



Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας



# Ηλεκτροτεχνία – Ηλ. Μηχανές & Εγκαταστάσεις πλοίου (Θ)

## Ενότητα 2: Βασικές αρχές ηλεκτροτεχνίας

Δ.Ν. Παγώνης

Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών ΤΕ



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

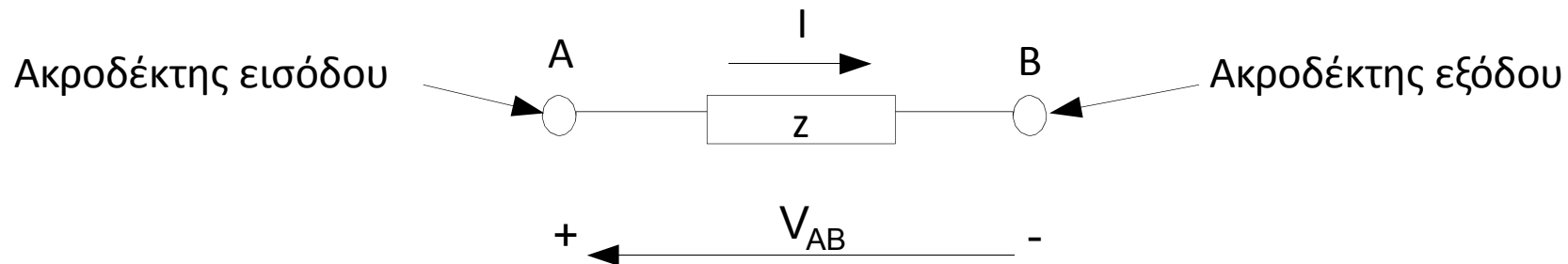


Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

# Βασικά στοιχεία τοπολογίας (1/2)

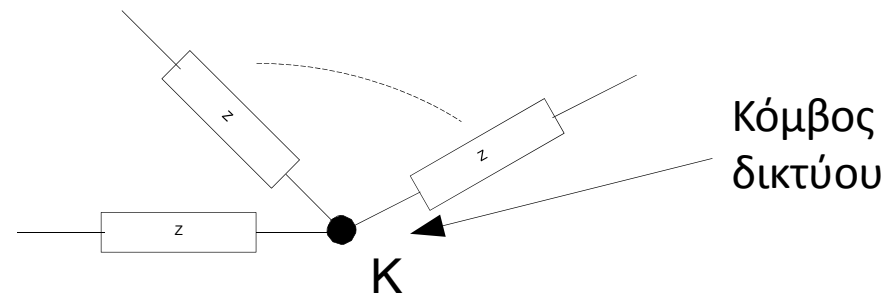
- **Κλάδος δικτύου:**

- Κάθε στοιχείο (πηγές,  $R, L, C$ ) του δικτύου με δύο ακροδέκτες ή οποιαδήποτε ομάδα συνδεδεμένων στοιχείων που σχηματίζουν ένα σύνολο δύο ακροδεκτών



- **Κόμβος δικτύου:**

- Κάθε σημείο του κυκλώματος όπου συγκλίνουν τουλάχιστον τρεις κλάδοι

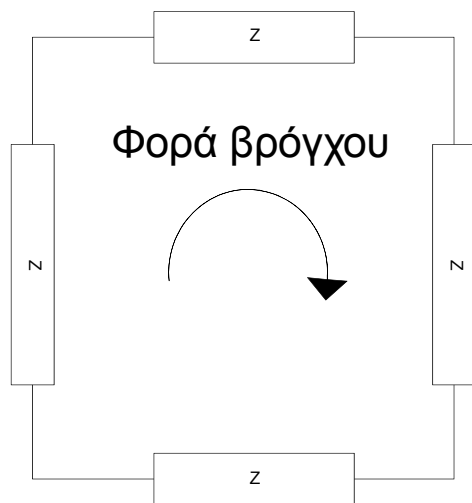


# Βασικά στοιχεία τοπολογίας (2/2)

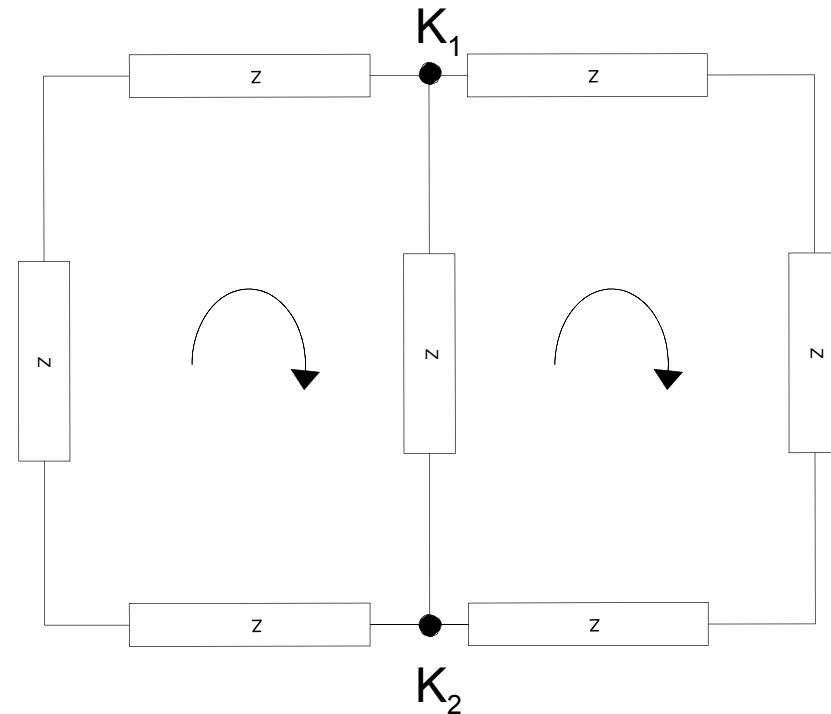
- **Βρόγχος δικτύου:**

- Κάθε κλειστή διαδρομή που αποτελείται από κόμβους και κλάδους

**Απλός βρόγχος:** δεν περιλαμβάνει άλλους στο εσωτερικό του



**Σύνθετος βρόγχος:** περιλαμβάνει και άλλους στο εσωτερικό του



(1 σύνθετος βρόγχος, 2 απλοί βρόγχοι)

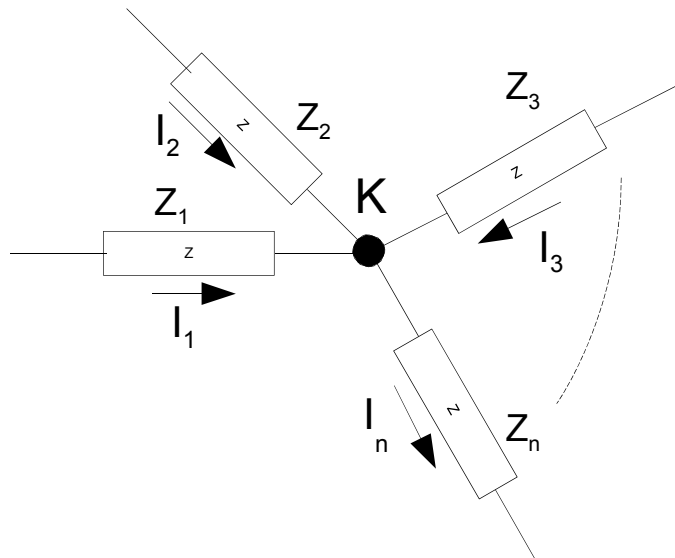
# Νόμοι Kirchhoff (1/3)

- **Νόμος Ρευμάτων Kirchhoff (NPK):**

“Το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων των κλάδων που προσκύπτουν σε ένα κόμβο ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων που αναχωρούν από αυτόν”

$$\sum_{i=0}^n I_i = 0$$

Προκύπτει από την εφαρμογή της αρχής διατήρησης του φορτίου



$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots - I_n = 0$$

Για κύκλωμα με αριθμό κόμβων ίσο με  $n$ , σχηματίζουμε  $n-1$  εξισώσεις, εφαρμόζοντας το NPK

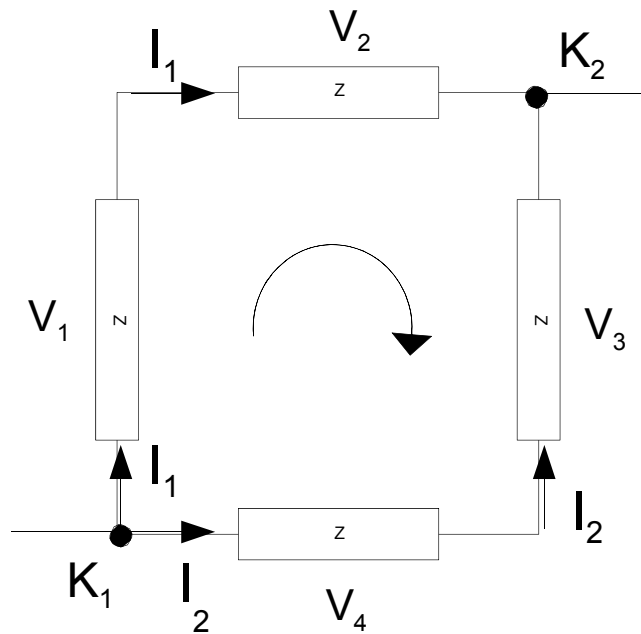
# Νόμοι Kirchhoff (2/3)

- **Νόμος Τάσεων Kirchhoff (ΝΡΚ):**

“Το αλγεβρικό άθροισμα των πτώσεων τάσεως των κλάδων που συνιστούν ένα βρόγχο δικτύου ισούται με το μηδέν”

$$\sum_{i=0}^n V_i = 0$$

Προκύπτει από την εφαρμογή της αρχής διατήρησης της ενέργειας



Πρόσημο της πτώσης τάσης στα άκρα κάθε στοιχείου:

Η φορά του κλάδου είναι *αντίθετη* με τη φορά του βρόγχου

$$V_1 + V_2 - V_3 - V_4 = 0$$

Η φορά του κλάδου *συμπίπτει* με τη φορά του βρόγχου

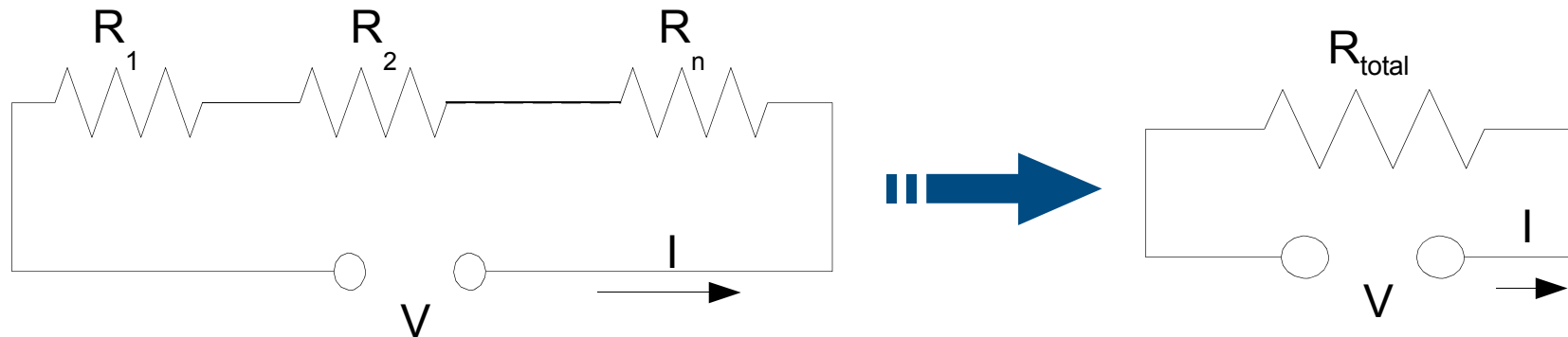
Για κύκλωμα με αριθμό απλών κόμβων ίσο με  $n$ , σχηματίζουμε  $n$  εξισώσεις, εφαρμόζοντας το ΝΤΚ

# Νόμοι Kirchhoff (3/3)

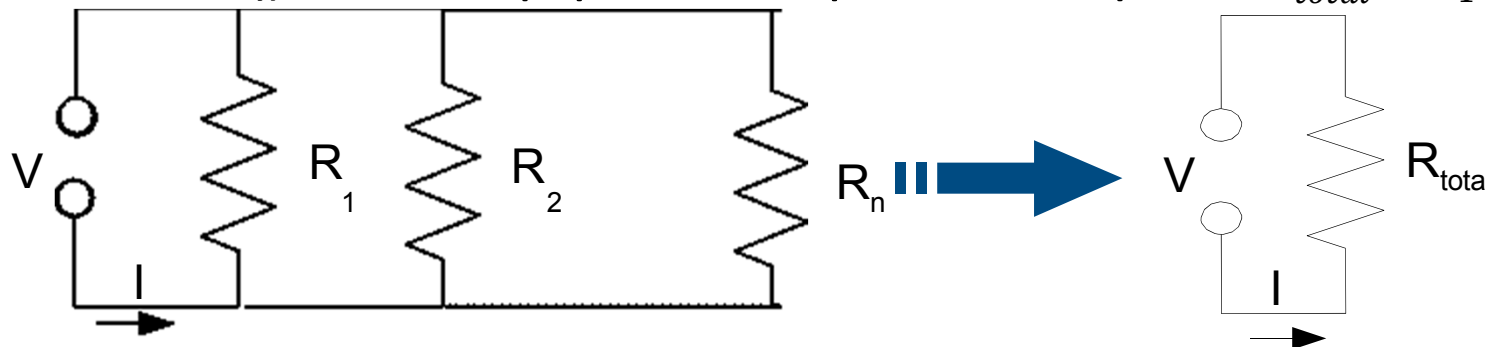
- **Συνδεσμολογία αντιστάσεων:**

- Σύνδεση σε σειρά (διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα)

Ισοδύναμη συνολική αντίσταση:  $\longrightarrow R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$



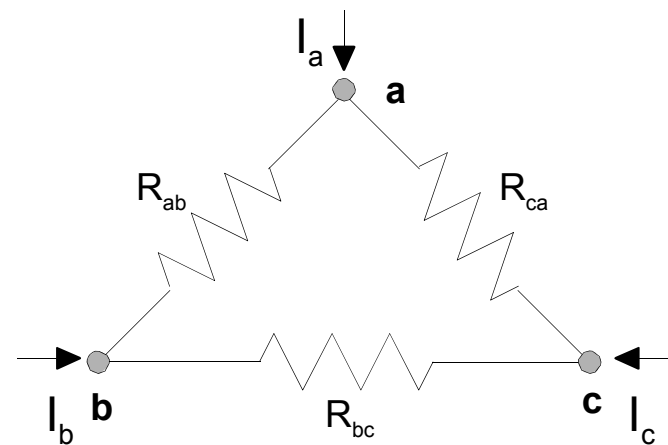
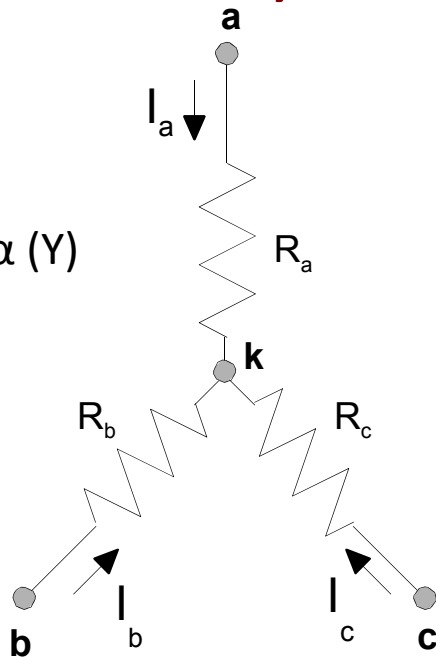
- Σύνδεση παράλληλα (εφαρμόζεται η ίδια τάση στα άκρα τους) Ισοδύναμη συνολική αντίσταση:  $\longrightarrow \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$



# Θεώρημα Rosen-Kennely (1/2)

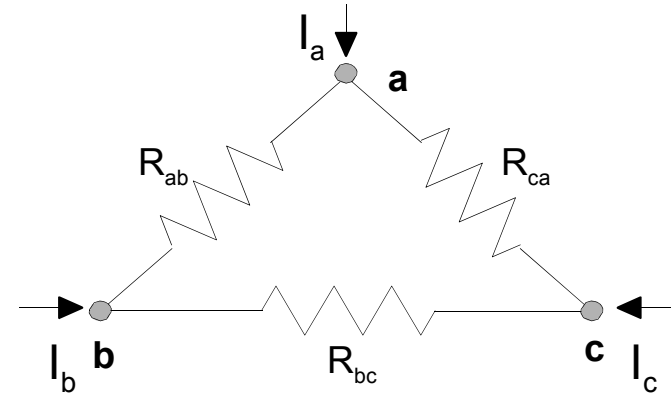
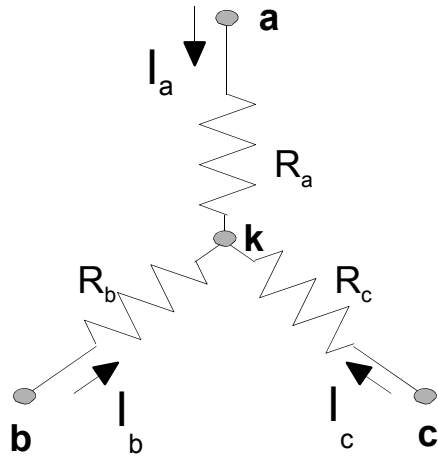
- Γνωστό ως Μετασχηματισμός Αστέρα-Τριγώνου (Y-Δ)
- Παρέχει τη δυνατότητα **μετασχηματισμού** της αρχικής τοπολογίας κυκλώματος αντιστάσεων (ωμικών ή σύνθετων) από διάταξη αστέρα σε τρίγωνο και το αντίστροφο
- Θεωρούμε ότι για το ίδιο σύστημα τάσεων  $V_{ab}$ ,  $V_{bc}$ ,  $V_{ca}$  προκύπτουν οι **ίδιες** εντάσεις ρευμάτων  $I_a$ ,  $I_b$  και  $I_c$

Τοπολογία Αστέρα (Y)



Τοπολογία Τριγώνου (Δ)

# Θεώρημα Rosen-Kennely (2/2)



**Σχέσεις μετασχηματισμού Υ-Δ:**

$$R_a = \frac{R_{ab} \times R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}, \quad R_b = \frac{R_{ab} \times R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

$$R_c = \frac{R_{ca} \times R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$$

όταν  $R_{ab} = R_{bc} = R_{ca} = R$ :

$$R_a = R_b = R_c = \frac{R}{3}$$

$$R_{ab} = \frac{R_a \times R_b + R_b \times R_c + R_c \times R_a}{R_c}$$

$$R_{bc} = \frac{R_a \times R_b + R_b \times R_c + R_c \times R_a}{R_a}$$

$$R_{ca} = \frac{R_a \times R_b + R_b \times R_c + R_c \times R_a}{R_b}$$

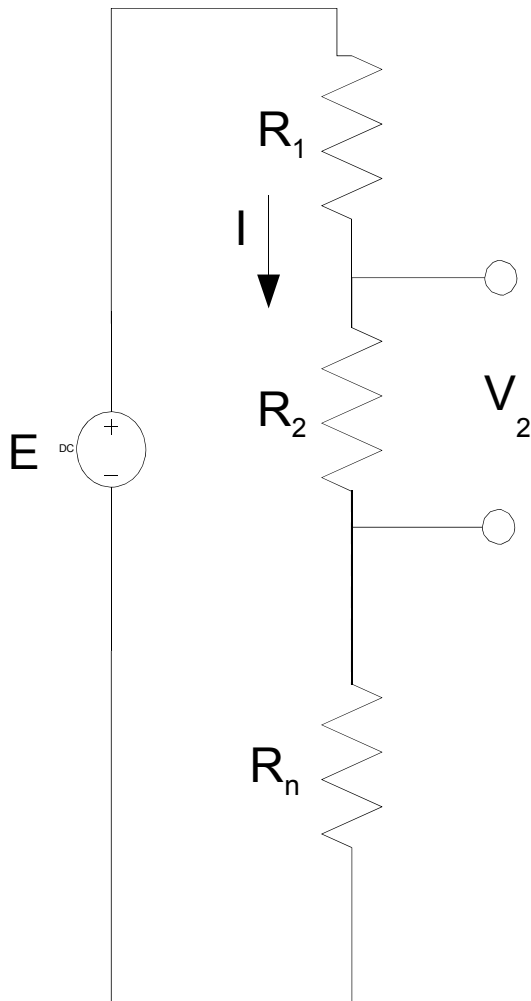
όταν  $R_a = R_b = R_c = R$ :

$$R_{ab} = R_{bc} = R_{ca} = 3 \times R$$



# Διαιρέτης τάσης (1/2)

- Αποτελείται από  $n$  αντιστάσεις συνδεδεμένες σε σειρά



Ισοδύναμη συνολική αντίσταση  $R_{total}$  ίση με:  
 $R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

Οι αντιστάσεις διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα  $I$  :

$$I = \frac{E}{R_{total}}$$

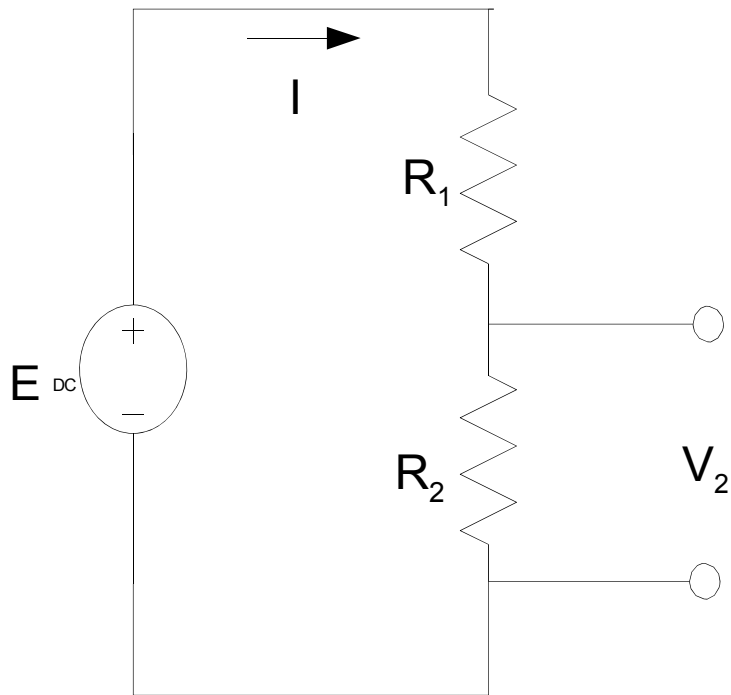
Η τάση στα άκρα της αντίστασης  $R_2$  είναι ίση με:

$$V_2 = I \times R_2 \text{ άρα: } V_2 = \frac{E}{R_{total}} \times R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + \dots + R_n} \times E$$

$$\text{γενικότερα: } V_i = \frac{R_i}{\sum_{k=1}^n R_k} \times E$$

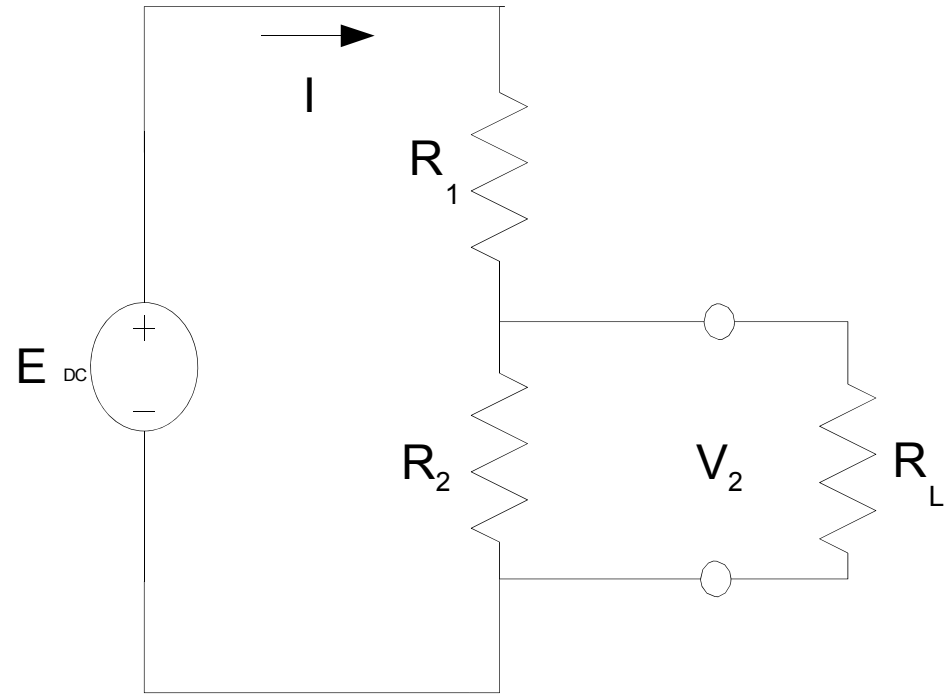
# Διαιρέτης τάσης (2/2)

- Περίπτωση δύο αντιστάσεων με ή χωρίς συνδεδεμένο φορτίο



Διαιρέτης δύο αντιστάσεων χωρίς φορτίο

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$

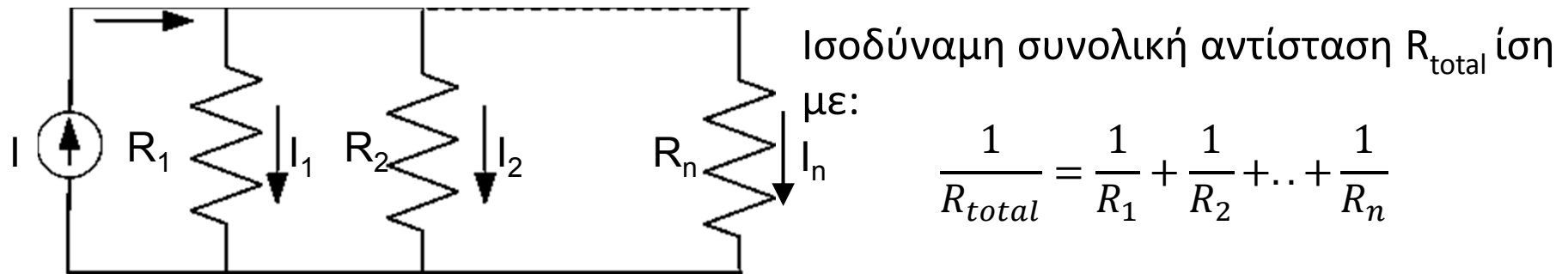


Διαιρέτης δύο αντιστάσεων με φορτίο

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_L}} \cdot E$$

# Διαιρέτης έντασης (1/2)

- Αποτελείται από  $n$  αντιστάσεις συνδεδεμένες παράλληλα



Η τάση στα άκρα κάθε αντίστασης είναι η ίδια, ίση με:

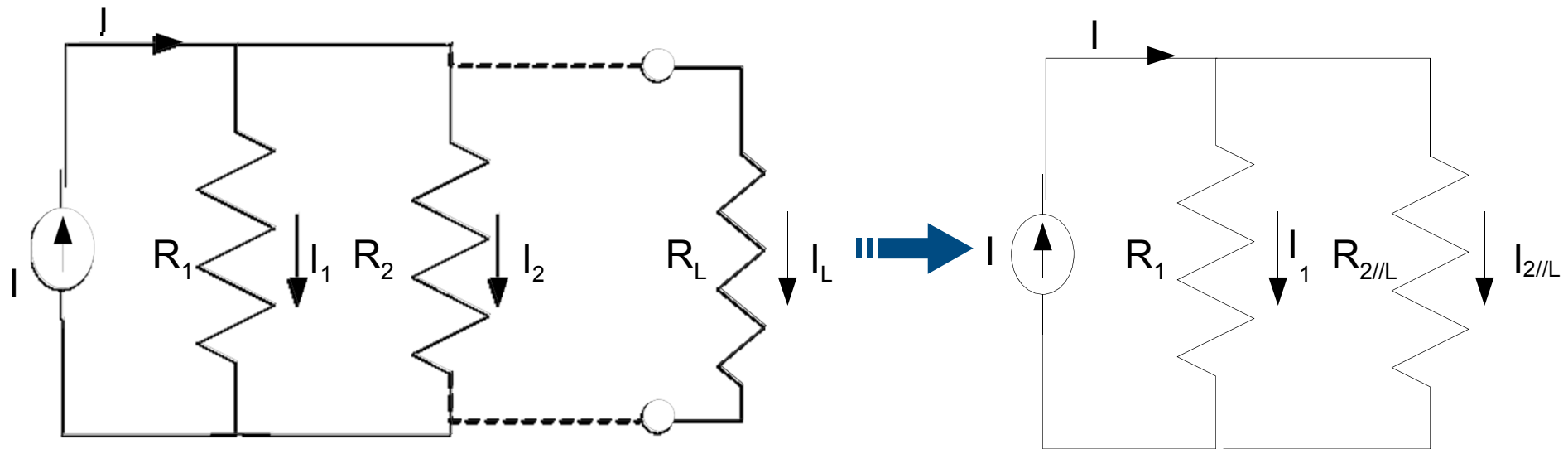
$$V = I \times R_{total} = \frac{I}{G_{total}} = \frac{I}{(G_1 + G_2 + \dots + G_N)}$$

Το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση  $R_2$  είναι ίσο με :

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = V \times G_2 \quad \text{Επομένως :} \quad \longrightarrow \quad I_2 = I \times \frac{G_2}{(G_1 + G_2 + \dots + G_N)}$$

# Διαιρέτης έντασης (2/2)

- Περίπτωση δύο αντιστάσεων με συνδεδεμένο φορτίο ( $R_L$ )

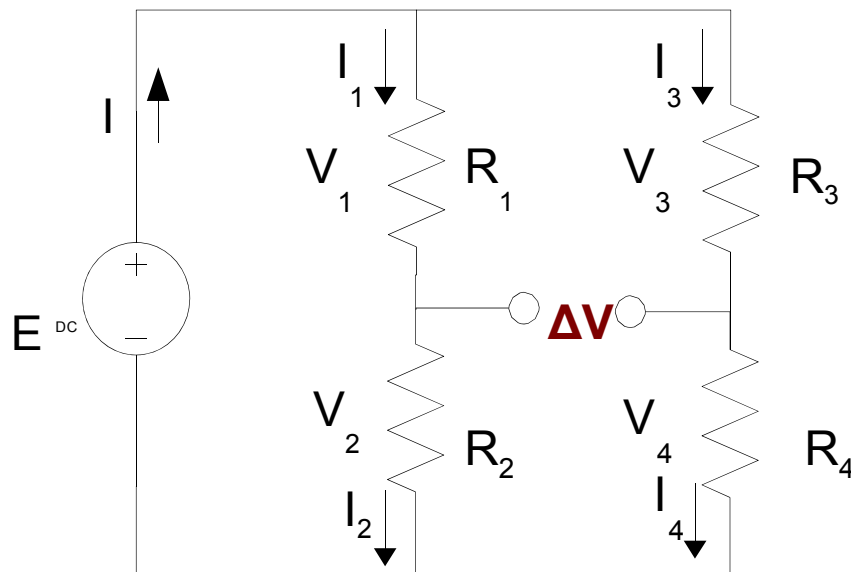


Το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση  $R_2$  και το συνδεδεμένο φορτίο  $R_L$  είναι ίσο με:

$$I_{2//L} = I \times \frac{R_1}{R_1 + R_{2//L}} = I \times \frac{R_1}{R_1 + \frac{R_2 \times R_L}{R_2 + R_L}}$$

# Γέφυρα Wheatstone

- Αποτελείται από τέσσερις αντιστάσεις και μία πηγή τάσης
- Χρησιμοποιείται κυρίως για τον ακριβή προσδιορισμό αντιστάσεων, την εύρεση σφαλμάτων σε ηλεκτρικούς αγωγούς και σε αισθητήριες διατάξεις, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στη μεταβολή αντίστασης του αισθητήριου στοιχείου



Σε συνθήκη ισορροπίας ισχύει:

$$\Delta V = 0, I_1 = I_2 \text{ και } I_3 = I_4$$

→ Αποδεικνύεται εύκολα ότι:  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

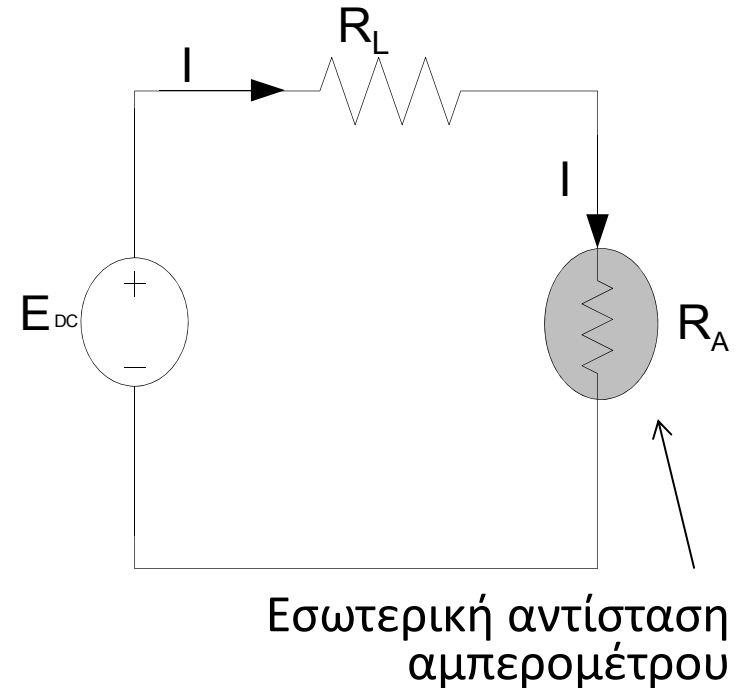
Με χρήση κατάλληλης μεταβλητής αντίστασης στον ένα κλάδο, μπορούμε να προσδιορίσουμε με ακρίβεια, άγνωστη αντίσταση R

Για  $\Delta V \neq 0$  ισχύει γενικότερα:

$$\Delta V = E \cdot \left[ \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right]$$

# Μέτρηση έντασης ρεύματος και τάσης σε ηλ. κύκλωμα (1/2)

- Συνδεσμολογία **αμπερόμετρου**
  - Συνδέεται σε σειρά με τον κλάδο στον οποίο μετράται η ένταση του ρεύματος,  $I$
  - Η εσωτερική αντίσταση του οργάνου  $R_A$  είναι πολύ μικρή, για την όσο το δυνατό μικρότερη μεταβολή του υπό μέτρηση ρεύματος



## Σφάλμα μέτρησης:

Ρεύμα  $I_0$  πριν τη σύνδεση του αμπερόμετρου:  $I_0 = \frac{E}{R_L}$

Ρεύμα  $I$  μετά τη σύνδεση του αμπερόμετρου:  $I = \frac{E}{R_L + R_A}$

→ Σφάλμα μέτρησης:  $e = \frac{I_0 - I}{I_0} = \frac{R_A}{R_L + R_A}$

# Μέτρηση έντασης ρεύματος και τάσης σε ηλ. κύκλωμα (2/2)

- **Συνδεσμολογία βολτόμετρου**

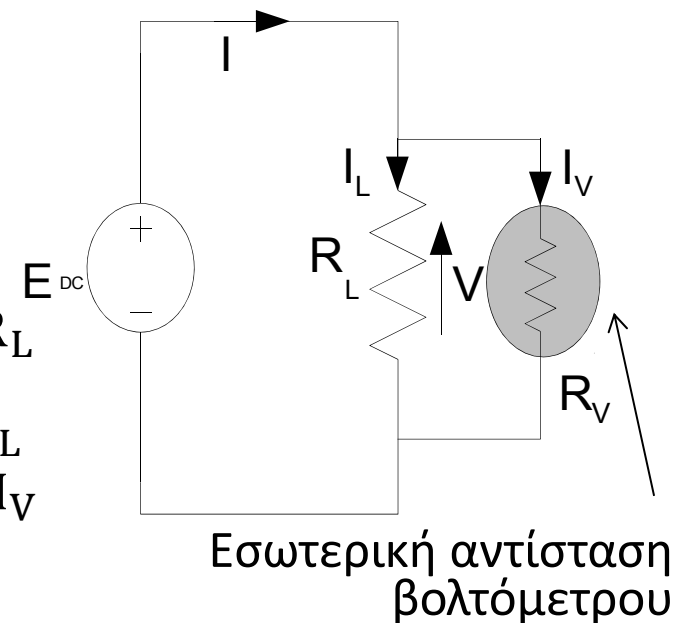
- Συνδέεται παράλληλα με τον κλάδο στον οποίο μετράται η τάση
- Η εσωτερική αντίσταση του οργάνου  $R_V$  είναι πολύ μεγάλη, για την όσο το δυνατό μικρότερη μεταβολή της υπό μέτρηση τάσης

## Σφάλμα μέτρησης:

Τάση  $V_0$  πριν τη σύνδεση του βολτόμετρου:  $V_0 = I \cdot R_L$

Τάση  $V$  μετά τη σύνδεση του βολτόμετρου:  $V = I_L \cdot R_L$   
με  $I_L = I - I_V$

→ Σφάλμα μέτρησης:  $e = \frac{V_0 - V}{V_0} = \frac{I_V}{I}$



# Ηλεκτρική ισχύς

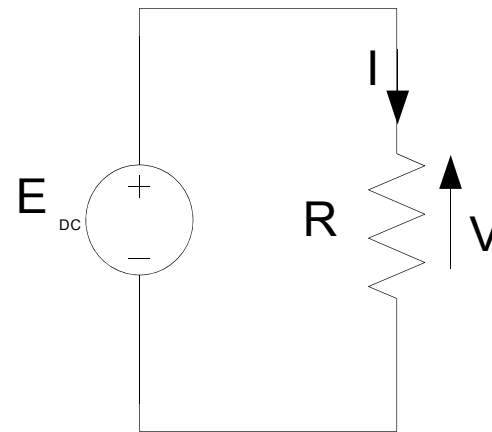
- **Στιγμιαία καταναλισκόμενη ισχύ σε αντίσταση R**

Δίδεται από το γινόμενο της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα της  $v(t)$  και του ρεύματος που τη διαρρέει  $i(t)$ :  $p(t) = v(t) \times i(t)$

Στην περίπτωση συνεχούς ρεύματος ( $v(t)$ ,  $i(t)$  σταθερά) και εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm:  $\longrightarrow$

$$P = \frac{V^2}{R} = I^2 \times R$$

Μονάδα μέτρησης της ισχύος είναι το Watt (W) και πολλαπλάσια/ υποπολλαπλάσια του (kW, MW, GW, mW κτλ)





# Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



**Σημειώματα**

# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας, Δ.Ν. Παγώνης 2014.  
Δ.Ν. Παγώνης. «Ηλεκτροτεχνία – Ηλ. Μηχανές & Εγκαταστάσεις πλοίου (Θ).  
Ενότητα 2: Βασικές αρχές ηλεκτροτεχνίας». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014.  
Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](http://ocp.teiath.gr).

# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

# Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

© Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.

διαθέσιμο με άδεια CC-BY	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.
διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
χωρίς σήμανση	Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

