



## Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας



---

## Ηλεκτροτεχνία, ηλ. μηχανές & εγκαταστάσεις πλοίου (Ε)

**Ενότητα 2:** Αντιστάτες σε Σειρά & Παράλληλα, οι νόμοι του Kirchhoff

Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης

Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών ΤΕ

---



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



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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.

## Περιεχόμενα

Άσκηση 2 .....	3
Θεωρία .....	4
Ο νόμος Τάσεων του Kirchhoff .....	4
Συνδεσμολογία αντιστάσεων παράλληλα .....	6
Ο νόμος των ρευμάτων του Kirchhoff .....	7
Πορεία Εργασίας .....	8
Τεχνική έκθεση .....	14

## Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 2.1 .....	8
Εικόνα 2.2 .....	10
Εικόνα 2.3 .....	12

## Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 2.1: Αντιστάτες $R_1, R_2, R_3$ σε σειρά .....	4
Σχήμα 2.2: Αντιστάτες $R_1, R_2, \dots, R_n$ σε σειρά .....	4
Σχήμα 2.3: Εφαρμογή Νόμου Τάσεων Kirchhoff .....	5
Σχήμα 2.4: Αντιστάτες $R_1, R_2, R_3$ παράλληλα .....	6
Σχήμα 2.5: Αντιστάτες $R_1, R_2, \dots, R_n$ παράλληλα .....	6
Σχήμα 2.6: Εφαρμογή Νόμου Ρευμάτων Kirchhoff .....	7
Σχήμα 2.7 .....	8
Σχήμα 2.8 .....	9
Σχήμα 2.9 .....	11
Σχήμα 2.10 .....	12
Σχήμα 2.11 .....	13

## Άσκηση 2

Αντικείμενο:

- Νόμος Τάσεων του Kirchhoff.
- Νόμος Ρευμάτων του Kirchhoff.
- Αντιστάτες Παράλληλα.
- Αντιστάτες σε Σειρά.

Στόχοι αυτού του πειράματος:

- Πειραματική επαλήθευση του Νόμου Τάσεων του Kirchhoff.
- Πειραματική επαλήθευση του Νόμου των Ρευμάτων του Kirchhoff.
- Εξοικείωση με το πολύμετρο, καθώς και τη σωστή συνδεσμολογία πηγών τάσεως.
- Κατανόηση της συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε σειρά.
- Κατανόηση της παράλληλης συνδεσμολογίας αντιστάσεων.

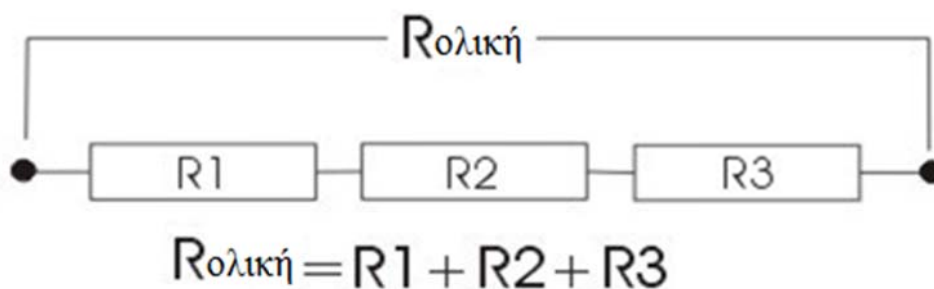
Εξοπλισμός που θα χρειαστούμε:

- TPS-3321
- Δύο πολύμετρα
- Καλώδια τύπου μπανάνα

## Θεωρία

Συνδεσμολογία αντιστάσεων σε σειρά:

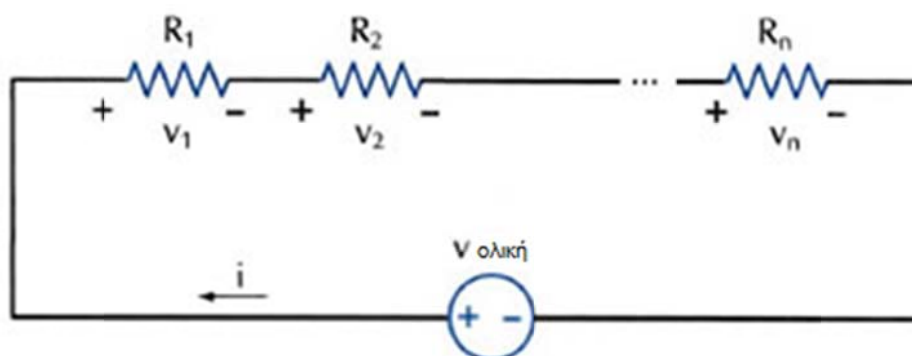
Στην περίπτωση σύνδεσης αντιστάσεων σε σειρά η συνολική αντίσταση  $R_{ολικη}$  είναι ίση με:



Σχήμα 2.1: Αντιστάτες  $R_1, R_2, R_3$  σε σειρά

Επομένως, για το παρακάτω κύκλωμα (Σχ.2.2) ισχύει ότι:

$$R_{ολικη} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



Σχήμα 2.2: Αντιστάτες  $R_1, R_2, \dots, R_n$  σε σειρά

## Ο νόμος Τάσεων του Kirchhoff

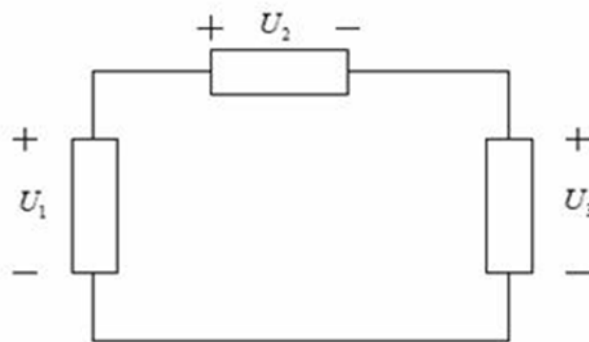
Σύμφωνα με το νόμο τάσεων του Kirchhoff (2<sup>ος</sup> νόμος του Kirchhoff) το αλγεβρικό άθροισμα των πτώσεων τάσεως των κλάδων που συνιστούν ένα βρόγχο, δηλαδή μια κλειστή διαδρομή μέσα σε ένα κύκλωμα, είναι ίσο με μηδέν.

$$\sum_{i=1}^{\kappa} V_i = 0$$

Όπου  $\kappa$  είναι ο συνολικός αριθμός τάσεων στο βρόγχο.

Για παράδειγμα στο Σχήμα 2.3, με βάση το νόμο τάσεων του Kirchhoff, καταλήγουμε στην ακόλουθη σχέση:

$$U_2 + U_3 - U_1 = 0$$



**Σχήμα 2.3:** Εφαρμογή Νόμου Τάσεων Kirchhoff

(Παρατηρήστε ότι το πρόσημο  $U_1$  είναι αρνητικό. Ποιος ο λόγος;)

Θα μπορούσαμε επίσης να διατυπώσουμε το νόμο τάσεων του Kirchhoff και ως εξής: Το αλγεβρικό άθροισμα των τάσεων των πηγών σε ένα βρόγχο είναι ίσο με το άθροισμα των πτώσεων τάσης σε όλες τις αντιστάσεις του βρόγχου. Έτσι μια άλλη μαθηματική διατύπωση είναι η εξής:

$$\sum_{\nu=1}^n E_{\nu} = \sum_{\mu=1}^m I \cdot R_{\mu}$$

Όπου

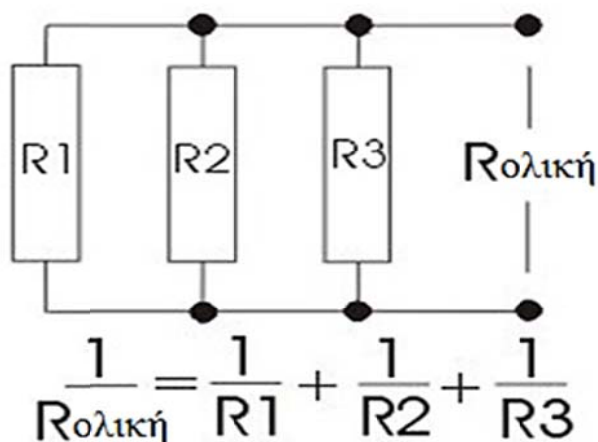
$n$  είναι ο αριθμός των πηγών τάσης,

$m$  ο αριθμός των αντιστάσεων του βρόγχου,

$I$  το ρεύμα που διαρρέει το βρόγχο.

## Συνδεσμολογία αντιστάσεων παράλληλα

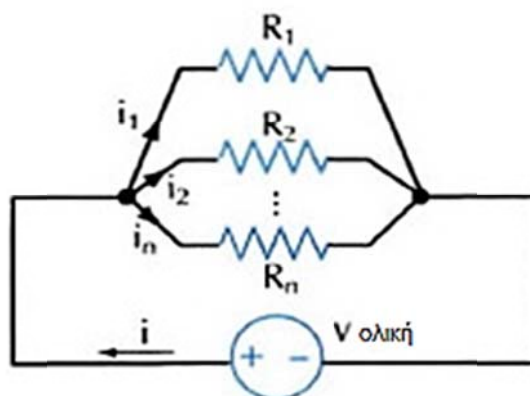
Στην περίπτωση σύνδεσης αντιστάσεων παράλληλα, η συνολική αντίσταση υπολογίζεται με τον κάτωθι τύπο:



Σχήμα 2.4: Αντιστάτες  $R_1, R_2, R_3$  παράλληλα

Επομένως, για το παρακάτω κύκλωμα (σχ.2.5) ισχύει ότι:

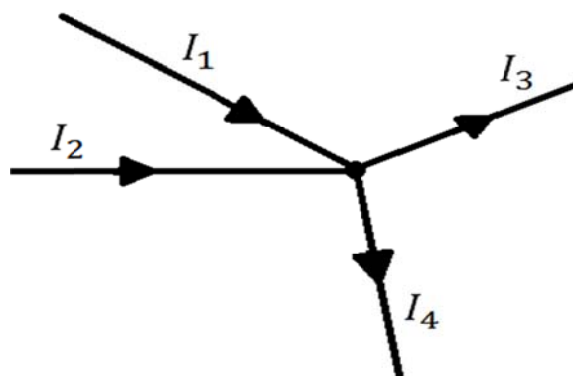
$$\frac{1}{R_{\text{ολική}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



Σχήμα 2.5: Αντιστάτες  $R_1, R_2 \dots R_n$  παράλληλα

## Ο νόμος των ρευμάτων του Kirchhoff

Σύμφωνα με το νόμο ρευμάτων του Kirchhoff (1<sup>ος</sup> νόμος του Kirchhoff), το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ρευμάτων σε ένα κόμβο ηλεκτρικού κυκλώματος είναι ίσο με το μηδέν, δηλαδή, το ηλεκτρικό ρεύμα που εισέρχεται σε οποιοδήποτε κόμβο ενός ηλεκτρικού κυκλώματος είναι ίσο με το ρεύμα που εξέρχεται. Στο ακόλουθο σχήμα (σχ. 2.4) παρουσιάζεται μια απλή εφαρμογή του νόμου ρευμάτων του Kirchhoff για ένα κόμβο.



Σχήμα 2.6: Εφαρμογή Νόμου Ρευμάτων Kirchhoff

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

Η γενική μαθηματική διατύπωση του 1<sup>ου</sup> νόμου του Kirchhoff είναι:

$$\sum_{v=1}^n I_v = 0$$

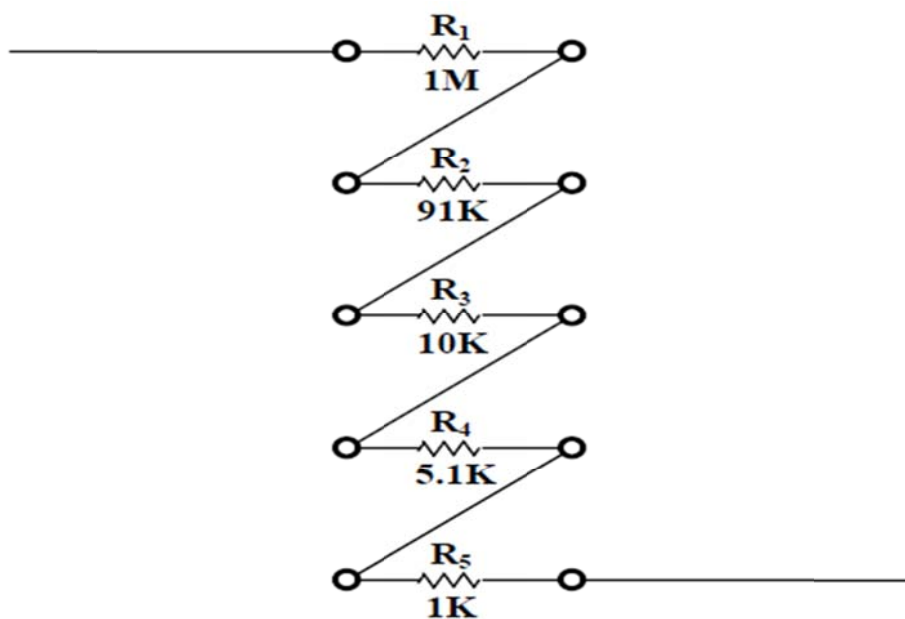
Όπου  $n$  είναι ο αριθμός των κλάδων που καταλήγουν στον κόμβο που εξετάζουμε.

## Πορεία Εργασίας

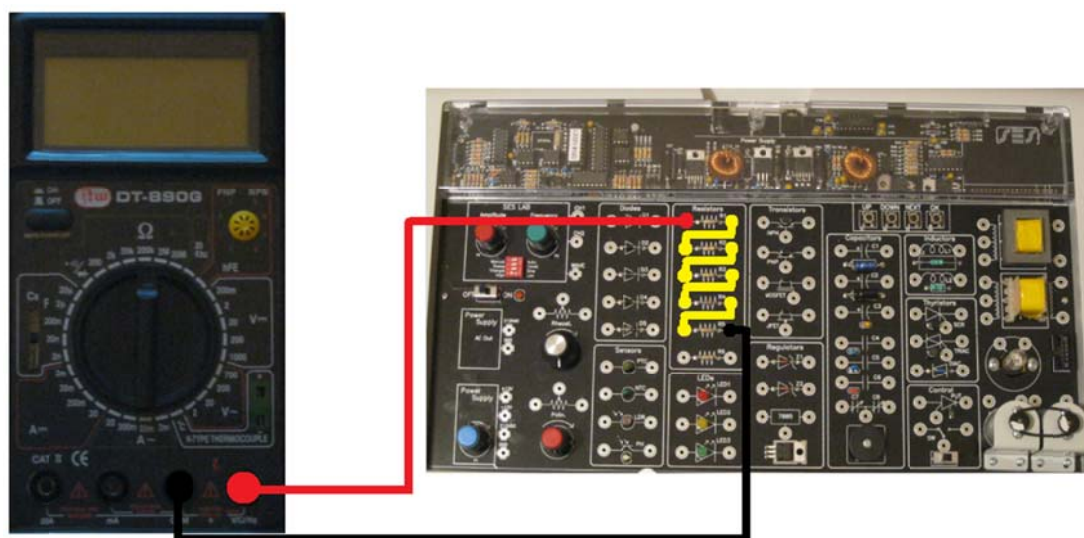
### Συνδεσμολογία Αντιστάσεων-Νόμος Τάσεων Kirchhoff

**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Απαραίτητη η μελέτη και η κατανόηση του παραρτήματος για τη χρήση του πολύμετρου.

1. Συνδέστε το TPS-3321 με το τροφοδοτικό.
2. Συνδέστε το τροφοδοτικό στην κεντρική ηλεκτρική παροχή.
3. Συνδέστε τους πέντε αντιστάτες όπως φαίνεται στο σχήμα:



Σχήμα 2.7



Εικόνα 2.1



Μετρήστε τη συνολική αντίσταση του συστήματος με το πολύμετρο (συμβουλευτείτε το παράρτημα για τη μέτρηση αντίστασης).

$$R_{ολικη} = \text{---} \Omega$$

Ελέγξτε εάν:

$$R_{ολικη} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

4. Συνδέστε τις αντιστάσεις με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουμε τις ακόλουθες τιμές συνολικής αντίστασης και σχεδιάστε το ηλεκτρονικό κύκλωμα για τις περιπτώσεις:

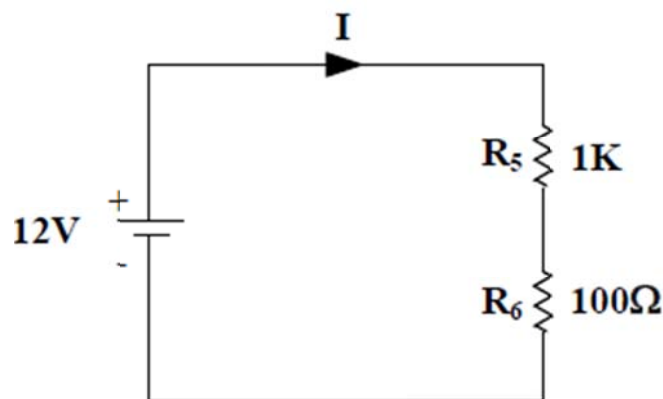
α)  $R_{ολικη} = 101K$                       β)  $R_{ολικη} = 1,101M$     γ)  $R_{ολικη} = 96,1K$                       δ)

$R_{ολικη} = 1001K$

5. Αποσυνδέστε όλα τα καλώδια

6. Συνδέστε την υποδοχή +12V στον αντιστάτη **R5** του TPS-3321.

7. Συνδέστε την ελεύθερη υποδοχή του **R5** στον αντιστάτη **R6** και μετά συνδέστε την ελεύθερη υποδοχή του **R6** στο μείον του τροφοδοτικού (τη γείωση GND). Θα έχετε κατασκευάσει το παρακάτω κύκλωμα:



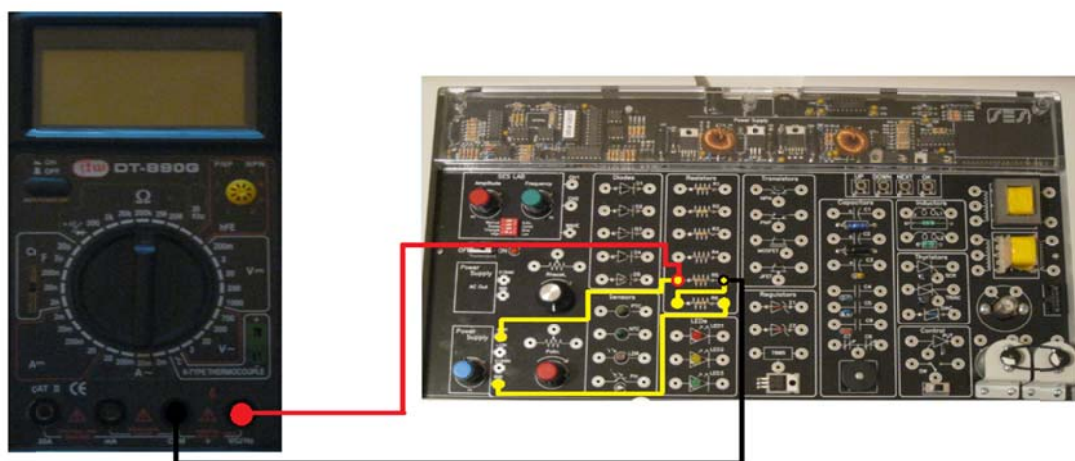
Σχήμα 2.8

**ΠΡΟΣΟΧΗ!:** Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε τον διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

8. ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΤΕ την εκπαιδευτική μονάδα.

9. Ενεργοποιήστε το πολύμετρο και ρυθμίστε το στη λειτουργία μέτρησης της τάσης, σε εύρος 20 Volts (συμβουλευτείτε το παράρτημα) . Μετρήστε και σημειώστε τις ακόλουθες τάσεις:

$$V_{R6} = \text{---} V, V_{R5} = \text{---} V, V_{R5\_R6} = \text{---} V \text{ (ΣΤΟ } V_{R5\_R6} \text{ θα πρέπει να βρείτε 12V)}$$



Εικόνα 2.2

Ο Νόμος Τάσεων του Kirchhoff δηλώνει ότι το άθροισμα όλων των τάσεων σε ένα κλειστό κύκλωμα ισοδυναμεί με μηδέν. Άρα ο Νόμος Τάσεων του Kirchhoff απαιτεί  $V_{R5\_R6} = V_{R5} + V_{R6}$  . Ελέγξτε το.

10. Ελέγξτε επίσης ότι ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις:

$$\frac{V_{R5}}{R_5} = \frac{V_{R6}}{R_6}, \frac{V_{R6}}{R_6} = \frac{V_{R5\_R6}}{R_5+R_6}$$

Τι υπολογίζουν οι εξισώσεις;

11. Μετρήστε το ρεύμα (I) του κυκλώματος, συνδέοντας ένα πολύμετρο σε σειρά (τον κόκκινο ακροδέκτη του πολύμετρου στην πηγή και το μαύρο στο ένα άκρο του  $V_{R5}$  αντιστάτη).

12. Συνδέοντας όλες τις αντιστάσεις σε σειρά (βλ. βήμα 3) με την πηγή τάσης (+12V) μετρήστε με το πολύμετρο όλες τις τάσεις πάνω σε κάθε αντίσταση και πάνω στην ολική αντίσταση, συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα

$V_0$	R1	R2	R3	R4	R5	R6	$R_{ολ}$
12 V							

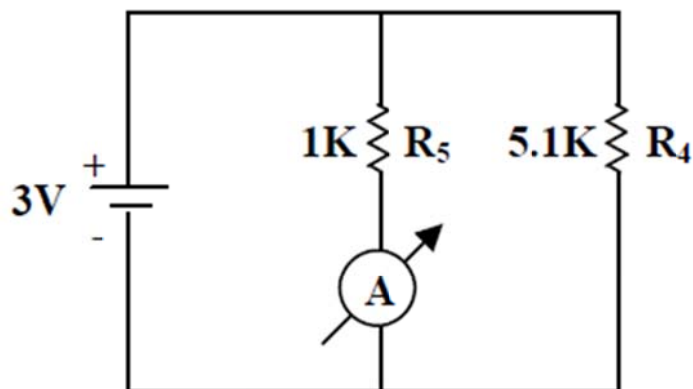
## Νόμος Ρευμάτων του Kirchhoff

1. Συνδέστε ένα πολύμετρο-βολτόμετρο παράλληλα με το Power Supply της εκπαιδευτικής μονάδας. (Το COM του πολυμέτρου στη θέση GND του Power Supply και τον ακροδέκτη με το σήμα V στο  $\pm 12VDC$ ).

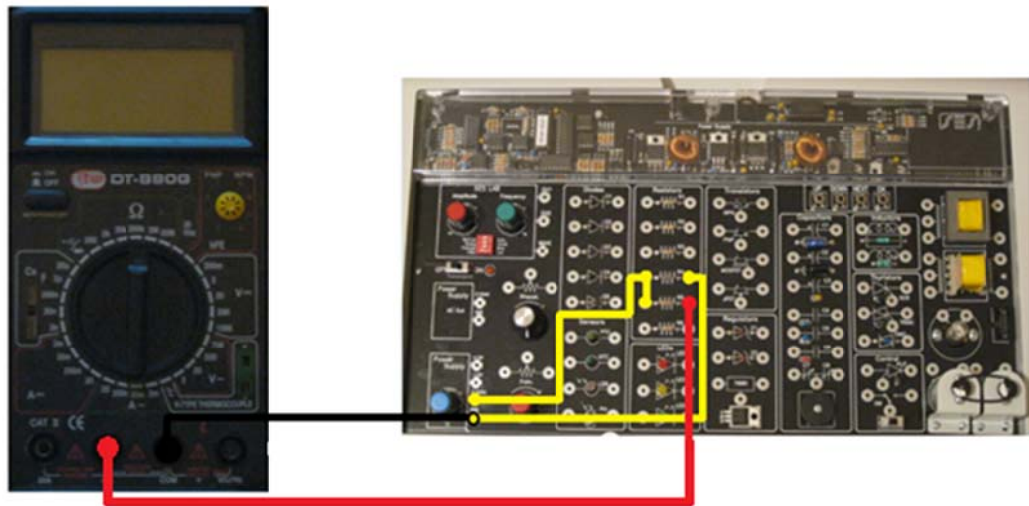
**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε το διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

2. Ενεργοποιήστε το TPS-3321 (Διακόπτης στη θέση ON, ανάβει το κόκκινο λαμπάκι).
3. Ενεργοποιήστε το πολύμετρο-βολτόμετρο. (για μέτρηση τάσης)
4. Ρυθμίστε τάση ίση με +3V με το μπλε ποτενσιόμετρο.
5. Απενεργοποιήστε το TPS-3321 (Διακόπτης στη θέση OFF, σβήνει το κόκκινο λαμπάκι).
6. Απενεργοποιήστε και αποσυνδέστε το πολύμετρο-βολτόμετρο.
7. Συνδέστε ένα καλώδιο από την υποδοχή  $\pm 12\text{VDC}$  στην αντίσταση R5 στην αριστερή υποδοχή.
8. Πάνω στο καλώδιο το οποίο συνδέσατε στην R5 συνδέστε ένα ακόμη καλώδιο από την R5 στην αριστερή υποδοχή της R4 (Παράλληλη σύνδεση).
9. Από τη δεξιά υποδοχή της αντίστασης R4 συνδέστε ένα καλώδιο στην υποδοχή GND του Power supply.
10. Συνδέστε ένα πολύμετρο-αμπερόμετρο σε σειρά με την R5 (το COM του αμπερόμετρου στο GND της πηγής και ο ακροδέκτης με την ένδειξη A του αμπερομέτρου στη δεξιά υποδοχή της R5).

Έχετε κατασκευάσει το ακόλουθο ηλεκτρονικό κύκλωμα:



Σχήμα 2.9

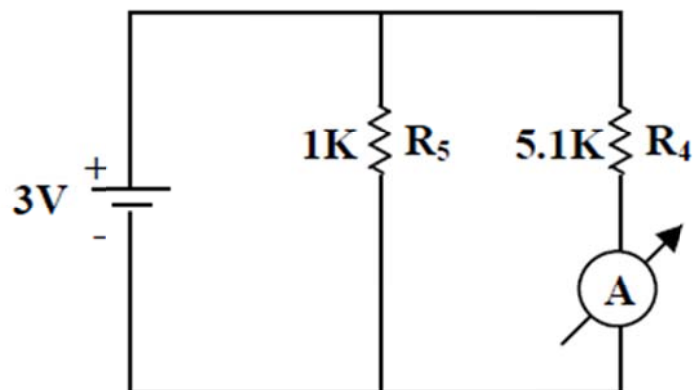


Εικόνα 2.3

**ΠΡΟΣΟΧΗ!:** Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε το διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

11. Ενεργοποιήστε το TPS-3321.
12. Ενεργοποιήστε το πολύμετρο-αμπερόμετρο.
13. Μετρήστε το ρεύμα που διέρχεται την αντίσταση R5  
 $I_{R5} =$  (mA)
14. Απενεργοποιήστε το TPS-3321.
15. Απενεργοποιήστε το αμπερόμετρο
16. Κάντε εναλλαγή των καλωδίων που είναι συνδεδεμένα στις δεξιές υποδοχές την R5 και R4.

Πλέον έχετε το ακόλουθο κύκλωμα:



Σχήμα 2.10

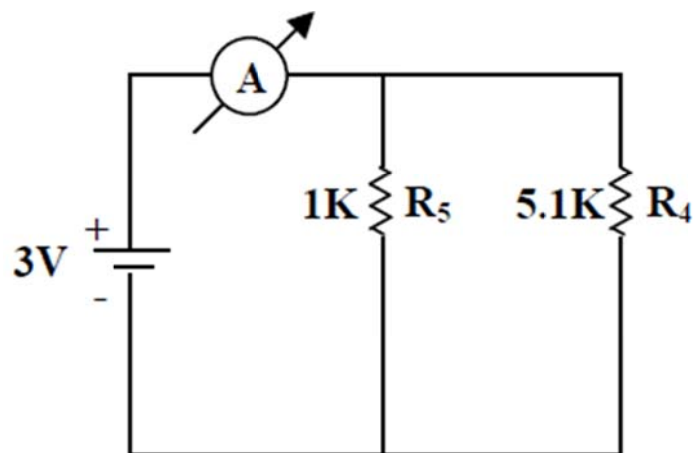
**ΠΡΟΣΟΧΗ!:** Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε το διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

17. Ενεργοποιήστε το TPS-3321.
18. Ενεργοποιήστε το πολύμετρο-αμπερόμετρο.
19. Μετρήστε το ρεύμα που διέρχεται την αντίσταση R4.

$$I_{R4} = \quad (\text{mA})$$

20. Απενεργοποιήστε το TPS-3321.
21. Απενεργοποιήστε το αμπερόμετρο.
22. Ελέγξτε εάν ισχύει  $I_{R5} \cdot R_5 = I_{R4} \cdot R_4$  Γιατί;
23. Αποσυνδέστε όλα τα καλώδια.
24. Συνδέστε ένα καλώδιο από την αριστερή υποδοχή της αντίστασης R5 στην αριστερή υποδοχή της αντίστασης R4.
25. Συνδέστε ένα καλώδιο από τη δεξιά υποδοχή της R5 στην υποδοχή GND του Power Supply.
26. Συνδέστε ένα καλώδιο από τη δεξιά υποδοχή της R4 στη δεξιά υποδοχή της R5
27. Συνδέστε σε σειρά ένα πολύμετρο-αμπερόμετρο με το power supply (το COM του πολυμέτρου στην αριστερή υποδοχή της R5 και τον ακροδέκτη με το σήμα A στην υποδοχή  $\pm 12\text{VDC}$  του Power supply).

Έχετε κατασκευάσει το ακόλουθο κύκλωμα:



Σχήμα 2.11

**ΠΡΟΣΟΧΗ!:** Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε το διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

28. Ενεργοποιήστε το TPS-3321
29. Ενεργοποιήστε το πολύμετρο-αμπερόμετρο
30. Μετρήστε το συνολικό ρεύμα.  
 $I_T =$  (mA)
31. Ελέγξτε εάν ισχύει ο τύπος  $I_T = I_{R4} + I_{R5}$

## Τεχνική έκθεση

1. Γράψτε τις παρατηρήσεις σας για τα αποτελέσματα των μετρήσεων και πως αυτά επαληθεύουν τη θεωρία.

# Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

## Τέλος Ενότητας

### Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



## Σημειώματα

### Σημείωμα Αναφοράς

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης, 2014. Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης. «Ηλεκτροτεχνία, ηλ. μηχανές & εγκαταστάσεις πλοίου (Ε). Ενότητα 2: Αντιστάτες σε Σειρά & Παράλληλα, οι νόμοι του Kirchhoff». 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.