

Κεφάλαιο 4

Κυκλώματα σε Σειρά

4

Κυκλώματα σε Σειρά (Series Circuits)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

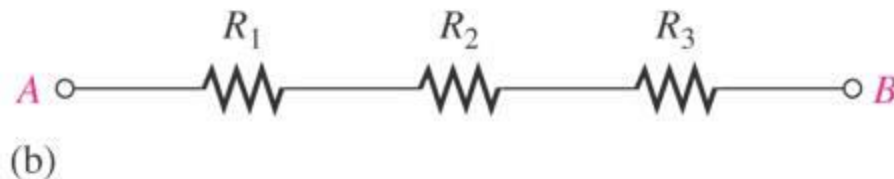
- Αντιστάτες σε Σειρά
- Το Ρεύμα σε ένα Κύκλωμα σε Σειρά
- Ολική Αντίσταση σε Σειρά
- Πηγές Τάσης σε Σειρά
- Ο Νόμος Τάσης του Kirchhoff
- Διαιρέτες Τάσης
- Ισχύς σε ένα Κύκλωμα σε Σειρά
- Γείωση Κυκλώματος
- Εντοπισμός Βλαβών

Που θα το βρείτε: Στο βιβλίο R.J. Fowler, “Ηλεκτροτεχνία AC-DC”, σελ. 115-124

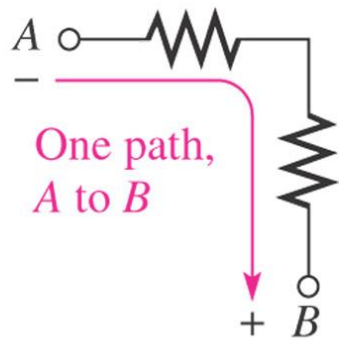
Αντιστάτες σε Σειρά

(Resistors in Series)

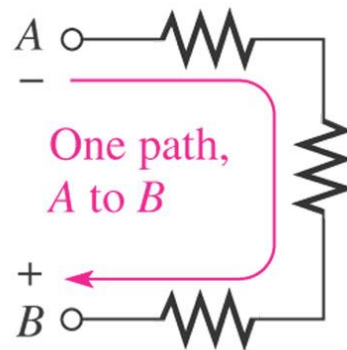
- Ένα κύκλωμα σε σειρά (series circuit) διαθέτει δύο ή περισσότερα φορτία (αντιστάσεις) αλλά έναν μόνο δρόμο (path) για το ρεύμα μεταξύ δύο σημείων A και B



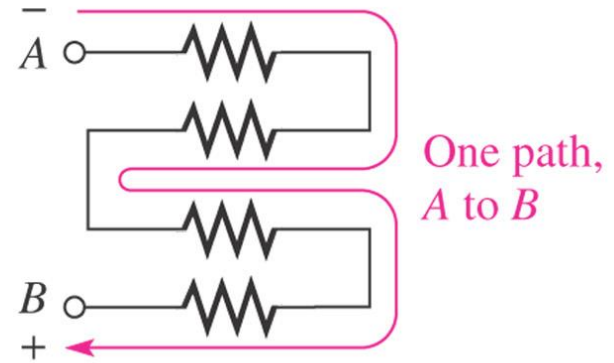
EIKONA 4-1 Μερικά παραδείγματα σειριακών συνδέσεων αντιστατών.
 Σημειώστε ότι το ρεύμα σε όλα τα σημεία πρέπει να είναι το ίδιο
 διότι το ρεύμα έχει μια μόνο διαδρομή.



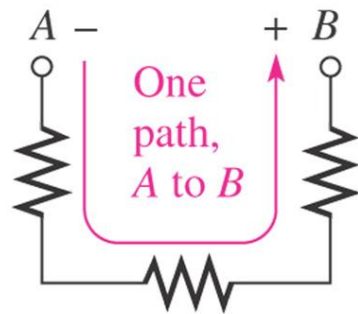
(a)



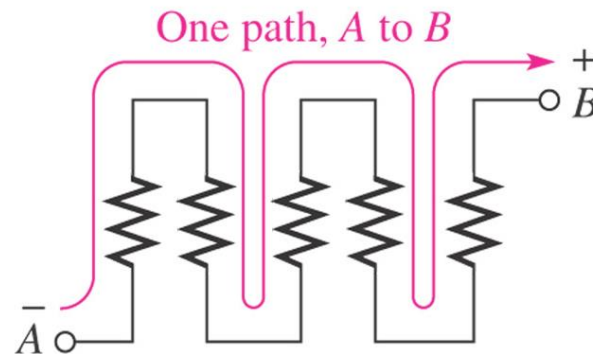
(b)



(c)



(d)



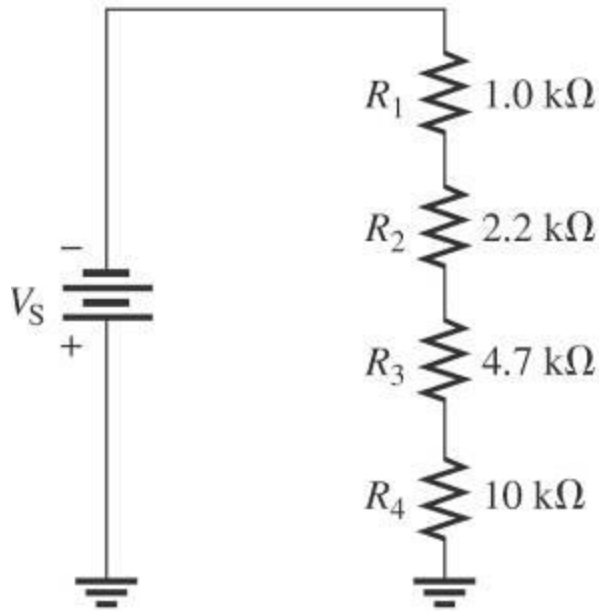
(e)

Η Ολική Αντίσταση σε Σειρά

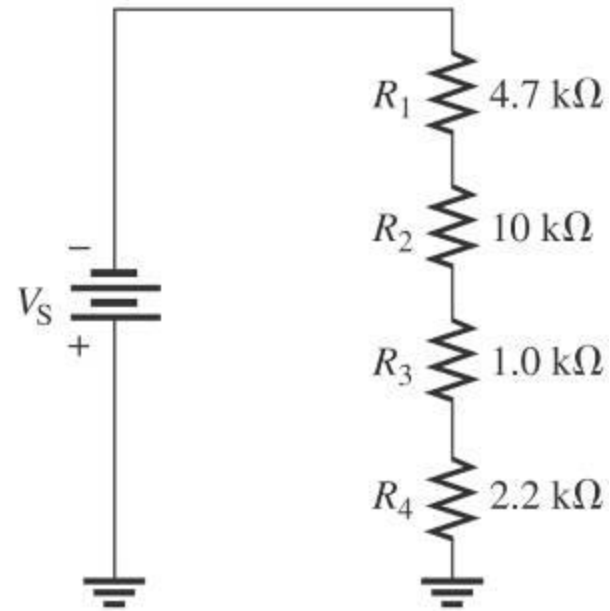
- Η **ολική αντίσταση** (total resistance) ενός κυκλώματος σε σειρά ισούται με το άθροισμα των ξεχωριστών αντιστάσεων του κυκλώματος

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-3 Υπολογίστε την ολική αντίσταση, R_T , για κάθε κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



(α)



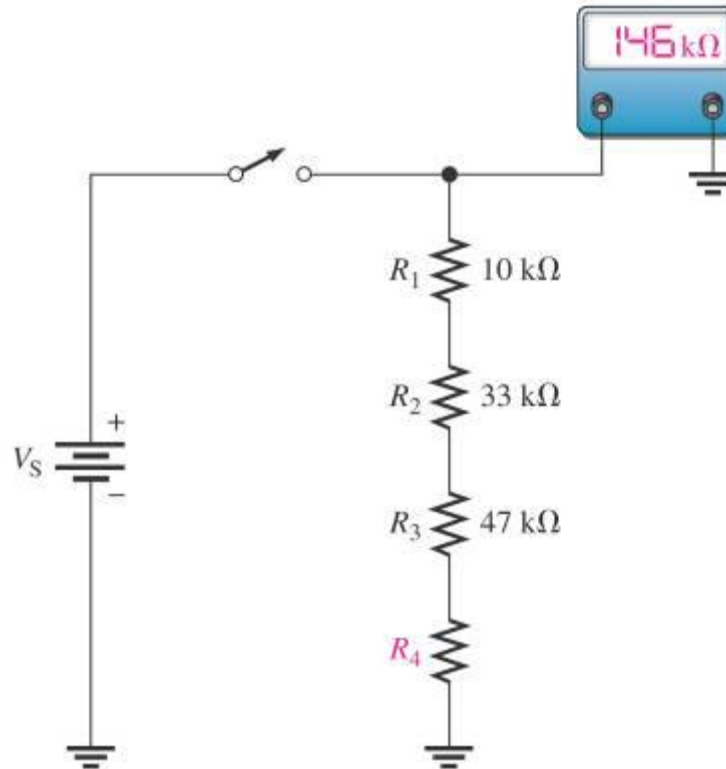
(β)

Λύση

$$(\alpha) \quad R_T = 1.0 \text{ k}\Omega + 2.2 \text{ k}\Omega + 4.7 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega = \mathbf{17.9 \text{ k}\Omega}$$

$$(\beta) \quad R_T = 4.7 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega + 1.0 \text{ k}\Omega + 2.2 \text{ k}\Omega = \mathbf{17.9 \text{ k}\Omega}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-4 Υπολογίστε την τιμή της R_4 στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



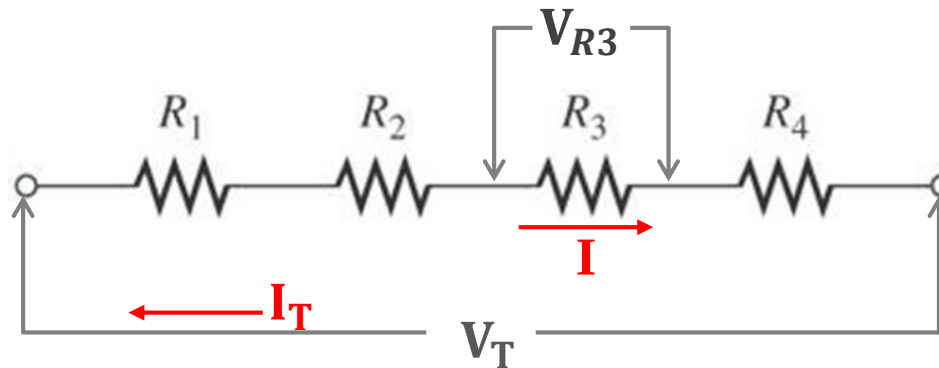
Λύση

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Λύνοντας ως προς R_4 , παίρνουμε

$$R_4 = R_T - (R_1 + R_2 + R_3) = 146 \text{ k}\Omega - (10 \text{ k}\Omega + 33 \text{ k}\Omega + 47 \text{ k}\Omega) = \mathbf{56 \text{ k}\Omega}$$

Ο Νόμος του Ohm σε ένα Σειριακό Κύκλωμα



- Αν γνωρίζουμε την ολική τάση (V_T) και την ολική αντίσταση (R_T), ο νόμος του Ohm για το ολικό ρεύμα (I_T) γράφεται:

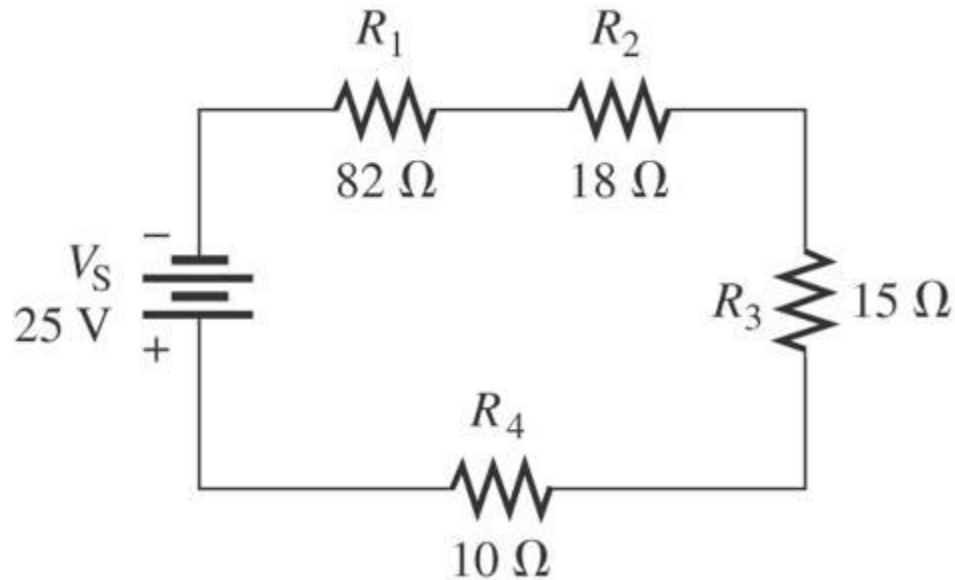
$$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

- Αν γνωρίζουμε την πτώση τάσης σε έναν από τους αντιστάτες σε σειρά, π.χ. V_{R3} , ο νόμος του Ohm για το ρεύμα I ($I=I_T$) γράφεται:

$$I = \frac{V_{R3}}{R_3}$$

- Η τάση V_{R3} στα άκρα της αντίστασης R_3 αναφέρεται και σαν **πτώση τάσης** στην αντίσταση

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-5 Υπολογίστε το ρεύμα στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



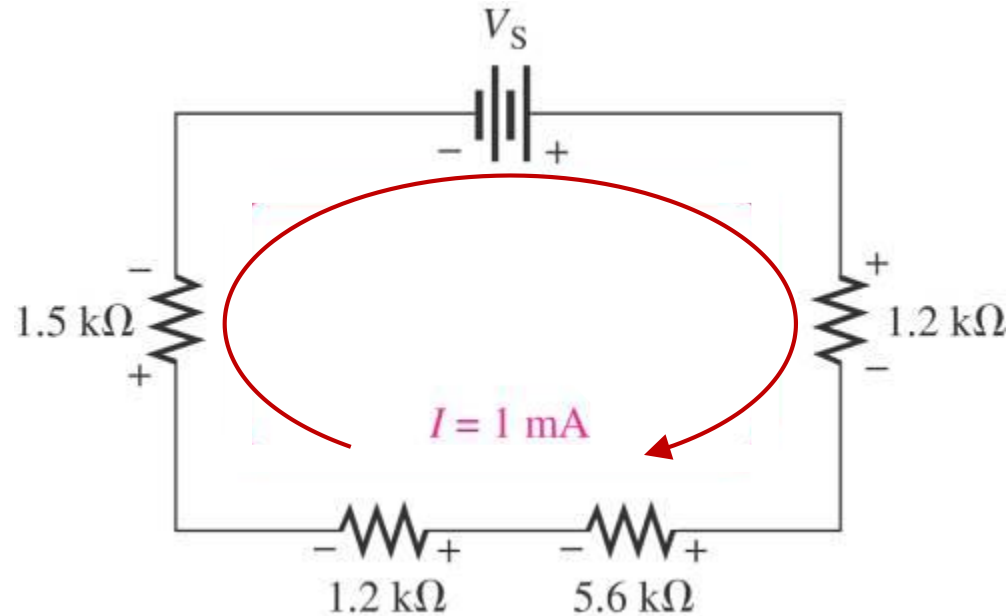
Λύση Το ρεύμα υπολογίζεται από την τάση και την ολική αντίσταση. Η ολική αντίσταση είναι:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 82 \, \Omega + 18 \, \Omega + 15 \, \Omega + 10 \, \Omega = 125 \, \Omega$$

Από το νόμο του Ohm, παίρνουμε

$$I_T = \frac{V_S}{R_T} = \frac{25 \text{ V}}{125 \, \Omega} = 0.2 \text{ A} = \mathbf{200 \text{ mA}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-6 Το ρεύμα στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας είναι 1 mA. Πόση πρέπει να είναι η τάση V_S της πηγής;



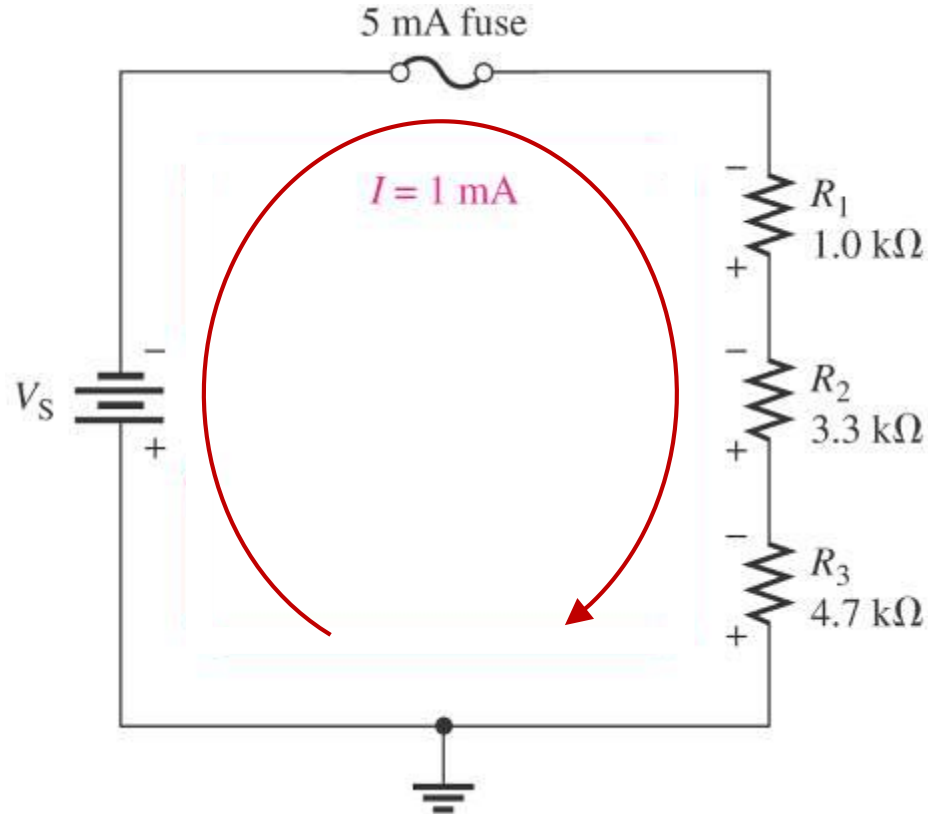
Λύση Για να υπολογίσουμε τη V_S , πρώτα υπολογίζουμε την ολική αντίσταση R_T .

$$R_T = 1.2 \text{ k}\Omega + 5.6 \text{ k}\Omega + 1.2 \text{ k}\Omega + 1.5 \text{ k}\Omega = 9.5 \text{ k}\Omega$$

Τώρα, χρησιμοποιούμε το νόμο του Ohm για να πάρουμε τη V_S

$$V_S = I_T \cdot R_T = (1 \text{ mA})(9.5 \text{ k}\Omega) = \mathbf{9.5 \text{ V}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-7 Υπολογίστε την πτώση τάσης στα άκρα κάθε αντιστάτη στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας και βρείτε τη V_S . Μέχρι ποια τιμή μπορεί να ανέβει η V_S πριν καεί η ασφάλεια των 5 mA;



Λύση Από το νόμο του Ohm, η πτώση τάσης στα άκρα κάθε αντιστάτη ισούται με το γινόμενο της αντίστασής του (R) επί το ρεύμα (I) που τον διαρρέει.

Η πτώση τάσης κατά μήκος της R_1 είναι

$$V_1 = I \cdot R_1 = (1 \text{ mA})(1.0 \text{ k}\Omega) = 1 \text{ V}$$

Λύση (συνέχεια)

Η πτώση τάσης κατά μήκος της R_2 είναι

$$V_2 = I \cdot R_2 = (1 \text{ mA})(3.3 \text{ k}\Omega) = \mathbf{3.3 \text{ V}}$$

Η πτώση τάσης κατά μήκος της R_3 είναι

$$V_3 = I \cdot R_3 = (1 \text{ mA})(4.7 \text{ k}\Omega) = \mathbf{4.7 \text{ V}}$$

Για να υπολογίσουμε τη V_S , πρώτα υπολογίζουμε την ολική αντίσταση R_T .

$$R_T = 1.0 \text{ k}\Omega + 3.3 \text{ k}\Omega + 4.7 \text{ k}\Omega + 1.5 \text{ k}\Omega = 9 \text{ k}\Omega$$

Η τάση της πηγής V_S είναι

$$V_S = I \cdot R_T = (1 \text{ mA})(9 \text{ k}\Omega) = \mathbf{9 \text{ V}}$$

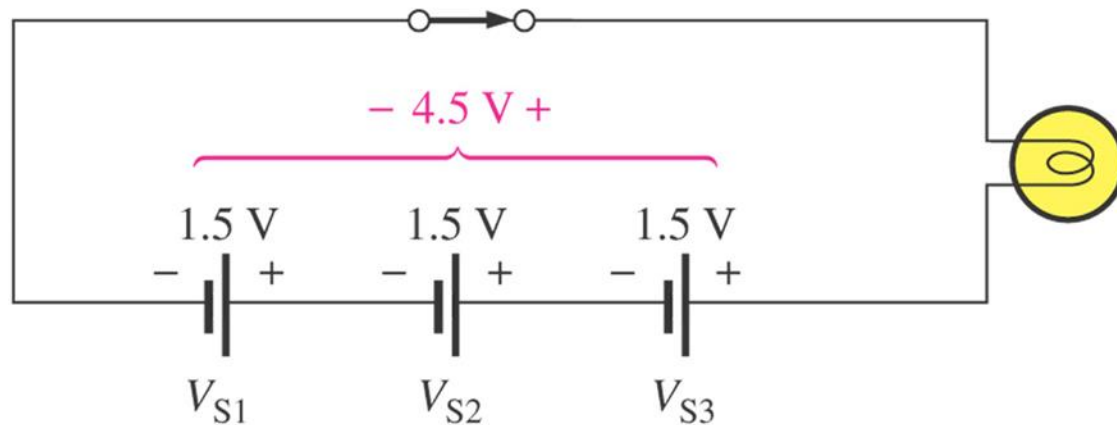
Σημειώστε ότι, αν προσθέσετε τις πτώσεις τάσης όλων των αντιστάσεων, έχουν άθροισμα 9 V , όση είναι και η τάση της πηγής.

Η ασφάλεια μπορεί να αντέξει ένα μέγιστο ρεύμα 5 mA . Η μέγιστη τιμή της V_S , συνεπώς, είναι

$$V_{S(\max)} = I \cdot R_T = (5 \text{ mA})(9 \text{ k}\Omega) = \mathbf{45 \text{ V}}$$

Πηγές Τάσης σε Σειρά

- Όταν δύο ή περισσότερες πηγές τάσης είναι σε σειρά, η ολική τάση ισούται με το **αλγεβρικό άθροισμα** των τάσεων όλων των ξεχωριστών πηγών (λαμβάνοντας υπ' όψη την πολικότητα της κάθε πηγής).

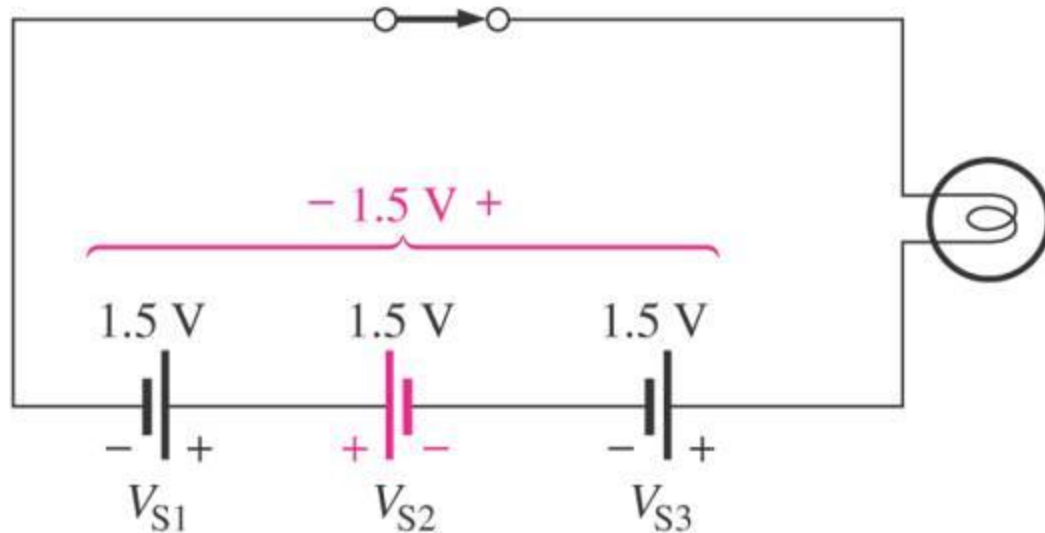


$$V_{S(\text{ολ})} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} = 4.5 \text{ V}$$

Πηγές Τάσης σε Σειρά (συνέχεια)

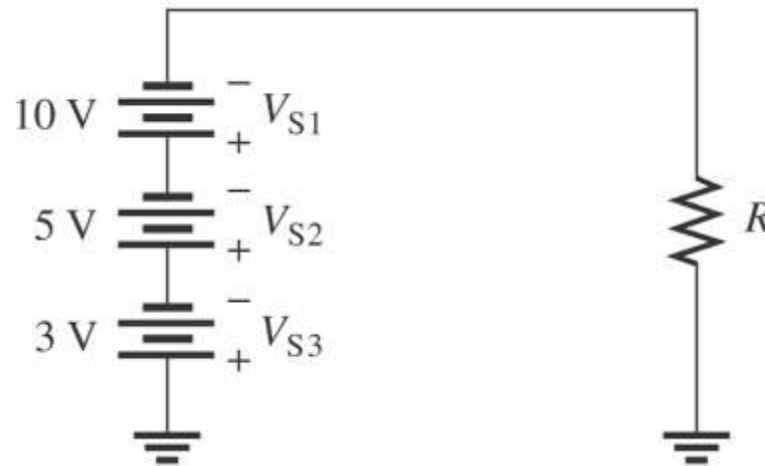
- Οι πηγές τάσης σε σειρά **προστίθενται** όταν η πολικότητά τους είναι στην **ίδια διεύθυνση** (series-aiding), δηλαδή, ο θετικός πόλος της μιας συνδέεται με τον αρνητικό της επόμενης, κ.ο.κ.
- Αντίθετα, οι πηγές τάσης σε σειρά **αφαιρούνται** όταν η πολικότητά τους είναι σε **αντίθετες διευθύνσεις** (series-opposing), δηλαδή, δύο θετικοί ή δύο αρνητικοί πόλοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους.

ΕΙΚΟΝΑ 4-5 Όταν οι πηγές συνδέονται με αντίθετες πολικότητες, οι τάσεις τους αφαιρούνται.



$$V_{S(\text{ολ})} = V_{S1} - V_{S2} + V_{S3} = 1.5\text{ V} - 1.5\text{ V} + 1.5\text{ V} = 1.5\text{ V}$$

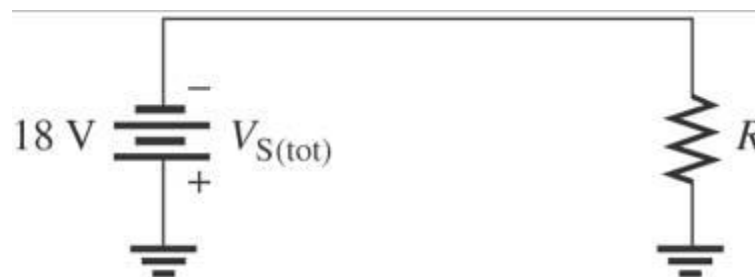
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-8 Ποια είναι η ολική τάση των πηγών ($V_{S(\text{ολ})}$) στην παρακάτω εικόνα;



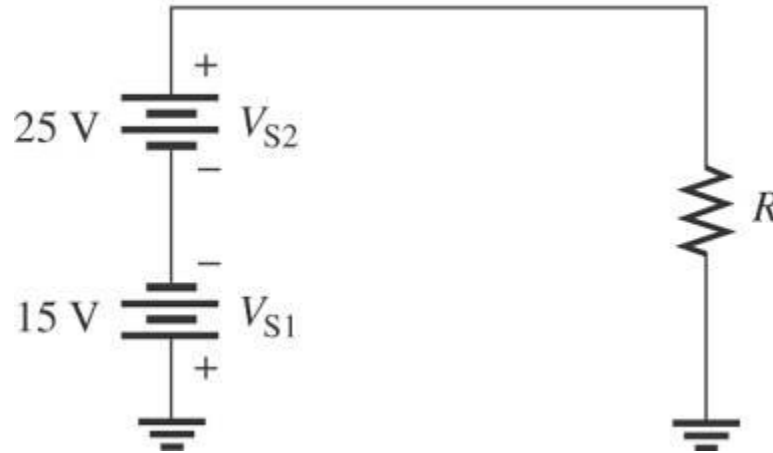
Λύση Η πολικότητα κάθε πηγής είναι η ίδια (οι πηγές είναι συνδεδεμένες στην ίδια διεύθυνση στο κύκλωμα). Συνεπώς, προσθέτουμε τις τρεις τάσεις για να πάρουμε την ολική τάση.

$$V_{S(\text{ολ})} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} = 10 \text{ V} + 5 \text{ V} + 3 \text{ V} = \mathbf{18 \text{ V}}$$

Οι τρεις ξεχωριστές πηγές μπορούν να αντικατασταθούν με μια ισοδύναμη πηγή των 18 V.



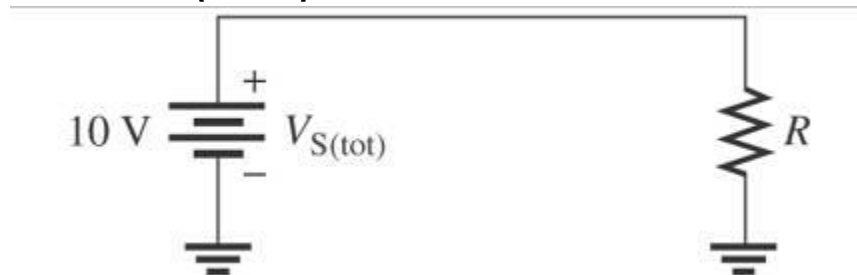
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-9 Προσδιορίστε την $V_{S(\text{ολ})}$ στην παρακάτω εικόνα;



Λύση Αυτές οι πηγές είναι συνδεδεμένες σε αντίθετες διευθύνσεις. Συνεπώς, η ολική τάση είναι η διαφορά τους. Η ολική τάση έχει την ίδια πολικότητα όπως και η μεγαλύτερη πηγή.

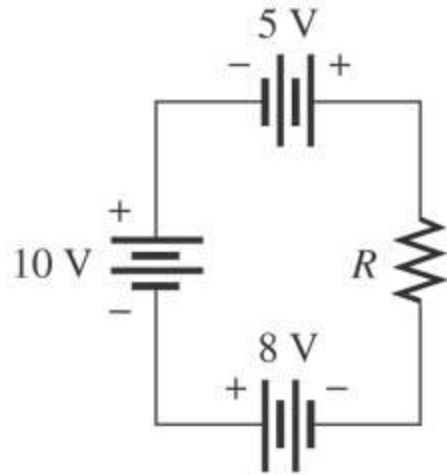
$$V_{S(\text{ολ})} = V_{S2} - V_{S1} = 25 \text{ V} - 15 \text{ V} = \mathbf{10 \text{ V}}$$

Οι δύο πηγές μπορούν να αντικατασταθούν με μια ισοδύναμη πηγή των 10 V με πολικότητα που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

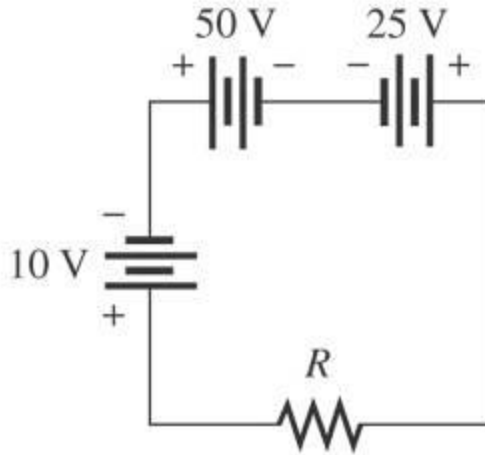


ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Πηγές Τάσης σε Σειρά

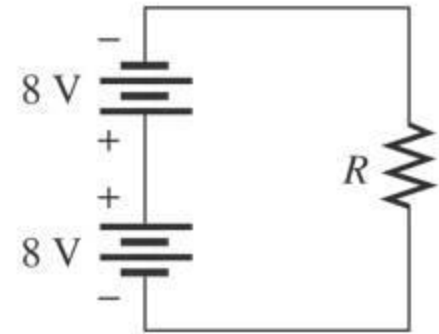
11. Προσδιορίστε την ολική τάση πηγής των κυκλωμάτων της παρακάτω εικόνας.



(α)



(β)



(γ)

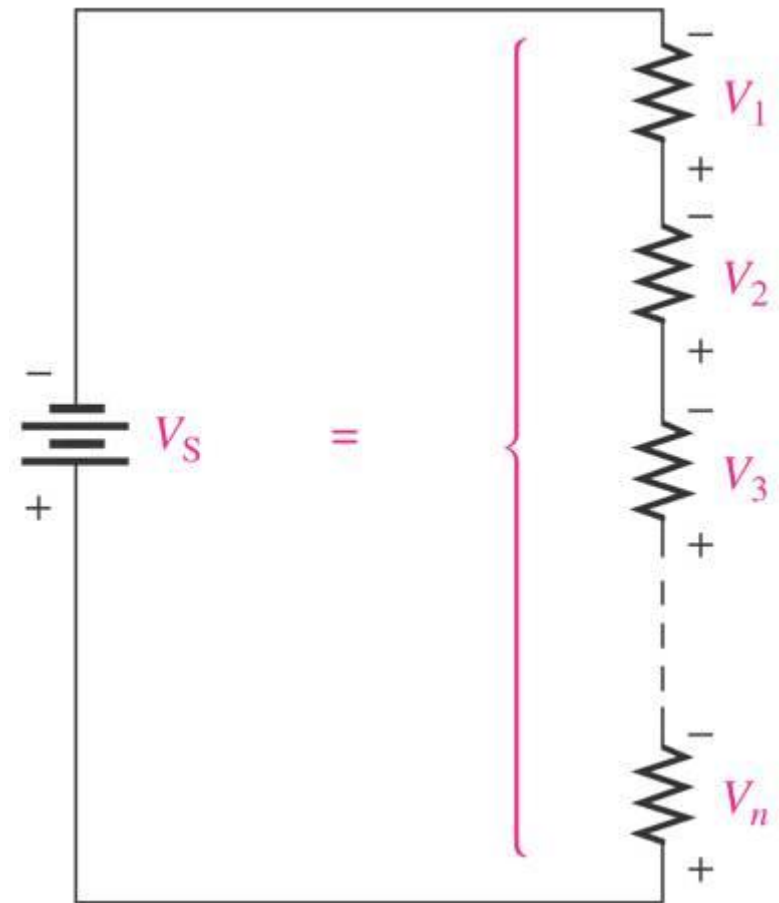
Απ.:
(α) 23 V
(β) 35 V
(γ) 0 V

Ο Νόμος των Τάσεων του Kirchhoff

(Kirchhoff's Voltage Law)

- Το άθροισμα των πτώσεων τάσης κατά μήκος μιας απλής κλειστής διαδρομής σε ένα κύκλωμα ισούται με την ολική τάση των πηγών σε αυτή την κλειστή διαδρομή

$$V_S = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

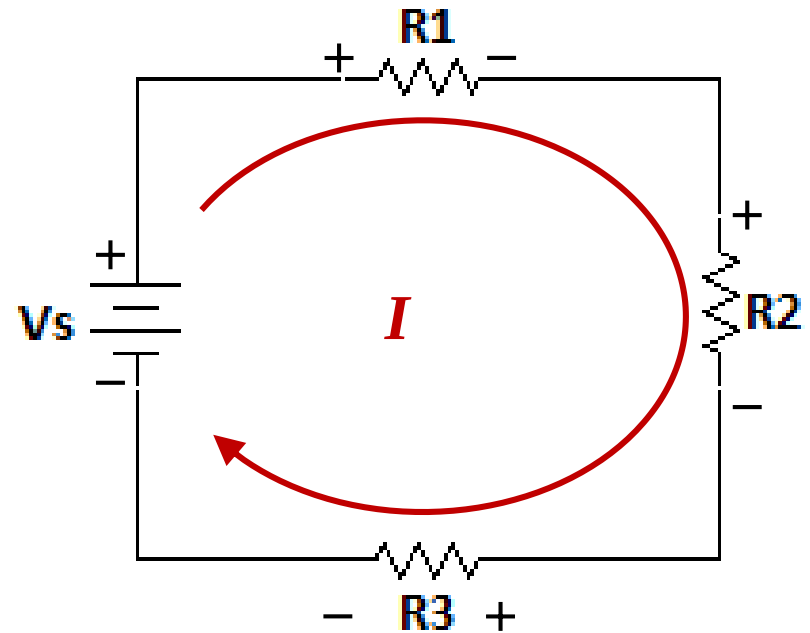


Εφαρμογή του νόμου των τάσεων του Kirchhoff

Βήμα 1° Σχεδιάζουμε το ρεύμα του βρόχου επιλέγοντας αυθαίρετα τη φορά.

Βήμα 2° Σημειώνουμε τις πτώσεις τάσης ($V=I \cdot R$) στις αντιστάσεις του βρόχου σύμφωνα με τη φορά του ρεύματος του βήματος 1.

- Ας θεωρήσουμε τη συμβατική φορά του ρεύματος, οπότε η τάση στην αντίσταση πέφτει στη φορά του ρεύματος



Βήμα 3° Γράφουμε το νόμο των τάσεων του Kirchhoff διατρέχοντας το βρόχο είτε δεξιόστροφα (CW) είτε αριστερόστροφα (CCW)

Εφαρμογή του νόμου των τάσεων του Kirchhoff

Παράδειγμα 1

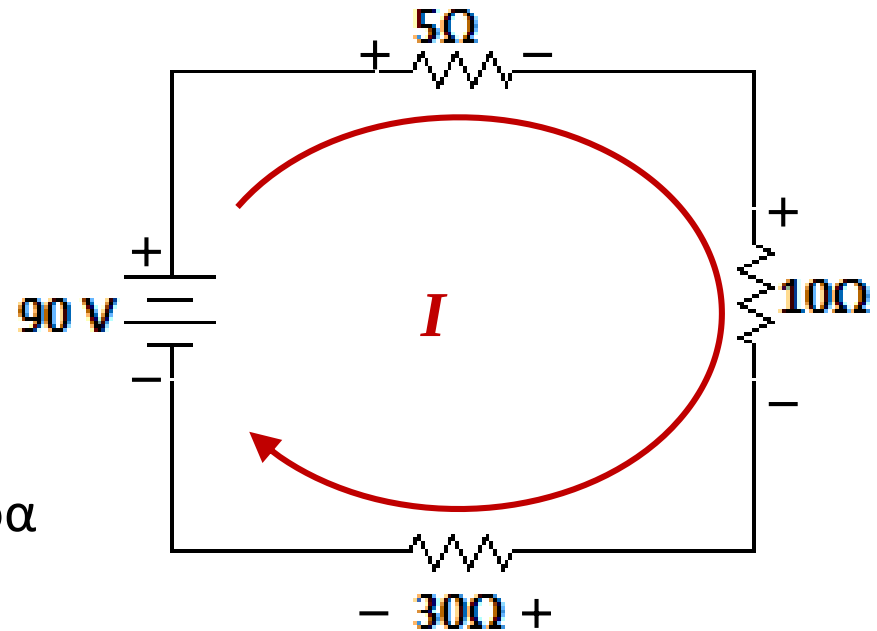
Διατρέχοντας το βρόχο δεξιόστροφα

$$V_s - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$90\text{V} - I \cdot (5\Omega) - I \cdot (10\Omega) - I \cdot (30\Omega) = 0$$

$$90\text{V} = I \cdot (45\Omega)$$

$$I = (90\text{V}) / (45\Omega) = \mathbf{2\text{A}}$$



Παράδειγμα 2

Διατρέχοντας το βρόχο αριστερόστροφα

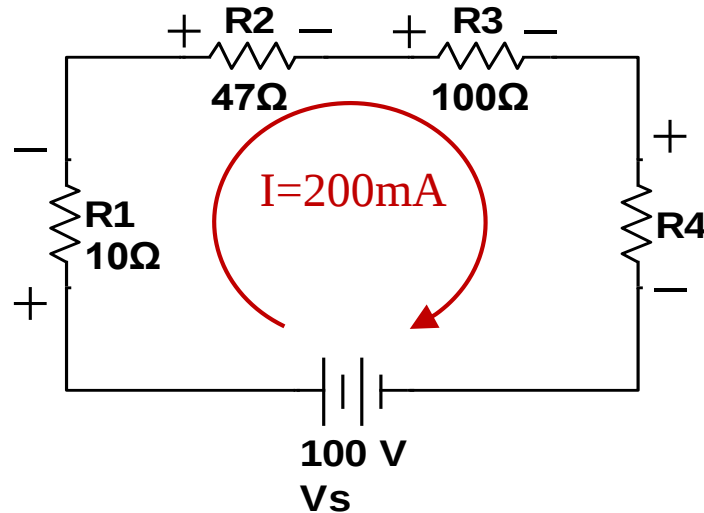
$$-V_s + V_1 + V_2 + V_3 = 0$$

$$-90\text{V} + I \cdot (5\Omega) + I \cdot (10\Omega) + I \cdot (30\Omega) = 0$$

$$-90\text{V} = -I \cdot (45\Omega)$$

$$I = (90\text{V}) / (45\Omega) = \mathbf{2\text{A}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-12 Βρείτε την τιμή της R_4 στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



Λύση

Επιλέγουμε τη φορά του ρεύματος I (αυθαίρετα)

Γράφουμε το νόμο των τάσεων του Kirchhoff (δεξιόστροφα)

$$V_s - I \cdot R_1 - I \cdot R_2 - I \cdot R_3 - I \cdot R_4 = 0$$

$$100 \text{ V} - (200\text{mA})(10\Omega) - (200\text{mA})(47\Omega) - (200\text{mA})(100\Omega) - (200\text{mA}) \cdot R_4 = 0$$

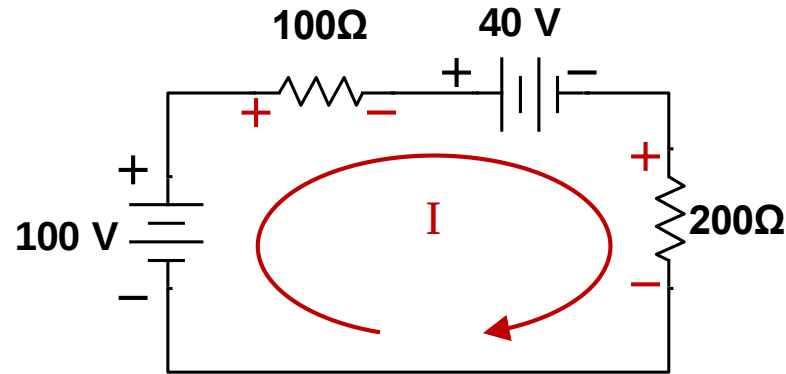
$$100 \text{ V} - 2\text{V} - 9.4\text{V} - 20\text{V} - (200\text{mA}) \cdot R_4 = 0$$

$$73.3\text{V} - (200\text{mA}) \cdot R_4 = 0$$

$$(200\text{mA}) \cdot R_4 = 68,6$$

$$R_4 = \frac{68,6\text{V}}{200\text{mA}} = \mathbf{343 \Omega}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-13* Υπολογίστε (i) το ρεύμα στο κύκλωμα και (ii) την ισχύ που παρέχει ή καταναλώνει κάθε πηγή τάσης και την ισχύ που καταναλώνει κάθε αντίσταση.



Λύση

- (i) Επιλέγουμε τη φορά του ρεύματος I αυθαίρετα (προσέξτε την πτώση τάσης στις αντιστάσεις)

Γράφουμε το νόμο των τάσεων του Kirchhoff (δεξιόστροφα)

$$100\text{V} - (100\Omega) \cdot I - 40\text{V} - (200\Omega) \cdot I = 0$$

$$60 - 300 \cdot I = 0$$

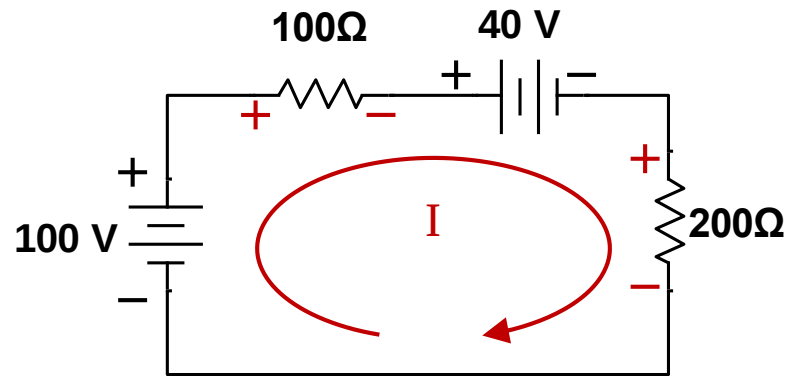
$$I = \frac{60}{300} = \mathbf{0.2\text{A}}$$

... συνεχίζεται →

* “Ανάλυση Ηλεκτρικών κυκλωμάτων” Κ. Παπαδόπουλος, Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 50657177

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-13

Λύση (συνέχεια)



(ii) Η πηγή 100V παράγει ισχύ (το I έχει φορά από τον αρνητικό προς τον θετικό πόλο)

$$P_{100V} = V \cdot I = (100V) \cdot (0.2A) = 20W$$

Η πηγή 40V καταναλώνει ισχύ (γιατί;)

$$P_{40V} = V \cdot I = (40V) \cdot (0.2A) = 8W$$

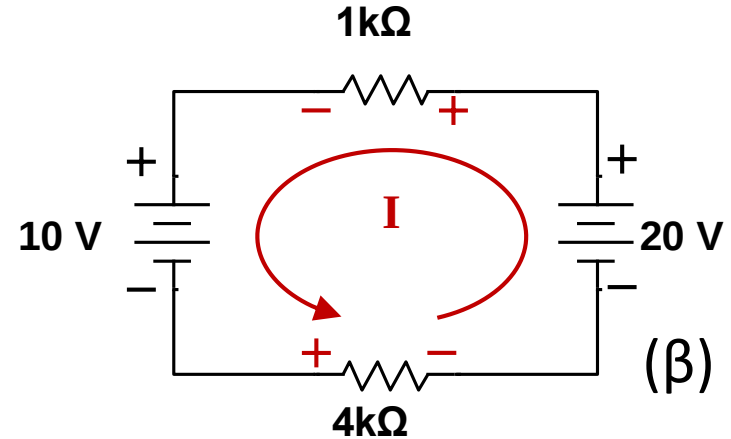
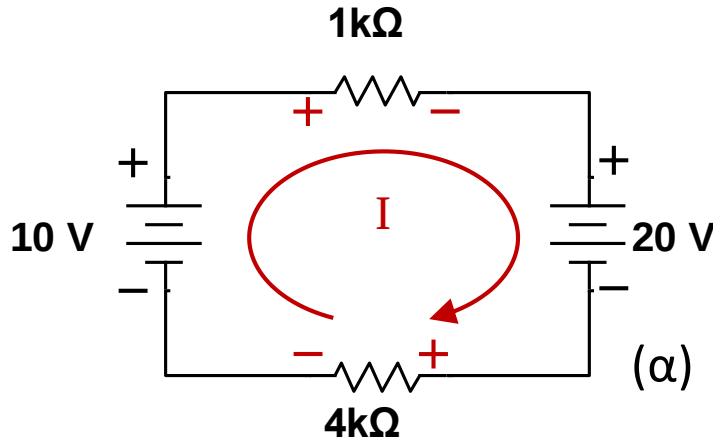
Η ισχύς που καταναλώνει κάθε αντίσταση είναι:

$$P_{100\Omega} = I^2 \cdot R = (0.2)^2 \cdot (100) = 4W$$

$$P_{200\Omega} = I^2 \cdot R = (0.2)^2 \cdot (200) = 8W$$

Επομένως, η πηγή 100V παράγει 20W από τα οποία 8W καταναλώνονται στην πηγή 40V και τα υπόλοιπα στις δύο αντιστάσεις.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-14* Υπολογίστε (i) το ρεύμα, (ii) τις τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων και (iii) την ισχύ όλων των στοιχείων του κυκλώματος (α).



Λύση

- (i) Επιλέγουμε τη φορά του ρεύματος I αυθαίρετα (και σημειώνουμε τις πτώσεις τάσης στις αντιστάσεις)

Γράφουμε το νόμο των τάσεων του Kirchhoff (δεξιόστροφα)

$$10V - (1k) \cdot I - 20V - (4k\Omega) \cdot I = 0$$

$$-10V - (5k\Omega) \cdot I = 0$$

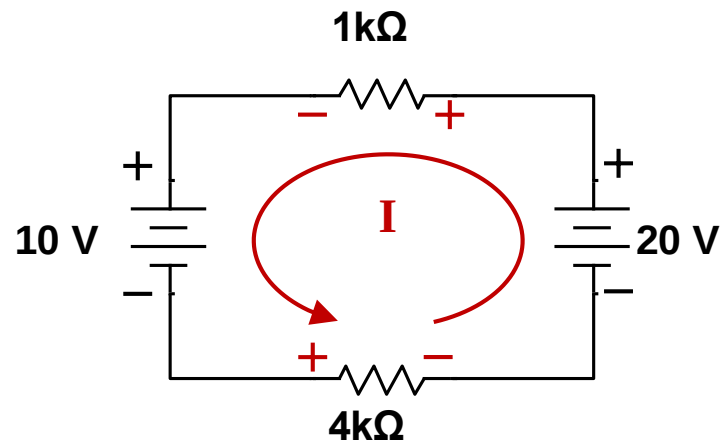
$$I = -\frac{10V}{5000\Omega} = -0.002A = -2mA$$

... συνεχίζεται →

Το $-$ στην τιμή του ρεύματος σημαίνει ότι στην πραγματικότητα η φορά του ρεύματος είναι αντίθετη από αυτή που υποθέσαμε (δηλαδή, αριστερόστροφα, εικόνα (β))

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-13

Λύση (συνέχεια)



(ii) Η πηγή 10V καταναλώνει ισχύ (το I έχει φορά από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο)

$$P_{10V} = V \cdot I = (10V) \cdot (2mA) = 20mW$$

Η πηγή 20V παράγει ισχύ (γιατί;)

$$P_{20V} = V \cdot I = (20V) \cdot (2mA) = 40mW$$

Η ισχύς που καταναλώνει κάθε αντίσταση είναι:

$$P_{1k\Omega} = I^2 \cdot R = (2mA)^2 \cdot (1000\Omega) = 4mW$$

$$P_{4k\Omega} = I^2 \cdot R = (2mA)^2 \cdot (4000\Omega) = 16mW$$

Επομένως, η πηγή 20V παράγει 40mW ισχύος από τα οποία 20mW καταναλώνονται στην πηγή 10V και τα υπόλοιπα στις δύο αντιστάσεις.

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Ο Νόμος των Τάσεων του Kirchhoff

12. Οι ακόλουθες πτώσεις τάσης μετρούνται στα άκρα καθενός από τρεις αντιστάτες σε σειρά: 5.5 V, 8.2 V και 12.3 V. Ποια είναι η τιμή της τάσης της πηγής με την οποία συνδέονται αυτοί οι αντιστάτες;

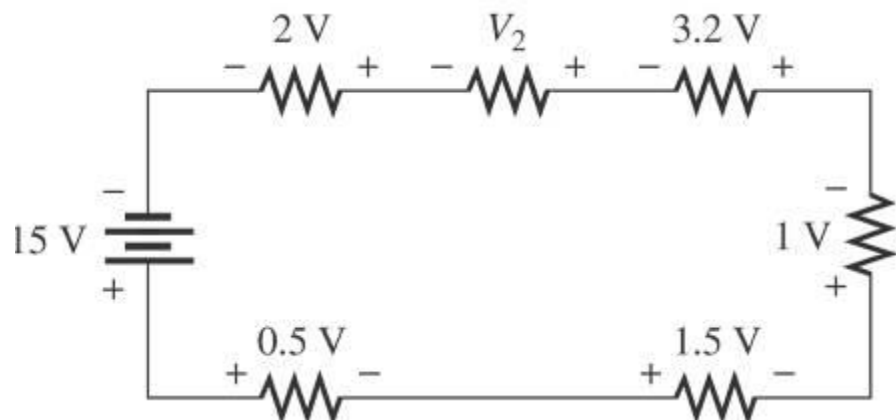
Απ.: 26 V

13. Πέντε αντιστάτες είναι σε σειρά με μια πηγή 20 V. Οι πτώσεις τάσης στα άκρα των τεσσάρων από αυτούς είναι 1.5 V, 5.5 V, 3 V και 6 V. Πόση είναι η τάση στα άκρα του πέμπτου αντιστάτη;

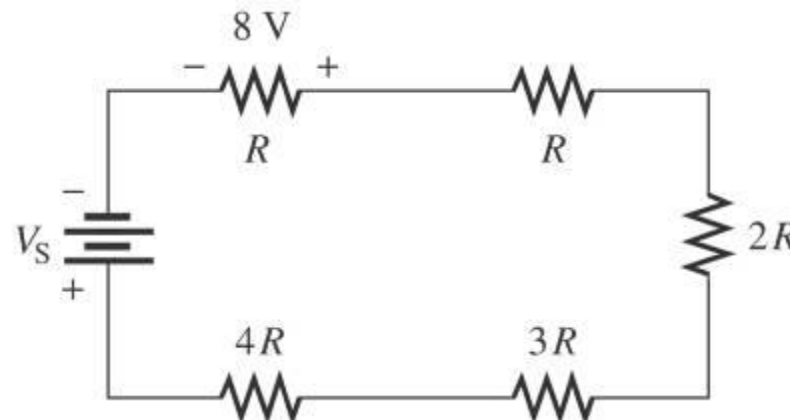
Απ.: 4 V

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Ο Νόμος των Τάσεων του Kirchhoff

14. Προσδιορίστε τις μη αναγραφόμενες πτώσεις τάσης σε κάθε κύκλωμα της παρακάτω εικόνας. Δείξτε πώς να συνδεθεί ένα βολτόμετρο για να μετρήσουμε κάθε άγνωστη πτώση τάσης.



(α)



(β)

Λύση

(α) $V_2 = 6.8 \text{ V}$

(β) $V_R = 8 \text{ V}$, $V_{2R} = 16 \text{ V}$, $V_{3R} = 24 \text{ V}$ και $V_{4R} = 32 \text{ V}$.

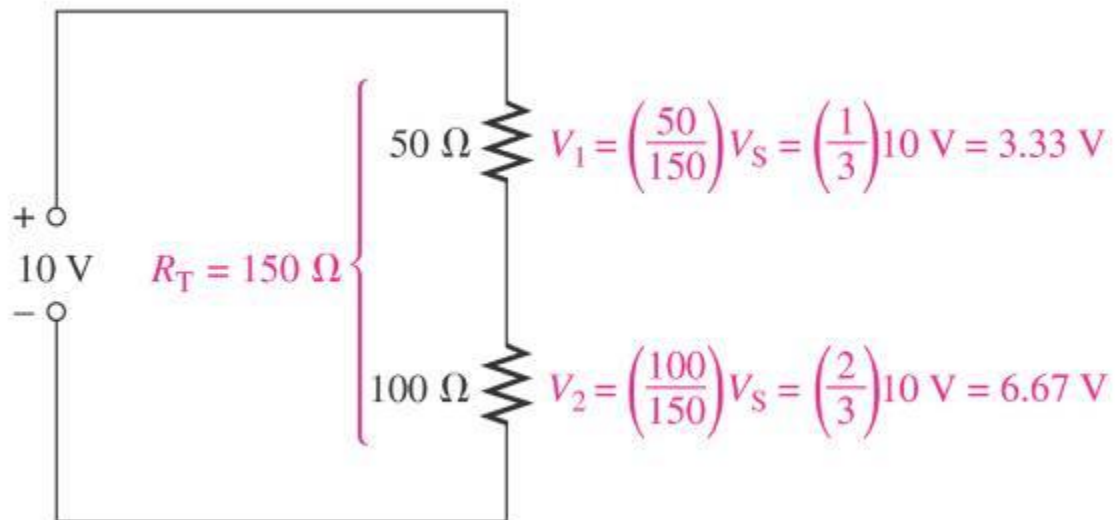
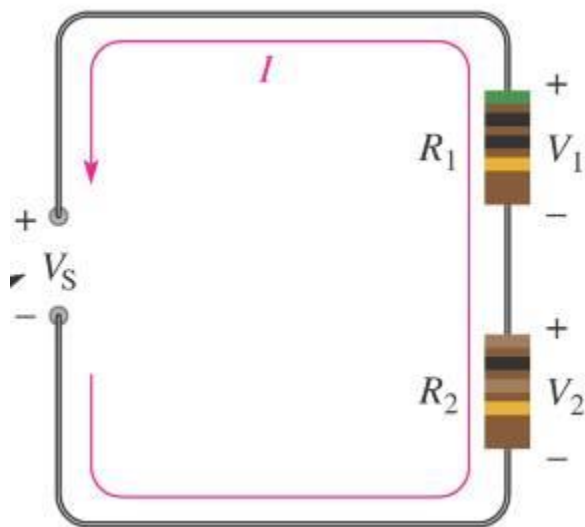
Το βολτόμετρο συνδέεται στα άκρα (παράλληλα) κάθε αντιστάτη άγνωστης τάσης.

Διαιρέτες Τάσης

(Voltage Dividers)

- Ένας **διαιρέτης τάσης** είναι μια ακολουθία αντιστατών σε σειρά.
- Εφ' όσον κάθε αντιστάτης σε σειρά έχει το ίδιο ρεύμα, η πτώσεις τάσης είναι ανάλογες με τις τιμές των αντιστάσεων.
- Με άλλα λόγια, η ολική πτώση τάσης μοιράζεται μεταξύ των αντιστατών σε σειρά σε ποσά ευθέως ανάλογα προς τις τιμές των αντιστάσεων. Η μικρότερη αντίσταση έχει την μικρότερη τάση και η μεγαλύτερη αντίσταση έχει τη μεγαλύτερη τάση στα άκρα της ($V = I \cdot R$)

ΕΙΚΟΝΑ 4-8 Παράδειγμα ενός διαιρέτη τάσης δύο αντιστάσεων.

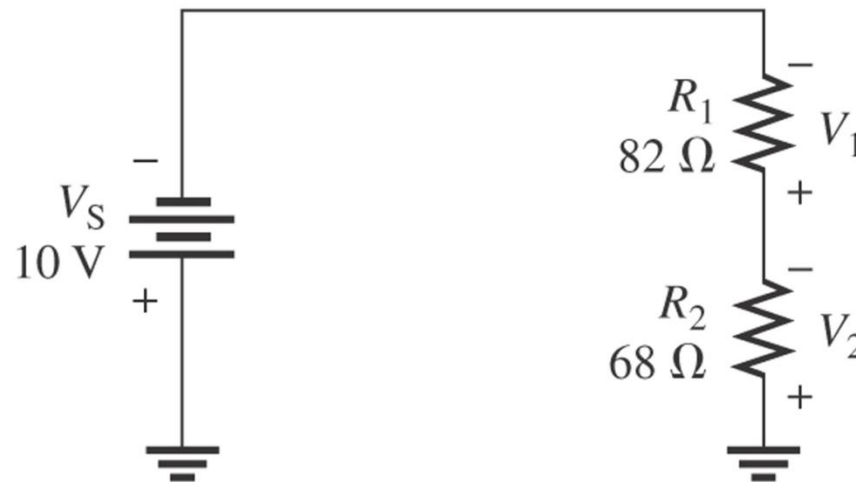


Ο Τύπος του Διαιρέτη Τάσης

- Η πτώση τάσης V_x στα άκρα κάθε αντιστάτη ή συνδυασμού αντιστατών σε ένα κύκλωμα σε σειρά ισούται με το λόγο αυτής της τιμής αντίστασης R_x προς την ολική αντίσταση R_T , πολλαπλασιασμένη επί την τάση της πηγής V_S

$$V_x = \left(\frac{R_x}{R_T} \right) \cdot V_S$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-13 Προσδιορίστε τις V_1 (την τάση στα άκρα της R_1) και V_2 (την τάση στα άκρα της R_2) στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



Λύση

Η ολική αντίσταση είναι

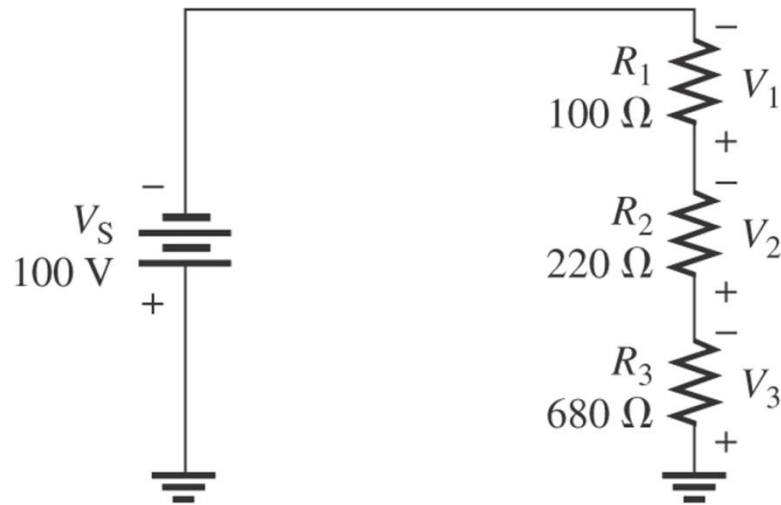
$$R_T = R_1 + R_2 = 82\ \Omega + 68\ \Omega = 150\ \Omega$$

Έχουμε:

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{82\ \Omega}{150\ \Omega} \right) 10\text{ V} = \mathbf{5.47\text{ V}}$$

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{68\ \Omega}{150\ \Omega} \right) 10\text{ V} = \mathbf{4.53\text{ V}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-14 Υπολογίστε την πτώση τάσης στα άκρα κάθε αντιστάτη στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



Λύση

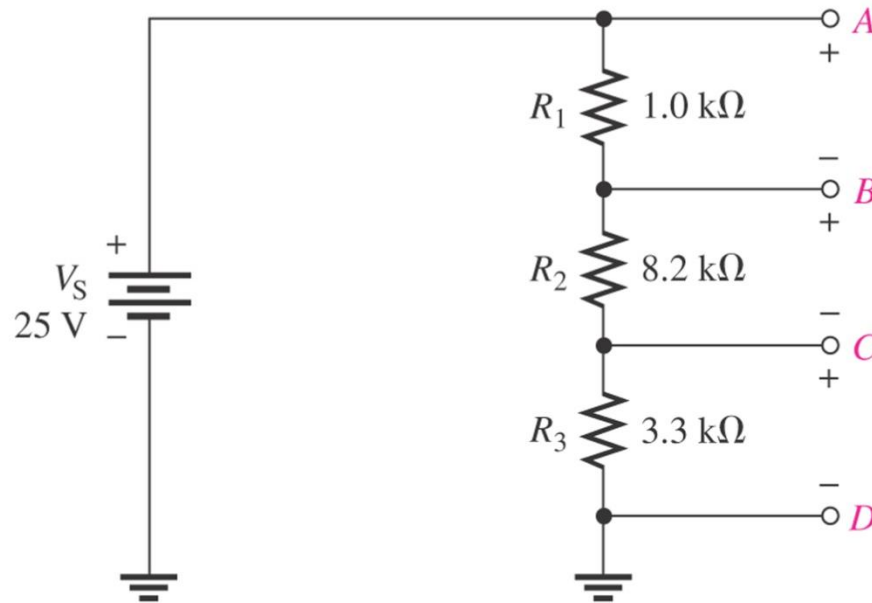
Η ολική αντίσταση είναι $R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 1000 \Omega$.

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{100 \Omega}{1000 \Omega} \right) 100 \text{ V} = \mathbf{10 \text{ V}}$$

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{220 \Omega}{1000 \Omega} \right) 100 \text{ V} = \mathbf{22 \text{ V}}$$

$$V_3 = \left(\frac{R_3}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{680 \Omega}{1000 \Omega} \right) 100 \text{ V} = \mathbf{68 \text{ V}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-15 Υπολογίστε τις τάσεις μεταξύ των ακόλουθων σημείων στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας:
(α) A ως B (β) A ως C (γ) B ως C (δ) B ως D (ε) C ως D

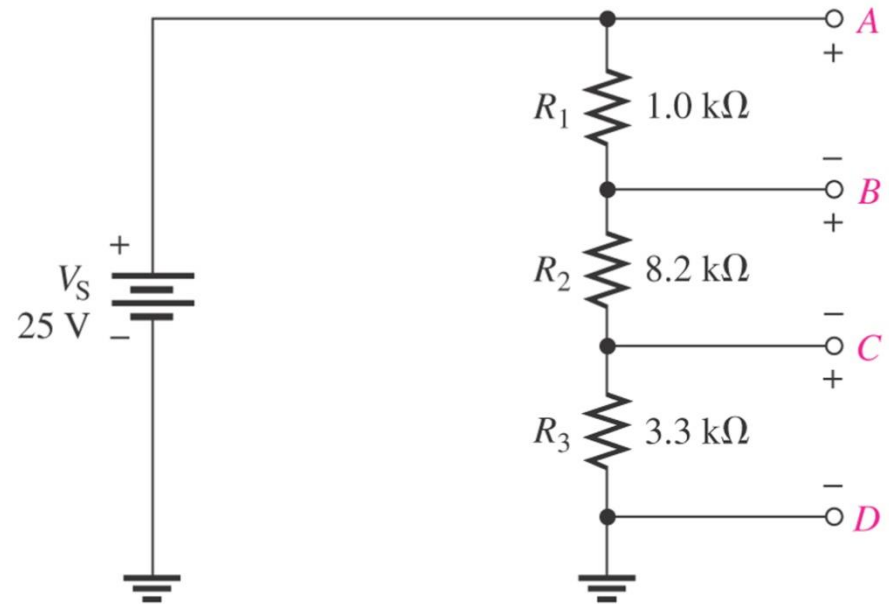


Λύση Η ολική αντίσταση είναι R_T . $R_T = 1.0 \text{ k}\Omega + 8.2 \text{ k}\Omega + 3.3 \text{ k}\Omega = 12.5 \text{ k}\Omega$

(α) Η τάση από A ως B είναι η πτώση τάσης στα άκρα της R_1 .

$$V_{AB} = \left(\frac{R_1}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{1.0 \text{ k}\Omega}{12.5 \text{ k}\Omega} \right) 25 \text{ V} = \mathbf{2 \text{ V}}$$

Λύση (συνέχεια)



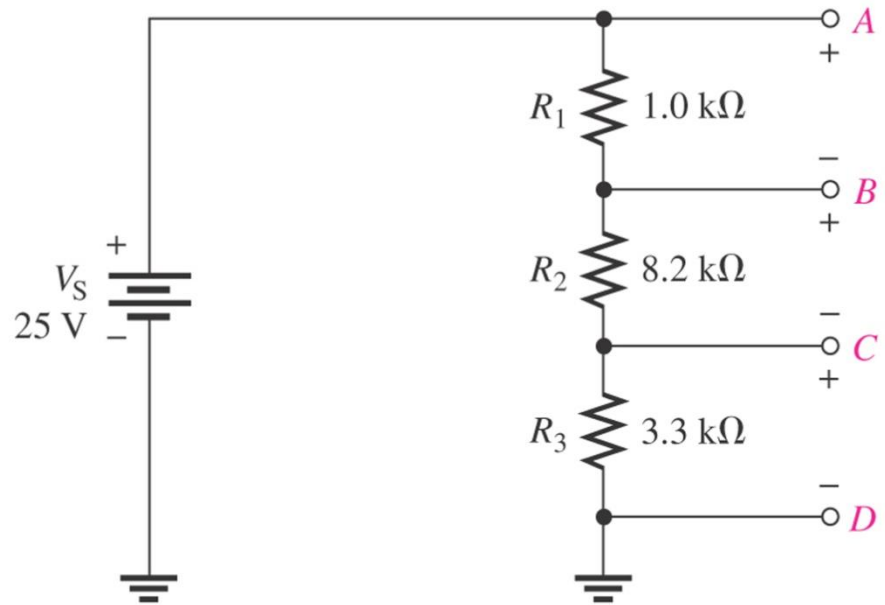
(β) Η τάση από A ως C είναι η συνδυασμένη πτώση τάσης στα άκρα των R_1 και R_2 .

$$V_{AC} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{9.2 \text{ k}\Omega}{12.5 \text{ k}\Omega} \right) 25 \text{ V} = \mathbf{18.4 \text{ V}}$$

(γ) Η τάση από B ως C είναι η τάση στα άκρα της R_2 .

$$V_{BC} = \left(\frac{R_2}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{8.2 \text{ k}\Omega}{12.5 \text{ k}\Omega} \right) 25 \text{ V} = \mathbf{16.4 \text{ V}}$$

Λύση (συνέχεια)



(δ) Η τάση από B ως D είναι η συνδυασμένη πτώση τάσης στα άκρα των R_2 και R_3 .

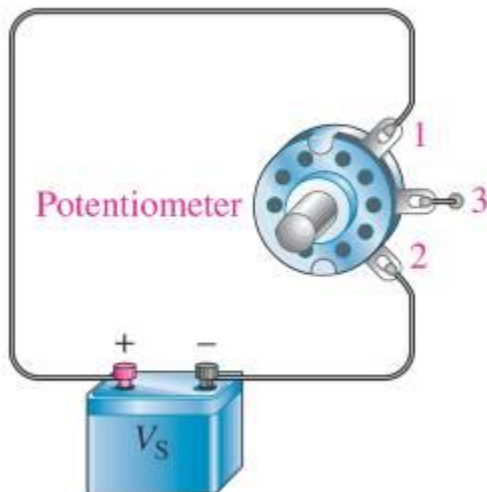
$$V_{BD} = \left(\frac{R_2 + R_3}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{11.5 \text{ k}\Omega}{12.5 \text{ k}\Omega} \right) 25 \text{ V} = \mathbf{23 \text{ V}}$$

(ε) Τέλος, η τάση από C ως D είναι η τάση στα άκρα της R_3 .

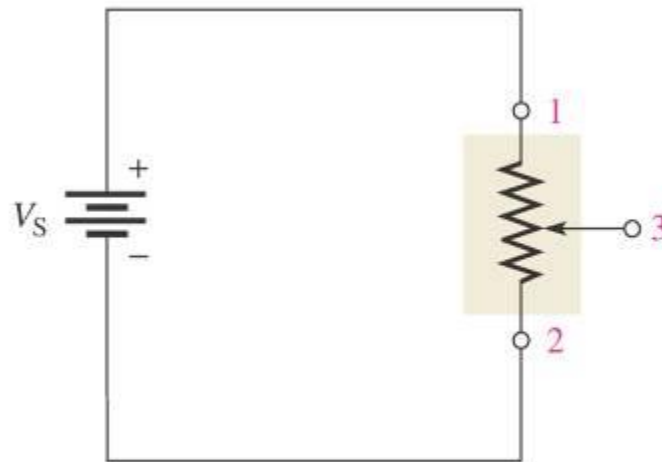
$$V_{CD} = \left(\frac{R_3}{R_T} \right) V_S = \left(\frac{3.3 \text{ k}\Omega}{12.5 \text{ k}\Omega} \right) 25 \text{ V} = \mathbf{6.6 \text{ V}}$$

Το Ποτενσιόμετρο σαν ένας Ρυθμιζόμενος Διαιρέτης Τάσης

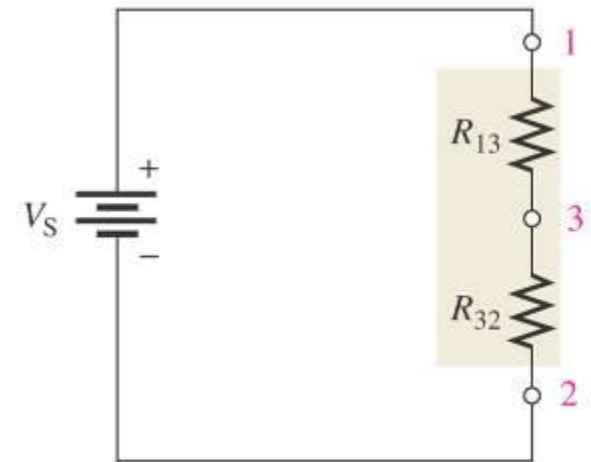
- Το ποτενσιόμετρο, που δείχνεται στην εικόνα παρακάτω, ισοδυναμεί με έναν διαιρέτη τάσης δύο αντιστάτων που μπορούμε να ρυθμίζουμε με το χέρι
- Οι δύο αντιστάτες είναι μεταξύ των ακροδεκτών 1 & 3 και 2 & 3



(α)



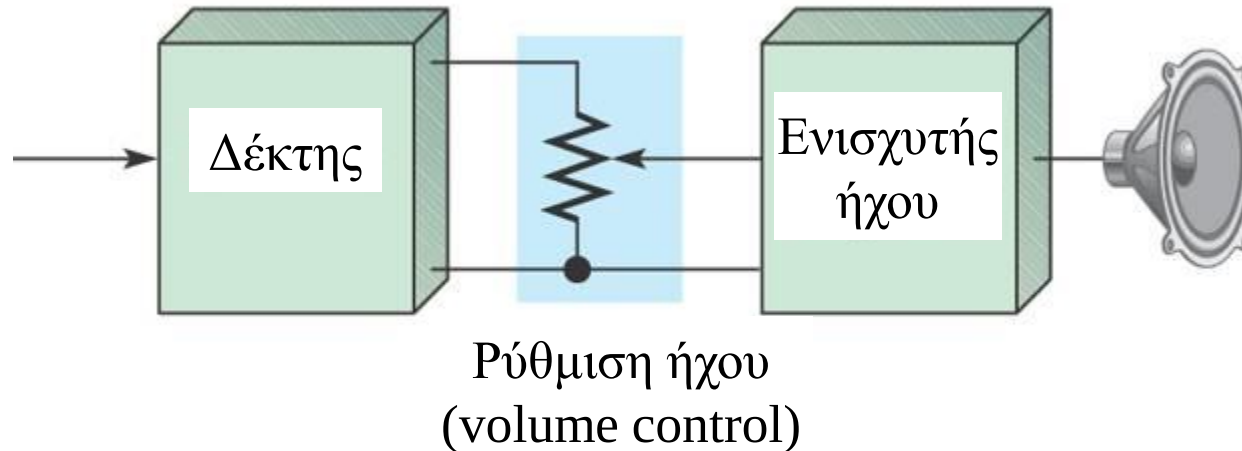
(β)



(γ)

Εφαρμογές του Διαιρέτη Τάσης

ΕΙΚΟΝΑ 4-10 Ένας διαιρέτης τάσης που χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της έντασης του ήχου σε ένα ραδιόφωνο ή TV.

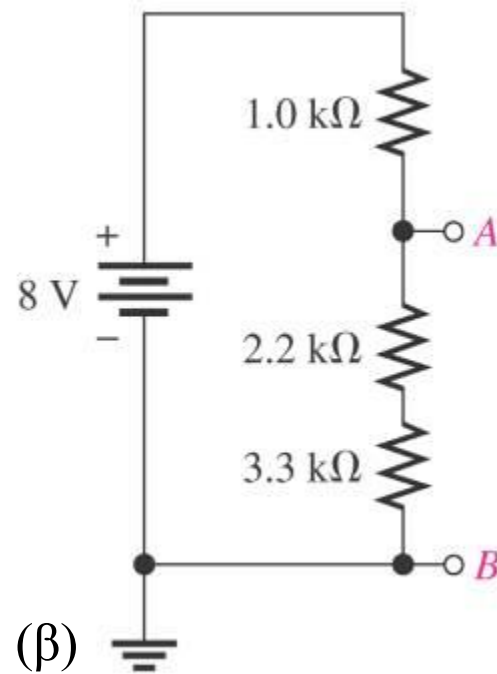
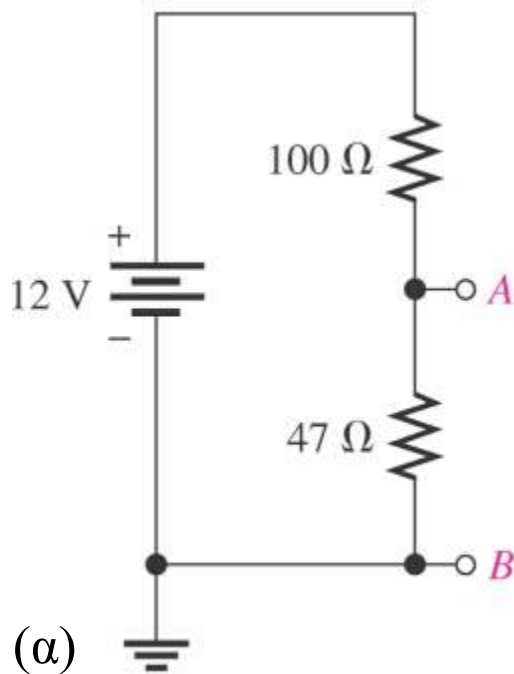


ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Διαιρέτες Τάσης

15. Η ολική αντίσταση ενός σειριακού κυκλώματος σε είναι $500\ \Omega$. Ποιο ποσοστό της ολικής τάσης εμφανίζεται στα άκρα ενός αντιστάτη $22\ \Omega$ του σειριακού κυκλώματος;

Απ.: 4.4%

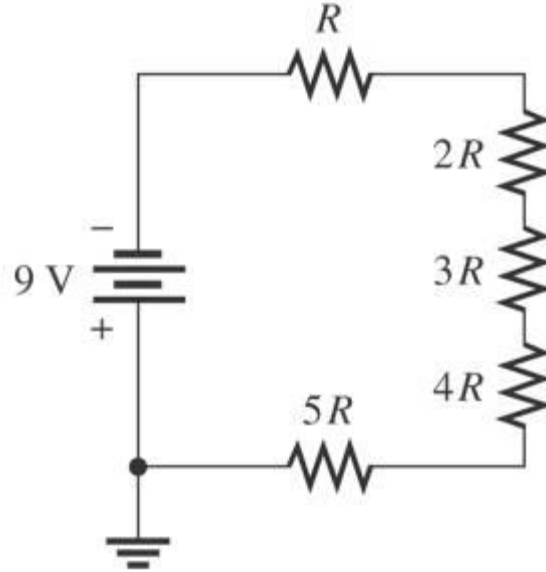
16. Βρείτε την τάση μεταξύ A και B σε κάθε διαιρέτη τάσης της παρακάτω εικόνας.



Απ.: (α) 3.84 V (β) 6.77 V

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Διαιρέτες Τάσης

17. Πόση είναι η τάση στα άκρα κάθε ενός αντιστάτη της παρακάτω εικόνας;



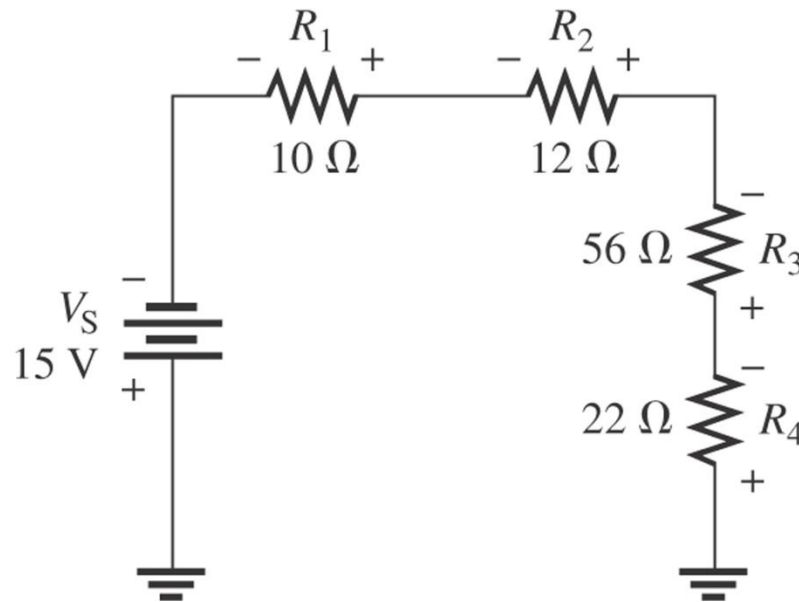
Απ.: $V_R = 0.6 \text{ V}$, $V_{2R} = 1.2 \text{ V}$, $V_{3R} = 1.8 \text{ V}$, $V_{4R} = 2.4 \text{ V}$ και $V_{5R} = 3.0 \text{ V}$

Ισχύς σε ένα Κύκλωμα σε Σειρά

- Η **ολική ισχύς** σε ένα κύκλωμα σε σειρά ισούται με το άθροισμα των ισχύος κάθε αντιστάτη σε σειρά

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-16 Υπολογίστε τη συνολική ισχύ στο σειριακό κύκλωμα της παρακάτω εικόνας



Λύση

Η ολική αντίσταση είναι $R_T = 10 \, \Omega + 12 \, \Omega + 56 \, \Omega + 22 \, \Omega = 100 \, \Omega$

Επομένως, η ολική ισχύς είναι

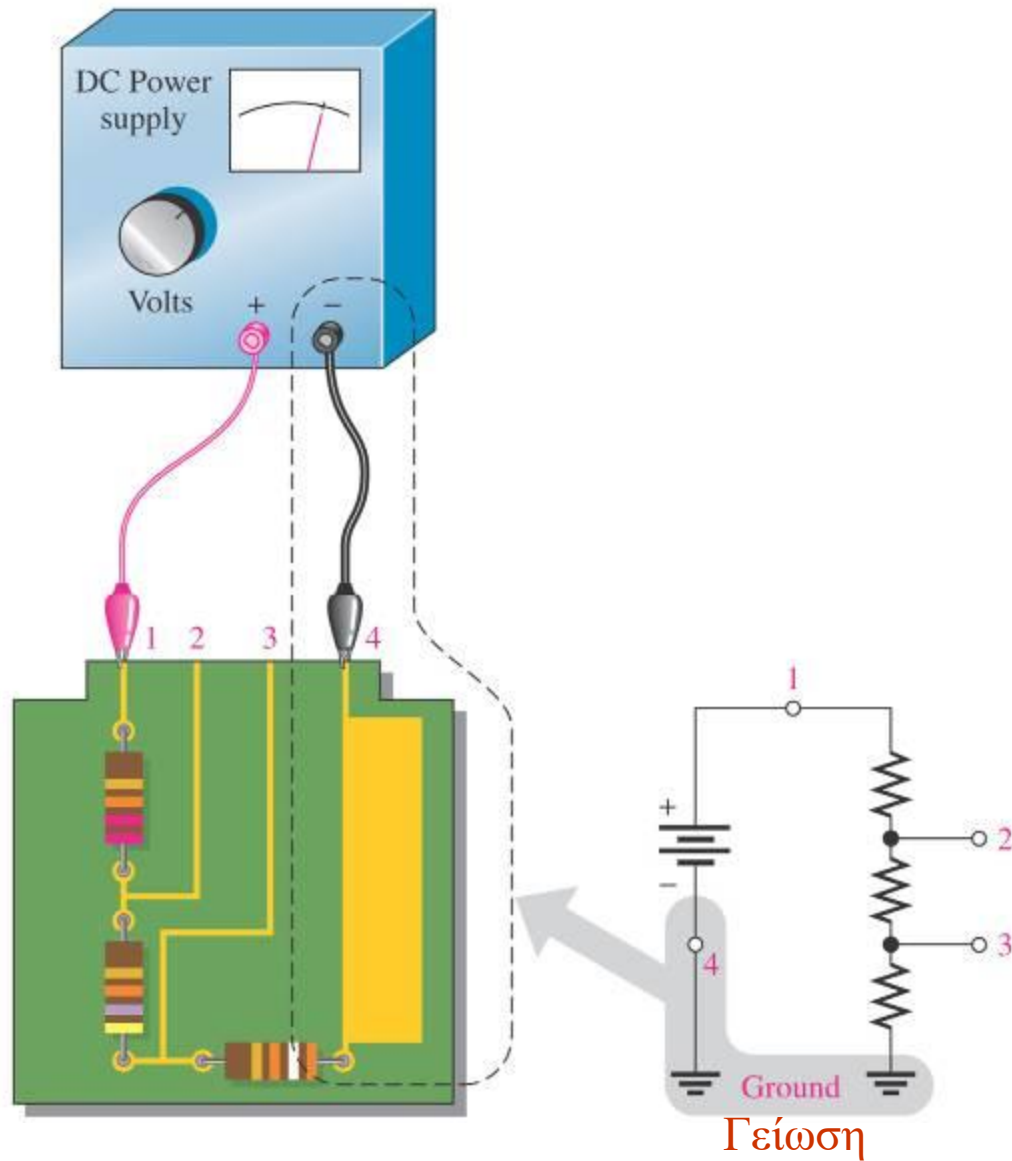
$$P_T = \left(\frac{V_S^2}{R_T} \right) = \frac{(15 \, \text{V})^2}{100 \, \Omega} = \frac{225 \, \text{V}^2}{100 \, \Omega} = \mathbf{2.25 \, \text{W}}$$

Γείωση Κυκλώματος

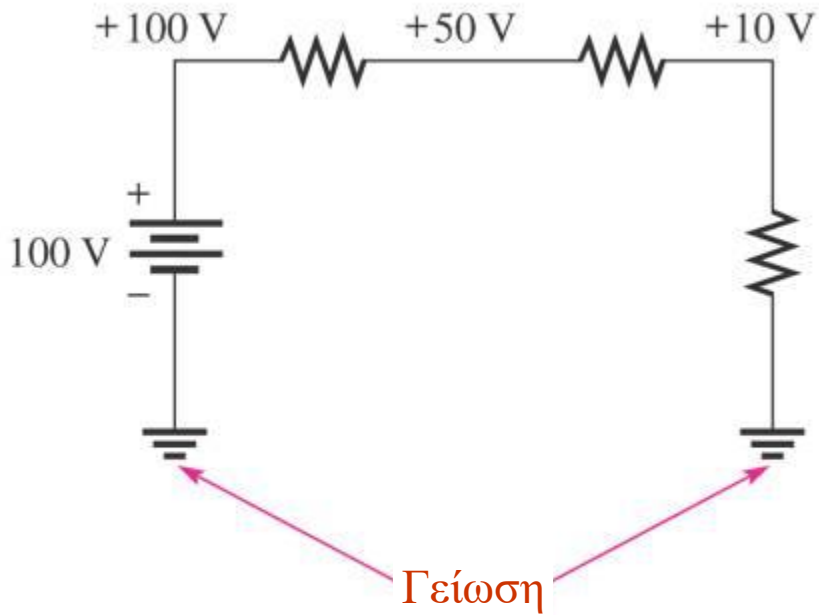
(Circuit Ground)

- Στις περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές, σαν κοινό σημείο αναφοράς χρησιμοποιείται το μεταλλικό σασί που φέρει τα εξαρτήματα της συσκευής ή μια μεγάλη αγωγίμη επιφάνεια πάνω στην πλακέτα του τυπωμένου κυκλώματος.
- Το σημείο αυτό αναφοράς ονομάζεται **γείωση κυκλώματος** και θεωρούμε ότι έχει δυναμικό 0 V

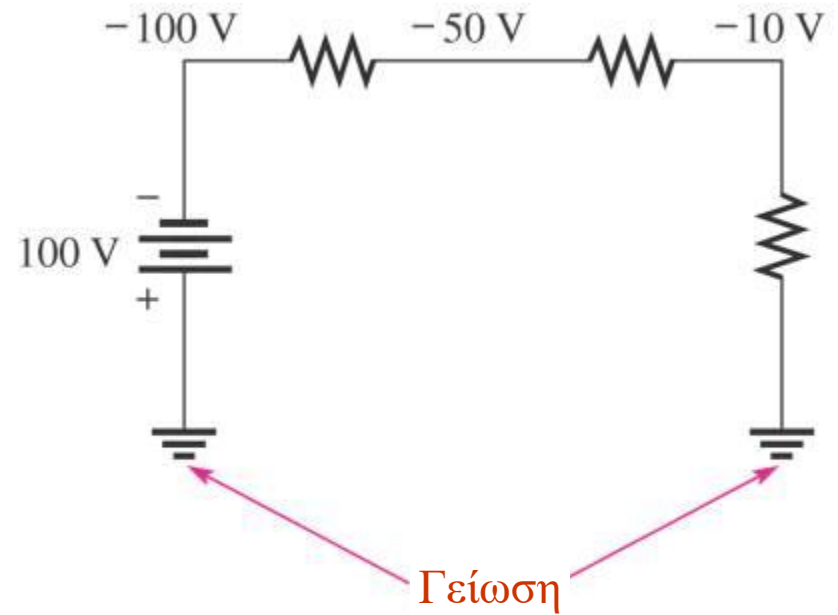
ΕΙΚΟΝΑ 4-13 Ένα απλό παράδειγμα γείωσης κυκλώματος.



ΕΙΚΟΝΑ 4-14 Παραδείγματα **θετικής** και **αρνητικής** γείωσης.

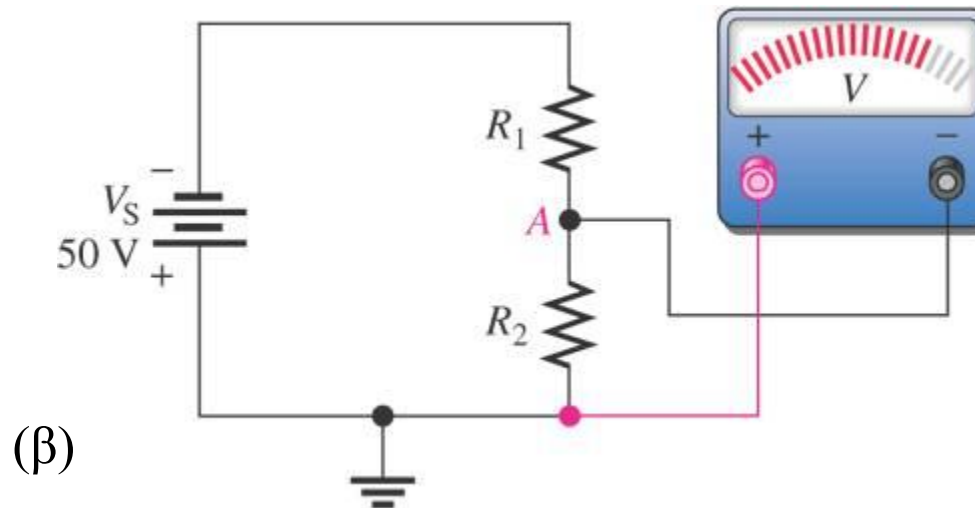
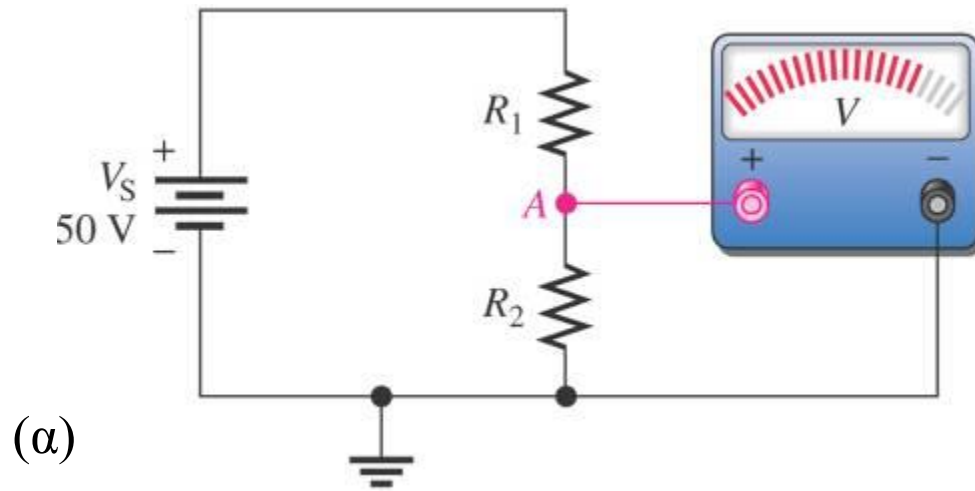


(α) Αρνητική γείωση



(β) Θετική γείωση

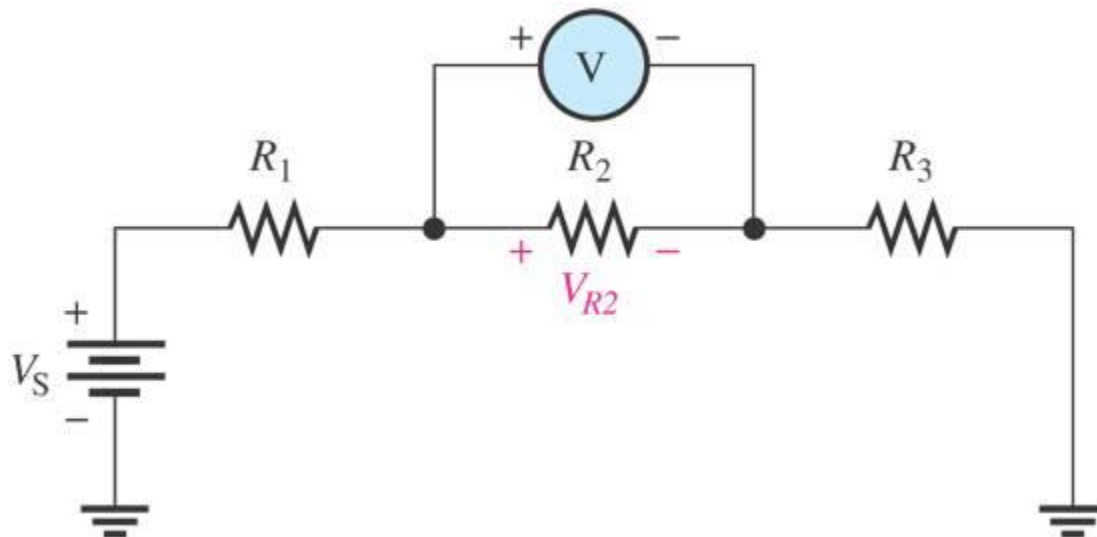
EIKONA 4-15 Μέτρηση τάσης σε σχέση (α) με την αρνητική γείωση (β) με τη θετική γείωση.



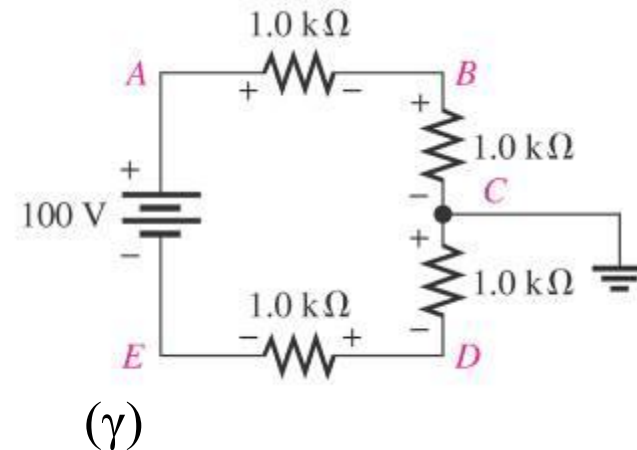
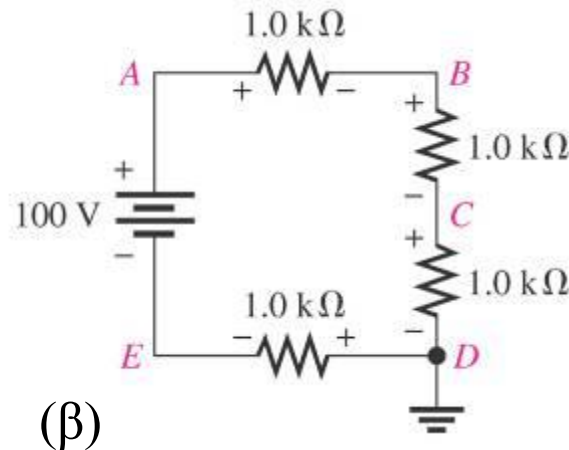
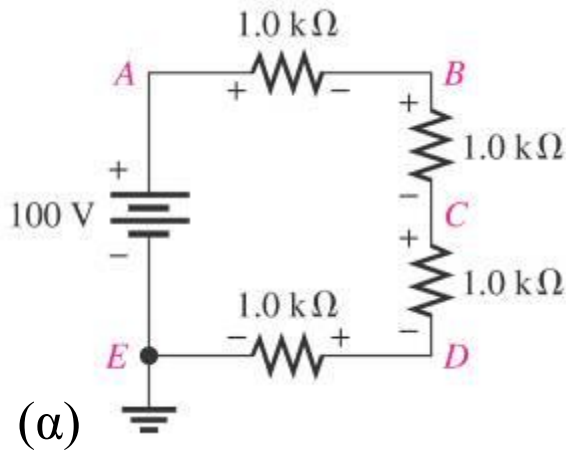
Μέτρηση Τάσης στα άκρα ενός Μη-Γειωμένου Αντιστάτη

- Η τάση μπορεί κανονικά να μετρηθεί στα άκρα ενός αντιστάτη ακόμη και αν κανένα άκρο του αντιστάτη δεν συνδέεται με τη γείωση του κυκλώματος. Η περίπτωση αυτή φαίνεται στην Εικόνα 4-18.
- Η ένδειξη θα είναι η πτώση τάσης στον αντιστάτη

FIGURE 4-18



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4-17 Προσδιορίστε την τάση σε κάθε ένα από τα ενδεικνυόμενα σημεία σε κάθε κύκλωμα της παρακάτω εικόνας



Λύση Αφού κάθε και οι τέσσερις αντιστάτες έχουν την ίδια τιμή, η πτώση τάσης σε κάθε έναν είναι 25 V.

Κύκλωμα (α): Το σημείο E είναι γειωμένο. Οι τάσεις σε σχέση με τη γείωση είναι:

$$V_E = 0 \text{ V}, V_D = +25 \text{ V}, V_C = +50 \text{ V}, V_B = +75 \text{ V} \text{ και } V_A = +100 \text{ V}.$$

Κύκλωμα (β): Το σημείο D είναι γειωμένο. Οι τάσεις σε σχέση με τη γείωση είναι:

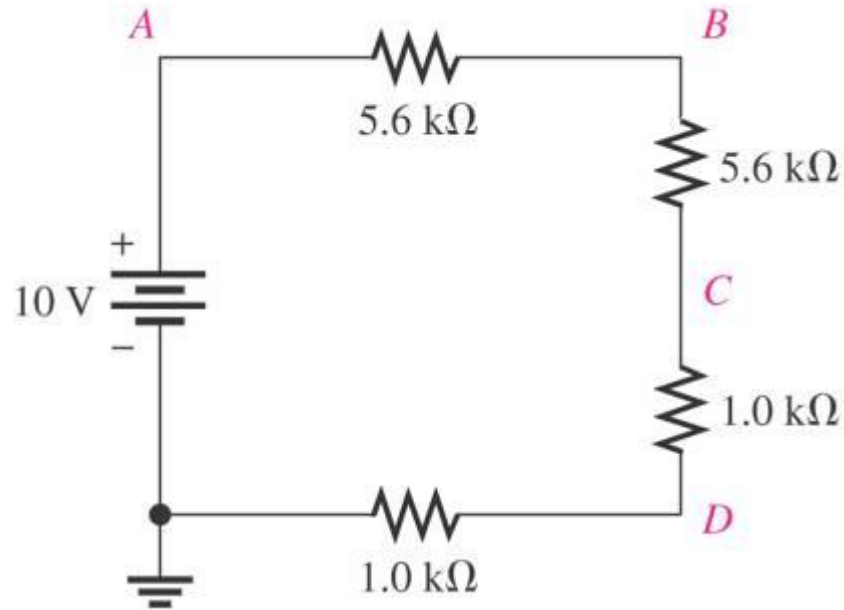
$$V_E = -25 \text{ V}, V_D = 0 \text{ V}, V_C = +25 \text{ V}, V_B = +50 \text{ V} \text{ και } V_A = +75 \text{ V}.$$

Κύκλωμα (γ): Το σημείο C είναι γειωμένο. Οι τάσεις σε σχέση με τη γείωση είναι:

$$V_E = -50 \text{ V}, V_D = -25 \text{ V}, V_C = 0 \text{ V}, V_B = +25 \text{ V} \text{ και } V_A = +50 \text{ V}.$$

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Γείωση Κυκλώματος

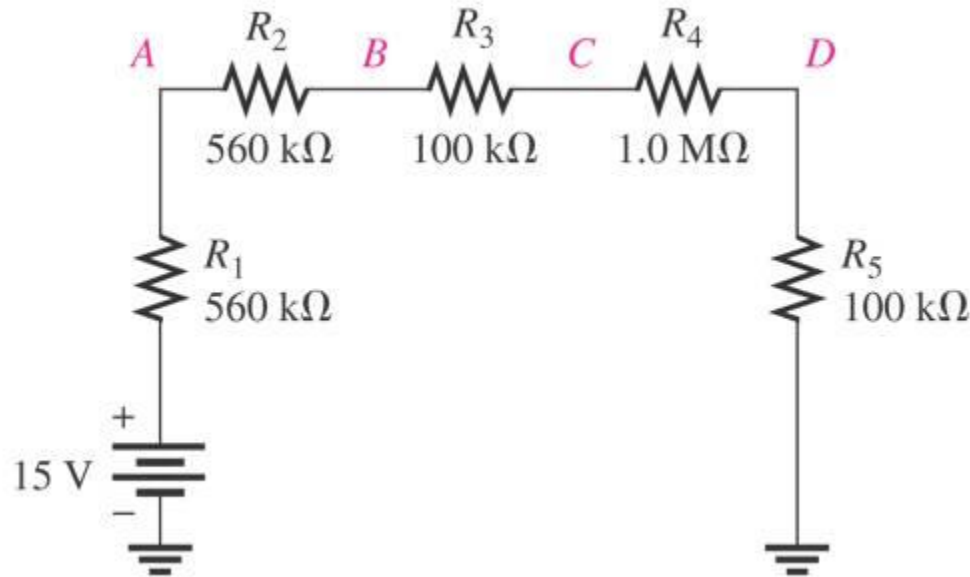
18. Βρείτε την τάση σε κάθε σημείο σε σχέση με τη γείωση στην παρακάτω εικόνα.



Απ.: $V_A = +10 \text{ V}$, $V_B = +5.6 \text{ V}$, $V_C = +1.5 \text{ V}$ και $V_D = +0.76 \text{ V}$

ΒΑΣΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Γείωση Κυκλώματος

19. (α) Στην παρακάτω εικόνα, πως θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε την τάση στα άκρα της R_2 με μέτρηση, χωρίς να συνδέσουμε το βολτόμετρο απ' ευθείας στα άκρα του αντιστάτη;
- (β) Βρείτε την τάση σε κάθε σημείο του κυκλώματος σε σχέση με τη γείωση.



Απ.: (α) Μετράμε τα V_A και V_B ανεξάρτητα σε σχέση με τη γείωση. Τότε, $V_{R2} = V_A - V_B$.

(β) $V_A = +11.4 \text{ V}$, $V_B = +7.76 \text{ V}$, $V_C = +7.11 \text{ V}$ και $V_D = +0.65 \text{ V}$

Εντοπισμός Βλαβών Κυκλωμάτων σε Σειρά

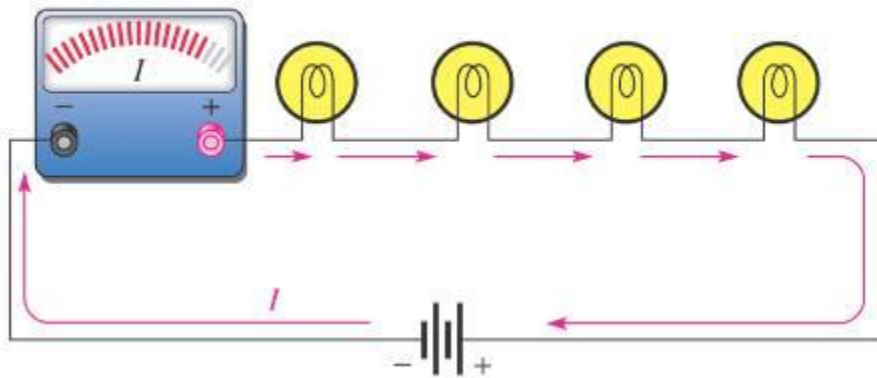
- Ανοικτά (καμένα) στοιχεία ή επαφές και βραχυκυκλώματα μεταξύ αγωγών είναι συνηθισμένα προβλήματα σε όλα τα κυκλώματα.
- Ένα άνοιγμα ισοδυναμεί με μια άπειρη αντίσταση.
- Ένα βραχυκύκλωμα ισοδυναμεί με μηδενική αντίσταση.

Ανοικτό Κύκλωμα

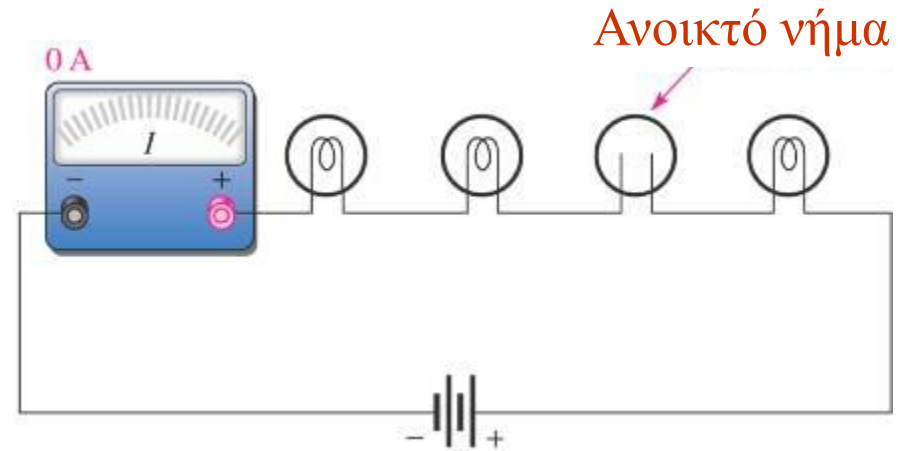
(Open Circuit)

- Η πιο συνηθισμένη βλάβη σε ένα κύκλωμα σε σειρά είναι ένα **άνοιγμα**. Για παράδειγμα, όταν μια αντίσταση ή ένας λαμπτήρας έχουν καεί, μια επαφή έχει σπάσει ή ένας αγωγός είναι κομμένος.
- Ένα άνοιγμα σε ένα σειριακό κύκλωμα εμποδίζει το ρεύμα.
- Όταν συμβαίνει ένα άνοιγμα σε ένα κύκλωμα σε σειρά, όλη η τάση της πηγής εμφανίζεται στα άκρα του ανοίγματος

EIKONA 4-20 Ένα άνοιγμα σε ένα κύκλωμα σε σειρά εμποδίζει το ρεύμα.

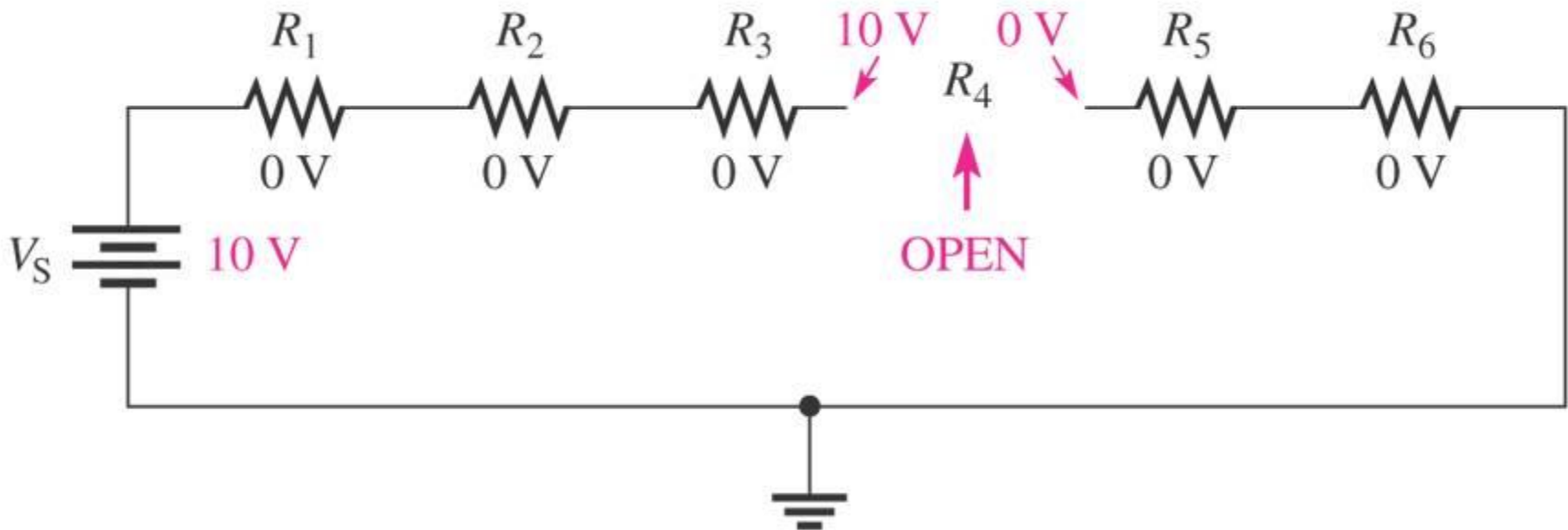


(α) Ένα άρτιο σειριακό κύκλωμα έχει ρεύμα

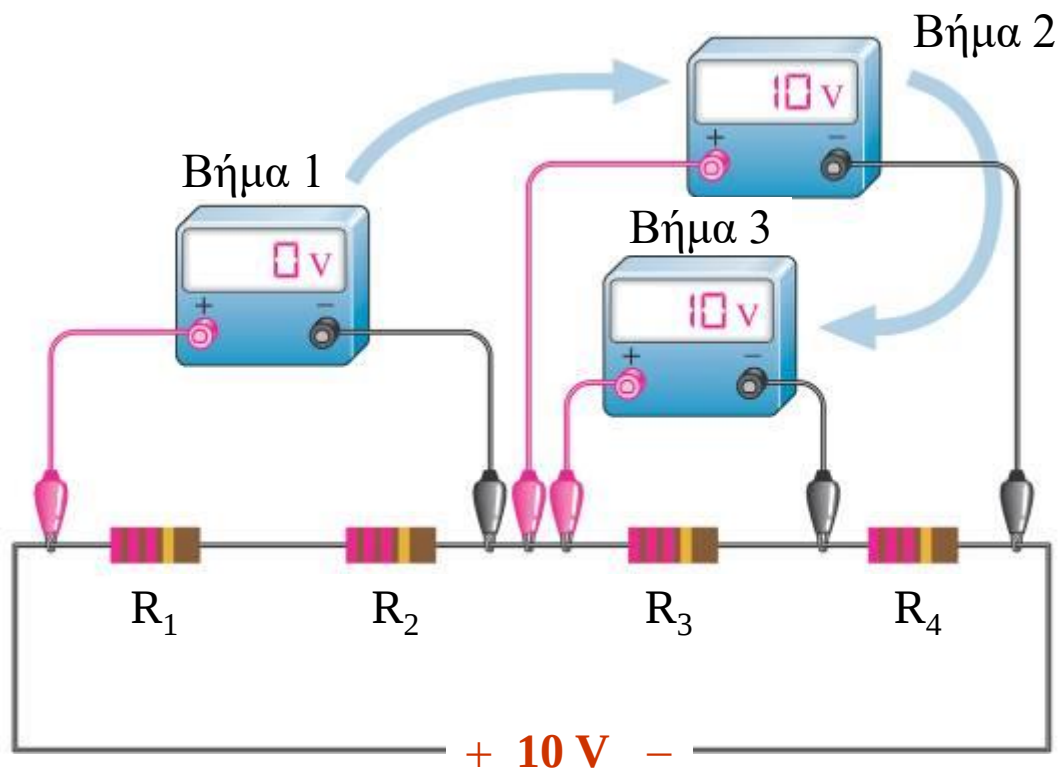


(β) Ένα ανοικτό σειριακό κύκλωμα δεν έχει ρεύμα

EIKONA 4-21 Η τάση της πηγής εμφανίζεται στα άκρα του ανοικτού (καμένου) αντιστάτη σε σειρά.



ΕΙΚΟΝΑ 4-22 Ο εντοπισμός του ανοίγματος σε ένα σειριακό κύκλωμα



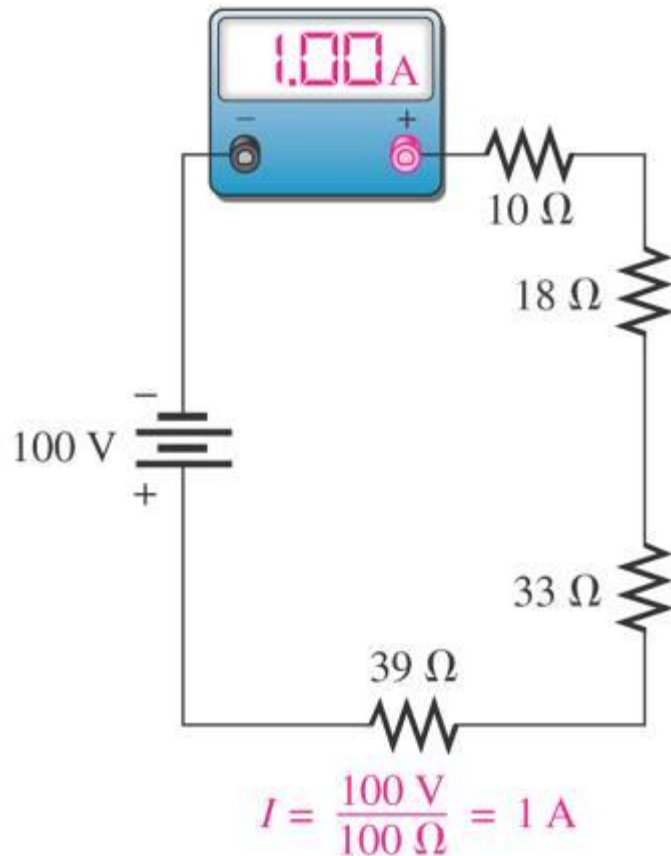
Μέτρηση τάσης 10 V στα άκρα της R_3 σημαίνει ότι αυτή είναι ανοικτή.

Βραχυκύκλωμα

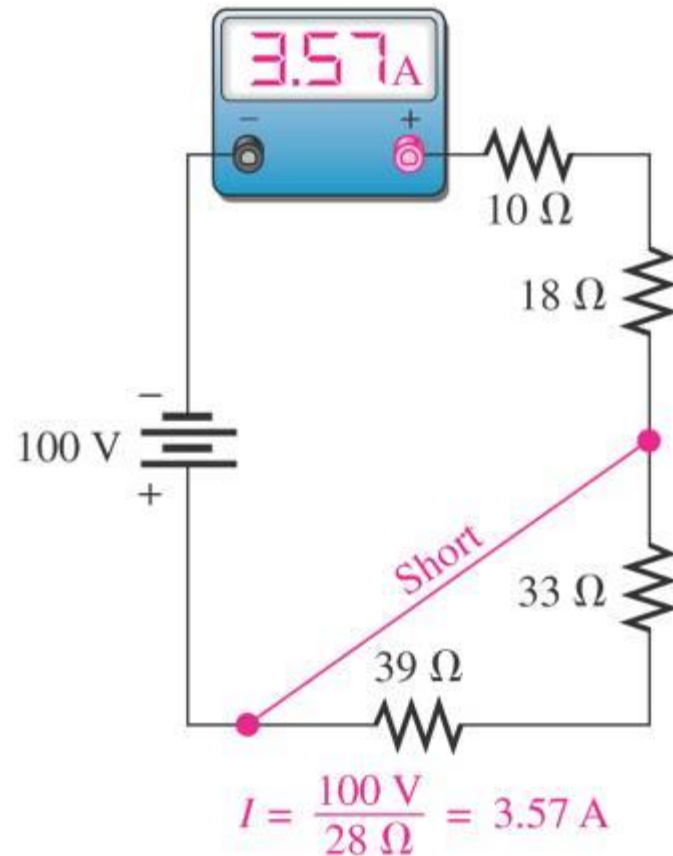
(Short Circuit)

- Όταν υπάρχει **βραχυκύκλωμα** (short), ένα μέρος της αντίστασης σε σειρά του σειριακού κυκλώματος παρακάμπτεται (bypassed), μειώνοντας έτσι την ολική αντίσταση
- Ένα βραχυκύκλωμα σε ένα κύκλωμα σε σειρά έχει σαν αποτέλεσμα ρεύμα μεγαλύτερο από το κανονικό μέσα από το κύκλωμα
- Η τάση στα άκρα ενός βραχυκυκλωμένου στοιχείου (ή κυκλώματος) είναι 0 volts

ΕΙΚΟΝΑ 4-23 Το αποτέλεσμα ενός βραχυκυκλώματος σε ένα κύκλωμα σε σειρά είναι **ρεύμα μεγαλύτερο από το κανονικό**.



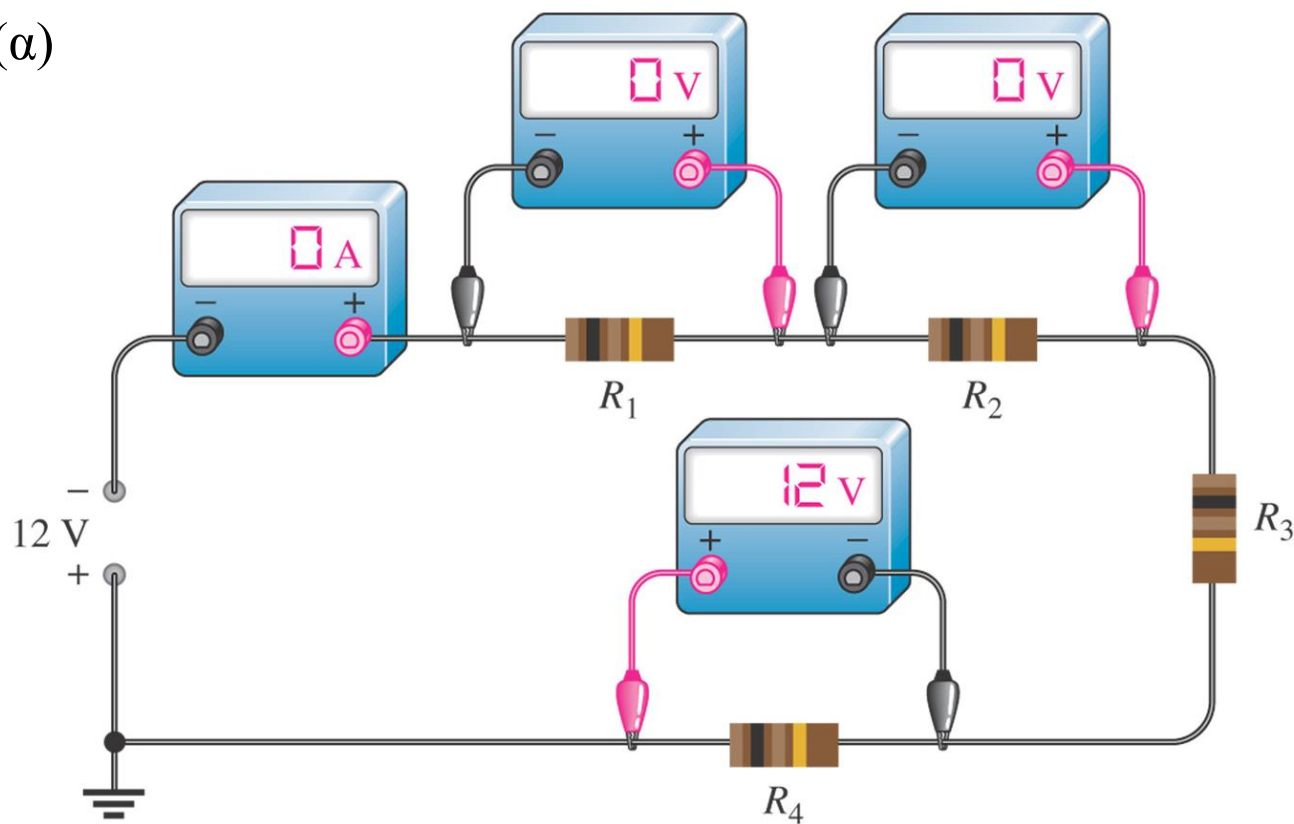
(α) Πριν το βραχυκύκλωμα



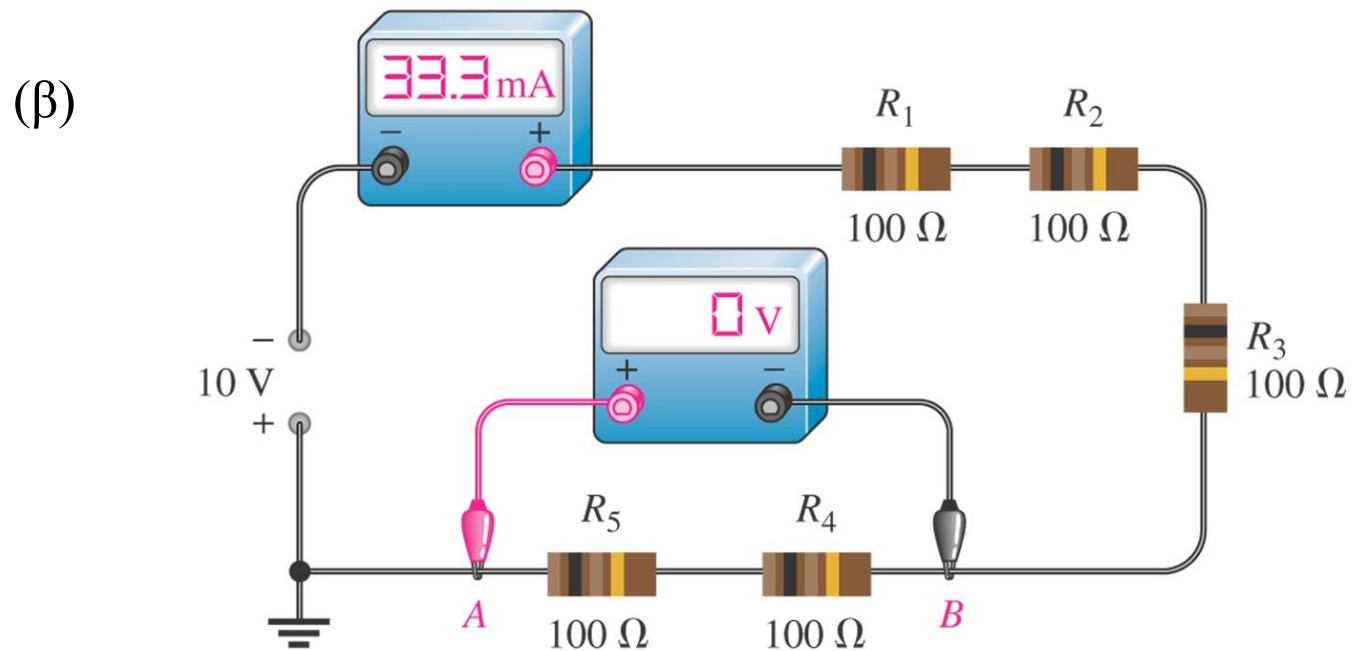
(β) Μετά το βραχυκύκλωμα

20. Παρατηρώντας τις ενδείξεις των οργάνων στα δύο κυκλώματα της παρακάτω εικόνας, προσδιορίστε τα είδη των σφαλμάτων στα κυκλώματα και εντοπίστε ποια στοιχεία είναι εσφαλμένα.

(α)



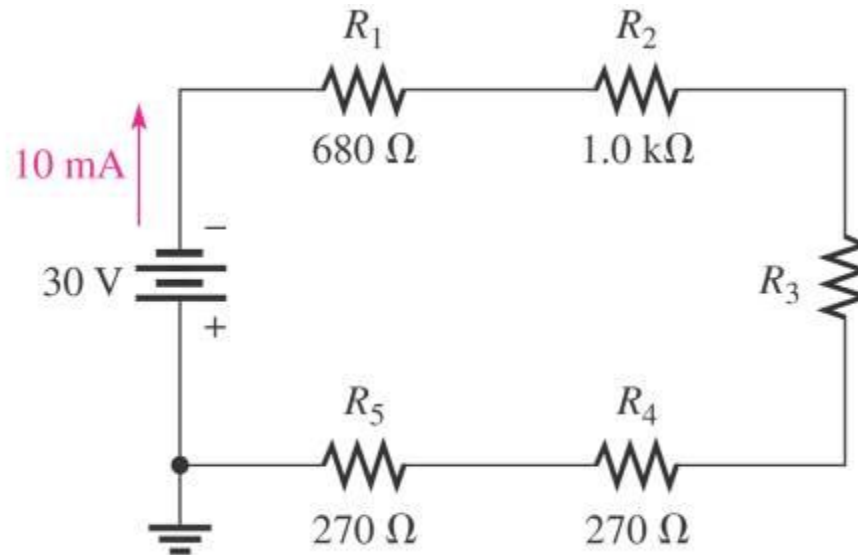
Απ.: (α) Η R_4 είναι ανοικτή



Απ.: (β) Οι R_4 και R_5 είναι βραχυκυκλωμένες.

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

21. Προσδιορίστε την άγνωστη αντίσταση (R_3) στο κύκλωμα της παρακάτω εικόνας.



Λύση $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 680 \, \Omega + 1000 \, \Omega + R_3 + 270 \, \Omega + 270 \, \Omega = 2220 \, \Omega + R_3$

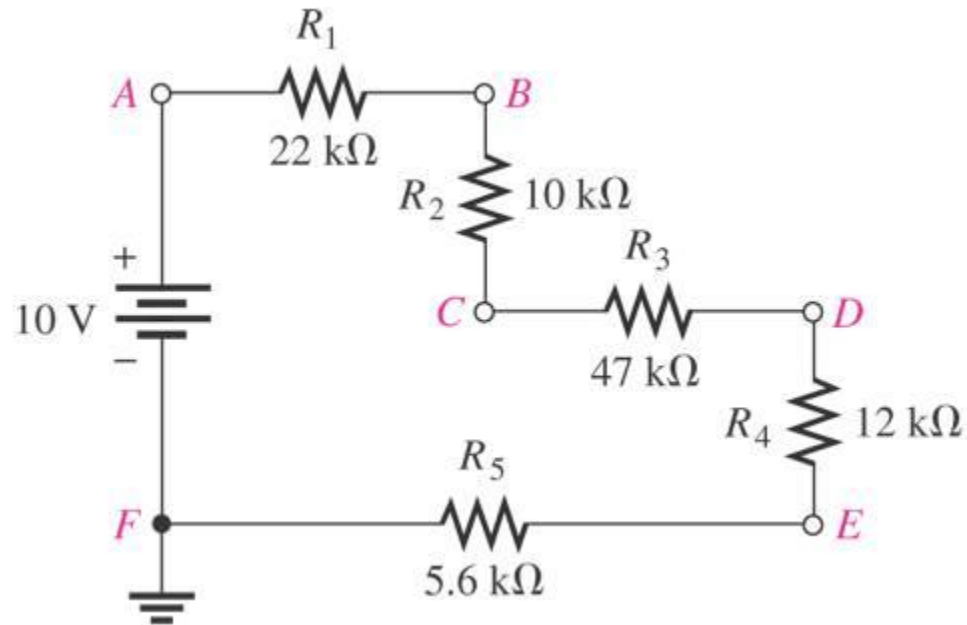
Από το νόμο του Ohm, έχουμε

$$R_T = \frac{V_S}{I_T} = \frac{30 \, \text{V}}{10 \, \text{mA}} = 3000 \, \Omega$$

Άρα, $2220 \, \Omega + R_3 = 3000 \, \Omega \Rightarrow \mathbf{R_3 = 780 \, \Omega}$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

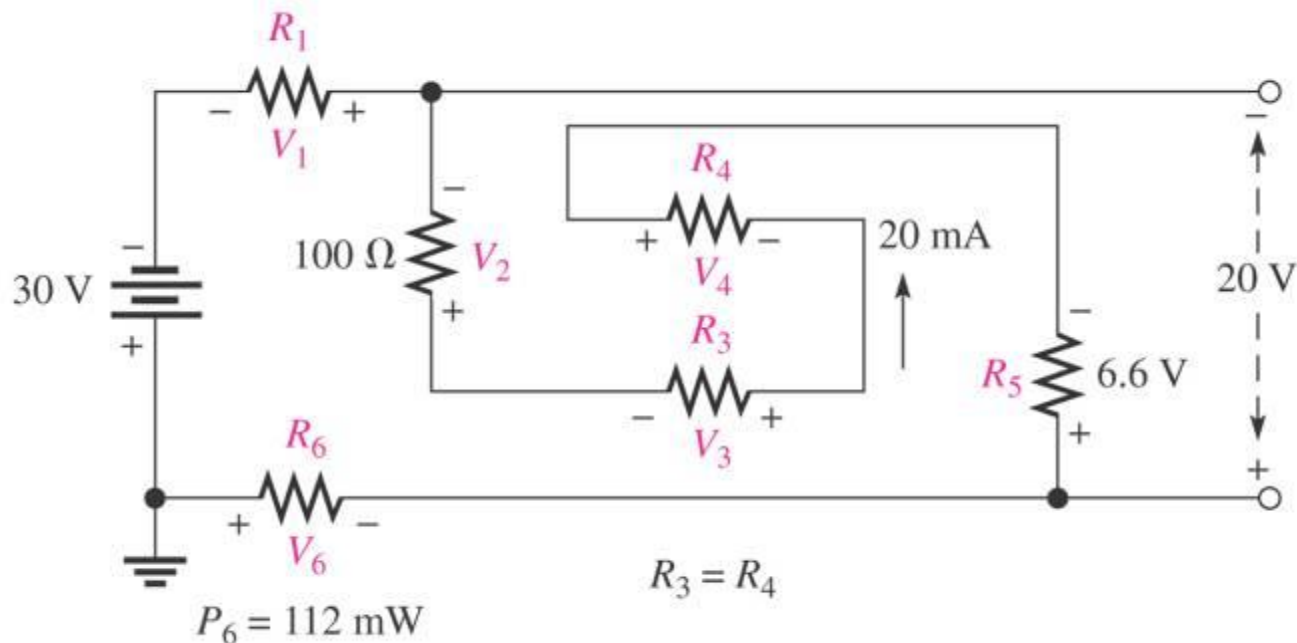
22. Προσδιορίστε την τάση σε κάθε σημείο στην παρακάτω εικόνα σε σχέση με τη γείωση.



Απ.:
(α) $V_A = 10 \text{ V}$
(β) $V_B = 7.72 \text{ V}$
(γ) $V_C = 6.68 \text{ V}$
(δ) $V_D = 1.81 \text{ V}$
(ε) $V_E = 0.57 \text{ V}$
(στ) $V_F = 0 \text{ V}$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

23. Βρείτε όλα τα άγνωστα μεγέθη στην παρακάτω εικόνα.



Απ.: Από τις P_6 και I , βρείτε $V_6 = 5.6\text{ V}$ και $R_6 = 280\ \Omega$.

Από νόμο τάσεων του Kirchhoff, βρείτε $V_1 = 4.4\text{ V}$ και $R_1 = 220\ \Omega$.

Από το I και το νόμο του ohm, βρείτε $V_2 = 2\text{ V}$.

Από νόμο τάσεων του Kirchhoff και $R_3 = R_4$, βρείτε $V_3 = V_4 = 5.7\text{ V}$ και $R_3 = R_4 = 285\ \Omega$.

Τέλος, από το νόμο του ohm, βρείτε $R_5 = 330\ \Omega$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

24. Υπάρχουν 250 mA ρεύματος σε ένα κύκλωμα ολικής αντίστασης 1.5 kΩ. Το ρεύμα πρέπει να μειωθεί κατά 25%. Υπολογίστε, πόση αντίσταση πρέπει να προστεθεί για να επιτύχουμε αυτή τη μείωση του ρεύματος.

Απ.: 500 Ω.

25. Τέσσερις αντιστάτες $\frac{1}{2}$ W είναι σε σειρά: 47 Ω, 68 Ω, 100 Ω και 120 Ω. Σε ποια μέγιστη τιμή μπορεί να ανέβει το ρεύμα πριν ξεπεραστεί η τάξη ισχύος κάποιου από αυτούς τους αντιστάτες; Ποιος αντιστάτης θα καεί πρώτα αν το ρεύμα αυξηθεί πάνω από αυτό το μέγιστο;

Απ.: $I_{\max} = 65$ mA. Πρώτα θα καεί ο αντιστάτης των 120 Ω.

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

26. Ένα ορισμένο κύκλωμα σε σειρά αποτελείται από έναν αντιστάτη $1/8 \text{ W}$, έναν αντιστάτη $1/4 \text{ W}$ και έναν αντιστάτη $1/2 \text{ W}$. Η ολική αντίσταση είναι 2400Ω . Αν κάθε αντιστάτης λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ του, προσδιορίστε τα ακόλουθα μεγέθη:

(α) I , (β) V_S (γ) την τιμή κάθε αντιστάτη

Λύση (α) $P_T = 1/8 \text{ W} + 1/4 \text{ W} + 1/2 \text{ W} = 0.875 \text{ W}$.

$$\text{Αλλά, } P_T = I^2 \cdot R_T \Rightarrow \mathbf{I = 19.1 \text{ mA}}$$

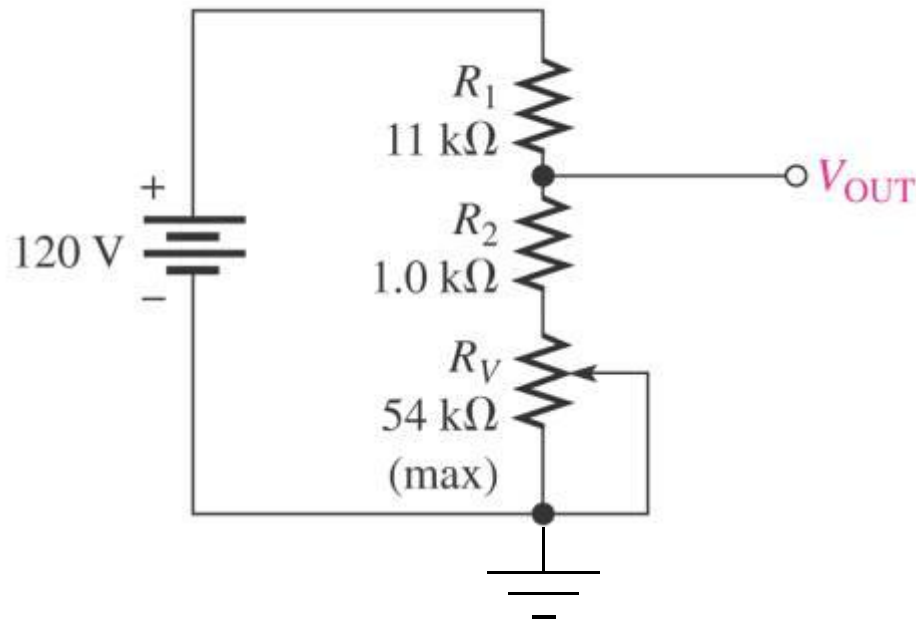
(β) Από το νόμο του Ohm, βρίσκουμε: $V_S = \mathbf{45.8 \text{ V}}$

(γ) Από τους τύπους $P = I^2 \cdot R$, βρίσκουμε: $R(1/8\text{W}) = 343 \Omega$, $R(1/4\text{W}) = 686 \Omega$ και $R(1/2\text{W}) = 1371 \Omega$.

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

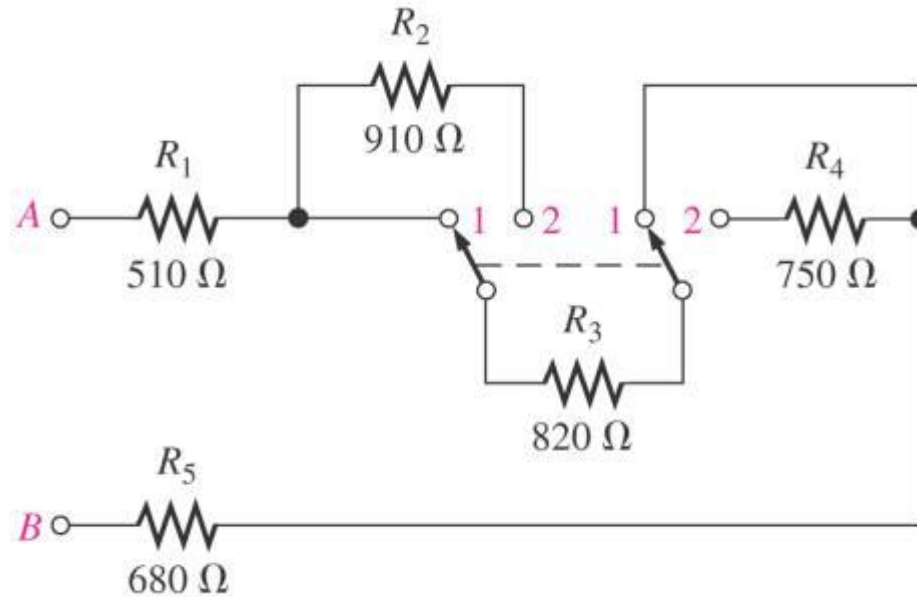
27. Αναπτύξτε ένα μεταβλητό διαιρέτη τάσης που να παρέχει τάσεις εξόδου στην περιοχή από 10 V ελάχιστη ως 100 V μέγιστη, χρησιμοποιώντας μια πηγή 120 V και ένα ποτενσιόμετρο. Η μέγιστη τάση πρέπει να είναι στην θέση της μέγιστης αντίστασης του ποτενσιομέτρου. Η ελάχιστη τάση πρέπει να είναι στη θέση ελάχιστης αντίστασης (μηδέν ohms). Το μέγιστο ρεύμα πρέπει να είναι στα 10 mA.

Απ.: Προσέξτε, ότι το ποτενσιόμετρο είναι συνδεδεμένο σαν ροοστάτης (δείτε Εικόνα 2-27, Κεφ. 2)



ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

28. Ποια είναι η ολική αντίσταση από το Α στο Β για κάθε θέση του διακόπτη στην παρακάτω εικόνα;

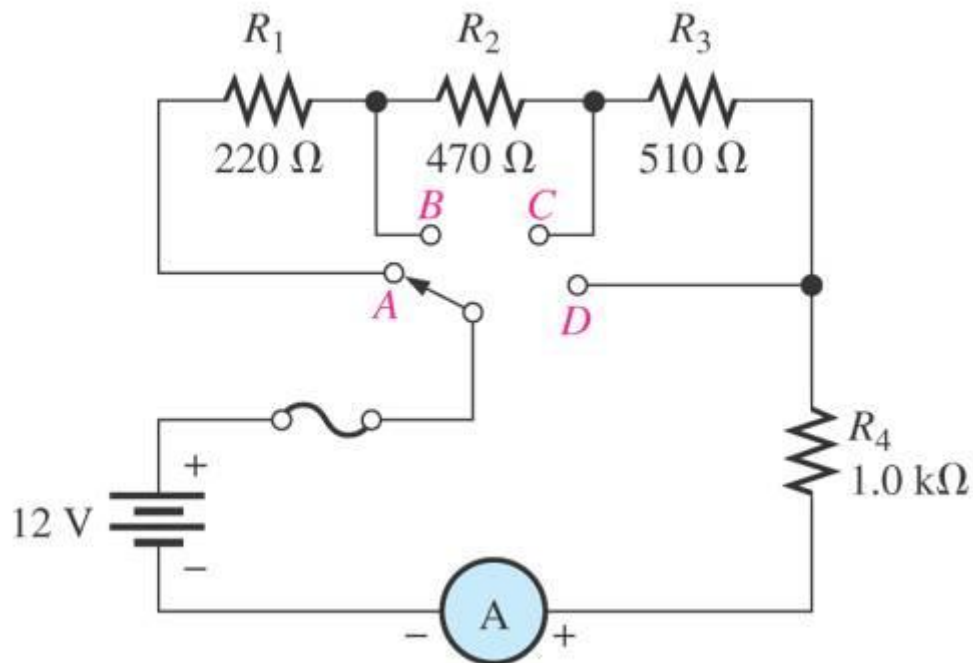


Απ.: Θέση 1: $R_{AB} = 2010 \, \Omega$

Θέση 2: $R_{AB} = 3670 \, \Omega$

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

29. Προσδιορίστε το ρεύμα που μετρείται από το όργανο της παρακάτω εικόνας για κάθε θέση του διακόπτη.



Απ.: Θέση A: 5.45 mA

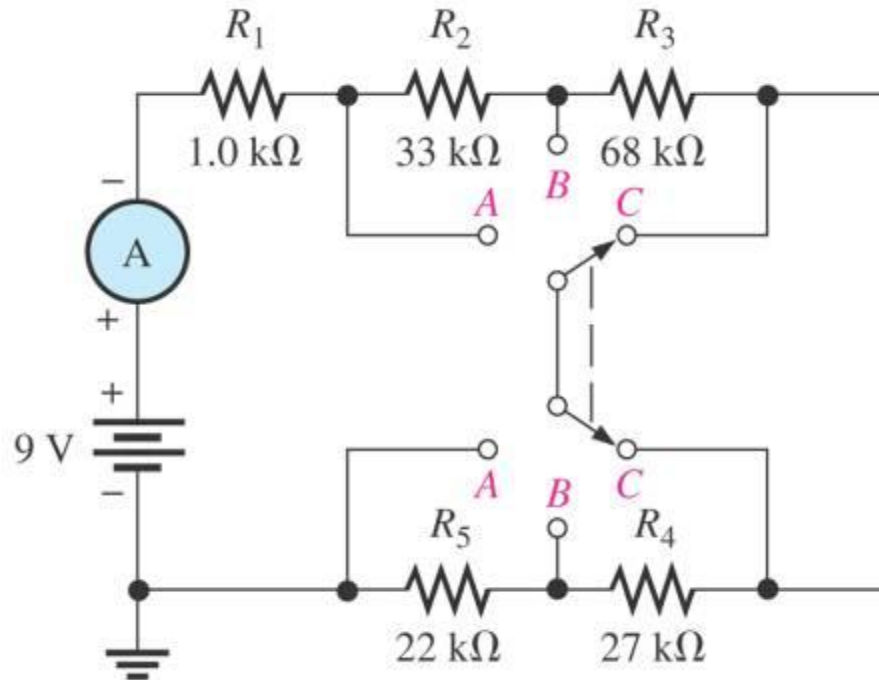
Θέση B: 6.06 mA

Θέση C: 7.95 mA

Θέση D: 12 mA

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

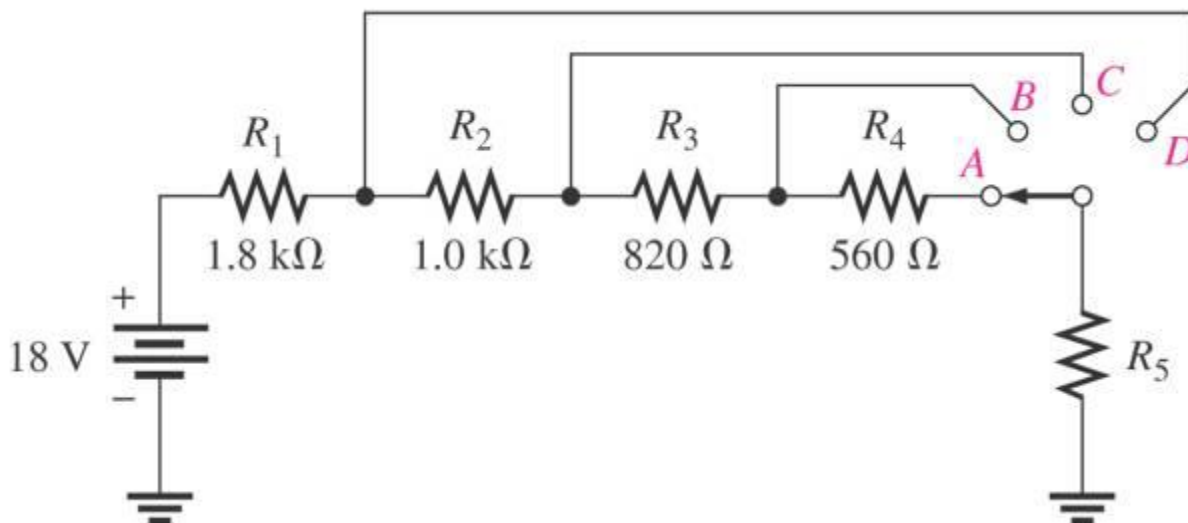
30. Προσδιορίστε το ρεύμα που μετρείται από το όργανο της παρακάτω εικόνας για κάθε θέση του διακόπτη.



Απ.: Θέση A: 9 mA
Θέση B: 0.16 mA
Θέση C: 59.6 μA

ΠΙΟ ΣΥΝΘΕΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

31. Προσδιορίστε την τάση στα άκρα κάθε αντιστάτη στην παρακάτω εικόνα για κάθε θέση του διακόπτη, αν το ρεύμα μέσα από την R_5 είναι 6 mA, όταν ο διακόπτης βρίσκεται στη θέση D.



Απ.: Θέση A: $V_1 = 6.03 \text{ V}$, $V_2 = 3.35 \text{ V}$, $V_3 = 2.75 \text{ V}$, $V_4 = 1.88 \text{ V}$, $V_5 = 4.0 \text{ V}$

Θέση B: $V_1 = 6.71 \text{ V}$, $V_2 = 3.73 \text{ V}$, $V_3 = 3.06 \text{ V}$, $V_5 = 4.5 \text{ V}$

Θέση C: $V_1 = 8.1 \text{ V}$, $V_2 = 4.5 \text{ V}$, $V_5 = 5.4 \text{ V}$

Θέση D: $V_1 = 10.8 \text{ V}$, $V_5 = 7.2 \text{ V}$