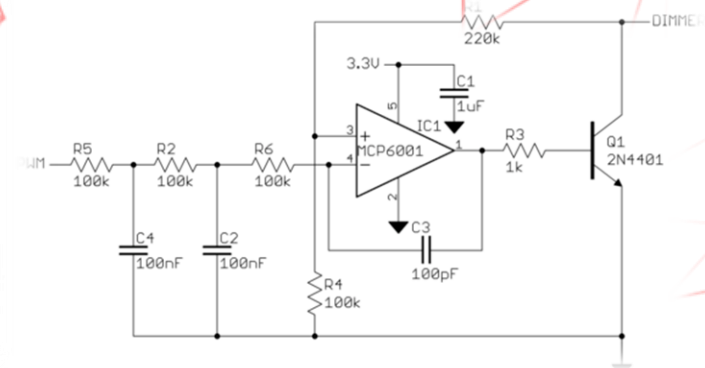
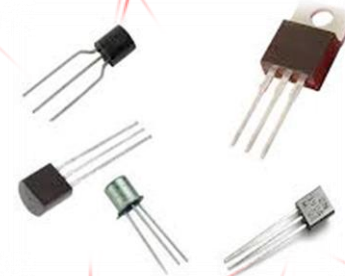
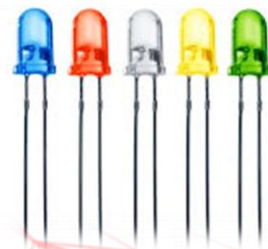
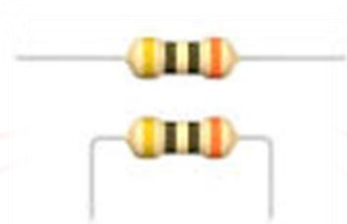
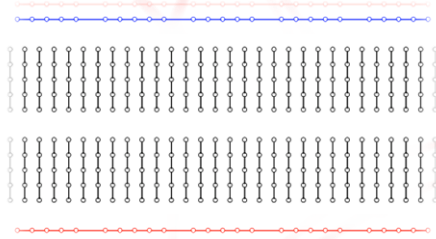


Ηλεκτρονική

➔ Νικόλαος Γιαννακέας



Περιεχόμενα 2^{ης} Διάλεξης

- Στοιχεία κυκλωμάτων
- Πειραματικές Μετρήσεις
- Θεωρητικές Μέθοδοι Επίλυσης Κυκλωμάτων
 - Νόμος Ohm – Συνδεσμολογίες
 - Κανόνες Kirchhoff
 - Θεωρήματα Norton - Thevenin
- Αλλά στοιχεία και κυκλώματα

Βασικά στοιχεία κυκλωμάτων

Ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα αποτελείται από:

- Πηγή ενέργειας (τάσης ή ρεύματος)
- Αγωγούς
- Μονωτές
- Ημιαγωγούς
- Συσκευές ελέγχου (διακόπτες, ποτενσιόμετρα)
- Συσκευές προστασίας (ρελέ, ασφάλειες)

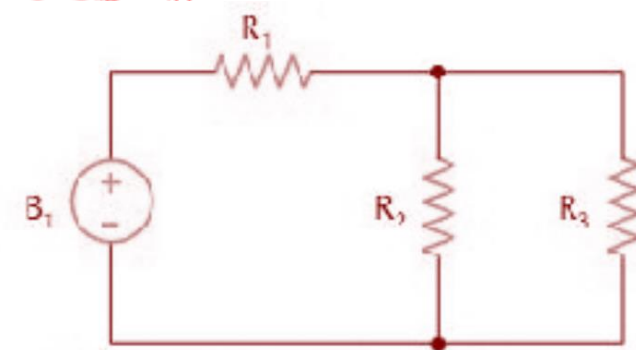
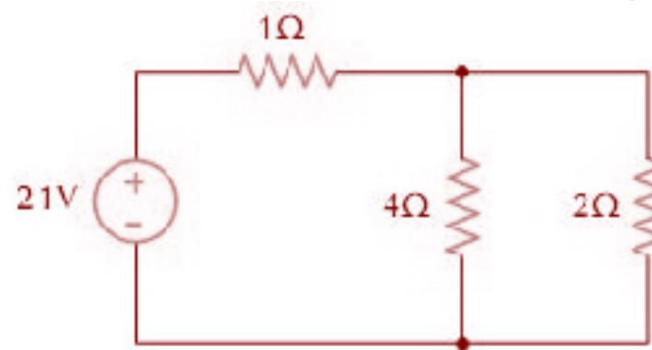
Συμβολισμός εξαρτημάτων

Για όλα τα ηλεκτρικά & ηλεκτρονικά εξαρτήματα υπάρχει ένα σύμβολο που χρησιμοποιείται στην αναπαράσταση των ηλεκτρικών & Ηλεκτρονικών κυκλωμάτων



Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος

- Είναι το διάγραμμα που φέρει μόνο σύμβολα για να δείξει τη σύνδεση των εξαρτημάτων
- Δίπλα σε κάθε σύμβολο μπορεί να υπάρχει ένα αναγνωριστικό γράμμα (π.χ. R για τις αντιστάσεις) & μια τιμή (π.χ. $20\text{K}\Omega$)



B_1 : Πηγή τάσης 21V, R_1 : Αντίσταση 1Ω
 R_2 : Αντίσταση 4Ω, R_3 : Αντίσταση 2Ω

Ηλεκτρικές πηγές τάσης - Ρεύματος (1)

- Η ιδανική ανεξάρτητη πηγή τάσης διατηρεί μια σταθερή τάση στα άκρα της, ανεξάρτητα από το ρεύμα που προσφέρει & από τα στοιχεία του υπόλοιπου κυκλώματος.
- Η τάση στα άκρα της **ιδανικής εξαρτημένης πηγής τάσης** εξαρτάται από την τάση (ή το ρεύμα) σε κάποια στοιχεία του υπόλοιπου κυκλώματος



Ηλεκτρικές πηγές τάσης - Ρεύματος (2)

- Η ιδανική ανεξάρτητη πηγή ρεύματος προσφέρει σταθερό ρεύμα στα άκρα της, ανεξάρτητα από την τάση στα άκρα της & από τα υπόλοιπα στοιχεία που συνδέονται με αυτήν
- Το ρεύμα μιας **ιδανικής εξαρτημένης πηγής ρεύματος** εξαρτάται από το ρεύμα (ή την τάση) σε κάποια στοιχεία του υπόλοιπου κυκλώματος



Ισχύς - Ενέργεια - Κόστος ενέργειας

➤ Ισχύς: $P = V \cdot I$

➤ Ενέργεια: $W = P \cdot t$

➤ Κόστος = (τιμή μονάδας ενέργειας) • ενέργεια

Όργανα μέτρησης (με βάση την αρχή λειτουργίας τους)

- Στρεπτού πηνίου (ηλεκτροδυναμικά)
- Κινητού σιδήρου (ηλεκτρομαγνητικά)
- Ηλεκτροδυναμικά
- Ηλεκτροστατικά
- Θερμικά
- Επαγωγικά

Όργανα μέτρησης (με βάση το μέγεθος μέτρησης)

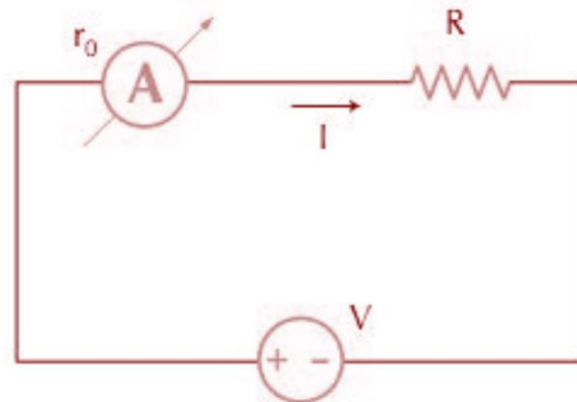
- **Βολτόμετρα** (μετρούν την τάση)
- **Αμπερόμετρα** (μετρούν το ρεύμα)
- **Βατόμετρα** (μετρούν την ισχύ)
- **Συχνόμετρα** (μετρούν τη συχνότητα)

Όργανα μέτρησης (με βάση τον τρόπο παροχής της μετρούμενης τιμής)

- **Ενδεικτικά** (παρέχουν την τιμή μέτρησης μέσω δείκτη ή οθόνης ή φωτεινού σήματος)
- **Καταγραφικά** (καταγράφουν την μετρούμενη τιμή συναρτήσει του χρόνου ή άλλου μεγέθους)
- **Αθροιστικά** (παρέχουν αθροιστικά την τιμή του μετρούμενου μεγέθους)

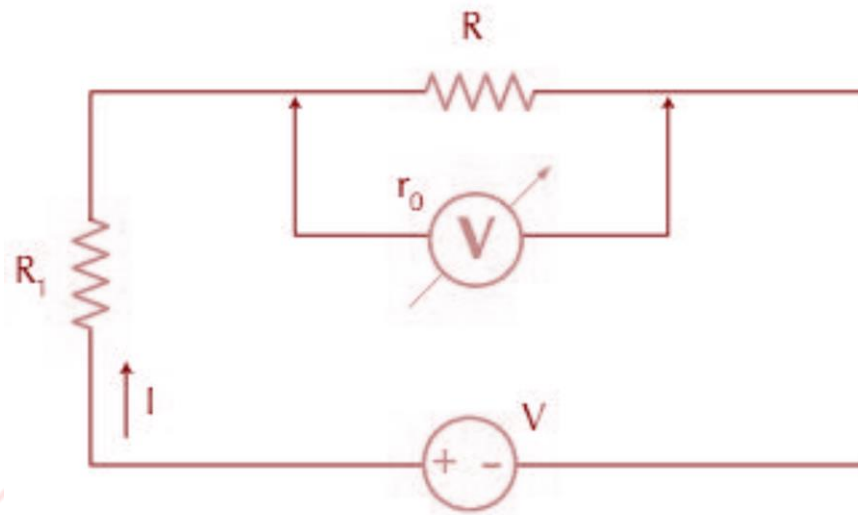
Αμπερόμετρα

- Για τη μέτρηση της έντασης του ρεύματος το αμπερόμετρο **συνδέεται σε σειρά** με το κύκλωμα
- Έχουν **πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση** (δέκατα ή εκατοστά του Ω) για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος μέτρησης



Βολτόμετρα

- Για τη μέτρηση της τάσης το βολτόμετρο συνδέεται παράλληλα με το κύκλωμα
- Έχουν πολύ μεγάλη εσωτερική αντίσταση (μεγαλύτερη από $10\text{ K}\Omega$) για την ελαχιστοποίηση του σφάλματος μέτρησης



Όργανα πίνακα - Πολύμετρα

- ➔ **Όργανα πίνακα** ονομάζουμε τα αναλογικά ή ψηφιακά όργανα που είναι συνέχεια συνδεδεμένα σε ένα κύκλωμα για να μετρούν μόνο μια από τις ποσότητες I , V , R
- ➔ **Πολύμετρα** ονομάζουμε τα αναλογικά ή ψηφιακά όργανα που μπορούν να μετρήσουν δύο ή περισσότερες ηλεκτρικές ποσότητες



Μέτρηση αντίστασης

- Για τη μέτρηση της ωμικής τιμής μιας αντιστάσεως πρέπει πρώτα να **αποσυνδέσουμε τις πηγές** ενέργειας του κυκλώματος
- Το ωμόμετρο χρησιμοποιεί την εσωτερική του μπαταρία για τη μέτρηση της ωμικής τιμής μιας αντίστασης
- Κατά τη διάρκεια της μέτρησης οι ακροδέκτες της αντίστασης **δεν πρέπει να είναι συνδεδεμένοι με άλλα εξαρτήματα** ή να ακουμπούν στα χέρια μας
- Η πολικότητα των ακροδεκτών δεν έχει σημασία

Μέτρηση τάσης

- Οι μετρήσεις γίνονται με συνδεδεμένη την ισχύ στο κύκλωμα
- Επιλέγουμε DC ή AC λειτουργία στο βολτόμετρο
- Επιλέγουμε τη μεγαλύτερη περιοχή τάσης
- Καθορίζουμε την πολικότητα των ακροδεκτών, όταν μετράμε συνεχείς τάσεις
- Συνδέουμε το μαύρο ακροδέκτη στο αρνητικό σημείο του κυκλώματος και τον κόκκινο ακροδέκτη στο θετικό

Μέτρηση ρεύματος

- Το κύκλωμα πρέπει να διακοπεί ώστε να παρεμβληθεί το αμπερόμετρο
- Οι μετρήσεις γίνονται με συνδεδεμένη την ισχύ στο κύκλωμα
- Επιλέγουμε DC/AC λειτουργία στο αμπερόμετρο
- Επιλέγουμε τη μεγαλύτερη περιοχή ρεύματος
- Προσέχοντας την πολικότητα των ακροδεκτών, συνδέουμε το μαύρο ακροδέκτη στο αρνητικότερο σημείο & τον κόκκινο ακροδέκτη στο θετικότερο σημείο της διακοπής του κυκλώματος

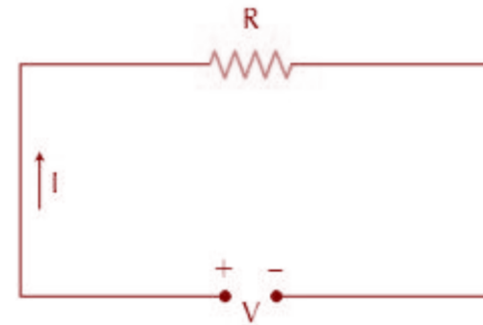
Μέθοδοι επίλυσης σύνθετων ωμικών κυκλωμάτων

- Νόμος Ohm – Συνδεσμολογίες Στοιχείων
- Κανόνες Kirchhoff
- Μέθοδος των απλών βρόχων (Μ.Α.Β)
- Μέθοδος των κόμβων (Μ.Κ)
- Θεώρημα μέγιστης μεταφοράς ισχύος
- Θεωρήματα Thevenin - Norton

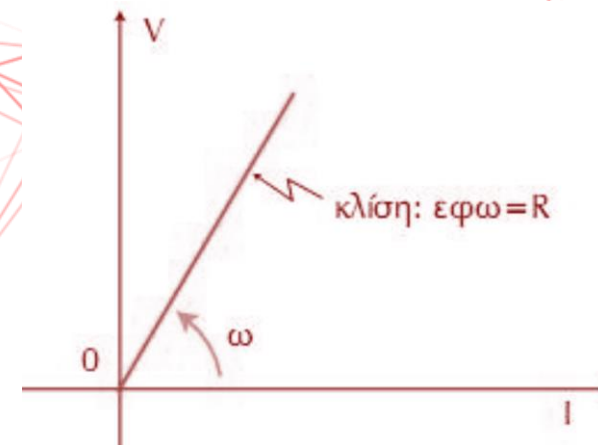
Νόμος του Ohm - Συνδεσμολογίες Στοιχείων

➔ Το ρεύμα που διαρρέει μια αντίσταση είναι ευθέως ανάλογο της τάσης που επικρατεί στα άκρα της αντίστασης & αντιστρόφως ανάλογο της αντίστασης

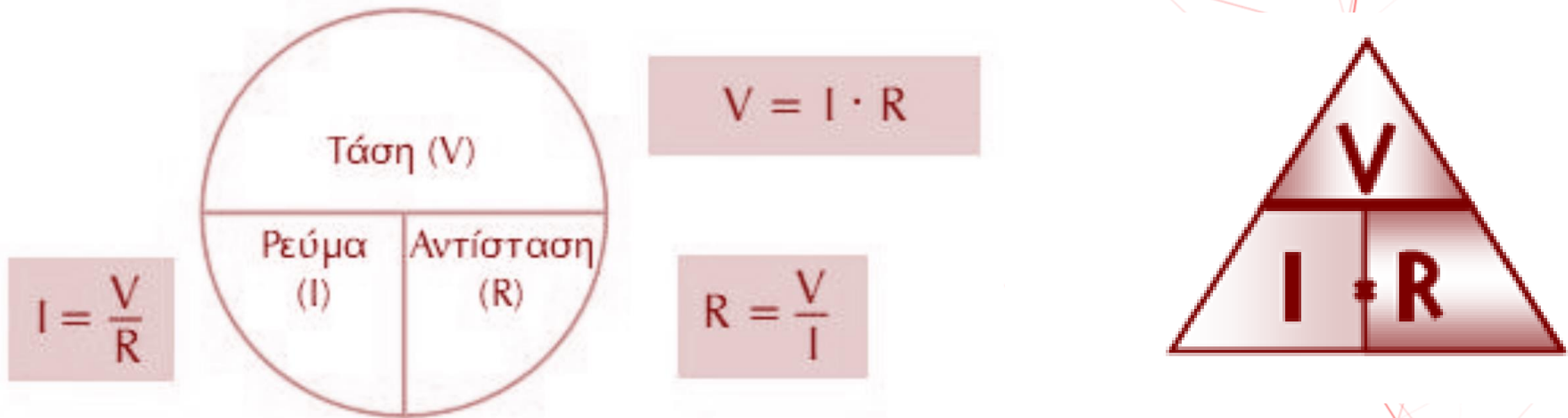
➔ Η χαρακτηριστική καμπύλη ενός ιδανικού αντιστάτη αποτελεί ταυτόχρονα & τη γραφική παράσταση του νόμου του Ohm



$$I = \frac{V}{R}$$

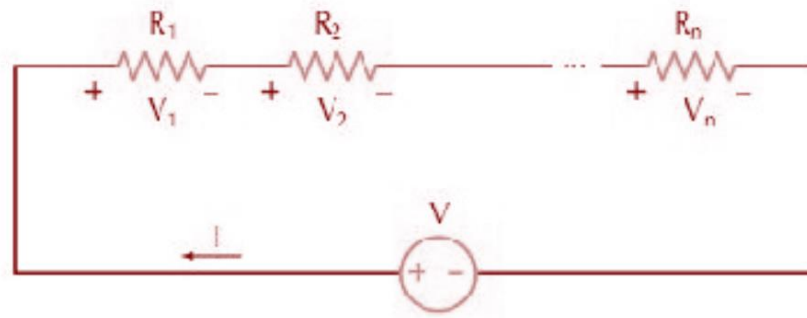


Νόμος του Ohm - Συνδεσμολογίες Στοιχείων



Νόμος του Ohm - Συνδεσμολογίες Στοιχείων

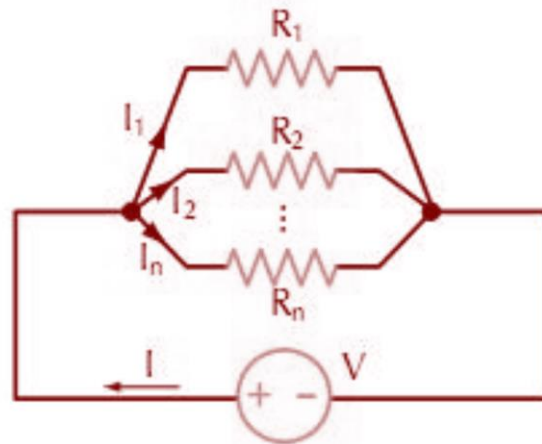
- ➔ Δύο ή περισσότερες αντιστάσεις είναι **συνδεδεμένες σε σειρά** όταν το τέλος της μιας αντίστασης συνδέεται στην αρχή της άλλης & δεν υπάρχει καμία ενδιάμεση διακλάδωση ανάμεσά τους, έτσι ώστε όλες να διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα



$$R_{O\lambda} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Νόμος του Ohm - Συνδεσμολογίες Στοιχείων

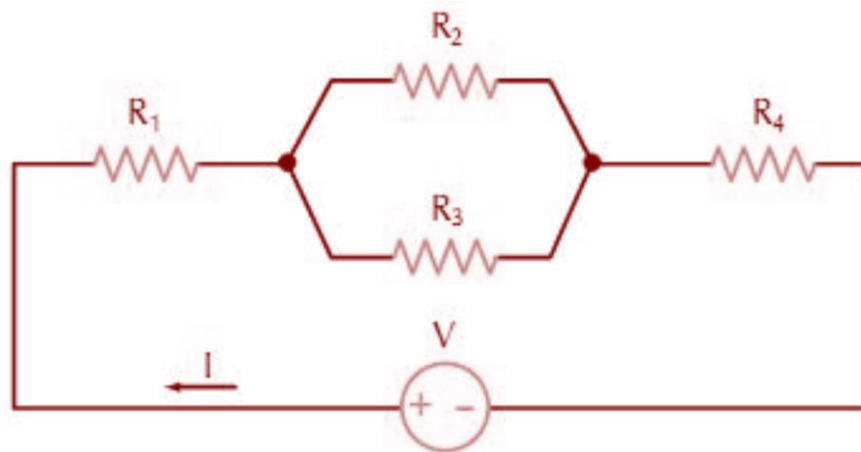
- Δύο ή περισσότερες αντιστάσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα όταν όλες έχουν κοινά άκρα, με αποτέλεσμα να βρίσκονται όλες στην ίδια τάση



$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Μικτή συνδεσμολογία αντιστάσεων

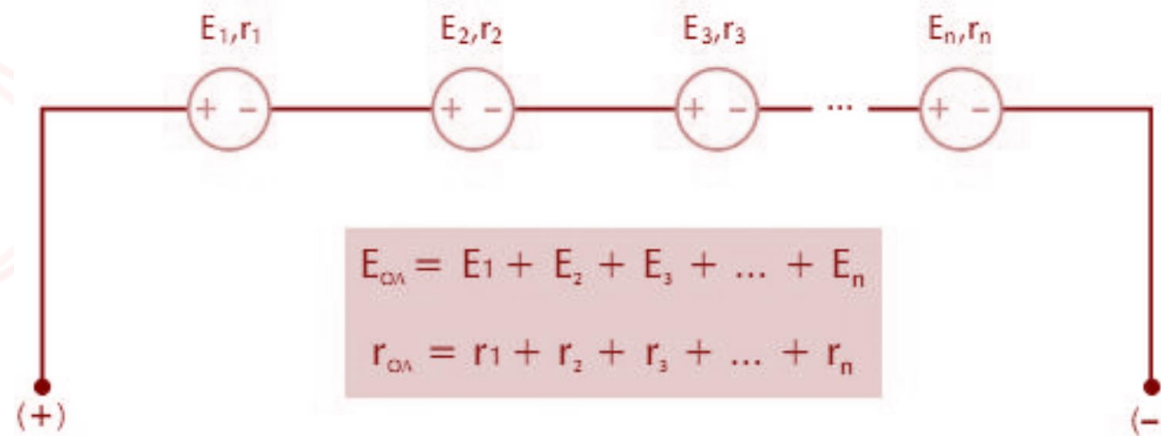
- Είναι η συνδεσμολογία στην οποία συνυπάρχουν οι συνδέσεις αντιστάσεων σε σειρά με τις συνδέσεις αντιστάσεων παράλληλα



$$R_{O\Lambda} = R_1 + R_2 // R_3 + R_4 = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} + R_4$$

Νόμος του Ohm - Συνδεσμολογίες Στοιχείων

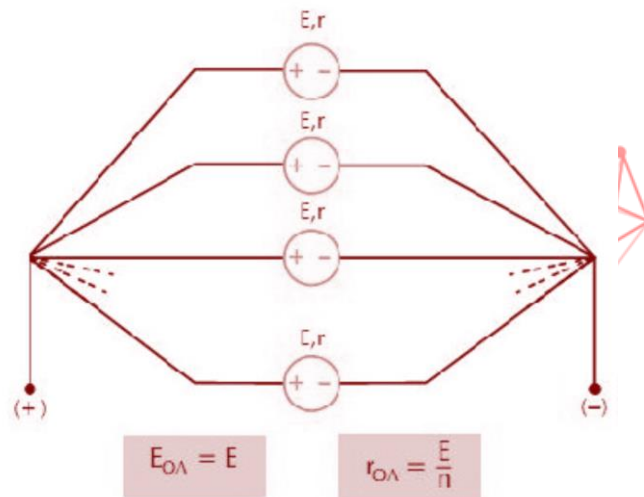
- ➔ Δύο ή περισσότερες πηγές τάσης είναι συνδεδεμένες σε σειρά, όταν ο αρνητικός πόλος της μιας συνδέεται με το θετικό πόλο της άλλης



Νόμος του Ohm - Συνδεσμολογίες Στοιχείων

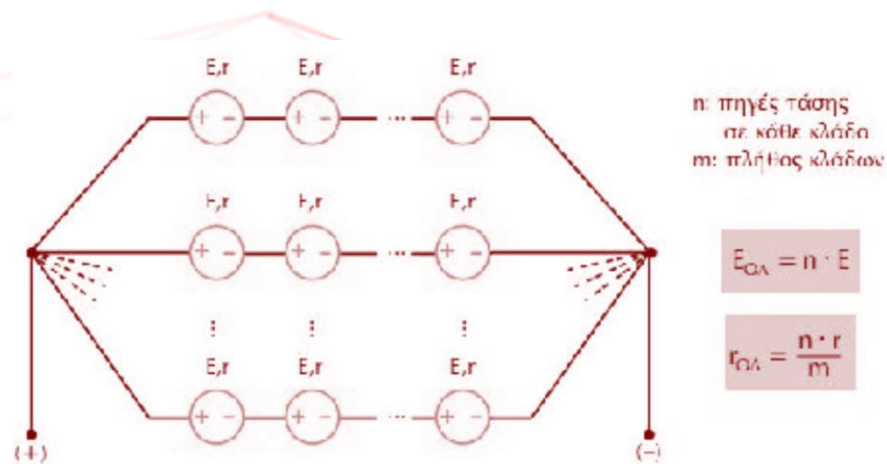
- Δύο ή περισσότερες πηγές τάσης είναι συνδεδεμένες παράλληλα, όταν όλοι οι θετικοί πόλοι συνδέονται σε ένα κοινό κόμβο & όλοι οι αρνητικοί πόλοι σε άλλο κοινό κόμβο

ΣΗΜ: Οι πηγές πρέπει να είναι απόλυτα όμοιες



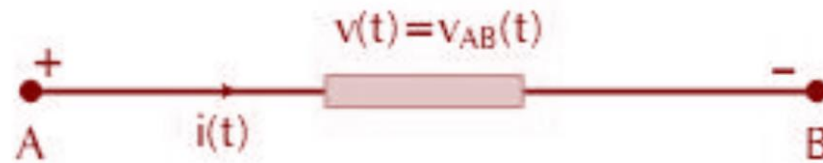
Νόμος του Ohm - Συνδεσμολογίες Στοιχείων

- Είναι η συνδεσμολογία στην οποία συνυπάρχουν πηγές συνδεδεμένες σε σειρά με πηγές συνδεδεμένες παράλληλα, με σκοπό την επίτευξη μιας πηγής **μεγάλου ρεύματος & μεγάλης τάσης**



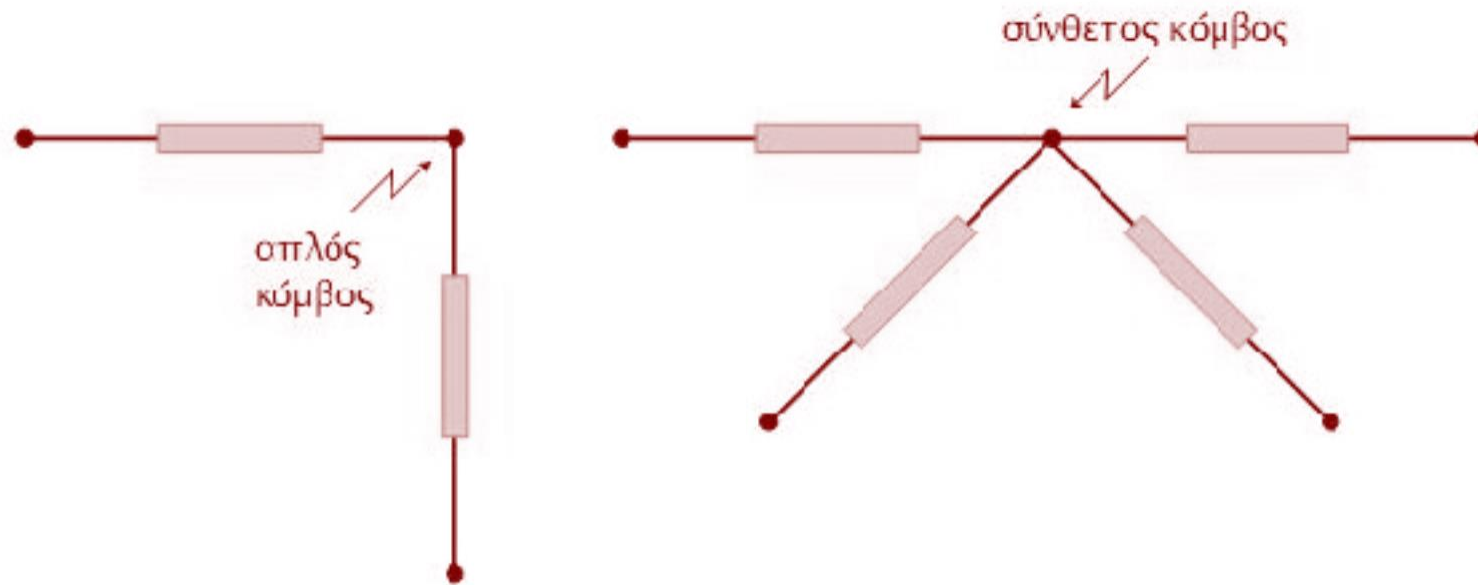
Κανόνες Kirchhoff και επίλυση κυκλωμάτων

- **Κλάδος** είναι μια ομάδα συνδεδεμένων στοιχείων που σχηματίζουν ένα σύνολο δύο ακροδεκτών, “μια γραμμή” στην οποία ορίζονται οι συναρτήσεις $V(t)$ & $I(t)$



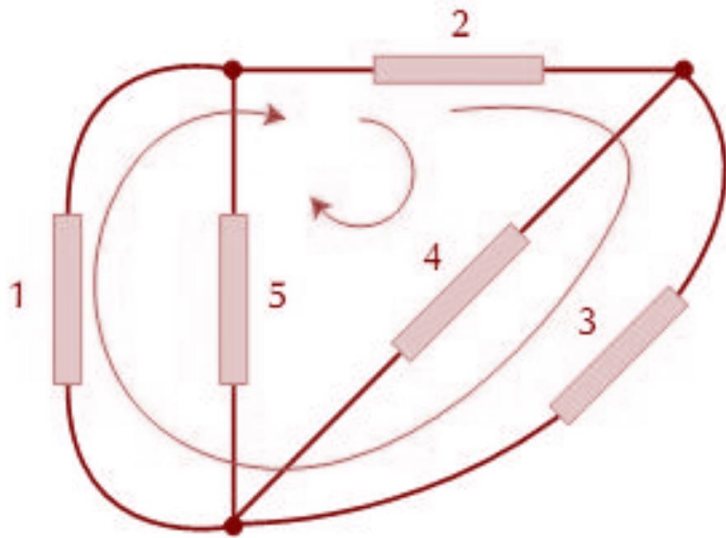
Κανόνες Kirchhoff και επίλυση κυκλωμάτων

➤ **Κόμβος** είναι το κοινό σημείο δύο ή περισσότερων κλάδων



Κανόνες Kirchhoff και επίλυση κυκλωμάτων

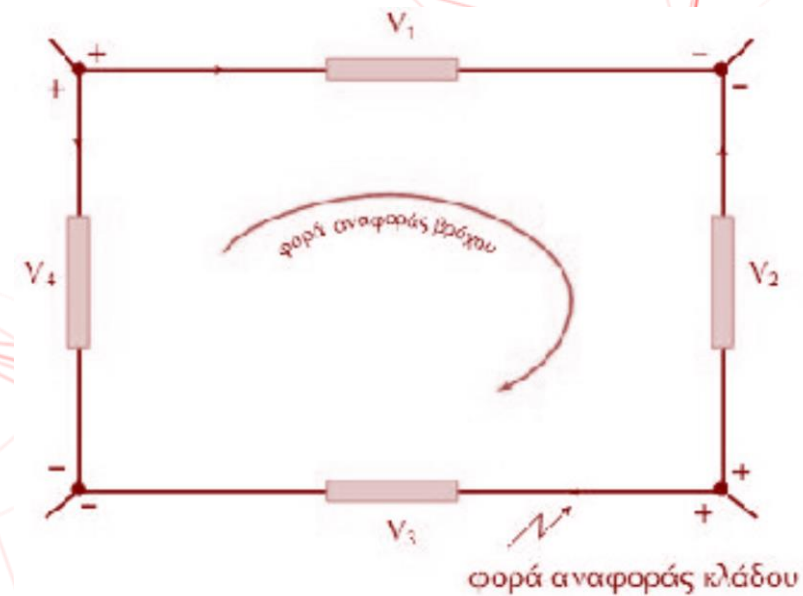
➤ **Βρόχος** είναι μια οποιαδήποτε κλειστή διαδρομή κλάδων



Βρόχος 2, 4, 5: απλός
Βρόχος 2, 3, 1: όχι απλός

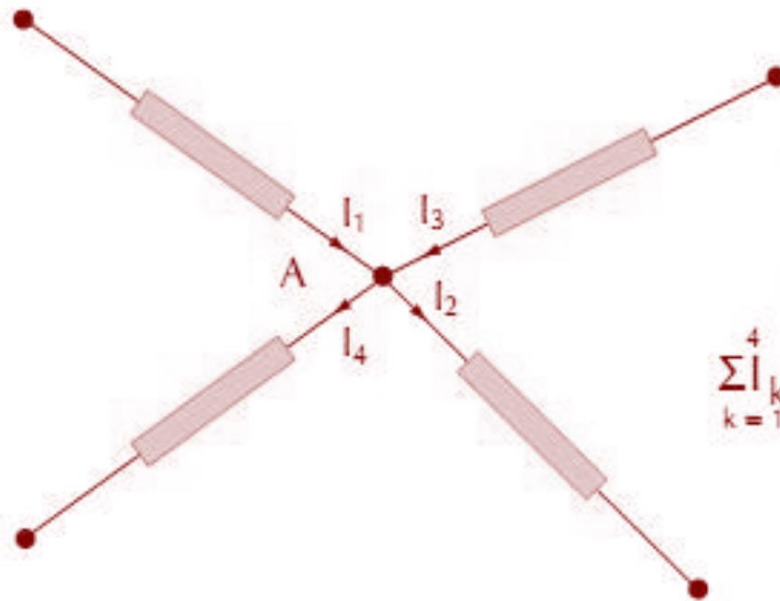
Κανόνες Kirchhoff και επίλυση κυκλωμάτων

- Σε κάθε κλάδο ορίζουμε **φορά αναφοράς ρεύματος & πολικότητα αναφοράς τάσης**
- **Πολικότητα ή φορά αναφοράς βρόχου**: είναι η φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού ή η αντίθετη



Κανόνες Kirchhoff και επίλυση κυκλωμάτων - 1^{ος}

- Το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ρευμάτων σε κάθε κόμβο ενός κυκλώματος ισούται με μηδέν

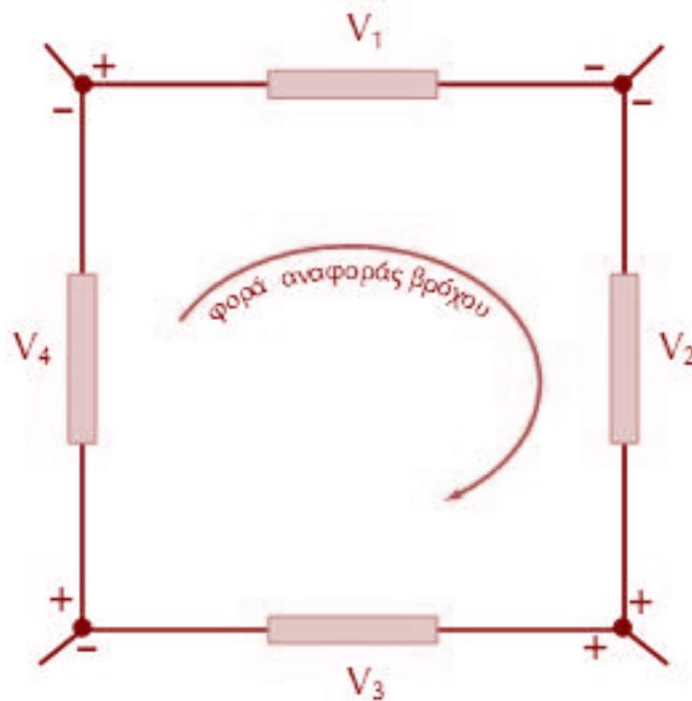


$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^4 I_k = 0 \Rightarrow I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

Κανόνες Kirchhoff και επίλυση κυκλωμάτων - 2^{ος}

- ➔ Το αλγεβρικό άθροισμα όλων των τάσεων σε κάθε βρόχο ενός κυκλώματος ισούται με μηδέν



$$\sum_{k=1}^n V_k = 0$$

$$\sum_{k=1}^4 V_k = 0 \Rightarrow V_1 - V_2 + V_3 + V_4 = 0$$

Μέθοδος απλών βρόχων (M.A.B) (1)

➤ Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο εξής θεώρημα:

*Ο αριθμός των απλών βρόχων ενός κυκλώματος με **b** κλάδους & **n** κόμβους είναι **$b-n+1$** & το πλήθος των εξισώσεων που προκύπτουν με εφαρμογή του Νόμου Τάσεων του Kirchhoff σε κάθε απλό βρόχο είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους*

➤ Η μέθοδος αυτή είναι **κατάλληλη για σύνθετα κυκλώματα με πολλές πηγές τάσεις**

Μέθοδος απλών βρόχων (M.A.B) (2)

$$R_{11} \cdot I_1 + R_{12} \cdot I_2 = \Sigma V_1$$

$$R_{21} \cdot I_1 + R_{22} \cdot I_2 = \Sigma V_2$$

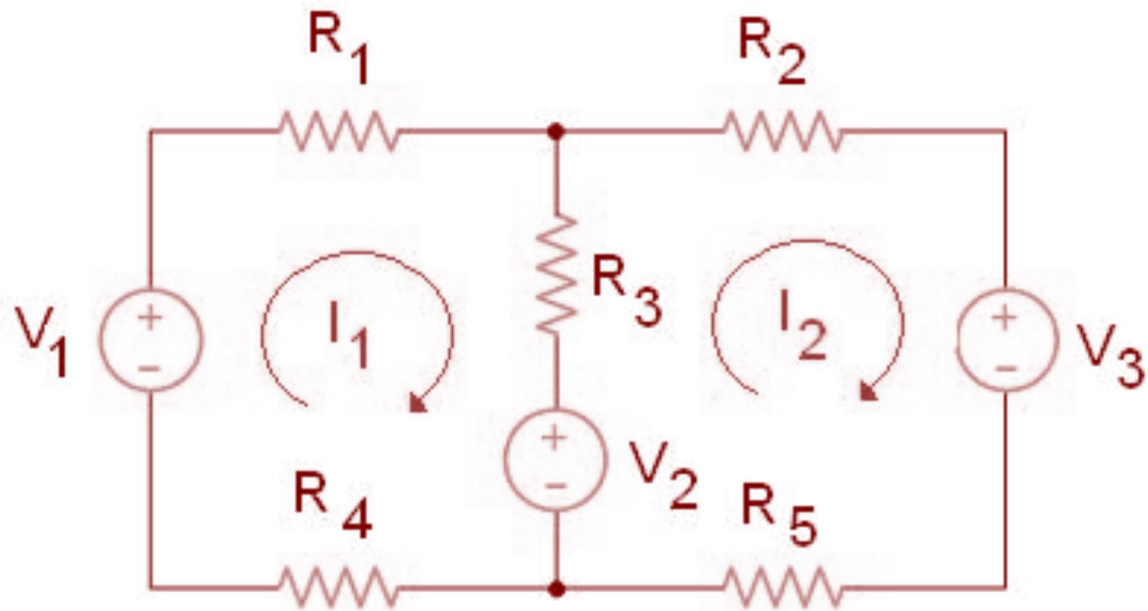
$$R_{11} = R_1 + R_3 + R_4$$

$$R_{22} = R_2 + R_3 + R_5$$

$$R_{12} = R_{21} = -R_3$$

$$\Sigma V_1 = V_1 - V_2$$

$$\Sigma V_2 = V_2 - V_3$$



Μέθοδος κόμβων (Μ.Κ.) (1)

➤ Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο εξής θεώρημα:

Σε ένα κύκλωμα με n κόμβους, η εφαρμογή του Νόμου Ρευμάτων του Kirchhoff σε $n-1$ κόμβους δίνει ένα σύνολο ανεξάρτητων εξισώσεων

➤ Η μέθοδος αυτή είναι **κατάλληλη για σύνθετα κυκλώματα με πολλές πηγές ρεύματος**

Μέθοδος κόμβων (Μ.Κ.) (2)

$$\mathbf{G}_{11} \cdot \mathbf{V}_1 + \mathbf{G}_{12} \cdot \mathbf{V}_2 = \Sigma \mathbf{I}_1$$

$$\mathbf{G}_{21} \cdot \mathbf{V}_1 + \mathbf{G}_{22} \cdot \mathbf{V}_2 = \Sigma \mathbf{I}_2$$

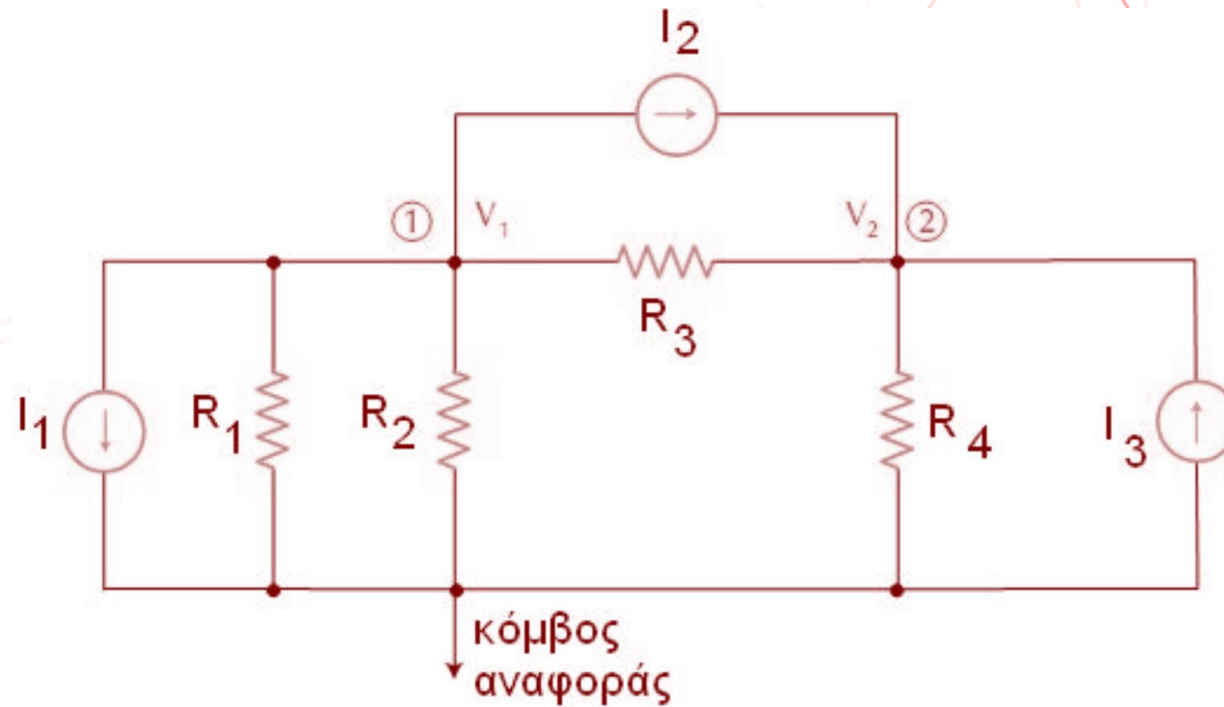
$$\mathbf{G}_{11} = \mathbf{G}_1 + \mathbf{G}_2 + \mathbf{G}_3$$

$$\mathbf{G}_{22} = \mathbf{G}_3 + \mathbf{G}_4$$

$$\mathbf{G}_{12} = \mathbf{G}_{21} = -\mathbf{G}_3$$

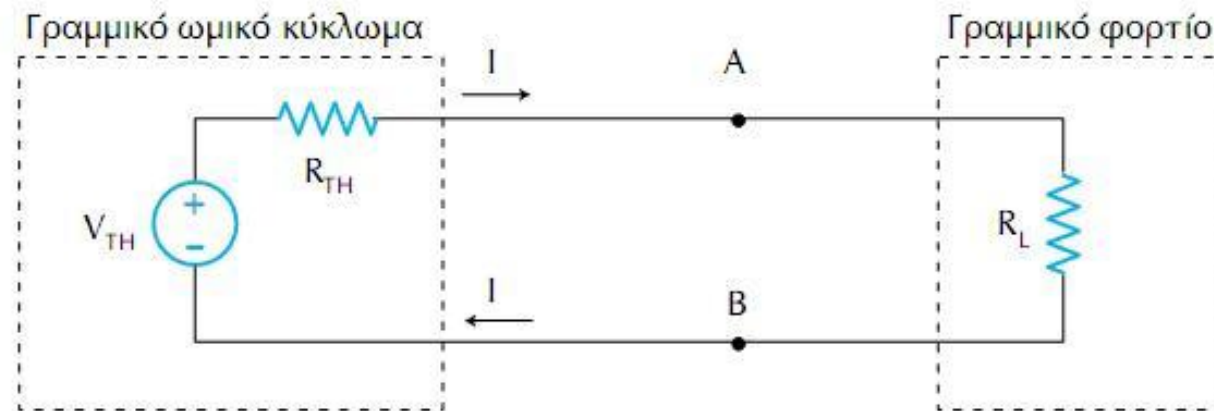
$$\Sigma \mathbf{I}_1 = -\mathbf{I}_1 - \mathbf{I}_2$$

$$\Sigma \mathbf{I}_2 = \mathbf{I}_2 + \mathbf{I}_3$$



Θεώρημα μέγιστης μεταφοράς ισχύος

- Το εξωτερικό φορτίο πρέπει να είναι ίσο με την εσωτερική αντίσταση της πηγής

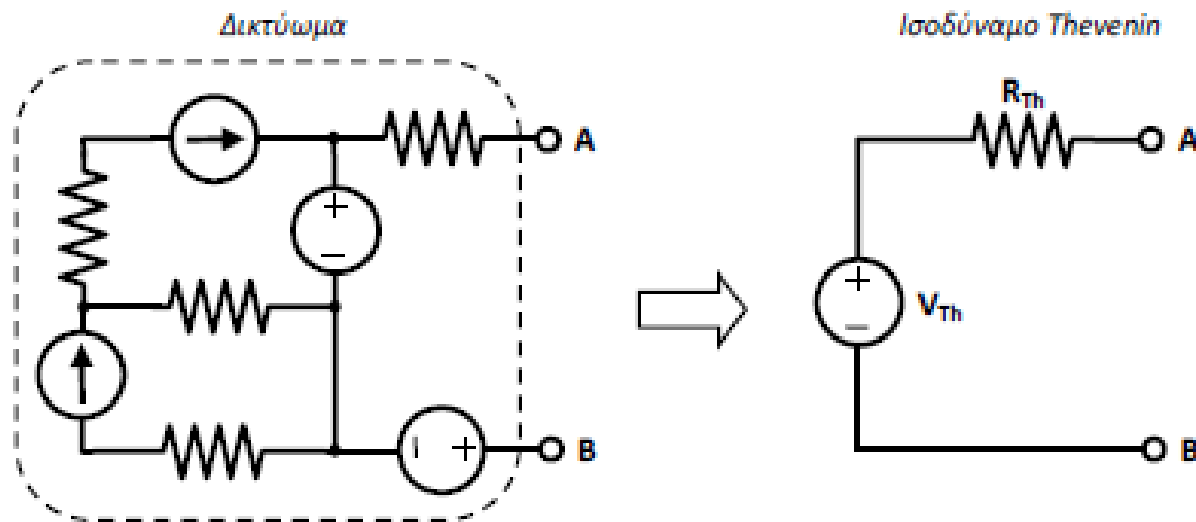


$$R_L = R_{TH}$$

$$P_{\max} = \frac{V_{TH}^2}{4R_{TH}}$$

Θεωρήμα Thevenin (1)

- Κάθε κύκλωμα δύο ακροδεκτών που περιλαμβάνει ανεξάρτητες πηγές τάσης ή/ & ρεύματος & αντιστάσεις μπορεί να γραφεί ισοδύναμα ως ένα απλό δίκτυωμα αποτελούμενο από μια πηγή τάσης & μια αντίσταση σε σειρά

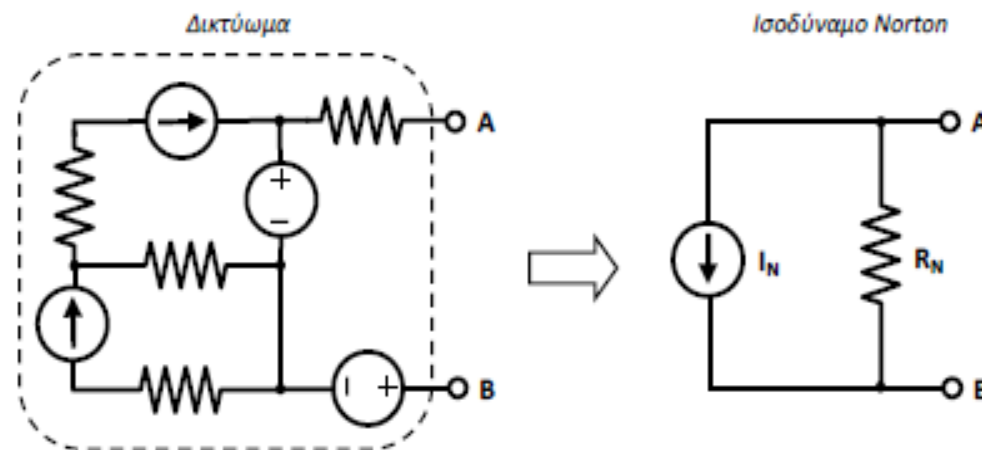


Θεωρήματα Therevin (2)

- Η τιμή της πηγής τάσης ονομάζεται **τάση Thevenin (V_{Th})** & ταυτίζεται με την **τάση ανοικτού κυκλώματος** μεταξύ των ακροδεκτών A & B
- Η τιμή της αντίστασης ονομάζεται **αντίσταση Thevenin (R_{Th})** & υπολογίζεται ως εξής:
 - Βραχυκυκλώνουμε όλες τις πηγές τάσης, ανοικτοκυκλώνουμε όλες τις πηγές ρεύματος, & υπολογίζουμε την αντίσταση μεταξύ των ακροδεκτών A & B
=> Η αντίσταση που θα προκύψει είναι η αντίσταση Thevenin
 - Βραχυκυκλώνοντας δύο σημεία τα αναγκάζουμε να βρεθούν στο ίδιο δυναμικό
 - Αυτό μπορεί να γίνει διασυνδέοντάς τα μέσω αγωγού μηδενικής αντίστασης
 - Ανοικτοκυκλώνοντας ένα στοιχείο αναγκάζουμε το ρεύμα που το διαρρέει να μηδενισθεί

Θεωρήμα Norton

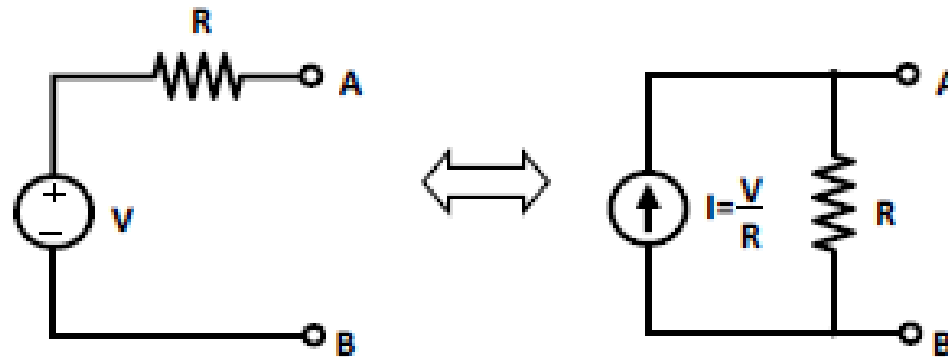
- Κάθε δικτύωμα δύο ακροδεκτών που περιλαμβάνει ανεξάρτητες πηγές τάσης ή/ & ρεύματος & αντιστάσεις μπορεί να γραφεί ισοδύναμα ως ένα απλό δίκτυωμα αποτελούμενο από μια πηγή ρεύματος & μια αντίσταση σε παράλληλη σύνδεση, κατά τον τρόπο που υποδεικνύει το



- Η τιμή της πηγής ρεύματος ονομάζεται **ρεύμα Norton (I_N)** & ταυτίζεται με το ρεύμα βραχυκυκλώματος μεταξύ των ακροδεκτών A & B
- Η τιμή της αντίστασης ονομάζεται **αντίσταση Norton (R_N)** & ταυτίζεται με την αντίσταση Thevenin

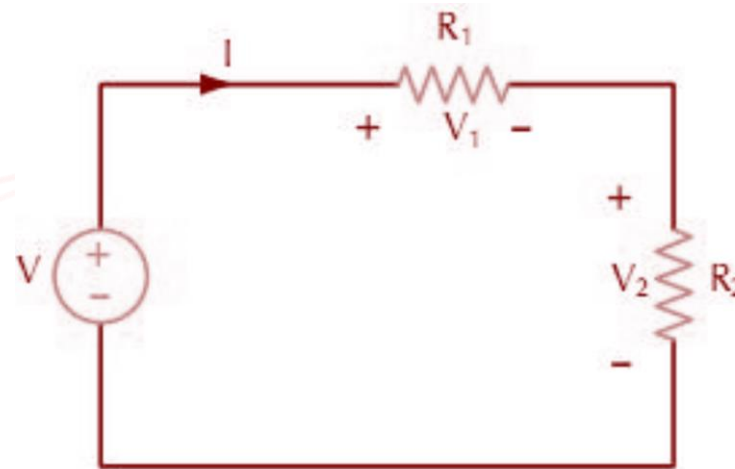
Δυσικότητα Θεωρημάτων Thevenin & Norton

- Είναι εύκολο να αποδείξουμε ότι τα δικτυώματα του Σχήματος είναι ισοδύναμα
- Δύο δικτυώματα ονομάζονται ισοδύναμα αν για κάθε τιμή φόρτου το ρεύμα που τον διαρρέει & η τάση στα άκρα του φόρτου ταυτίζονται, αντίστοιχα, & για τις δύο περιπτώσεις
- Στην ισοδυναμία αυτή οφείλεται η δυσικότητα, δηλαδή η συγγένεια μεταξύ των θεωρημάτων Thevenin & Norton



Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Διαιρέτης τάσης

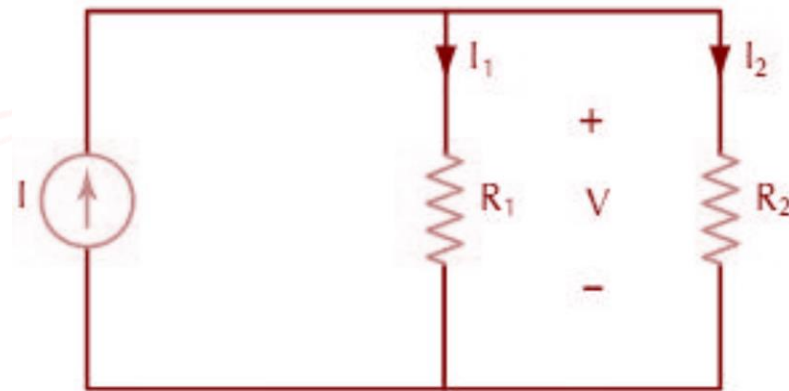
- ➔ Ο Διαιρέτης τάσης χρησιμοποιείται για τον καταμερισμό της τάσης σε δύο ή περισσότερες αντιστάσεις



$$\left. \begin{array}{l} V_1 = I \cdot R_1 \\ V_2 = I \cdot R_2 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V \\ V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V \end{array}$$

Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Διαιρέτης ρεύματος

- Ο Διαιρέτης ρεύματος χρησιμοποιείται για τον καταμερισμό του ρεύματος σε δύο ή περισσότερους κλάδους ενός κυκλώματος



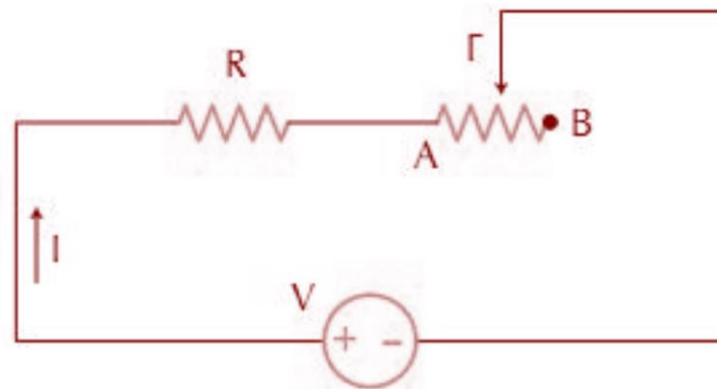
$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{V}{R_1} \\ I_2 &= \frac{V}{R_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} I_1 &= \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I \\ I_2 &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I \end{aligned}$$

Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Μεταβλητές αντιστάσεις

- Είναι αντιστάσεις που μπορούμε να αλλάξουμε την τιμή τους μέσα στα όρια μια περιοχής τιμών που ορίζεται από τον κατασκευαστή τους
- Χρησιμοποιούνται ως **ροοστάτες** ή **ποτενσιόμετρα**

Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Ροοστάτες

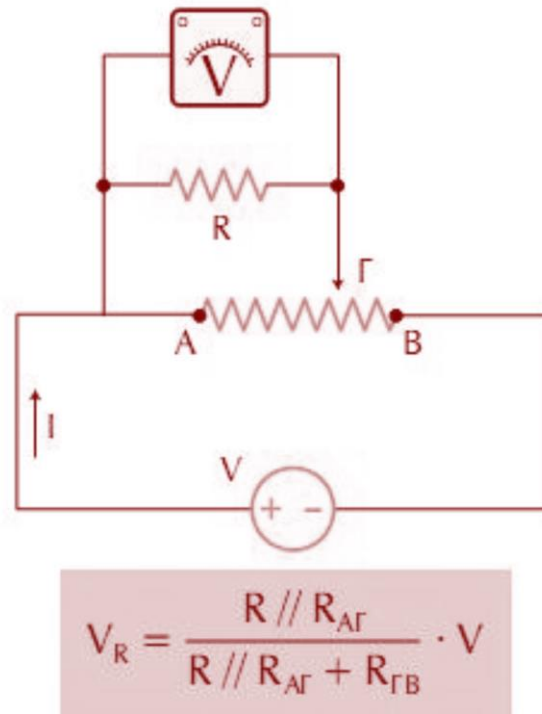
- Ο ροοστάτης είναι μια μεταβλητή αντίσταση που όταν συνδεθεί σε σειρά με μια σταθερή αντίσταση, τότε μπορεί να ρυθμίσει την ένταση ρεύματος του κυκλώματος



$$I = \frac{V}{R + R_{AG}}$$

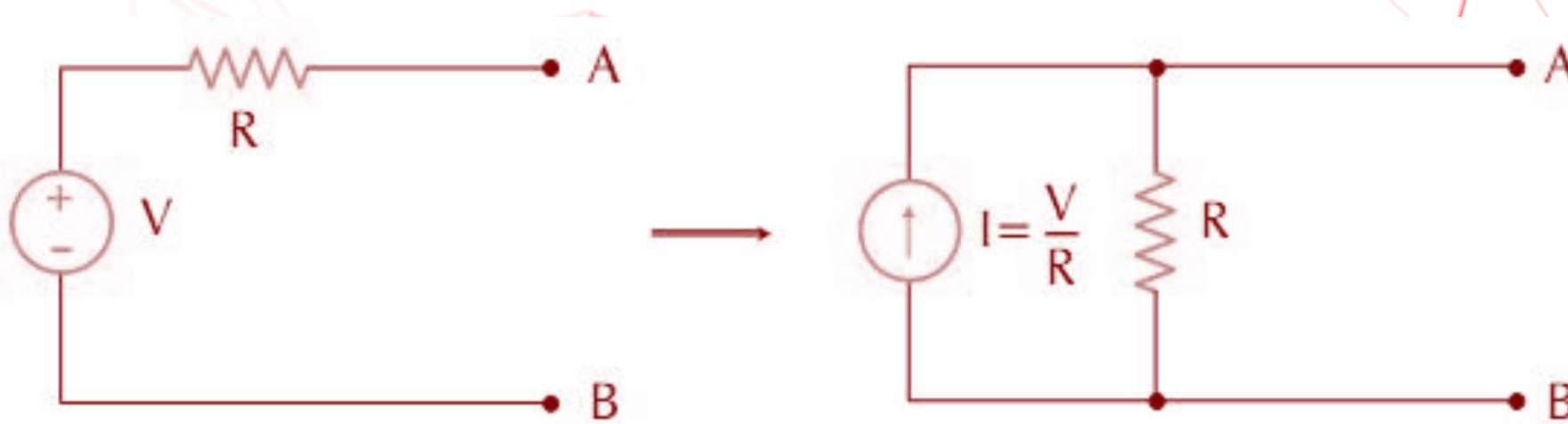
Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Ποτενσιόμετρο

- ➔ Το ποτενσιόμετρο είναι μια μεταβλητή αντίσταση που όταν συνδεθεί σε παράλληλα με μια σταθερή αντίσταση, τότε μπορεί να ρυθμίσει την τάση του κυκλώματος



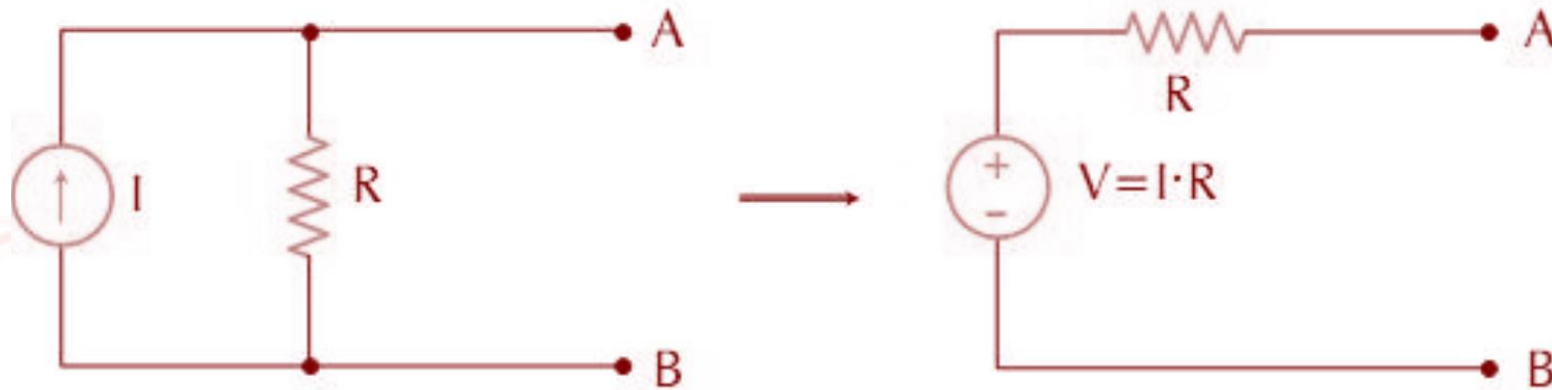
Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Πηγή τάσης σε πηγή ρεύματος

- Μια πηγή τάσης V σε σειρά με μια αντίσταση R μετατρέπεται ισοδύναμα σε μια πηγή ρεύματος $I=V/R$ παράλληλη με την αντίσταση R



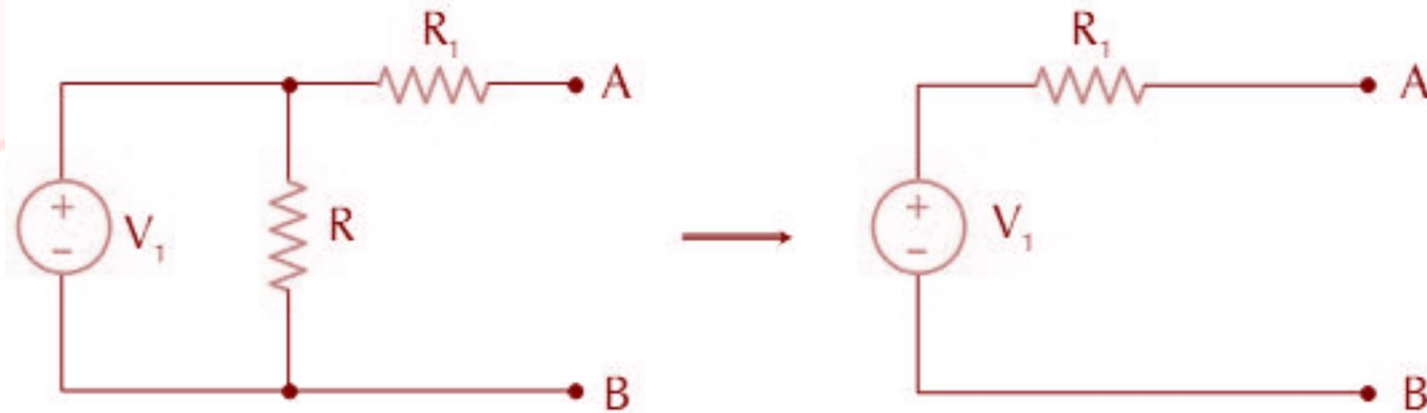
Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Πηγή ρεύματος σε πηγή τάσης

- Μια πηγή ρεύματος I παράλληλα με μια αντίσταση R μετατρέπεται ισοδύναμα σε μια πηγή τάσης $V=I \cdot R$ σε σειρά με την αντίσταση R



Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Αντίσταση παράλληλα σε πηγή τάσης

- ➔ Όταν μια **αντίσταση** R είναι συνδεδεμένη παράλληλη με μια **πηγή τάσης** V , τότε για λόγους απλότητας μπορεί να παραληφθεί, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στους υπολογισμούς



Άλλα κυκλώματα και στοιχεία - Αντίσταση σε σειρά με πηγή ρεύματος

- ➔ Όταν μια **αντίσταση R** είναι συνδεδεμένη σε σειρά με μια **πηγή ρεύματος I** , τότε για λόγους απλότητας μπορεί να παραληφθεί, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στους υπολογισμούς

