

## Lab03: Νόμος του Ohm, Μετρήσεις Δυναμικού, Ρεύματος, Αντιστάσεων – Συνδεσμολογία Αντιστάσεων

### Πηγές Τάσης

Οι μπαταρίες, οι γεννήτριες, οι τροφοδοσίες ρεύματος είναι συσκευές που μετατρέπουν κάποια άλλη μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Όταν οι ακροδέκτες μιας μπαταρίας συνδέονται με ένα καλώδιο, δυνάμεις ασκούνται στα φορτία και δημιουργούν ροή φορτίου στο καλώδιο, δηλαδή ηλεκτρικό ρεύμα. Εδώ η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από χημικές αντιδράσεις μέσα στην μπαταρία. Υπάρχουν πολλές πηγές ηλεκτροκινητικής δύναμης: ηλιακά κύτταρα και γεννήτριες είναι μερικά παραδείγματα.

### Διαφορά Τάσης

Η διαφορά τάσης  $\Delta V \equiv V_B - V_A$  μεταξύ των σημείων A και B ορίζεται ως το αρνητικό του έργου  $\Delta W$  ανά φορτίο,  $q$ , κατά τη μετακίνηση του φορτίου,  $q$ , από το σημείο A σε κάποιο σημείο B:

$$\Delta V = -\frac{\Delta W}{q} \Rightarrow \Delta W = -q\Delta$$

Η διαφορά τάσης ονομάζεται επίσης διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού. Η μονάδα της διαφοράς τάσης είναι το volt [ $V$ ] = [ $Joule/C$ ] = [ $J/C$ ].

Το έργο που πραγματοποιείται  $\Delta W$  στον ορισμό της διαφοράς τάσης είναι το έργο που πραγματοποιείται από την ηλεκτρική δύναμη:

$$\Delta W = \int_A^B \vec{F}_{\eta\lambda.} \cdot d\vec{r}$$

### Ενέργεια-Έργο

Ένα θετικό φορτίο που είναι ελεύθερο να κινηθεί θα πάει από υψηλότερο δυναμικό σε χαμηλότερο δυναμικό. Δεδομένου ότι  $\Delta V$  είναι αρνητικό και  $q > 0$ , το έργο που πραγματοποιείται από την ηλεκτροκινητική δύναμη είναι θετικό, ( $\Delta W = -q\Delta V > 0$ ). Αυτό το θετικό έργο μπορεί να μετατραπεί σε μηχανική ενέργεια με τη αύξηση της κινητικής ενέργειας ( $\Delta W = \Delta K$ ) ή να μετατραπεί σε θερμότητα ( $\Delta W = \Delta Q_{\text{θερμ.}}$ ). Σε αντίθεση, ένα αρνητικό φορτίο που είναι ελεύθερο να κινηθεί θα πάει από χαμηλότερο δυναμικό σε υψηλότερο δυναμικό.

### Ηλεκτρικό ρεύμα

Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ροή ηλεκτρικών φορτίων. Το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει μέσα από ένα καλώδιο ορίζεται ως το συνολικό φορτίο που διαρρέει οποιαδήποτε διατομή του καλωδίου ανά δευτερόλεπτο. Η μονάδα του ρεύματος είναι το ampere [A], με 1 ampere = 1 C/sec. Συνήθη ρεύματα κυμαίνονται από MA ( $10^6$ A) σε κεραυνούς έως nA ( $10^{-9}$ A) στους νευρώνες του οργανισμού.

Η ιδέα ότι το ρεύμα,  $I$ , είναι ο ρυθμός μεταβολής του φορτίου,  $Q$ , με την πάροδο του χρόνου μπορεί να περιγραφεί μαθηματικά με τη σχέση:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Δεδομένου ότι η ροή έχει κατεύθυνση, εισάγουμε μια σύμβαση που αντιστοιχεί την κατεύθυνση του ρεύματος με την κατεύθυνση που κινούνται τα θετικά φορτία. Μέσα στα καλώδια, τα ρέοντα φορτία είναι αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Έτσι, τα ηλεκτρόνια ρέουν αντίθετα με την κατεύθυνση του θετικού ρεύματος.

Υπάρχουν πολλοί τύποι ηλεκτρικών ρευμάτων: συνεχές ή εναλλασσόμενο, υψηλής ή χαμηλής συχνότητας, σταθερό ή παροδικό, αργά μεταβαλλόμενο, παλλόμενο ή μεταβαλλόμενο. Τα ηλεκτρικά ρεύματα ρέουν σε αγωγούς: στερεά (μέταλλα, ημιαγωγοί), υγρά (ηλεκτρολύτες) και ιονισμένα αέρια. Τα ηλεκτρικά ρεύματα δεν ρέουν (σημαντικά) σε μη αγωγούς ή μονωτές.

## Τροφοδοτικά ρεύματος

Ο ρυθμός εκτέλεσης έργου ονομάζεται ισχύς. Μια πηγή τάσης  $\Delta V$  που παράγει ένα ρεύμα  $I$  έχει ισχύ εξόδου:

$$P = \Delta V I$$

Οι πηγές τάσης αναφέρονται συχνά ως τροφοδοτικά ρεύματος. Μονάδα ισχύος είναι το Watt [ $W$ ]:  $[W] = [watt] = [Volt][Ampere] = [V][A]$ .

Δεδομένου ότι η ισχύς είναι ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας με την πάροδο του χρόνου, οι μονάδες *watt* είναι επίσης:  $[W] = [watt] = [Joule/sec.] = [J/s]$ .

## Ηλεκτρικά κυκλώματα

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα συνδέουν τις τροφοδοσίες ρεύματος με "φορτία", όπως αντιστάσεις, κινητήρες, θερμαντικά σώματα ή λαμπτήρες. Η σύνδεση μεταξύ του τροφοδοτικού και του φορτίου γίνεται με μονωμένα καλώδια, τα οποία συχνά ονομάζονται "ακροδέκτες" ή με διάφορους τύπους συνδέσμων και ακροδεκτών. Η ενέργεια παρέχεται από την πηγή στον χρήστη με το πάτημα ενός διακόπτη. Μερικές φορές πολλά στοιχεία κυκλώματος συνδέονται στον ίδιο αγωγό, ο οποίος ονομάζεται «κοινός αγωγός» για αυτά τα στοιχεία. Διάφορα μέρη των κυκλωμάτων, που ονομάζονται στοιχεία κυκλώματος, μπορούν να είναι σε σειρά ή παράλληλα, ή συνδυασμένα σε σειρά-παράλληλα. Τα στοιχεία είναι παράλληλα όταν συνδέονται «σε κοινή» διαφορά τάσης. Γενικά, τα φορτία συνδέονται παράλληλα στην τροφοδοσία ρεύματος. Όταν τα στοιχεία συνδέονται το ένα μετά το άλλο, έτσι ώστε το ρεύμα να περνά από κάθε στοιχείο χωρίς διακλαδώσεις, τα στοιχεία είναι σε σειρά.

Υπάρχουν σχηματικά διαγράμματα που δείχνουν τα καλώδια και τα εξαρτήματα όπως φαίνονται περίπου στην πραγματικότητα, και διαγράμματα κυκλωμάτων που χρησιμοποιούν συμβατικά σύμβολα, παρόμοια με οδικούς χάρτες.

Συχνά υπάρχει ένας διακόπτης σε σειρά. Όταν ο διακόπτης είναι ανοιχτός, το φορτίο αποσυνδέεται. Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, το φορτίο είναι συνδεδεμένο. Μπορεί κανείς να έχει κλειστά κυκλώματα, μέσω των οποίων ρέει ρεύμα, ή ανοικτά κυκλώματα στα οποία δεν υπάρχει ρεύμα. Μερικές φορές, συνήθως κατά λάθος, τα καλώδια μπορεί να ακουμπήσουν, προκαλώντας βραχυκύκλωμα. Το μεγαλύτερο μέρος του ρεύματος ρέει μέσω του βραχυκυκλώματος, ενώ πολύ λίγο ρεύμα θα ρέει μέσω του φορτίου. Αυτό μπορεί να κάψει ένα ηλεκτρικό εξάρτημα όπως ένας μετασχηματιστής. Για την αποφυγή ζημιών, μια ασφάλεια ή ένας διακόπτης κυκλώματος τοποθετείται σε σειρά. Όταν υπάρχει βραχυκύκλωμα, η ασφάλεια καίγεται ή ο διακόπτης ανοίγει.

Στα ηλεκτρικά κυκλώματα, ένα σημείο (ή κάποιος κοινός αγωγός) επιλέγεται ως «γείωση». Σε αυτό το σημείο αποδίδεται μια αυθαίρετη τάση, συνήθως μηδενική, και η τάση  $V$  σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος ορίζεται ως η διαφορά τάσης μεταξύ αυτού του σημείου και της γείωσης.

## Αντίσταση και Νόμος του Ohm

Όταν μια διαφορά τάσης,  $\Delta V$ , εφαρμόζεται σε ένα στοιχείο κυκλώματος, ρέει ρεύμα μέσα από αυτό. Το μέγεθος του ρεύματος εξαρτάται από την τάση. Η σχέση ρεύματος-τάσης ( $I$ - $\Delta V$  καμπύλη) είναι μια εμπειρική ιδιότητα του στοιχείου. Τρία παραδείγματα φαίνονται στο Σχήμα 3. Το Σχήμα 3α δείχνει μια γραμμική σχέση όταν το στοιχείο είναι ανθρακοσύνθετη αντίσταση, το Σχήμα 3β δείχνει μια πιο περίπλοκη μη γραμμική σχέση για το νήμα 8W του λαμπτήρα 1157 και το Σχήμα 3γ δείχνει τη μη συμμετρική μη γραμμική σχέση για μια δίοδο.

Όταν η καμπύλη  $I$ - $\Delta V$  είναι γραμμική, η αντίσταση  $R$  ορίζεται ως η κλίση της καμπύλης:

$$R = \frac{\Delta V}{I}$$

Αυτό είναι γνωστό ως *Νόμος του Ohm*, συχνά διατυπωμένο ως εξής: η πτώση τάσης,  $\Delta V$ , μέσω μιας αντίστασης είναι ίση με το ρεύμα επί την αντίσταση,  $\Delta V = IR$ . Η μονάδα της αντίστασης είναι το Ohm [ $\Omega$ ], με [ $\Omega$ ]=V/A

Η αντίσταση μιας αντίστασης μπορεί να μην είναι σταθερή, αλλά να εξαρτάται από διάφορες μεταβλητές, όπως η θερμοκρασία ή η εφαρμοζόμενη τάση.

## Συνδεσμολογία Αντιστάσεων

Αν αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι σε σειρά, η ισοδύναμη αντίσταση βρίσκεται από την σχέση:

$$R_{\text{ισοδ.}}^{\text{σειρά}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Αν οι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι παράλληλα, η ισοδύναμη αντίσταση βρίσκεται από την σχέση:

$$\frac{1}{R_{\text{ισοδ.}}^{\text{παράλληλα}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Σε πολλές περιπτώσεις κυκλωμάτων εμφανίζονται μικτές περιπτώσεις συνδεσμολογίας αντιστατών.

Το ρεύμα που διαρρέει όλους τους αντιστάτες στην περίπτωση της συνδεσμολογίας σε σειρά είναι το ίδιο. Αν οι αντιστάτες αφαιρεθούν από το κύκλωμα τότε δεν θα περάσει ρεύμα από το κύκλωμα αυτό. Στην παράλληλη συνδεσμολογία, οι αντιστάτες είναι συνδεδεμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε η τάση στα άκρα τους να είναι ίδια. Το ρεύμα διαιρείται στους παράλληλους κλάδους. Αν κάποιος αντιστάτης αφαιρεθεί από το κύκλωμα, τότε η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους άλλους κλάδους αυξάνει.

## Ισχύς που διαχέεται από μια αντίσταση

Η ισχύς που διαχέεται από μια αντίσταση ως θερμότητα, γνωστή ως θέρμανση Joule, δίνεται από την εξίσωση:

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

Οι αντιστάσεις έχουν προδιαγραφές για την ισχύ που μπορούν να διαχέουν με ασφάλεια.

### Διατήρηση του ρεύματος

Ένας κόμβος είναι ένα σημείο σε ένα κύκλωμα όπου συγκολλούνται μαζί τρία ή περισσότερα στοιχεία. Σε οποιοδήποτε σημείο όπου υπάρχει διασταύρωση μεταξύ διαφόρων κλάδων που μεταφέρουν ρεύμα, το άθροισμα των ρευμάτων που εισέρχονται στον κόμβο πρέπει να ισούται με το άθροισμα των ρευμάτων που εξέρχονται από τον κόμβο.

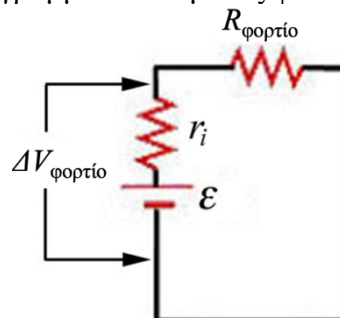
$$I_{in} = I_{out}$$

### Κανόνας βρόχου

Το άθροισμα των πτώσεων τάσης,  $\Delta V_i$ , μέσω οποιωνδήποτε στοιχείων κυκλώματος που σχηματίζουν έναν κλειστό βρόχο είναι μηδέν. Αυτό είναι απλώς η δήλωση ότι το ηλεκτρικό πεδίο δεν εκτελεί έργο ανά μονάδα φορτίου κατά τη μετακίνηση φορτίου γύρω από μια κλειστή διαδρομή.

### Εσωτερική αντίσταση πηγής τάσης

Οι πηγές τάσης έχουν εγγενή εσωτερική αντίσταση (η οποία μπορεί να μεταβάλλεται με το ρεύμα, τη θερμοκρασία, το ιστορικό κ.λπ.). Αυτό σημαίνει ότι όταν τοποθετείται ένα φορτίο στην τροφοδοσία, η τάση στους ακροδέκτες,  $\Delta V_{\text{φορτίο}}$ , θα μειωθεί. Όταν ένα εξωτερικό φορτίο συνδέεται στην τροφοδοσία, το διάγραμμα κυκλώματος φαίνεται όπως στο Σχήμα 3-1.



Σχήμα 3-1: Εσωτερική αντίσταση πηγής τάσης.

Η τάση στους ακροδέκτες της τροφοδοσίας όταν είναι συνδεδεμένο το φορτίο δίνεται από:

$$\Delta V_{\text{φορτίο}} = \Delta V_{\text{χωρίς φορτίο}} - IR_{\text{εσωτ.}}$$

Το εξωτερικό κύκλωμα έχει πτώση τάσης που δίνεται από τον Νόμο του Ohm:

$$\Delta V_{\text{φορτίο}} = IR_{\text{φορτίο}}$$

Επομένως, το ρεύμα στο κύκλωμα είναι:

$$I = \frac{\Delta V_{\text{φορτίο}}}{R_{\text{φορτίο}}}$$

Η εσωτερική αντίσταση μπορεί τώρα να υπολογιστεί:

$$R_{\varepsilon\sigma\omega\tau.} = \frac{\Delta V_{\chi\omega\rho\iota\varsigma\ \varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron} - \Delta V_{\varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron}}{I}$$

Ο κανόνας βρόχου για τον νόμο του κυκλώματος δίνει:

$$\Delta V_{\chi\omega\rho\iota\varsigma\ \varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron} - IR_{\varepsilon\sigma\omega\tau.} - IR_{\varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron} = 0$$

Το ρεύμα στο κύκλωμα μπορεί επίσης να εκφραστεί με βάση την τάση χωρίς φορτίο και την αντίσταση φορτίου:

$$I = \frac{\Delta V_{\chi\omega\rho\iota\varsigma\ \varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron}}{R_{\varepsilon\sigma\omega\tau.} + R_{\varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron}}$$

Η ισχύς που χάνεται λόγω της εσωτερικής αντίστασης δίνεται από:

$$P_{joule} = I^2 R_{\varepsilon\sigma\omega\tau.} = \frac{(\Delta V_{\chi\omega\rho\iota\varsigma\ \varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron})^2}{(R_{\varepsilon\sigma\omega\tau.} + R_{\varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron})^2} R_{\varepsilon\sigma\omega\tau.}$$

Όταν οι ακροδέκτες ενός τροφοδοτικού βραχυκυκλώνονται από ένα σύρμα με αμελητέα αντίσταση, υπάρχει ένα ανώτατο όριο για το ρεύμα βραχυκυκλώματος:

$$I_{short} = \frac{\Delta V_{\chi\omega\rho\iota\varsigma\ \varphi\omicron\rho\tau\iota\omicron}}{R_{\varepsilon\sigma\omega\tau.}}$$

## Αντιστάτες

Στα ηλεκτρικά κυκλώματα, η αντίσταση δηλώνει τη δυσκολία που εμφανίζεται ροής του ρεύματος στο κύκλωμα. Η μονάδα μέτρησής της είναι το «Ωμ» και συμβολίζεται με Ω. Η σταθερότητα του κυκλώματος και η ρύθμιση της ροής του ρεύματος είναι μεταξύ των κύριων λειτουργιών της αντίστασης στο κύκλωμα. Για αυτόν τον σκοπό, έχουν παραχθεί και χρησιμοποιούνται αντιστάσεις με διάφορες τιμές για χρήση σε κυκλώματα. Οι αντιστάσεις διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε όλα σχεδόν τα κυκλώματα ως βασικά παθητικά στοιχεία του κυκλώματος. Οι τιμές των αντιστάσεων διαφέρουν επίσης μεταξύ τους, καθώς η επιλογή της αντίστασης πρέπει να γίνεται σύμφωνα με την προοριζόμενη χρήση του κυκλώματος. Ένας κώδικας που ονομάζουμε «Κώδικας Χρωμάτων» χρησιμοποιείται για τη διάκριση των αντιστάσεων μεταξύ τους. Οι κώδικες χρωμάτων των αντιστάσεων παρουσιάζονται λεπτομερώς στον Πίνακα 3-1.

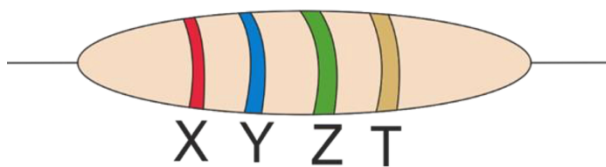
Χρώμα	1 <sup>η</sup> ταινία 1 <sup>ο</sup> Ψηφίο X	2 <sup>η</sup> ταινία 2 <sup>ο</sup> Ψηφίο Y	3 <sup>η</sup> ταινία Εκθέτης Z	4 <sup>η</sup> ταινία Ακρίβεια T
Μαύρο	0	0	1	-
Καφέ	1	1	10 <sup>1</sup>	1%
Κόκκινο	2	2	10 <sup>2</sup>	2%
Πορτοκαλί	3	3	10 <sup>3</sup>	-
Κίτρινο	4	4	10 <sup>4</sup>	-
Πράσινο	5	5	10 <sup>5</sup>	0.5%
Μπλέ	6	6	10 <sup>6</sup>	0.25%
Μωβ	7	7	10 <sup>7</sup>	0.1%
Γκρι	8	9	10 <sup>8</sup>	-
Άσπρο	9	9	10 <sup>9</sup>	-
Χρυσό	-	-	10 <sup>-1</sup>	5%
Ασημί	-	-	10 <sup>-2</sup>	10%
Χωρίς χρώμα	-	-	-	20%

**Πίνακας 3-1:** Κώδικας χρωμάτων για τις αντιστάσεις

Με βάση τον κώδικα χρωμάτων η τιμή μιας αντίστασης υπολογίζεται ως:

$$R = [XY] \times 10^Z \pm (R \times T/100)$$

Όταν διαβάζουμε τα χρώματα, ξεκινούμε από το ένα άκρο της αντίστασης. Έστω θέλουμε να βρούμε την τιμή της αντίστασης που φαίνεται στο Σχήμα 3-2. Διαβάζουμε τα χρώματα:



**Σχήμα 3-1:** Τα χρώματα σε μια αντίσταση

X = κόκκινο, Y = μπλέ, Z = πράσινο και T = χρυσό.

Επομένως σύμφωνα με τον πίνακα η τιμή της αντίστασης θα είναι  $R = 26 \times 10^5 \Omega \pm 13k\Omega$ .

## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### Δραστηριότητα 1: Προσδιορισμός της αντίστασης 5 τυχαίων αντιστατών

Σας δίνονται 5 τυχαίοι αντιστάτες. Θα πρέπει να συμπληρώσετε στον Πίνακα 3-2 τα χρώματα των αντιστατών αυτών. Υπολογίστε τη θεωρητική τους τιμή με βάση τον Πίνακα των χρωμάτων. Στην τελευταία γραμμή συμπληρώστε την τιμή της αντίστασης που μετράτε με τη χρήση του πολύμετρου. Σχολιάστε την συμφωνία μεταξύ της εκτιμώμενης και μετρούμενης τιμής της αντίστασης.

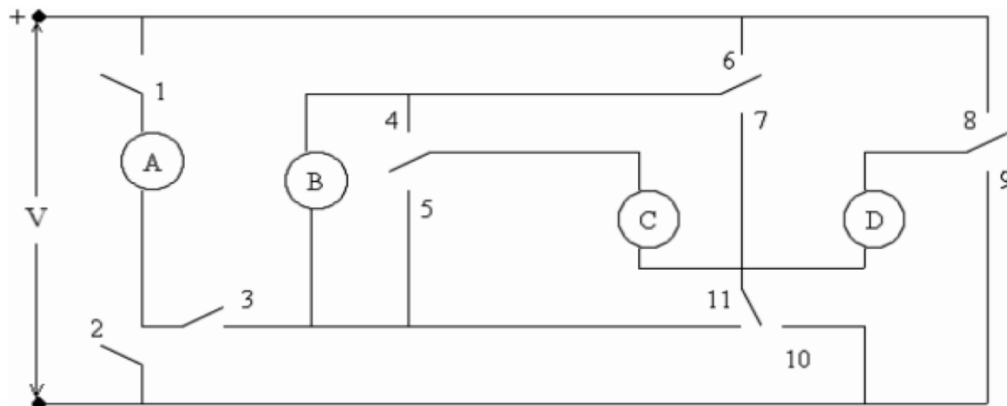
Χρώμα	Αντιστάτης 1	Αντιστάτης 2	Αντιστάτης 3	Αντιστάτης 4	Αντιστάτης 5
1 <sup>ο</sup> ψηφίο					
2 <sup>ο</sup> ψηφίο					
3 <sup>ο</sup> ψηφίο					
4 <sup>ο</sup> ψηφίο					
Εκτιμώμενη Τιμή					
Μετρούμενη Τιμή					

**Πίνακας 3-2:** Δεδομένα για τις θεωρητικές, εκτιμώμενες και μετρούμενες τιμές των αντιστατών.

### Δραστηριότητα 2: Συνδεσμολογία αντιστάσεων


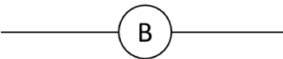
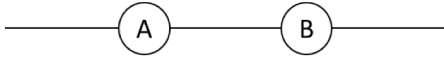
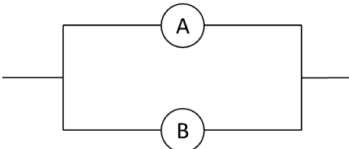
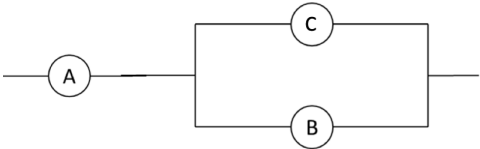
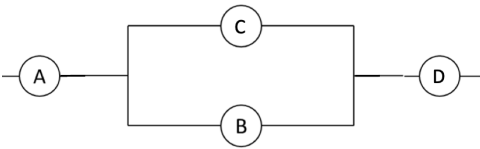
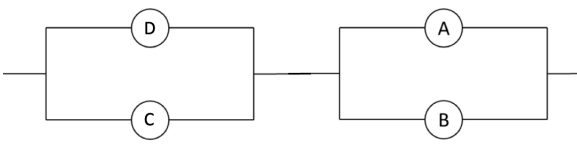
Θεωρήστε ότι η σχηματική αναπαράσταση του κυκλώματος που θα χρησιμοποιήσετε στην διάταξή σας είναι αυτή του Σχήματος 3-3. Στο Σχήμα, τα νούμερα 1-11 αναφέρονται σε διακόπτες ενώ τα γράμματα A, B, C, D αναφέρονται σε λαμπτήρες.

Με βάση το Σχήμα 3-3, σημειώστε στον Πίνακα 3-3 τους αριθμούς των διακοπών που θα πρέπει να κλείσετε ώστε να επιτύχετε τα κυκλώματα που φαίνονται στη 2<sup>η</sup> στήλη του Πίνακα αυτού.



**Σχήμα 3-2:** Κύκλωμα για παράλληλη ή σε σειρά συνδεσμολογία αντιστατών.



Κύκλωμα	Κύκλωμα για κατασκευή	Διακόπτες κλειστοί
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

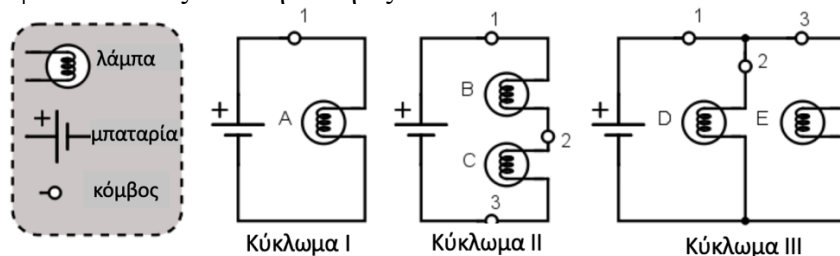
**Πίνακας 3-3:** Κυκλώματα για κατασκευή από αυτό του Σχήματος 3-3 με τη βοήθεια των διακοπών.

### Δραστηριότητα 3:

#### Απλά κυκλώματα

Θα πρέπει να κατασκευάσετε τα κυκλώματα που φαίνονται στο Σχήμα 3-4. Το κύκλωμα I αποτελεί το κύκλωμα αναφοράς. Πρέπει να ελέγξετε ότι όλοι οι λαμπήρες έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Μπορείτε να μετρήσετε την αντίστασή τους ενώ είναι κρύοι.

Ρυθμίστε το τροφοδοτικό σας ώστε η τάση εξόδου του να είναι  $5V$ .



**Σχήμα 3-4:** Απλά κυκλώματα τροφοδοτικού – λαμπτήρων

Ξεκινήστε με το Κύκλωμα I (κύκλωμα αναφοράς) και εξετάστε όλους τους λαμπτήρες ώστε να έχουν την ίδια φωτεινότητα. Ταξινομήστε τους λαμπτήρες A, B, C, D, E, ανάλογα με την φωτεινότητά τους σε φθίνουσα φωτεινότητα. Αιτιολογήστε τις παρατηρήσεις σας.

Κατασκευάστε το Κύκλωμα II και παρατηρήστε την φωτεινότητα των λαμπτήρων. Πως συγκρίνονται με την φωτεινότητας στο Κύκλωμα I; Αιτιολογήστε τις παρατηρήσεις σας θεωρώντας το ρεύμα που τους διαρρέει. Γράψτε τα συμπεράσματά σας στην αναφοράς σας.

Κατασκευάστε το Κύκλωμα III και παρατηρήστε την φωτεινότητα των λαμπτήρων. Πως συγκρίνονται με την φωτεινότητας στο Κύκλωμα I; Αιτιολογήστε τις παρατηρήσεις σας θεωρώντας το ρεύμα που τους διαρρέει. Γράψτε τα συμπεράσματά σας στην αναφοράς σας.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διατήρηση ενέργειας και διατήρηση φορτίου για να εξηγήσετε τις παρατηρήσεις σας; Ο ρυθμός με τον οποίο χάνεται ενέργεια από τον λαμπτήρα εξαρτάται από την διαφορά δυναμικού στα άκρα του και του ρεύματος που τον διαρρέει. Το τροφοδοτικό παρέχει σταθερό ρεύμα ή σταθερή διαφορά δυναμικού στο κύκλωμα;

## Περισσότερο πολύπλοκο κυκλώματα

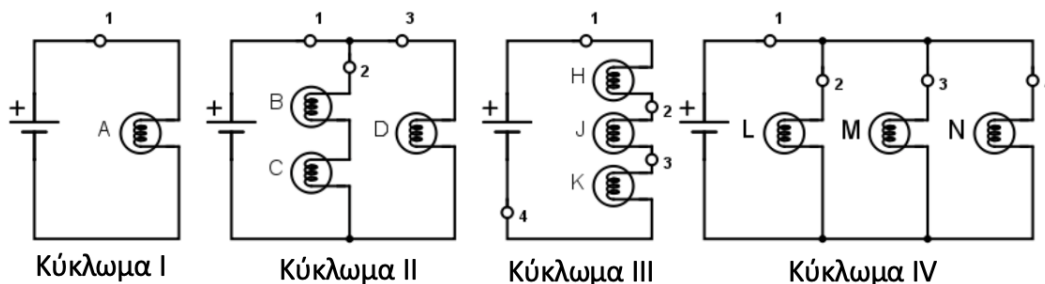
Θα κατασκευάσετε τα κυκλώματα του Σχήματος 3-5. Το κύκλωμα είναι το ίδιο με το κύκλωμα αναφοράς του προηγούμενου βήματος.

Ξεκινήστε με το Κύκλωμα II. Παρατηρήστε την φωτεινότητα των λαμπτήρων και συγκρίνετε με την φωτεινότητα στο κύκλωμα αναφοράς. Τι συμπεραίνετε σχετικά με τη ροή ρεύματος μέσω κάθε λαμπτήρα;

Πως συγκρίνεται η φωτεινότητα του λαμπτήρα D σε σχέση με τους λαμπτήρες B και C και με αυτή του λαμπτήρα A; Τι μπορείτε να συμπεράνετε για το ρεύμα που διαρρέει τον C και αυτόν στο A; Τι μπορείτε να συμπεράνετε σχετικά με το ρεύμα που διαρρέει τους δύο κλάδους του κυκλώματος II;

Πως συγκρίνεται η φωτεινότητα των λαμπτήρων στο Κύκλωμα III με αυτή στο Κύκλωμα I; Τι μπορείτε να συμπεράνετε για το ρεύμα στο σημείο 1 του Κυκλώματος I και III;

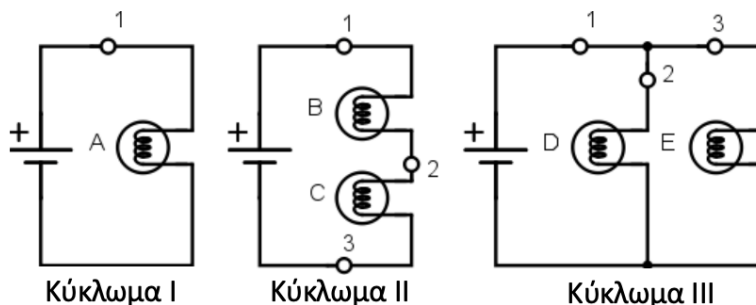
Συνδέστε το Κύκλωμα IV. Πως συγκρίνεται η φωτεινότητα του λαμπτήρα L με τον λαμπτήρα A; Ποιο το συμπέρασμά σας για το ρεύμα στο σημείο 1 των κυκλωμάτων I και IV;



Σχήμα 3-5: Σύνθετα κυκλώματα τροφοδοτικού – λαμπτήρων.

## Κυκλώματα βραχυκυκλώματος

Θα κατασκευάσετε τα κυκλώματα του Σχήματος 3-6 και θα χρησιμοποιήσετε σύρματα για να βραχυκυκλώσετε διάφορους λαμπτήρες σε κάθε κύκλωμα και θα παρατηρήσετε την μεταβολή της φωτεινότητας μετά το βραχυκύκλωμα.



**Σχήμα 3-6:** Κυκλώματα βραχυκυκλώματος τροφοδοτικού - λαμπτήρων.

Κατασκευάστε το Κύκλωμα II και παρατηρήστε την φωτεινότητα των λαμπτήρων B και C όταν τοποθετήσετε ένα σύρμα μεταξύ των σημείων 1 και 2. Πως αλλάζει το ρεύμα στον C; Πως αλλάζει το ρεύμα στον B. Αλλάζει το ρεύμα που διαπερνά τον κόμβο 1; Θερμαίνεται το καλώδιο που συνδέει το 1 και 2; Αιτιολογήστε τις απαντήσεις στην αναφορά που θα επιστρέψετε.

Κατασκευάστε το Κύκλωμα III. Τι συμβαίνει στην φωτεινότητα των D και E όταν βάζετε ένα σύρμα βραχυκυκλώνοντας τον λαμπτήρα E; Αλλάζει το ρεύμα που διαπερνά τον D; Αλλάζει το ρεύμα που διαπερνά τον E; Ποια θα ήταν η φωτεινότητα ενός λαμπτήρα που θα τοποθετούνταν στον κόμβο 1; Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας.

## Δραστηριότητα 4:

### Εξαρτήματα που θα χρειαστούν

Θα χρειαστείτε το τροφοδοτικό χαμηλής τάσης που κατασκευάσατε. Θα χρειαστείτε επίσης τα εξαρτήματα που φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 3-4.

Αριθμός	Είδος
2	Πολύμετρα
3	$50\Omega - 0.5W$
1	$2.4\Omega - 2.0W$
1	$0.5\Omega$
1	$0.1\Omega$
3	Λαμπτήρας μινιατούρα $0.15A - 6.5V$
3	Λαμπτήρας $1.2W - 24V$
	clips

**Πίνακας 3-4:** Λίστα με τα εξαρτήματα που θα χρειαστείτε για τις μετρήσεις

## Μετρήσεις

1. Θα πρέπει να μετρήσετε την αντίσταση των λαμπτήρων ενώ είναι «κρύου» (πριν συνδεθούν στο κύκλωμα).
2. Να συνδέσετε τις τρεις αντιστάσεις των  $50\Omega$ , δύο σε παράλληλη συνδεσμολογία και η 3<sup>η</sup> σε σειρά με την συνδεσμολογία των άλλων δύο αντιστάσεων. Μετρήστε τις αντιστάσεις.

### Διαιρέτης τάσης

1. Ρυθμίστε το τροφοδοτικό ώστε να δίνει ως output  $5V$ .
2. Χρησιμοποιώντας το ένα πολύμετρο ως βολτόμετρο, μετρήστε την τάση στα άκρα της μονής αντίστασης και στα άκρα των δύο παράλληλων αντιστάσεων.
3. Χρησιμοποιήστε το δεύτερο πολύμετρο για να μετρήσετε το ρεύμα που διαρρέει κάθε αντίσταση του κυκλώματος.
4. Καταγράψτε τις τάσεις, και εντάσεις των ρευμάτων. Υπολογίστε την ισχύ σε κάθε αντίσταση.
5. Συγκρίνετε τις τιμές των ρευμάτων που μετρήσατε με τις αναμενόμενες από τον νόμο του Ohm.

### Τάση και Ρεύμα

1. Βραχυκλώστε τις δύο αντιστάσεις της παράλληλης συνδεσμολογίας. Μετρήστε και καταγράψτε την τάση και το ρεύμα στην μονή αντίσταση. Παρατηρήστε πόσο θερμαίνεται η αντίσταση αυτή. Συγκρίνετε το ρεύμα με αυτό που περιμένετε από τον νόμο του Ohm.
2. Αφαιρέστε το βραχυκύκλωμα από την μονή αντίσταση και βραχυκλώστε τώρα την μονή αντίσταση. Μετρήστε την τάση στις δύο παράλληλες αντιστάσεις καθώς και το ρεύμα στην ισοδύναμη αντίσταση. Μετρήστε επίσης το ρεύμα που διαρρέει κάθε αντίσταση της συνδεσμολογίας των δύο αντιστάσεων. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας. Υπολογίστε την ισχύ σε κάθε αντίσταση και αισθανθείτε πως ζεσταίνονται. Συγκρίνετε τις τιμές των ρευμάτων που μετράτε με αυτές που λαμβάνετε από τον νόμο του Ohm.

### Μέτρηση της Τάσης – Ρεύματος χαρακτηριστικής καμπύλης

1. Χρησιμοποιήστε το ένα πολύμετρο σε σειρά με την αντίσταση (για να μετρά ένταση ρεύματος) και το άλλο πολύμετρο στα άκρα της αντίστασης ώστε να μετρά την τάση στα άκρα της. Θέστε το τροφοδοτικό ώστε να δίνει τη χαμηλότερη τιμή τάσης ως output ( $\sim 1.25V$ ). Αλλάζοντας την τάση με βήμα  $0.5V$  πάρτε μετρήσεις της τάσης και ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση. Καταγράψτε τα αποτελέσματά σας σε κατάλληλο πίνακα.
2. Κάντε το γράφημα της  $V-I$  και βρείτε την κλίση της καλύτερης ευθείας.
3. Αντικαταστήστε την αντίσταση των  $50\Omega$  με έναν από τους λαμπτήρες μινιατούρες. Λάβετε μετρήσεις της τάσης συναρτήσει του ρεύματος που διαρρέει τον λαμπτήρα αλλάζοντας την τάση με βήμα  $0.5V$  από  $1.25V$  έως  $5V$ . Κάντε πάλι το γράφημα της  $V-I$  και σχολιάστε το αποτέλεσμα που έχετε με αυτό που βρήκατε στο προηγούμενο στάδιο χρησιμοποιώντας την αντίσταση.
4. Χρησιμοποιήστε τον λαμπτήρα των  $1.2W - 24V$  και την αντίσταση των  $0.5\Omega$ . Συνδέστε την αντίσταση με τον θετική (+) έξοδο του τροφοδοτικού και την άλλη άκρη της αντίστασης με τον λαμπτήρα. Ο δεύτερος ακροδέκτης του λαμπτήρα θα πρέπει να συνδεθεί με την (-) έξοδο του τροφοδοτικού.

5. Τοποθετήστε το πολύμετρο παράλληλα με τον λαμπτήρα για να μετρήσετε την τάση στα άκρα του. Συνδέστε το άλλο πολύμετρο παράλληλα με την αντίσταση των  $0.5\Omega$ . Όταν ρεύμα έντασης  $0.2A$  ( $200mA$ ) διαρρέει την αντίσταση των  $0.5\Omega$ , η πτώση δυναμικού θα είναι περίπου  $100mV$ .
6. Ρυθμίστε την τάση στα άκρα του λαμπτήρα να είναι  $2V, 4V, 6V, 8V, 10V, 12V$ . Καταγράψτε την τάση στα άκρα της αντίστασης των  $0.5\Omega$  για κάθε τιμή της τάσης στον λαμπτήρα. Υπολογίστε το αντίστοιχο ρεύμα. **Προσοχή:** ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να ζεσταθεί και να σβήσει. Αν συμβεί αυτό τότε σβήστε το τροφοδοτικό και περιμένετε 1-2 λεπτά για να κρυώσει.

### Μέτρηση χαρακτηριστικών του τροφοδοτικού

Μετρήστε τη **χαρακτηριστική τάση εξόδου** του τροφοδοτικού όταν συνδέσετε την αντίσταση των  $2.4\Omega - 2W$ . Ρυθμίστε την τάση εξόδου στα  $1.5V$ . Συνδέστε την αντίσταση στις δύο εξόδους του τροφοδοτικού (+) και (-). Μετρήστε την τάση στα άκρα της αντίστασης. Αφαιρέστε την αντίσταση και ρυθμίστε την τάση εξόδου του τροφοδοτικού χωρίς αντίσταση για  $2V, 3V, 4V$  και  $5V$ . Για κάθε ρύθμιση συνδέστε την αντίσταση των  $2.4\Omega$  και καταγράψτε την τάση που μετράτε στα άκρα της. Ρυθμίστε την τάση του τροφοδοτικού στα  $10V$  και  $15V$  χωρίς την αντίσταση και καταγράψτε την τάση στα άκρα της αντίστασης όταν την συνδέσετε. **Επειδή θα υπάρξει υπερφόρτωση της αντίστασης θα πρέπει να κάνετε την μέτρηση γρήγορα.**

### Μέτρηση του ρεύματος βραχυκυκλώσεως του τροφοδοτικού

1. Ρυθμίστε την έξοδο του τροφοδοτικού στην μικρότερη δυνατή τιμή της ( $\sim 1.25V$ ). Συνδέστε το καλώδιο των  $0.1\Omega$  στην έξοδο του τροφοδοτικού. Μετρήστε την τάση στα άκρα του καλωδίου. Ουσιαστικά έχουμε βραχυκυκλώσει το τροφοδοτικό και μπορούμε να μετρήσουμε το ρεύμα βραχυκυκλώσεως του τροφοδοτικού.
2. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο του τροφοδοτικού για να δείτε αν το ρεύμα βραχυκύκλωσης παραμένει σταθερό ή μεταβάλλεται.

### Προβλήματα για το σπίτι:

1. Όπως έχουμε δει, όταν στην έξοδο του τροφοδοτικού συνδέσουμε μια λογική αντίσταση τότε η τάση του δεν αλλάζει με και χωρίς την αντίσταση του φορτίου ( $1.5V - 12V$ ). Αυτό σημαίνει ότι η εσωτερική αντίσταση του τροφοδοτικού είναι πολύ μικρή ( $0.01\Omega - 0.001\Omega$ ). Ωστόσο όταν η τάση γίνει πάνω από  $12V$  η εσωτερική αντίσταση πρέπει να αλλάζει αρκετά.

(α) Πως θα μπορέσετε να υπολογίσετε την εσωτερική αντίσταση συναρτήσει της αντίστασης φορτίου που χρησιμοποιείτε;

(β) Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις που πήραμε όταν η αντίσταση φορτίου ήταν ο λαμπτήρας των  $24V-1.2W$  υπολογίστε την εσωτερική αντίσταση του τροφοδοτικού σας.

2. **Υπολογισμός της εσωτερικής αντίστασης μιας AA μπαταρίας**

Όταν μια μπαταρία AA δεν έχει φορτίο αντίστασης η μέτρηση της διαφοράς δυναμικού στους πόλους της είναι  $1.5V$ . Όταν μια αντίσταση  $2.4\Omega$  συνδεθεί στα άκρα της η μετρούμενη διαφορά δυναμικού γίνεται  $1.33V$ .

Ποιο το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα; Ποια η εσωτερική αντίσταση της AA μπαταρίας; Ποιο το ρεύμα βραχυκυκλώσεως αν οι πόλοι της μπαταρίας συνδεθούν με ένα σύρμα αμελητέας αντίστασης υποθέτοντας ότι η εσωτερική αντίσταση παραμένει σταθερή; Πόση ισχύς καταναλώνεται στην εσωτερική αντίσταση;