

# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



## ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

ΜΑΘΗΜΑ : Δομή και Ηλεκτρικές Ιδιότητες των Υλικών

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ – Α.Μ. :

- i. Κανέλλα Κωνσταντίνα Λαμπροπούλου - 03117854
- ii. Χρήστος Τσούφης - 03117176

ΟΜΑΔΑ : B3

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ : Βασική οργανολογία – Αγωγιμότητα υλικού & αντίσταση

**ΑΘΗΝΑ 2018**

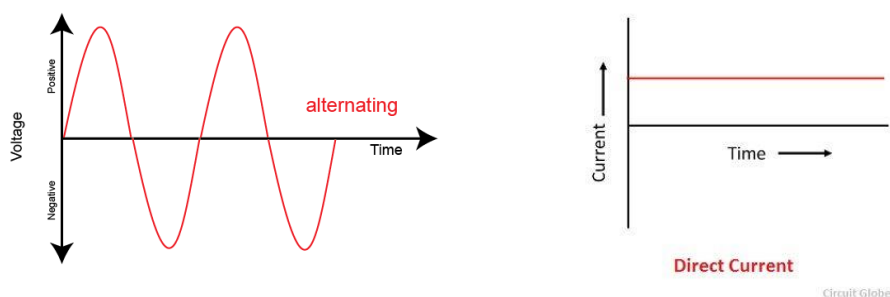
## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ➤ ΣΤΟΧΟΣ

Με το παρόν εργαστήριο επιδιώκεται η εξοικείωση με τα ηλεκτρικά όργανα που χρησιμοποιούνται προς μέτρηση των ηλεκτρικών μεγεθών ώστε να πραγματοποιηθεί με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια μια μέτρηση συνδέοντας με αυτό τον τρόπο την επιστημονική θεωρία και το πείραμα.

Τα κύρια μετρητικά όργανα και η χρήση τους για τη μέτρηση έντασης ηλεκτρικού ρεύματος (I) και τάσης (V) (με δυνατότητα μέτρησης είτε DC (Direct Current) - συνεχούς ρεύματος - είτε AC (Alternating Current) - εναλλασσόμενου ρεύματος - σήματος).

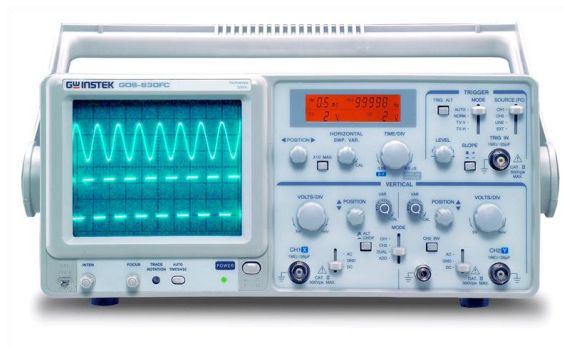
Στο εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), κάθε ένα σταθερό χρονικό διάστημα, η ροή των ηλεκτρονίων αλλάζει εντελώς κατεύθυνση. Μια AC τάση αλλάζει συνεχώς μεταξύ θετικής (+) και αρνητικής τιμής (-). Ο ρυθμός εναλλαγής διεύθυνσης καλείται συχνότητα του AC και μετράται σε hertz (Hz). Αυτή η τροφοδοσία είναι κατάλληλη για κάποιες διατάξεις για μερικές διατάξεις αλλά σχεδόν όλα τα ηλεκτρικά κυκλώματα χρειάζονται DC τροφοδοσία .



### ➤ ΟΡΓΑΝΑ

#### 1. Παλμογράφος

Ο παλμογράφος είναι μια συσκευή που επιτρέπει την παρατήρηση και μέτρηση συνεχών (DC) και εναλλασσόμενων (AC) ηλεκτρικών τάσεων και κυματομορφών, τα οποία στην ηλεκτρονική γενικά ονομάζονται σήματα. Τα σήματα είναι συναρτήσεις του χρόνου, και άρα παριστάνονται με μια γραφική παράσταση  $V = V(t)$ . Συνεπώς ένας παλμογράφος πρέπει να έχει την δυνατότητα να απεικονίζει ταυτόχρονα και την στιγμιαία τιμή της τάσης και τον χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση του σωλήνα Braun, ο οποίος αποτελεί το βασικό στοιχείο του παλμογράφου.



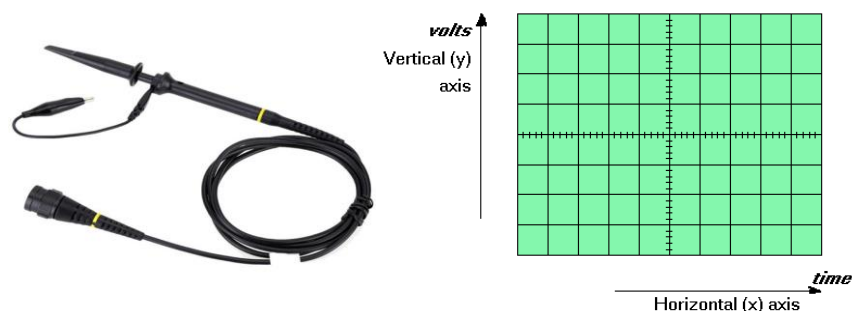
Πιο αναλυτικά, είναι όργανα ηλεκτρονικά, τα οποία μπορούν πάνω σε μια φθορίζουσα οθόνη να παρουσιάζουν σε κλίμακα το μέγεθος και τη μορφή του μεγέθους που μετρίεται. Τα όργανα αυτά έχουν μια οπτική αναπαράσταση ενός ηλεκτρικού σήματος που εφαρμόζεται στην είσοδό τους. Είναι τα πιο σημαντικά όργανα, για οπτικούς ελέγχους και μετρήσεις, και βρίσκουν εφαρμογή σε πάρα πολλούς τομείς, στην Έρευνα και τη Βιομηχανία. Ο παλμογράφος απεικονίζει τάση στον άξονα Y σε συνάρτηση με το χρόνο στον άξονα X .

Ο παλμογράφος έχει δύο κανάλια, δηλαδή μπορεί ταυτόχρονα να απεικονίζει στην οθόνη του δύο κυματομορφές τάσης. Το πρώτο κανάλι ονομάζεται INPUT 1 ή CH1 και το δεύτερο κανάλι INPUT 2 ή CH2.

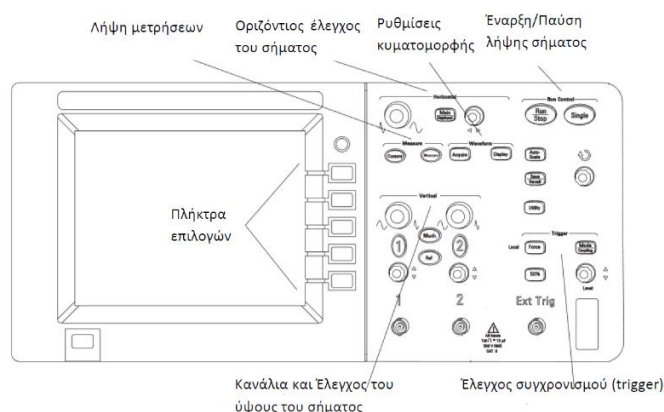
Ο κεντρικός κάθετος και οριζόντιος άξονας χωρίζονται σε πέντε μικρότερες υποδιαίρεσεις που ονομάζονται δευτερεύουσες υποδιαίρεσεις δίνοντας τη δυνατότητα της ακριβέστερης μέτρησης ως εξής: θεωρώντας ότι η πρωτεύουσα υποδιαίρεση (ένα τετράγωνο) αντιστοιχεί στη μονάδα, η κάθε μικρότερη υποδιαίρεση αντιστοιχεί στο  $1/5$  της μονάδος δηλαδή σε 0,2. Η ελάχιστη αυτή υποδιαίρεση μέτρησης (0,2) ονομάζεται «ακρίβεια μέτρησης» του παλμογράφου. Κάθε όργανο μετράει σε πολλαπλάσια της ακρίβειάς του. Δεν υπάρχει π.χ. στον παλμογράφο μέτρηση 0,3 αλλά 0,2 ή 0,4. Επίσης, το «σφάλμα ανάγνωσης» για κάθε όργανο μέτρησης ορίζεται ως: η ακρίβεια μέτρησης επί την κλίμακα μέτρησης του οργάνου.

Στον παλμογράφο υπολογίζεται τάση συνδέοντας σε ένα από τα δύο κανάλια του, ειδικό καλώδιο (probe), χρησιμοποιώντας την υποδοχή BNC που έχει στο ένα άκρο του. Η μύτη του probe και το μαύρο στέλεχος (κροκοδειλάκι) που βρίσκονται στο άλλο άκρο του, συνδέονται στα άκρα του στοιχείου ή των στοιχείων, των οποίων είναι επιθυμητό να μελετηθεί η απόκριση, στα σημεία υψηλότερου και χαμηλότερου δυναμικού, αντίστοιχα.

Το δεξί μέρος της πρόσοψης του παλμογράφου είναι χωρισμένο σε τρεις οριζόντιες ζώνες, οι οποίες περιλαμβάνουν τα ρυθμιστικά φωτεινότητας και εστίασης της δέσμης, τα ρυθμιστικά απεικόνισης του σήματος στην οθόνη (μεσαίο μέρος) και τους ακροδέκτες εισόδου (κάτω μέρος).



Παρακάτω σημειώνονται τα πλήκτρα που επιτελούν τις εξής λειτουργίες :



### **1.1 Μέτρηση τάσης με τον παλμογράφο**

Συνδέοντας το καλώδιο BNC-probe σε κάποιο από τα κανάλια του παλμογράφου, βλέπει κανείς στην οθόνη την κυματομορφή που λαμβάνει. Στην περίπτωση που η κυματομορφή δεν απεικονίζεται σωστά ως προς τον χρόνο (άξονας x), ρυθμίζει τον διακόπτη TIME/DIV. Αντίστοιχα, εάν η κυματομορφή δεν απεικονίζεται σωστά ως προς την τάση (άξονας y), τότε ρυθμίζει τον διακόπτη VOLT/DIV.

Αν έχει AC σήμα, τότε τοποθετεί το διακόπτη AC-GND-DC στη θέση AC. Μετρά τα τετράγωνα της οθόνης κατά την κάθετη κατεύθυνση, από ένα μέγιστο του σήματος μέχρι ένα ελάχιστο και τα πολλαπλασιάζει με την ένδειξη του διακόπτη VOLT/DIV.

Στην περίπτωση που μετρά DC τάση, τοποθετεί το διακόπτη AC-GND-DC στην θέση GND και φέρνει το επίπεδο της γείωσης που εμφανίζεται στην οθόνη σε ένα σημείο ως προς τον y άξονα, που θα το χρησιμοποιήσει ως επίπεδο αναφοράς. Έπειτα, τοποθετεί τον διακόπτη AC-GND-DC στη θέση DC. Στη συνέχεια μετρά τα τετράγωνα και τις υποδιαιρέσεις μεταξύ του σήματος και του επιπέδου αναφοράς και τα πολλαπλασιάζει με την ένδειξη του διακόπτη VOLT/DIV. Έτσι, έχει την τιμή της τάσης που θέλει να μετρήσει.

## **1.2 Μέτρηση συχνότητας στον παλμογράφο**

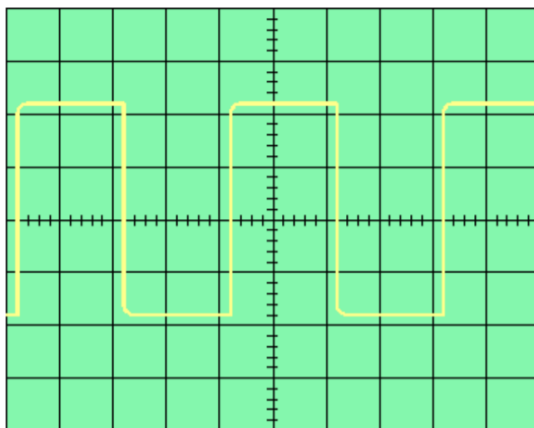
Εφαρμόζει κανείς την κυματομορφή στην είσοδο του παλμογράφου. Σταθεροποιεί την κυματομορφή και μετρά τον αριθμό των τετραγώνων και των υποδιαιρέσεων από την αρχή ως το τέλος μιας περιόδου του σήματος, κατά την οριζόντια διεύθυνση. Πολλαπλασιάζει αυτόν τον αριθμό με την ένδειξη του διακόπτη TIME/DIV και έτσι έχει την περίοδο της κυματομορφής. Η συχνότητα δίδεται από τον τύπο  $f=1/T$  [ $Hz=1/sec$ ].

## **1.3 Έλεγχος παλμογράφου & καλωδίου (Calibration)**

Για να ελέγξει εάν ο παλμογράφος και το συνδεδεμένο σε αυτόν καλώδιο λειτουργούν σωστά, μπορεί να χρησιμοποιήσει την ειδική υποδοχή που υπάρχει σε αυτόν, με την ένδειξη Cal. Συνδέοντας το καλώδιο σε ένα κανάλι του παλμογράφου και τοποθετώντας τους ακροδέκτες του στην ειδική υποδοχή, όπως φαίνεται και στο σχήμα, πρέπει να απεικονιστεί στην οθόνη το αναμενόμενο σήμα, όπως αυτό αναγράφεται στον παλμογράφο (π.χ. Pulsed, 2Vpp, 1kHz).



Συνεπώς, ρυθμίζοντας τα VOLTS/DIV και TIME/DIV, στην οθόνη θα πρέπει να εμφανίζεται ένα τετραγωνικό σήμα 2Vpp και συχνότητας 1KHz(βλ. παρακάτω εικόνα). Εάν το σήμα εμφανίζεται παραμορφωμένο, μπορεί να διορθωθεί εάν περιστραφεί η βίδα που υπάρχει συνήθως κοντά στην υποδοχή BNC του καλωδίου.

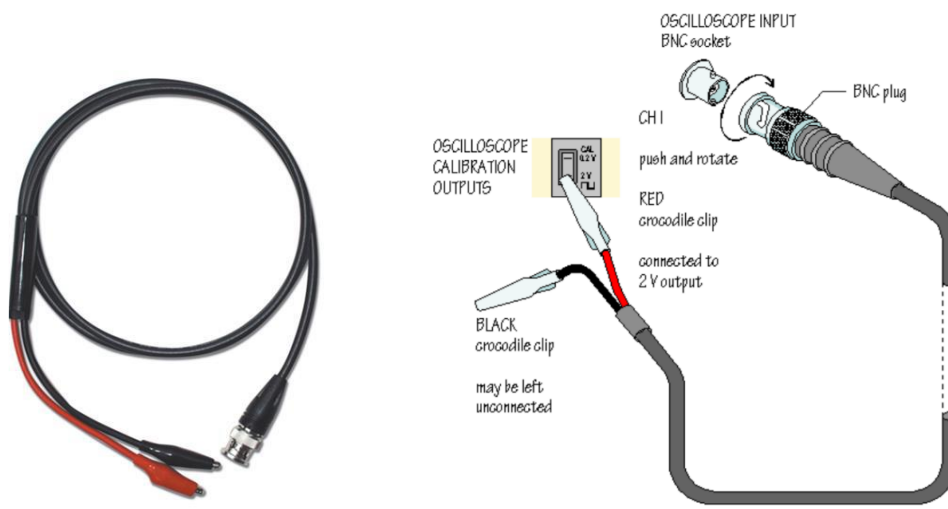


## 2. Γεννήτρια συχνοτήτων

Η γεννήτρια συχνοτήτων χρησιμοποιείται για την παραγωγή εναλλασσόμενων σημάτων, επιθυμητής κυματομορφής, πλάτους και συχνότητας. Τυπικές κυματομορφές που παράγουν οι γεννήτριες συχνοτήτων είναι η ημιτονοειδής, η τριγωνική και η τετραγωνική/παλμική. Σε αυτά τα σήματα, είναι δυνατή η προσθήκη και συνεχούς (DC) συνιστώσας, μέσω της λειτουργίας DC offset.



Για τη σύνδεση της γεννήτριας στο εκάστοτε κύκλωμα χρησιμοποιείται το κάτωθι καλώδιο BNC που καταλήγει σε δύο κροκοδειλάκια. Για τη σύνδεση της εξόδου της σε μία είσοδο του παλμογράφου γίνεται χρήση ένα ομοαξονικό καλώδιο BNC-BNC.



### 3. Τροφοδοτικό

Το τροφοδοτικό είναι μία ηλεκτρονική συσκευή (εξωτερική ή εσωτερική) που μετατρέπει την τάση του δικτύου (220 ή 110 Volt) στην απαιτούμενη τάση και τύπο ρεύματος (εναλλασσόμενο ή συνεχές) που είναι κατάλληλο για τη λειτουργία μιας ηλεκτρονικής συσκευής. Για τη λειτουργία των ηλεκτρονικών συσκευών απαιτείται συνήθως συνεχής τάση. Τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας παρέχουν εναλλασσόμενη τάση. Για το λόγο αυτό οι ηλεκτρονικές συσκευές φέρουν ενσωματωμένη μια διάταξη που κάνει τη μετατροπή και λέγεται τροφοδοτικό (power supply).

Αναλυτικότερα, το τροφοδοτικό χρησιμοποιείται για την παραγωγή συνεχούς (DC) τάσης, η οποία χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Αποτελείται από τα λεγόμενα κανάλια, τα οποία είναι συνήθως από 1 έως 4 ανά συσκευή. Ένα σύνηθες τροφοδοτικό εργαστηρίου μπορεί να προσφέρει έως και 30V τάσης και 5A έντασης ρεύματος ανά κανάλι. Τα κανάλια μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους σε σειρά ή παράλληλα, με αποτέλεσμα η συνολική τάση ή η συνολική ένταση ρεύματος, αντιστοίχως, να αποτελεί το άθροισμα των επιμέρους τιμών. Το κάθε κανάλι ενός τροφοδοτικού έχει 2 ή 3 υποδοχές. Οι δύο υποδοχές αντιστοιχούν στη θετική (κόκκινη υποδοχή) και αρνητική (μαύρη υποδοχή) τροφοδοσία. Έτσι, μεταξύ των δύο υποδοχών ορίζεται μια διαφορά δυναμικού που αντιστοιχεί στην τιμή τάσης που έχει οριστεί. Η τρίτη υποδοχή, πράσινου χρώματος, αντιστοιχεί στη γείωση. Η συγκεκριμένη υποδοχή συνηθίζεται να ενώνεται με την υποδοχή αρνητικής τροφοδοσίας, ώστε η διαφορά δυναμικού που παρέχεται να ορίζεται σε σχέση με το επίπεδο της γείωσης.

Το κάθε τροφοδοτικό έχει συνήθως δύο οθόνες ανά κανάλι και αντιστοίχως, δύο περιστροφικούς διακόπτες. Το πρώτο ζεύγος οθόνης και διακόπτη (voltage) αντιστοιχεί στη ρύθμιση της τάσης που είναι επιθυμητό να παρέχει το συγκεκριμένο κανάλι του τροφοδοτικού. Θέτοντας μία τιμή τάσης, το τροφοδοτικό θα παρέχει το απαιτούμενο ρεύμα στο φορτίο (π.χ. ηλεκτρονικό κύκλωμα) που είναι συνδεδεμένο σε αυτό, σύμφωνα με τον Νόμο του Ohm ( $I=V/R$ ). Συνεπώς, η ένταση του ρεύματος που παρέχεται εμφανίζεται στη δεύτερη οθόνη του τροφοδοτικού (current). Επειδή ένα πιθανό βραχυκύκλωμα μπορεί να επιτρέψει την απότομη αύξηση του παρεχόμενου ρεύματος, με αποτέλεσμα να καταστραφεί το συνδεδεμένο κύκλωμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο δεύτερος περιστροφικός διακόπτης (current), με τον οποίο μπορεί να οριστεί ένα ανώτατο όριο ρεύματος που επιτρέπεται να παρέχει το τροφοδοτικό. Σε περίπτωση που επέλθει αυτό το όριο, αυτομάτως το τροφοδοτικό σταματάει να παρέχει τάση και ανάβει μία κόκκινη λυχνία με την ένδειξη CC (constant current).



#### **4. Ψηφιακά πολύμετρα**

Τα ψηφιακά πολύμετρα έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν το προς μέτρηση μέγεθος σε ψηφιακή τιμή. Αποτελούνται κατά κύριο λόγο από έναν ενισχυτή και από έναν αναλογικό-ψηφιακό μετατροπέα, που επεξεργάζεται το συνεχές ρεύμα. Επειδή ο μετατροπέας έχει συνήθως μόνο μία περιοχή μέτρησης, υποδιαιρεί μετρήσεις μεγαλύτερου μεγέθους και ενισχύει μετρήσεις μικρότερου μεγέθους. Το μέγεθος που μετριέται μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα, με τη βοήθεια ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος.

Το όργανο μετράει το συνεχές ρεύμα σαν πτώση τάσης πάνω σε μία αντίσταση ακριβείας μικρότερη του 1Ω. Όταν σκοπός είναι να μετρηθεί εναλλασσόμενο ρεύμα, θα πρέπει να μετατραπεί αυτό σε συνεχές με μία ανορθωτική διάταξη.



Ανάλογα με τη μέτρηση που πρέπει να γίνει, πρέπει να τοποθετηθούν τα καλώδια του πολυμέτρου στις κατάλληλες υποδοχές και να στραφεί ο περιστροφικός επιλογέας στην κατάλληλη θέση. Οι συνήθεις τύποι μέτρησης μέσω ενός πολυμέτρου περιλαμβάνουν τη μέτρηση τάσης (AC ή DC), έντασης ρεύματος (AC ή DC) και αντίστασης. Άλλοι τύποι μέτρησης περιλαμβάνουν την τάση διόδου, τη χωρητικότητα πυκνωτή, τη θερμοκρασία, τη συχνότητα, τον έλεγχο transistor και τον έλεγχο αγωγιμότητας.

Ο μαύρος ακροδέκτης του πολυμέτρου συνδέεται πάντοτε με την υποδοχή COM (common), ενώ ο κόκκινος με μία από τις υπόλοιπες υποδοχές, αναλόγως της μέτρησης που πρόκειται να πραγματοποιηθεί. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται κατά τη μέτρηση έντασης ρεύματος με το πολύμετρο. Ως γνωστόν, σε αυτήν την περίπτωση το πολύμετρο συνδέεται σε σειρά με το υπό μέτρηση κύκλωμα, έχοντας πολύ χαμηλή αντίσταση. Για την προστασία του πολυμέτρου από την είσοδο ρεύματος υψηλής εντάσεως, χρησιμοποιούνται ασφάλειες, οι οποίες καταστρέφονται σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο. Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση μέτρησης εναλλασσόμενης τάσης ή έντασης ρεύματος, το πολύμετρο εμφανίζει την ενεργό τιμή (RMS) του αντίστοιχου μεγέθους.

Για τις υπόλοιπες μετρήσεις, το πολύμετρο συνδέεται παράλληλα με το υπό μέτρηση στοιχείο. Η διαδικασία μέτρησης ενός μεγέθους (π.χ. αντίστασης) με ένα σύνηθες πολύμετρο είναι η εξής:

1. Αρχικά, τοποθετούνται οι ακροδέκτες του οργάνου, ο ένας στη θέση COM και ο άλλος στη θέση V/ $\Omega$ .
2. Ρυθμίζεται ο επιλογέας του οργάνου στην περιοχή μέτρησης αντίστασης. Σε αυτό το σημείο, απαιτείται ο ορισμός της κλίμακας στην οποία θα διεξαχθεί η μέτρηση. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της μέτρησης αντίστασης, ένα πολύμετρο μπορεί να προσφέρει τις κλίμακες 200 $\Omega$ , 2k $\Omega$ , ... , 20M $\Omega$ . Αρχικά, πρέπει να ρυθμιστεί ο επιλογέας στη μέγιστη θέση που προσφέρεται. Όσο εμφανίζονται στην οθόνη μηδενικά αριστερά των ψηφίων της αναγραφόμενης τιμής, πρέπει να μετακινηθεί ο επιλογέας σε μικρότερη κλίμακα. Μόλις εμφανιστεί η ένδειξη «1» ή OL (over limit), επιστρέφει στην αμέσως προηγούμενη κλίμακα και καταγράφει την εμφανιζόμενη τιμή.

Μια ειδική κατηγορία πολυμέτρων αποτελούν αυτά που έχουν τη δυνατότητα “auto range”. Σε αυτά τα πολύμετρα δεν απαιτείται η πραγματοποίηση του δεύτερου βήματος της παραπάνω διαδικασίας, καθώς χρησιμοποιούν αυτόματα τη βέλτιστη κλίμακα για τη λήψη μέτρησης.

Σημείωση: Μετά από κάθε χρήση θα πρέπει να ρυθμίζεται ο επιλογέας στη θέση OFF. Σε περίπτωση που το όργανο έχει ξεχωριστή θέση ON-OFF, μετά το τέλος της μέτρησης, πρέπει να τίθεται ο διακόπτης στη θέση OFF. Σε περίπτωση που στην οθόνη του οργάνου εμφανιστεί η ένδειξη BAT, θα πρέπει να αλλάξει η μπαταρία τροφοδοσίας του οργάνου.



## 5. Αντίσταση

Ένα βασικό στοιχείο των κυκλωμάτων αποτελεί η αντίσταση. Η μέτρηση της τιμής μιας αντίστασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός πολυμέτρου, βάσει της διαδικασίας που αναλύθηκε προηγουμένως. Όμως, χάριν ευκολίας, έχει δημιουργηθεί ο λεγόμενος χρωματικός κώδικας των αντιστάσεων, ο οποίος προσφέρει έναν γρήγορο τρόπο οπτικής αναγνώρισης της τιμής της αντίστασης. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή της αντίστασης είναι σημειωμένη πάνω σε αυτήν, μέσω τεσσάρων ή πέντε χρωματιστών λωρίδων.

ΧΡΩΜΑ	1 <sup>η</sup> ΛΩΡΙΔΑ	2 <sup>η</sup> ΛΩΡΙΔΑ	3 <sup>η</sup> ΛΩΡΙΔΑ	4 <sup>η</sup> ΛΩΡΙΔΑ	5 <sup>η</sup> ΛΩΡΙΔΑ
Μαύρο	0	0	0	x1Ω	
Καφέ	1	1	1	x10Ω	±1%
Κόκκινο	2	2	2	x100Ω	±2%
Πορτοκαλί	3	3	3	x1kΩ	
Κίτρινο	4	4	4	x10kΩ	
Πράσινο	5	5	5	x100kΩ	±0.5%
Μπλε	6	6	6	x1MΩ	±0.25%
Μωβ	7	7	7	x10MΩ	±0.1%
Γκρι	8	8	8		±0.05%
Λευκό	9	9	9		
Χρυσό				x0.1Ω	±5%
Ασημί				x0.01Ω	±10%

Για να υπολογιστεί η τιμή της αντίστασης βάσει του χρωματικού κώδικα, ελέγχεται αρχικά εάν αυτή έχει 4 ή 5 λωρίδες. Στη συνέχεια, τοποθετείται έτσι ώστε η λωρίδα που απέχει περισσότερο από τις υπόλοιπες και είναι συνήθως χρυσού ή ασημένιου χρώματος, να βρίσκεται στο δεξί άκρο της αντίστασης.

Εάν η αντίσταση έχει 5 λωρίδες, εντοπίζεται η αντιστοίχιση του χρώματος της κάθε λωρίδας στον παραπάνω πίνακα, ξεκινώντας από αυτήν που βρίσκεται αριστερότερα. Η 4η λωρίδα έχει το ρόλο του πολλαπλασιαστή, ενώ η 5η εκφράζει τη μέγιστη απόκλιση που μπορεί να έχει η πραγματική τιμή της αντίστασης από την αναγραφόμενη (σφάλμα).

Στην περίπτωση της αντίστασης με 4 λωρίδες, παραλείπεται η σκιασμένη στήλη με τίτλο 3η ΛΩΡΙΔΑ του παραπάνω πίνακα. Συνεπώς, οι πρώτες δύο λωρίδες της αντίστασης δηλώνουν μια διψήφια τιμή, η τρίτη τον πολλαπλασιαστή και η τέταρτη την ανοχή της τιμής.

Στη προκειμένη περίπτωση του πειράματος που πραγματοποιήθηκε ισχύει ότι:

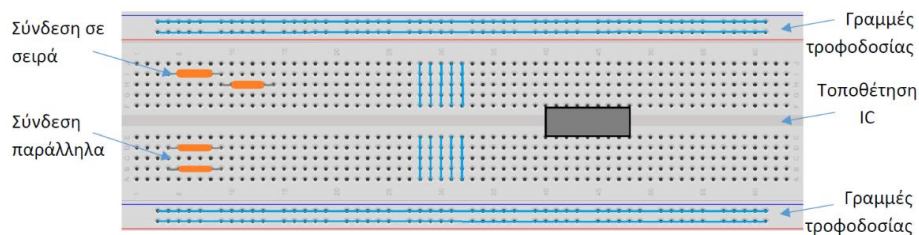


Καφέ: 1 Μαύρο: 0 Καφέ:  $\times 10\Omega$  Χρυσό:  $\pm 5\%$

Επομένως, η τιμή της αντίστασης είναι :  $10 \times 10\Omega = 100\Omega$  με σφάλμα  $\pm 5\%$

## **6. Εργαστηριακή πλακέτα (breadboard)**

Οι συγκεκριμένες πλακέτες χρησιμοποιούνται για την εύκολη και γρήγορη τοποθέτηση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, με σκοπό τη δημιουργία και δοκιμή απλών ή και πιο σύνθετων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Αποτελούνται από οριζόντιες και κάθετες ζώνες με οπές, στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν καλώδια, αντιστάσεις, πυκνωτές, ή ακόμα και ολοκληρωμένα κυκλώματα (IC).



Όπως φαίνεται και στο, οι οπές της κάθε μίας οριζόντιας γραμμής διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, είναι δηλαδή βραχυκυκλωμένες. Ομοίως συμβαίνει και για τις 5 οπές κάθε κάθετης γραμμής. Επομένως, για σύνδεση εν σειρά δύο ηλεκτρονικών εξαρτημάτων (π.χ. δύο αντιστάσεων), πρέπει αυτά να τοποθετηθούν έτσι ώστε μόνο το ένα τους άκρο να βρίσκεται στην ίδια κάθετη γραμμή (πάνω αριστερά). Αντιθέτως, για σύνδεση εν παραλλήλω, πρέπει και τα δύο άκρα τους να βρίσκονται στις ίδιες αντίστοιχες κάθετες γραμμές (κάτω αριστερά). Πρέπει να τονιστεί ότι οι κάθετες γραμμές τις πλακέτας διακόπτονται από τη μεσαία οριζόντια γραμμή, στην οποία δεν υπάρχουν οπές. Αυτή η περιοχή χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων IC (δεξιά). Τέλος, οι τέσσερις οριζόντιες γραμμές εκτείνονται σε όλο το μήκος της πλακέτας και χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων της πλακέτας.

## **7. Σφάλματα οργάνων και μετρήσεων**

Τα σφάλματα που γίνονται στις ηλεκτρικές μετρήσεις οφείλονται τόσο στα όργανα που χρησιμοποιούνται, όσο και στις μεθόδους μέτρησης.

### **❖ Σφάλματα οργάνων**

Όταν με ένα όργανο πραγματοποιείται μία μέτρηση, το αποτέλεσμα που προκύπτει δεν απεικονίζει την πραγματική τιμή του μετρούμενου φυσικού μεγέθους. Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί εάν επαναληφθεί η ίδια μέτρηση πολλές φορές, είτε με το ίδιο όργανο, είτε με διαφορετικό. Επομένως, σε κάθε μέτρηση, υπάρχουν σφάλματα, που σημαίνει ότι το αποτέλεσμα της μέτρησης δεν είναι η πραγματική τιμή της ποσότητας που μετριέται. Τα σφάλματα των οργάνων μέτρησης οφείλονται σε διάφορες αιτίες, που μπορούν να διακριθούν σε:

- α.** Εσωτερικές αιτίες (σφάλματα μηχανικά, σφάλματα βαθμολογίας του οργάνου).
- β.** Εξωτερικές αιτίες (σφάλματα από επίδραση της θερμοκρασίας, από την επίδραση μαγνητικών πεδίων κ.λπ.).

γ. Υποκειμενικές αιτίες (σφάλματα λόγω περιοχής δύσκολης ανάγνωσης, σφάλματα από τη μέθοδο μέτρησης κ.λπ.).

#### ❖ Σφάλματα μετρήσεων

Συνήθως, το αποτέλεσμα που προκύπτει από μία μέτρηση δεν συμπίπτει ακριβώς με την πραγματική τιμή του μεγέθους που μετρήθηκε. Αυτό μπορεί να διαπιστωθεί κάνοντας πολλές μετρήσεις, είτε με το ίδιο όργανο, είτε με διαφορετικό όργανο, είτε με διαφορετικές μεθόδους μετρήσεων. Σε κάθε περίπτωση, εκτός των τυχαίων συμπτώσεων, μπορεί να υπάρξει και διαφορετικό αποτέλεσμα. Τα σφάλματα, ανάλογα με την προέλευσή τους, μπορούν να διακριθούν σε συστηματικά σφάλματα και σε τυχαία σφάλματα. Τα συστηματικά σφάλματα οφείλονται κυρίως σε ατέλειες των οργάνων μέτρησης ή σε άλλες γνωστές αιτίες (ατέλειες οργάνων, κακή ρύθμιση μηδενός κ.λπ.). Τα τυχαία σφάλματα οφείλονται σε άγνωστες αιτίες, έχουν, δηλαδή, τυχαία προέλευση.

### 8. Ωμική αντίσταση

Ο αντιστάτης ή πιο συνηθισμένα αντίσταση είναι το ηλεκτρικό στοιχείο, το οποίο κατά την διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος, έχει την τάση να μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα.

Από μαθηματικής απόψεως, η αντίσταση είναι ένα στοιχείο στο οποίο το ρεύμα που το διαρρέει είναι ευθέως ανάλογο της τάσης που επιβάλλεται μεταξύ των δυο ακροδεκτών του. Ο πρώτος που πειραματικά βρήκε ότι υπάρχει σχέση μεταξύ του ρεύματος σε ένα αγωγίμο υλικό και της πτώσης τάσεως ήταν ο Ohm.

Ο νόμος του Ohm, που είναι και προσεγγιστικός των εξισώσεων του Maxwell, εκφράζεται ως εξής:

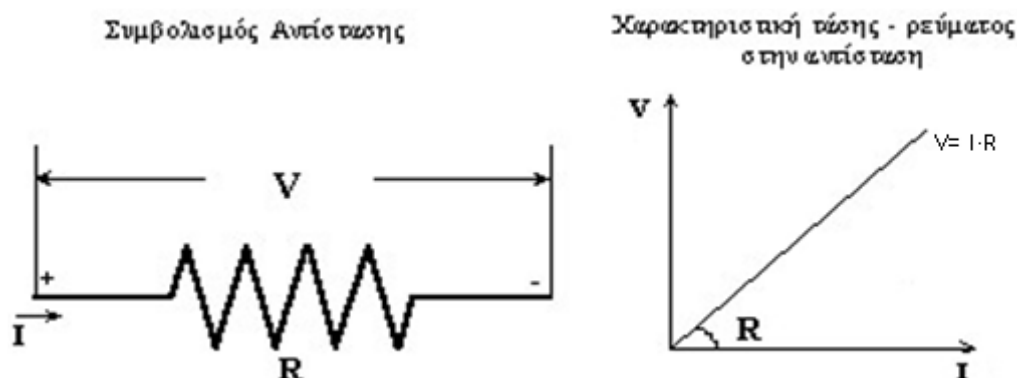
$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \Rightarrow \frac{\vec{I}}{S} = \sigma \cdot \frac{V}{\ell} \Rightarrow \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\ell}{S} = \frac{V}{I} = R$$

---

Όπου  $E$  η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ορισμένο σημείο μέσα στο αγωγίμο υλικό,  $J$  το διάνυσμα της πυκνότητας ρεύματος στο ίδιο σημείο του αγωγού και  $\sigma$  είναι μια φυσική σταθερά του υλικού που ονομάζεται ειδική αγωγιμότητα. Η παραπάνω σχέση ισχύει μόνο για γραμμικό ισότροπο μέσο.

Η μονάδα μέτρησης της αντίστασης είναι το Ohm:

$$1 \Omega = 1 \text{ Volt} / 1 \text{ Ampere}$$



### 9. Αγωγιμότητα

Αγωγιμότητα είναι η ιδιότητα που εκφράζει το πόσο εύκολα επιτρέπει ένα υλικό στο ηλεκτρικό ρεύμα να το διαπεράσει. Η αγωγιμότητα είναι επομένως ανάλογη του μεγέθους της Έντασης (I) του ηλεκτρικού ρεύματος.

#### Παράγοντες που επιδρούν στην αγωγιμότητα

Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αγωγιμότητα των υλικών είναι η θερμοκρασία και οι προσμίξεις.

Βάσει της αγωγιμότητάς τους τα υλικά χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- Αγώγιμα υλικά (μέταλλα: πχ χαλκός και σίδηρος)
- Ημιαγωγοί (πυρίτιο, γερμάνιο)
- Μονωτές ή Διηλεκτρικά (διαμάντι, γυαλί)

### 10. Αγώγιμα υλικά

Τα σημαντικότερα αγώγιμα υλικά είναι τα μέταλλα, ενώ τα πολυμερή και τα κεραμικά υλικά είναι οι σημαντικότεροι μονωτές. Ενδιάμεσες τιμές αγωγιμότητας έχουν οι ημιαγωγοί και μεταξύ των ημιαγωγών και των μετάλλων είναι τα ημιμέταλλα. Τα όρια των τιμών που χαρακτηρίζουν τις παραπάνω κατηγορίες δεν είναι απόλυτα καθορισμένα. Οι γενικότερα αποδεκτές και ενδεικτικές περιοχές φαίνονται στο παραπάνω σχήμα. οι επικαλύψεις καθώς και τα όρια μεταβάλλονται λόγω διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν την αγωγιμότητα, όπως η θερμοκρασία, οι προσμίξεις, την ύπαρξη διαφόρων φάσεων και αναλογιών των σε πολυφασικά κράματα, κ.λπ.

## **11. Ειδική αντίσταση και αγωγιμότητα**

Η αντίσταση ενός γραμμικού ηλεκτρικού αγωγού με ομοιόμορφη διατομή είναι ανάλογη προς το μήκος του, αντιστρόφως ανάλογη προς τη διατομή του και είναι συνάρτηση του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένος ο αγωγός. Ισχύει δηλαδή:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

όπου  $\rho = 1 / \sigma$  είναι ο συντελεστής αναλογίας που ονομάζεται ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού με μονάδα μέτρησης το  $\Omega \cdot m$ . Το  $\sigma$  είναι μέτρο της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (G) και ονομάζεται ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα. Μονάδα μέτρησης είναι το  $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ .

Αν η πυκνότητα του ρεύματος είναι  $J=I/A$  και  $E$  η ένταση του εφαρμοζόμενου ηλεκτρικού πεδίου, τότε:

$$J = \sigma E \rightarrow \sigma = \frac{J}{E}$$

Στα μέταλλα, στη θερμοκρασία δωματίου, η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι

$\sigma = 10^5 - 10^7 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ . Περισσότερο αγωγίμα είναι ο καθαρός άργυρος με  $\sigma = 6.2 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$  και ο χαλκός με  $\sigma = 5.2 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ .

Τα ημιμέταλλα όπως το As, καθώς και ο γραφίτης έχουν ειδική αγωγιμότητα της τάξης του  $10^5 - 10^6 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ , ενώ οι ημιαγωγοί όπως το Si και το Ge, από  $10^{-7} - 10^5 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ . Τέλος, οι μονωτές έχουν ειδική αγωγιμότητα

$$\sigma \leq 10^{-6} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}.$$

## **12. Επίδραση της θερμοκρασίας στην (ωμική) αντίσταση**

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, η ελεύθερη μέση διαδρομή μειώνεται, η ευκινησία των ηλεκτρονίων μειώνεται και η ειδική ηλεκτρική αντίσταση αυξάνεται, σύμφωνα με τη σχέση:  $\rho = \rho_{20^\circ C} (1 + \alpha \Delta T)$

όπου  $\rho_{20^\circ C}$  είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση στους  $20^\circ C$ ,  $\Delta T$  η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ της θερμοκρασίας που ζητείται η ειδική ηλεκτρική αντίσταση και της θερμοκρασίας των  $20^\circ C$  και  $\alpha$  ο θερμικός συντελεστής διαστολής.

Κατά συνέπεια, η αντίσταση  $R$  αυξάνεται.

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1. Μέτρηση τιμής αντίστασης

Στο συγκεκριμένο πείραμα γίνεται χρήση ενός αντιστάτη, ενός πολυμέτρου και του breadboard. Ύστερα τοποθετούνται οι άκρες του αντιστάτη σε δύο οριζόντιες οπές του breadboard. Έπειτα ρυθμίζεται ο επιλογέας του πολυμέτρου στη μέγιστη θέση της κλίμακας μέτρησης των αντιστάσεων ( $\Omega$ ). Μετά συνδέονται οι δύο ακροδέκτες του πολυμέτρου με τα άκρα της αντίστασης και κατόπιν καταγράφεται η τιμή της αντίστασης με τις κατάλληλες μονάδες μέτρησης.

Έπειτα από την εκτέλεση του πειράματος προκύπτει ότι ο μέγιστος δυνατός αριθμός ψηφίων στην οθόνη (μέγιστη ακρίβεια) για την τιμή της αντίστασης είναι  $R = 99.5 \Omega$ .

Παρατηρείται ότι αυτή η τιμή αποτελεί ένα αναμενόμενο σφάλμα της ανοχής διότι, όπως είχε προκύψει και από τον χρωματικό κώδικα της αντίστασης, ήταν αποδεκτό ένα σφάλμα της τάξης  $\pm 5\%$ .

### 2. Μέτρηση συχνότητας στον παλμογράφο

Στόχος του πειράματος είναι η δημιουργία κατάλληλων κυματομορφών με τη βοήθεια των εξής οργάνων : γεννήτρια , καλώδιο BNC, παλμογράφος. Αυτό θα επιτευχθεί αν ενωθεί το ένα άκρο του καλωδίου BNC με την έξοδο της γεννήτριας συχνοτήτων και το άλλο με την είσοδο 1 του παλμογράφου.

#### ➤ Εκτέλεση του πειράματος για ημιτονοειδές σήμα

i. Δεδομένα :  $f = 1 \text{ KHz} (\approx 0.99 \text{ KHz})$  ,  $V_{pp} = 7 \text{ V}$

Πείραμα:  $T = 10^{-3} \text{ sec}$  άρα  $f = 1/T = 10^3 = 1 \text{ KHz}$

$$V = V_{pp} / 2 = \frac{7}{2} = 3.5 \text{ V}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^3 \frac{r}{sec}$$

$$V(t) = 3.5 \sin(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ (S.I.)}$$



ii. Δεδομένα :  $f = 10 \text{ KHz} (\approx 9.97 \text{ KHz})$  ,  $V_{pp} = 5 \text{ V}$

Πείραμα:  $T = 10^{-4} \text{ sec}$  άρα  $f = 1/T = 10^4 = 10 \text{ KHz}$

$$V = V_{pp} / 2 = \frac{5}{2} = 2.5 \text{ V}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^4 \frac{r}{sec}$$

$$V(t) = 2.5 \sin(2\pi \cdot 10^4 t) \text{ (S.I.)}$$

iii. Δεδομένα :  $f = 100 \text{ KHz} (\approx 99.7 \text{ KHz})$  ,  $V_{pp} = 3 \text{ V}$

Πείραμα:  $T = 10^{-5} \text{ sec}$  άρα  $f = 1/T = 10^5 = 100 \text{ KHz}$

$$V = V_{pp} / 2 = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ V}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 10^5 \frac{r}{sec}$$

$$V(t) = 1.5 \sin(2\pi \cdot 10^5 t) \text{ (S.I.)}$$

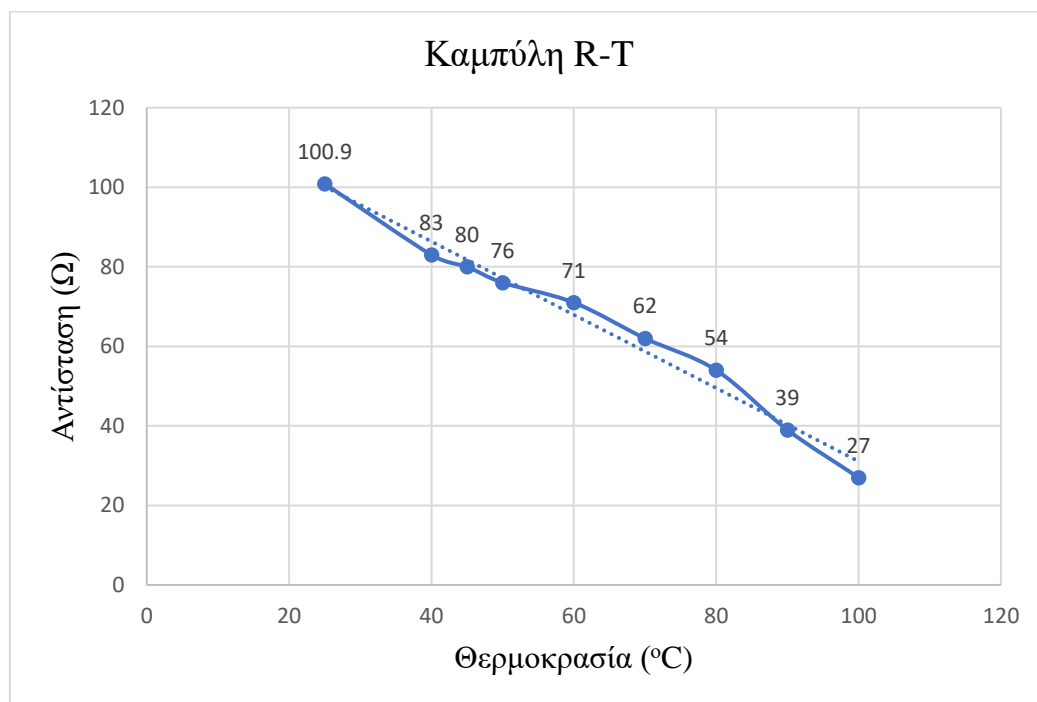
- Εκτέλεση του πειράματος για τριγωνικό σήμα (προκύπτουν τα ίδια αποτελέσματα)
- Εκτέλεση του πειράματος για τετραγωνικό σήμα (προκύπτουν τα ίδια αποτελέσματα)

### 3. Μέτρηση αντίστασης Ημιαγωγού

Για το πείραμα αυτό χρησιμοποιείται ένα δείγμα πυριτίου και ένα πολύμετρο. Πρώτα συνδέονται οι ακροδέκτες του πολυμέτρου σε συγκεκριμένα σημεία του πυριτίου. Τίθεται το πολύμετρο αυτό σε λειτουργία μέτρησης αντίστασης. Με τη συσκευή θέρμανσης αυξάνεται η θερμοκρασία μέχρι τους  $100^\circ\text{C}$  όπου και ξαναμετρείται η τιμή της αντίστασης. Έπειτα απομακρύνεται η πηγή θερμότητας ,συνδέεται στο κομμάτι πυριτίου το πολύμετρο και στη συνέχεια λαμβάνονται οι μετρήσεις αντίστασης κατά την ψύξη του υλικού όπως αναγράφονται στο πολύμετρο.

Ύστερα από την εκτέλεση του πειράματος προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας :

<u>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)</u>	<u>ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (Ω)</u>
25	100.9
100	27
90	39
80	54
70	62
60	71
50	76
45	80
40	83



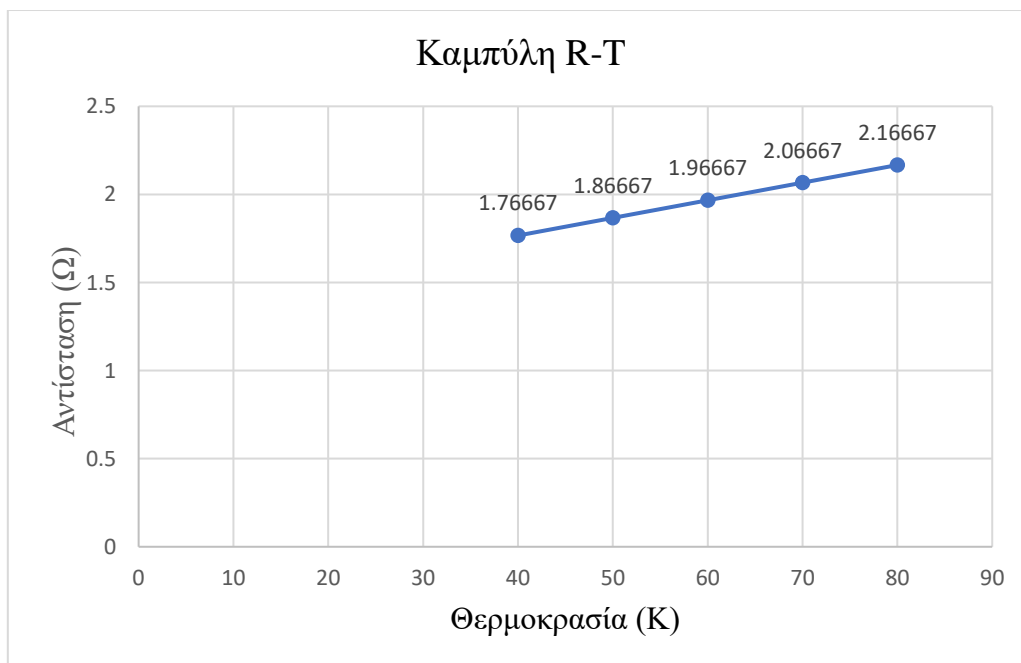
#### 4. Μέτρηση αντίστασης Μετάλλου

Στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήθηκε ένα δείγμα χαλκού και ένα πολύμετρο και επαναλήφθηκε η παραπάνω διαδικασία για τον υπολογισμό των τιμών αντίστασης του χαλκού.

Ύστερα από την εκτέλεση του πειράματος προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας :

$$I = 3A \text{ , } R = V/I$$

<u>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)</u>	<u>ΤΑΣΗ (V)</u>	<u>ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (Ω)</u>
<b>40</b>	5.3	1.7666
<b>50</b>	5.6	1.8666
<b>60</b>	5.9	1.9666
<b>70</b>	6.2	2.0666
<b>80</b>	6.5	2.1666



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Στο πρώτο πείραμα επαληθεύεται η θεωρία μέτρησης της αντίστασης με βάση τον χρωματικό κώδικα της αντίστασης. Έτσι, στην μέτρηση με το πολύμετρο διαπιστώνει κανείς μια απόκλιση από την τιμή που μετρήθηκε, η οποία είναι αναμενόμενη στα όρια ανοχής. Το σφάλμα αυτό μπορεί να οφείλεται στις ατέλειες κατά την κατασκευή του αντιστάτη και την εσωτερική αντίσταση του πολυμέτρου.
2. Στο δεύτερο πείραμα, αυτό που παρατηρεί κανείς είναι ότι στην εκτέλεση του πειράματος για τριγωνικό και παλμικό σήμα οι μετρήσεις που προκύπτουν είναι ακριβώς ίδιες με εκείνες του ημιτονοειδούς. Αυτό συμβαίνει διότι αυτό που αλλάζει σε σχέση με την πρώτη φορά είναι ο τρόπος αναπαράστασης του ρεύματος στον παλμογράφο, δηλαδή δεν αλλάζουν οι τιμές που δίνονται παρά μόνο η απεικόνισή τους στον παλμογράφο.
3. Στο τρίτο πείραμα (μέτρηση αντίστασης ημιαγωγού), συμπεραίνει κανείς ότι με το πέρασμα του χρόνου, μειώνεται η θερμοκρασία και αυξάνεται η τιμή της αντίστασης του ημιαγωγού. Πιο συγκεκριμένα, στη σχέση  $\rho = \rho_{20^{\circ}\text{C}}(1 + \alpha \Delta T)$ , ο ειδικός συντελεστής αντίστασης  $\alpha$  είναι αρνητικός. Επίσης η εκθετική μορφή που τείνει να αποκτήσει η γραφική παράσταση οφείλεται στο γεγονός ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται η ενέργεια των δεσμευμένων ηλεκτρονίων κι έτσι σπάνε οι δεσμοί και γίνονται ελεύθερα.  
Μάλιστα μπορεί να παρατηρήσει κανείς μια απόκλιση στη γραφική παράσταση. Στις μετρήσεις μας μεγάλο ρόλο παίζει και ο ανθρώπινος παράγοντας αλλά και σφάλματα ακρίβειας των οργάνων που χρησιμοποιήσαμε.
4. Στο τέταρτο πείραμα (μέτρηση αντίστασης μετάλλου), προκύπτει ότι καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, αυξάνεται και η τιμή της αντίστασης. Αυτό συμβαίνει διότι ικανοποιείται η σχέση:  $R = V/I$  καθώς επίσης και  $\rho = \rho_{20^{\circ}\text{C}}(1 + \alpha \Delta T)$  με  $\alpha > 0$ . Παρατηρείται μια μικρή απόκλιση και σε αυτό το πείραμα που μπορεί να οφείλεται σε σφάλμα οργάνων κατά την μέτρηση της θερμοκρασίας και της αντίστασης.  
Έτσι, είναι φανερό ότι η γραφική παράσταση του ημιαγωγού διαφέρει από του μετάλλου επειδή διαφέρει ο ειδικός συντελεστής αντίστασης.