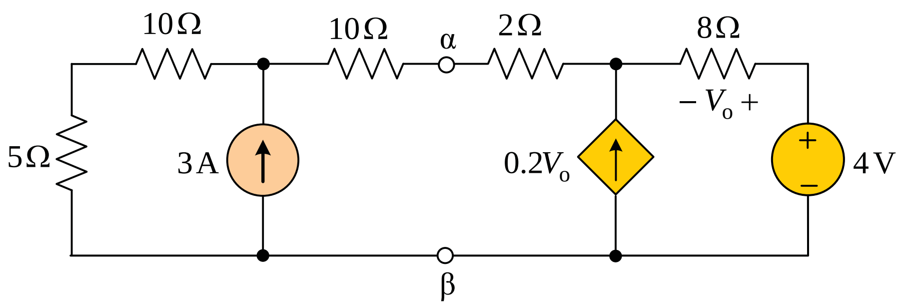
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Άσκηση 4.1

Να βρεθεί το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Norton από τους ακροδέκτες α-β.

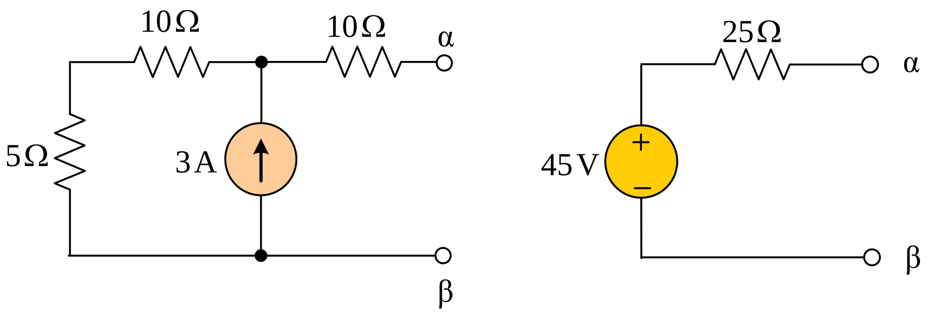


Σχήμα 1

Λύση

Αρχικά θα βρούμε τα ισοδύναμα κατά Thevenin κυκλώματα αριστερά και δεξιά της θέσης α-β.

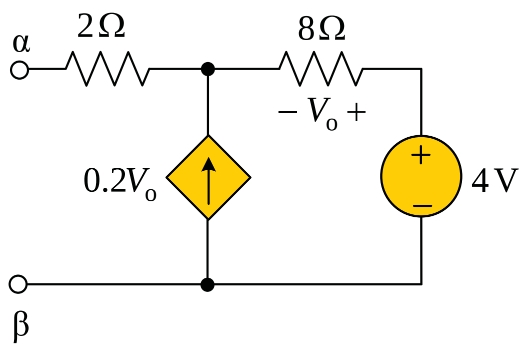
(α) Για το κύκλωμα του Σχ. 2(α), παρατηρούμε ότι οι αντιστάσεις 10Ω και 5Ω μπορούν να προστεθούν και να μας δώσουν μια ισοδύναμη αντίσταση 15Ω. Η αντίσταση αυτή επειδή είναι παράλληλα συνδεδεμένη με την πηγή ρεύματος αποτελούν ένα κύκλωμα Norton το οποίο μετασχηματιζόμενο σε κύκλωμα Thevenin μας δίνει το ισοδύναμο κύκλωμα του Σχ. 2(β) στο οποίο η αντίσταση προέκυψε ως το άθροισμα των αντιστάσεων των 15Ω και 10Ω.



(α) (β)

Σχήμα 2. (α) Κύκλωμα αριστερά των α-β. (β) Ισοδύναμο κατά Thevenin του κυκλώματος.

(β) Το κύκλωμα δεξιά των α-β είναι αυτό του Σχ. 3. Παρατηρούμε ότι περιλαμβάνει εξαρτημένη πηγή. Για το κύκλωμα αυτό θα υπολογίσουμε τα V_T και I_N .



Σχήμα 3

Υπολογισμός του V_T

Η τάση V_T είναι ίση με

$$V_T = V_{ab} = 0.2V_o \times 8 + 4 = 4 + 1.6V_o$$

Όμως, στην αντίσταση των 8Ω έχουμε την ακόλουθη εξίσωση για το ρεύμα που τη διαρρέει

$$0.2V_o = -\frac{V_o}{8} \Rightarrow V_o = 0\,\mathrm{V}$$

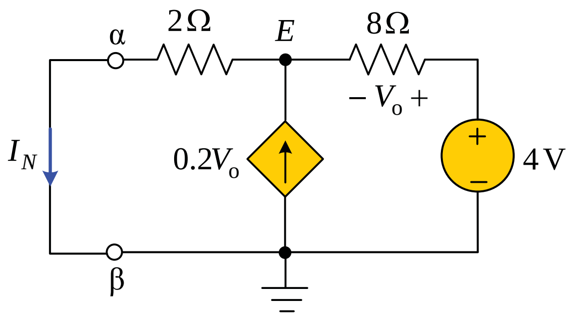
Συνεπώς

$$V_T = 4\,\mathrm{V}$$

Υπολογισμός του I_N

Από το κύκλωμα του Σχ. 4 έχουμε την ακόλουθη εξίσωση κόμβου

$$0.2V_o = \frac{E}{2} + \frac{E-4}{8} \Rightarrow V_o = \frac{5E-4}{1.6}$$



Σχήμα 4

Επίσης, έχουμε τη σχέση

$$E + V_o = 4$$

Συνεπώς

$$E + \frac{5E-4}{1.6} = 4 \Rightarrow E = 1.576\,\text{V}$$

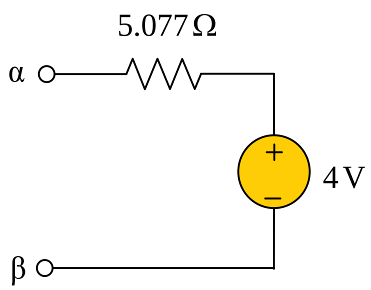
οπότε

$$I_N = \frac{E}{2} = 0.788\,\text{A}$$

Έτσι, για τη Z_T είναι ίση με

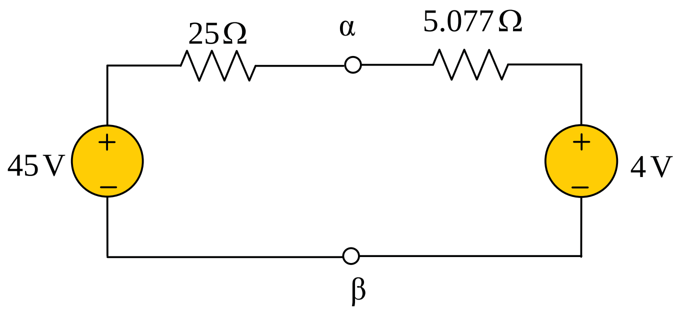
$$Z_T = \frac{V_T}{I_N} = \frac{4}{0.788} = 5.077\,\Omega$$

Το ισοδύναμο λοιπόν κατά Thevenin κύκλωμα στην περίπτωση αυτή είναι αυτό του Σχ. 5.



Σχήμα 5. Ισοδύναμο κατά Thevenin στην περίπτωση (β).

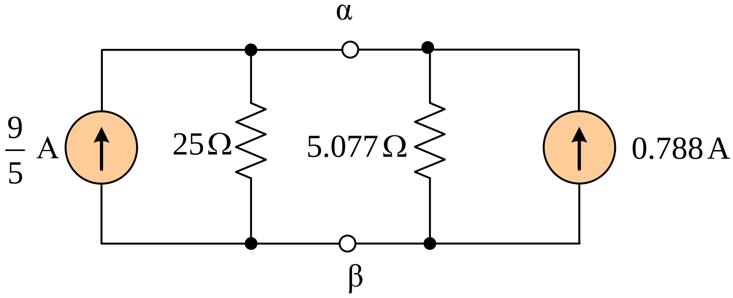
Τώρα το συνολικό ισοδύναμο κύκλωμα έχει τη μορφή του Σχ. 6.



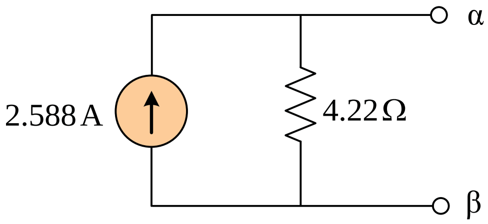
Σχήμα 6

Αν μετασχηματίσουμε τα δύο Thevenin κυκλώματα σε Norton παίρνουμε το κύκλωμα του Σχ. 7, από το οποίο εύκολα προκύπτει ότι το τελικό ισοδύναμο κατά Norton είναι το κύκλωμα του Σχ. 8 για το οποίο

$$R_T = \frac{25 \times 5.077}{25 + 5.077} = 4.22\,\Omega \quad \text{και} \quad I_N = \frac{9}{5} + 0.788 = 2.588\,\text{A}$$



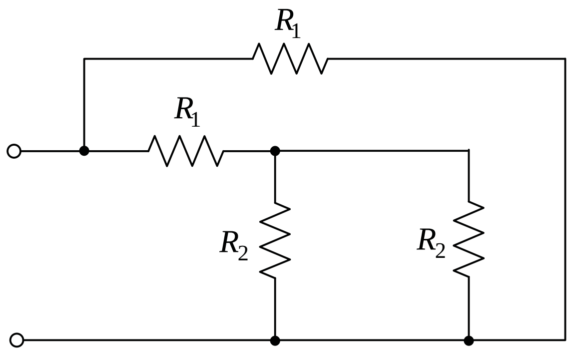
Σχήμα 7



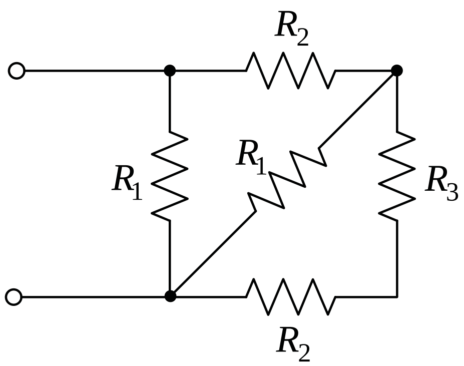
Σχήμα 8. Τελικό ισοδύναμο κατά Norton κύκλωμα.

Άσκηση 4.2

Να προσδιοριστούν οι αντιστάσεις εισόδου των κυκλωμάτων.



(α)



(β)

Σχήμα 1

Λύση

Για το κύκλωμα του Σχ. 1(α) έχουμε:

$$R_{\varepsilon\iota\sigma} = \frac{R_1\left(R_1 + \dfrac{R_2^{\,2}}{2R_2}\right)}{R_1 + R_1 + \dfrac{R_2^{\,2}}{2R_2}} = \frac{R_1\left(R_1 + \dfrac{R_2}{2}\right)}{2R_1 + \dfrac{R_2}{2}} = \frac{R_1^{\,2} + \dfrac{R_1R_2}{2}}{2R_1 + \dfrac{R_2}{2}} = \frac{2R_1^{\,2} + R_1R_2}{4R_1 + R_2}$$

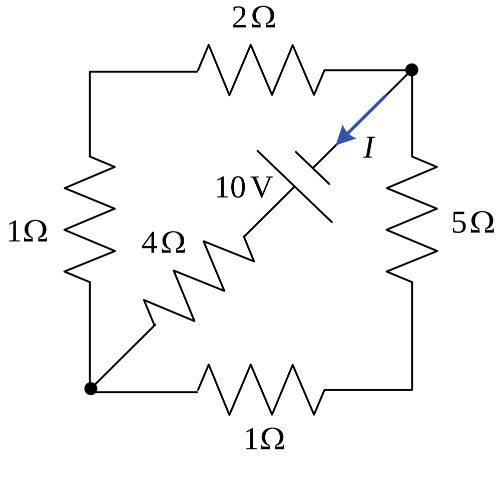
Όμοια, για το κύκλωμα του Σχ. 1(β) έχουμε:

$$R_{\varepsilon\iota\sigma} = \frac{R_1\left[R_2 + \dfrac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}\right]}{R_1 + R_2 + \dfrac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}} = \frac{R_1R_2 + \dfrac{R_1^{\,2}(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}}{R_1 + R_2 + \dfrac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}}$$

$$\Rightarrow R_{\varepsilon\iota\sigma} = \frac{2R_1^{\,2}R_2 + R_1R_2^{\,2} + R_1^{\,2}R_3 + R_1R_2R_3}{R_1^{\,2} + R_2^{\,2} + 3R_1R_2 + 2R_1R_3 + R_2R_3}$$

Άσκηση 4.3

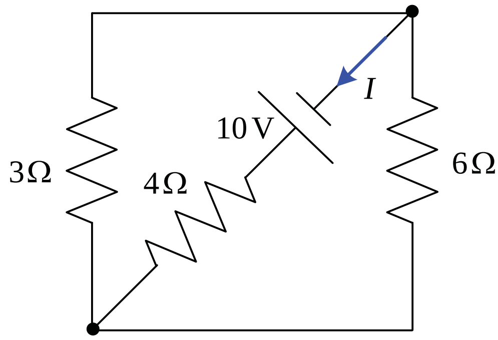
Με τη χρησιμοποίηση τεχνικών απλοποίησης να προσδιοριστεί το ρεύμα I του κυκλώματος του Σχ. 1.



Σχήμα 1

Λύση

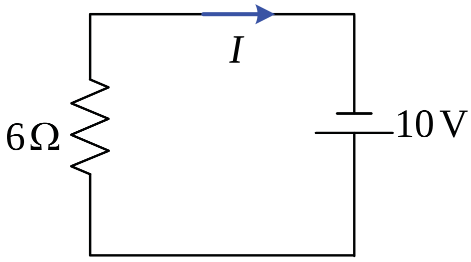
Μετά τη σύνθεση των εν σειρά αντιστάσεων το κύκλωμα παίρνει τη μορφή του Σχ. 2.



Σχήμα 2

Οι αντιστάσεις 3Ω και 6Ω είναι παράλληλα συνδεδεμένες και η ισοδύναμή τους αντίσταση είναι συνδεδεμένη εν σειρά με την αντίσταση των 4Ω. Συνεπώς, το τελικό ισοδύναμο κύκλωμα είναι αυτό του Σχ. 3 από το οποίο εύκολα προκύπτει ότι

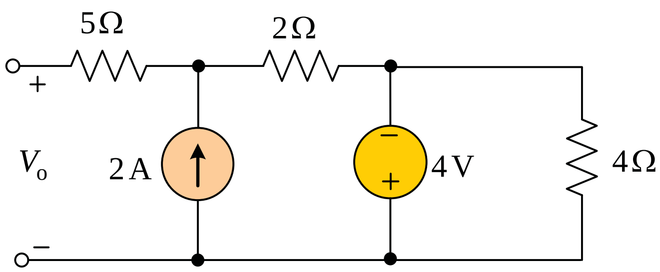
$$I = \frac{10}{6}\,\text{A}$$



Σχήμα 3

Άσκηση 4.4

Στο κύκλωμα του Σχ. 1, με τη χρησιμοποίηση υπέρθεσης, να βρεθεί η τάση V_o.



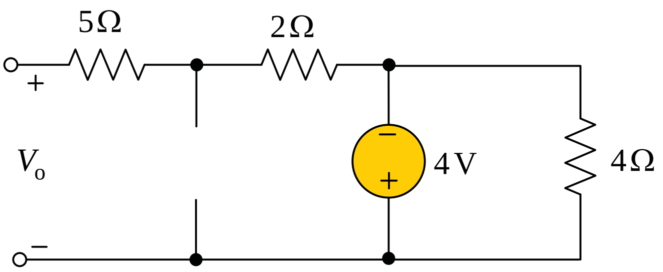
Σχήμα 1

Λύση

Κατά την εφαρμογή του θεωρήματος της υπέρθεσης, αφήνουμε στο κύκλωμα κάθε φορά μία από τις πηγές, ενώ την άλλη αν είναι η πηγή ρεύματος την ανοιχτοκυκλώνουμε και αν είναι η πηγή τάσης τη βραχυκυκλώνουμε. Στο τέλος προσθέτουμε αλγεβρικά τις δύο αποκρίσεις.

(α) Μόνον η πηγή τάσης

Ανακυκλώνουμε την πηγή ρεύματος οπότε προκύπτει το κύκλωμα του Σχ. 2. Έτσι έχουμε το παρακάτω κύκλωμα:



Σχήμα 2

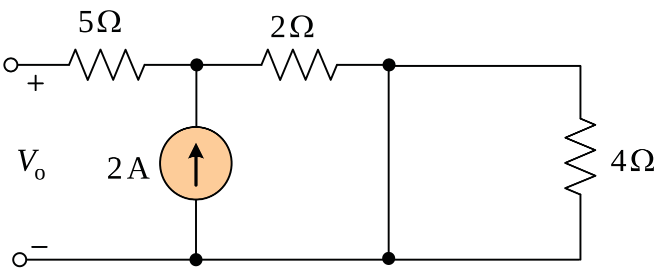
Επειδή οι αντιστάσεις 5Ω και 2Ω δεν διαρρέονται από ρεύμα, δεν έχουμε πτώση τάσης πάνω σ' αυτές. Συνεπώς,

$$V_o = -4\,\text{V}$$

(β) Μόνον η πηγή ρεύματος

Βραχυκυκλώνουμε την πηγή τάσης οπότε προκύπτει το κύκλωμα του Σχ. 3 στο οποίο, λόγω του βραχυκυκλώματος, η αντίσταση των 4Ω δεν διαρρέεται από ρεύμα. Έτσι το ρεύμα της πηγής διαρρέει μόνον την αντίσταση των 2Ω με αποτέλεσμα

$$V_o = 2 \times 2 = 4\,\text{V}$$



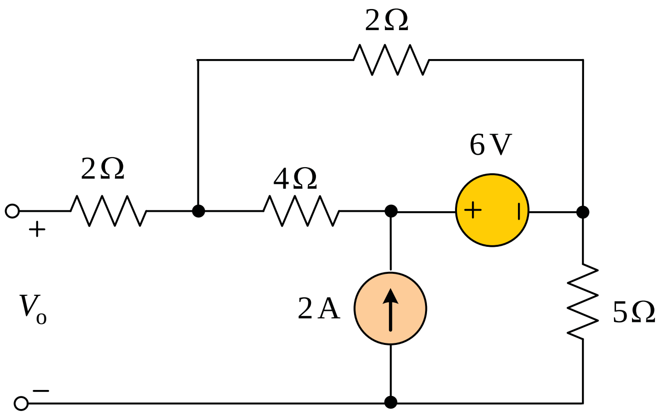
Σχήμα 3

Επομένως, από το συνδυασμό των δύο αποκρίσεων προκύπτει ότι

$$V_o = -4 + 4 = 0\,\text{V}$$

Άσκηση 4.5

Στο κύκλωμα του Σχ. 1 με τη χρησιμοποίηση υπέρθεσης βρείτε την τάση V_o.



Σχήμα 1

Λύση

Εφαρμόζουμε την ίδια μεθοδολογία της προηγούμενης άσκησης.

(α) Μόνο η πηγή τάσης

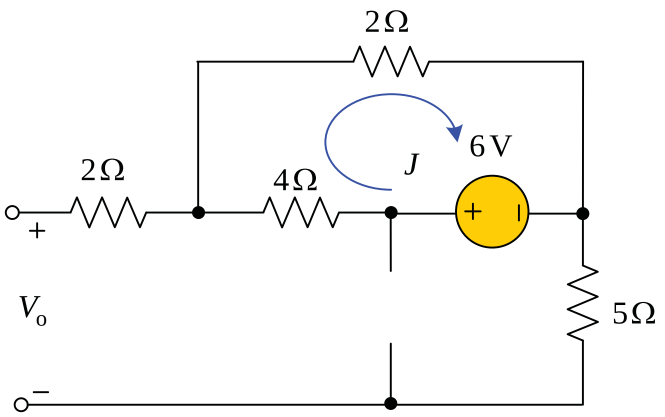
Όπως δείχνεται στο Σχήμα 2, η πηγή ρεύματος αντικαθίσταται με ένα ανοιχτό κύκλωμα.

Η εξίσωση βρόχου έχει τη μορφή

$$4J + 2J = 6 \Rightarrow J = 1\text{A}$$

Δεδομένου ότι δεν διέρχεται ρεύμα από τις αντιστάσεις 5Ω και 2Ω, βρίσκουμε

$$V_o = -4J + 6 = 2\text{V}$$

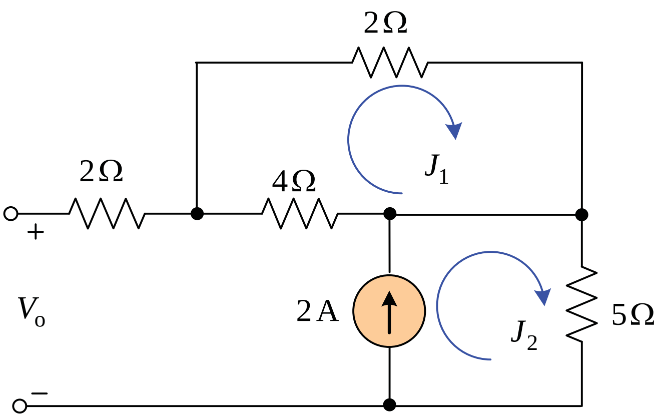


Σχήμα 2

(β) Μόνο η πηγή ρεύματος

Στην περίπτωση αυτή, το κύκλωμα έχει τη μορφή που φαίνεται στο Σχήμα 2 από το οποίο προκύπτει ότι

$$J_2 = 2\text{A}$$



Σχήμα 3

Η εξίσωση στον πρώτο βρόχο δίνει

$$6J_1 = 0 \Rightarrow J_1 = 0\text{A}$$

Συνεπώς

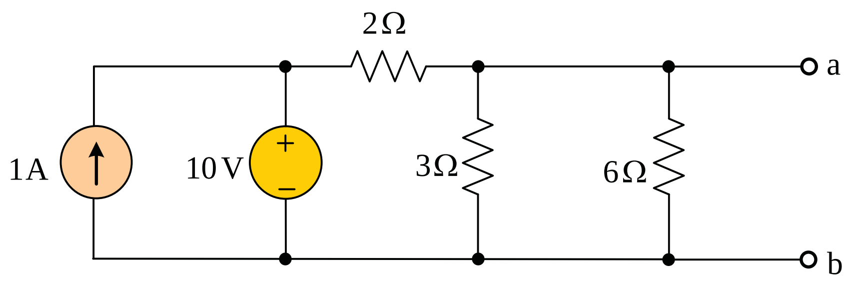
$$V_o = -4J_1 + 5J_2 = 10\text{V}$$

Έτσι, η ολική απόκριση είναι ίση με

$$V_o = 2\text{V} + 10\text{V} = 12\text{V}$$

Άσκηση 4.6

Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά Thevenin από τους ακροδέκτες a-b.



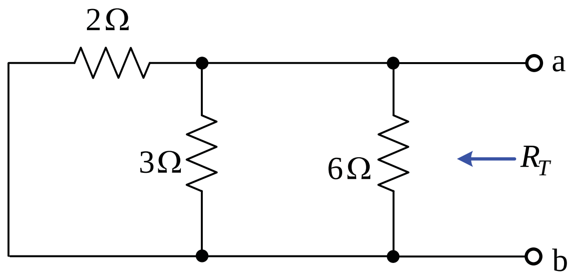
Σχήμα 1

Λύση

(α) Εύρεση της R_T

Το κύκλωμα έχει μόνον ανεξάρτητες πηγές. Μηδενίζουμε λοιπόν τις πηγές και παίρνουμε το κύκλωμα του Σχ. 2. Είναι

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{2}+\frac{1}{3}+\frac{1}{6}} = 1\Omega$$



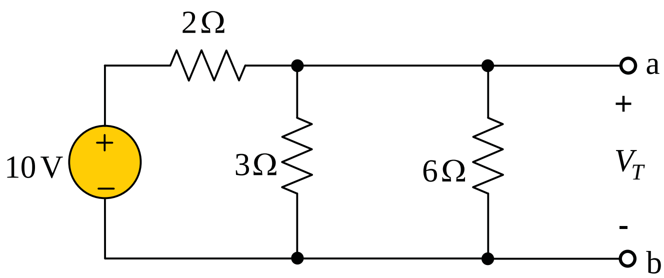
Σχήμα 2

(β) Εύρεση της V_T

Επειδή το ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα των δύο παράλληλα συνδεδεμένων πηγών είναι μόνον η πηγή τάσης, το κύκλωμα για τον υπολογισμό της V_T είναι αυτό του Σχ. 3.

Ο συνδυασμός των αντιστάσεων 3Ω και 6Ω δίνει μια ισοδύναμη αντίσταση

$$R_{3,6} = \frac{3\cdot 6}{3+6} = 2\Omega$$



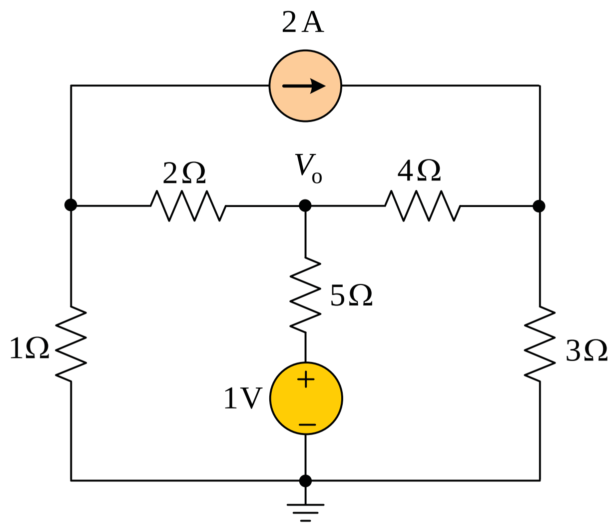
Σχήμα 3

Με χρήση πλέον διαιρέτη τάσης βρίσκουμε ότι

$$V_T = \frac{R_{3,6}}{R_{3,6}+2}10 = \frac{2}{2+2}10 = 5\,\text{V}$$

Άσκηση 4.7

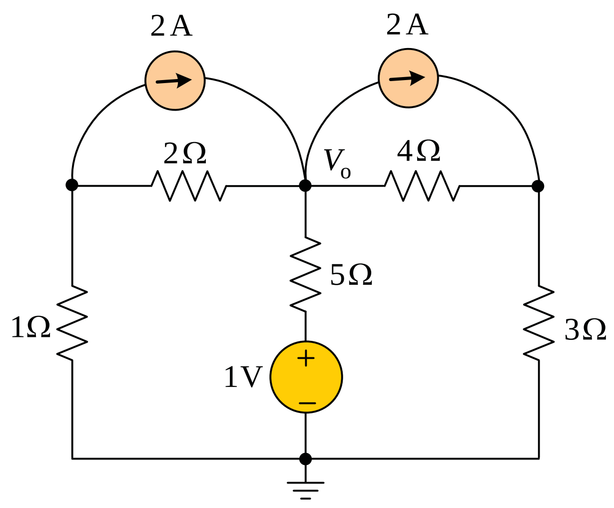
Στο κύκλωμα του Σχ. 1 να προσδιοριστεί η τάση V_o



Σχήμα 1

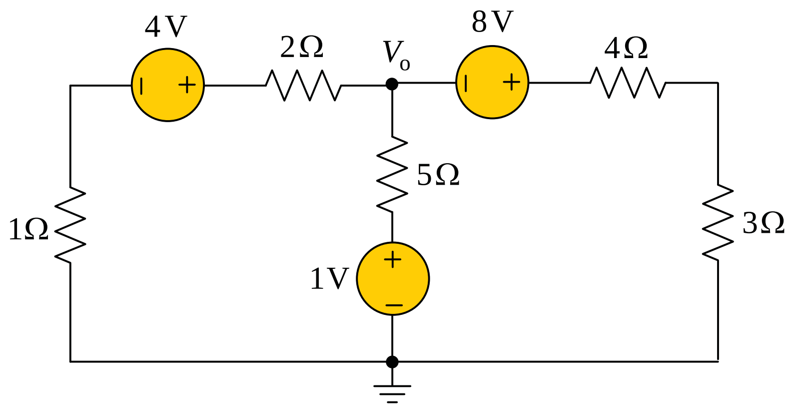
Λύση

Εφαρμόζουμε στο κύκλωμα την τεχνική διαχωρισμού των πηγών, έτσι ώστε η πηγή ρεύματος να συνδέεται παράλληλα με ένα μόνο στοιχείο. Έτσι, το κύκλωμα παίρνει τη μορφή του Σχ. 2.



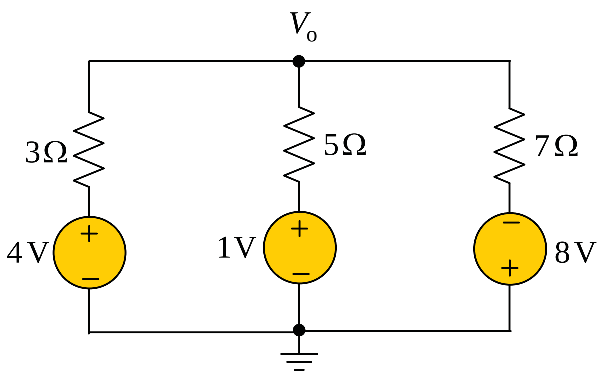
Σχήμα 2

Μετασχηματίζουμε τα δύο κυκλώματα Norton σε ισοδύναμα κυκλώματα Thevenin οπότε προκύπτει το κύκλωμα του Σχ. 3.



Σχήμα 3

Μετά την πρόσθεση των εν σειρά αντιστάσεων το κύκλωμα γίνεται



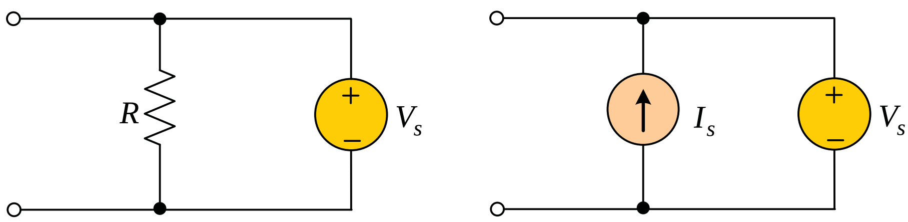
Σχήμα 4

Εφαρμόζοντας το θεώρημα του *Millman* βρίσκουμε την τάση V_o:

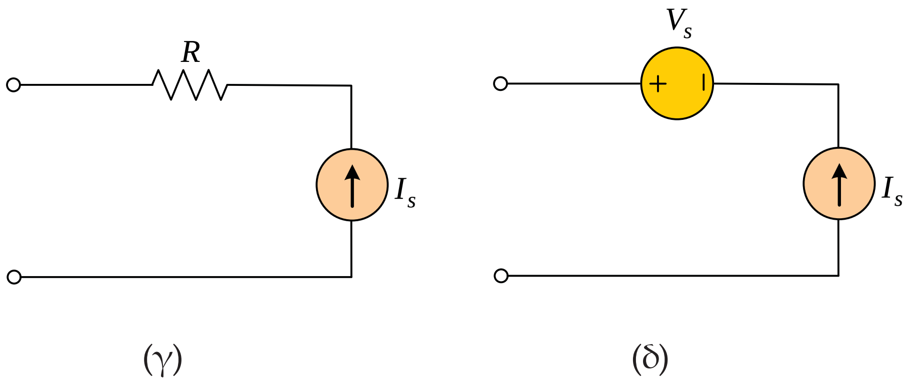
$$V_o = \frac{4 \cdot \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - 8 \cdot \frac{1}{7}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7}} = 0.577\,\mathrm{V}$$

Άσκηση 4.8

Ποια είναι τα ισοδύναμα κατά Thevenin δίπολα των κυκλωμάτων του Σχ. 1;



(α) (β)

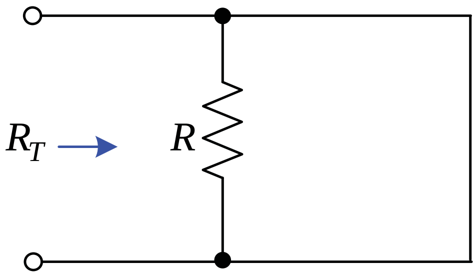


Σχήμα 1

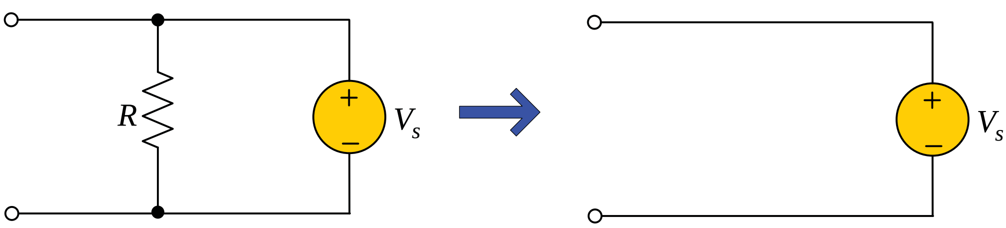
Λύση

Κύκλωμα (α)

Για το κύκλωμα αυτό παρατηρούμε ότι η τάση ανοιχτοκυκλώσεως είναι ίση με την τάση της πηγής. Επίσης, αν βραχυκυκλώσουμε την πηγή τάσης (Σχήμα 2) παρατηρούμε ότι η $R_T = 0$. Επομένως, όπως δείχνεται στο Σχήμα 3, το ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin είναι μόνον η πηγή τάσης.



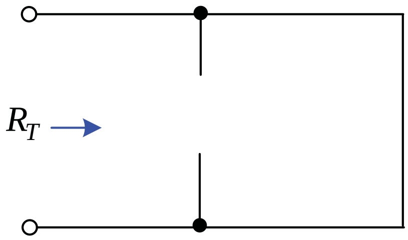
Σχήμα 2



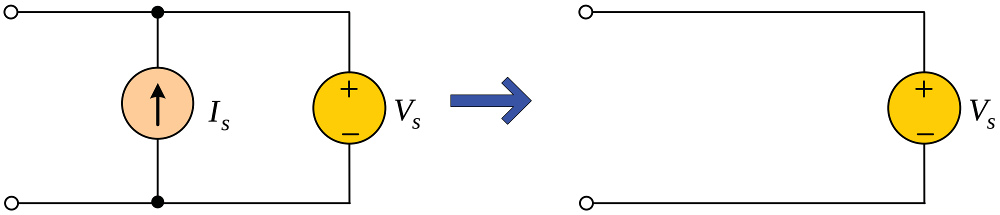
Σχήμα 3

Κύκλωμα (β)

Και στο κύκλωμα αυτό παρατηρούμε ότι η τάση ανοιχτοκυκλώσεως είναι ίση με την τάση V_s. Για να βρούμε R_T βραχυκυκλώνουμε την πηγή τάσης και ανοιχτοκυκλώνουμε την πηγή ρεύματος. Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ. 4 απ' όπου προκύπτει και πάλι ότι $R_T = 0$. Συνεπώς, όπως δείχνεται και στο Σχήμα 5, το ισοδύναμο κατά Thevenin είναι μόνον η πηγή τάσης.



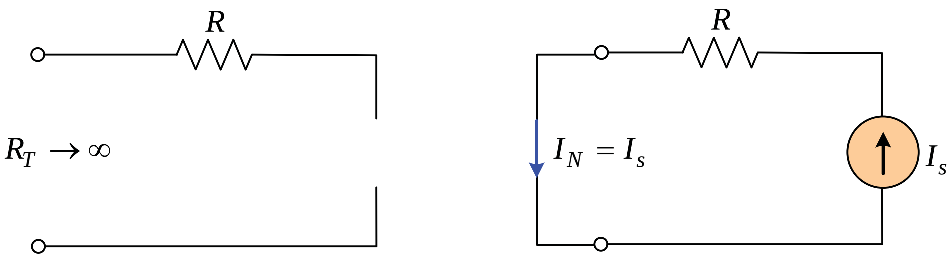
Σχήμα 4



Σχήμα 5

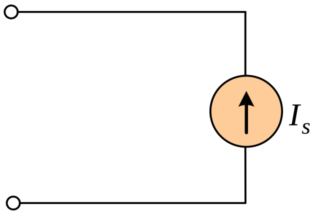
Κύκλωμα (γ)

Όπως προκύπτει από τα Σχήματα 6(α) και (β), η $R_T \to \infty$ ενώ το ρεύμα βραχυκυκλώσεως είναι ίσο με I_s. Συνεπώς, όπως δείχνεται το Σχήμα 7, το ισοδύναμο κατά Thevenin είναι μόνον η πηγή ρεύματος.



(α) (β)

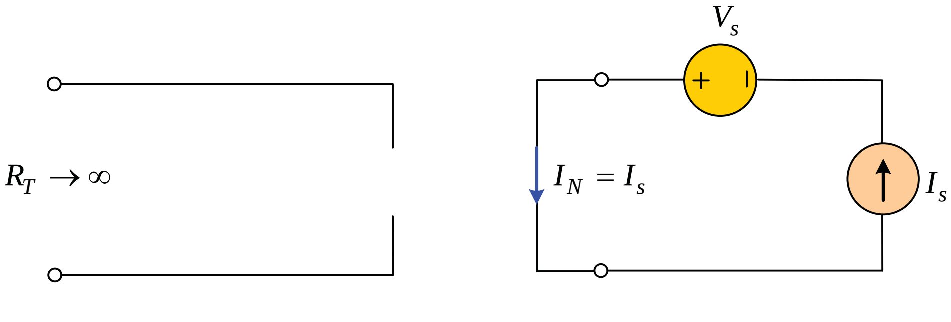
Σχήμα 6



Σχήμα 7. Ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin.

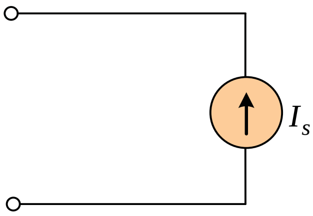
Κύκλωμα (δ)

Και στην περίπτωση αυτή, όπως προκύπτει από τα Σχήματα 8(α) και (β), η $R_T \to \infty$ ενώ το ρεύμα βραχυκυκλώσεως είναι ίσο με $I_N = I_s$. Συνεπώς, όπως δείχνεται το Σχήμα 9, το ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα είναι μόνον η πηγή ρεύματος.



(α) (β)

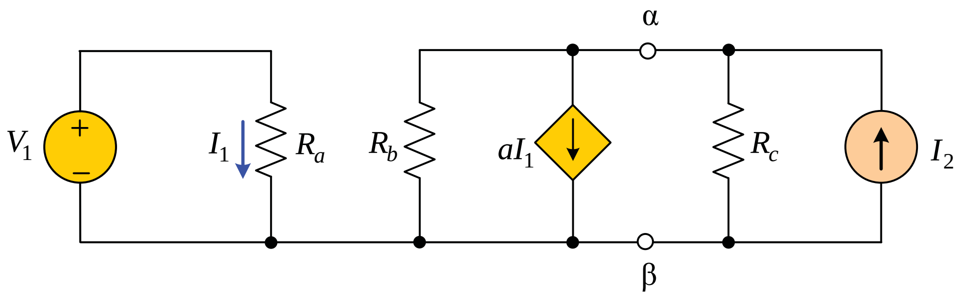
Σχήμα 8



Σχήμα 9. Ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα.

Άσκηση 4.9

Στο κύκλωμα του Σχ. να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα από τους ακροδέκτες α-β.

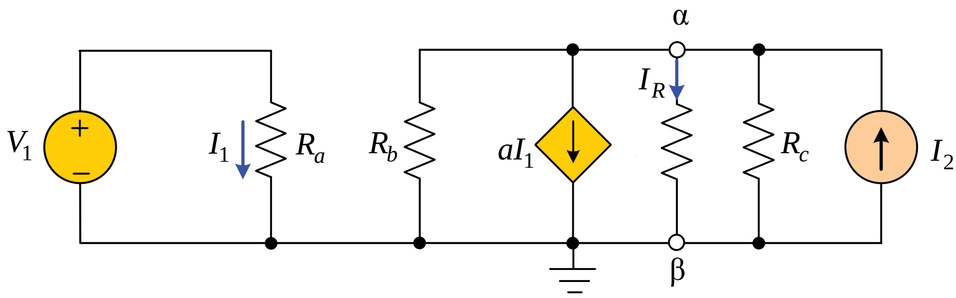


Σχήμα 1

Λύση

Όπως δείχνεται στο Σχήμα 2, θεωρούμε μια αντίσταση R μεταξύ των σημείων α-β. Το ρεύμα I_1 ισούται με:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_a}$$



Σχήμα 2

Η εξίσωση στον κόμβο α είναι

$$\frac{V_a}{R} + \frac{V_a}{R_c} + \frac{V_a}{R_b} = I_2 - aI_1 = I_2 - a\frac{V_1}{R_a}$$

Λύνουμε ως προς την τάση V_a και βρίσκουμε

$$V_a = \frac{I_2 - a\dfrac{V_1}{R_a}}{\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R_c} + \dfrac{1}{R_b}}$$

και

$$I_R = \frac{V_a}{R} = \frac{I_2 - a\dfrac{V_1}{R_a}}{1 + \dfrac{R}{R_c} + \dfrac{R}{R_b}}$$

Συνεπώς

$$V_T = \lim_{R\to\infty} V_a = \frac{I_2 - a\dfrac{V_1}{R_a}}{\dfrac{1}{R_c} + \dfrac{1}{R_b}}$$

και

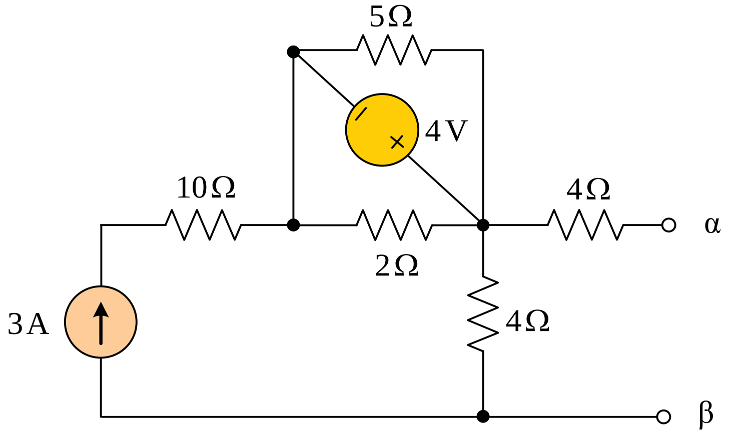
$$I_N = \lim_{R\to 0} I_R = I_2 - a\frac{V_1}{R_a}$$

Έτσι η R_T είναι ίση με

$$R_T = \frac{V_T}{I_N} = \frac{1}{\frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_b}} = \frac{R_c R_b}{R_b + R_c}$$

Άσκηση 4.10

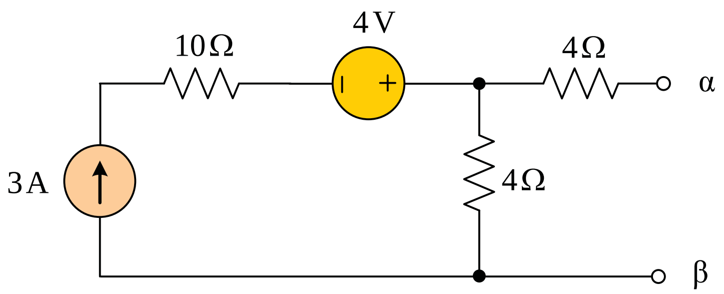
Στο κύκλωμα του Σχ. να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα από τους ακροδέκτες α-β.



Σχήμα 1

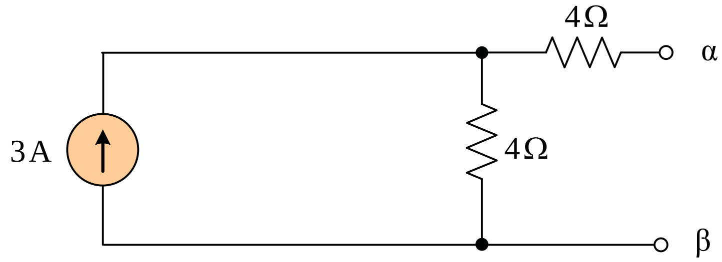
Λύση

Η πηγή τάσης των 4V, η οποία είναι συνδεδεμένη παράλληλα με τις αντιστάσεις 5Ω και 2Ω, έχει ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα μόνον την πηγή τάσης. Έτσι, το αρχικό κύκλωμα παίρνει την ισοδύναμη μορφή του Σχ. 2.



Σχήμα 2

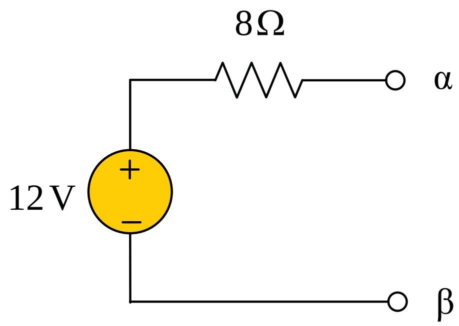
Όμως, το ισοδύναμο κύκλωμα της πηγής ρεύματος που είναι συνδεδεμένη σε σειρά με την αντίσταση 10Ω και την πηγή τάσης, είναι μόνον η πηγή ρεύματος. Έτσι, προκύπτει το κύκλωμα του Σχ. 3.



Σχήμα 3

Αν μετασχηματίσουμε το κύκλωμα Norton που σχηματίζεται από την πηγή ρεύματος και την αντίσταση των 4Ω σε κύκλωμα Thevenin καταλήγουμε στο τελικό κύκλωμα του Σχ. 4.

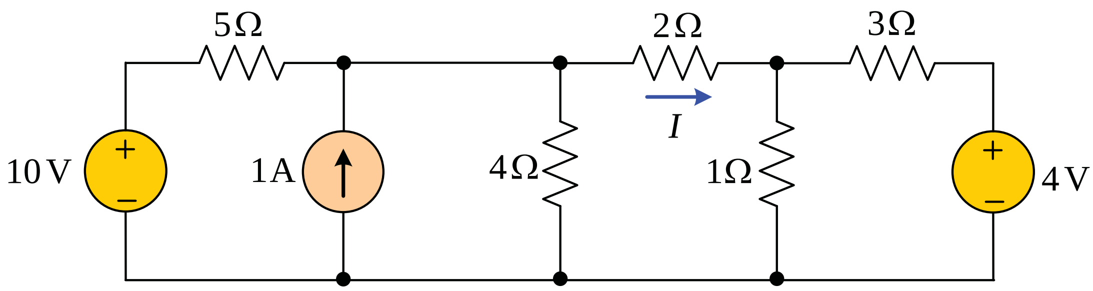
Άρα η ισοδύναμη αντίσταση Thevenin είναι $R_{Th} = 4\Omega + 4\Omega = 8\Omega$



Σχήμα 4. Ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin από τους ακροδέκτες α-β.

Άσκηση 4.11

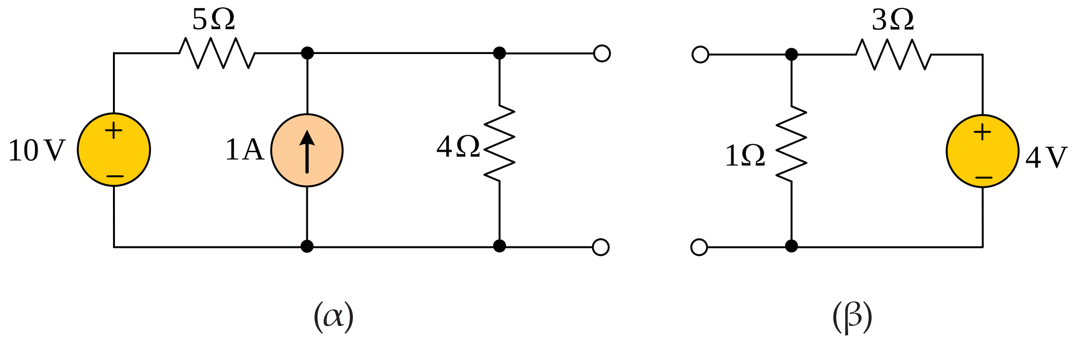
Στο κύκλωμα του Σχ. να προσδιοριστεί το ρεύμα *I* με τη χρησιμοποίηση των θεωρημάτων Thevenin και Norton.



Σχήμα 1

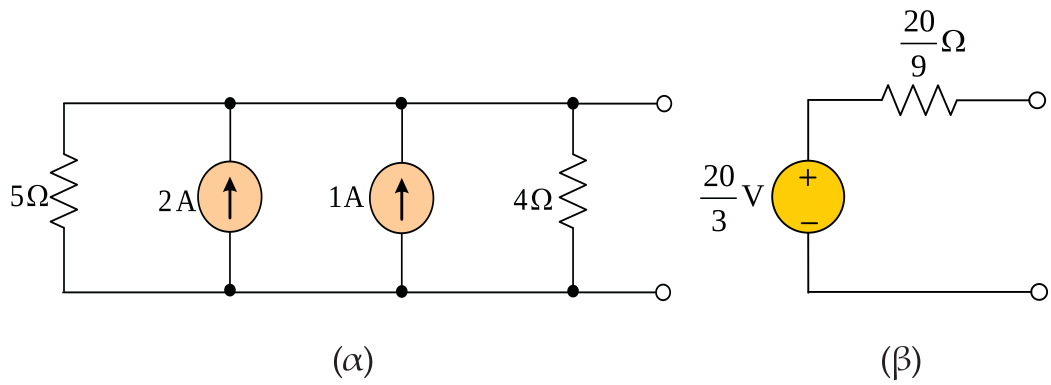
Λύση

Για να βρούμε το ρεύμα I βρίσκουμε πρώτα τα ισοδύναμα κυκλώματα Thevenin των κυκλωμάτων του Σχ. 2.



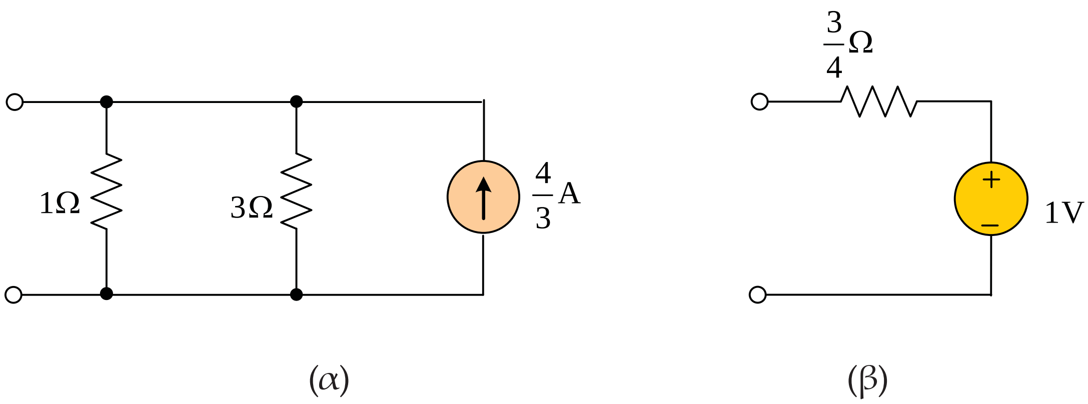
Σχήμα 2

(α) Στο κύκλωμα του Σχ. 2(α) μετατρέπουμε την πηγή τάσης με την αντίσταση των 5Ω σε ένα ισοδύναμο κύκλωμα Norton. Το κύκλωμα παίρνει τη μορφή του Σχ. 3(α). Αν τώρα συνθέσουμε τις δύο πηγές ρεύματος και μετασχηματίσουμε το κύκλωμα προκύπτει το ισοδύναμο κατά Thevenin που φαίνεται στο Σχήμα 3(β).



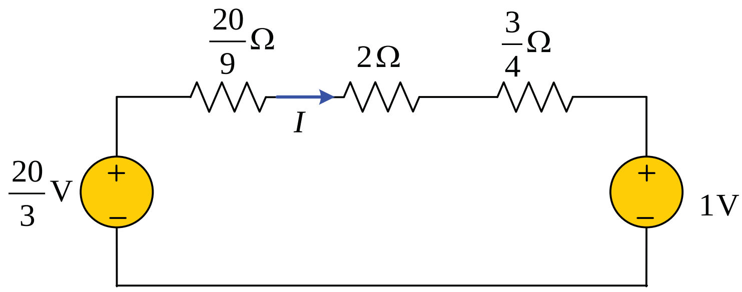
Σχήμα 3

(β) Στο κύκλωμα του Σχ. 2(β) μετατρέπουμε την πηγή τάσης με την εν σειρά αντίσταση σε κύκλωμα Norton (Σχήμα 4(α)) και στη συνέχεια συνθέτουμε τις παράλληλες αντιστάσεις και μετασχηματίζουμε το κύκλωμα Norton σε κύκλωμα Thevenin. Έτσι παίρνουμε ως ισοδύναμο το κύκλωμα του Σχ. 4(β).



Σχήμα 4

Συνθέτουμε τώρα τα δύο επιμέρους κυκλώματα Thevenin και παίρνουμε το κύκλωμα του Σχ. 5.



Σχήμα 5

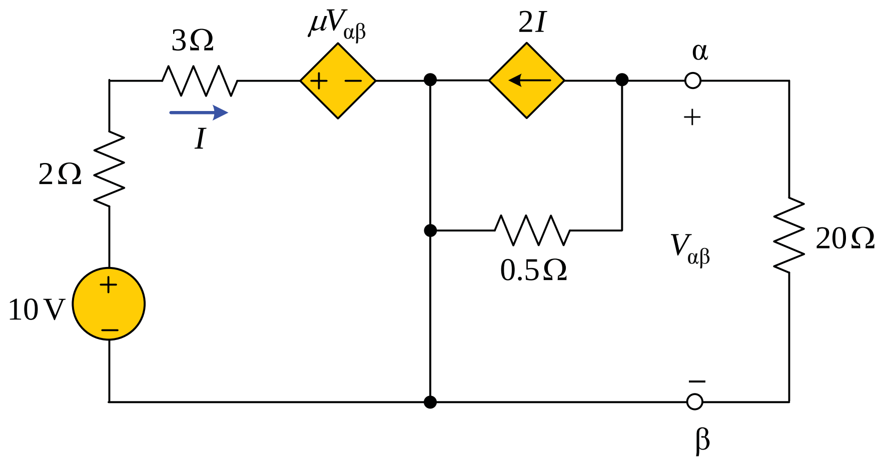
Η εξίσωση του μοναδικού βρόχου δίνει

$$\left(\frac{20}{9}+2+\frac{3}{4}\right)I=\frac{20}{3}-1$$

$$\Rightarrow I=\frac{204}{179}=1.14\,\text{A}$$

Άσκηση 4.12

Στο κύκλωμα του Σχ. 1 να προσδιοριστεί το ρεύμα I.



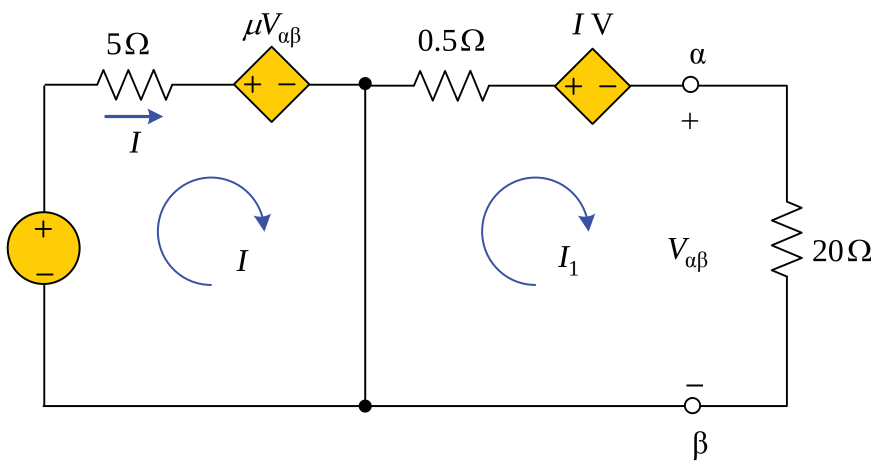
Σχήμα 1

Λύση

Το κύκλωμα είναι ισοδύναμο με αυτό του Σχ. 2. Παίρνουμε τώρα τις εξισώσεις στους δύο βρόχους

$$5I=10-\mu V_{\alpha\beta}$$

$$0.5I_1+20I_1=-I\Rightarrow I_1=-\frac{I}{20.5}$$



Σχήμα 2

Επίσης

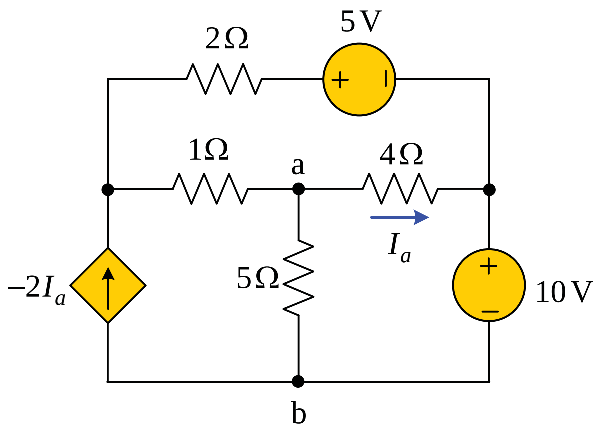
$$V_{\alpha\beta} = 20I_1 \Rightarrow V_{\alpha\beta} = -\frac{20}{20.5} I \text{ V}$$

Αντικαθιστούμε το $V_{\alpha\beta}$ στην εξίσωση του πρώτου βρόχου και βρίσκουμε ότι

$$5I = 10 + \mu \frac{20}{20.5} I \Rightarrow I = \frac{205}{102.5 - 20\mu}$$

Άσκηση 4.13

Στο κύκλωμα του Σχ. 1 να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά Thevenin από τους ακροδέκτες α-β.



Σχήμα 1

Λύση

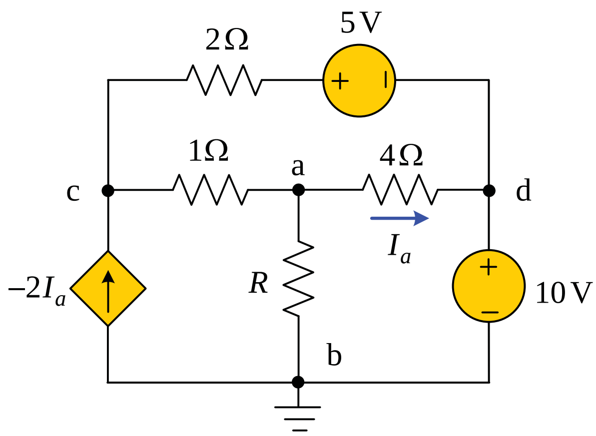
Θεωρούμε αντί της αντίστασης των 5Ω μια αντίσταση R μεταξύ των σημείων α-β. Στο Σχήμα 2 παρατηρούμε ότι ο κόμβος δ έχει προφανή τιμή 10V οπότε παίρνουμε τις εξισώσεις μόνο στους κόμβους α και γ:

$$\frac{V_\alpha}{R}+\frac{V_\alpha-V_\gamma}{1}+\frac{V_\alpha-10}{4}=0\Rightarrow\left(\frac{1}{R}+1.25\right)V_\alpha-V_\gamma=2.5$$

$$\frac{V_\gamma-V_\alpha}{1}+\frac{V_\gamma-5-10}{2}=-2I_\alpha\Rightarrow-V_\alpha+1.5V_\gamma=7.5-2I_\alpha$$

Επίσης, έχουμε ότι

$$I_\alpha=\frac{V_\alpha-10}{4}$$



Σχήμα 2

Αντικαθιστούμε το I_α και καταλήγουμε στο ακόλουθο σύστημα εξισώσεων

$$\left(\frac{1}{R}+1.25\right)V_\alpha-V_\gamma=2.5$$

$$-0.5V_\alpha+1.5V_\gamma=12.5$$

Πολλαπλασιάζουμε με 1.5 την πρώτη εξίσωση και προσθέτουμε κατά μέλη:

$$-0.5V_\alpha+1.5\left(\frac{1}{R}+1.25\right)V_\alpha=16.25$$

Η επίλυση της παραπάνω εξίσωσης ως προς V_α δίνει

$$V_\alpha=\frac{130R}{12+11R}$$

Τώρα, για να βρούμε τα V_T και I_N εφαρμόζουμε τις σχέσεις

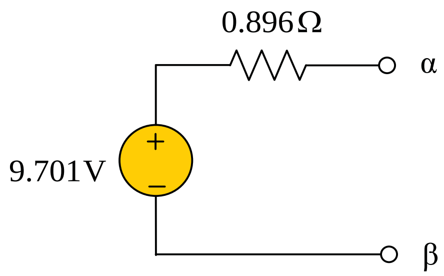
$$V_T = \lim_{R\to 5} V_\alpha = \frac{130\times 5}{12+11\times 5} = \frac{650}{67} = 9.701\text{V}$$

$$I_N = \lim_{R\to 0}\left\{\frac{V_\alpha}{R}\right\} = \lim_{R\to 0}\frac{130}{12+11R} = \frac{130}{12} = 10.833\,\text{A}$$

Επομένως, η ισοδύναμη αντίσταση Thevenin είναι

$$R_T = \frac{V_T}{I_N} = 0.896\Omega$$

Άρα το ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα από τους ακροδέκτες α-β είναι αυτό του Σχ. 3:



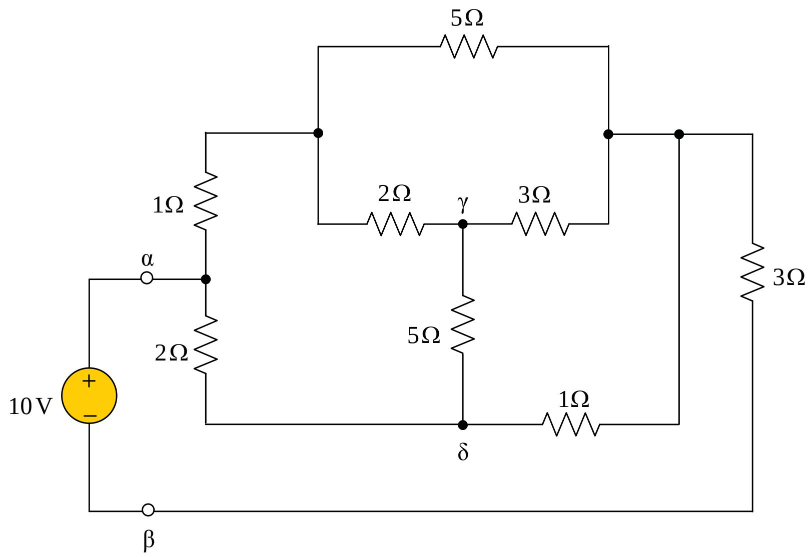
Σχήμα 3

Άσκηση 4.14

Στο κύκλωμα του Σχ. 1 να υπολογιστούν:

(α) Η ισοδύναμη αντίσταση από τους ακροδέκτες α-β.

(β) Το ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα από τους ακροδέκτες γ-δ.



Σχήμα 1

Λύση