



Πανεπιστήμιο Κύπρου
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών

Εργαστήριο Κυκλωμάτων και Μετρήσεων

Εργαστήριο 4
Διαίρεση τάσης και ρεύματος

Λευκωσία, 2010

Εργαστήριο 4

Διαίρεση τάσης και ρεύματος

Σκοπός:

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού είναι:

- Η μέτρηση τάσεων και ρευμάτων σε διάφορα σημεία σε ένα κύκλωμα.
- Η εξήγηση και λειτουργία ενός ποτενσιόμετρου.
- Ο προσδιορισμός και έλεγχος της διαίρεσης τάσης και ρεύματος σε ένα κύκλωμα
- Η επαλήθευση των νόμων του Kirchhoff.

Εργαστηριακός Εξοπλισμός

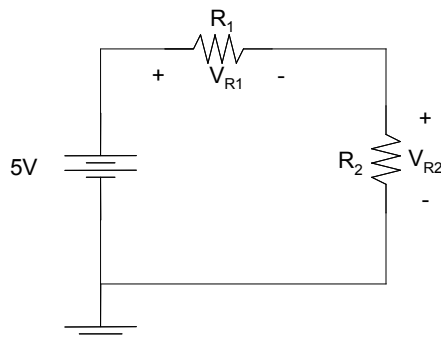
- Ψηφιακό Πολύμετρο (DMM Multimeter)
- Πηγή Τάσης
- Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων (Breadboard)
- Σετ καλωδίων
- Ποτενσιόμετρο 10 kΩ
- Αντιστάσεις:
 - 2x10 kΩ, 1x27 kΩ, Διαθέσιμες Αντιστάσεις: 1 kΩ, 6.2 kΩ, 10 kΩ, 15 kΩ, 27 kΩ.
 - 1x3.3 kΩ, 1x2.2 kΩ, 2x1.2 kΩ

Προπαρασκευαστική Μελέτη

Πριν την παρακολούθηση του εργαστηρίου απαιτείται η μελέτη του Εργαστηρίου 4 - Διαίρεση τάσης και ρεύματος

Πρόβλημα 4.1 (Θεωρητικό)

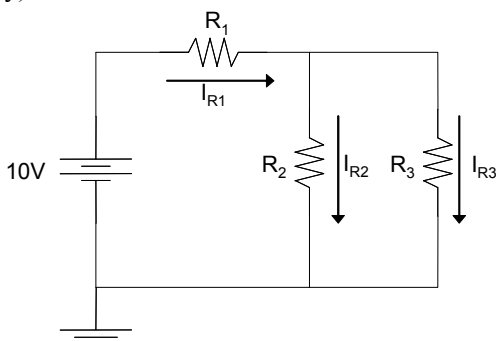
Υπολογίστε τις τιμές των V_{R1} και V_{R2} για το κύκλωμα του σχήματος P1 με $R_1 = 1k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$. Επαναλάβετε τους υπολογισμούς για $R_1 = 10M\Omega$, $R_2 = 10M\Omega$. (Δείξτε όλους σας του υπολογισμούς.)



Σχήμα P1

Πρόβλημα 4.2 (Θεωρητικό)

Υπολογίστε τις τιμές των I_{R1} , I_{R2} και I_{R3} για το κύκλωμα του σχήματος P2 με $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$ και $R_3 = 10k\Omega$. Επαναλάβετε τους υπολογισμούς για $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 10\Omega$ και $R_3 = 10\Omega$. (Δείξτε όλους σας του υπολογισμούς.)



Σχήμα P2

Πρόβλημα 4.3 (SPICE)

Υλοποιήστε το κύκλωμα P1 σε PSPICE και υπολογίστε τις τιμές των V_{R1} και V_{R2} με $R_1 = 1k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$. Για να προσομοιώσετε τη χρήση του ψηφιακού πολυμέτρου ως βολτόμετρο, προσθέστε την κατάλληλη αντίσταση στο κύκλωμα στη κατάλληλη θέση για μέτρηση της τάσης V_{R1} . Ακολουθώντας, αφαιρέστε την αντίσταση του βολτομέτρου και επανατοποθετήστε την στην κατάλληλη θέση για τον υπολογισμό της τάσης V_{R2} . Επαναλάβετε τους δύο υπολογισμούς για $R_1 = 10M\Omega$, $R_2 = 10M\Omega$. (Διαβάστε τη θεωρία για τη χρήση του πολυμέτρου ως βολτόμετρο.)

Πρόβλημα 4.4 (SPICE)

Υλοποιήστε το κύκλωμα P2 σε PSPICE και υπολογίστε τις τιμές της I_{R1} , I_{R2} και I_{R3} με $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$ και $R_3 = 10k\Omega$. Για να προσομοιώσετε τη χρήση του ψηφιακού πολυμέτρου ως αμπερόμετρο, προσθέστε την κατάλληλη αντίσταση στο κύκλωμα στη κατάλληλη θέση για μέτρηση του ρεύματος I_{R1} . Ακολουθώντας, αφαιρέστε την αντίσταση του αμπερομέτρου και επανατοποθετήστε την στην κατάλληλη θέση για τον υπολογισμό του ρεύματος I_{R2} και ξανά για τον υπολογισμό του ρεύματος I_{R3} . Επαναλάβετε τους υπολογισμούς για $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 10\Omega$ και $R_3 = 10\Omega$. (Διαβάστε τη θεωρία για τη χρήση του πολυμέτρου ως αμπερόμετρο.)

Θεωρία

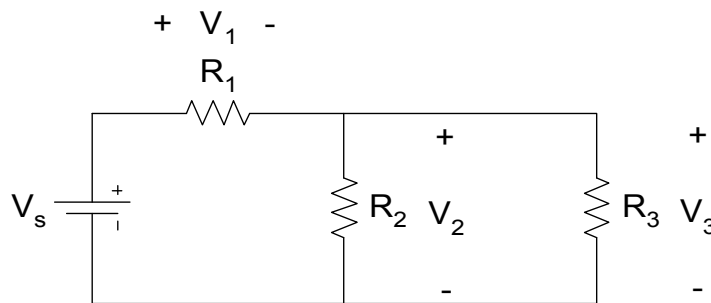
Σε αυτό το πείραμα, θα ερευνήσουμε τις έννοιες της διαίρεσης τάσης και ρεύματος. Η διαίρεση τάσης και ρεύματος είναι εφαρμογές των νόμων του Kirchhoff. Οι νόμοι αυτοί πήραν το όνομα τους από τον Gustav Robert Kirchhoff, ένα γερμανό επιστήμονα που γεννήθηκε την εποχή που ο Ohm πραγματοποιούσε τα πειράματά του.

Νόμος του Kirchhoff για τις τάσεις (KVL)

Ο νόμος του Kirchhoff για τις τάσεις (KVL) αναφέρει ότι το άθροισμα της τάσης σε ένα βρόχο σε οποιοδήποτε κύκλωμα πρέπει να είναι 0. Σε μαθηματική μορφή,

$$\sum_{i=1}^n v_i = 0$$

Όπου το v_i στην εξίσωση (1) είναι οι τάσεις των διαφορετικών στοιχείων του κυκλώματος γύρω από το βρόχο. Ως παράδειγμα ας πάρουμε το κύκλωμα στο σχήμα 1.



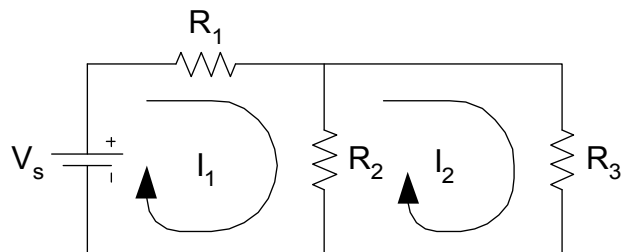
Σχήμα 1: Εφαρμογή νόμου του Kirchhoff για τάσεις.

Αν εφαρμόσουμε την εξίσωση (1) στον αριστερό βρόχο του σχήματος 1, και μετά στο δεξί, παίρνοντας ως θετική φορά τη δεξιόστροφη τότε έχουμε

$$0 = -V_s + V_1 + V_2$$

$$0 = -V_2 + V_3$$

Αυτή η προσέγγιση παράγει δύο εξισώσεις για τις οποίες υπάρχουν τρεις άγνωστοι. Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση για τον εξωτερικό βρόχο του σχήματος 1 για να έχουμε ένα σύστημα τριών εξισώσεων και τριών αγνώστων. Υπάρχει, όμως, ένας ευκολότερος τρόπος. Απομακρύνετε όλες τις τάσεις που παρουσιάζονται στο σχήμα 1 εκτός της πηγής τάσης και ορίστε ρεύματα που ρέουν στους δύο κύριους βρόχους όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 2. Δεδομένου ότι καθορίζουμε τα ρεύματα, είμαστε ελεύθεροι να επιλέξουμε τις κατευθύνσεις τους. Ονομάστε τα ρεύματα I_1 και I_2 .



Σχήμα 2: Παράδειγμα του KVL.

Τώρα γράψτε τις εξισώσεις εφαρμόζοντας το νόμο του Kirchhoff για τις τάσεις για τους δύο βρόχους όπως πριν αλλά χρησιμοποιώντας τα ρεύματα. Η θετική φορά είναι πάλι η δεξιόστροφη. Έχουμε τώρα δύο εξισώσεις με δύο αγνώστους που μπορούν εύκολα να λυθούν.

$$0 = -V_s + R_1 I_1 + R_2 (I_1 - I_2)$$

$$0 = R_2 (I_2 - I_1) + R_3 I_2$$

Για να βρούμε τις τάσεις όπως φαίνεται στο σχήμα 1, απλώς χρησιμοποιήστε το νόμο του Ohm .

$$V_1 = R_1 I_1$$

$$V_2 = R_2 (I_1 - I_2)$$

$$V_3 = R_3 I_2$$

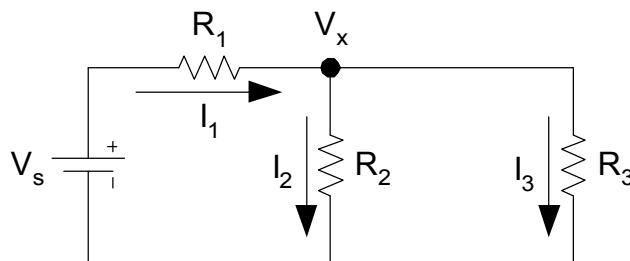
Η επίλυση ενός κυκλώματος με τον καθορισμό των ρευμάτων σας επιτρέπει να διαμορφώσετε τα ρεύματα που θα παρείχαν μια εύκολη λύση. Οποιοσδήποτε άγνωστος μπορεί να υπολογιστεί με αυτό τον τρόπο. Επίσης, με τον καθορισμό των ρευμάτων θα κάνετε λιγότερα λάθη, αφού είναι ευκολότερο να παρακολουθήσετε την πολικότητα των στοιχείων στις εξισώσεις σας.

Νόμος του Kirchhoff για τα ρεύματα (KCL)

Ο νόμος του Kirchhoff για τα ρεύματα είναι παρόμοιος με το νόμο για τις τάσεις. Δηλώνει ότι το άθροισμα των ρευμάτων σε ένα κόμβο είναι 0 (δηλαδή το άθροισμα των ρευμάτων που εισέρχονται σε ένα κόμβο ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων που εξέρχονται από αυτό). Μαθηματικά αυτό είναι

$$\sum_{i=1}^n i_i = 0$$

Για να λύσουμε ένα κύκλωμα με το νόμο του Kirchhoff για τα ρεύματα, παίρνουμε το κύκλωμα στο σχήμα 3 όπου έχουμε επιλέξει τυχαία τα ρεύματα σαν I_1 , I_2 , και I_3 .



Σχήμα 3: Παράδειγμα για KCL.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση (2) στον κόμβο V_x ,

$$I_1 = I_2 + I_3$$

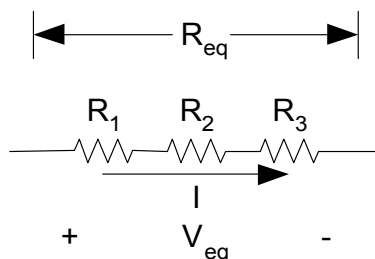
Μπορούμε έπειτα να αντικαταστήσουμε τα ρεύματα χρησιμοποιώντας το νόμο του Ohm.

$$\frac{V_s - V_x}{R_1} = \frac{V_x}{R_2} + \frac{V_x}{R_3}$$

Κατά συνέπεια έχουμε τώρα μια εξίσωση με ένα άγνωστο (V_x). Αυτό μας επιτρέπει να λύσουμε εύκολα το κύκλωμα και να βρούμε οποιαδήποτε τάση ή ρεύμα.

Ισοδύναμη αντίσταση

Παίρνουμε το κύκλωμα που παρουσιάζεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4: Αντιστάσεις σε σειρά.

Αφού περνά το ίδιο ρεύμα διαμέσου όλων των αντιστάσεων, από το νόμο του Ohm έχουμε

$$V_{eq} = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$V_{eq} = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

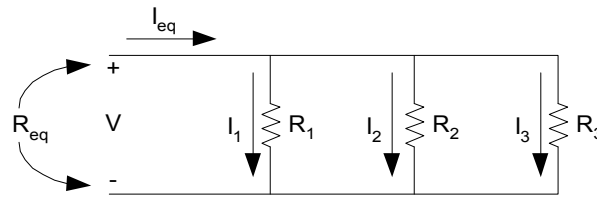
$$V_{eq} = IR_{eq}$$

Όπου

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Κατά συνέπεια, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ισοδύναμη αντίσταση οποιουδήποτε αριθμού αντιστάσεων σε σειρά είναι το άθροισμα των αντιστάσεων.

Για παράλληλες αντιστάσεις, παίρνουμε το κύκλωμα του σχήματος 5.



Σχήμα 5: Παράλληλες αντιστάσεις.

Ο νόμος του Kirchhoff για τα ρεύματα μας δίνει

$$I_{eq} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_{eq} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$I_{eq} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$R_{eq} = \frac{V}{I_{eq}}$$

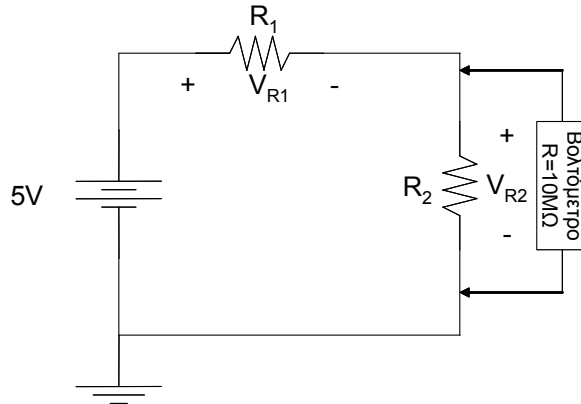
$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad \eta' \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ο τύπος για την ισοδύναμη αντίσταση των παράλληλων αντιστάσεων που δίνεται πιο πάνω μπορεί να επεκταθεί για οποιοδήποτε αριθμό αντιστάσεων με την προσθήκη ενός άλλου όρου στον παρονομαστή. Εάν δύο αντιστάσεις είναι παράλληλες, αυτός ο τύπος μπορεί να δοθεί σε μια πιο απλή μορφή όπως πιο κάτω

$$R_{eq} (2 \text{ resistors in parallel}) = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Χρησιμοποίηση του πολύμετρου ως βολτόμετρο

Το βολτόμετρο είναι μια συσκευή για τη μέτρηση τάσης. Μετρά την διαφορά δυναμικού μεταξύ του κόκκινου και του μαύρου τερματικού. Το βολτόμετρο τοποθετείται παράλληλα με το στοιχείο κυκλώματος του οποίου η τάση πρόκειται να μετρηθεί. Θυμηθείτε ότι δύο στοιχεία είναι παράλληλα όταν μοιράζονται το ίδιο ζευγάρι των κόμβων και ως εκ τούτου μοιράζονται την ίδια τάση. Εξετάστε το κύκλωμα διαιρέτη τάσης που παρουσιάζεται στο σχήμα 6 στο οποίο η τάση στα άκρα της R_2 θα μετρηθεί. Εάν η παρουσία του βολτόμετρου δεν επηρεάζει την τάση που θα μετρήσει, τότε ο μετρητής δεν πρέπει να τραβήξει καθόλου ρεύμα. Δηλαδή πρέπει να ενεργήσει ως ανοικτό κύκλωμα. Ένα ανοικτό κύκλωμα μπορεί να θεωρηθεί ως άπειρη αντίσταση. Ως εκ τούτου, ένα ιδανικό βολτόμετρο έχει άπειρη αντίσταση. Η εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου είναι τιμής $M\Omega$ η οποία είναι μεγάλη, αλλά όχι άπειρη.



Σχήμα 6: Κύκλωμα διαιρέτη τάσης.

Πρώτα θεωρήστε το κύκλωμα χωρίς την παρουσία του βολτομέτρου. Σε αυτήν την περίπτωση η τάση V_x μπορεί να εκφραστεί σε συνάρτηση της V_s και της αντίστασης R_1 και R_2 ως

$$V_x = V_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

Με την παρουσία του βολτομέτρου, η αντίστασή του αλλάζει την τάση η οποία γίνεται

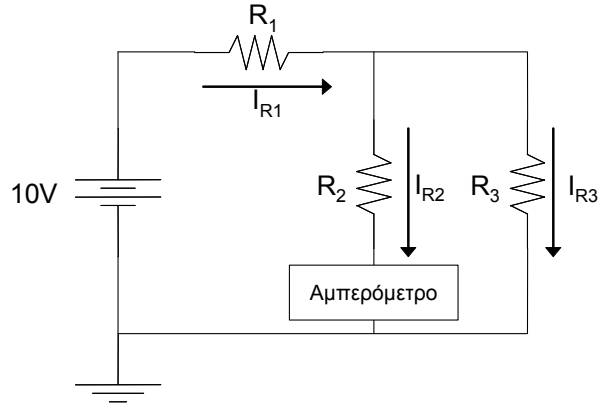
$$R_2' = \frac{R_2 R_M}{R_2 + R_M}$$
$$V_x = V_s \frac{R_2'}{R_1 + R_2'} = V_s \frac{\frac{R_2 R_M}{R_2 + R_M}}{R_1 + \frac{R_2 R_M}{R_2 + R_M}} = V_s \frac{R_2 R_M}{R_1 (R_2 + R_M) + R_2 R_M} \quad (2)$$

όπου R_M είναι η αντίσταση του βολτόμετρου.

Θυμηθείτε ότι ένα **ιδανικό** βολτόμετρο έχει άπειρη αντίσταση. Αν αφεθεί η τιμή της R_M στην εξίσωση 2 να γίνει άπειρη τότε παίρνουμε την εξίσωση 1. Στην αναφορά του εργαστηρίου, παράγετε την εξίσωση 1 από την εξίσωση 2 με τη λήψη του ορίου $R_M \rightarrow \infty$. Ο νόμος του L'Hospital's θα σας βοηθήσει.

Χρησιμοποίηση του πολύμετρου ως αμπερομέτρου

Ένα αμπερόμετρο είναι μια συσκευή για τη μέτρηση ρεύματος. Το αμπερόμετρο τοποθετείται σε σειρά με το στοιχείο κυκλώματος του οποίου το ρεύμα πρόκειται να μετρηθεί. Θυμηθείτε ότι δύο στοιχεία είναι σε σειρά όταν μοιράζονται το ίδιο ρεύμα. Εξετάστε το κύκλωμα διαιρέτη ρεύματος που παρουσιάζεται στο σχήμα 7.



Σχήμα 7: Κύκλωμα διαιρέτη ρεύματος.

Χωρίς το αμπερόμετρο, το ρεύμα που περνά από την R_2 μπορεί να εκφραστεί σαν μέρος του I_{R1} χρησιμοποιώντας διαίρεση ρεύματος

$$I_{R2} = I_{R1} \frac{\frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = I_{R1} \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad (3)$$

Με την παρουσία του αμπερομέτρου, η αντίστασή του αλλάζει την τάση η οποία γίνεται

$$I_{R2} = I_{R1} \frac{\frac{1}{(R_2 + R_M)}}{\frac{1}{(R_2 + R_M)} + \frac{1}{R_3}} = I_{R1} \frac{R_3}{R_2 + R_M + R_3} \quad (4)$$

όπου R_M είναι η αντίσταση του αμπερομέτρου.

Ένα **ιδανικό αμπερόμετρο** έχει μηδενική αντίσταση. Αν αφαιρέσουμε την τιμή της R_M στην εξίσωση 4 να γίνει μηδέν, τότε παίρνουμε την εξίσωση 3. Στην αναφορά του εργαστηρίου, παράγετε την εξίσωση 3 από την εξίσωση 4 με τη λήψη του ορίου $R_M \rightarrow 0$.

Τα πολύμετρα του εργαστηρίου απέχουν από το ιδανικό αμπερόμετρο! Τα πολύμετρα PeakTech έχουν εσωτερική αντίσταση 100Ω και τα Instek $1k\Omega$.

Πειραματική Εργασία

Εργαστηριακή Άσκηση 4.1 - ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΛΥΜΕΤΡΟΥ ΩΣ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ

Στόχοι

- Προσδιορισμός και έλεγχος της διαιρέσης τάσης σε ένα κύκλωμα
- Επαλήθευση των νόμων του Kirchhoff.

Διαδικασία

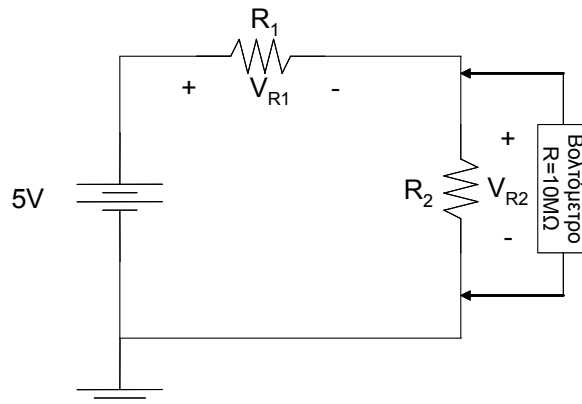
Α. Διαιρέτης τάσης με μέτριες αντιστάσεις

1. Πάρτε δύο 1 kΩ αντιστάσεις και ονομάστε τη μια R_1 και την άλλη R_2 .
2. Μετρήστε τις τιμές των αντιστάσεων χρησιμοποιώντας το πολύμετρο ως ωμόμετρο. Να είστε βέβαιοι ότι ξέρετε ποια αντίσταση αντιστοιχεί σε ποια τιμή που μετρήσατε.

$R_1 =$ _____

$R_2 =$ _____

3. Κατασκευάστε το κύκλωμα του σχήματος 1.1 χρησιμοποιώντας τις αντιστάσεις R_1 και R_2 του 1 kΩ. **Σημαντική σημείωση:** Χτίστε το κύκλωμα προτού να θέσετε την τάση στα 5 V.



Σχήμα 1.1 Κύκλωμα διαιρέτη τάσης

4. Θέστε τη πηγή τάσης στα 5V. Χρησιμοποιήστε το πολύμετρο για να ελέγξετε τη τιμή.

$V_s =$ _____

5. Χρησιμοποιώντας το πολύμετρο, μετρήστε την τάση στα άκρα της αντίστασης R_1 , και έπειτα στα άκρα της R_2 . Καταγράψτε τις τιμές στο Πίνακα 1.1 και επαληθεύστε το νόμο του Kirchhoff για τις τάσεις.

6. Σχολιάστε την ακρίβεια των μετρήσεων που γίνονται λαμβάνοντας υπόψη την εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου.

7. Υπολογίστε το % σφάλμα από τις θεωρητικές τιμές χωρίς το πολύμετρο (Προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.1) και από τις θεωρητικές τιμές με το πολύμετρο (προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.3). Καταγράψτε τις στον Πίνακα 1.1. Σημείωση: Βεβαιωθείτε ότι χρησιμοποιείτε τη σωστή προσομοίωση για κάθε περίπτωση μέτρησης.)

8. Εξετάστε εάν στις θεωρητικές τιμές σας για τις τάσεις στα άκρα της R_1 και R_2 πρέπει να συμπεριλάβετε την επίδραση της R_M . Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

Πίνακας 1.1: Μετρήσεις για το κύκλωμα του μέρους Α.

Στοιχείο	Τιμή V (Θεωρητική χωρίς R_M) (V)	Τιμή V (Θεωρητική με R_M) (V)	Τιμή V (Μέτρηση) (V)	% Σφάλμα (χωρίς R_M)	% Σφάλμα (με R_M)
R_1					
R_2					

B. Διαίρετης τάσης με μεγάλες αντιστάσεις

1. Πάρτε δύο αντιστάσεις των 10 MΩ και ονομάστε τη μια R_1 και την άλλη R_2 .
2. Μετρήστε τις τιμές των αντιστάσεων χρησιμοποιώντας το πολύμετρο ως ωμόμετρο. Να είστε βέβαιοι ότι ξέρετε ποια αντίσταση αντιστοιχεί σε ποια τιμή που μετρήσατε.

 $R_1 =$ _____ $R_2 =$ _____

3. Κατασκευάστε το κύκλωμα του σχήματος 1.1 χρησιμοποιώντας τις αντιστάσεις R_1 και R_2 των 10 MΩ. **Σημαντική σημείωση:** Χτίστε το κύκλωμα προτού να θέσετε την τάση στα 5 V.
4. Θέστε τη πηγή τάσης στα 5V. Χρησιμοποιήστε το πολύμετρο για να ελέγξετε τη τιμή.

 $V_s =$ _____

5. Χρησιμοποιώντας το βολτόμετρο, μετρήστε την τάση στα άκρα της αντίστασης R_1 , και έπειτα στα άκρα της R_2 . Καταγράψτε τις τιμές στο Πίνακα 1.2 και επαληθεύστε το νόμο του Kirchhoff για τις τάσεις.

6. Σχολιάστε την ακρίβεια των μετρήσεων που γίνονται λαμβάνοντας υπόψη την εσωτερική αντίσταση του βολτόμετρου.

Πίνακας 1.2: Μετρήσεις για το κύκλωμα του μέρους B.

Στοιχείο	Τιμή V (Θεωρητική χωρίς R_M) (V)	Τιμή V (Θεωρητική με R_M) (V)	Τιμή V (Μέτρηση) (V)	% Σφάλμα (χωρίς R_M)	% Σφάλμα (με R_M)
R_1					
R_2					

7. Υπολογίστε το % σφάλμα από τις θεωρητικές τιμές χωρίς το πολύμετρο (Προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.1) και από τις θεωρητικές τιμές με το πολύμετρο (προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.3). Καταγράψτε τις στον Πίνακα 1.2. Σημείωση: Βεβαιωθείτε ότι χρησιμοποιείτε τη σωστή προσομοίωση για κάθε περίπτωση μέτρησης.)
8. Εξετάστε εάν στις θεωρητικές τιμές σας για τις τάσεις στα άκρα της R_1 και R_2 πρέπει να συμπεριλάβετε την επίδραση της R_M . Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Από τώρα και στο εξής στους υπολογισμούς σας για μετρήσεις τάσης σε αντιστάσεις με τιμή μεγαλύτερη των 100 kΩ πρέπει να λαμβάνετε υπόψη και την εσωτερική αντίσταση του βολτομέτρου!

$$R_{\text{βολτομέτρου}} = 10 \text{ M}\Omega$$

Μετά-εργαστηριακή Εργασία

1. Υπολογίστε ξανά τις τάσεις με βάση τις μετρημένες τιμές των αντιστάσεων και συμπεριλαμβανομένου του βολτομέτρου για κάθε περίπτωση μέτρησης. Υπολογίστε το % σφάλμα μεταξύ αυτών των τιμών και των μετρήσεων και σχολιάστε σε σχέση με το % σφάλμα από τον πίνακα 4.1
2. Δείξτε ότι η εξίσωση του διαιρέτη τάσης συμπεριλαμβανομένης της αντίστασης του μετρητή (που υποθέτει ότι το βολτόμετρο χρησιμοποιείται για να μετρήσει την τάση) τείνει στο όριο της (καθώς η εσωτερική αντίσταση του βολτομέτρου πηγαίνει στο άπειρο) στην εξίσωση 1.

Εργαστηριακή Άσκηση 4.2 -

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΟΛΥΜΕΤΡΟΥ ΩΣ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ

Στόχοι

- Προσδιορισμός και έλεγχος της διαιρέσης ρεύματος σε ένα κύκλωμα
- Επαλήθευση των νόμων του Kirchhoff.

Διαδικασία

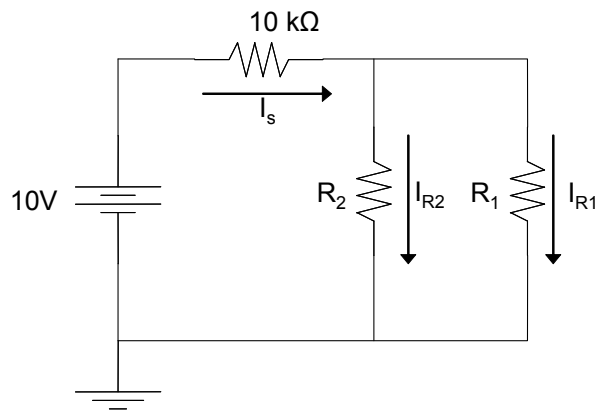
A. Κύκλωμα διαιρέτη ρεύματος με μέτριες αντιστάσεις

1. Πάρτε μια αντίσταση $10\text{ k}\Omega$ και ακόμα δύο αντιστάσεις $10\text{ k}\Omega$ και ονομάστε τη μια R_1 και την άλλη R_2 .
2. Μετρήστε τις τιμές των αντιστάσεων χρησιμοποιώντας το πολύμετρο ως ωμόμετρο. Να είστε βέβαιοι ότι ξέρετε ποια αντίσταση αντιστοιχεί σε ποια τιμή που μετρήσατε.

$R_1 =$ _____

$R_2 =$ _____

3. Χτίστε το κύκλωμα του σχήματος 2.1 χρησιμοποιώντας τις αντιστάσεις R_1 και R_2 .



Σχήμα 2.1: Κύκλωμα διαιρέτη ρεύματος.

4. Θέστε τη πηγή τάσης στα 10 V . Χρησιμοποιήστε το πολύμετρο για να ελέγξετε τη τιμή.

$V_s =$ _____

5. Διαμορφώστε το πολύμετρο για να μετρήσετε ρεύμα. Θυμηθείτε ότι αυτό απαιτεί δύο πράγματα: **Αφαιρέστε το κόκκινο τερματικό από το “Volts/Resistance” και ενώστε το στην κόκκινη εισδοχή “MAX 2A”**. Κατόπιν πιέστε το “DCA” κουμπί, (πρώτο κουμπί από αριστερά στην κάτω σειρά επιλογών του πολυμέτρου).

6. Μετρήστε το ρεύμα μέσω της πηγής τάσης 10 V . Θυμηθείτε ότι πρέπει **να σπάσετε (ανοίξετε)** το κύκλωμα και να παρεμβάλετε το αμπερόμετρο **σε σειρά** με την πηγή 10 V για να επιτρέψετε στο ρεύμα να περάσει από το αμπερόμετρο.

$I_s =$ _____

7. Μετρήστε το ρεύμα που περνά από την R_1 και μετά από την R_2 και καταγράψτε το στον Πίνακα 2.1.
8. Επαληθεύστε το νόμο του Kirchhoff για τα ρεύματα (KCL). Θυμηθείτε ότι μια θεωρητική τιμή μηδέν παράγει ένα % σφάλμα χωρίς νόημα.

9. Υπολογίστε το % σφάλμα από τις θεωρητικές τιμές χωρίς το πολύμετρο (προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.2) και από τις θεωρητικές τιμές με το πολύμετρο (προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.4). Καταγράψτε τις στον Πίνακα 2.1. Σημείωση: Βεβαιωθείτε ότι χρησιμοποιείτε τη σωστή προσομοίωση για κάθε περίπτωση μέτρησης.)
10. Εξετάστε εάν στις θεωρητικές τιμές σας για το ρεύμα της R_1 και R_2 πρέπει να συμπεριλάβετε την επίδραση της R_M . Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

Πίνακας 2.1: Μετρήσεις για το κύκλωμα του μέρους Α.

Στοιχείο	Τιμή I (Υπολογισμός χωρίς R_M) (A)	Τιμή I (Υπολογισμός με R_M) (A)	Τιμή I (Μέτρηση) (A)	% Σφάλμα (χωρίς R_M)	% Σφάλμα (με R_M)
R_1					
R_2					

B. Κύκλωμα διαιρέτη ρεύματος με μικρές αντιστάσεις

1. Πάρτε μια αντίσταση 10 kΩ και δύο αντιστάσεις 10 Ω και ονομάστε τη μια R_1 και την άλλη R_2 .
2. Μετρήστε τις τιμές των αντιστάσεων χρησιμοποιώντας το πολύμετρο ως ωμόμετρο. Να είστε βέβαιοι ότι ξέρετε ποια αντίσταση αντιστοιχεί σε ποια τιμή που μετρήσατε.

$R_1 =$ _____

$R_2 =$ _____

3. Χτίστε το κύκλωμα του σχήματος 2.1 χρησιμοποιώντας τις αντιστάσεις R_1 και R_2 των 10 Ω.
4. Θέστε τη πηγή τάσης στα 10 V. Χρησιμοποιήστε το πολύμετρο για να ελέγξετε τη τιμή.

$V_s =$ _____

5. Διαμορφώστε το πολύμετρο για να μετρήσετε ρεύμα. Θυμηθείτε ότι αυτό απαιτεί δύο πράγματα: Αφαιρέστε το κόκκινο τερματικό από το “Volts/Resistance” και ενώστε το **στην κόκκινη εισδοχή “MAX 2A”**. Κατόπιν πιάστε το “DCA” κουμπί, (πρώτο κουμπί από αριστερά στην κάτω σειρά επιλογών του πολυμέτρου).
6. Μετρήστε το ρεύμα μέσω της πηγής τάσης 10V. Θυμηθείτε ότι πρέπει να **σπάσετε (ανοίξετε)** το κύκλωμα και να παρεμβάλετε το αμπερόμετρο **σε σειρά** με την πηγή 10 V για να επιτρέψετε στο ρεύμα να περάσει από το αμπερόμετρο.

$I_s =$ _____

7. Μετρήστε το ρεύμα που περνά από την R_1 και μετά από την R_2 και καταγράψτε το στο Πίνακα 2.2.
8. Επαληθεύστε το νόμο του Kirchhoff για τα ρεύματα (KCL) δείχνοντας ότι το % σφάλμα είναι μέσα στα αποδεκτά όρια (αν δηλαδή οι μετρημένες τιμές I_s και $I_{R1} + I_{R2}$ είναι μέσα στα αποδεκτά όρια).

9. Υπολογίστε το % σφάλμα από τις θεωρητικές τιμές χωρίς το πολύμετρο (προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.2) και από τις θεωρητικές τιμές με το πολύμετρο (προπαρασκευαστικό πρόβλημα 4.4). Καταγράψτε τις στον Πίνακα 2.2. Σημείωση: Βεβαιωθείτε ότι χρησιμοποιείτε τη σωστή προσομοίωση για κάθε περίπτωση μέτρησης.)

10. Εξετάστε εάν στις θεωρητικές τιμές σας για το ρεύμα της R_1 και R_2 πρέπει να συμπεριλάβετε την επίδραση της R_M . Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

Πίνακας 2.2: Μετρήσεις για το κύκλωμα του μέρους Β.

Στοιχείο	Τιμή I (Υπολογισμός χωρίς R_M) (A)	Τιμή I (Υπολογισμός με R_M) (A)	Τιμή I (Μέτρηση) (A)	% Σφάλμα (χωρίς R_M)	% Σφάλμα (με R_M)
R_1					
R_2					

ΠΡΟΣΟΧΗ!

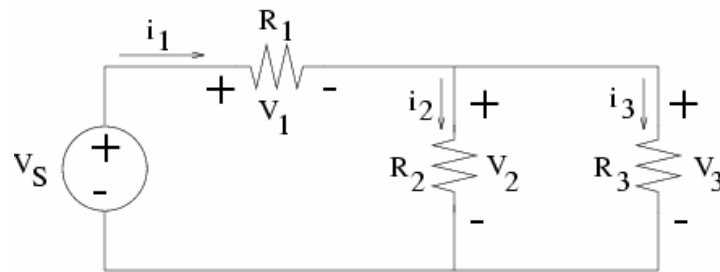
Από τώρα και στο εξής, στους υπολογισμούς σας για μετρήσεις ρεύματος σε αντιστάσεις με τιμή μικρότερη των 10 k Ω πρέπει να λαμβάνετε υπόψη και την εσωτερική αντίσταση του αμπερομέτρου!

$$R_{\text{αμπερομέτρου}} = 100 \, \Omega \text{ (PeakTech) ή } 1 \, \text{k}\Omega \text{ (Instek)}$$

Μετά-εργαστηριακή Εργασία

- Υπολογίστε ξανά το ρεύμα με βάση τις μετρημένες τιμές των αντιστάσεων και συμπεριλαμβανομένου του αμπερομέτρου για κάθε περίπτωση μέτρησης. Υπολογίστε το % σφάλμα μεταξύ αυτών των τιμών και των μετρήσεων και σχολιάστε σε σχέση με το % σφάλμα από τον πίνακα 2.2
- Δείξτε ότι η εξίσωση του διαιρέτη ρεύματος συμπεριλαμβανομένης της αντίστασης του μετρητή (που υποθέτει ότι το αμπερόμετρο χρησιμοποιείται για να μετρήσει το ρεύμα) τείνει στο όριο της (καθώς η εσωτερική αντίσταση του αμπερομέτρου πηγαίνει στο μηδέν) στην εξίσωση 3.

3. Η πηγή τάσης και η αντίσταση των $10\text{ k}\Omega$ στο σχήμα 2.1 δημιουργούν μια κατά προσέγγιση πηγή ρεύματος για μικρές αντιστάσεις φορτίων. Εάν η πηγή τάσης και η αντίσταση των $10\text{ k}\Omega$ δημιουργούν μια **ιδανική** πηγή ρεύματος, τότε το ρεύμα θα είναι σταθερό, ανεξαρτήτως από τις αντιστάσεις R_1 και R_2 , το οποίο δεν είναι σωστό σε αυτήν την περίπτωση. Θεωρήστε τον παράλληλο συνδυασμό R_1 και R_2 σαν μια αντίσταση R_L . Αν η R_L είναι μικρή σε σχέση με την $10\text{ k}\Omega$, τότε το ρεύμα θα είναι περίπου 1 mA (αφού $V_s = 10\text{ V}$) ανεξαρτήτως της R_L . Υπολογίστε το εύρος των τιμών της R_L ούτως ώστε το ρεύμα δεν θα διαφέρει από το 1 mA κατά περισσότερο από 5% .
4. Εξετάστε το κύκλωμα του σχήματος 2.2. Υποθέστε ότι θέλετε να ξέρετε την αξία όλων των τάσεων και των ρευμάτων στο κύκλωμα. Υποθέστε ότι δεν ξέρετε τίποτα για τις τιμές των αντιστάσεων. Θέλετε τα αποτελέσματα να είναι όσο το δυνατόν ακριβέστερα. Έχετε ένα πολύμετρο που μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ως βολτόμετρο ή αμπερόμετρο. Εξηγήστε την ακολουθία των μετρήσεων που θα κάνετε. Σχολιάστε το επίπεδο εμπιστοσύνης για την ορθότητα (accuracy) των αποτελεσμάτων σας. Μην ξεχάσετε ότι έχετε τους νόμους του Ohm και Kirchhoff που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.



Σχήμα 2.2: Κύκλωμα Αντιστάσεων.

Εργαστηριακή Άσκηση 4.3 – Νόμοι του Kirchhoff

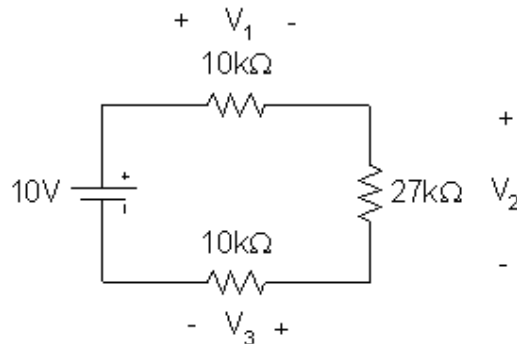
Στόχοι

- Μέτρηση τάσεων σε διάφορα σημεία σε ένα κύκλωμα.
- Μέτρηση ρευμάτων σε διάφορα σημεία σε ένα κύκλωμα.
- Εξήγηση και λειτουργία ενός ποτενσιόμετρου.

Λιαδικασία

1. Ρυθμίστε την πηγή τάσης στα 10.0 V. Κατασκευάστε το κύκλωμα του σχήματος 3.1. Μετρήστε και καταγράψτε την ακριβή τιμή της τάσης της πηγής.

$V_s =$ _____

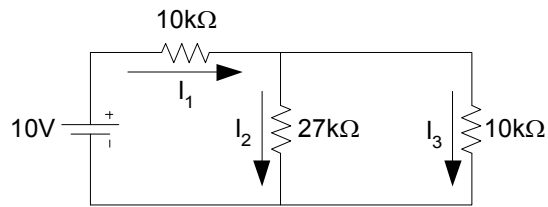


Σχήμα 3.1. Κύκλωμα για επαλήθευση του νόμου του Kirchhoff για τις τάσεις.

2. Υπολογίστε την τιμή της τάσης σε κάθε αντίσταση με βάση τις θεωρητικές τιμές (από το χρώμα) της αντίστασης και καταγράψτε τις στο πίνακα 3.1.
3. Μετρήστε τις ακριβείς τιμές των αντιστάσεων και υπολογίστε ξανά τις τάσεις. Καταγράψτε τις τιμές στον πίνακα 3.1.
4. Μετρήστε τις τάσεις όπως φαίνονται στο σχήμα 3.1 και καταγράψτε τις τιμές στον πίνακα 3.1. Υπολογίστε το % σφάλμα των μετρημένων τάσεων, σε σχέση με τις τάσεις που υπολογίσατε, χρησιμοποιώντας τους υπολογισμούς σας ως τις σωστές τιμές. Προσθέστε αυτά τα αποτελέσματα στη στήλη % Σφάλμα από Υπολογισμούς και % Σφάλμα από Μετρήσεις στον πίνακα 3.1.

6. Ενώστε το κύκλωμα του σχήματος 3.2. Μετρήστε την ακριβή τιμή της τάσης της πηγής και τις τιμές των αντιστάσεων που χρησιμοποιήσατε.

$V_s =$ _____



Σχήμα 3.2: Κύκλωμα για επαλήθευση του νόμου του Kirchhoff για τα ρεύματα.

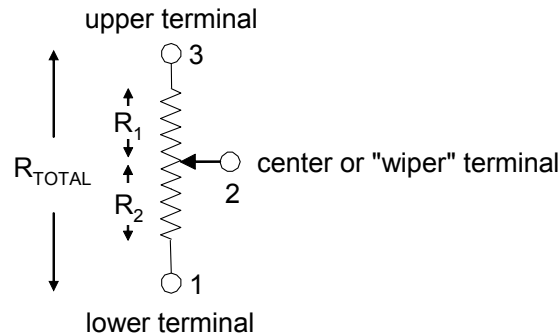
7. Υπολογίστε την τιμή του ρεύματος σε κάθε αντίσταση με βάση τις θεωρητικές τιμές (από το χρώμα) της αντίστασης και καταγράψτε τις στο πίνακα 3.2.
8. Μετρήστε τις ακριβείς τιμές των αντιστάσεων και υπολογίστε ξανά τα ρεύματα. Καταγράψτε τις τιμές στον πίνακα 3.2.
9. Μετρήστε ρεύματα όπως φαίνονται στο σχήμα 1.2 και καταγράψτε τις τιμές στον πίνακα 3.2. Υπολογίστε το % σφάλμα των μετρημένων ρευμάτων, σε σχέση με τα ρεύματα που υπολογίσατε, χρησιμοποιώντας τους υπολογισμούς σας ως τις σωστές τιμές. Προσθέστε αυτά τα αποτελέσματα στη στήλη % Σφάλμα από Υπολογισμούς και % Σφάλμα από Μετρήσεις στον πίνακα 3.2.

Μετά-εργαστηριακή Εργασία

1. Σχεδιάστε ένα κύκλωμα παρόμοιο με το σχήμα 3.1 και βάλτε πάνω τη μετρημένη αντίσταση και την υπολογισμένη τάση. Συγκρίνετε τις τάσεις που υπολογίσατε με τις τάσεις που μετρήσατε για το κύκλωμα του σχήματος 3.1. Εξηγήστε γιατί μπορεί να μην είναι ακριβώς ίσες. Ελέγξτε ότι ο νόμος τάσης του Kirchhoff ισχύει για αυτό το κύκλωμα χρησιμοποιώντας τις μετρημένες τιμές σας.
2. Συγκρίνετε τα ρεύματα που υπολογίσατε με τα ρεύματα που μετρήσατε για το κύκλωμα στο σχήμα 3.2. Εξηγήστε γιατί μπορούν να μην είναι ακριβώς ίσα. Ελέγξτε ότι ο νόμος του Kirchhoff για τα ρεύματα ισχύει για αυτό το κύκλωμα.

Εργαστηριακή Άσκηση 4.4 – Ποτενσιόμετρα

1. Σε αυτό το μέρος του πειράματος, θα ερευνήσουμε τις ιδιότητες του ποτενσιόμετρου. Το ποτενσιόμετρο είναι μια μεταβλητή αντίσταση η οποία παριστάνεται με το κύκλωμα στο σχήμα 4.1. Χρησιμοποιήστε ποτενσιόμετρο 10 kΩ (όχι αυτό στην πλακέτα κυκλωμάτων.)



Σχήμα 4.1. Ποτενσιόμετρο

2. Με το ποτενσιόμετρο κάπου στο μέσον της περιστροφής του, μετρήστε την αντίσταση μεταξύ των ανώτερων (upper terminal) και χαμηλότερων τερματικών (lower terminal) του ποτενσιόμετρου και καταγράψτε τις τιμές.

$R_1 =$ _____

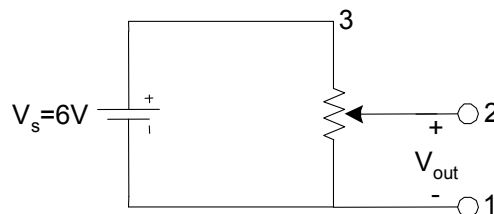
$R_2 =$ _____

$R_{TOTAL} =$ _____

Επίσης καταγράψτε τι συμβαίνει στην αντίσταση όταν περιστρέψετε το κουμπί του ποτενσιόμετρου. Τι παθαίνουν οι αντιστάσεις του πάνω και του κάτω μέρους του ποτενσιόμετρου καθώς περιστρέφετε το κουμπί;

3. Ενώστε το κύκλωμα του σχήματος 4.2. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο μέχρι γίνει η V_{out} 1 V. Καταγράψτε την τιμή V_s και V_{out} .

$V_s =$ _____ $V_{out} =$ _____



Σχήμα 4.2: Κύκλωμα με ποτενσιόμετρο.

4. Σβήστε και αφαιρέστε προσεκτικά την πηγή τάσης ούτως ώστε να μην μεταβληθούν οι αντιστάσεις του ποτενσιόμετρου. Μετρήστε και καταγράψτε τις αντιστάσεις του πάνω (upper, R_1) και κάτω (lower, R_2) τερματικού του ποτενσιόμετρου.

$R_1 =$ _____

$R_2 =$ _____

Μετά-εργαστηριακή Εργασία

1. Για το κύκλωμα ποτενσιόμετρου σχεδιάστε το ισοδύναμο κύκλωμα διαιρετών τάσης και καταγράψτε τις πραγματικές μετρημένες τιμές των αντιστάσεων. Χρησιμοποιήστε τις μετρημένες τιμές και τη σχέση διαιρετών τάσης για να δείξετε ότι το ποτενσιόμετρο λειτουργεί ως διαιρέτης τάσης.