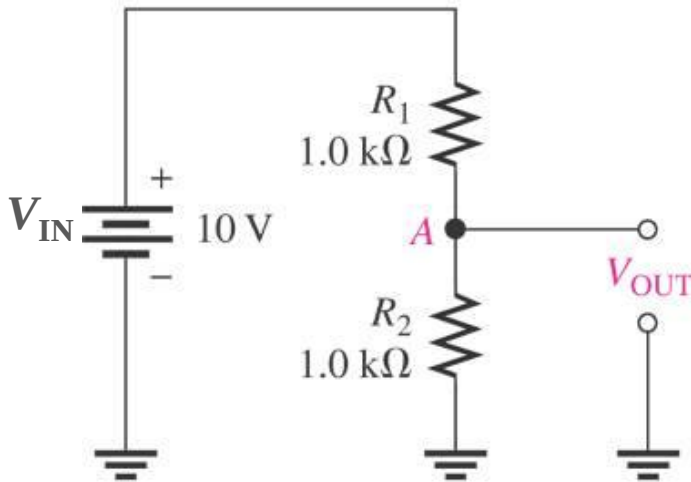
(γ) $I_5 = 0.53 \text{ mA}$

(δ) $V_2 = 6 \text{ V}$

Διαιρέτες Τάσης υπό Φορτίο

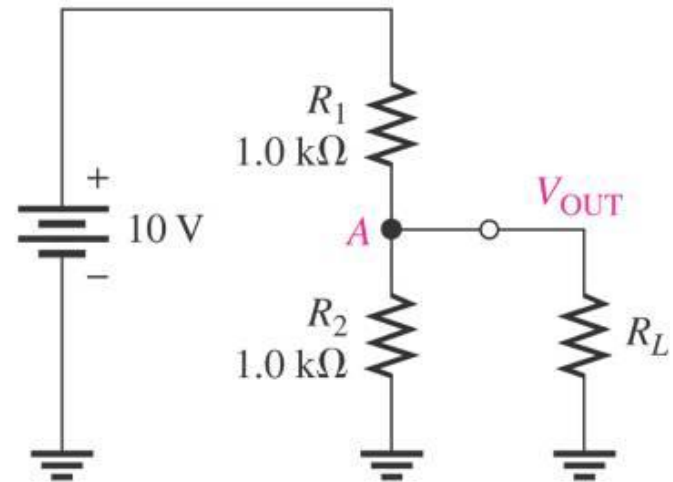
(Loaded Voltage Dividers)

- Όταν ένα φορτίο R_L συνδέεται στην έξοδο του διαιρέτη τάσης, η τάση εξόδου, V_{OUT} , μειώνεται ανάλογα με την τιμή του R_L .



Διαιρέτης τάσης χωρίς φορτίο (unloaded)

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{IN} \\ &= \frac{1.0\text{k}\Omega}{1.0\text{k}\Omega + 1.0\text{k}\Omega} 10\text{V} = 5.0\text{V} \end{aligned}$$

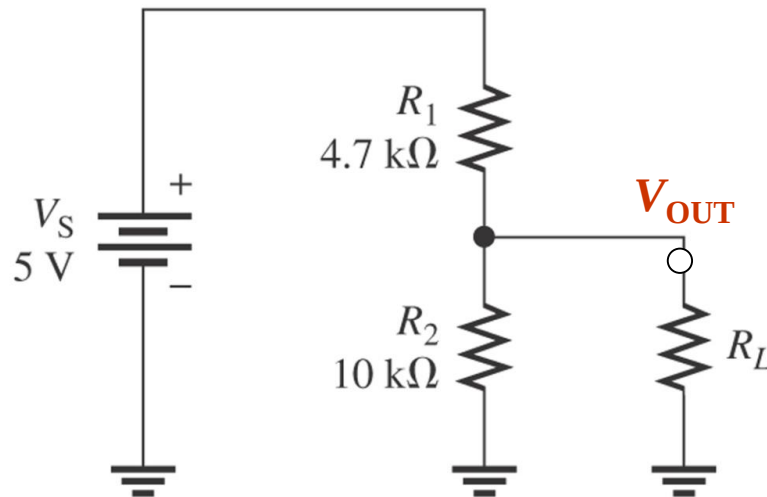


Διαιρέτης τάσης με φορτίο (loaded)

$$V_{OUT} = \frac{R_2 \parallel R_L}{R_1 + R_2 \parallel R_L} V_{IN}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-10

- (α) Προσδιορίστε την τάση εξόδου του διαιρέτη τάσης της παρακάτω εικόνας χωρίς φορτίο ($R_L = 0$).
- (β) Βρείτε την τάση εξόδου για τις ακόλουθες δύο τιμές αντιστάσεων φορτίου: $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ και $R_L = 100 \text{ k}\Omega$



Λύση

(α) Τάση εξόδου χωρίς φορτίο

$$V_{OUT(\text{χωρίς φορτίο})} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_S = \left(\frac{10 \text{ k}\Omega}{14.7 \text{ k}\Omega} \right) 5 \text{ V} = \mathbf{3.40 \text{ V}}$$

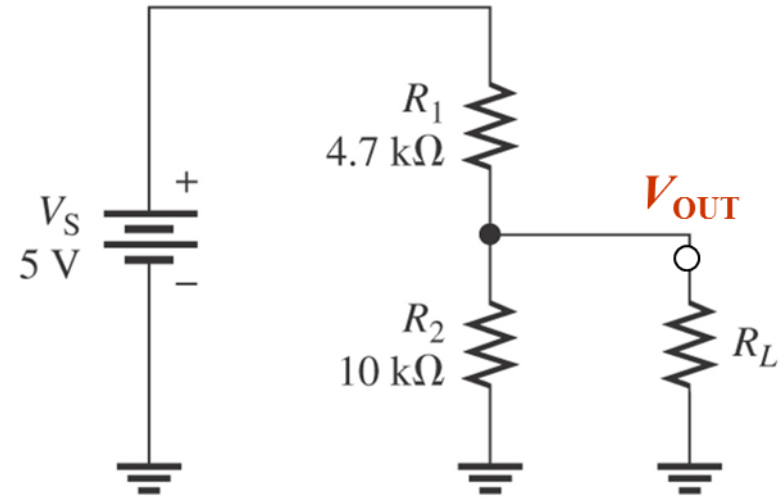
Λύση (συνέχεια)

(β)

- Με το φορτίο των **10 kΩ** συνδεδεμένο

$$R_2 \parallel R_L = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L} = \frac{(10 \text{ k}\Omega)(10 \text{ k}\Omega)}{20 \text{ k}\Omega} = 5.0 \text{ k}\Omega$$

$$V_{\text{OUT}} = \left(\frac{R_2 \parallel R_L}{R_1 + R_2 \parallel R_L} \right) V_S = \left(\frac{5 \text{ k}\Omega}{9.7 \text{ k}\Omega} \right) 5 \text{ V} = 2.58 \text{ V}$$



- Με το φορτίο των **100 kΩ** συνδεδεμένο

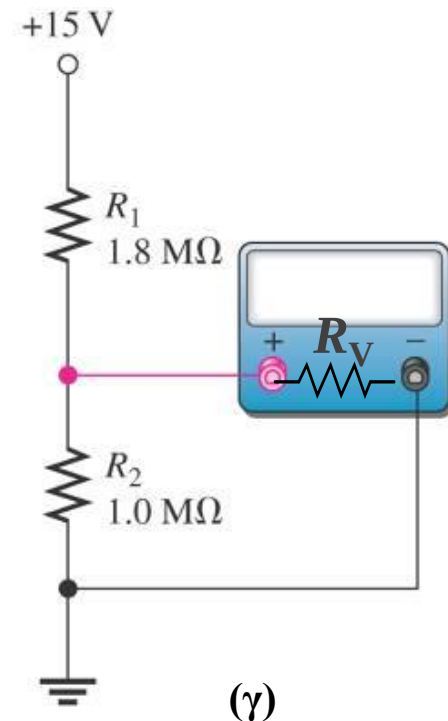
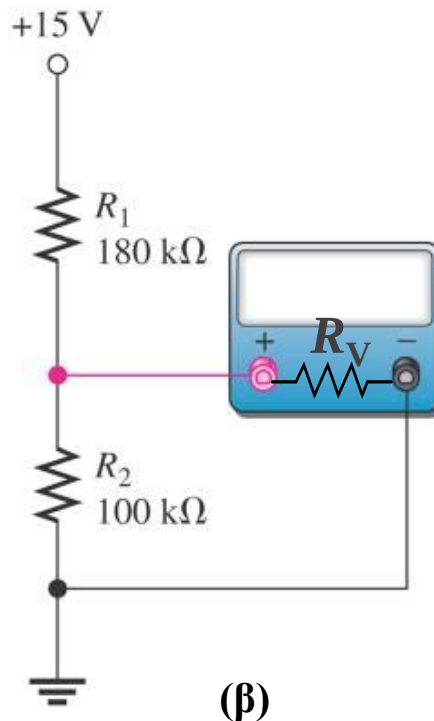
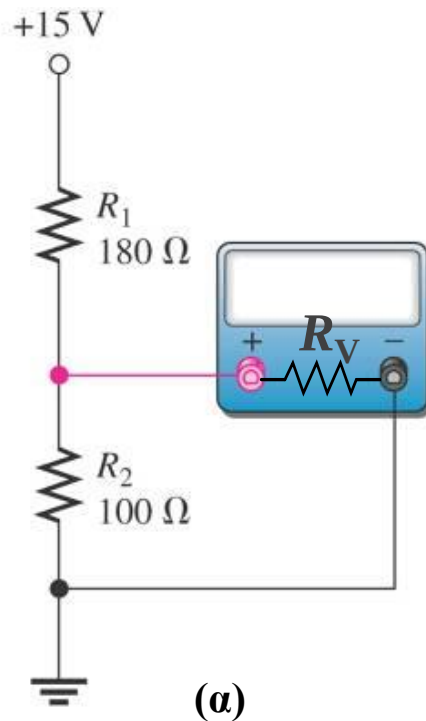
$$R_2 \parallel R_L = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L} = \frac{(10 \text{ k}\Omega)(100 \text{ k}\Omega)}{110 \text{ k}\Omega} = 9.1 \text{ k}\Omega$$

$$V_{\text{OUT}} = \left(\frac{R_2 \parallel R_L}{R_1 + R_2 \parallel R_L} \right) V_S = \left(\frac{9.1 \text{ k}\Omega}{13.8 \text{ k}\Omega} \right) 5 \text{ V} = 3.30 \text{ V}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-11

Στην εικόνα, το βολτόμετρο έχει αντίσταση εισόδου $10\text{ M}\Omega$ ($R_V = 10\text{ k}\Omega$).

Υπολογίστε την τάση που μετράει σε κάθε μια από τις παρακάτω περιπτώσεις κυκλώματος



Λύση

$$\text{(α) Για } R_2 = 100\ \Omega: R_2 \parallel R_V = \left(\frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} \right) = \frac{(100\ \Omega)(10\text{ M}\Omega)}{10.0001\text{ M}\Omega} = 99.999\ \Omega$$

$$V_2 = \left(\frac{R_2 \parallel R_V}{R_1 + R_2 \parallel R_V} \right) V = \left(\frac{99.999\ \Omega}{279.999\ \Omega} \right) 15\text{ V} = 5.357\text{ V}$$

Λύση (συνέχεια)

(β) Για $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$: $R_2 \parallel R_V = \left(\frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} \right) = \frac{(100 \text{ k}\Omega)(10 \text{ M}\Omega)}{10.1 \text{ M}\Omega} = 99.01 \text{ k}\Omega$

$$V_2 = \left(\frac{R_2 \parallel R_V}{R_1 + R_2 \parallel R_V} \right) V = \left(\frac{99.01 \text{ k}\Omega}{279.01 \text{ k}\Omega} \right) 15 \text{ V} = 5.323 \text{ V}$$

(γ) Για $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$: $R_2 \parallel R_V = \left(\frac{R_2 \cdot R_V}{R_2 + R_V} \right) = \frac{(1.0 \text{ M}\Omega)(10 \text{ M}\Omega)}{11 \text{ M}\Omega} = 909.09 \text{ k}\Omega$

$$V_2 = \left(\frac{R_2 \parallel R_V}{R_1 + R_2 \parallel R_V} \right) V = \left(\frac{909.09 \text{ k}\Omega}{2.709 \text{ M}\Omega} \right) 15 \text{ V} = 5.034 \text{ V}$$

Συνολικός πίνακας τιμών

R_2	V_2 (Volts)	Θεωρητική τιμή της V_2 (χωρίς το βολτόμετρο)	Διαφορά ($V_2 - V_{2,\text{unloaded}}$)
100 Ω	5.357	$V_{2,\text{unloaded}} = \frac{100}{100 + 180} 15\text{V} = 5.357 \text{ V}$	0
100 k Ω	5.323		0.034 V (34 mV)
1 M Ω	5.034		0.323 V (323 mV)

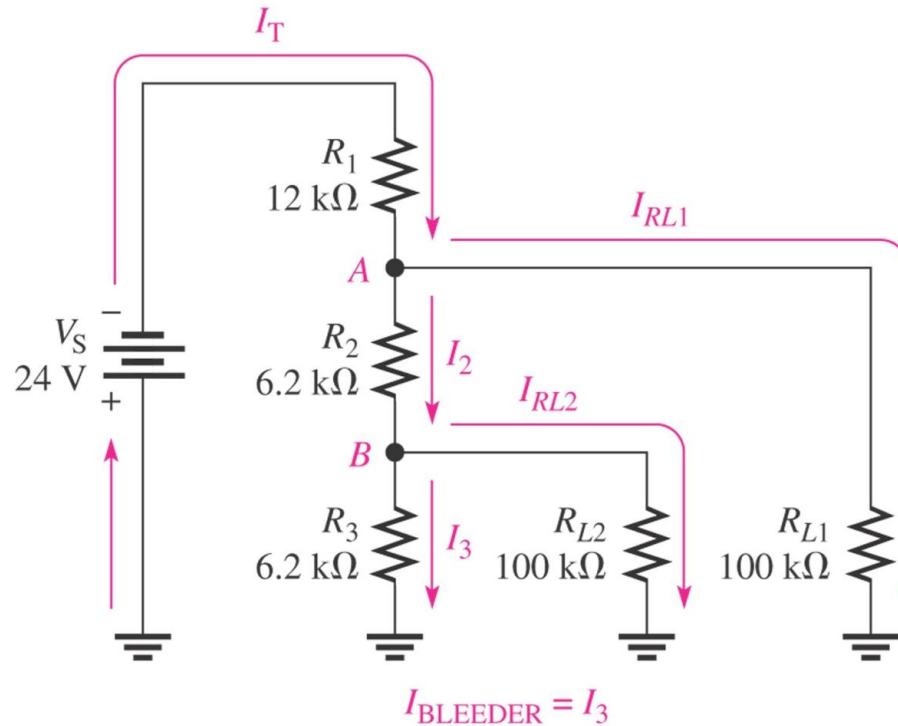
Συμπέρασμα: Το σφάλμα της μέτρησης του βολτομέτρου ($V_2 - V_{2,\text{unloaded}}$) είναι τόσο μεγαλύτερο όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της αντίστασης που μετράμε.

Το φαινόμενο φόρτισης στη μέτρηση με βολτόμετρο (Voltmeter loading effect)

- **Φαινόμενο φόρτισης** είναι το σφάλμα που προκαλεί η σύνδεση του βολτομέτρου κατά τη μέτρηση της τάσης στα άκρα μιας αντίστασης.
- Το φαινόμενο φόρτισης οφείλεται στην εσωτερική αντίσταση του βολτομέτρου.
- Το φαινόμενο φόρτισης (σφάλμα μέτρησης) είναι τόσο μεγαλύτερο όσο αυτό μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, στα άκρα της οποίας μετράμε την τάση.
- Το φαινόμενο φόρτισης είναι πάντα αρνητικό, δηλαδή, η μετρούμενη τάση είναι πάντα μικρότερη της πραγματικής.
- **ΚΑΝΟΝΑΣ:** Η αντίσταση του βολτομέτρου πρέπει να είναι τουλάχιστον δέκα φορές μεγαλύτερη από την αντίσταση, στα άκρα της οποίας συνδέεται, ώστε το φαινόμενο της φόρτισης να μπορεί να αγνοηθεί (το σφάλμα μέτρησης είναι μικρότερο από 10%)

Ρεύμα Φορτίου και Διαφεύγον Ρεύμα

(Load Current and Bleeder Current)



Το **διαφεύγον ρεύμα** (I_{BLEEDER}) είναι το ρεύμα που απομένει, αφού τα ρεύματα των φορτίων (I_{RL1} , I_{RL2} , κ.λπ.) αφαιρεθούν από το ολικό ρεύμα στο κύκλωμα (I_T)

$$I_{\text{BLEEDER}} = I_T - I_{RL1} - I_{RL2}$$

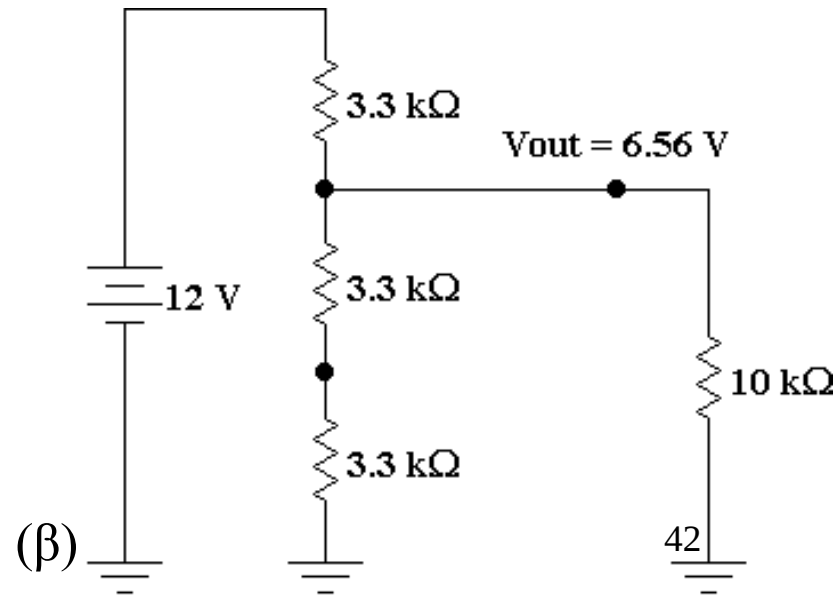
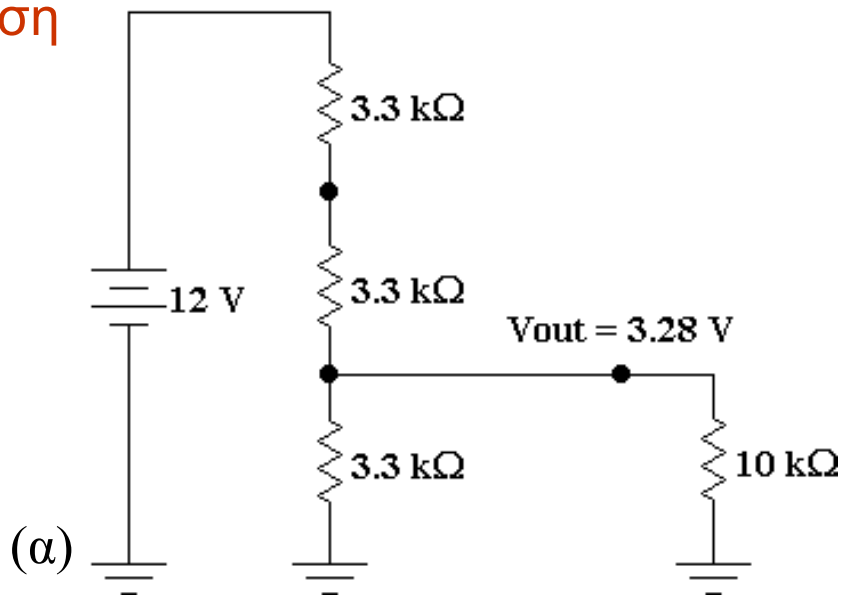
ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Διαιρέτες Τάσης υπό Φορτίο

9. Ένας διαιρέτης τάσης αποτελείται από δύο αντιστάτες των $56\text{ k}\Omega$ και μια πηγή των 15 V . Υπολογίστε τάση εξόδου χωρίς φορτίο που λαμβάνεται στα άκρα ενός από τους αντιστάτες των $56\text{ k}\Omega$. Πόση θα γίνει η τάση εξόδου αν ένας αντιστάτης φορτίου των $1.0\text{ k}\Omega$ συνδεθεί στην έξοδο;

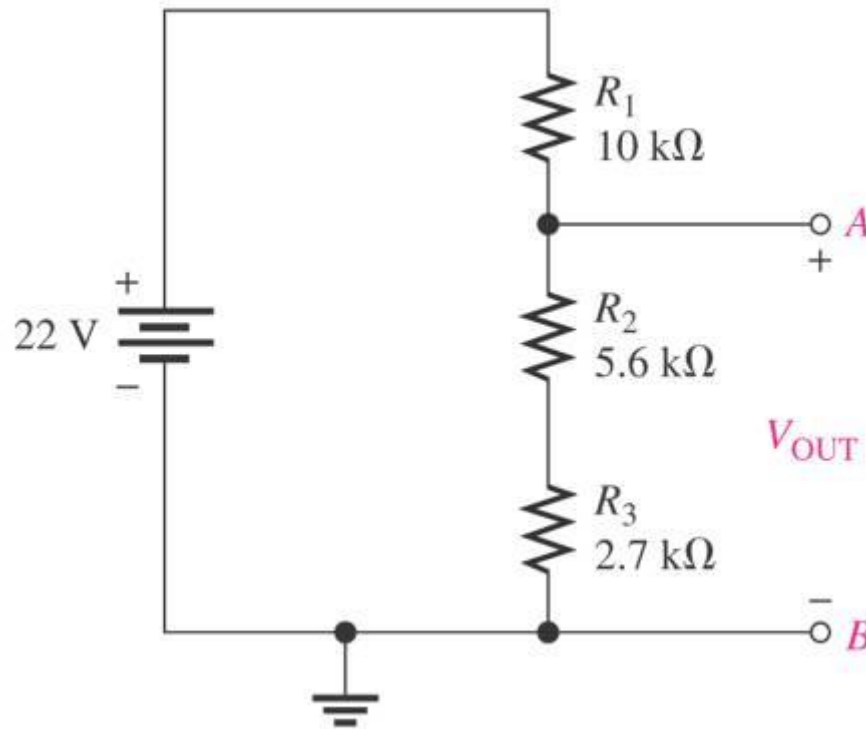
Απ.: 75 V χωρίς φορτίο και 7.29 V με φορτίο

10. Η έξοδος ενός συσσωρευτή 12 V διαιρείται για να πάρουμε δύο τάσεις εξόδου. Χρησιμοποιούνται τρεις αντιστάτες των $3.3\text{ k}\Omega$. Μόνο η μία από τις δύο εξόδους συνδέεται κάθε φορά με φορτίο $10\text{ k}\Omega$. Προσδιορίστε τις τάσεις εξόδου στις δύο περιπτώσεις.

Λύση



11. Στην παρακάτω εικόνα, προσδιορίστε το ρεύμα που τραβάει ο συσσωρευτής χωρίς φορτίο στους ακροδέκτες εξόδου. Με ένα φορτίο των $10\text{ k}\Omega$, πόσο γίνεται το ρεύμα του συσσωρευτή;



Απ.: 1.20 mA χωρίς φορτίο και 1.51 mA με φορτίο

12. Συνδεδεμένο στα άκρα ποίου από τους ακόλουθους αντιστάτες, ένα βολτόμετρο, με εσωτερική αντίσταση $10\text{ M}\Omega$, παρουσιάζει το μικρότερο φορτίο σε ένα κύκλωμα;

- (α) $100\text{ k}\Omega$ (β) $1.2\text{ M}\Omega$ (γ) $22\text{ k}\Omega$ (δ) $8.2\text{ M}\Omega$

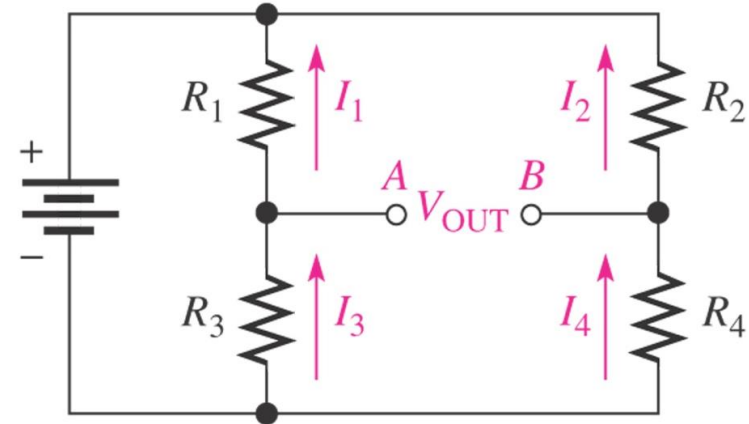
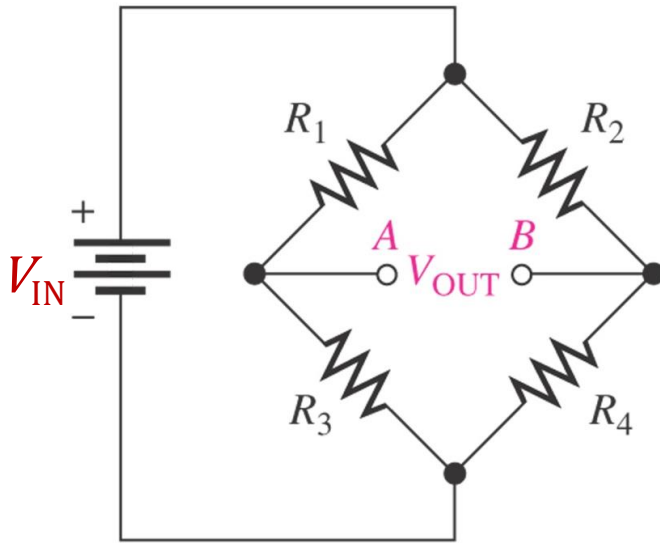
Απ.: $22\text{ k}\Omega$

13. Ένας συγκεκριμένος διαιρέτης τάσης αποτελείται από τρεις αντιστάτες $1\text{ M}\Omega$ συνδεδεμένους σε σειρά με μια πηγή 100 V . Προσδιορίστε την τάση στα άκρα ενός από τους αντιστάτες μετρημένη με ένα βολτόμετρο εσωτερικής αντίστασης $10\text{ M}\Omega$. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ της μετρούμενης και της πραγματικής τάσης χωρίς φορτίο;

Απ.: $V_M = 31.25\text{ V}$, $\Delta V = 2.08\text{ V}$

Η Γέφυρα Wheatstone

(Wheatstone Bridge)



- Η τάση εισόδου (V_{IN}) εφαρμόζεται με μια πηγή σε δύο απέναντι κορυφές του ρόμβου.
- Η τάση εξόδου (V_{OUT}) λαμβάνεται από τις δύο άλλες απέναντι κορυφές του ρόμβου (A και B).

Χρησιμότητα της Γέφυρας Wheatstone

1. Η γέφυρα Wheatstone χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση αντιστάσεων
2. Η γέφυρα Wheatstone χρησιμοποιείται επίσης με αισθητήρες για να μετρήσει φυσικές ποσότητες, όπως, θερμοκρασία, επιμήκυνση, πίεση, κ.α., όπου χρειάζεται να μετρηθούν με ακρίβεια μικρές μεταβολές της αντίστασης του αισθητήρα

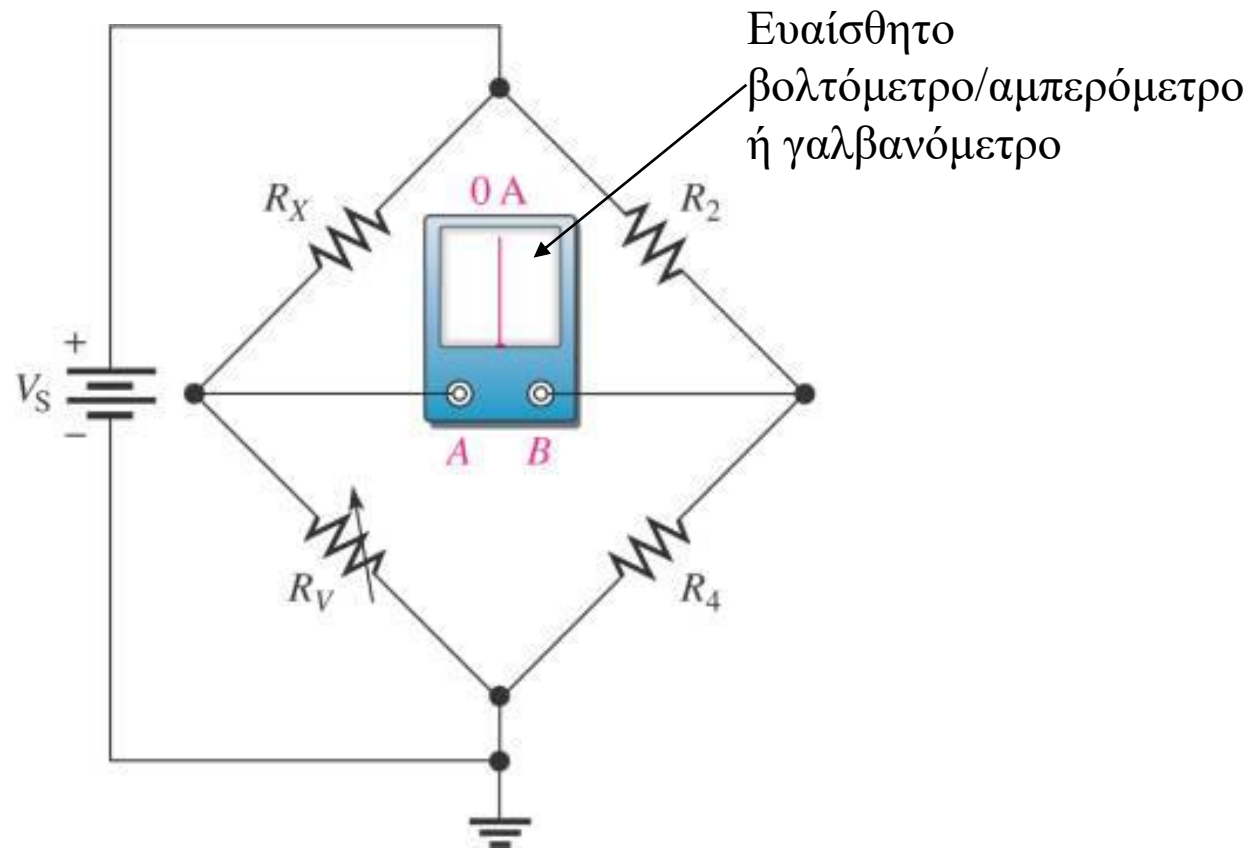
Η Γέφυρα Wheatstone σε Ισορροπία

(Balanced Wheatstone Bridge)

- Η γέφυρα Wheatstone είναι σε **συνθήκη ισορροπίας** όταν η τάση εξόδου μεταξύ των ακροδεκτών A and B **ισούται με μηδέν**

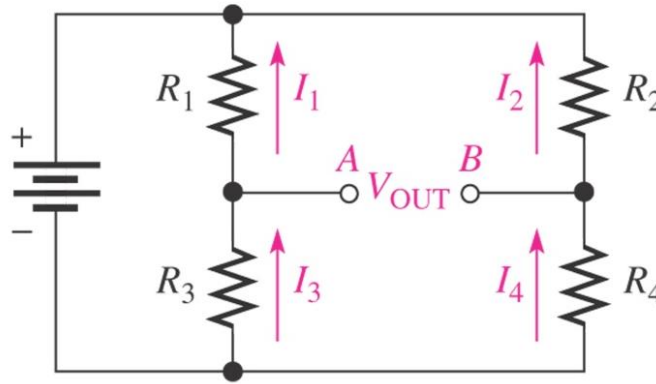
$$V_{OUT} = 0 \text{ V}$$

Χρησιμοποιώντας την Ισορροπημένη Γέφυρα Wheatstone για να Βρούμε μια Άγνωστη Αντίσταση



$$R_X = R_V \left(\frac{R_2}{R_4} \right)$$

Απόδειξη της συνθήκης ισορροπίας της γέφυρας Wheatstone



Γέφυρα σε ισορροπία: $V_{\text{OUT}} = 0 \text{ V} \Rightarrow V_A = V_B$

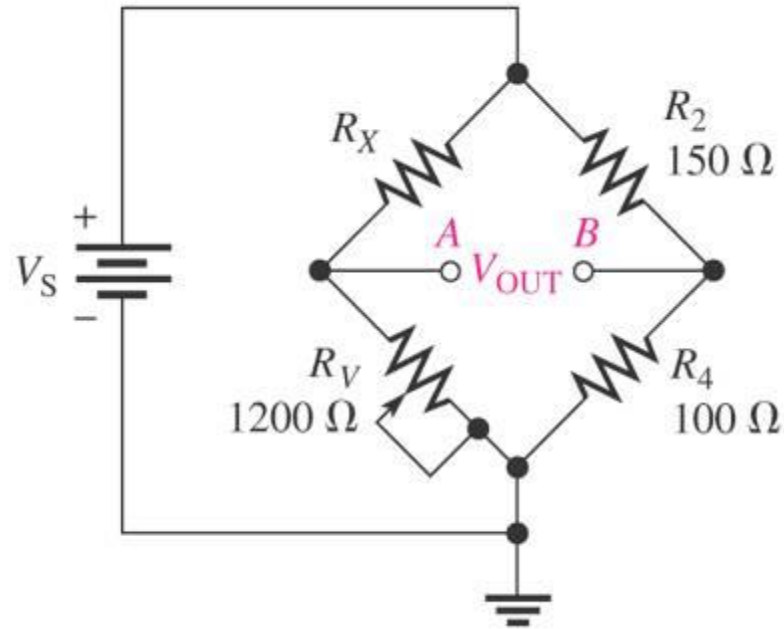
οπότε $V_1 = V_2$ και $V_3 = V_4$ (γιατί;)

Διαιρώντας κατά μέλη $\frac{V_1}{V_3} = \frac{V_2}{V_4}$

$$\frac{I_1 R_1}{I_3 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_4 R_4} \Rightarrow \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$R_1 = R_3 \left(\frac{R_2}{R_4} \right)$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-13 Προσδιορίστε την τιμή της R_X στην ισορροπημένη γέφυρα που δείχνεται στην παρακάτω εικόνα.



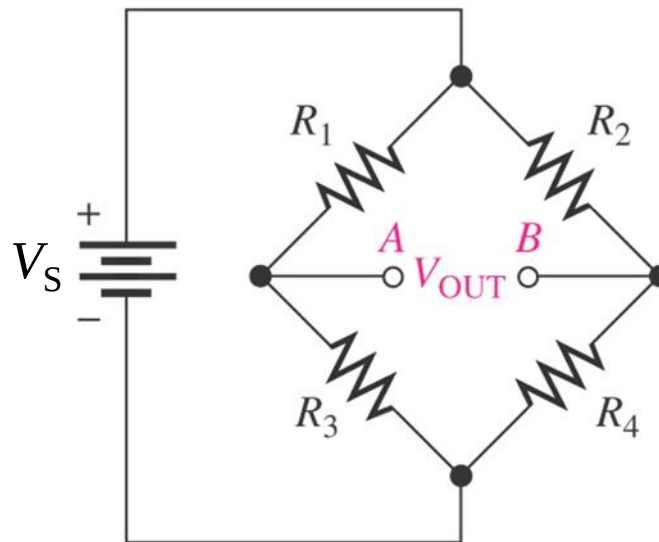
Λύση

$$R_X = R_V \left(\frac{R_2}{R_4} \right) = (1200 \, \Omega) \left(\frac{150 \, \Omega}{100 \, \Omega} \right) = (1200 \, \Omega)(1.5) = 1800 \, \Omega$$

Μη Ισορροπημένη Γέφυρα Wheatstone

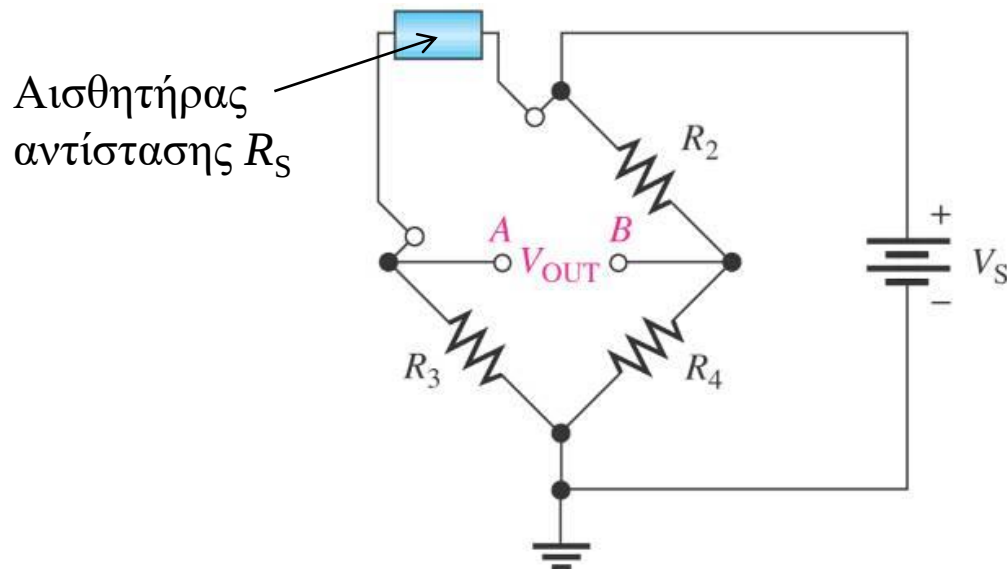
(Unbalanced Wheatstone Bridge)

- Μη ισορροπημένη γέφυρα: $V_{OUT} \neq 0$
- Τάση εξόδου της γέφυρας $V_{OUT} = V_{AB} = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) V_S$



Χρήση της μη-ισορροπημένης γέφυρας

- Χρησιμοποιείται με έναν αισθητήρα στη θέση του ενός κλάδου του οποίου η αντίσταση (R_S) μεταβάλλεται με κάποιο φυσικό μέγεθος, π.χ.:
 - Θερμοκρασία (θερμίστορ)
 - Πίεση (πιεζοαντίσταση)
- $V_{OUT} = \left(\frac{R_3}{\textcolor{red}{R}_S + R_3} - \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) V_S$
- Μετατρέπουμε τη μεταβολή του φυσικού μεγέθους (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση, κλπ.) σε τάση (V_{OUT}), δηλαδή, ηλεκτρικό σήμα.

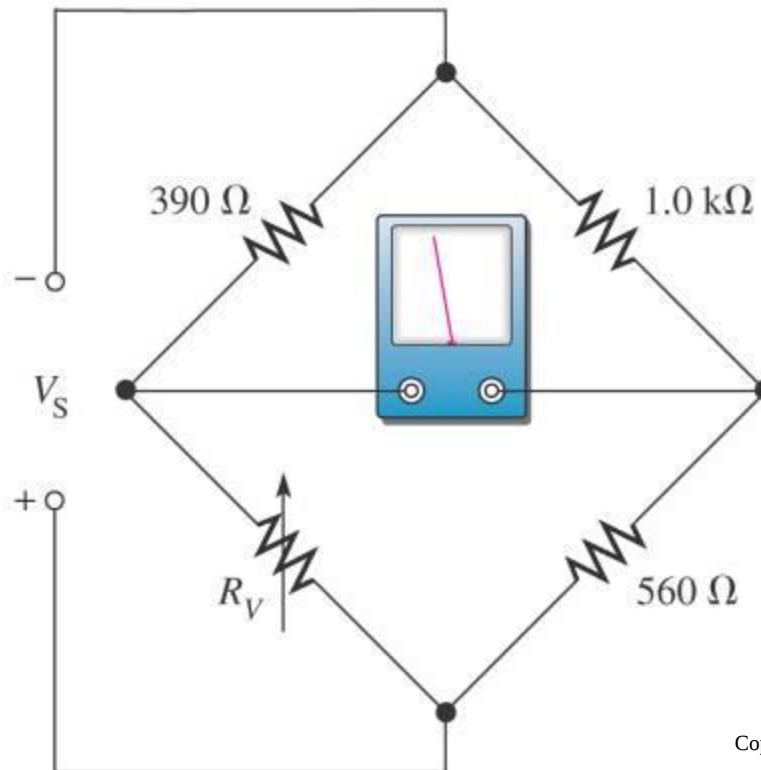


ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Η Γέφυρα Wheatstone

14. Ένας αντιστάτης άγνωστης τιμής συνδέεται σε ένα κύκλωμα γέφυρας Wheatstone. Οι παράμετροι της γέφυρας για τη συνθήκη ισορροπίας είναι ως ακολούθως: $R_V = 18 \text{ k}\Omega$ και $R_2/R_4 = 0.02$. Πόσο είναι η R_X ;

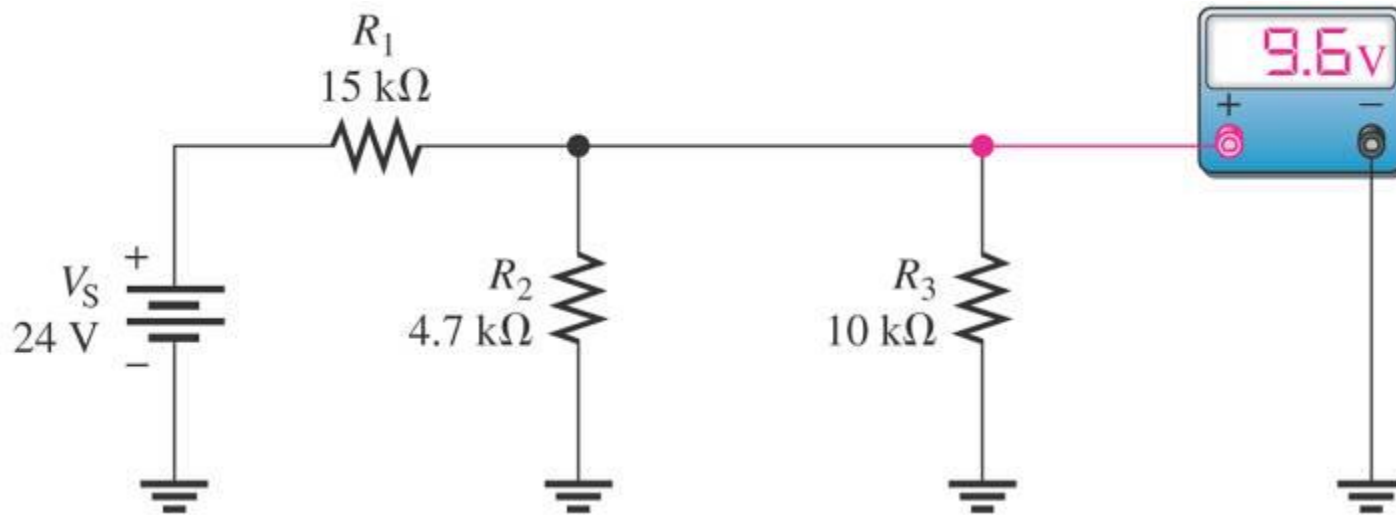
Απ.: 360Ω

15. Σε ποια τιμή πρέπει να τεθεί η μεταβλητή αντίσταση R_V , ώστε να ισορροπήσει η γέφυρα της παρακάτω εικόνας;



Εντοπισμός Βλαβών

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-20 Από την ένδειξη του βολτομέτρου στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας, προσδιορίστε αν υπάρχει σφάλμα στο κύκλωμα. Αν υπάρχει, αναγνωρίστε αν πρόκειται για άνοιγμα ή βραχυκύκλωμα.



Λύση

Πρώτα, προσδιορίζουμε τι θα έπρεπε να δείχνει το βολτόμετρο.

Αφού οι R_2 και R_3 είναι παράλληλες, η συνδυασμένη τους αντίσταση είναι

$$R_{2\parallel 3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(4.7\text{ k}\Omega)(10\text{ k}\Omega)}{14.7\text{ k}\Omega} = 3.20\text{ k}\Omega$$

Λύση (συνέχεια)

Η τάση στα άκρα του παράλληλου συνδυασμού βρίσκεται με τον τύπο του διαιρέτη τάσης

$$V_{2\parallel 3} = \left(\frac{R_{2\parallel 3}}{R_1 + R_{2\parallel 3}} \right) V_S = \left(\frac{3.2 \text{ k}\Omega}{18.2 \text{ k}\Omega} \right) 24 \text{ V} = 4.22 \text{ V}$$

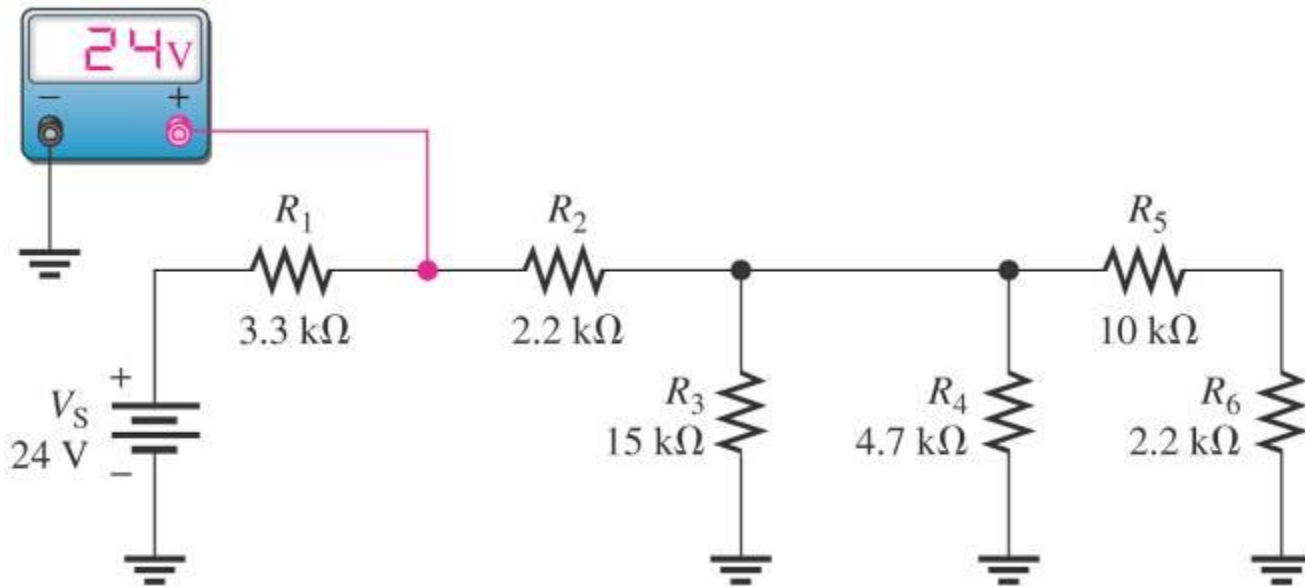
Αυτός ο υπολογισμός δείχνει ότι 4.22 V είναι η ένδειξη τάσης που θα έπρεπε να πάρουμε στο βολτόμετρο. Όμως, το βολτόμετρο διαβάζει 9.6 V στα άκρα της $R_{2\parallel 3}$. Αυτή η ένδειξη δείχνει βλάβη και, επειδή είναι μεγαλύτερη από όσο θα έπρεπε, σημαίνει ότι η R_2 ή η R_3 είναι ανοικτή. Διότι, αν κάποιος από τους δυο αντιστάτες είναι ανοικτός, η αντίσταση μεταξύ των σημείων που συνδέεται το βολτόμετρο είναι μεγαλύτερη από το αναμενόμενο. Μεγαλύτερη αντίσταση σημαίνει και μεγαλύτερη πτώση τάσης.

Προσπαθώντας να βρούμε τον ανοικτό αντιστάτη, υποθέτουμε ότι ο R_2 είναι ανοικτός. Τότε η τάση στα άκρα του R_3 είναι

$$V_3 = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) V_S = \left(\frac{10 \text{ k}\Omega}{25 \text{ k}\Omega} \right) 24 \text{ V} = 9.6 \text{ V}$$

Αφού η μετρούμενη τάση είναι 9.6 V, ο παραπάνω υπολογισμός δείχνει ότι ο R_2 είναι πιθανότατα ανοικτός.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-21 Υποθέστε ότι μετράτε 24 V με το βολτόμετρο της παρακάτω εικόνας. Προσδιορίστε αν υπάρχει σφάλμα στο κύκλωμα και αν υπάρχει, αναγνωρίστε το.

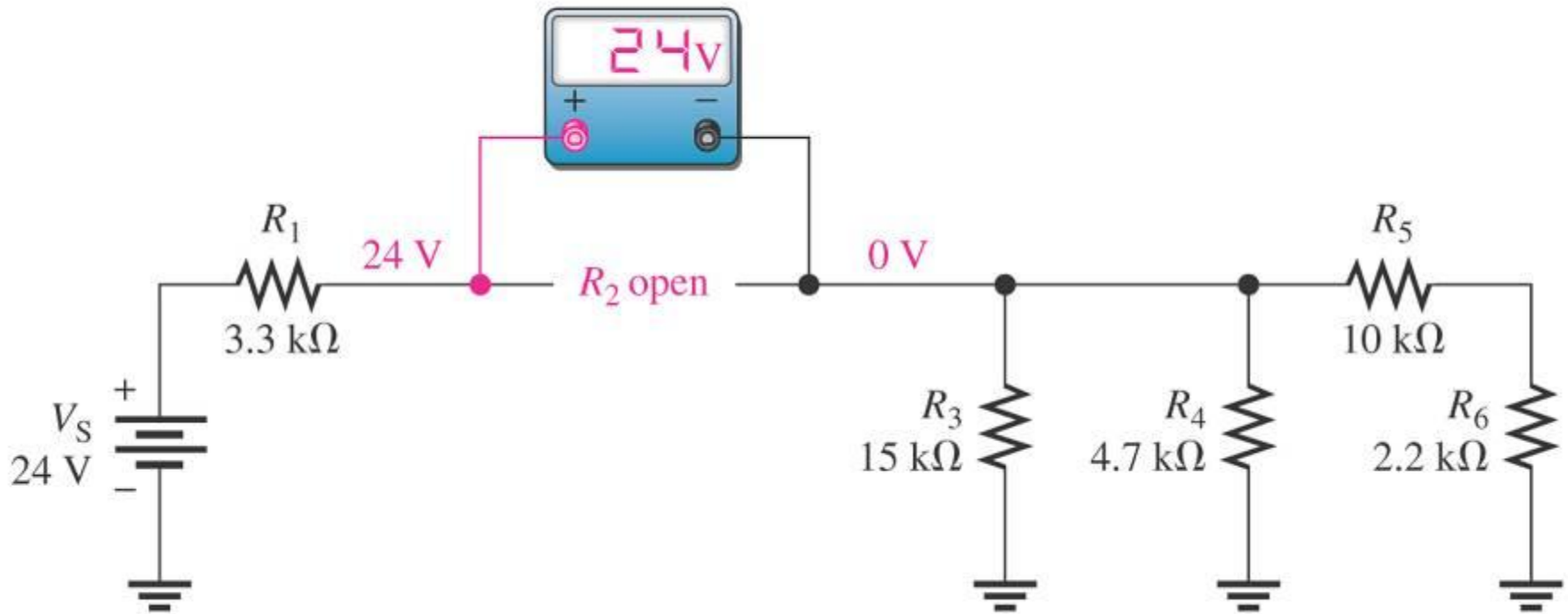


Λύση Δεν υπάρχει πτώση τάσης στον R_1 διότι και τα δύο άκρα του αντιστάτη είναι στο ίδιο δυναμικό +24 V.

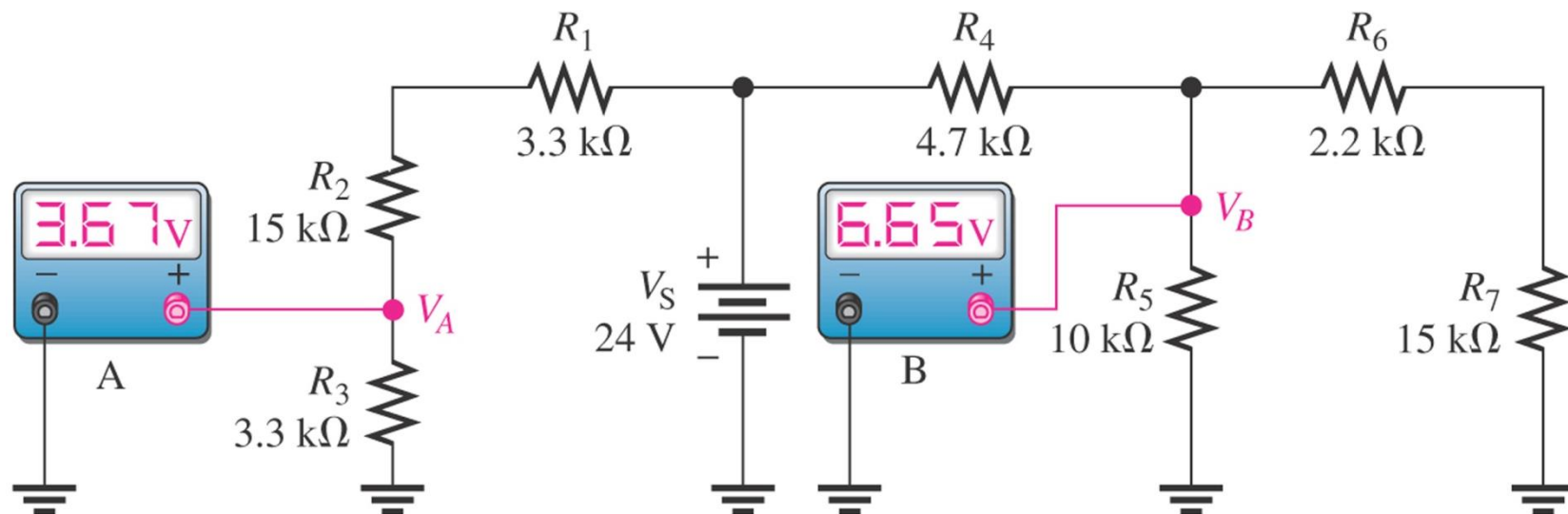
Είτε δεν υπάρχει ρεύμα από την πηγή μέσω της R_1 , που μας λέει ότι ο αντιστάτης R_2 είναι ανοικτός ή ο R_1 είναι βραχυκυκλωμένος.

Η πιο πιθανή βλάβη είναι ο R_2 να είναι ανοικτός. Αν είναι ανοικτός, δεν θα υπάρχει ρεύμα από την πηγή. Για να επιβεβαιώσουμε αυτό, μετράμε στα άκρα του R_2 με το βολτόμετρο. Αν ο R_2 είναι ανοικτός, το όργανο θα δείξει 24 V (η μέτρηση της επόμενης εικόνας επιβεβαιώνει ότι ο R_2 είναι ανοικτός)

Λύση (συνέχεια)



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6-22 Τα δύο βολτόμετρα στην παρακάτω εικόνα δείχνουν τις τάσεις που φαίνονται. Εφαρμόστε λογικές σκέψεις και τις γνώσεις σας από τη λειτουργία των κυκλωμάτων για να προσδιορίσετε αν υπάρχουν ανοικτά σημεία ή βραχυκυκλώματα στο κύκλωμα και, αν ναι, που εντοπίζονται.

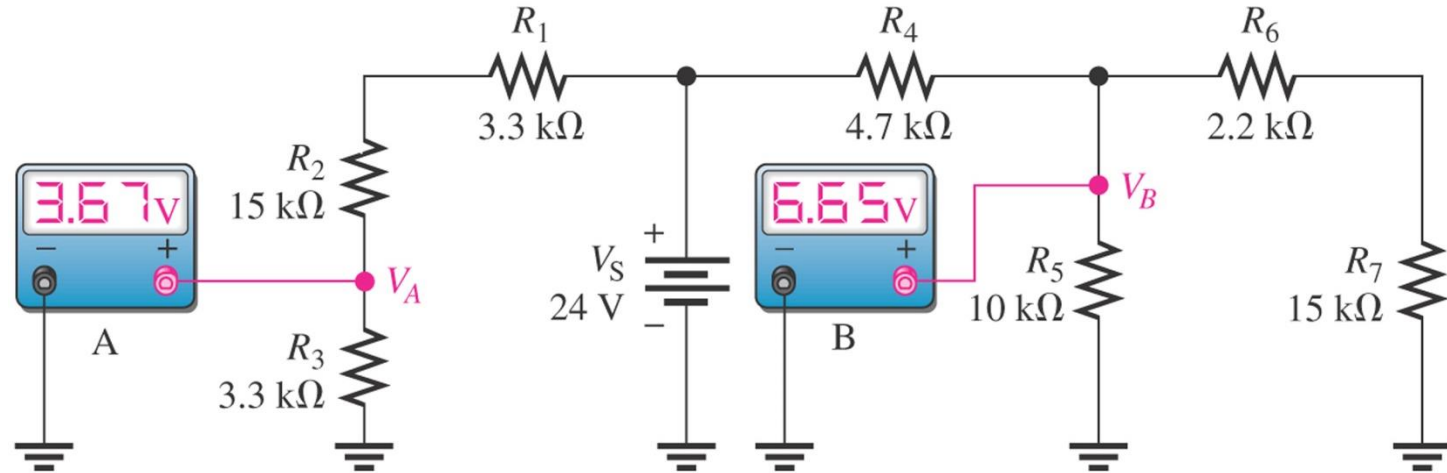


Λύση Πρώτα, προσδιορίζουμε αν οι ενδείξεις τάσης είναι σωστές. Οι R_1 , R_2 και R_3 αποτελούν διαιρέτη τάσης. Η τάση (V_A) στα άκρα του R_3 είναι

$$V_A = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \right) V_S = \left(\frac{3.3\text{k}\Omega}{21.6\text{k}\Omega} \right) 24\text{V} = 3.67\text{V}$$

Η ένδειξη του βολτομέτρου A είναι σωστή. Επομένως, οι R_1 , R_2 και R_3 είναι εντάξει.

Λύση (συνέχεια)



Τώρα, ας δούμε αν η ένδειξη του βολτομέτρου B είναι σωστή. $R_6 + R_7$ είναι παράλληλα με τον R_5 . Ο σειριακός – παράλληλος συνδυασμός R_5 , R_6 και R_7 είναι σε σειρά με τον R_4 . Η αντίσταση των R_5 , R_6 και R_7 υπολογίζεται ως ακολούθως:

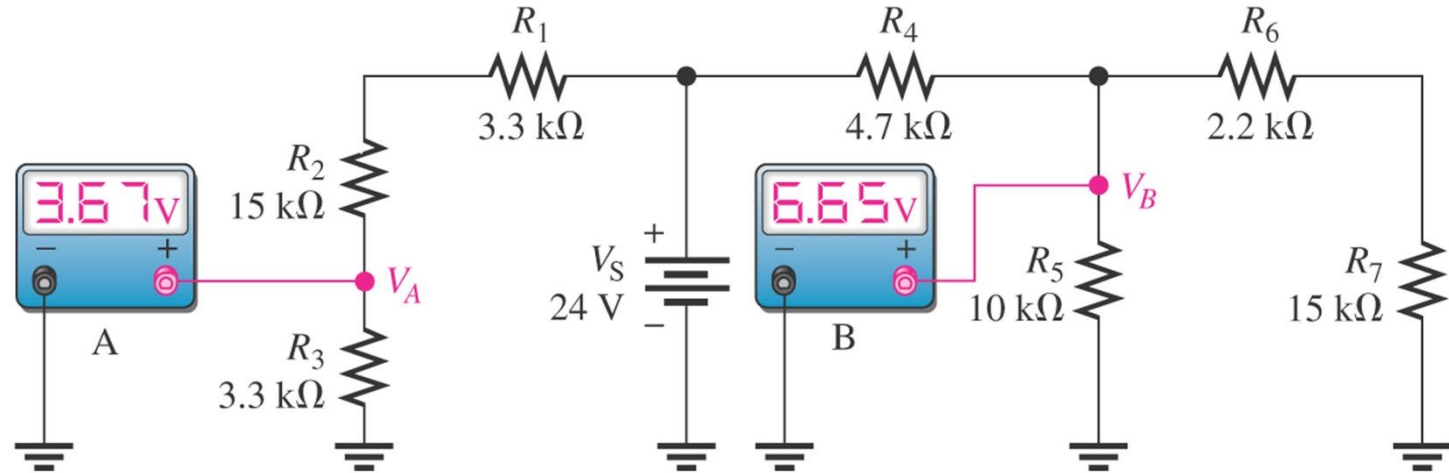
$$R_{5\parallel(6+7)} = \frac{R_5(R_6 + R_7)}{R_5 + R_6 + R_7} = \frac{(10\text{ k}\Omega)(17.2\text{ k}\Omega)}{27.2\text{ k}\Omega} = 6.32\text{ k}\Omega$$

Οι $R_{5\parallel(6+7)}$ και R_4 σχηματίζουν ένα διαιρέτη τάσης και η ένδειξη του βολτομέτρου B μετράει την τάση στα άκρα του $R_{5\parallel(6+7)}$. Είναι

$$V_B = \left(\frac{R_{5\parallel(6+7)}}{R_4 + R_{5\parallel(6+7)}} \right) V_S = \left(\frac{6.32\text{ k}\Omega}{11\text{ k}\Omega} \right) 24\text{ V} = 13.8\text{ V}$$

Έτσι, η πραγματικά μετρούμενη τάση (6.65 V) είναι λανθασμένη.

Λύση (συνέχεια)



Ο R_4 δεν είναι ανοικτός, διότι, αν ήταν, το όργανο θα έδειχνε 0 V. Αν ήταν βραχυκυκλωμένος, το όργανο θα έδειχνε 24 V.

Εφ' όσον η πραγματική τάση είναι πολύ μικρότερη από όσο θα έπρεπε, η αντίσταση $R_{5 \parallel (6+7)}$ πρέπει να είναι μικρότερη από την υπολογισμένη τιμή των 6.32 kΩ.

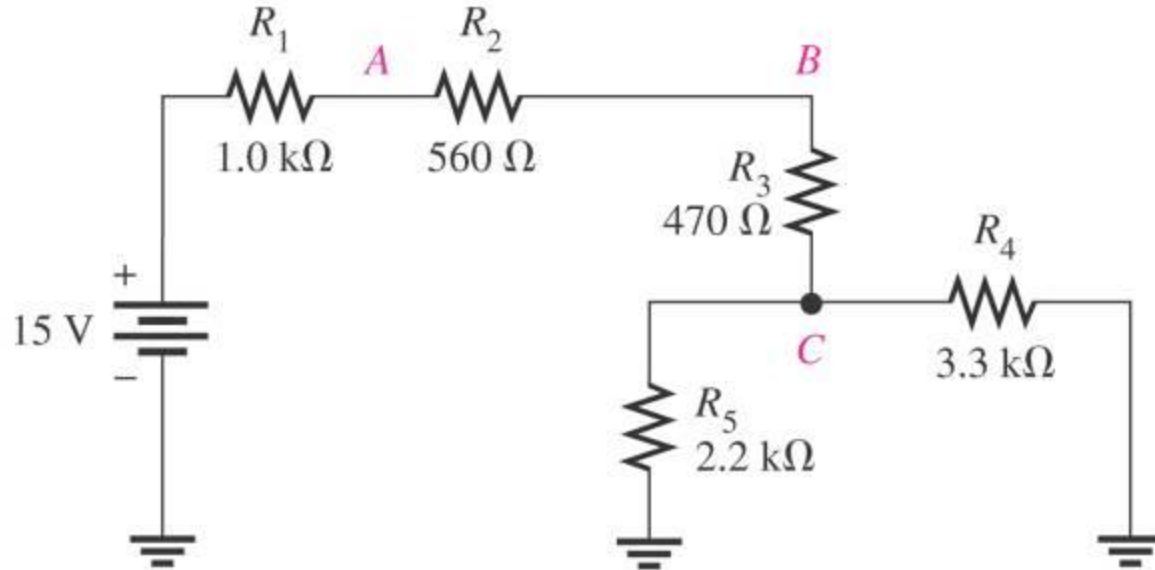
Το πιθανότερο πρόβλημα είναι βραχυκύκλωμα στην R_7 . Αν υπάρχει ένα βραχυκύκλωμα από την κορυφή της R_7 ως τη γείωση, η R_6 είναι ουσιαστικά παράλληλη με την R_5 . Τότε,

$$R_{5 \parallel 6} = \frac{R_5 \cdot R_6}{R_5 + R_6} = \frac{(10 \text{ k}\Omega)(2.2 \text{ k}\Omega)}{12.2 \text{ k}\Omega} = 1.80 \text{ k}\Omega$$

Τότε, η V_B είναι $V_B = \left(\frac{1.80 \text{ k}\Omega}{6.5 \text{ k}\Omega} \right) 24 \text{ V} = 6.65 \text{ V}$ που συμφωνεί με το βολτόμετρο B.

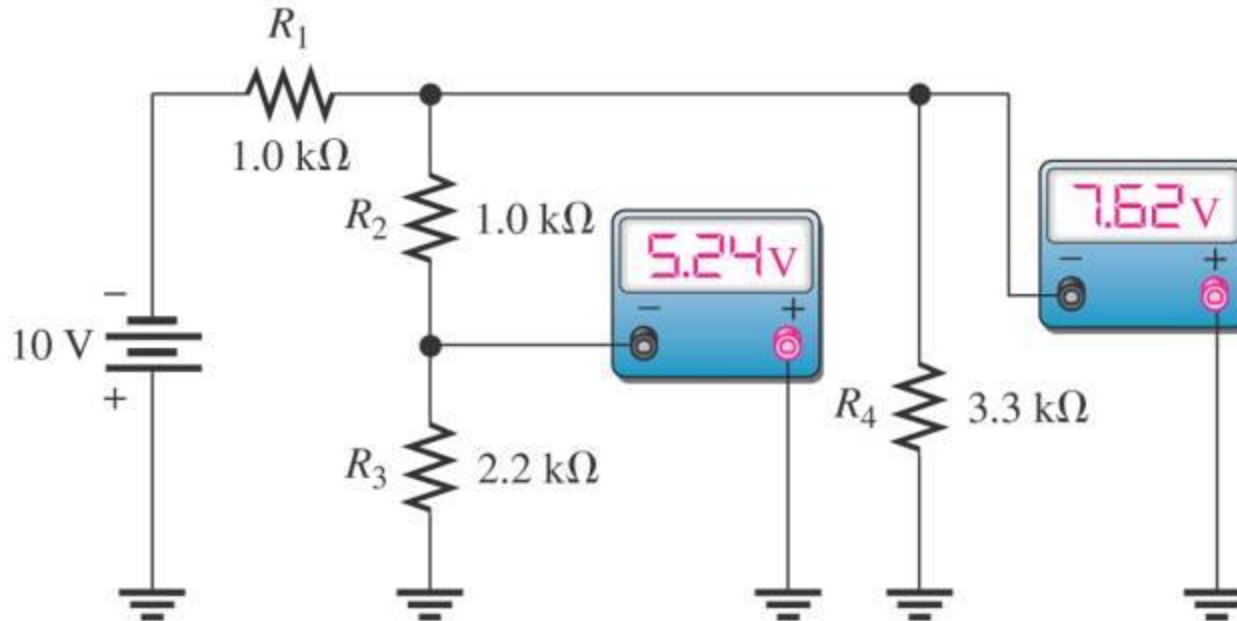
Επομένως, υπάρχει βραχυκύκλωμα στον R_7 .

24. Αν ο αντιστάτης R_2 στην παρακάτω εικόνα καεί (ανοίξει), τι τάση θα μετρηθεί στα σημεία A, B και C;



Απ.: $V_A = 15 \text{ V}$, $V_B = V_C = 0 \text{ V}$

25. Ελέγξτε τις ενδείξεις των οργάνων στην παρακάτω εικόνα και εντοπίστε οποιοδήποτε πρόβλημα μπορεί να υπάρχει.



Απ.: Οι ενδείξεις 7.62 V και 5.24 V είναι λανθασμένες, δείχνοντας ότι ο αντιστάτης των 3.3 k Ω είναι ανοικτός (καμένος).

26. Προσδιορίστε την τάση που θα αναμένατε να μετρήσετε στα άκρα κάθε αντιστάτη του κυκλώματος του προβλήματος 24 για κάθε ένα από τα ακόλουθα σφάλματα. Υποθέστε ότι τα σφάλματα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.

- (α) ο R_1 ανοικτός (β) ο R_3 ανοικτός (γ) ο R_4 ανοικτός
(δ) ο R_5 ανοικτός (ε) το σημείο C είναι βραχυκυκλωμένο προς τη γείωση

Απ.: (α) $V_{R1} = 15 \text{ V}$, $V_{R2} = V_{R3} = V_{R4} = V_{R5} = 0 \text{ V}$

(β) $V_{R1} = V_{R2} = 0 \text{ V}$, $V_{R3} = 15 \text{ V}$, $V_{R4} = V_{R5} = 0 \text{ V}$

(γ) $V_{R1} = 3.55 \text{ V}$, $V_{R2} = 1.99 \text{ V}$, $V_{R3} = 1.67 \text{ V}$, $V_{R4} = V_{R5} = 7.80 \text{ V}$

(δ) $V_{R1} = 2.81 \text{ V}$, $V_{R2} = 1.58 \text{ V}$, $V_{R3} = 1.32 \text{ V}$, $V_{R4} = V_{R5} = 9.29 \text{ V}$

(ε) $V_{R1} = 7.38 \text{ V}$, $V_{R2} = 4.14 \text{ V}$, $V_{R3} = 3.47 \text{ V}$, $V_{R4} = V_{R5} = 0 \text{ V}$

27. Προσδιορίστε την τάση που θα αναμένατε να μετρήσετε στα άκρα κάθε αντιστάτη στο κύκλωμα του προβλήματος 25 για κάθε ένα από τα ακόλουθα σφάλματα.

- (α) ο R_1 ανοικτός (β) ο R_2 ανοικτός (γ) ο R_3 ανοικτός
(δ) ο R_4 είναι βραχυκυκλωμένος

Απ.: (α) $V_{R1} = 10 \text{ V}$, $V_{R2} = V_{R3} = V_{R4} = 0 \text{ V}$

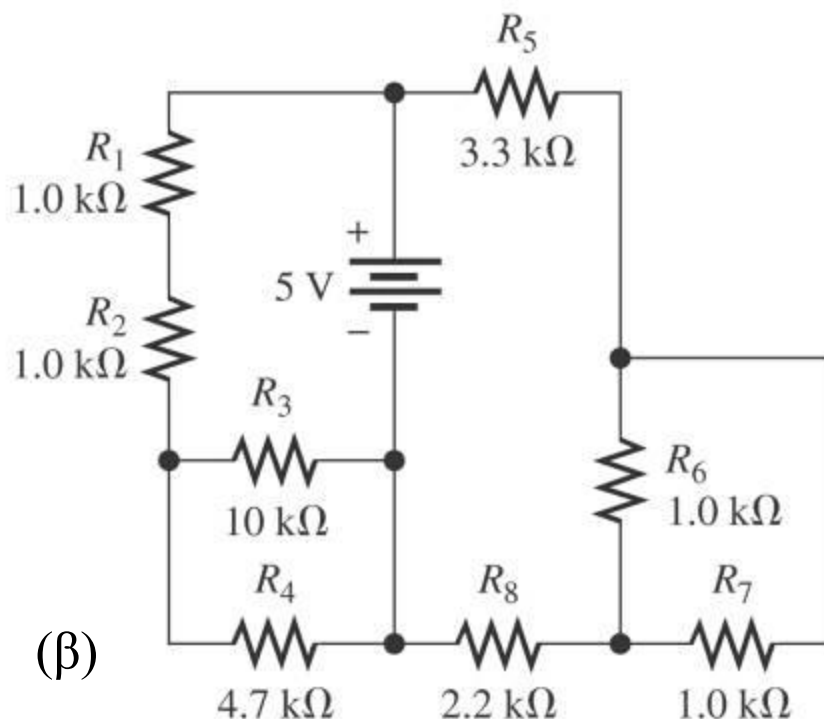
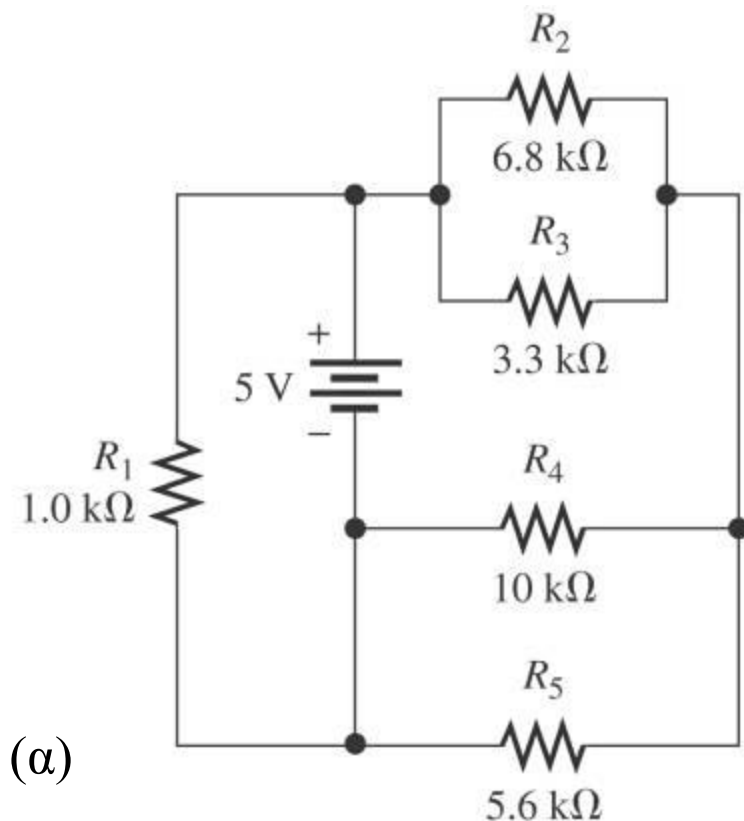
(β) $V_{R1} = 2.33 \text{ V}$, $V_{R2} = 7.67 \text{ V}$, $V_{R3} = 0 \text{ V}$, $V_{R4} = 7.67 \text{ V}$

(γ) $V_{R1} = 2.33 \text{ V}$, $V_{R2} = 0 \text{ V}$, $V_{R3} = 7.67 \text{ V}$, $V_{R4} = 7.67 \text{ V}$

(δ) $V_{R1} = 2.38 \text{ V}$, $V_{R2} = 2.38 \text{ V}$, $V_{R3} = 5.23 \text{ V}$, $V_{R4} = 0 \text{ V}$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

28. Σε κάθε κύκλωμα της παρακάτω εικόνας, βρείτε τις εν σειρά και παράλληλες σχέσεις των αντιστατών και υπολογίστε την ολική αντίσταση, όπως φαίνεται από την πηγή.

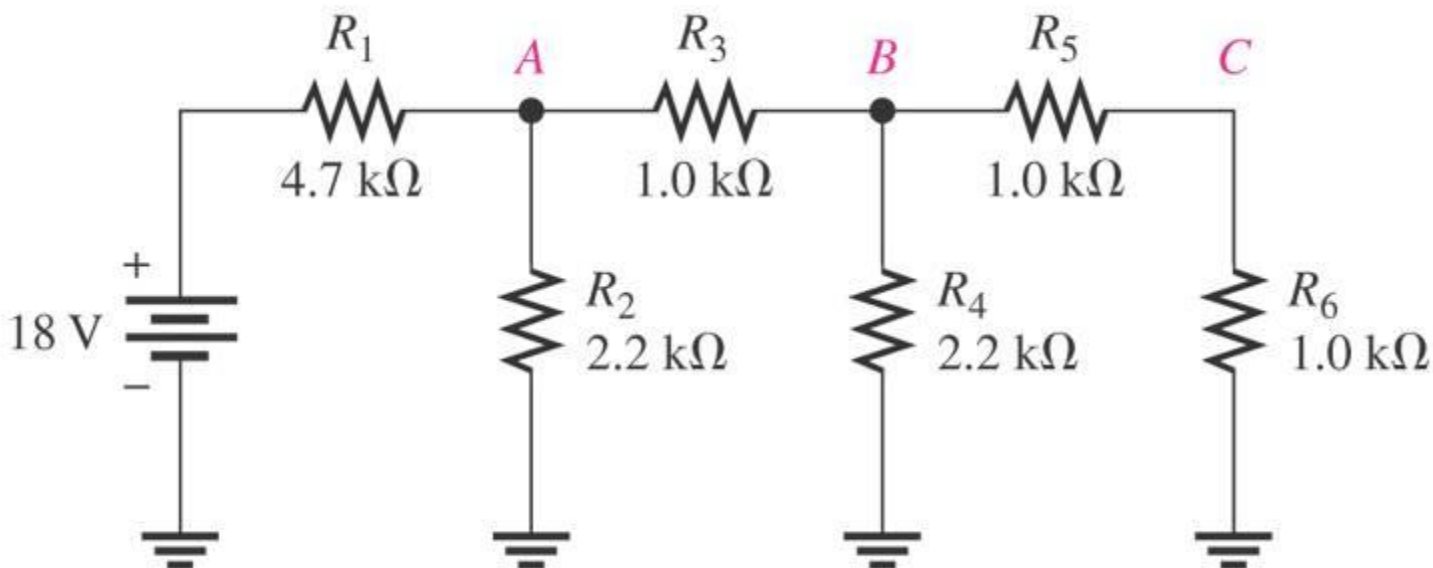


Απ.: (α) $R_T = R_1 \parallel ((R_2 \parallel R_3) + (R_4 \parallel R_5)) = 0.85 \text{ k}\Omega$

(β) $R_T = (R_1 + R_2 + (R_3 \parallel R_4)) \parallel (R_5 + (R_6 \parallel R_7) + R_8) = 2.78 \text{ k}\Omega$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

29. Προσδιορίστε την ολική αντίσταση και την τάση στα σημεία A, B και C στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



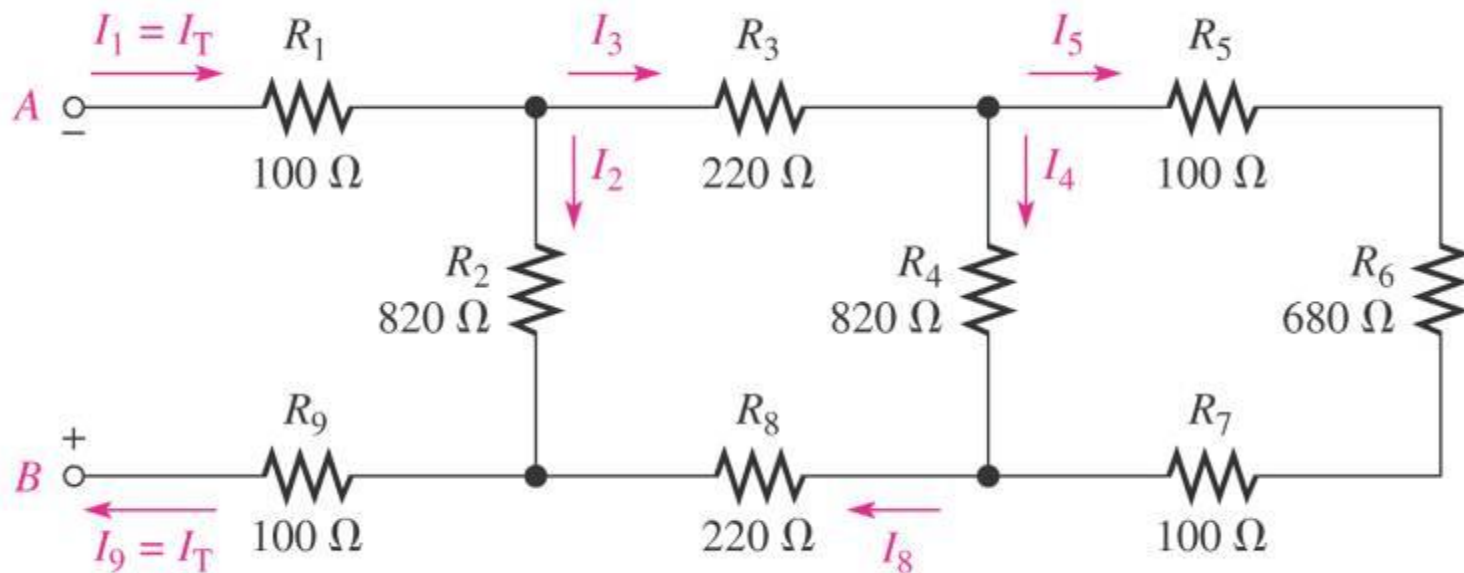
Απ.: (α) $R_T = 5.76 \text{ k}\Omega$, $V_A = 3.3 \text{ V}$, $V_B = 1.7 \text{ V}$, $V_C = 850 \text{ mV}$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

30. (α) Προσδιορίστε την ολική αντίσταση μεταξύ των ακροδεκτών A και B του κυκλώματος της παρακάτω εικόνας.

(β) Υπολογίστε το ρεύμα σε κάθε κλάδο με 10 V μεταξύ των A και B.

(γ) Ποια είναι η τάση στα άκρα κάθε αντιστάτη;



Απ.:

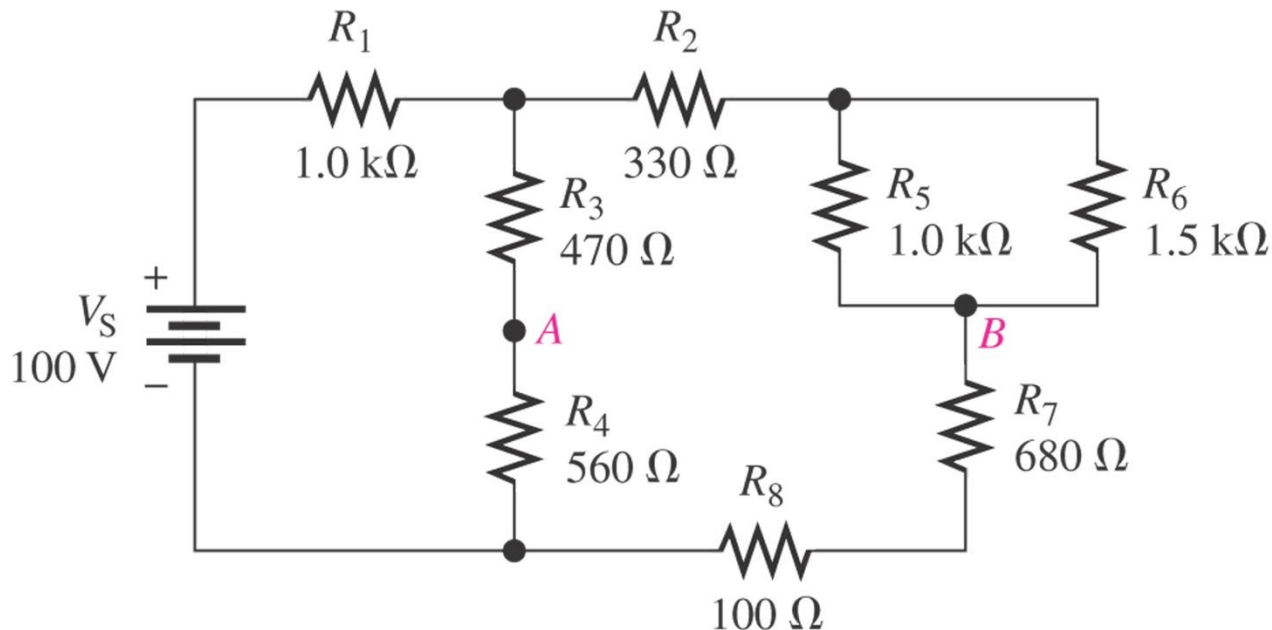
(α) $R_T = R_1 + (R_2 \parallel (R_3 + (R_4 \parallel (R_5 + R_6 + R_7)) + R_8)) + R_9 = 621 \, \Omega$

(β) $I_1 = I_9 = I_T = 16 \, \text{mA}$, $I_2 = 8.3 \, \text{mA}$, $I_3 = I_8 = 7.8 \, \text{mA}$, $I_4 = 4.1 \, \text{mA}$, $I_5 = 3.8 \, \text{mA}$,

(γ) $V_1 = V_9 = 1.61 \, \text{V}$, $V_2 = 6.77 \, \text{V}$, $V_3 = V_8 = 1.72 \, \text{V}$, $V_4 = 3.33 \, \text{V}$, $V_5 = V_7 = 378 \, \text{mV}$, $V_6 = 2.57 \, \text{V}$.

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

31. Προσδιορίστε την τάση V_{AB} στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



Λύση

Η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι

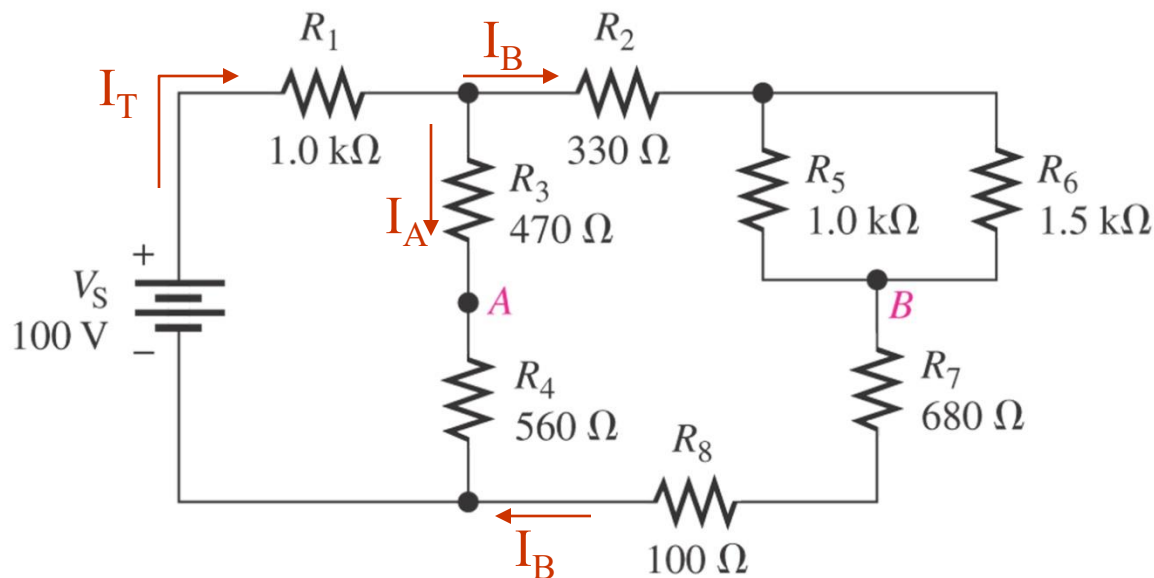
$$R_T = R_1 + ((R_3 + R_4) \parallel (R_2 + (R_5 \parallel R_6) + R_7 + R_8)) = 1643 \, \Omega$$

Το ολικό ρεύμα I_T είναι

$$I_T = \frac{V_S}{R_T} = \frac{100 \text{ V}}{1643 \, \Omega} \cong 61 \text{ mA}$$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Λύση (συνέχεια)



Το ολικό ρεύμα μοιράζεται στα ρεύματα I_A και I_B , όπως φαίνεται στην εικόνα παραπάνω.

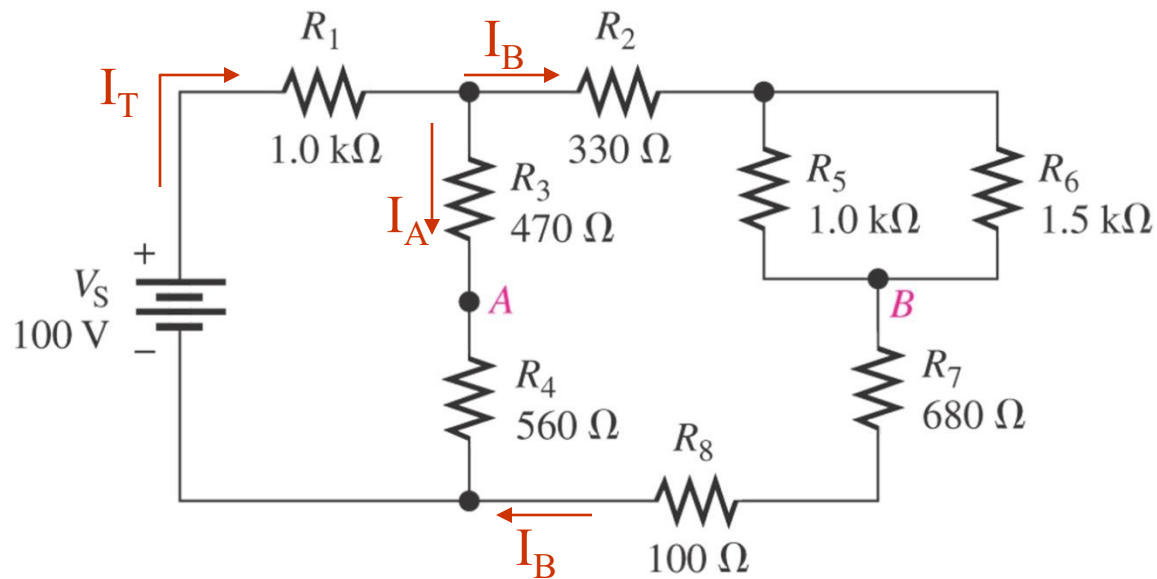
Εφαρμόζοντας το νόμο των τάσεων του Kirchhoff μεταξύ των σημείων A και B, ακολουθώντας το δρόμο μέσω R_4 , R_8 και R_7 έχουμε

$$\begin{aligned} V_{AB} &= V_A - V_B = V_{R4} + V_{R8} + V_{R7} \\ &= -I_A(560 \, \Omega) + I_B(100 \, \Omega) + I_B(680 \, \Omega) \\ &= -I_A(560 \, \Omega) + I_B(780 \, \Omega) \end{aligned}$$

Τα ρεύματα I_A και I_B υπολογίζουμε από το I_T χρησιμοποιώντας τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Λύση (συνέχεια)



$$I_A = \left(\frac{R_2 + R_5 \parallel R_6 + R_7 + R_8}{R_3 + R_4 + R_2 + R_5 \parallel R_6 + R_7 + R_8} \right) I_T = \left(\frac{1710 \Omega}{2740 \Omega} \right) (61 \text{ mA}) = 38 \text{ mA}$$

και $I_B = I_T - I_A = 23 \text{ mA}.$

Επομένως,

$$V_{AB} = -I_A(560 \Omega) + I_B(780 \Omega) = -(38 \text{ mA})(560 \Omega) + (23 \text{ mA})(780 \Omega) = -3.34 \text{ V}$$

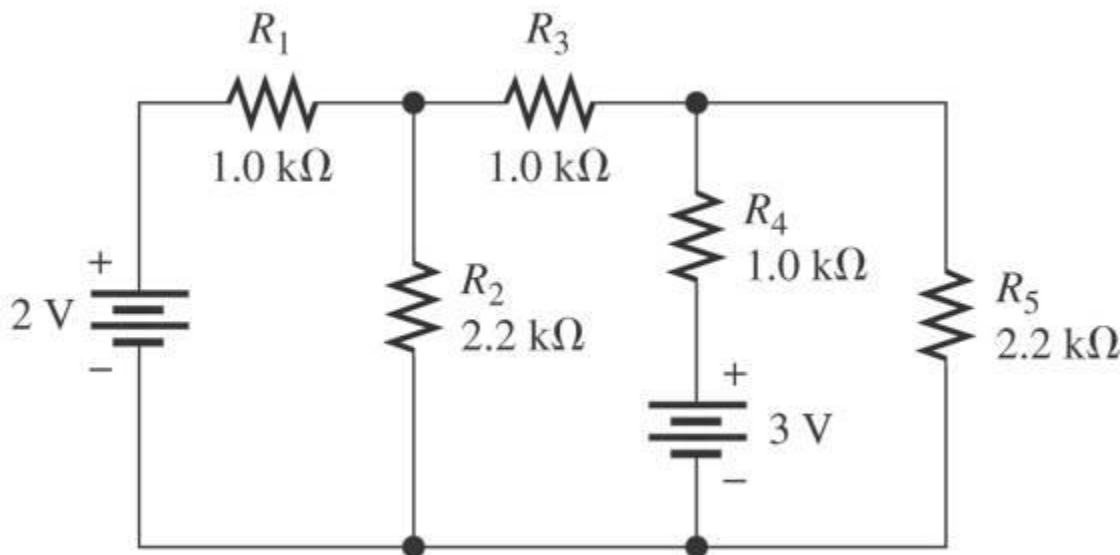
δηλαδή το σημείο A έχει χαμηλότερη τάση 3.34 V από το σημείο B.

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

32. Αναπτύξτε έναν διαιρέτη τάσης, ο οποίος να παρέχει έξοδο 6 V χωρίς φορτίο και ελάχιστη έξοδο 5.5 V με φορτίο 1.0 k Ω . Η πηγή τάσης είναι 24 V και το ρεύμα χωρίς φορτίο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 100 mA.

Απ.: $R_1 = 180 \Omega$, $R_2 = 60 \Omega$. Έξοδος στα άκρα της R_2 .

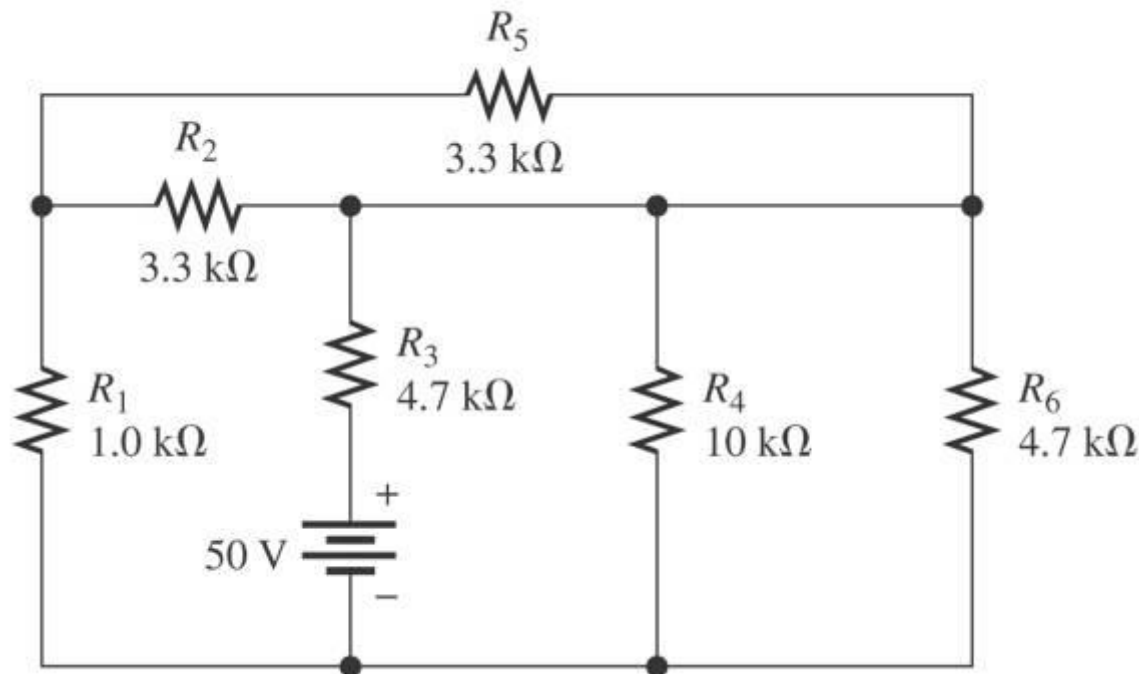
33. Χρησιμοποιώντας το θεώρημα της υπέρθεσης, υπολογίστε το ρεύμα στον κλάδο του R_5 στην παρακάτω εικόνα.



Απ.: 845 μ A

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

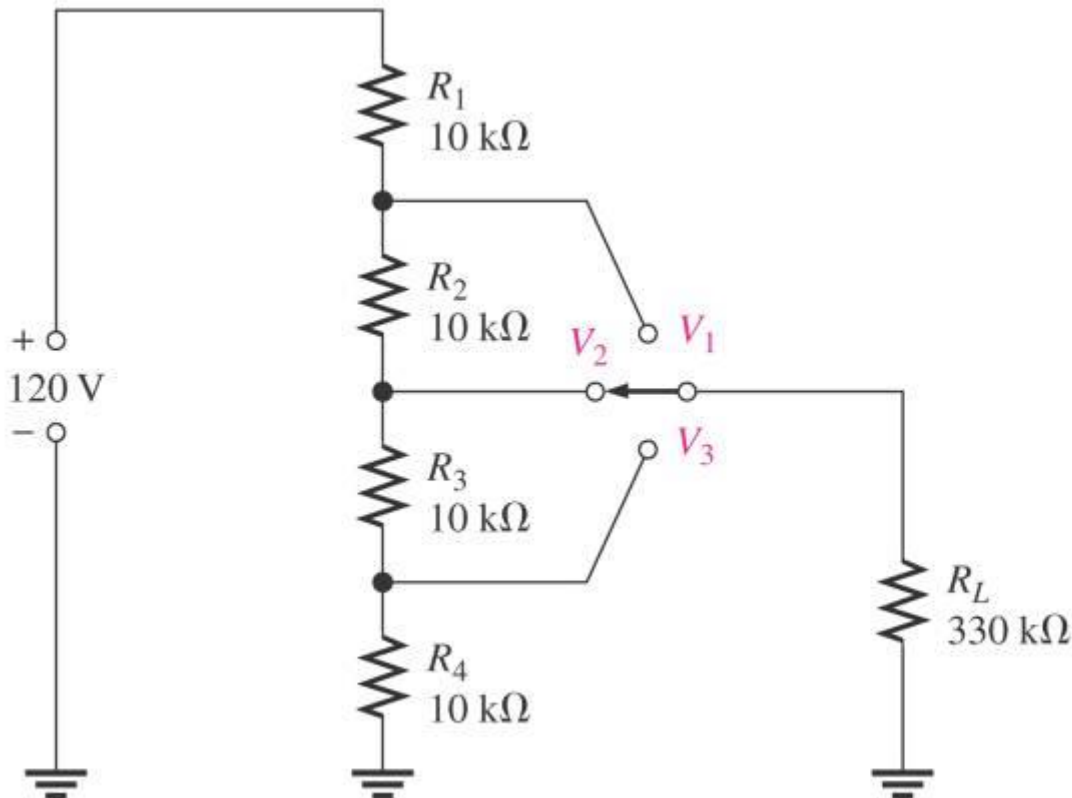
34. Χρησιμοποιώντας το θεώρημα Thevenin, βρείτε την τάση στα άκρα του R_4 στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



Απ.: 11.7 V

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

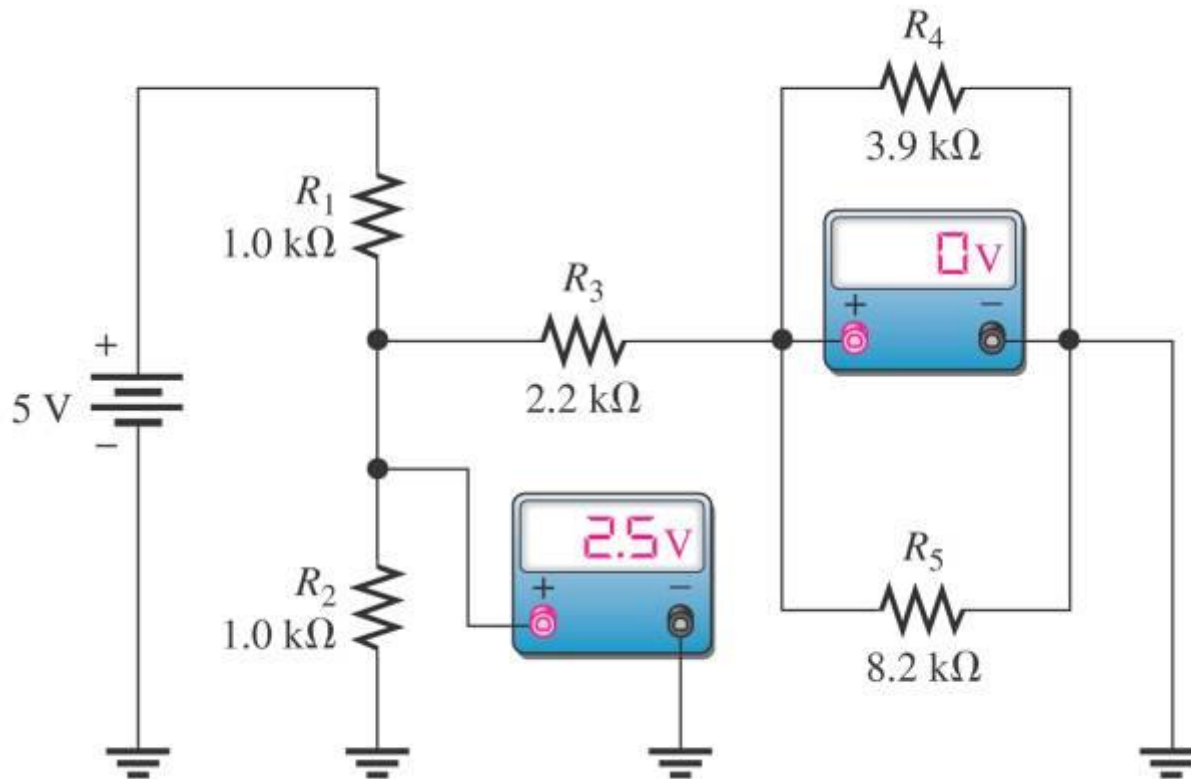
35. Ο διαιρέτης τάσης της παρακάτω εικόνας συνδέεται με το φορτίο μέσω διακόπτη. Προσδιορίστε την τάση κάθε επαφής του διακόπτη (V_1 , V_2 και V_3) για κάθε θέση του διακόπτη.



Απ.: Θέση 1: $V_1 = 88.0\text{ V}$, $V_2 = 58.7\text{ V}$, $V_3 = 29.3\text{ V}$
Θέση 2: $V_1 = 89.1\text{ V}$, $V_2 = 58.3\text{ V}$, $V_3 = 29.1\text{ V}$
Θέση 3: $V_1 = 89.8\text{ V}$, $V_2 = 59.6\text{ V}$, $V_3 = 29.3\text{ V}$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

36. Υπάρχει ένα σφάλμα στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας. Βασιζόμενοι στις ενδείξεις των δύο βολτομέτρων, προσδιορίστε ποιο είναι το σφάλμα.



Απ.: Ο αντιστάτης 2.2 kΩ είναι ανοικτός.