

ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ 1
ΝΟΜΟΙ KIRCHHOFF- ΝΟΜΟΣ ΟΗΜ –
ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ - ΡΟΟΣΤΑΤΗΣ

ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΟΙΤΗΤΗ 1 :

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ : 19390005

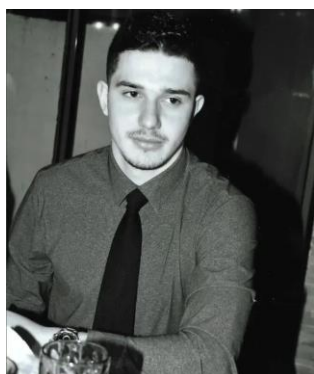
ΕΞΑΜΗΝΟ ΦΟΙΤΗΤΗ : 6^ο

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΙΤΗΤΗ : ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ : ΠΑΔΑ

ΤΜΗΜΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ : ΘΚ 05 11:00-13:00

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ : ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΑΜΠΟΥΡΗΣ – ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΥ



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΟΙΤΗΤΗ 2 :

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ΚΑΤΣΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ : 21390084

ΕΞΑΜΗΝΟ ΦΟΙΤΗΤΗ : 2^ο

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΙΤΗΤΗ : ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ : ΠΑΔΑ

ΤΜΗΜΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ : ΘΚ 05 11:00-13:00

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ : ΧΡΗΣΤΟΣ ΚΑΜΠΟΥΡΗΣ – ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΥ



ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ :

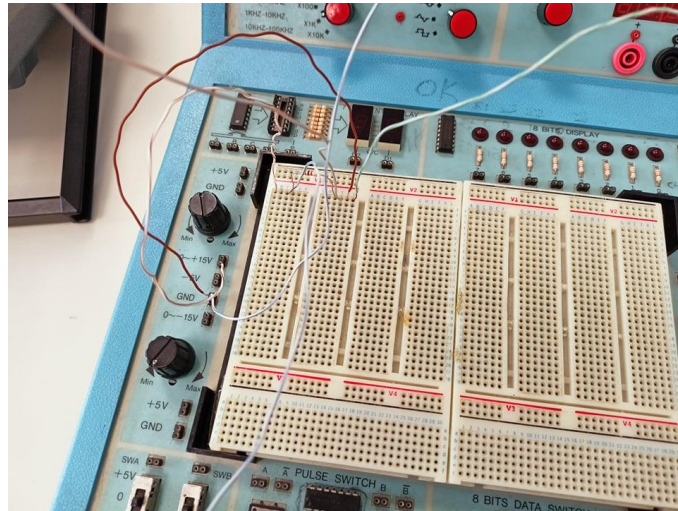
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ : 9/3/2022

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ : 6/4/2022

ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Breadboard/Καλώδια



Αντιστάτης Σταθερής Αντίστασης



ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Αναλογικό Πολύμετρο



Ψηφιακό Πολύμετρο Πάγκου



Ποτενσιόμετρο



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.3.1 : 1^{ος} νόμος του Kirchhoff (ΣΕΛΙΔΕΣ 6 – 9)

Θεωρητική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΑ 6)
Προσομοιωτική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΑ 7)
Πειραματική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 8 – 9)

1.3.2 : 2^{ος} νόμος του Kirchhoff (ΣΕΛΙΔΕΣ 10 – 13)

Θεωρητική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΑ 10)
Προσομοιωτική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 11 - 12)
Πειραματική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 12 – 13)

1.3.3 : νόμος Ohm (ΣΕΛΙΔΕΣ 14 – 18)

Θεωρητική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΑ 14)
Προσομοιωτική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 15 – 17)
Πειραματική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 17 – 18)

1.3.4 : Σύνδεση αντίστασης ως ποτενσιόμετρο (ΣΕΛΙΔΕΣ 18 – 20)

Θεωρητική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 18 – 19)
Προσομοιωτική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 19 – 20)

1.3.5 : Σύνδεση αντίστασης ως ροοστάτης (ΣΕΛΙΔΕΣ 20 – 22)

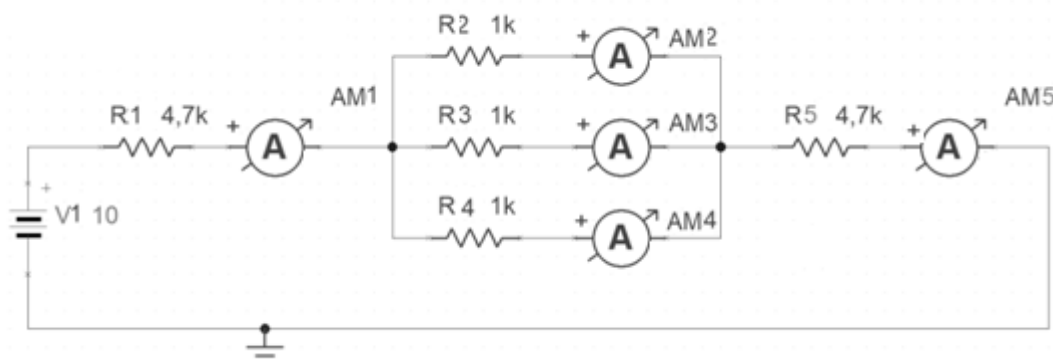
Θεωρητική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 20 – 21)
Προσομοιωτική Επίλυση	(ΣΕΛΙΔΕΣ 21 – 22)

1.6 : Ερωτήσεις (ΣΕΛΙΔΕΣ 22 – 27)

Ερώτηση 1	(ΣΕΛΙΔΕΣ 22 – 23)
Ερώτηση 2	(ΣΕΛΙΔΕΣ 23 – 24)
Ερώτηση 3	(ΣΕΛΙΔΕΣ 24 – 27)

1.3.1 : 1^{ος} νόμος Kirchhoff

Θεωρητική Επίλυση



Εικόνα 1

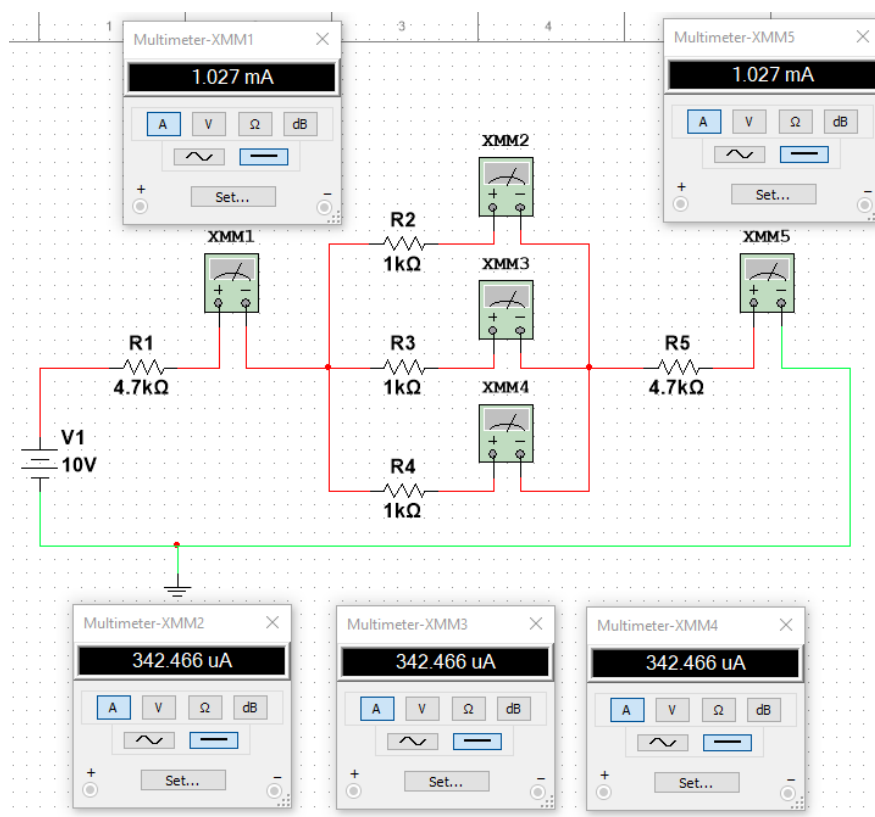
Ο 1^{ος} νόμος του Kirchhoff ή με άλλα λόγια ο νόμος των ρευμάτων του Kirchhoff, ισχυρίζεται ότι το ρεύμα που εισέρχεται σ' έναν κόμβο ισοδυναμεί με το ρεύμα που εξέρχεται απ' αυτόν.

Συνεπώς, από τα κεφάλαια «Προσομοιωτική Επίλυση» και «Πειραματική Επίλυση» που αναπαριστούν το κύκλωμα της Εικόνας 1, διαπιστώνεται ότι οι ενδείξεις των αμπερομέτρων AM1 και AM5 για την ένταση του ρεύματος είναι ίδιες. Επίσης, το άθροισμα των ενδείξεων των αμπερομέτρων AM₂, AM₃ και AM₄ είναι ίδιο με τις ενδείξεις των αμπερομέτρων AM₁ και AM₅.

Πιο αναλυτικά, το ρεύμα που εισέρχεται στον κόμβο (το σημείο αμέσως μετά το αμπερόμετρο AM₁) διακλαδώνεται σε τρία ισομερή ρεύματα και όταν εξέρχεται από τον κόμβο (το σημείο αμέσως πριν την αντίσταση R₅) είναι το ίδιο με το ρεύμα προτού εισέλθει στον κόμβο.

Επομένως, επαληθεύεται ο νόμος των ρευμάτων του Kirchhoff και φυσικά αυτό δικαιολογείται με το γεγονός ότι το ρεύμα που διακλαδώνεται, όταν εισέρχεται σ' έναν κόμβο, δεν μπορεί να έχει περισσότερη ένταση ή μικρότερη όταν εξέρχεται απ' αυτόν.

Προσομοιωτική Επίλυση



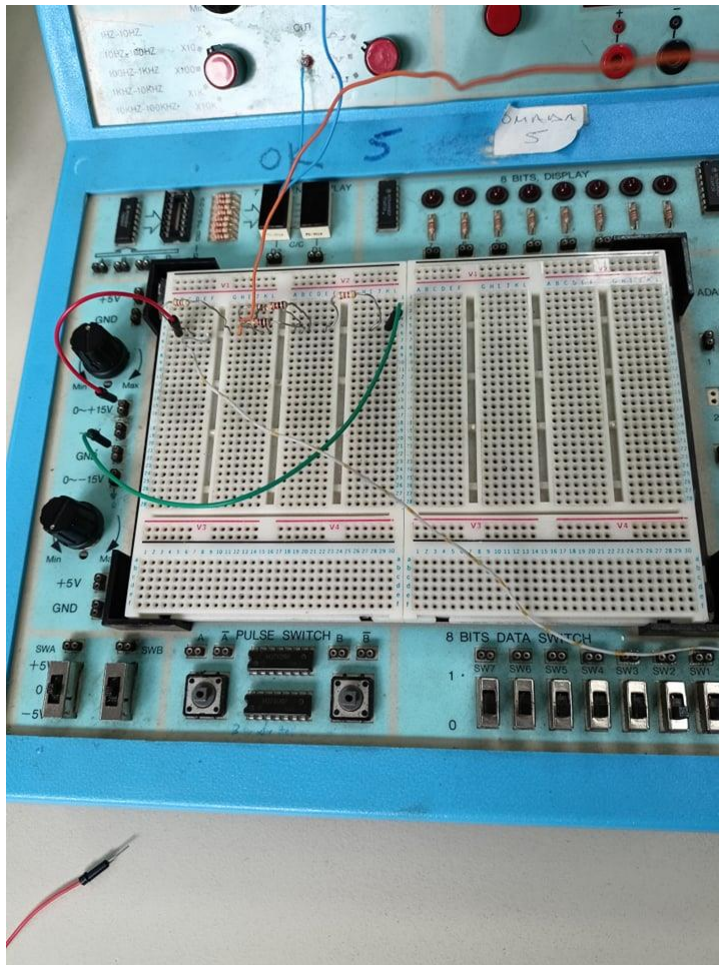
Εικόνα 2

Από την προσομοιωτική επίλυση του κυκλώματος στο λογισμικό προσομοίωσης "Multisim" (Εικόνα 2), καταγράφονται οι μετρήσεις των πολυμέτρων (ρυθμισμένων να υπολογίζουν ένταση συνεχούς ρεύματος) που οδηγούν σε αξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

Πιο αναλυτικά, το ρεύμα πριν εισέλθει στον κόμβο (το σημείο αμέσως μετά το αμπερόμετρο XMM₁) έχει ένταση 1.027 mA από την ένδειξη του αμπερομέτρου XMM₁. Εφόσον, το ρεύμα εισέλθει στον κόμβο, οι ενδείξεις των αμπερομέτρων XMM₂, XMM₃ και XMM₄ είναι 342.466 uA. Αξίζει να σημειωθεί ότι το άθροισμα των τριών ενδείξεων (XMM₂, XMM₃, XMM₄) είναι 1.027 mA που ισοδυναμεί με την ένδειξη του αμπερομέτρου XMM₁ (το ρεύμα, προτού εισέλθει στον κόμβο). Τέλος, η ένδειξη του αμπερομέτρου XMM₅ είναι επίσης, 1.027 mA.

Συνοψίζοντας, από τις παραπάνω ενδείξεις των αμπερομέτρων XMM₁, XMM₂, XMM₃, XMM₄ και XMM₅, διαπιστώνεται το πόρισμα ότι επαληθεύεται ο νόμος των ρευμάτων του Kirchhoff, δηλαδή, ότι το ρεύμα που εισέρχεται σ' έναν κόμβο, ισούται με το ρεύμα που εξέρχεται από αυτόν.

Πειραματική Επίλυση



Εικόνα 3



Εικόνα 4

Για την πειραματική επίλυση του κυκλώματος που πραγματοποιήθηκε εντός του εργαστηρίου, χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα διασύνδεσης «breadboard» (Εικόνα 3), δύο αντιστάτες σταθερής τιμής με αντίσταση $4.7\text{ k}\Omega$, τρεις αντιστάτες σταθερής τιμής με αντίσταση $1\text{ k}\Omega$, ένα ψηφιακό πολύμετρο πάγκου ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος (βολτόμετρο), ένα αναλογικό πολύμετρο ρυθμισμένο να υπολογίζει την ένταση συνεχούς ρεύματος (αμπερόμετρο, Εικόνα 4) και δύο καλώδια.

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό πολύμετρο πάγκου ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος, δηλαδή, ρυθμισμένο να είναι βολτόμετρο σε κλίμακα 1 Volt . Το θετικό άκρο συνδέθηκε στη πηγή συνεχούς τάσης και το αρνητικό στη γείωση, προκειμένου να ρυθμιστεί η πηγή στα 10 Volt . Αφού, η πηγή ρυθμιστεί στα 10 Volt , το βολτόμετρο αποσυνδέεται και ξεκινάει η συναρμολόγηση του κυκλώματος.

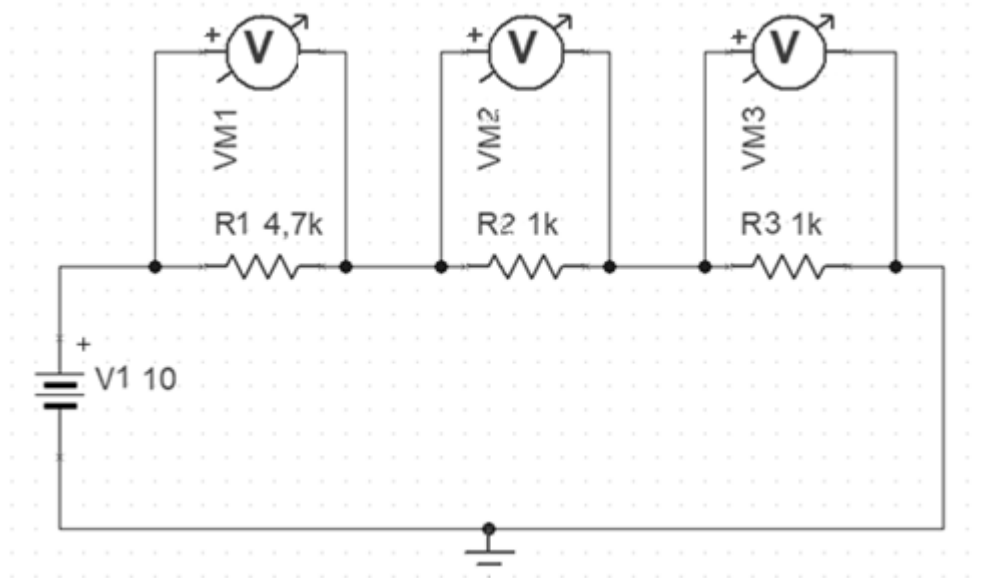
Πρώτα απ' όλα, συνδέεται ο ένας αντιστάτης σταθερής τιμής με αντίσταση $4.7\text{ k}\Omega$ σε σειρά και αριστερά από τον κόμβο που περιέχει τρεις ισοδύναμους αντιστάτες σταθερής τιμής με αντίσταση $1\text{ k}\Omega$ τον καθένα που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα μεταξύ τους. Επίσης, σε σειρά με τον κόμβο και δεξιά του συνδέεται και ο δεύτερος αντιστάτης σταθερής τιμής με αντίσταση $4.7\text{ k}\Omega$.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται το αναλογικό πολύμετρο ρυθμισμένο να υπολογίζει την ένταση συνεχούς ρεύματος, δηλαδή, ρυθμισμένο να είναι αμπερόμετρο σε κλίμακα 10 mA . Στο κύκλωμα της Εικόνας 3, συνδέεται το αμπερόμετρο σε σειρά σε κάθε ένα από τα πέντε σημεία και αμέσως δεξιά από τον κάθε αντιστάτη, όπως ακριβώς αναπαριστάται στο κύκλωμα της Εικόνας 1 στο κεφάλαιο «Θεωρητική Επίλυση».

Συνοψίζοντας, οι ενδείξεις του αμπερομέτρου σε κάθε σημείο είναι ίδιες με αυτές που έχουν καταγραφεί στο κεφάλαιο «Προσομοιωτική Επίλυση» με απειροελάχιστες διαφορές που δεν επηρεάζουν το πόρισμα που έχει καταγραφεί για το κύκλωμα (Κεφάλαιο «Θεωρητική Επίλυση», Εικόνα 1), δηλαδή, ότι ο 1^{ος} νόμος του Kirchhoff επαληθεύεται.

1.3.2 : 2^{ος} νόμος Kirchhoff

Θεωρητική Επίλυση



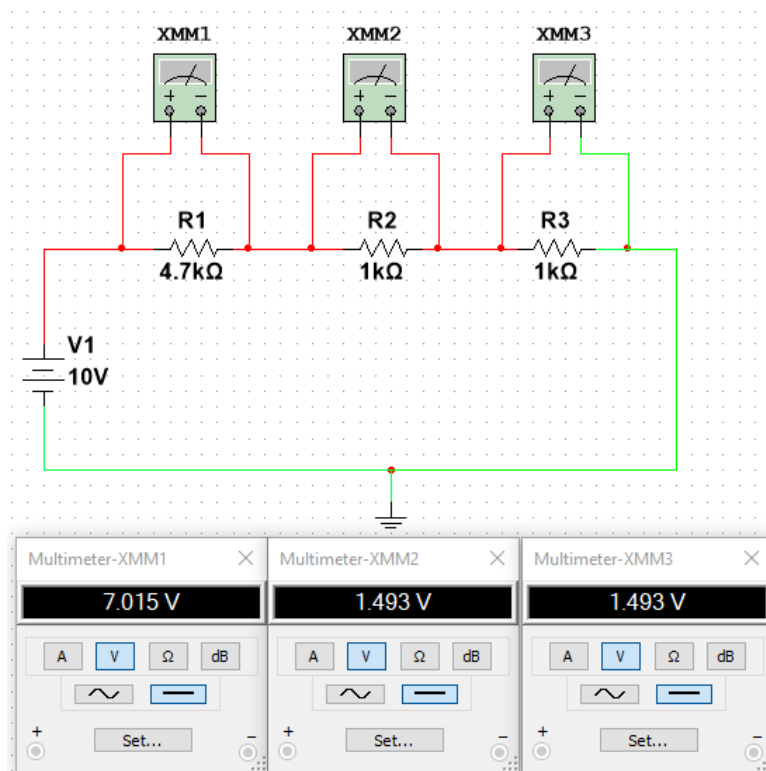
Εικόνα 5

Ο 2^{ος} νόμος του Kirchhoff ή με άλλα λόγια ο νόμος των τάσεων του Kirchhoff, ισχυρίζεται ότι το άθροισμα όλων των διαφορών δυναμικού στους επιμέρους κλάδους ισούται με μηδέν.

Συνεπώς, από τα κεφάλαια «Προσομοιωτική Επίλυση» και «Πειραματική Επίλυση» που αναπαριστούν το κύκλωμα της Εικόνας 5, διαπιστώνεται ότι το άθροισμα των ενδείξεων των βολτομέτρων VM₁, VM₂ και VM₃ ισούται με την διαφορά δυναμικού της πηγής συνεχούς τάσης V₁ (10 Volt). Το κύκλωμα λειτουργεί σαν διαιρέτης τάσης, δηλαδή, η διαφορά δυναμικού της πηγής V₁, διαμοιράζεται στους τρεις αντιστάτες R₁, R₂ και R₃.

Συνοψίζοντας, ο νόμος των τάσεων του Kirchhoff επαληθεύεται και με την δικαιολογία ότι το ρεύμα σ' ένα κλειστό κύκλωμα έχει συγκεκριμένη φορά και γι' αυτό δεν καθιστά εφικτό να υπάρχει πτώση τάσης ή περισσότερη.

Προσομοιωτική Επίλυση



Εικόνα 6

Από την προσομοιωτική ανάλυση του κυκλώματος στο λογισμικό "Multisim" (Εικόνα 6), καταγράφονται οι μετρήσεις των πολυμέτρων (ρυθμισμένων να υπολογίζουν τάση συνεχούς ρεύματος) που οδηγούν σε αξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

Πιο αναλυτικά, η ένδειξη του βολτομέτρου XMM₁ είναι 7.015 Volt που ισοδυναμεί με την διαφορά δυναμικού στα άκρα της αντίστασης R₁ (4.7 kΩ). Στη συνέχεια, η ένδειξη του βολτομέτρου XMM₂ είναι 1.493 Volt που ισοδυναμεί με τη διαφορά δυναμικού στα άκρα της αντίστασης R₂ (1 kΩ). Τέλος, η ένδειξη του βολτομέτρου XMM₃ είναι 1.493 Volt που ισοδυναμεί με τη διαφορά δυναμικού στα άκρα της αντίστασης R₃ (1 kΩ). Έστω, ότι η φορά του ρεύματος είναι προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Ο νόμος των τάσεων του Kirchhoff ισχυρίζεται ότι το άθροισμα όλων των διαφορών δυναμικού στους επιμέρους κλάδους ενός βρόχου ισούται με μηδέν. Επομένως, έχουμε :

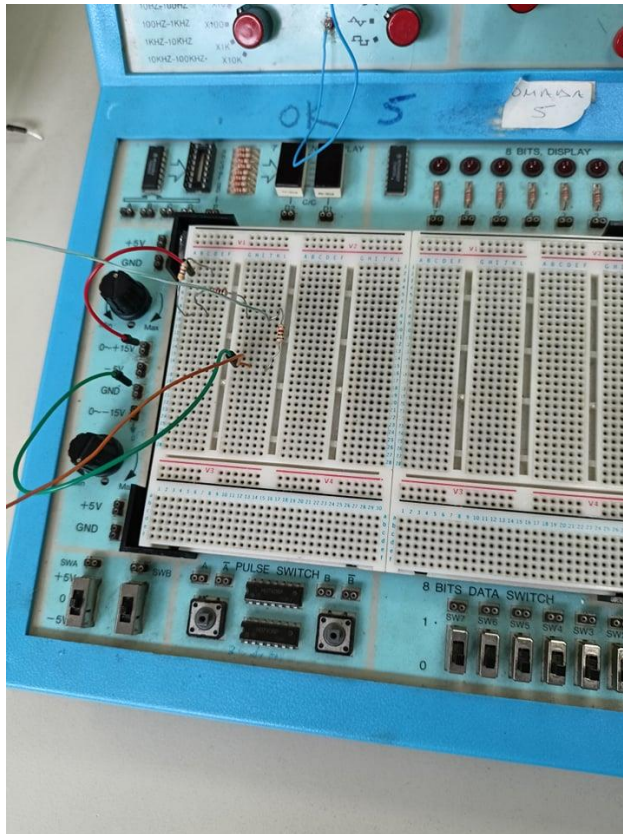
$$-V_1 + V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} = 0 \Rightarrow$$

$$-10 + 7.015 + 1.493 + 1.493 = 0 \Rightarrow$$

$$0 = 0$$

Συνοψίζοντας, από τις παραπάνω ενδείξεις των βολτομέτρων XMM_1 , XMM_2 και XMM_3 , διαπιστώνεται το πόρισμα ότι επαληθεύεται ο νόμος των τάσεων του Kirchhoff.

Πειραματική Επίλυση



Εικόνα 7



Εικόνα 8

Για την πειραματική επίλυση του κυκλώματος που πραγματοποιήθηκε εντός του εργαστηρίου, χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα διασύνδεσης «breadboard» (Εικόνα 7), ένας αντιστάτης σταθερής τιμής με αντίσταση $4.7\text{ k}\Omega$, δύο αντιστάτες σταθερής τιμής με αντίσταση $1\text{ k}\Omega$ και ένα αναλογικό πολύμετρο ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος (βολτόμετρο, Εικόνα 8).

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το αναλογικό πολύμετρο ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος, δηλαδή, ρυθμισμένο να είναι βολτόμετρο σε κλίμακα 1 Volt . Το θετικό άκρο συνδέθηκε στη πηγή συνεχούς τάσης και το αρνητικό στη γείωση, προκειμένου να ρυθμιστεί η πηγή στα 10 Volt . Αφού, η πηγή ρυθμιστεί στα 10 Volt , το βολτόμετρο αποσυνδέεται και ξεκινάει η συναρμολόγηση του κυκλώματος.

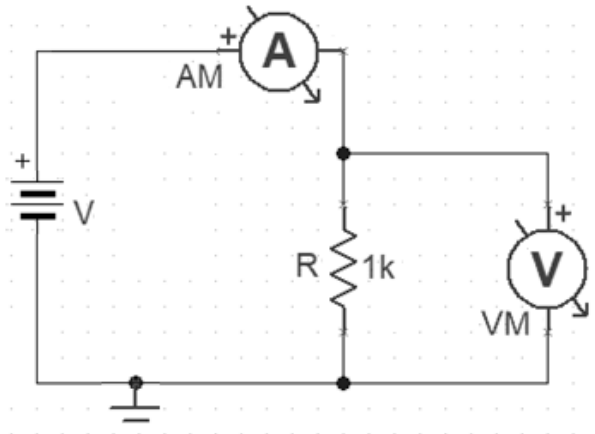
Πρώτα απ' όλα, συνδεόνται οι αντιστάτες σταθερής τιμής με αντίσταση $4.7\text{ k}\Omega$, $1\text{ k}\Omega$ και $1\text{ k}\Omega$ από αριστερά στα δεξιά αντίστοιχα και σε σειρά.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται πάλι το αναλογικό πολύμετρο ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος, δηλαδή, ρυθμισμένο να είναι βολτόμετρο σε κλίμακα 1 Volt . Στο κύκλωμα της Εικόνας 7, συνδέεται το βολτόμετρο σε κάθε ένα από τα τρία σημεία και παράλληλα με τον κάθε αντιστάτη, έτσι ακριβώς, όπως αναπαριστάται στο κύκλωμα της Εικόνας 5 στο κεφάλαιο «Θεωρητική Επίλυση».

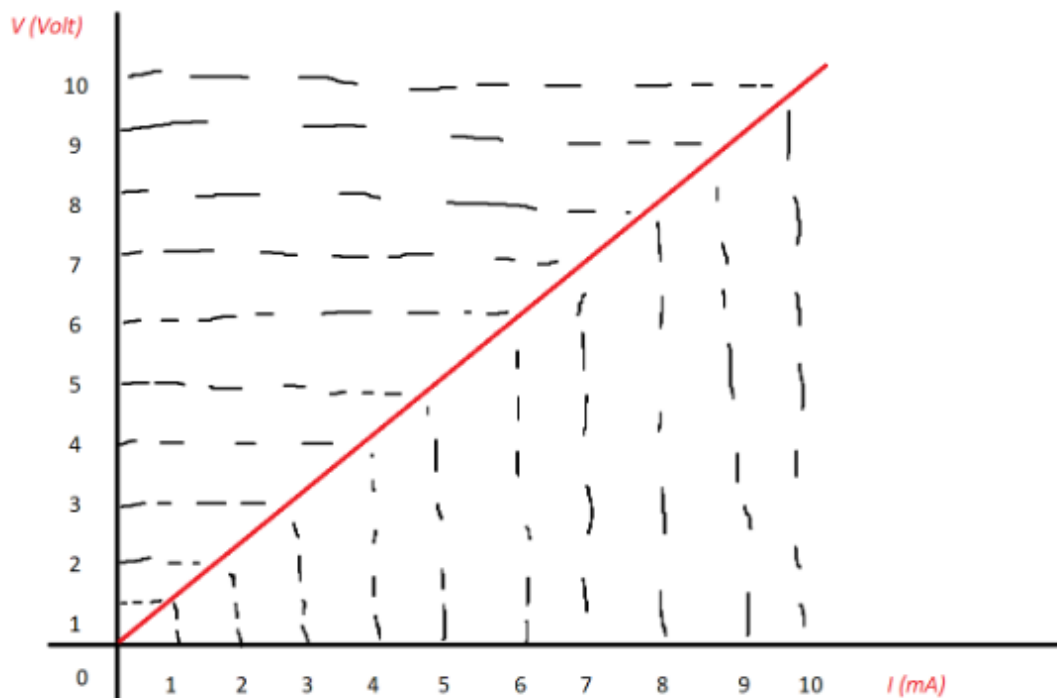
Συνοψίζοντας, οι ενδείξεις του βολτομέτρου σε κάθε σημείο είναι ίδιες με αυτές που έχουν καταγραφεί στο κεφάλαιο «Προσομοιωτική Επίλυση» με απειροελάχιστες διαφορές που δεν επηρεάζουν το πόρισμα που έχει καταγραφεί για το κύκλωμα (Κεφάλαιο «Θεωρητική Επίλυση», Εικόνα 5), δηλαδή, ότι ο 2^{ος} νόμος του Kirchhoff επαληθεύεται

1.3.3 : νόμος Ohm

Θεωρητική Επίλυση



Εικόνα 9



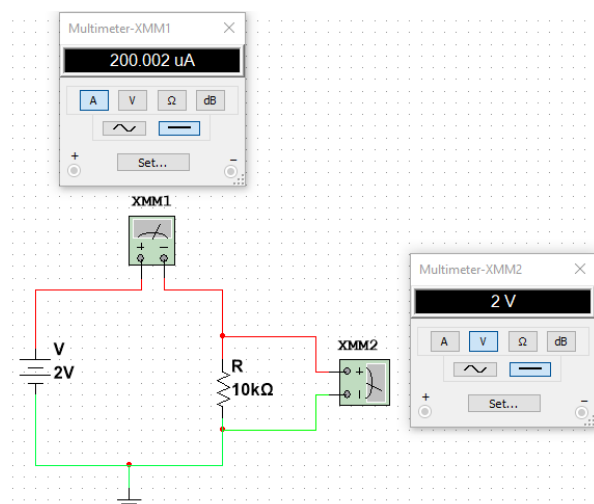
Εικόνα 10

Από την γραφική παράσταση I - V (Εικόνα 10) παρατηρείται ότι η ένταση του ρεύματος I με την τάση V , έχουν γραμμική σχέση μεταξύ τους. Με άλλα λόγια, είναι ανάλογα μεταξύ τους, δηλαδή, όσο αυξάνεται η ένταση του ρεύματος, τόσο αυξάνεται και η τάση και αντίστροφα,

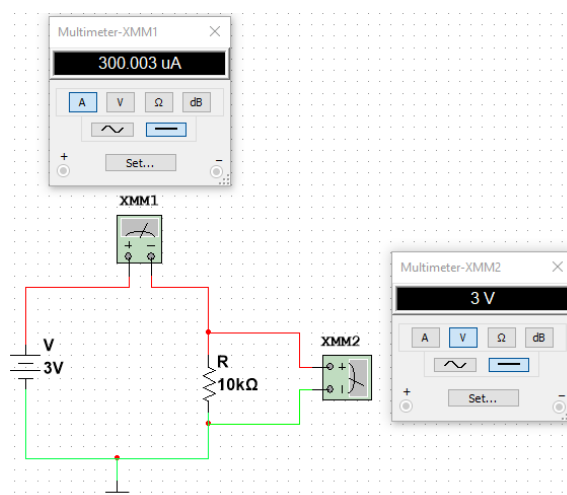
επαληθεύοντας το νόμο του Ohm ($I = V / R$).

Η τάση είναι η γενεσιουργός αιτία και το ρεύμα είναι το αποτέλεσμα, οπότε όσο αυξάνεται η αιτία τόσο αυξάνεται και το αποτέλεσμα. Αντίθετα, η αντίσταση μειώνει την ένταση του ρεύματος και γι' αυτό είναι αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη, δηλαδή, όσο πιο μεγάλη είναι η αντίσταση R , τόσο πιο μικρή είναι η ένταση του ρεύματος I .

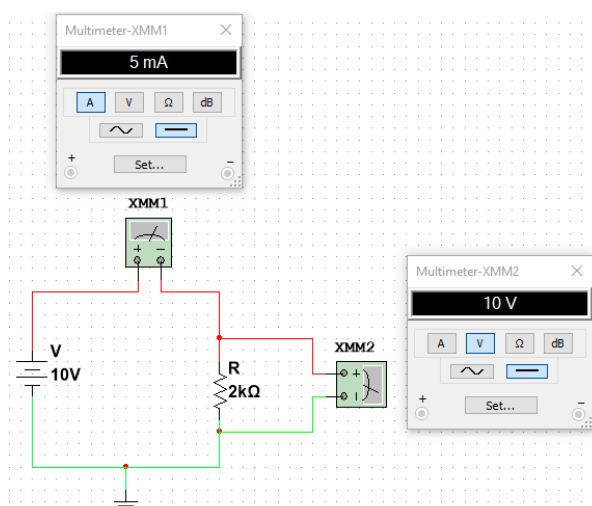
Προσομοιωτική Επίλυση



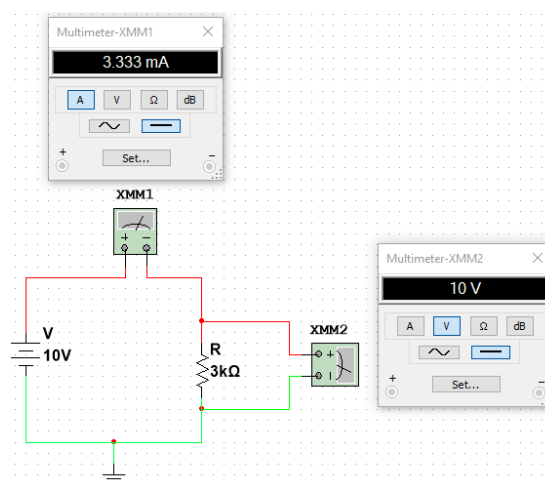
Εικόνα 11



Εικόνα 12



Εικόνα 13



Εικόνα 14

Πίνακας 1

Αντίσταση R = 1K											
Τάση πηγής (V) (Volt)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ένταση (I) (A)	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.01
Πτώση Τάσης στην R (V) (Volt)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Πίνακας 2

Τάση V = 10 V											
Αντίσταση (R) (KOhm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ένταση (I) (A)	1000000	0.01	0.005	0.00333	0.0025	0.002	0.001667	0.001429	0.00125	0.001111	0.001
Πτώση Τάσης στην R (V) (Volt)	1u	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Από την προσομοιωτική επίλυση του κυκλώματος στο λογισμικό προσομοίωσης "Multisim" (Εικόνες 11, 12, 13, 14), καταγράφονται οι μετρήσεις των πολυμέτρων (ρυθμισμένων να υπολογίζουν ένταση συνεχούς ρεύματος και τάση) που οδηγούν σε αξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

Οι Εικόνες 11 και 12 αποτελούν δύο στιγμιότυπα από τον Πίνακα 1 για την περίπτωση που καταγράφονται η ένταση του ρεύματος σε Ampere και η πτώση τάσης στον αντιστάτη R (1 kΩ) σε Volt, για διάφορες τιμές τάσης της πηγής σε Volt. Η παρατήρηση είναι ότι όσο αυξάνεται η τάση της πηγής, τόσο αυξάνεται και η ένταση του ρεύματος, επαληθεύοντας το νόμο του Ohm (I και V ανάλογα μεγέθη). Η πτώση τάσης στον R παίρνει την ίδια τιμή με την τάση της πηγής, όσο αυτή αλλάζει σε κάθε μέτρηση που καταγράφεται, επαληθεύοντας το νόμο των τάσεων του Kirchhoff.

Οι Εικόνες 13 και 14 αποτελούν δύο στιγμιότυπα από τον Πίνακα 2 για την περίπτωση που καταγράφονται η ένταση του ρεύματος σε Ampere και η πτώση τάσης στον αντιστάτη R σε Volt με σταθερή την τάση της πηγής (10 Volt) και για διάφορες τιμές του αντιστάτη R σε kΩ. Η παρατήρηση είναι ότι όσο αυξάνεται η αντίσταση στον R, τόσο μειώνεται η ένταση του ρεύματος, επαληθεύοντας και πάλι το νόμο του Ohm (I και R αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη). Η πτώση τάσης στον R παίρνει την ίδια τιμή με την τάση της πηγής, επαληθεύοντας το νόμο των τάσεων του Kirchhoff.

Πειραματική Επίλυση



Εικόνα 15

Για την πειραματική επίλυση του κυκλώματος που πραγματοποιήθηκε εντός του εργαστηρίου, χρησιμοποιήθηκε η πλακέτα διασύνδεσης «breadboard» (Εικόνα 15), ένας αντιστάτης σταθερής τιμής με αντίσταση 1 kΩ, ένα ψηφιακό πολύμετρο πάγκου ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος (βολτόμετρο, αριστερά από το breadboard στην Εικόνα 15) και ένα αναλογικό πολύμετρο ρυθμισμένο να υπολογίζει την ένταση συνεχούς ρεύματος (αμπερόμετρο, δεξιά από το breadboard στην Εικόνα 15).

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό πολύμετρο πάγκου ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος, δηλαδή, ρυθμισμένο να είναι

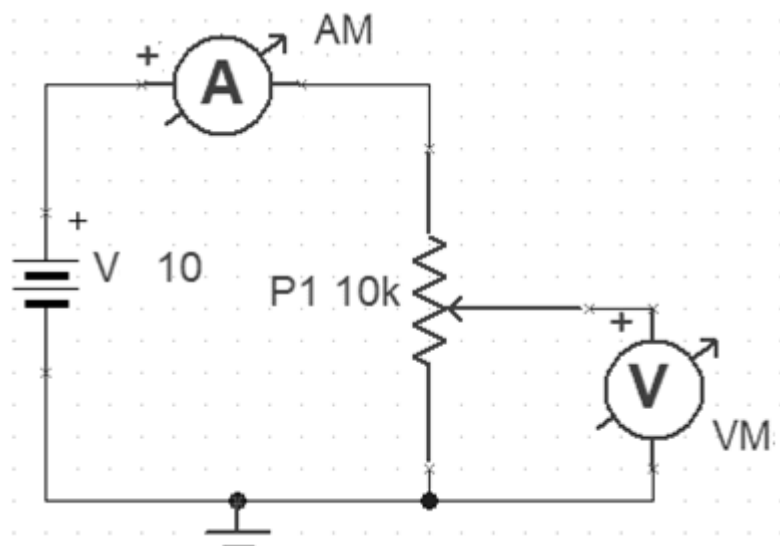
βολτόμετρο σε κλίμακα 1 Volt. Το θετικό άκρο συνδέθηκε στη πηγή τάσης και το αρνητικό στη γείωση, προκειμένου να ρυθμιστεί η πηγή στα 10 Volt. Αφού, η πηγή ρυθμιστεί στα 10 Volt, το βολτόμετρο αποσυνδέεται και ξεκινάει η συναρμολόγηση του κυκλώματος.

Πρώτα απ' όλα, συνδέεται ο αντιστάτης σταθερής τιμής με αντίσταση 1 k Ω . Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται πάλι το ψηφιακό πολύμετρο πάγκου ρυθμισμένο να υπολογίζει την τάση συνεχούς ρεύματος, δηλαδή, ρυθμισμένο να είναι βολτόμετρο σε κλίμακα 1 Volt. Στο κύκλωμα που αναπαριστάται στην Εικόνα 15, συνδέεται το βολτόμετρο παράλληλα με τον αντιστάτη. Το αναλογικό πολύμετρο ρυθμισμένο να υπολογίζει τη ένταση του ρεύματος σε κλίμακα 10 mA, συνδέεται σε σειρά πριν τον αντιστάτη και μετά το θετικό άκρο της πηγής.

Συνοψίζοντας, οι ενδείξεις του βολτομέτρου και του αμπερομέτρου είναι οι ίδιες όπως αποτυπώνονται στο κεφάλαιο «Προσομοιωτική Επίλυση» στους Πίνακες 1 και 2, επαληθεύοντας το νόμο του Ohm.

1.3.4 : Σύνδεση αντίστασης ως ποτενσιόμετρο

Θεωρητική Επίλυση



Εικόνα 16

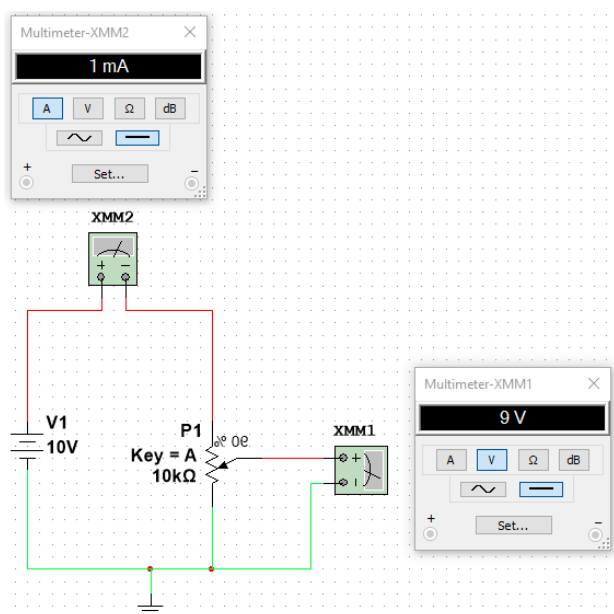
Το κύκλωμα της Εικόνας 16 εκμεταλλεύεται τη συνδεσμολογία του διαιρέτη τάσης. Με άλλα λόγια, η τάση της πηγής διαμοιράζεται στα άκρα του αντιστάτη μεταβλητής αντίστασης P₁, ανάλογα την αντίστασή του.

Συνεπώς, από το κεφάλαιο «Προσομοιωτική Επίλυση» που

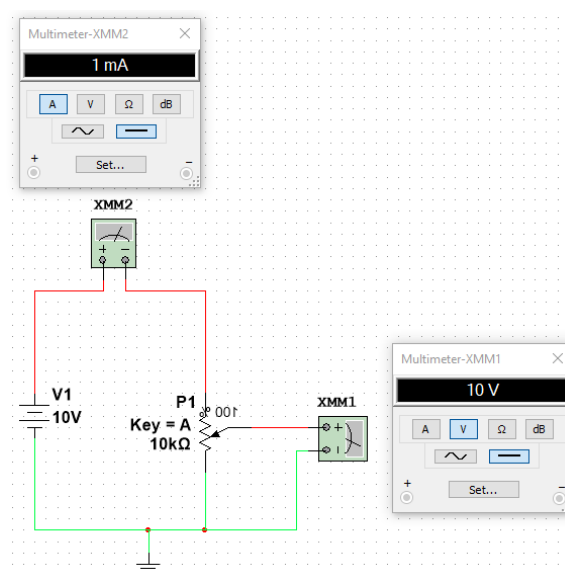
αναπαριστά το κύκλωμα της Εικόνας 16, διαπιστώνεται ότι η ένδειξη του αμπερομέτρου AM είναι ίδια σε κάθε τιμή αντίστασης που παίρνει ο αντιστάτης μεταβλητής αντίστασης, ενώ η ένδειξη του βολτομέτρου αλλάζει ανάλογα με την αντίσταση που έχει ο αντιστάτης. Όπως διαπιστώνεται στον Πίνακα 3 στο κεφάλαιο «Προσομοιωτική επίλυση», η διαφορά δυναμικού στα άκρα του αντιστάτη παίρνει ένα ανάλογο ποσοστό από τη διαφορά δυναμικού της πηγής, επαληθεύοντας τη συνδεσμολογία του διαιρέτη τάσης και το νόμο του Ohm.

Ο αντιστάτης συνδέεται ως ποτενσιόμετρο και οι τιμές της αντίστασης κυμαίνονται από 0 έως 10 kΩ (0 – 100%). Επομένως, η τάση στα άκρα του ποτενσιόμετρου δεν μπορεί να ξεπεράσει την τάση στα άκρα της πηγής και γι' αυτό μεταβιβάζεται ανάλογα με τη τιμή της αντίστασης που παίρνει το ποτενσιόμετρο.

Προσομοιωτική Επίλυση



Εικόνα 17



Εικόνα 18

Πίνακας 3

Αντίσταση (R) %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Τάση (V) (Volt)	0.999999	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Από την προσομοιωτική επίλυση του κυκλώματος στο λογισμικό προσομοίωσης "Multisim" (Εικόνες 17, 18), καταγράφονται οι μετρήσεις των πολυμέτρων (ρυθμισμένων να υπολογίζουν ένταση συνεχούς ρεύματος και τάση) που οδηγούν σε αξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

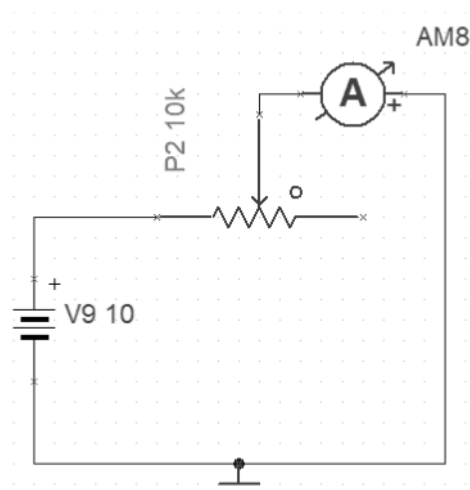
Από τον Πίνακα 3 παρατηρείται ότι όσο μεταβάλλεται η τιμή της αντίστασης, η διαφορά δυναμικού στα άκρα της μεταβάλλεται το ίδιο, αλλά δεν ξεπερνάει την διαφορά δυναμικού στα άκρα της πηγής V. Το κύκλωμα λειτουργεί όπως ο διαιρέτης τάσης, δηλαδή, η διαφορά δυναμικού στα άκρα της αντίστασης είναι ένα ποσοστό της διαφοράς δυναμικού στα άκρα της πηγής (το ποσοστό μεταβάλλεται).

Το πολύμετρο XMM_2 (αμπερόμετρο) συνδέεται σε σειρά με το ένα άκρο του στον θετικό πόλο της πηγής και το άλλο στο πάνω άκρο του ποτενσιομέτρου, ενώ το πολύμετρο XMM_1 (βολτόμετρο) συνδέεται παράλληλα με το ποτενσιόμετρο με το ένα άκρο του στο μεσαίο καλώδιο του ποτενσιομέτρου και το άλλο στη γείωση.

Οι Εικόνες 17 και 18 αποτελούν δύο στιγμιότυπα από τον Πίνακα 3 και συγκεκριμένα για το ποσοστό 90% (Εικόνα 17) και 100% (Εικόνα 18) της αντίστασης του ποτενσιομέτρου (10 k Ω) και όπως παρατηρείται η τάση μεταβιβάζεται εξ' ολοκλήρου στα άκρα του ποτενσιομέτρου όταν αυτός είναι στο 100% της τιμής της αντίστασης (10 k Ω), επαληθεύοντας τη συνδεσμολογία του διαιρέτη τάσης.

1.3.5 : Σύνδεση αντίστασης ως ροοστάτης

Θεωρητική Επίλυση



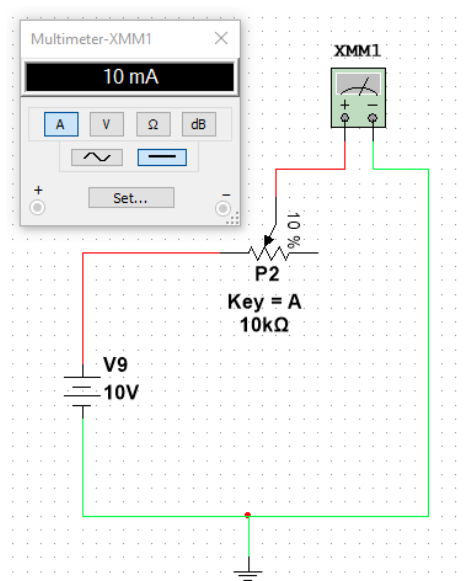
Εικόνα 19

Το κύκλωμα της Εικόνας 19 εκμεταλλεύεται τη συνδεσμολογία του διαιρέτη ρεύματος. Με άλλα λόγια, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα άκρα του αντιστάτη μεταβλητής αντίστασης P_2 είναι αντιστρόφως ανάλογη με την τιμή που παίρνει ο αντιστάτης.

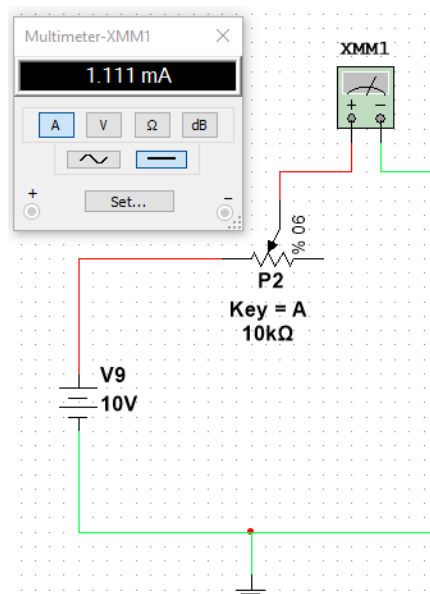
Συνεπώς, από το κεφάλαιο «Προσομοιωτική Επίλυση» που αναπαριστά το κύκλωμα της Εικόνας 19, διαπιστώνεται ότι η ένδειξη του αμπερομέτρου AM αλλάζει σε κάθε τιμή αντίστασης που παίρνει ο αντιστάτης μεταβλητής αντίστασης. Όπως, διαπιστώνεται στον Πίνακα 3 στο κεφάλαιο «Προσομοιωτική επίλυση», η ένταση του ρεύματος παίρνει ένα αντιστρόφως ανάλογο ποσοστό από την αντίσταση του αντιστάτη μεταβλητής αντίστασης, επαληθεύοντας τη συνδεσμολογία του διαιρέτη ρεύματος και το νόμο του Ohm.

Ο αντιστάτης συνδέεται ως ροοστάτης και οι τιμές της αντίστασης κυμαίνονται από 0 έως 10 kΩ (0 – 100%). Επομένως, σύμφωνα με το νόμο του Ohm, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον ροοστάτη θα μειώνεται όσο αυξάνεται η αντίσταση στον ροοστάτη.

Προσομοιωτική Επίλυση



Εικόνα 20



Εικόνα 21

Πίνακας 4

Αντίσταση (R) %	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Ένταση (I) (mA)	10	5	3.33	2.5	2	1.667	1.429	1.25	1.111	1

Από την προσομοιωτική επίλυση του κυκλώματος στο λογισμικό προσομοίωσης "Multisim" (Εικόνες 20, 21), καταγράφονται οι μετρήσεις του πολυμέτρου (ρυθμισμένο να υπολογίζει την ένταση συνεχούς ρεύματος) που οδηγούν σε αξιοσημείωτες παρατηρήσεις.

Από τον Πίνακα 4 παρατηρείται ότι όσο μεταβάλλεται η τιμή της αντίστασης, τόσο μεταβάλλεται αντίστροφα η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα άκρα του ροοστάτη. Το κύκλωμα λειτουργεί όπως ο διαιρέτης ρεύματος, δηλαδή, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα άκρα του ροοστάτη είναι ένα αντιστρόφως ποσοστό της αντίστασης του ροοστάτη (το ποσοστό μεταβάλλεται).

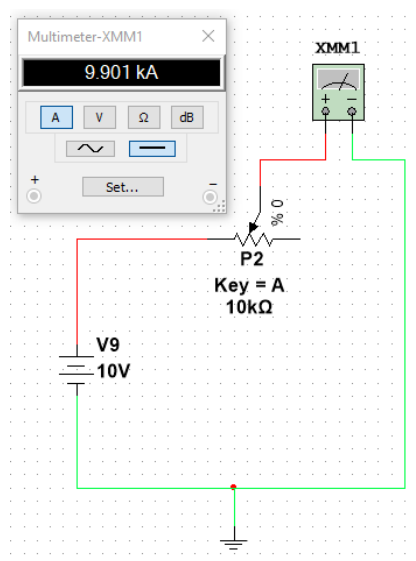
Το πολύμετρο XMM₁ (αμπερόμετρο) συνδέεται σε σειρά με το ένα άκρο του στο μεσαίο καλώδιο του ροοστάτη και το άλλο στη γείωση.

Οι Εικόνες 20 και 21 αποτελούν δύο στιγμιότυπα από τον Πίνακα 4 και συγκεκριμένα για το ποσοστό 10% (Εικόνα 20) και 90% (Εικόνα 21) της αντίστασης του ροοστάτη (10 kΩ) και όπως παρατηρείται η ένταση του ρεύματος μειώνεται με τρόπο ανάλογο που αυξάνεται η αντίσταση του ροοστάτη, επαληθεύοντας τη συνδεσμολογία του διαιρέτη ρεύματος και του νόμου του Ohm.

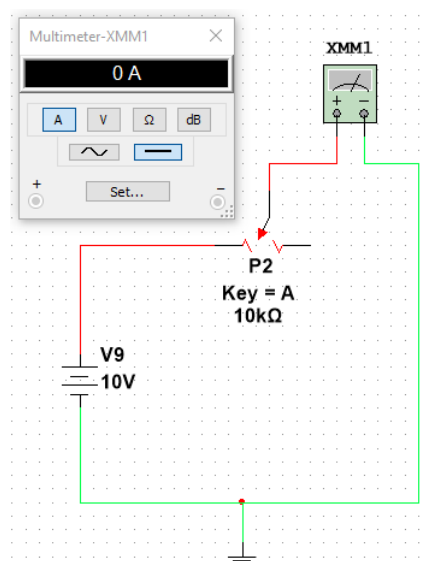
1.6 : Ερωτήσεις

Ερώτηση 1

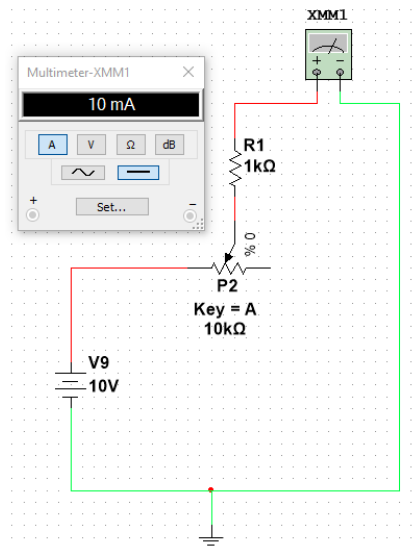
Τι θα γίνει στην Εικόνα 19 αν η μεταβλητή αντίσταση πάει στο 0%; Υπολογίσατε το ρεύμα που θα διαρρεύσει την αντίσταση. Υπάρχει τρόπος να επιλυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα;



Εικόνα 22



Εικόνα 23



Εικόνα 24

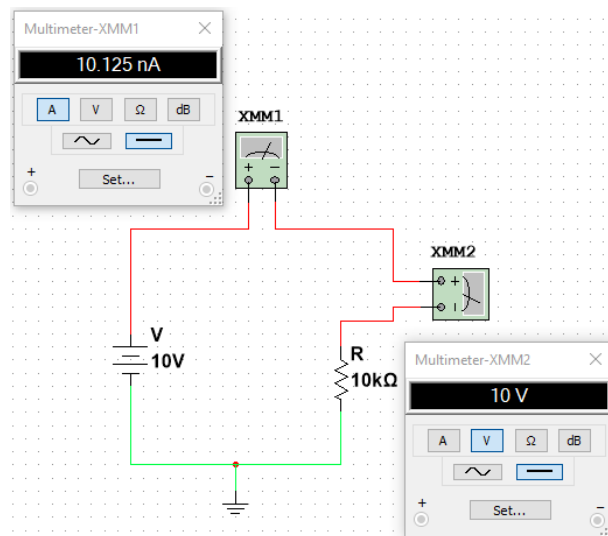
Στην Εικόνα 19 (ενότητα 1.3.5 : Σύνδεση αντίστασης ως ροοστάτης, κεφάλαιο «Θεωρητική Επίλυση»), αν η μεταβλητή αντίσταση πάει στο 0%, τότε, αρχικά η ένδειξη του αμπερομέτρου θα είναι 9.901 kA (Εικόνα 22). Η ένδειξη, σαφώς, είναι πολύ υψηλή, με συνέπεια να κοπεί η σύνδεση της αντίστασης με το αμπερόμετρο και το κύκλωμα να γίνει ανοικτό (Εικόνα 23). Τα αμπερόμετρα έχουν πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση και από το νόμο του Ohm είναι γνωστό ότι η ένταση του ρεύματος και η αντίσταση είναι αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη.

Επομένως, όσο πιο μικρή είναι η τιμή της αντίστασης, τόσο πιο μεγάλη είναι η τιμή της έντασης του ρεύματος, γεγονός που δικαιολογεί την πολύ υψηλή ένδειξη του αμπερομέτρου, όταν η μεταβλητή αντίσταση πάει στο 0%. Το πρόβλημα διορθώνεται με την τοποθέτηση μίας αντίστασης σταθερής τιμής (1 kΩ) στο άκρο που μεταβάλλεται η τιμή της μεταβλητής αντίστασης (Εικόνα 24).

Άρα, όταν η μεταβλητή αντίσταση πάει στο 0%, τότε δεν θα δημιουργηθεί το πρόβλημα της υψηλής έντασης του ρεύματος εξαιτίας της πολύ μικρής εσωτερικής αντίστασης του αμπερομέτρου, που οδηγεί σε ανοικτό κύκλωμα.

Ερώτηση 2

Η μέτρηση της τάσης στην Εικόνα 9, θα ήταν ορθότερο να περιλαμβάνει την πτώση τάσης στα άκρα της αντίστασης R και του αμπερομέτρου; Δικαιολογήστε.



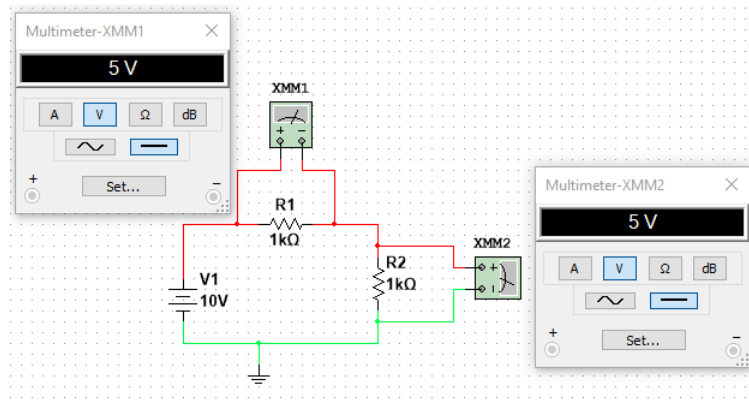
Εικόνα 25

Η μέτρηση της τάσης στην Εικόνα 9 (ενότητα 1.3.3 : νόμος του Ohm, κεφάλαιο «Θεωρητική Επίλυση»), δεν θα ήταν ορθότερη να περιλαμβάνει την πτώση τάσης στα άκρα της αντίστασης R και του αμπερομέτρου.

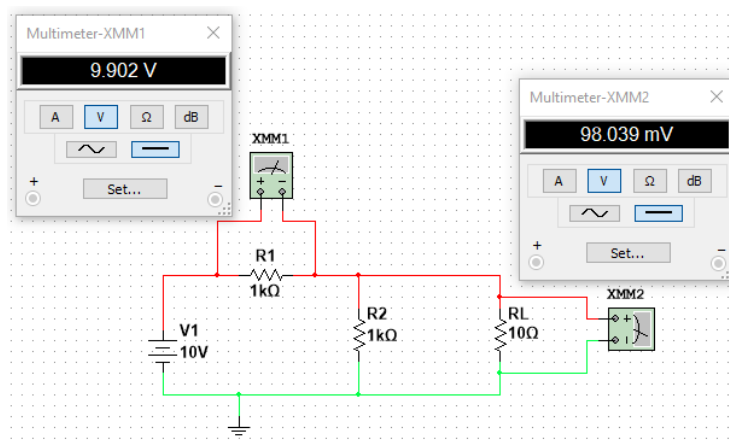
Από την Εικόνα 25, η ένδειξη του βολτομέτρου XMM_2 είναι σωστή και η ίδια για την πτώση τάσης στα άκρα της αντίστασης R ($10\text{ k}\Omega$) για πηγή τάσης 10 Volt . Ωστόσο, η ένδειξη του αμπερομέτρου XMM_1 είναι 10.125 nA , τιμή που απέχει από την ορθή ένδειξη της έντασης του ρεύματος (10 mA) για πηγή τάσης 10 Volt . Ο λόγος είναι ότι το αμπερόμετρο μετράει την ένταση του ρεύματος από την πηγή στο βολτόμετρο. Το βολτόμετρο έχει μεγάλη εσωτερική αντίσταση και από το νόμο του Ohm ($I = V / R$), όπου η αντίσταση (R) και η ένταση του ρεύματος (I) είναι αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη. Συνεπώς, όσο πιο μεγάλη είναι η αντίσταση, τόσο πιο μικρή είναι η ένταση του ρεύματος.

Ερώτηση 3

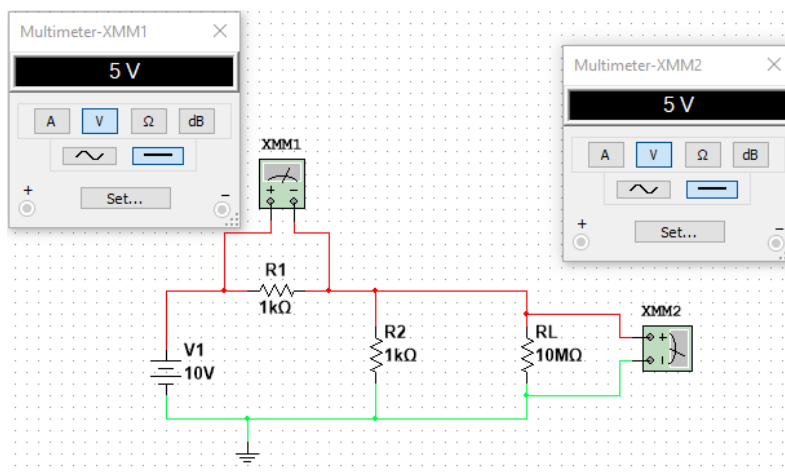
Θεωρήστε διαιρέτη τάσης με $R_1 = R_2 = 1\text{ k}\Omega$. Συνδέουμε φορτίο $R_L = 10\text{ }\Omega$. Τι θα συμβεί; Προτείνετε τρόπο επίλυσης.



Εικόνα 26



Εικόνα 27



Εικόνα 28

Συνδέοντας στο κύκλωμα του διαιρέτη τάσης (Εικόνα 26), μία αντίσταση φορτίου R_L (10 Ω) παράλληλα με τον αντιστάτη R_2 (1 K Ω), παρατηρείται ότι η τάση της πηγής δεν διαιρείται ισομερώς στους δύο αντιστάτες R_1 (1 K Ω) και R_2 (Εικόνα 27). Συγκεκριμένα, η ένδειξη του πολυμέτρου XMM_1 στην Εικόνα 27, που είναι ρυθμισμένο να μετράει τάση συνεχούς ρεύματος (βολτόμετρο) και συνδεδεμένο παράλληλα με τον αντιστάτη R_1 , είναι 9.902 V. Αντίθετα, η ένδειξη του πολυμέτρου XMM_2 στην Εικόνα 27, που είναι επίσης, ρυθμισμένο να μετράει τάση συνεχούς ρεύματος (βολτόμετρο) και συνδεδεμένο παράλληλα με τον αντιστάτη R_2 , είναι 98.039 mV. Στην Εικόνα 26, δηλαδή, στο κύκλωμα του διαιρέτη τάσης παρατηρείται ότι η τάση της πηγής (10 V) διαιρείται ισομερώς στα άκρα των δύο αντιστατών R_1 και R_2 .

Ο προβληματισμός αυτός αναλύεται με την θεωρία συνδεσμολογίας αντιστατών και με την βοήθεια του νόμου του Ohm. Οι δύο αντιστάτες R_2 (1 k Ω) και R_L (10 Ω) είναι παράλληλα συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Επομένως από τον μαθηματικό τύπο της παράλληλης σύνδεσης αντιστατών ισχύει :

$$R_2 // R_L \Rightarrow R_{2L} = R_2 * R_L / R_2 + R_L \Rightarrow R_{2L} = 1000 * 10 / 1000 + 10 \Rightarrow R_{2L} = 10000 / 1010 \Rightarrow R_{2L} = 9.9 \Omega$$

Από το νόμο του Ohm για τον αντιστάτη R_{2L} και για τον αντιστάτη R_1 καταγράφεται το εξής πόρισμα :

$$R_1 : I = VR_1 / R_1 \quad \underline{1}$$

$$R_{2L} : I = VR_{2L} / R_{2L} \quad \underline{2}$$

$$\underline{1}, \underline{2} \Rightarrow VR_1 = VR_{2L} \Rightarrow I * R_1 = I * R_{2L} \Rightarrow I * 1000 = I * 9.9 \quad \underline{3}$$

Από τη σχέση 3 διαπιστώνεται ότι η τάση στα άκρα της R_1 είναι πολύ μεγαλύτερη από τη τάση στα άκρα της R_{2L} .

Η επίλυση στο πρόβλημα πραγματοποιείται, εφόσον η αντίσταση φορτίου R_L είναι πολύ μεγαλύτερη της αντίστασης του R_2 (Εικόνα 28). Στην Εικόνα 28, η αντίσταση φορτίου R_L είναι 10 M Ω και επαναλαμβάνοντας την ίδια διαδικασία καταγράφονται τα εξής :

$$R_2 // R_L \Rightarrow R_{2L} = R_2 * R_L / R_2 + R_L \Rightarrow R_{2L} = 1000 * 10000000 / 1000 + 10000000 \Rightarrow R_{2L} = 10000000000000 / 10001000 \Rightarrow R_{2L} = 999.9 \Omega$$

$$R_1 : I = VR_1 / R_1 \quad \underline{1}$$

$$R_{2L} : I = VR_{2L} / R_{2L} \quad \underline{2}$$

$$\underline{1}, \underline{2} \Rightarrow VR_1 = VR_{2L} \Rightarrow I * R_1 = I * R_{2L} \Rightarrow I * 1000 = I * 999.9 \quad \underline{3}$$

Από τη σχέση 3 διαπιστώνεται ότι η τάση στα άκρα της R_1 είναι σχεδόν ίση με τη τάση στα άκρα της R_{2L} , επαληθεύοντας τη λειτουργία του διαιρέτη τάσης. Σύμφωνα με το νόμο του Ohm, όσο πιο μεγάλη η αντίσταση σ' έναν κλειστό βρόχο τόσο πιο μεγάλη η τάση στα άκρα της και σύμφωνα με την παράλληλη συνδεσμολογία αντιστατών όσο πιο μεγάλη η απόκλιση των αντιστάσεων των δύο αντιστατών, τόσο πιο μεγάλη η ισοδύναμη αντίσταση. Ο διαιρέτης τάσης δεν επηρεάζεται εάν η αντίσταση φορτίου είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την αντίσταση του αντιστάτη που συνδέεται παράλληλα ($R_L = 10 \text{ M}\Omega // R_2 = 1 \text{ k}\Omega$) και όπως ορθά παρατηρείται στην Εικόνα 28 και διαπιστώνεται η διαφορά στην Εικόνα 27, όταν η αντίσταση φορτίου R_L είναι μικρότερη ή ίση ή μεγαλύτερη από τον R_2 .