

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟ ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΝΟ

ΤΟ ΜΑΥΡΟ ΚΟΥΤΙ



1. Το περιεχόμενο του μαύρου κουτιού
(απλά ηλεκτρικά στοιχεία)



2. Είσοδος: σήματα (κυματομορφές) διέγερσης

3. Έξοδος: απόκριση

- Πριν τις βασικές τεχνικές ανάλυσης που μπορούν να επιλύσουν οποιουδήποτε μεγέθους κυκλώματα, θα δούμε μερικές περιπτώσεις όπου η λύση είναι απλή, γρήγορη και βολική
- Τα αποτελέσματα που θα δούμε μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δώσουν άμεσα απαντήσεις
- Η χρησιμότητά τους θα φανεί στην πράξη

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΕΙΣ

- Μια πολύ συνηθισμένη επέμβαση που κάνουμε στα κυκλώματα είναι να αντικαθιστούμε συνδυασμούς από ομοειδή στοιχεία με ένα ισοδύναμό τους
- Όλα τα αποτελέσματα που θα δούμε στη συνέχεια διατυπώνονται σαν απλοί κανόνες αλλά στην πραγματικότητα είναι **θεωρήματα** και έχουν **απόδειξη**
- Η καλή κατανόηση αυτών των συνδυασμών καθώς και η σχέση μεταξύ αντίστασης και αγωγιμότητας είναι τα βασικά θεμέλια της Θεωρίας Κυκλωμάτων και θα αποδειχθούν καίριας σημασίας στη συνέχεια

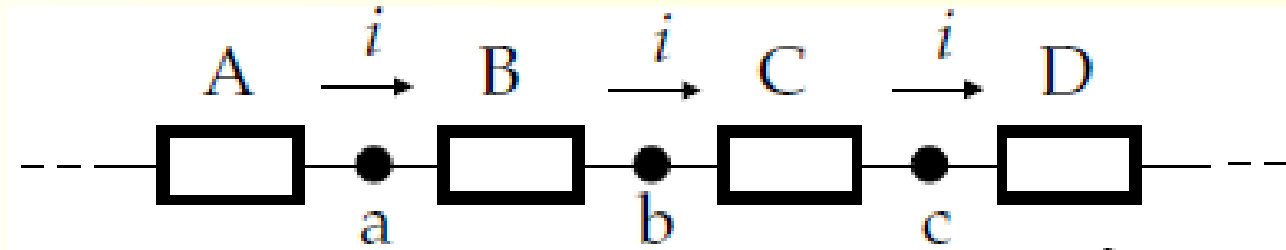
ΥΠΕΝΘΥΜΙΣΗ

ΑΠΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

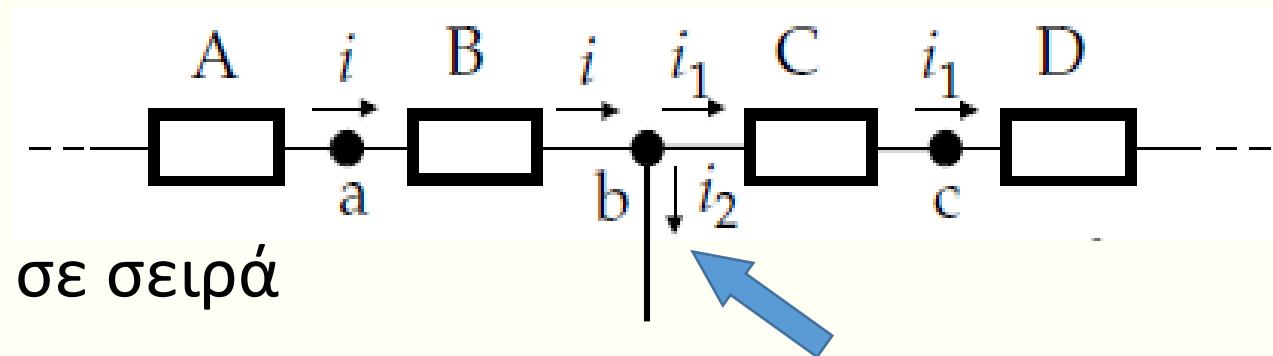
ΑΠΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

- Το ρεύμα που βγαίνει από το ένα στοιχείο εισέρχεται στο άλλο χωρίς να υπάρχει διακλάδωση (A, B, C και D είναι συνδεδεμένα σε σειρά)



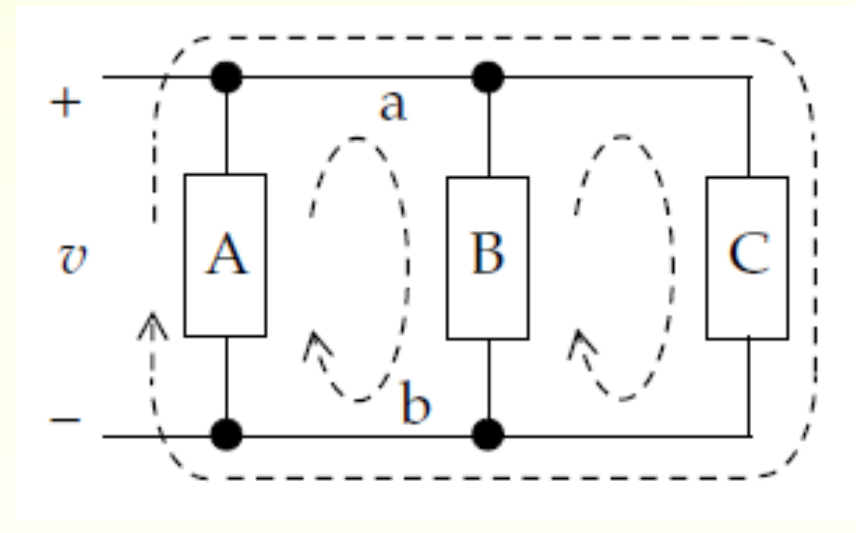
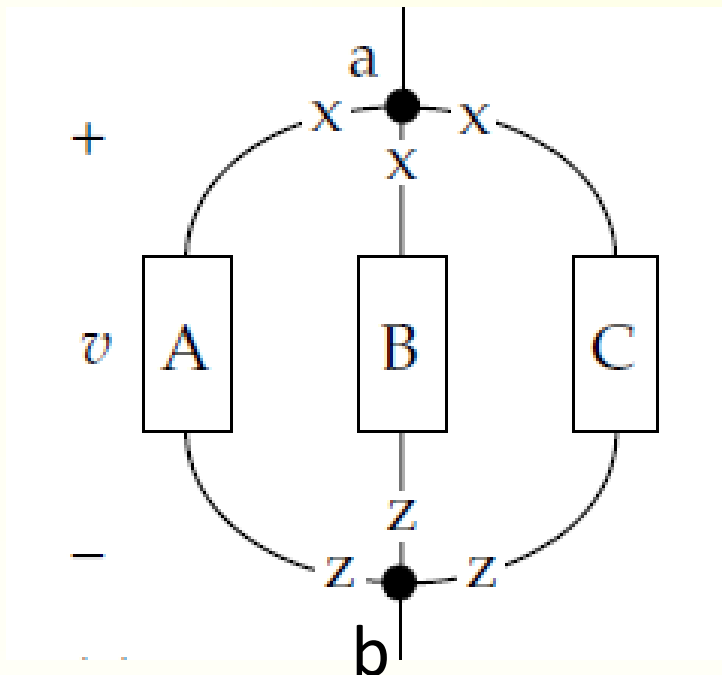
- Τα A και B είναι συνδεδεμένα σε σειρά
- Τα C και D είναι συνδεδεμένα σε σειρά
- Τα A, B, C και D **ΔΕΝ** είναι συνδεδεμένα σε σειρά



ΑΠΛΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

- Το ένα άκρο των στοιχείων (το «x») είναι συνδεδεμένο σε ένα κοινό κόμβο a ενώ το άλλο άκρο των στοιχείων (το «z») είναι συνδεδεμένο σε ένα κοινό κόμβο b



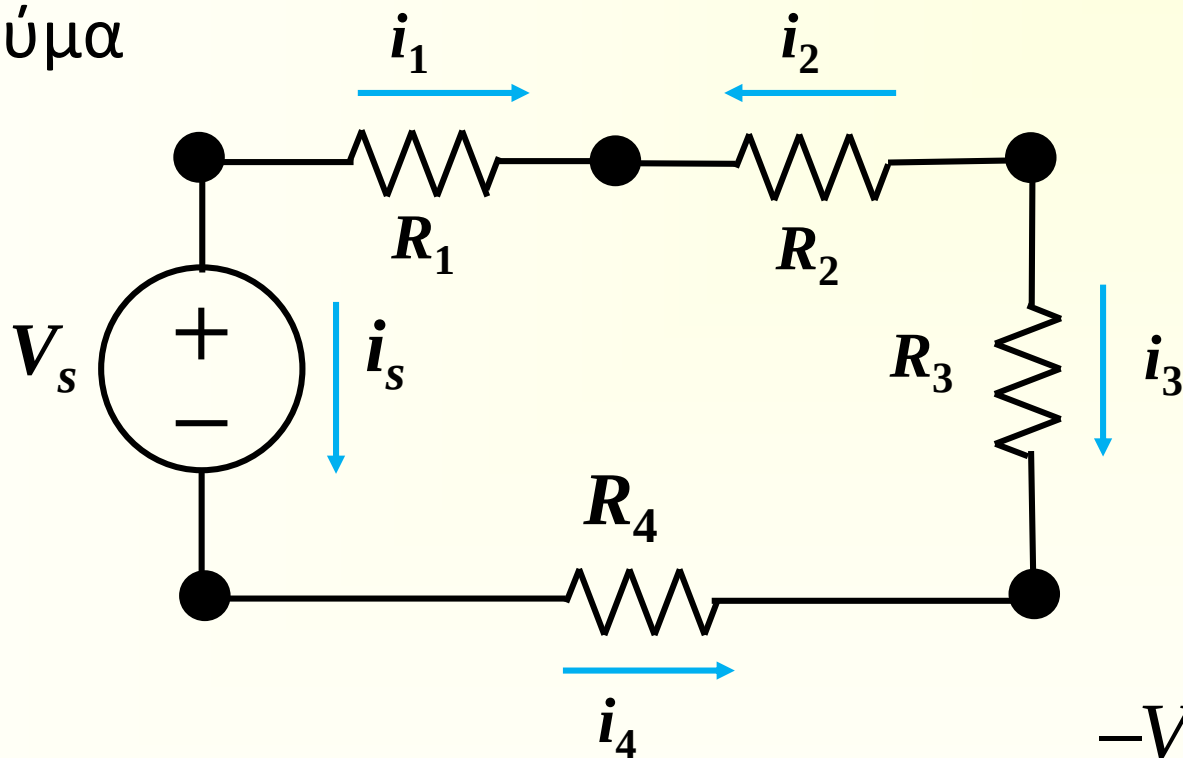
Ακριβώς το ίδιο αλλά σχεδιασμένο πιο «τακτικά»

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

1. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

- Η σύνδεση σε σειρά σημαίνει ότι τα στοιχεία διαρρέονται από το **ίδιο** ρεύμα



$$R_{\text{σειρα}} = \sum_k R_k$$

$$i_s = i_4 = -i_3 = i_2 = -i_1$$

$$-V_s + R_1 i_1 - R_2 i_2 + R_3 i_3 - R_4 i_4 = 0$$

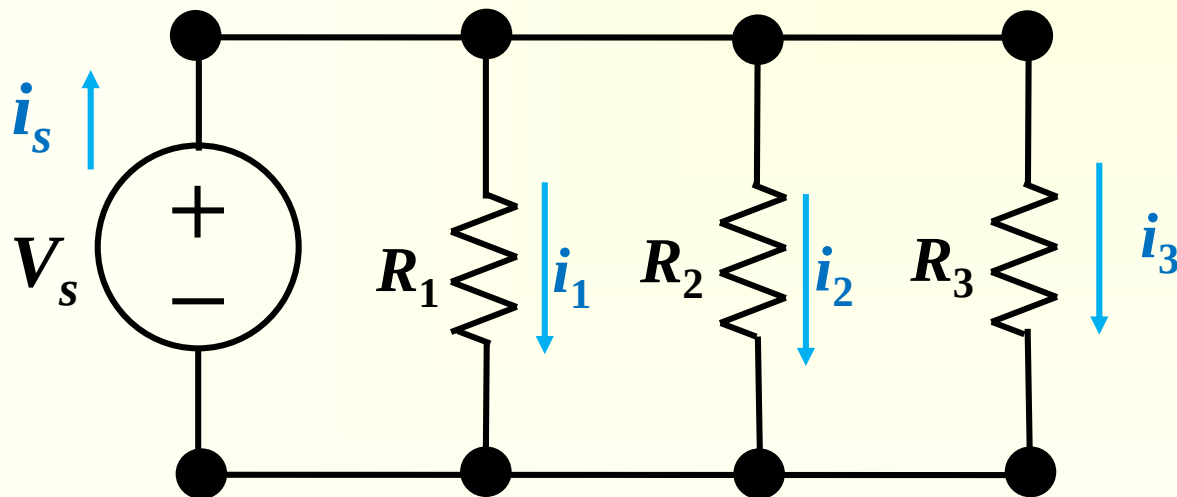
$$-V_s = R_1 i_s + R_2 i_s + R_3 i_s + R_4 i_s$$

$$V_s = -\sum_{k=1}^4 R_k i_s = -R_{\text{ισοδ}} i_s$$

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

2. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

- Η σύνδεση παράλληλα σημαίνει ότι τα στοιχεία έχουν την ίδια τάση



$$i_1 = \frac{V_s}{R_1}$$

$$i_2 = \frac{V_s}{R_2}$$

$$i_3 = \frac{V_s}{R_3}$$

$$i_s = i_1 + i_2 + i_3$$

$$i_s = V_s \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = \frac{1}{R_{\text{ισοδ}}}$$

$$\frac{1}{R_{\text{παράλληλα}}} = \sum_k \frac{1}{R_k}$$

$$G_{\text{παράλληλα}} = \sum_k G_k$$

ΑΠΛΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

2. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

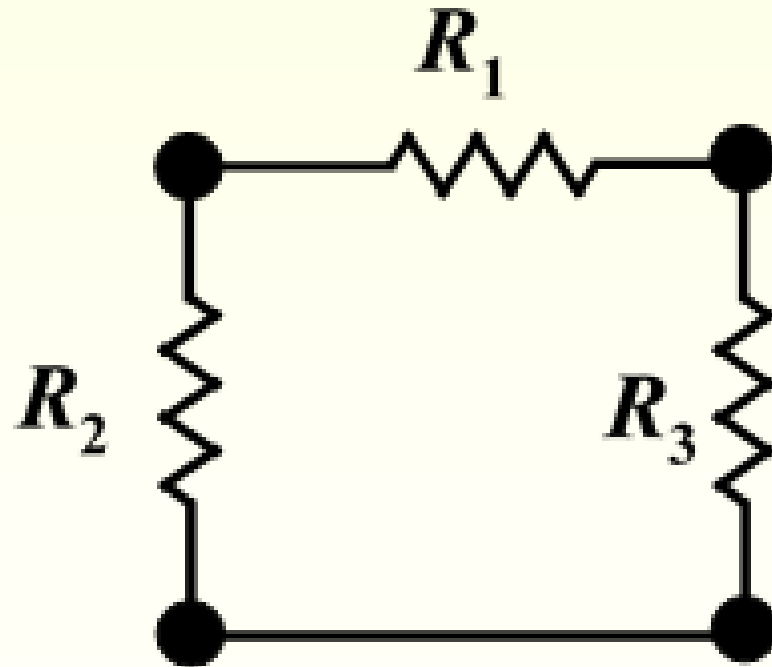
- Δυο αντιστάσεις R_1 και R_2 παράλληλα

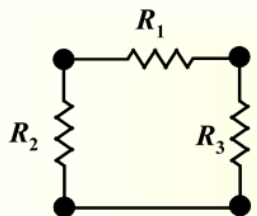
$$\frac{1}{R_{1,2 \text{ παραλληλα}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{1,2 \text{ παραλληλα}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad R_{1,2 \text{ παραλληλα}} < R_1, R_2$$

- Η R_2 μειώνει την τιμή της R_1
- Όσο μεγαλύτερη είναι η R_2 τόσο λιγότερο επηρεάζει την R_1
- Στο όριο: $R_2 \rightarrow \infty \Rightarrow R_{1,2 \text{ παραλληλα}} \rightarrow R_1$
- !!!: $R_1 = R_2 = R \Rightarrow R_{1,2 \text{ παραλληλα}} = \frac{R}{2}$

ΠΡΟΣΟΧΗ!!

- Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο τρόπος που θεωρούμε ένα κύκλωμα
- Ας δούμε ένα παράδειγμα
- Μπορούμε να μιλήσουμε για την ισοδύναμη αντίσταση αυτού του κυκλώματος;

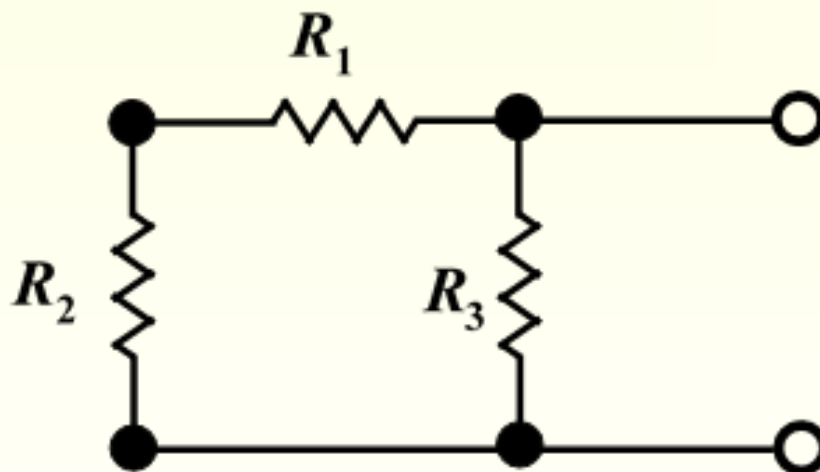
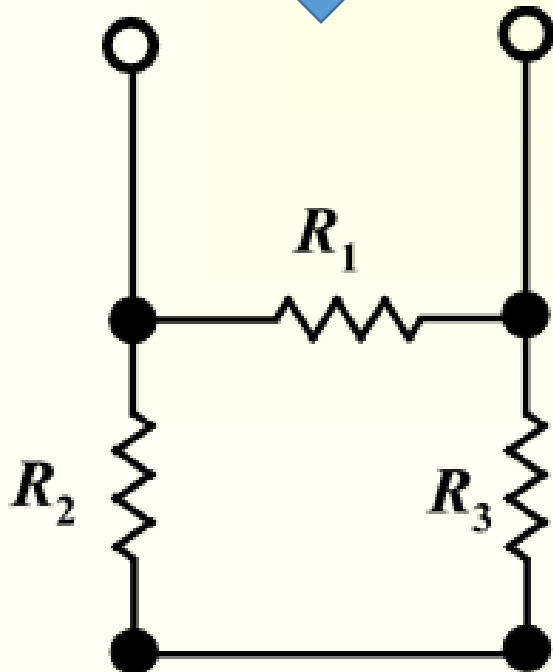




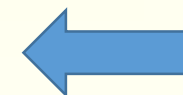
ΠΡΟΣΟΧΗ!!

- Έχει πολύ μεγάλη σημασία ο τρόπος που θεωρούμε ένα κύκλωμα

$$R_1 \parallel (R_2 + R_3)$$



$$R_3 \parallel (R_1 + R_2)$$



Καμία αντίσταση εδώ δεν είναι παράλληλα με κάποια άλλη

ΕΠΑΓΩΓΟΙ

ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΕΠΑΓΩΓΩΝ

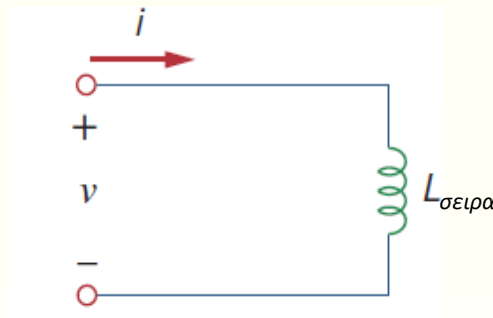
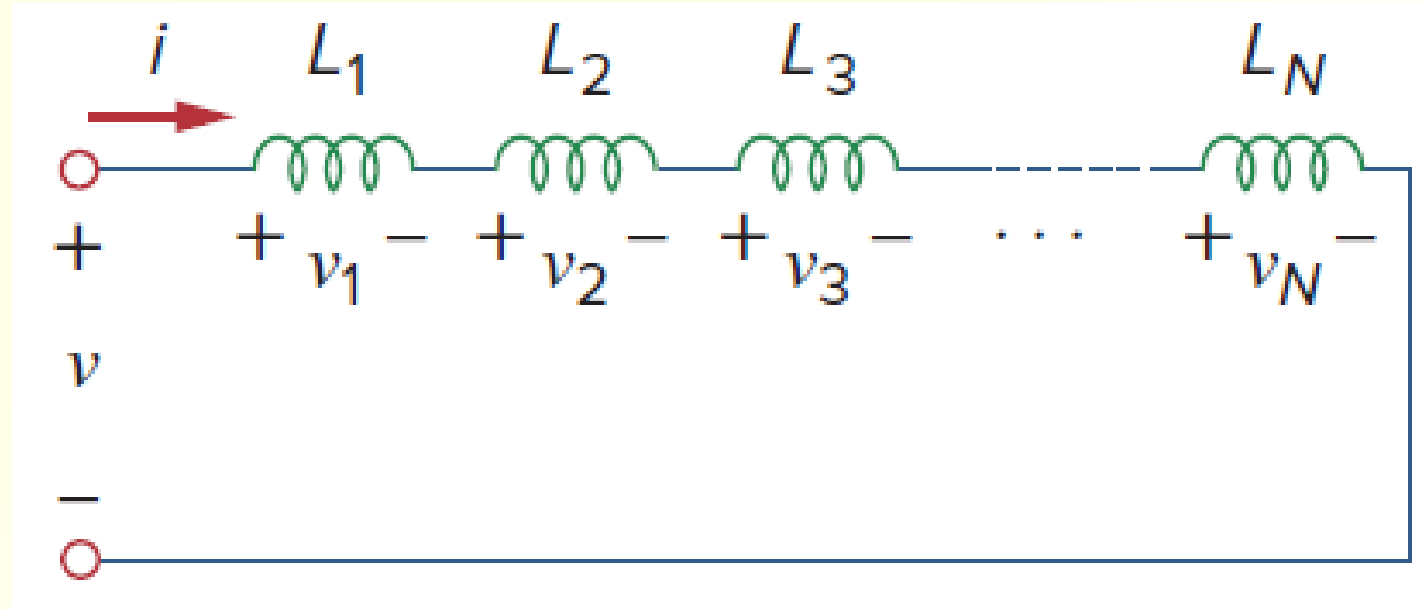
1. ΕΠΑΓΩΓΟΙ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

$$v = v_1 + v_2 + v_3 \cdots + v_N$$

$$v_k = L_k \frac{di}{dt}$$

$$v = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + \cdots + L_N \frac{di}{dt} = (L_1 + L_2 + \cdots + L_N) \frac{di}{dt}$$

$$L_{\text{σειρα}} = \sum_{k=1}^N L_k$$

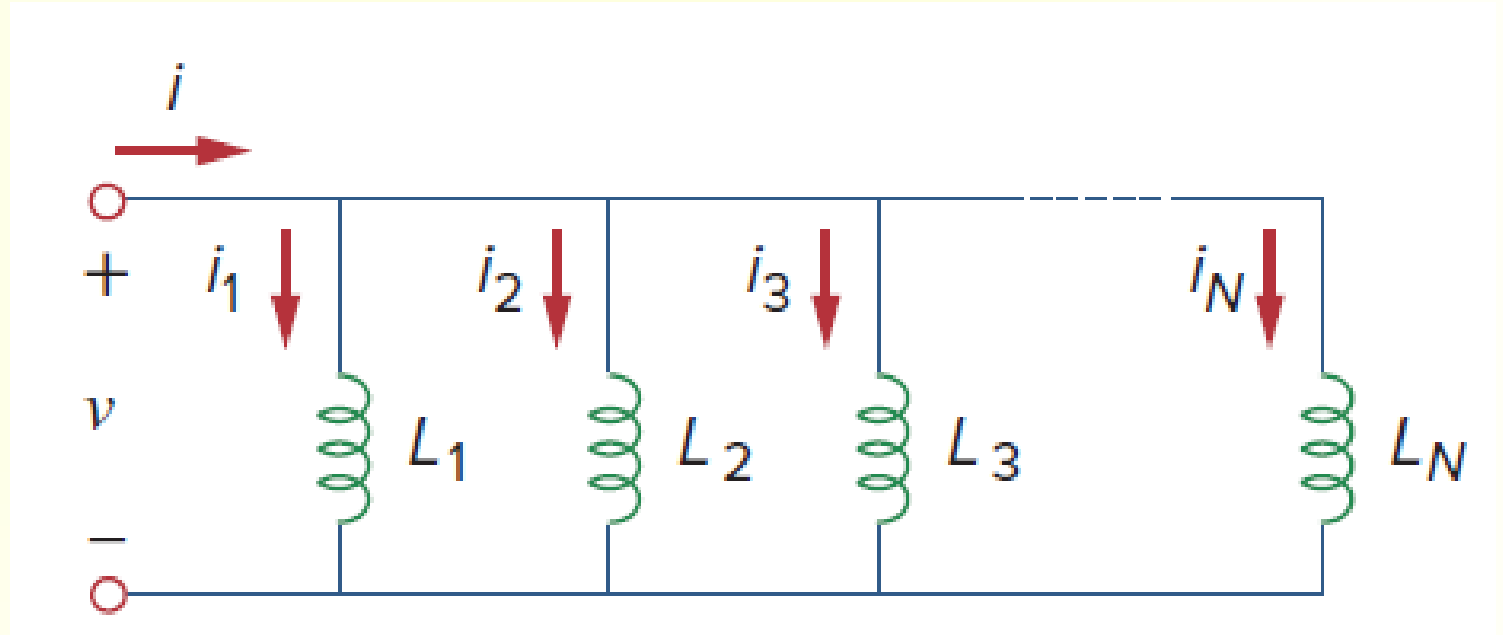


ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΕΠΑΓΩΓΩΝ

2. ΕΠΑΓΩΓΟΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

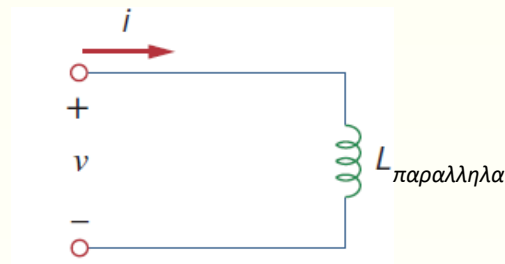
$$i = i_1 + i_2 + i_3 \cdots + i_N$$

$$i_k = \frac{1}{L_k} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau$$



$$i = \frac{1}{L_1} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau + \frac{1}{L_2} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau + \cdots + \frac{1}{L_N} \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau = \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_N} \right) \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau$$

$$\boxed{\frac{1}{L_{\text{παράλληλα}}} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{L_k}}$$



$$i(t_0) = i_1(t_0) + i_2(t_0) + \cdots + i_N(t_0)$$

ΠΥΚΝΩΤΕΣ

ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΠΥΚΝΩΤΩΝ

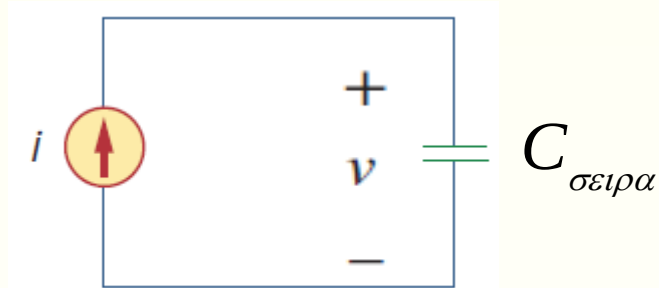
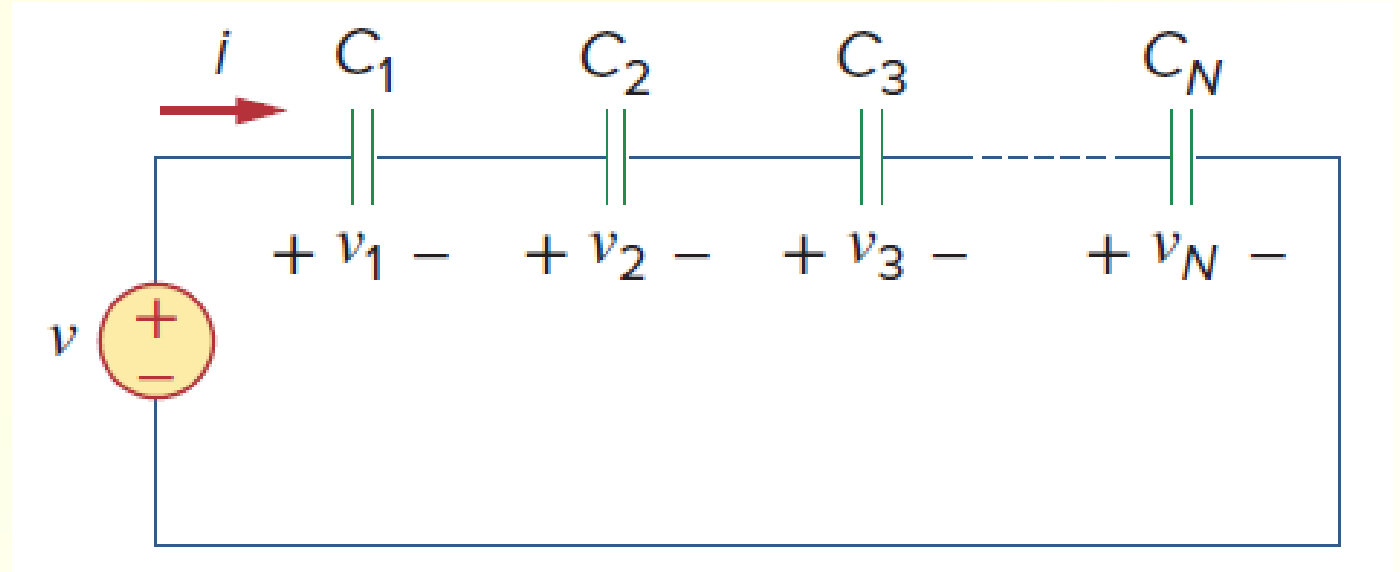
1. ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \cdots + V_N$$

$$v_k = \frac{1}{C_k} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau$$

$$v = \frac{1}{C_1} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau + \frac{1}{C_2} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau + \cdots + \frac{1}{C_N} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_N} \right) \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau$$

$$\boxed{\frac{1}{C_{\text{σειρα}}} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{C_k}}$$



ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΠΥΚΝΩΤΩΝ

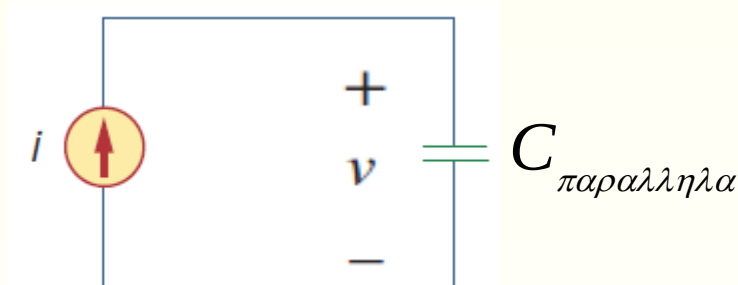
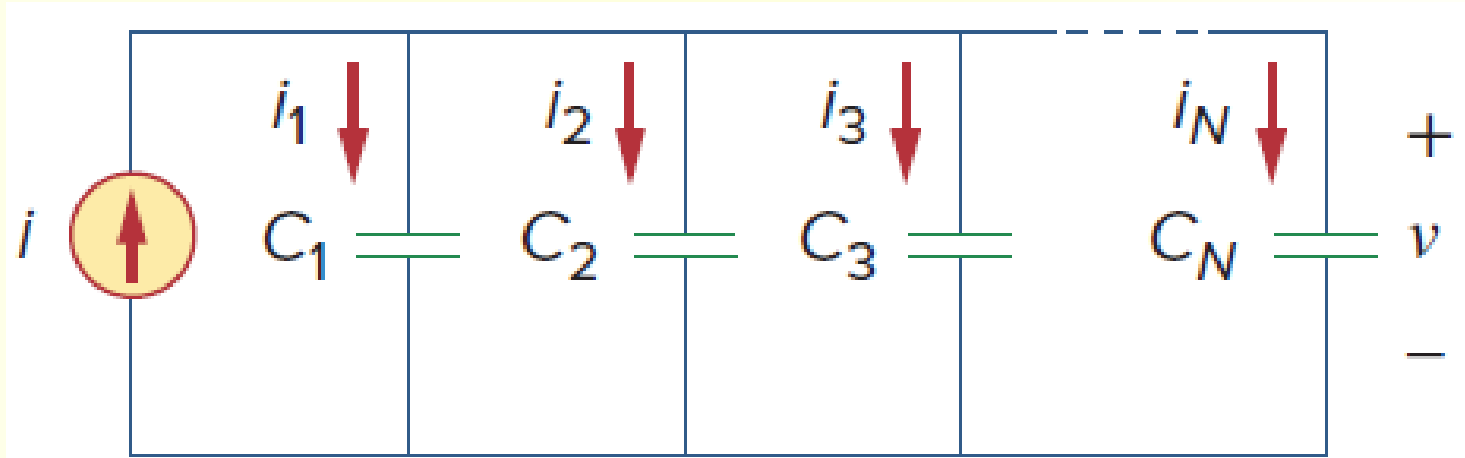
2. ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \cdots + i_N$$

$$i_k = C_k \frac{dv}{dt}$$

$$i = C_1 \frac{dv}{dt} + C_2 \frac{dv}{dt} + \cdots + C_N \frac{dv}{dt} = (C_1 + C_2 + \cdots + C_N) \frac{dv}{dt}$$

$$C_{\text{παράλληλα}} = \sum_{k=1}^N C_k$$



ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

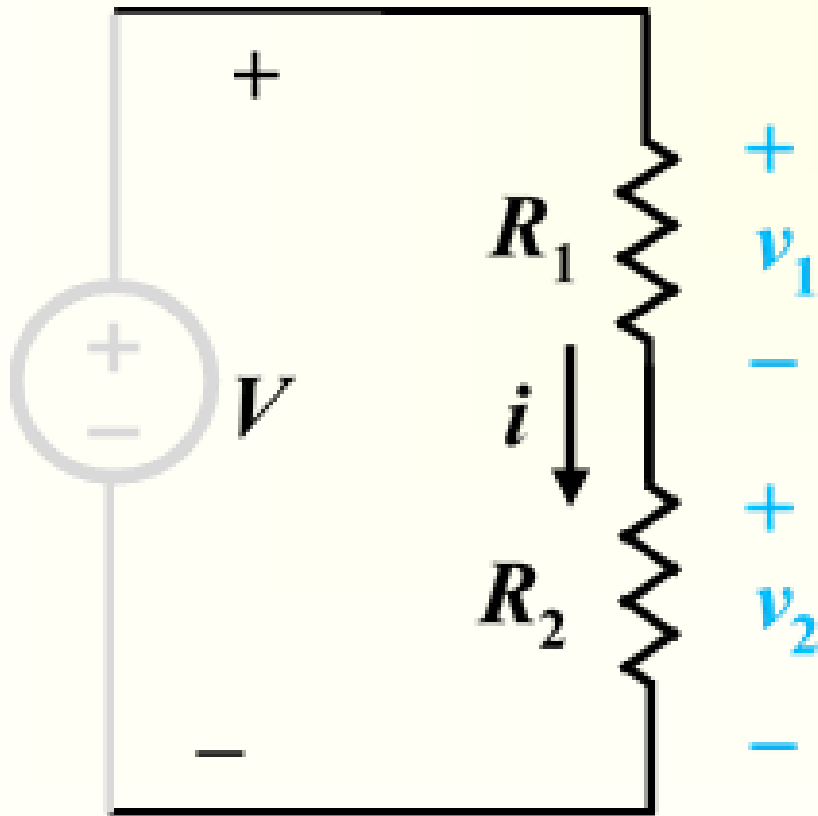
- Ορισμένοι συνδυασμοί απλών ομοειδών στοιχείων (κυρίως αντιστάσεων) εμφανίζονται συχνά
- Η έτοιμη λύση για τέτοιους συνδυασμούς μπορεί να επιταχύνει σημαντικά την ανάλυση
- Όμως, όπως πάντα, απαιτείται προσοχή ώστε να βεβαιωνόμαστε ότι ισχύει αυτή η απλή έτοιμη λύση

ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ
ΟΙ ΔΙΑΙΡΕΤΕΣ

Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΤΑΣΗΣ

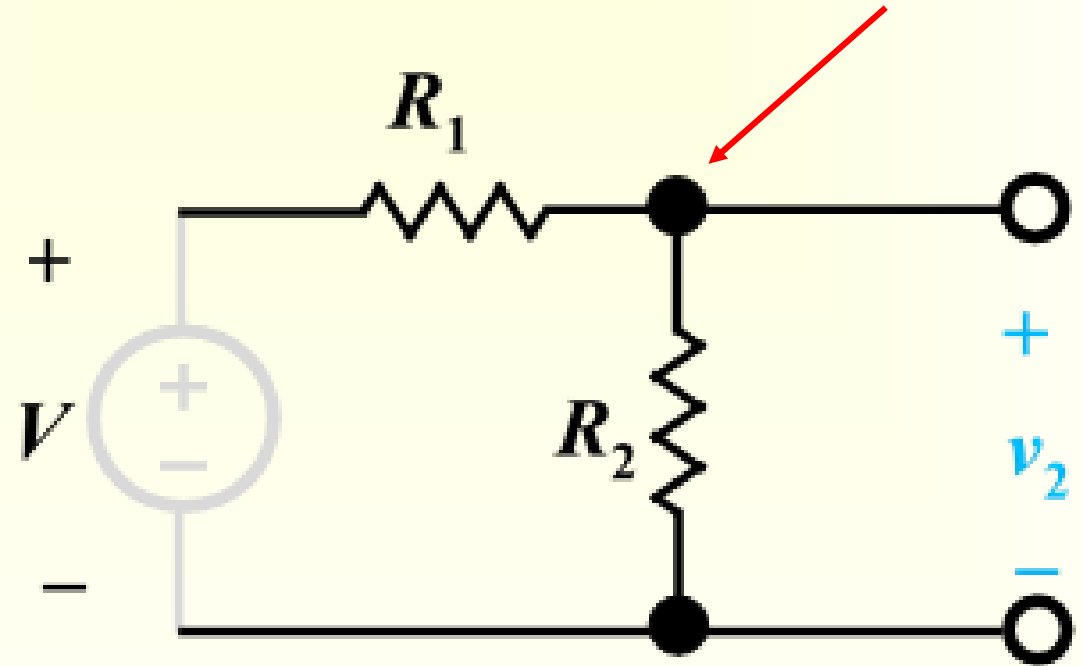
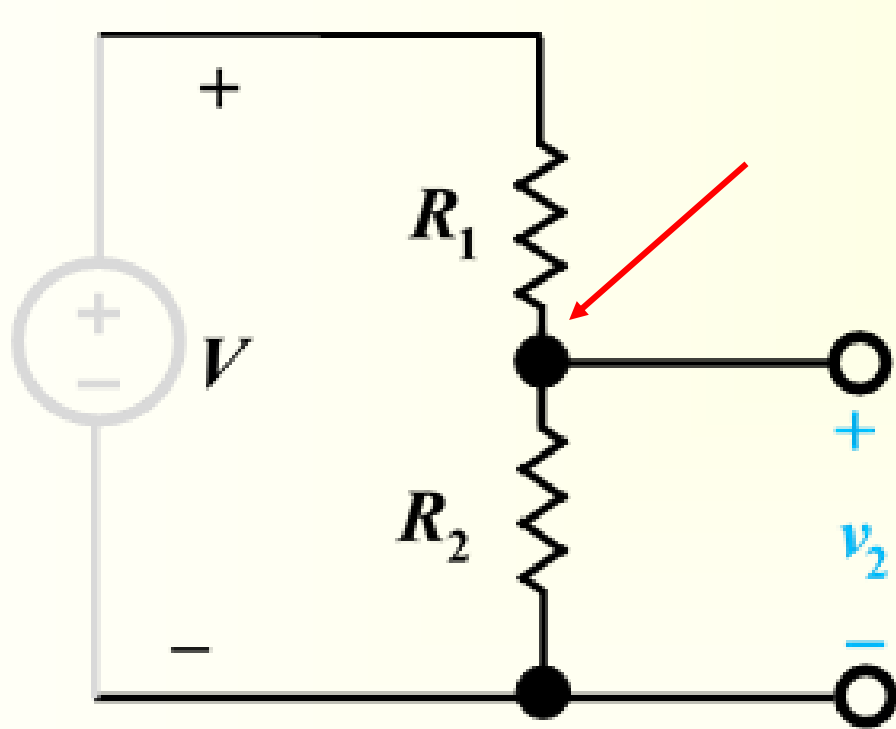
Voltage divider

- Η διαίρεση τάσης δεν σημαίνει την αλγεβρική πράξη αλλά τον **καταμερισμό** μιας τάσης σε δυο (ή και περισσότερες) μικρότερες τάσεις
- Πρακτικά, αυτό μας διευκολύνει στο να πάρουμε μια ή δυο (ή και περισσότερες) διαφορετικές τάσεις σε επιθυμητές στάθμες από μια βασική πηγή τροφοδοσίας



Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΤΑΣΗΣ

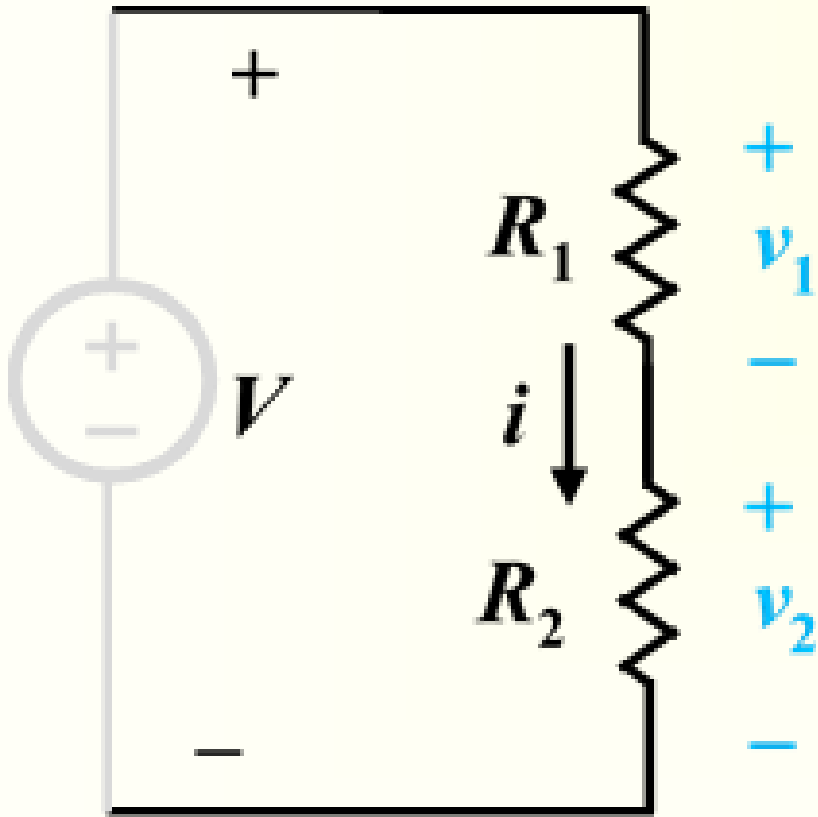
- ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ



- Τελικά, αυτό που έχει σημασία είναι οι R_1 και R_2 να είναι σε σειρά, δηλ. να μη «ξεφεύγει» ρεύμα στο **σημείο επαφής**
- Αν «ξεφεύγει» ρεύμα, τότε δεν έχουμε σύνδεση σε σειρά κι όλη η ανάλυση είναι άκυρη

Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΤΑΣΗΣ

- ΑΝΑΛΥΣΗ



NTK: $V = iR_1 + iR_2 \Rightarrow i = \frac{V}{R_1 + R_2}$

$$v_1 = iR_1 \Rightarrow$$

$$v_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V$$

$$v_2 = iR_2 \Rightarrow$$

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$$

Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΤΑΣΗΣ

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. $v_1, v_2 < V$ **πάντα**

2. Σημασία έχει ο λόγος των αντιστάσεων

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{\frac{R_1}{R_2}}{\frac{R_1}{R_2} + 1}$$

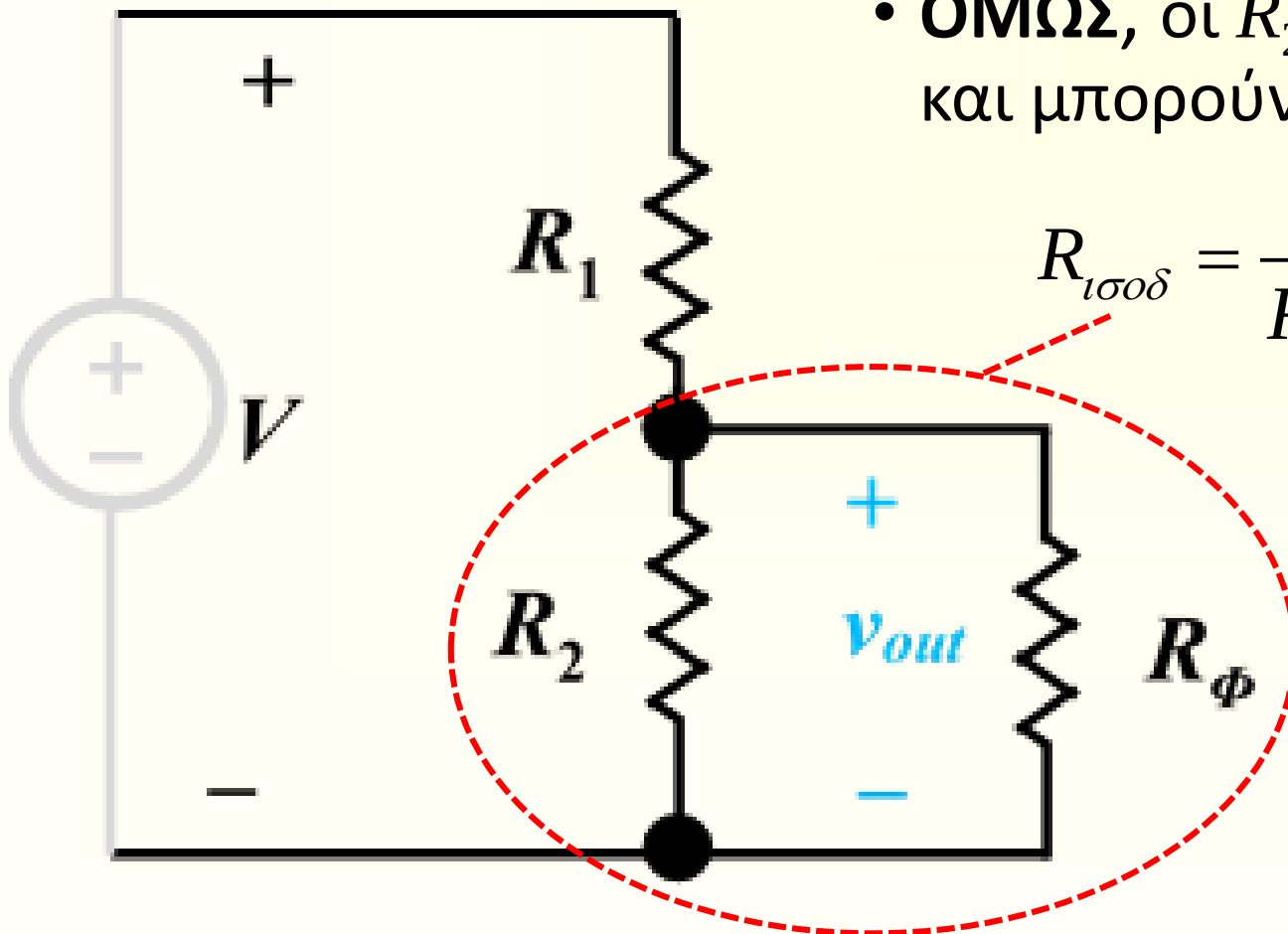
3. Που σημαίνει ότι η ίδια διαίρεση μπορεί να επιτευχθεί με άπειρους συνδυασμούς αντιστάσεων: ποιόν θα επιλέξουμε;;

[θεωρούμε τις απώλειες ισχύος]

Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΤΑΣΗΣ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ:

- η παρουσία τής R_ϕ «παίρνει» ένα ρεύμα από τη σύνδεση
- $\Rightarrow$ ΔΕΝ υπάρχει πια διαιρέτης τάσης!
- **ΟΜΩΣ**, οι R_2 και R_ϕ είναι παράλληλα συνδεδεμένες και μπορούν να αντικατασταθούν από την $R_{ισοδ}$



$$R_{ισοδ} = \frac{R_2 R_\phi}{R_2 + R_\phi}$$

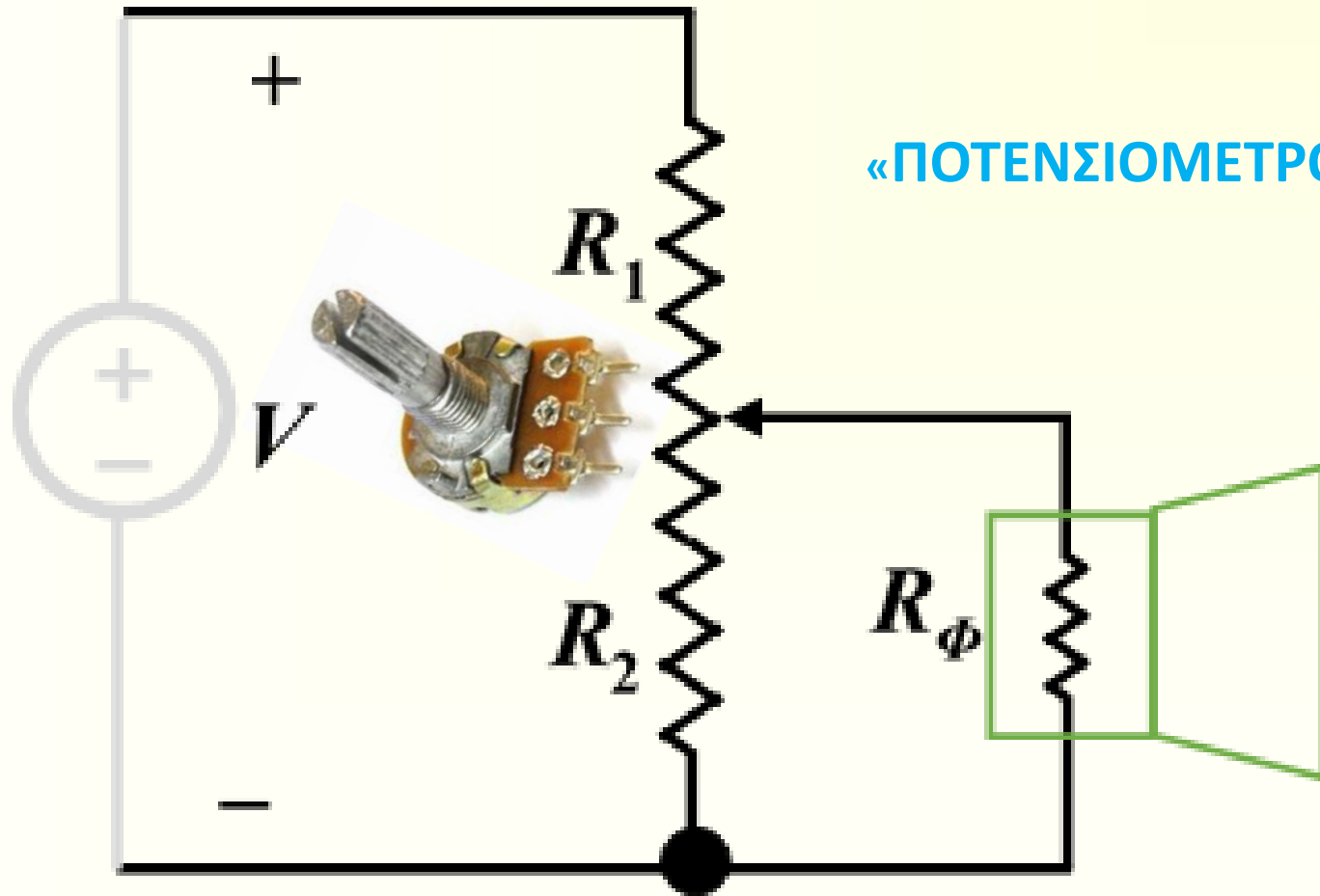
$$v_{out} = \frac{R_{ισοδ}}{R_1 + R_{ισοδ}} V \Rightarrow$$

$$v_{out} = \frac{R_2}{R_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_\phi} \right) + R_2} V$$

Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΤΑΣΗΣ

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ:

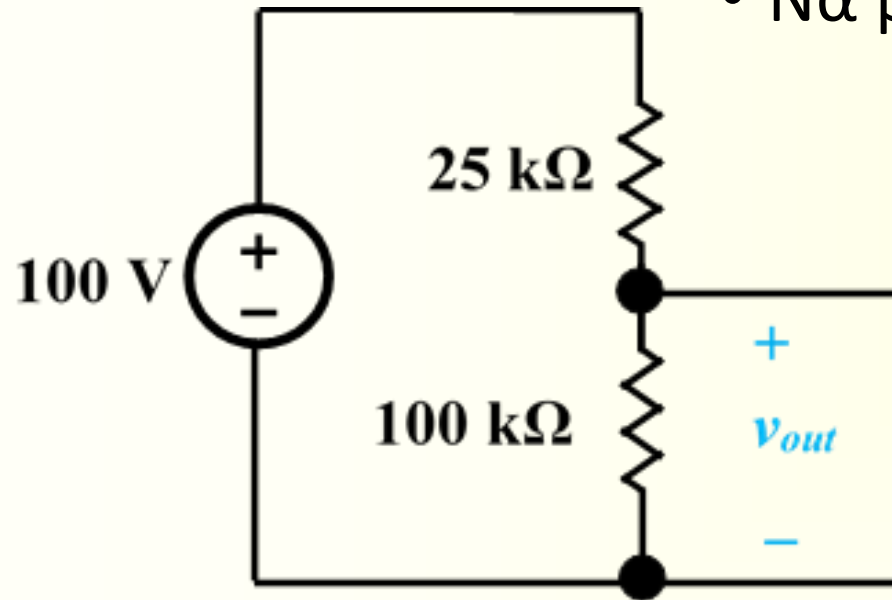
Με αυτόν τον τρόπο λειτουργούν οι περισσότεροι ρυθμιστές έντασης ήχου (Volume) κλπ.



Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΤΑΣΗΣ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

- Οι αντιστάσεις έχουν ανοχή $\pm 10\%$
- Να βρεθεί το ελάχιστο και το μέγιστο της τάσης εξόδου



$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V = \frac{R_2}{R_1 + R_2} 100 = 80 \text{ V}$$

- Μέγιστος λόγος όταν έχουμε $\max R_2$ και ταυτόχρονα $\min R_1$
- Ελάχιστος λόγος όταν έχουμε $\min R_2$ και ταυτόχρονα $\max R_1$

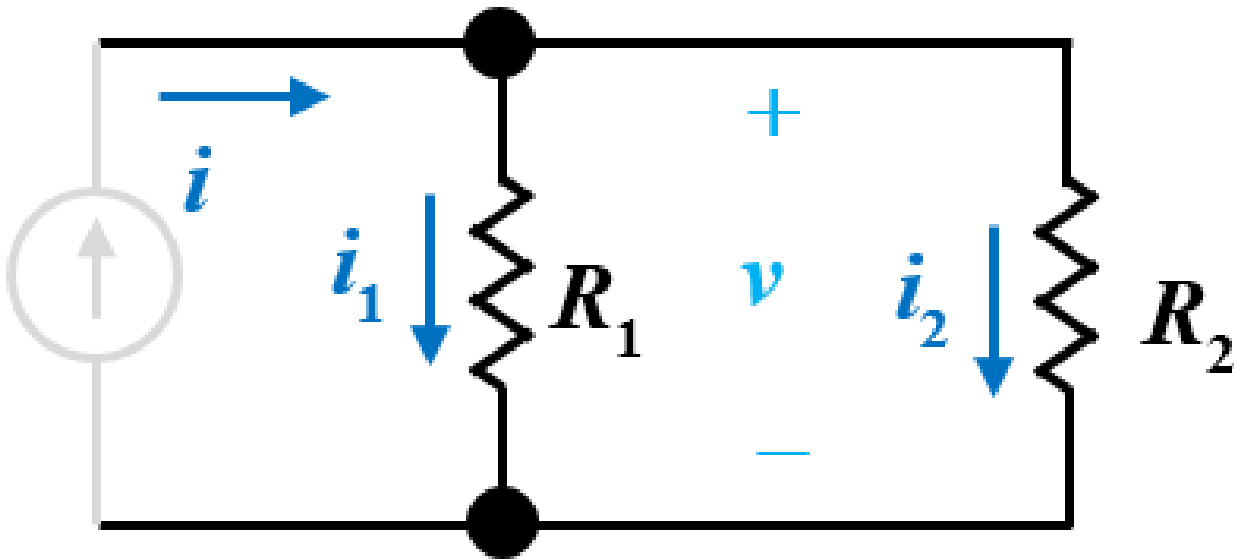
$$\max V_{out} = \frac{\max R_2}{\min R_1 + \max R_2} V = \frac{110000}{22500 + 110000} 100 = 83,02 \text{ V}$$

$$\min V_{out} = \frac{\min R_2}{\max R_1 + \min R_2} V = \frac{90000}{27500 + 90000} 100 = 76,60 \text{ V}$$

Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Current divider

- Η διαίρεση ρεύματος δεν σημαίνει την αλγεβρική πράξη αλλά τον **καταμερισμό** ενός ρεύματος σε δυο (ή και περισσότερα) μικρότερα ρεύματα



$$\left. \begin{array}{l} \text{NPK: } i = i_1 + i_2 \\ v = iR_1 = iR_2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

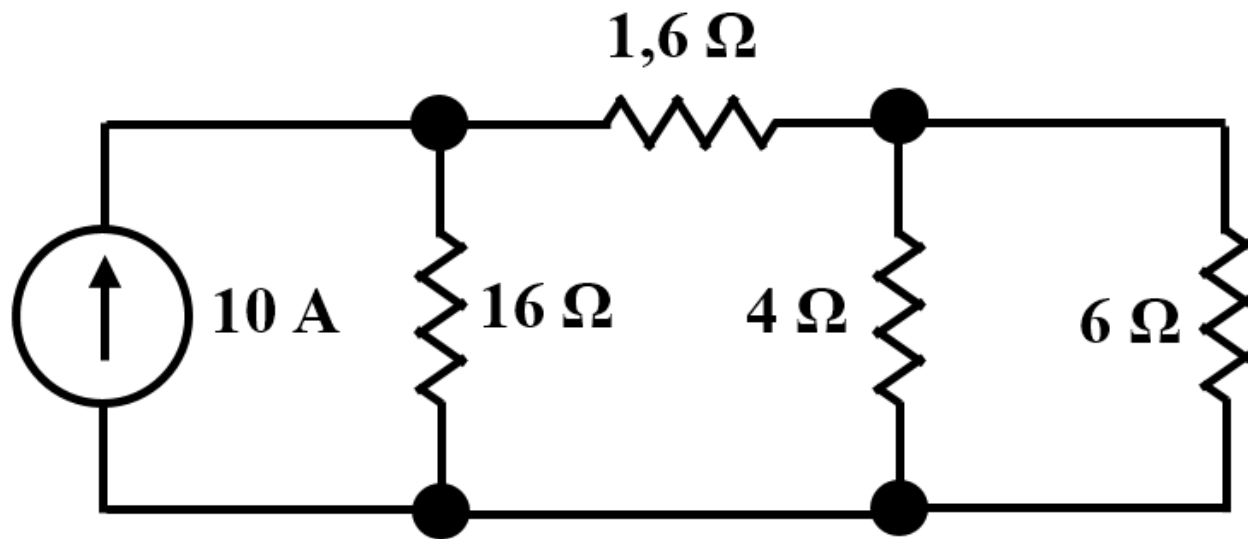
$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i$$

$$i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} i$$

Ο ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ (ΚΑΤΑΜΕΡΙΣΤΗΣ) ΡΕΥΜΑΤΟΣ

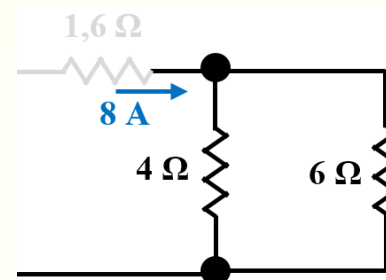
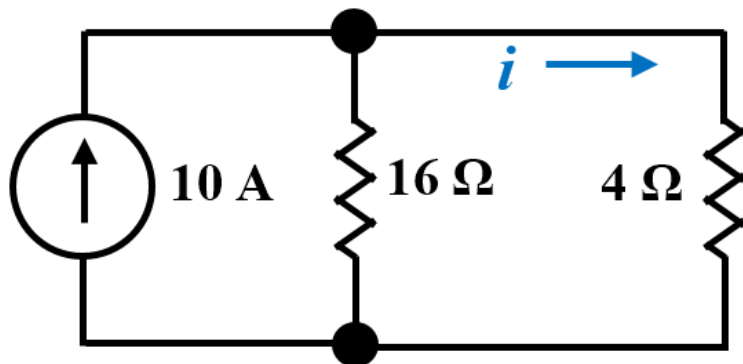
- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

- Πόση είναι η ισχύς που καταναλώνεται στην $R = 6 \Omega$;



- Με ισοδυναμίες «μαζεύουμε» το κύκλωμα προς την πηγή
- $6 \Omega || 4 \Omega = 2,4 \Omega \dots$
- ...που είναι σε σειρά με το $1,6 \Omega$, άρα οι τρεις δεξιές αντιστάσεις γίνονται μια αντίσταση 4Ω
- Καταλήγουμε σε ένα διαιρέτη ρεύματος!

$$i = \frac{16}{16 + 4} 10 = 8 \text{ A}$$



- Και ξανά με διαιρέτη ρεύματος:

$$i_{6\Omega} = \frac{4}{4 + 6} 8 = 3,2 \text{ A}$$

ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ
ΟΙ ΓΕΦΥΡΕΣ

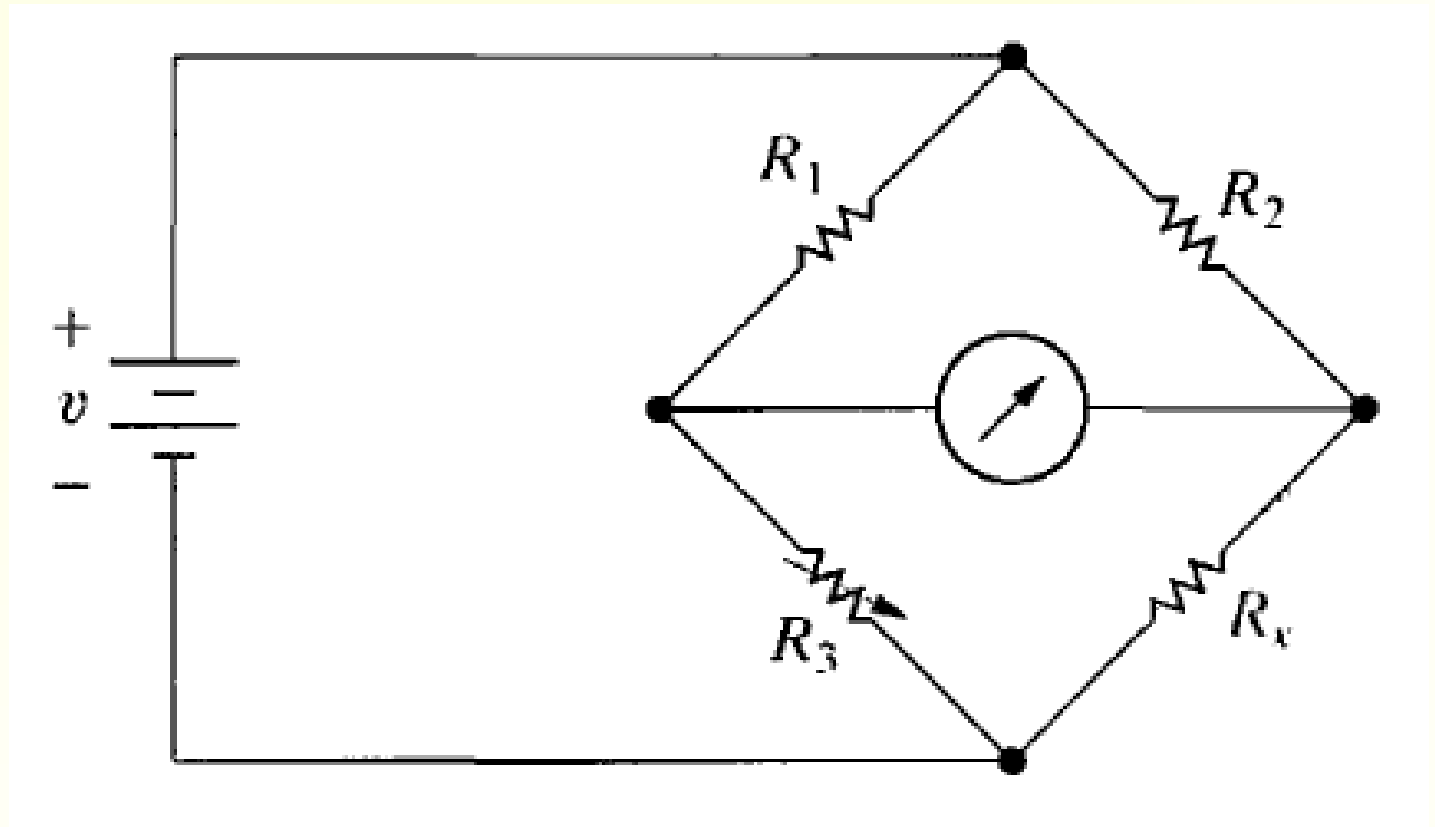
Η ΓΕΦΥΡΑ WHEATSTONE

- Η γέφυρα Wheatstone χρησιμοποιείται για μέτρηση αντιστάσεων μεταξύ $1\ \Omega$ και $1\ \text{M}\Omega$ με ακρίβεια $\pm 0,1\%$, δηλαδή χωρίς πολλές αξιώσεις

- **ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ**

- Ρυθμίζουμε την R_3 έως ότου το ρεύμα στον οριζόντιο κλάδο μηδενιστεί

- Τότε:
$$R_X = \frac{R_2}{R_1} R_3$$



Η ΓΕΦΥΡΑ WHEATSTONE

- **ΑΝΑΛΥΣΗ**

- Όταν $i_g = 0$, τότε $i_1 = i_3$ και $i_2 = i_x$
- Επίσης, τα σημεία A και B έχουν διαφορά δυναμικού ίση με μηδέν και μπορούν να ταυτιστούν

- ΝΤΚ στους δυο βρόχους:

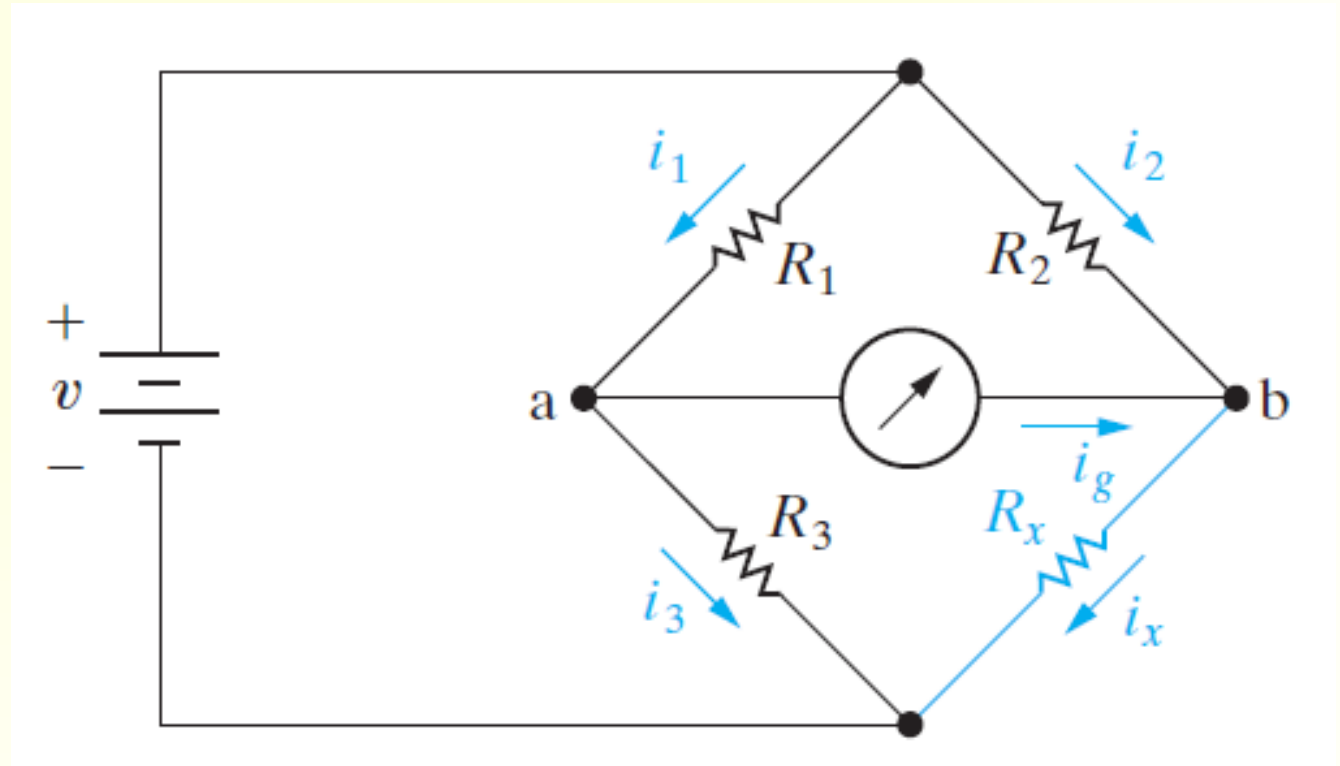
$$i_3 R_3 = i_x R_x \quad \text{και} \quad i_1 R_1 = i_2 R_2$$

- Συνδυάζοντας όλα τα παραπάνω

$$i_1 R_3 = i_2 R_x \quad \text{και} \quad i_1 R_1 = i_2 R_2$$

- Διαιρώντας τις δυο ισότητες

$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{R_x}{R_2}$$

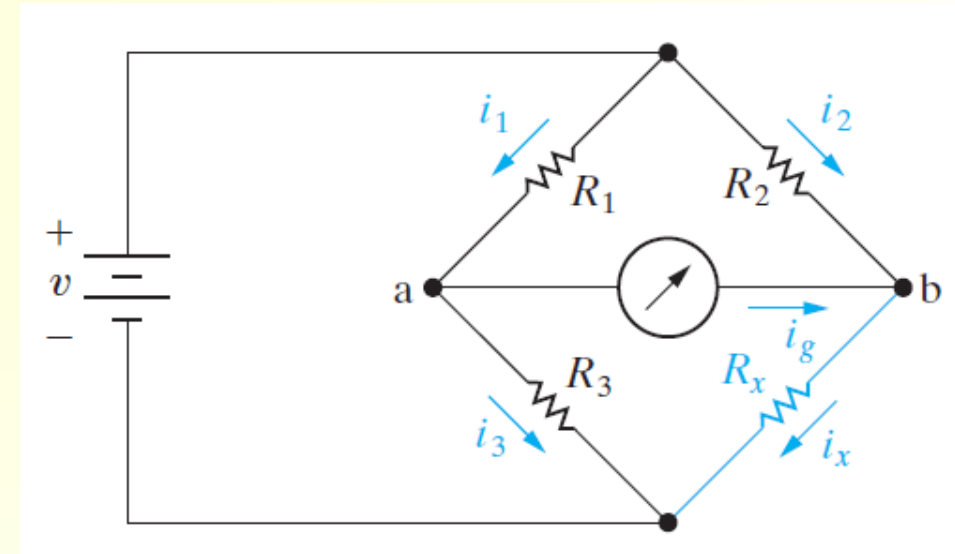


$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3$$

Η ΓΕΦΥΡΑ WHEATSTONE

• ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Αν $R_1 = R_2$ τότε η R_x διαβάζεται από την R_3
2. Όμως, αν η μεταβολή της R_3 δεν περιλαμβάνει την R_x , τότε η γέφυρα δεν ισορροπεί
3. ...και θα πρέπει να δοκιμάσουμε άλλες τιμές για τον λόγο R_2 προς R_1
4. Η χρήσιμη περιοχή είναι από 1Ω έως $1 \text{ M}\Omega$
5. Για πολύ μικρές αντιστάσεις η θέρμανση των επαφών αλλοιώνει το αποτέλεσμα ενώ για πολύ μεγάλες τα ρεύματα διαρροής είναι ίδιας τάξης με τα ρεύματα στη γέφυρα



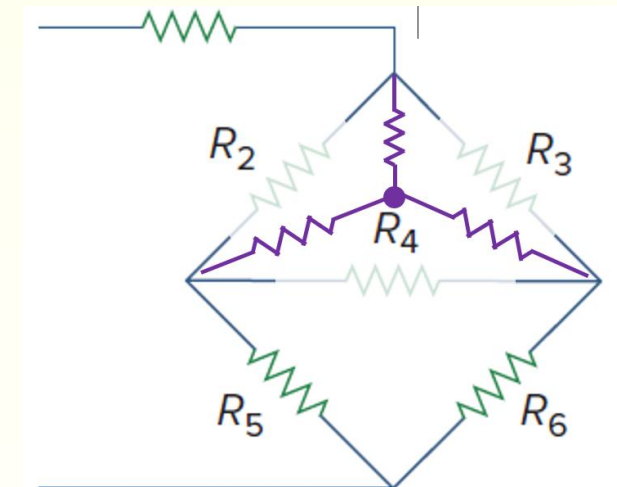
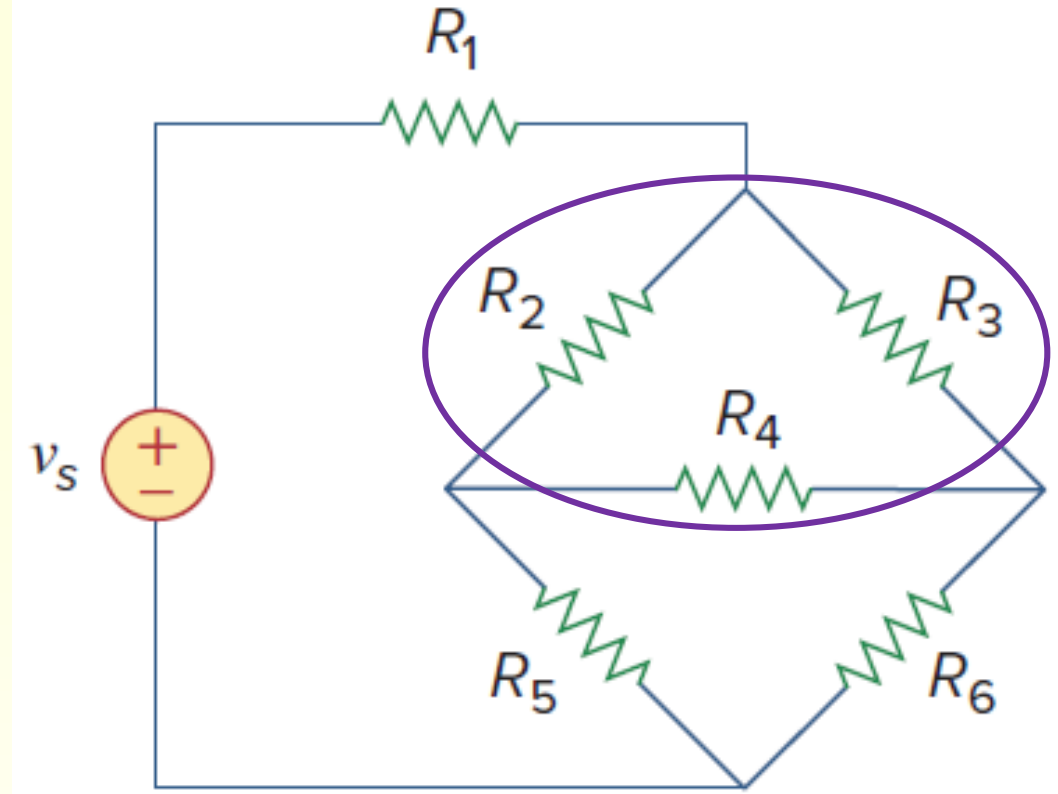
$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3$$

ΕΙΔΙΚΟΙ ΑΠΛΟΙ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ

ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΓΩΝΑ

ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΓΩΝΑ

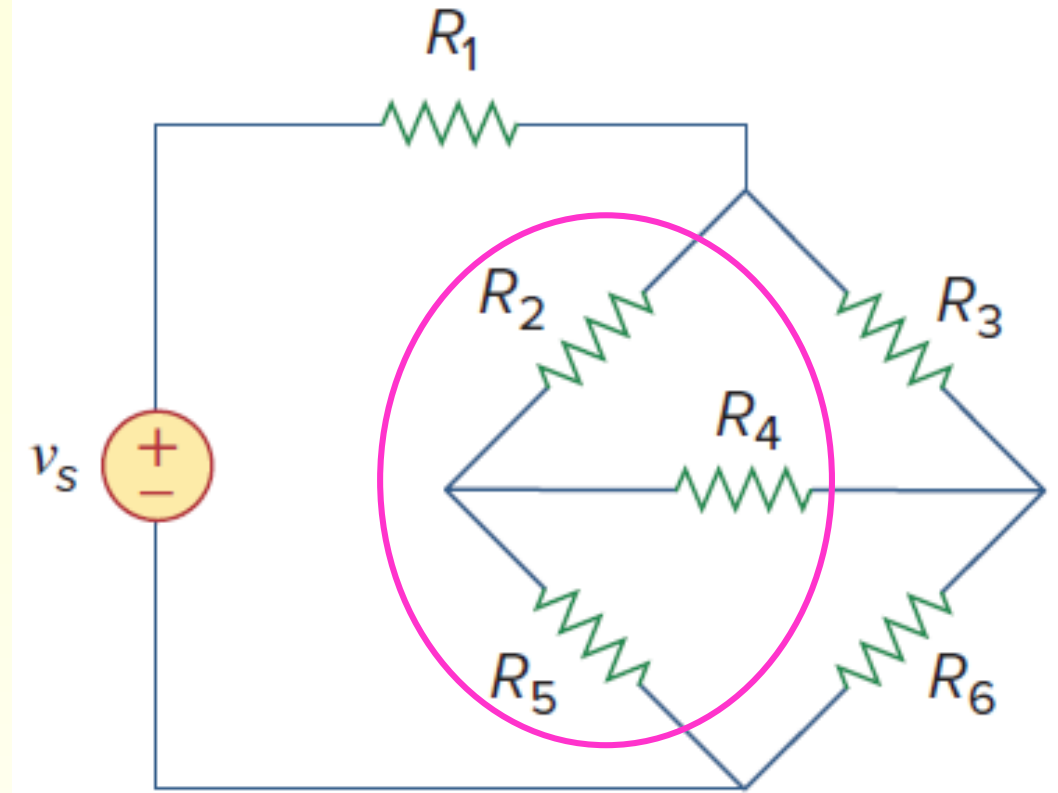
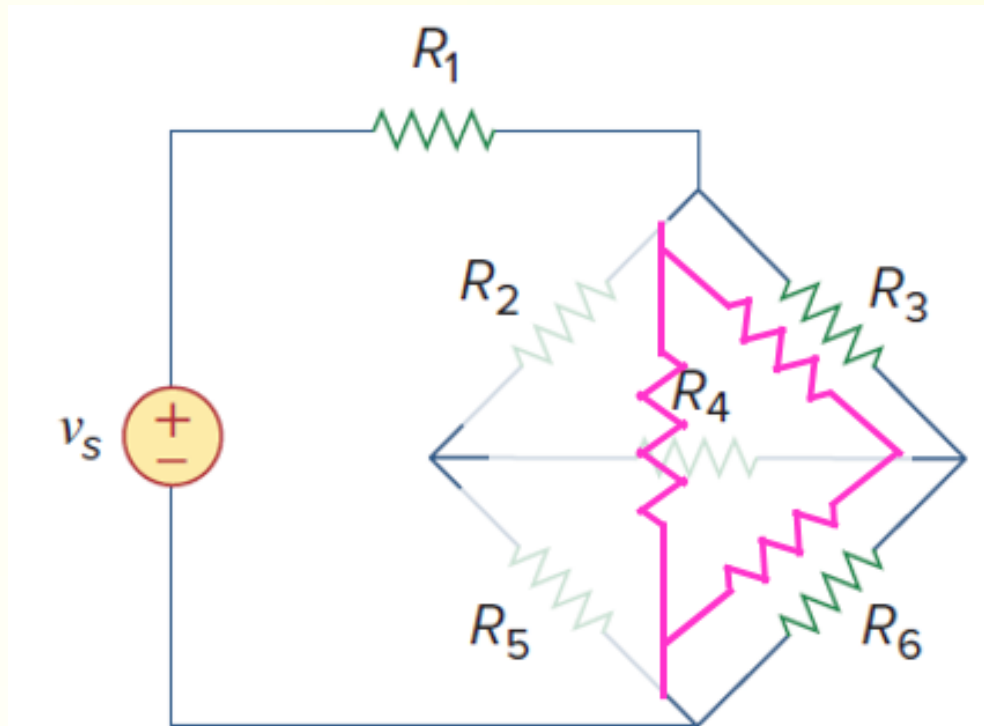
- Η απλοποίηση τύπου σειρά ή παράλληλα σε ένα τέτοιο κύκλωμα είναι **αδύνατη**
- **Όμως** διακρίνουμε δυο δυνατότητες:
Α. Αν μπορέσουμε ένα συνδυασμό **τριγώνου** να τον μετατρέψουμε σε ένα ισοδύναμο συνδυασμό αστέρα με τρεις ακτίνες η απλοποίηση γίνεται εφικτή



ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΓΩΝΑ

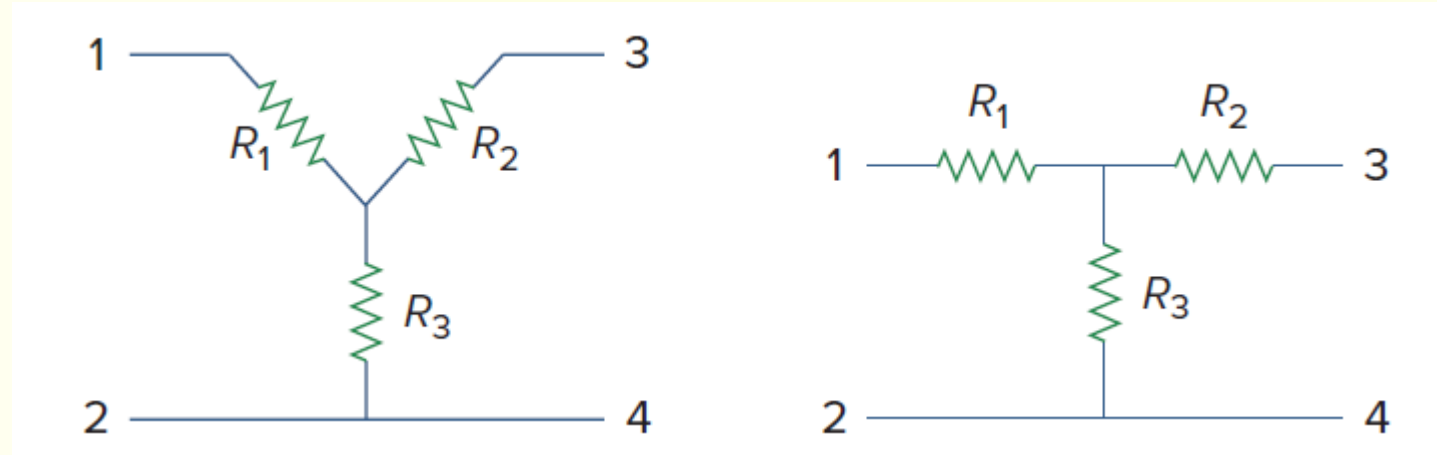
- Όμως διακρίνουμε δυο δυνατότητες:

Β. Αν μπορέσουμε ένα συνδυασμό **αστέρα** να τον μετατρέψουμε σε ένα ισοδύναμο συνδυασμό τριγώνου η απλοποίηση γίνεται επίσης εφικτή

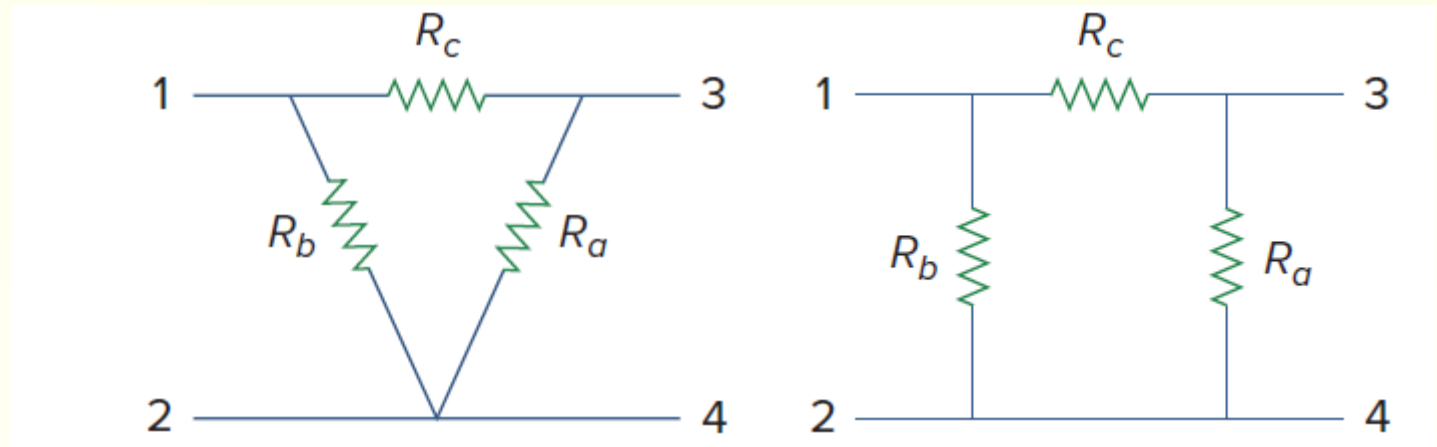


ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΓΩΝΑ

- ΑΣΤΕΡΑΣ (Υ ή Τ)

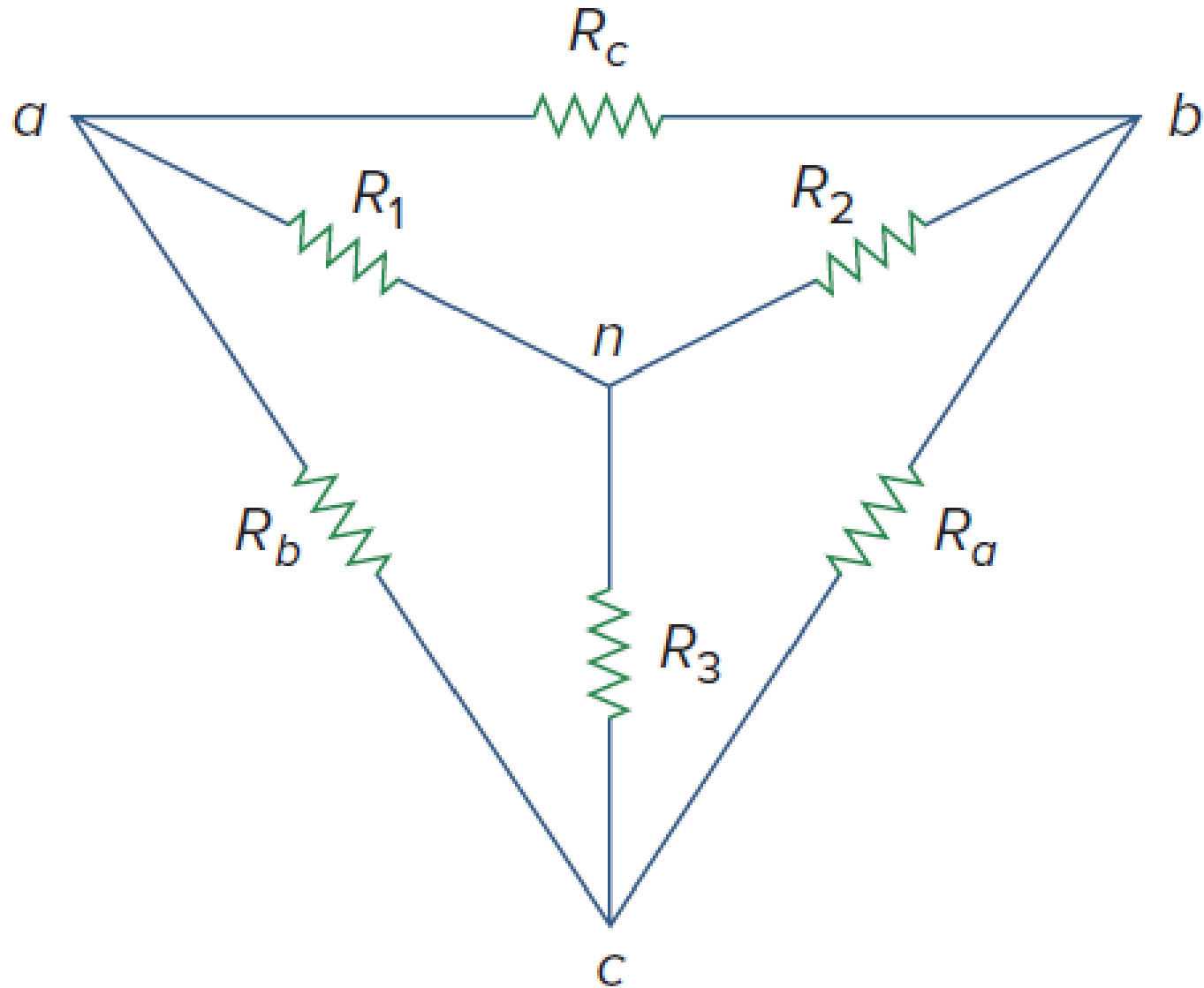


- ΤΡΙΓΩΝΟ («Δ» ή Π)



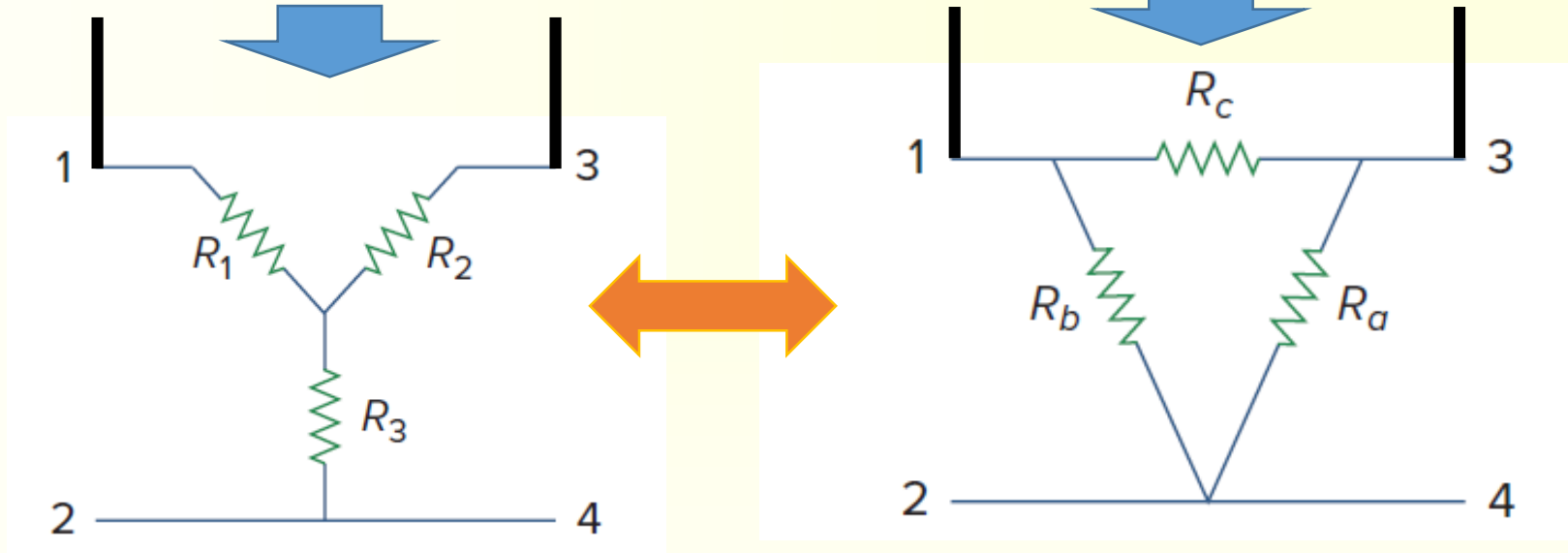
ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΓΩΝΑ

- Μαζί:



ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΓΩΝΑ

- Η ισοδυναμία μπορεί να καθοριστεί στη βάση τού μαύρου κουτιού



- Η αντίσταση που φαίνεται από τα σημεία 1 και 3 πρέπει να είναι ίδια και για τους δυο σχηματισμούς
- Επαναλαμβάνουμε για τα άλλα δυο ζεύγη και επιλύουμε για τους 3 αγνώστους (κάθε φορά)

$$R_1 + R_2 = \frac{R_c (R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c}$$

ΑΣΤΕΡΕΣ ΚΑΙ ΤΡΙΓΩΝΑ

$$\mathbf{T}_{(a,b,c)} \rightarrow \mathbf{A}_{(1,2,3)}$$

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_c R_a}{R_a + R_b + R_c}$$

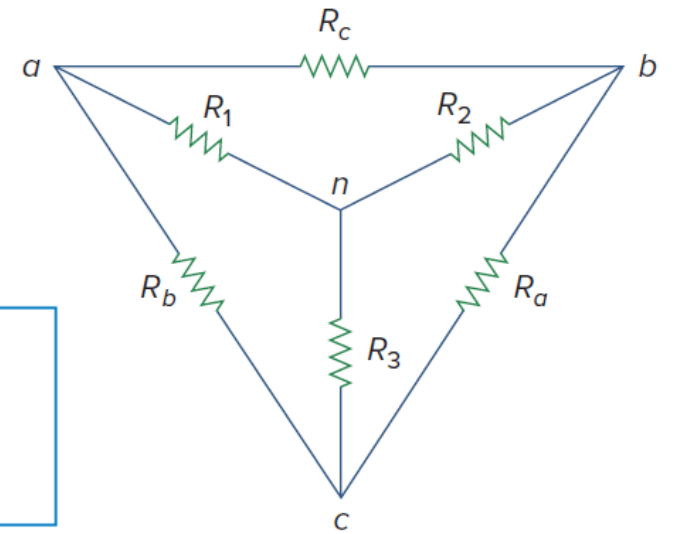
$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c}$$

$$\mathbf{A}_{(1,2,3)} \rightarrow \mathbf{T}_{(a,b,c)}$$

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2}$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3}$$



ΣΑΝ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΑ

http://sml.ece.upatras.gr/images/UploadedFiles/ilektrika-kyklomata_i/defroster.pdf