

# Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών Τηλεπικοινωνιών και  
Δικτύων

## Ανάλυση Κυκλωμάτων

Εργαστηριακές Ασκήσεις

### Εργαστήριο 1

Εξοικείωση με τον Εξοπλισμό του Εργαστηρίου

Φ. Πλέσσας

Βόλος 2009

## Στόχοι

Σκοπός της 1ης εργαστηριακής άσκησης είναι η γνωριμία με το εργαστήριο, τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για βασικές μετρήσεις (παλμογράφος, πολύμετρο, γεννήτρια κυματομορφών), αλλά και τα διάφορα στοιχεία και εξαρτήματα (αντιστάσεις, πυκνωτές καλώδια κλπ)

## Εξοπλισμός

- ✓ Παλμογράφος (Oscilloscope)
- ✓ Ψηφιακό Πολύμετρο (Multimeter)
- ✓ Γεννήτρια Συναρτήσεων/Κυματομορφών (Function/Waveform Generator)
- ✓ Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων (Breadboard)
- ✓ Σετ καλωδίων
- ✓ Αντιστάσεις
- ✓ Πυκνωτές

## Πιο συγκεκριμένα...

### Καλώδια

Στο εργαστήριο θα χρησιμοποιούμε διάφορα είδη καλωδίων και συνδέσεων. Τα βασικά φαίνονται πιο κάτω

#### Καλώδια BNC



Καλώδια BNC - κροκοδειλάκι



Καλώδια μπανάνα



#### Συνδέσεις και μετατροπείς BNC, BNC T



Συνδέσεις και μετατροπείς BNC - μπανάνα



## Πολύμετρο

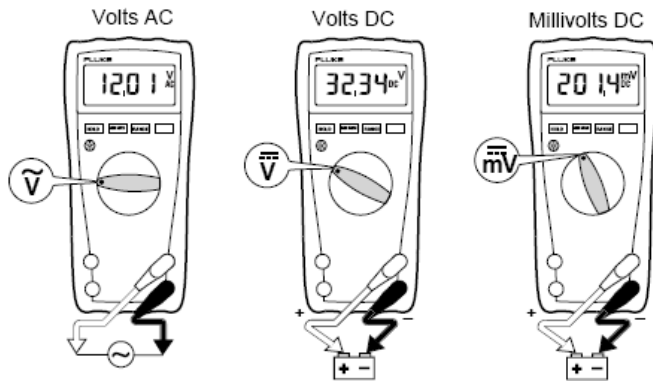


Το πολύμετρο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση **τάσης**, **έντασης ρεύματος** καθώς και **αντίστασης**. Αυτό είναι δυνατό με την εναλλαγή ανάμεσα σε βολτόμετρο (voltmeter) και αμπερόμετρο (ammeter). Ο κεντρικός περιστροφικός επιλογέας καθορίζει τη λειτουργία του πολύμετρου καθώς και την τάξη μεγέθους της μέτρησης.

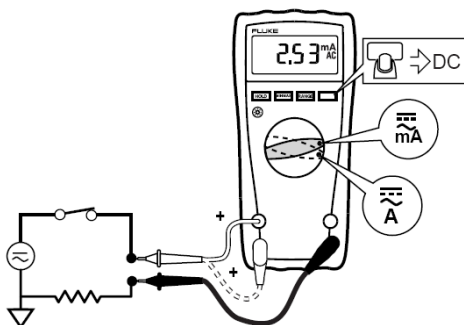
Είναι πολύ σημαντικό να καθορίσετε την κατάλληλη τάξη μεγέθους ώστε οι μετρήσεις σας να έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

**Ακροδέκτες:** ΠΡΟΣΟΧΗ! Το πολύμετρο διαθέτει τους δικούς του ακροδέκτες και όχι καλώδια τύπου μπανάνα.

**Βολτόμετρο:** Η λειτουργία αυτή του πολύμετρου είναι να μετρά την **τάση** (διαφορά δυναμικού) στα σημεία που βρίσκονται το κόκκινο και το μαύρο καλώδιο. Όταν το πολύμετρο θα χρησιμοποιηθεί σαν βολτόμετρο το κόκκινο καλώδιο πρέπει να είναι συνδεδεμένο στην υποδοχή με την ένδειξη  $V/\Omega$ , ενώ τα δύο καλώδια πρέπει να τοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι παράλληλα με το στοιχείο στο οποίο μετρούμε τη διαφορά δυναμικού. Για τη μέτρηση αντίστασης η συνδεσμολογία είναι η ίδια. Για να επιλέξετε μεταξύ AC και DC μέτρησης δείτε το σχήμα παρακάτω.



**Αμπερόμετρο:** Το αμπερόμετρο μετράει την ένταση του ρεύματος που διέρχεται από το ακροδέκτη του κόκκινου καλωδίου σε αυτό του μαύρου της συσκευής. Για να μετρήσετε ένταση του ρεύματος τοποθετείστε το κόκκινο σύρμα στην υποδοχή με την ένδειξη **400mA** ή **10A** και βάλτε τους ακροδέκτες (κόκκινο και μαύρο) σε σειρά με το κύκλωμα που θέλετε να κάνετε τη μέτρηση (σχήμα παρακάτω).



**ΠΡΟΣΟΧΗ!** Οι ακροδέκτες ενώνονται σε διαφορετικά σημεία στο πολύμετρο για μέτρηση τάσης και ρεύματος.

Επιπλέον περιγραφή του οργάνου αλλά και οι οδηγίες χρήσης του βρίσκονται στα εγχειρίδια στην ιστοσελίδα του μαθήματος.

## Παλμογράφος



Ο παλμογράφος είναι η συσκευή που μας επιτρέπει να βλέπουμε γραφικά διάφορες κυματομορφές. Υπάρχουν διαφορετικά είδη παλμογράφων ανάλογα με τον κατασκευαστή και το μοντέλο. Οι πιο πολλές λειτουργίες είναι κοινές σε όλα τα μοντέλα. Παρακάτω περιγράφονται οι πιο σημαντικές απ' αυτές και με ποιο τρόπο επιτυγχάνονται στον παλμογράφο του εργαστηρίου.

### Ακροδέκτες

Οι παλμογράφοι έχουν συνήθως δύο ή τέσσερα κανάλια εισόδου σημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για μέτρηση πλάτους τάσης, περιόδου, συχνότητας και άλλα χαρακτηριστικά ηλεκτρικών σημάτων. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε καλώδια BNC-BNC, BNC-Alligator (κροκοδειλάκι) ή τους ειδικούς ακροδέκτες (Probe). Κάθε κανάλι έχει το δικό του ακροδέκτη εισόδου στο οποίο είναι γαντζωμένο ένα μαύρο κροκοδειλάκι το οποίο πρέπει πάντα να συνδέεται στη γείωση. Ο ακροδέκτης (BNC connector) τοποθετείται στο σημείο όπου δίνεται το σήμα εισόδου μας. Ο ακροδέκτης μπορεί να ρυθμιστεί έτσι ώστε να περνά το σήμα ανέπαφο (1X) ή διαιρεμένο διὰ 10 (10X). Ανάλογα με την περίπτωση πρέπει να θέσετε και τη ρύθμιση "Probe" του καναλιού ώστε να βλέπετε τη σωστή κλίμακα.

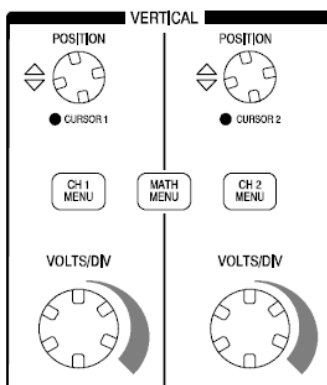
### Επιλογή Καναλιού

Πιέστε το σωστό κουμπί ανάλογα με το κανάλι που χρησιμοποιείται (κανάλι 1 , κανάλι 2). Μπορείτε να δείτε το σήμα για καθ' ένα από τα κανάλια με το αντίστοιχο χρώμα ή και τα δύο ταυτόχρονα. Το κουμπί MATH είναι για μαθηματικές και πράξεις μεταξύ των σημάτων (πρόσθεση, αφαίρεση και FFT).

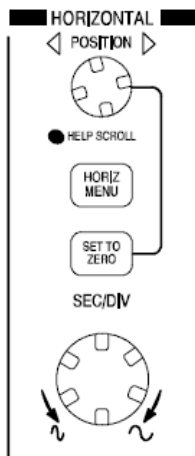
### Ρυθμίσεις Θέσης

Παρατηρήστε ότι στον παλμογράφο υπάρχουν κουμπιά με τα οποία μπορούμε να ρυθμίσουμε ποιο μέρος από το σήμα θα φαίνεται στην οθόνη του. Αυτά χωρίζονται σε οριζόντιες (horizontal) και κάθετες (vertical) ρυθμίσεις. Με την περιστροφή του κουμπιού χειρισμού της μετατόπισης (position) καθορίστε το κέντρο του σήματος. Το κέντρο του σήματος κάθε φορά καθορίζεται:

- στο κάθετο επίπεδο με ένα βελάκι δεξιά ή αριστερά της οθόνης με το ανάλογο χρώμα και αριθμό ανάλογα με το κανάλι που χρησιμοποιούμε
- στο οριζόντιο επίπεδο με ένα λευκό βελάκι στο πάνω μέρος της οθόνης. Αλλάξτε τις ρυθμίσεις με τέτοιο τρόπο ώστε να πάρετε την καλύτερη εικόνα του σήματος σας.



**Κάθετη Διαβάθμιση** Κάτω από κάθε κουμπί επιλογής καναλιού υπάρχει ένας επιλογέας της διαβάθμισης της οθόνης ο οποίος σημειώνεται με το Volts/Div (Volts/Division) και ουσιαστικά καθορίζει σε τι υποδιαίρεση της τάσης αντιστοιχεί το κάθε τετραγωνάκι. Γυρίζοντας τον επιλογέα αριστερόστροφα έχουμε μεγέθυνση του σήματος, δηλαδή κάθε τετραγωνάκι αντιστοιχεί σε μικρότερη υποδιαίρεση. Αντίθετα δεξιόστροφα έχουμε σμίκρυνση του σήματος έτσι το κάθε τετραγωνάκι αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη υποδιαίρεση.



**Χρονική Διαβάθμιση.** (Οριζόντια Διαβάθμιση) Δεξιά από τα κουμπιά της κάθετης διαβάθμισης υπάρχει ένας επιλογέας που καλείται **SEC/DIV (Seconds/Division)** και καθορίζει ακριβώς την τιμή σε δευτερόλεπτα που αντιστοιχεί σε κάθε κουτάκι. Χρησιμεύει ιδιαίτερα για την καλύτερη αναπαράσταση του σήματος (πλήθος περιόδων). Η τιμή και η υποδιαίρεση του κάθε φορά φαίνεται στο κάτω κεντρικό μέρος της οθόνης με λευκά γράμματα.

**Εναλλαγή μεταξύ Εναλλασσόμενης/Συνεχούς τάσης και γείωσης (AC-Ground-DC Coupling).** Η επιλογή **DC Coupling** παρουσιάζει το σήμα εισόδου συμπεριλαμβάνοντας και τυχών μετατόπιση συνεχούς τάσης που μπορεί να έχει το σήμα. Αντίθετα η επιλογή **AC Coupling** μας δίνει το σήμα εισόδου αγνοώντας οποιαδήποτε DC συνιστώσα της τάσης εισόδου. Η πρακτική του σημασία είναι ότι παρουσιάζει το σήμα κεντραρισμένο και έτσι οι μετρήσεις είναι πιο εύκολες.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Όταν οι ρυθμίσεις φαίνεται να έχουν πρόβλημα αλλά δεν μπορείτε να ανακαλύψετε τι φταίει τότε επιστρέψτε στις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις με το να πατήσετε “Default Setup”.

Επιπλέον περιγραφή του οργάνου αλλά και οι οδηγίες χρήσης του βρίσκονται στα εγχειρίδια στην ιστοσελίδα του μαθήματος.

## Πηγή Συνεχούς Τάσης



Οι πηγές συνεχούς τάσης, όπως είναι προφανές παράγουν συνεχή τάση. Ο συγκεκριμένος τύπος που χρησιμοποιείται στο εργαστήριο μπορεί να παρέχει ταυτόχρονα 2 διαφορετικές τάσεις (V1, V2). Διαθέτει κουμπί On/Off, δυνατότητα ρύθμισης της τάσης (VOLTAGE ADJUST) και κουμπί επιλογής της ένδειξης (METER).

**Ακροδέκτες.** Οι συνδέσεις της κάθε πηγής αποτελούνται από θετικό (κόκκινο) και αρνητικό (μαύρο) πόλο.

Καλό θα είναι να επιβεβαιώνετε την τιμή της τάσης αυτής με το πολύμετρο πριν τη χρησιμοποιήσετε. Χρησιμοποιούμε καλώδια banana για όλες τις συνδέσεις.

**Έλεγχος Τάσης.** Με το κουμπί VOLTAGE ADJUST επιλέγουμε την τιμή της τάσης σε Volts.

**Επιλογή Πηγής.** Τα τετράγωνα κουμπιά δεξιά του On/Off καθορίζουν την πηγή της οποίας την έξοδο παρατηρούμε στην οθόνη.

**Οθόνη.** Η οθόνη της πηγής παρουσιάζει την τιμή της τάσης που καθορίζουμε και του ρεύματος που παρέχεται ανάλογα με την επιλογή του κουμπιού Meter.

Επιπλέον περιγραφή του οργάνου αλλά και οι οδηγίες χρήσης του βρίσκονται στα εγχειρίδια στην ιστοσελίδα του μαθήματος.

## Γεννήτρια Συναρτήσεων



Η γεννήτρια συναρτήσεων χρησιμοποιείται για την παραγωγή κυματοειδών σημάτων εισόδου, με γνωστά χαρακτηριστικά, για έλεγχο ενός κυκλώματος. Δίνοντας σαν είσοδο (διέγερση), σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα, ένα ημιτονοειδές σήμα και μελετώντας την έξοδο του (απόκριση) μπορούμε να μετρήσουμε σημαντικά χαρακτηριστικά της, όπως την ενίσχυση, την απώλεια ισχύος, και τη καθυστέρηση και γενικότερα να αναλύσουμε το κύκλωμα. Ο συγκεκριμένος τύπος γεννήτριας του εργαστηρίου περιλαμβάνει τις παρακάτω επιλογές.

**Ακροδέκτες.** Το σήμα εξόδου της γεννήτριας συναρτήσεων το παίρνουμε από τον ακροδέκτη τύπου BNC (Output).

**Έλεγχος Πλάτους και Συχνότητας.** Με τα κουμπιά της πρώτης σειράς (Μπλε) και το αριθμητικό πληκτρολόγιο ή τον περιστροφικό επιλογέα καθορίζουμε το επιθυμητό πλάτος και συχνότητα.

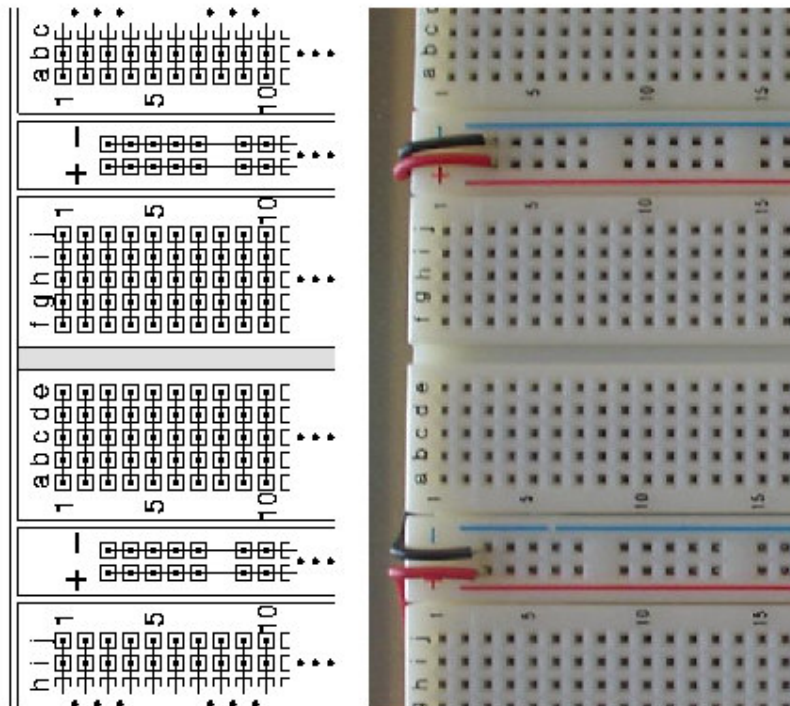
**Επιλογή του τύπου της κυματομορφής.** Με τα κουμπιά (Sine, Square, Ramp) επιλέγουμε τον τύπο της κυματομορφής.

**Οθόνη.** Η οθόνη της γεννήτριας εμφανίζει την τιμή της συχνότητας αλλά και οποιασδήποτε άλλης παραμέτρου επιλέξουμε από τους επιλογείς της πρώτης σειράς.

**Επιπλέον περιγραφή του οργάνου αλλά και οι οδηγίες χρήσης του βρίσκονται στα εγχειρίδια στην ιστοσελίδα του μαθήματος.**



## Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων (Breadboard)



Στο εργαστήριο θα κατασκευάσετε τη μεγάλη πλειοψηφία των κυκλωμάτων σας σε ειδική πλακέτα προτυποποίησης. Αυτή η πλακέτα παρέχει ένα εύκολο τρόπο να ενώσετε τα στοιχεία του κυκλώματός σας. Διαθέτει οπές οι οποίες είναι ενωμένες εσωτερικά και μέσα στις οποίες τοποθετούνται τα άκρα των στοιχείων. Οι οπές αυτές είναι ενωμένες κατά πεντάδες στο κύριο μέρος της πλακέτας και κατά 12 ή 24 στο κάτω μέρος όπως φαίνεται και στο σχήμα. Στοιχεία τα οποία έχουν ένα από τα άκρα τους τοποθετημένα μέσα σε μια από αυτές τις οπές, τότε είναι ενωμένα. Κάθε ομάδα αποτελεί, λοιπόν, ένα κόμβο του κυκλώματος.

Για να συνδέσετε δύο καλώδια χρησιμοποιώντας το breadboard, απλά τα βάζετε στην ίδια στήλη. Για να συνδέσετε για παράδειγμα μια αντίσταση με το τροφοδοτικό κάνετε τα εξής:

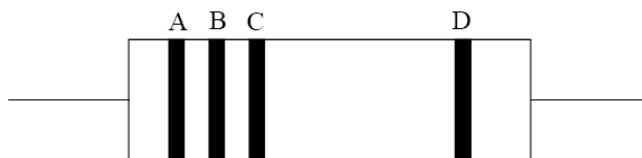
- α. Βάζετε τους ακροδέκτες της αντίστασης στις οπές c5 και c10.
- β. Βάζετε τον έναν ακροδέκτη από το τροφοδοτικό στην b5.
- γ. Βάζετε τον δεύτερο ακροδέκτη από το τροφοδοτικό στην b10.



## Αντιστάσεις

### 1. Κώδικας χρωμάτων

Η τιμή μιας αντίστασης φαίνεται από τα χρώματα του στοιχείου. Κάθε αντίσταση διαθέτει μια σειρά από ζώνες, τέσσερις ή πέντε, οι οποίες καθορίζουν την τιμή της αντίστασης με βάση τον πιο κάτω πίνακα. Σημειώστε ότι η τρίτη ζώνη είναι καθορίζει την τάξη μεγέθους της τιμής της αντίστασης ή απλά το πλήθος των μηδενικών που ακολουθούν τη βασική τιμή.



$$R = AB \times 10^C \pm D(\%)$$

Χρώμα	A	B	C	D
Μαύρο	0	0	0	
Καφέ	1	1	1	±1% (F)
Κόκκινο	2	2	2	±2% (G)
Πορτοκαλί	3	3	3	
Κίτρινο	4	4	4	
Πράσινο	5	5	5	±0.5% (D)
Μπλε	6	6	6	±0.25% (C)
Μωβ	7	7	7	±0.1% (B)
Γκρι	8	8	8	±0.05% (A)
Λευκό	9	9	9	
Χρυσάφι				±5% (J)
Ασημί				±10% (K)
Κανένα				±20% (M)

### 2. Αναγραφόμενη τιμή σε κώδικα

Η τιμή των αντιστάσεων καθορίζεται από δύο αριθμούς, μεταξύ των οποίων μεσολαβεί ένα γράμμα. Αυτό υποδηλώνει την τάξη μεγέθους, σύμφωνα με την παρακάτω αντιστοίχιση:

$R \rightarrow \Omega$

$K \rightarrow k\Omega$

$M \rightarrow M\Omega$

Ο αριθμός αριστερά του γράμματος υποδηλώνει το ακέραιο μέρος της τιμής, ενώ ο αριθμός που βρίσκεται δεξιά του γράμματος υποδηλώνει το δεκαδικό μέρος.

Παραδείγματα:

$R10 = 0.1\Omega$

$1R2 = 1.2\Omega$

$1K = 1k\Omega$

$4K7 = 4.7 k\Omega$

$6M8 = 6.8M\Omega$

Τέλος, υπάρχει και ο αντίστοιχος κώδικας ανοχών για την τιμή, που είναι ο παρακάτω:

$F = \pm 1\%$

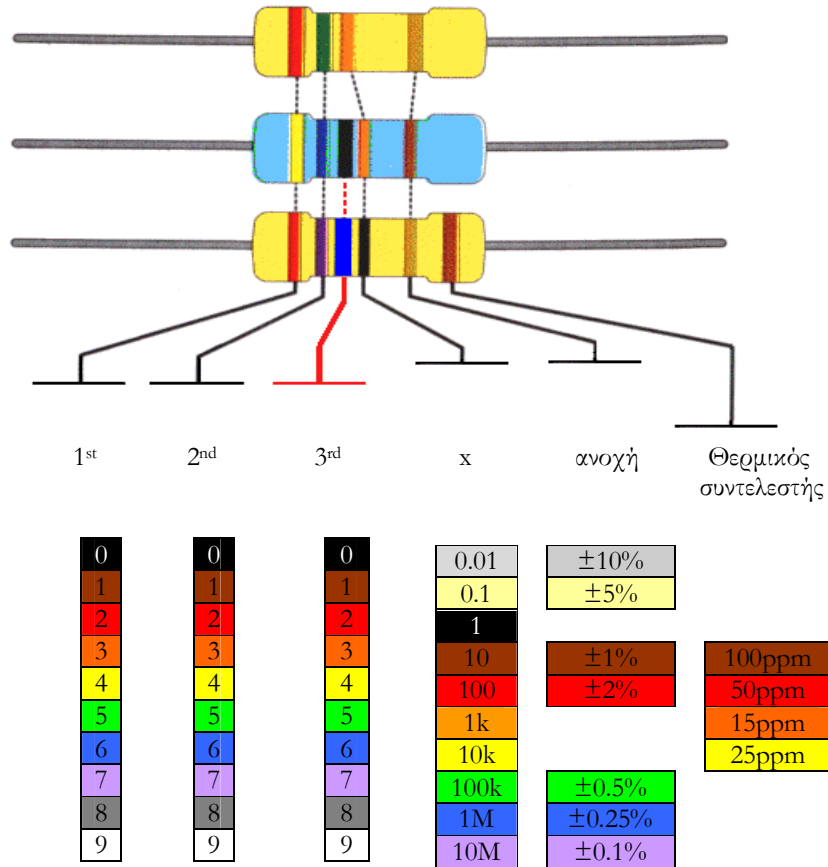
$G = \pm 2\%$

$J = \pm 5\%$

$K = \pm 10\%$

$$M = \pm 20\%$$

### 3. 4-, 5- και 6-band κώδικας χρωμάτων



Η τελευταία ζώνη είναι η ανοχή της αντίστασης και δείχνει τυχών απόκλιση από την τιμή αυτή που μπορεί να έχει η αντίσταση.

## Πυκνωτές

### 1. Λειτουργία

Οι πυκνωτές αποθηκεύουν ηλεκτρικό φορτίο. Χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αντιστάσεις σε κυκλώματα RC, για την εξομάλυνση μεταβαλλόμενων τιμών συνεχούς τάσης καθώς και σε κυκλώματα φίλτρων λόγω του γεγονότος πως επιτρέπουν τη διέλευση εναλλασσόμενων σημάτων AC όχι όμως και συνεχών.

### 2. Χωρητικότητα

Είναι μια μέτρηση της ικανότητας του πυκνωτή να αποθηκεύει ηλεκτρικό φορτίο. Μεγάλη χωρητικότητα σημαίνει ικανότητα αποθήκευσης μεγάλου ηλεκτρικού φορτίου. Η χωρητικότητα μετράται σε farads, με σύμβολο F. Όμως το 1 F είναι πολύ μεγάλο, έτσι χρησιμοποιούνται προθέματα για να επιδείξουν μικρότερες τιμές.

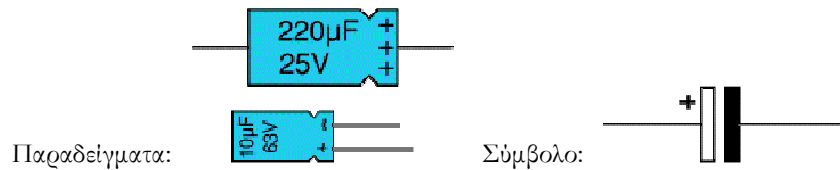
Τα προθέματα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι,  $\mu$  (micro), n (nano) και p (pico):

- $\mu$  που σημαίνει  $10^{-6}$  (millionth), έτσι  $1000000 \mu\text{F} = 1 \text{ F}$
- n που σημαίνει  $10^{-9}$  (thousand-millionth), έτσι  $1000 \text{ nF} = 1 \mu\text{F}$
- p που σημαίνει  $10^{-12}$  (million-millionth), έτσι  $1000 \text{ pF} = 1 \text{ nF}$

Οι τιμές των πυκνωτών βρίσκονται πιο δύσκολα από τις αντίστοιχες των αντιστάσεων γιατί υπάρχουν πολλοί τύποι με διαφορετικά συστήματα αναπαράστασης.

Υπάρχουν πολλοί τύποι πυκνωτών αλλά χωρίζονται κυρίως σε δύο κατηγορίες, τους πυκνωτές με πολικότητα και τους πυκνωτές χωρίς πολικότητα. Κάθε τύπος έχει το δικό του σύμβολο.

### 3. Πυκνωτές με πολικότητα (μεγάλες τιμές, $> 1\mu\text{F}$ )



#### 3.1. Ηλεκτρολυτικοί Πυκνωτές

Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές έχουν πολικότητα και πρέπει να συνδέονται με το σωστό τρόπο. Τουλάχιστον ένας από τους ακροδέκτες τους έχει το σύμβολο  $+$  ή  $-$ . Δεν καταστρέφονται με τη θέρμανση κατά την συγκόλληση.

Υπάρχουν δύο μοντέλα ηλεκτρολυτικών πυκνωτών, οι αξονικοί όπου οι ακροδέκτες βρίσκονται ένας σε κάθε βάση (του κυλίνδρου), όπως ο  $220\mu\text{F}$  στο παράδειγμα και οι ακτινικοί όπου και οι δύο ακροδέκτες βρίσκονται στο ίδιο μέρος, όπως ο  $10\mu\text{F}$  στο παράδειγμα. Οι ακτινικοί είναι συνήθως μικρότεροι σε μέγεθος και τοποθετούνται σε όρθια θέση πάνω στην πλακέτα.

Είναι εύκολο να βρεθεί η τιμή ενός ηλεκτρολυτικού πυκνωτή αφού η χωρητικότητα και η μέγιστη τάση λειτουργίας είναι καθαρά τυπωμένες πάνω στο ίδιο το εξάρτημα. Η μέγιστη τάση μπορεί να είναι μικρή (για παράδειγμα  $6\text{V}$ ) και πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη όταν επιλέγεται ένας ηλεκτρολυτικός πυκνωτής. Αν δεν είναι γνωστή η τάση στο σημείο που θα τοποθετηθεί ο πυκνωτής, επιλέγεται ένας με μέγιστη τιμή τάσης ίση ή μεγαλύτερη από την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος.

#### 3.2. Πυκνωτές τανταλίου

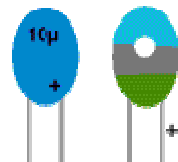
Οι πυκνωτές τανταλίου είναι πυκνωτές με πολικότητα, η τιμή αγοράς τους είναι υψηλή αλλά είναι πολύ μικροί σε μέγεθος, οπότε χρησιμοποιούνται όπου χρειάζεται μεγάλη χωρητικότητα σε μικρό μέγεθος.

Οι καινούργιοι πυκνωτές τανταλίου τυπώνονται με τη χωρητικότητα, τη μέγιστη τάση και την πολικότητα πάνω στο εξάρτημα. Όμως σε παλιότερους χρησιμοποιείται ο χρωματικός κώδικας με δύο ζώνες (χρώματος) για τα δύο ψηφία και μία κηλίδα (χρώματος) για τον αριθμό των μηδενικών ώστε να προκύψει η τελική τιμή σε  $\mu\text{F}$ . Χρησιμοποιείται ο συνήθης χρωματικός κώδικας, αλλά για την κηλίδα, το γκρι σημαίνει  $\times 0.01$  και το λευκό σημαίνει  $\times 0.1$  έτσι ώστε να μπορούν να αναπαρασταθούν τιμές μικρότερες από  $10\mu\text{F}$ . Μια τρίτη χρωματική ζώνη κοντά στους ακροδέκτες χρησιμοποιείται για την ένδειξη της μέγιστης τάσης (κίτρινο  $6.3\text{V}$ , μαύρο  $10\text{V}$ , πράσινο  $16\text{V}$ , μπλε  $20\text{V}$ , γκρι  $25\text{V}$ , λευκό  $30\text{V}$ , ροζ  $35\text{V}$ ). Ο θετικός (+) ακροδέκτης βρίσκεται στα δεξιά κοιτώντας την κηλίδα.

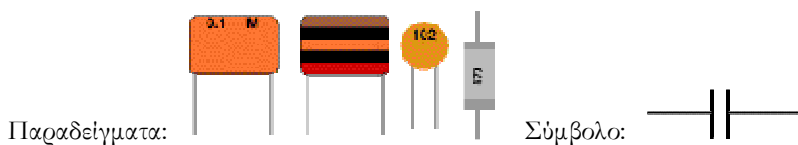
Για παράδειγμα: **μπλε, γκρι, μαύρη κηλίδα** σημαίνει  $68\mu\text{F}$

Για παράδειγμα: **μπλε, γκρι, λευκή κηλίδα** σημαίνει  $6.8\mu\text{F}$

Για παράδειγμα: **μπλε, γκρι, γκρι κηλίδα** σημαίνει  $0.68\mu\text{F}$



### 4. Πυκνωτές χωρίς πολικότητα (μικρές τιμές, μέχρι $1\mu\text{F}$ )



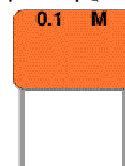
Οι πυκνωτές μικρής χωρητικότητας δεν έχουν πολικότητα και συνδέονται με οποιονδήποτε τρόπο. Δεν καταστρέφονται με την θέρμανση κατά την συγκόλληση, εκτός από τους πυκνωτές πολυστερίνης. Έχουν μεγάλες τιμές μέγιστης τάσης, τουλάχιστον  $50\text{V}$ , συνήθως  $250\text{V}$ . Είναι σχετικά δύσκολο να βρεθούν οι τιμές αυτών των μικρών πυκνωτών γιατί υπάρχουν πολλοί τύποι και αρκετά διαφορετικά συστήματα αναπαράστασης των τιμών τους.

Πολλοί μικροί πυκνωτές έχουν την τιμή τυπωμένη χωρίς πρόθεμα, οπότε χρειάζεται εμπειρία για να βρεθεί το πρόθεμα που θα έπρεπε να υπάρχει.

Για παράδειγμα **0.1** σημαίνει  $0.1 \mu\text{F} = 100 \text{ nF}$ .

Μερικές φορές ένα πρόθεμα χρησιμοποιείται στην θέση ενός δεκαδικού ψηφίου:

Για παράδειγμα: **4n7** σημαίνει  $4.7 \text{ nF}$ .



#### 4.1. Πυκνωτές Πολυστερίνης

Αυτό ο τύπος χρησιμοποιείται σπάνια. Η τιμή τους (σε pF) τυπώνεται χωρίς μονάδες.

Οι πυκνωτές πολυστερίνης καταστρέφονται από την ζέση κατά την συγκόλληση (λιώνει η πολυστερίνη).



### 5. Αριθμητικός Κώδικας Πυκνωτών

Ο αριθμητικός κώδικας χρησιμοποιείται σε μικρούς πυκνωτές όπου είναι δύσκολο να τυπωθεί ο χρωματικός.

- Ο πρώτος αριθμός αντιστοιχεί στο 1<sup>ο</sup> ψηφίο
- Ο δεύτερος αριθμός αντιστοιχεί στο 2<sup>ο</sup> ψηφίο
- Ο τρίτος αριθμός (χρώμα) αντιστοιχεί στον αριθμό των μηδενικών (0) που ακολουθούν και η χωρητικότητα είναι σε pF
- Οποιοδήποτε γράμμα αντιστοιχεί σε ανοχή και μέγιστη τάση λειτουργίας

Για παράδειγμα: **102** σημαίνει  $1000 \text{ pF} = 1 \text{ nF}$  (όχι  $102 \text{ pF}$ )

Για παράδειγμα: **472J** σημαίνει  $4700 \text{ pF} = 4.7 \text{ nF}$  (το J σημαίνει 5% ανοχή).



### 6. Χρωματικός κώδικας πυκνωτών

Ο χρωματικός κώδικας χρησιμοποιούνταν στους πυκνωτές πολυεστέρα για πολλά χρόνια. Σήμερα έχουν καταργηθεί αλλά φυσικά κυκλοφορούν αρκετοί ακόμα. Τα χρώματα διαβάζονται όπως ο αντίστοιχος κώδικας για αντιστάσεις. Ξεκινώντας από το πάνω μέρος οι 3 πρώτες ζώνες χρωμάτων δίνουν την χωρητικότητα σε pF. Αγνοήστε την 4<sup>η</sup> (ανοχή) και την 5<sup>η</sup> (μέγιστη τιμή τάσης) ζώνη.

Για παράδειγμα: **καφέ, μαύρο, πορτοκαλί** σημαίνει  $10000 \text{ pF} = 10 \text{ nF} = 0.01 \mu\text{F}$ .

Σημείωση: δεν υπάρχουν κενά μεταξύ των χρωμάτων, οπότε 2 διαφορετικές ζώνες εμφανίζονται σαν μία.

Για παράδειγμα: **ερυθρό κόκκινο, κίτρινο** σημαίνει  $220 \text{ nF} = 0.22 \mu\text{F}$ .



Χρωματικός κώδικας	
Χρώμα	Αριθμός
Μαύρο	0
Καφέ	1
Κόκκινο	2
Πορτοκαλί	3
Κίτρινο	4
Πράσινο	5
Μπλε	6
Μωβ	7
Γκρι	8
Λευκό	9

### 7. Πραγματικές τιμές πυκνωτών (οι σειρές E3 και E6)

Θα έχετε παρατηρήσει πως οι πυκνωτές δεν είναι διαθέσιμοι σε κάθε πιθανή τιμή, για παράδειγμα οι τιμές  $22 \mu\text{F}$  και  $47 \mu\text{F}$  υπάρχουν, ενώ οι  $25 \mu\text{F}$  και  $50 \mu\text{F}$  δεν υπάρχουν.

Γιατί συμβαίνει αυτό; Έστω πως αποφασίζουμε να κατασκευάσουμε πυκνωτές ανά  $10 \mu\text{F}$ , π.χ. 10, 20, 30, 40, 50 κ.λπ. Αυτό φαίνεται εύκολο αλλά τι θα συμβεί όταν φτάσουμε στα  $1000 \mu\text{F}$ ; Θα ήταν άσκοπο να κατασκευαστούν πυκνωτές με χωρητικότητα 1000, 1010, 1020, 1030  $\mu\text{F}$  κ.λπ. αφού σε αυτές τις τιμές μια μεταβολή της τάξης των 10  $\mu\text{F}$  είναι πολύ μικρή για να γίνει αισθητή και επιπλέον είναι πολύ δύσκολο να κατασκευαστούν πυκνωτές τέτοιας ακριβείας.

Για την κατασκευή μιας πρακτικής σειράς τιμών πυκνωτών χρειάζεται η αυξάνει το μέγεθος του 'βήματος' όσο μεγαλώνει η τιμή. Οι standard τιμές πυκνωτών βασίζονται σ' αυτήν την ιδέα και δημιουργούν σειρές τιμών που ακολουθούν το ίδιο υπόδειγμα σε κάθε πολλαπλάσιο του δέκα.

**Η σειρά E3** (3 τιμές για κάθε πολλαπλάσιο του δέκα) **10, 22, 47, ...** και συνεχίζει 100, 220, 470, 1000, 2200, 4700, 10000 κ.λπ. Παρατηρήστε ότι το βήμα αυξάνει όσο αυξάνει και η τιμή της χωρητικότητας.

**Η σειρά E6** (6 τιμές για κάθε πολλαπλάσιο του δέκα) **10, 15, 22, 33, 47, 68, ...** και συνεχίζει 100, 150, 220, 330, 470, 680, 1000 κ.λπ. Δηλαδή υπάρχει μια επιπλέον τιμή μεταξύ των τιμών της E3.

Η σειρά E3 χρησιμοποιείται συχνότερα για πυκνωτές γιατί δεν είναι εύκολη η κατασκευή πολλών τιμών με μεγάλη ακρίβεια.

## Πειραματική Εργασία

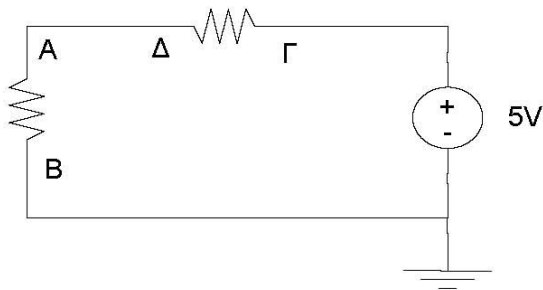
### Μέρος Α ( Εξοικείωση με την πηγή και το πολύμετρο)

#### Στόχοι

- Εξοικείωση με την πηγή και το πολύμετρο.

#### Διαδικασία

- 1 Ρυθμίστε την έξοδο της πηγής συνεχούς τάσης στα 5 V.
- 2 Υλοποιήστε το παρακάτω κύκλωμα με  $R_{AB} = 10 \text{ k}\Omega$  και  $R_{\Delta\Gamma} = 10 \text{ k}\Omega$ .



3. Από ότι γνωρίζεται από τη θεωρία των κυκλωμάτων, τι τιμή περιμένετε να έχει η τάση Μεταξύ Α και Β; Μεταξύ Γ και Δ;

$V_{AB}$  από θεωρία = \_\_\_\_\_

$V_{\Gamma\Delta}$  από θεωρία = \_\_\_\_\_

4. Μετρήστε με το πολύμετρο την τάση μεταξύ Α και Β (στη θέση DC V) και σημειώστε την στο φυλλάδιο

$V_{AB}$  από μέτρηση = \_\_\_\_\_

5. Μετρήστε με το πολύμετρο την τάση μεταξύ Γ και Δ (στη θέση DC V) και σημειώστε την στο φυλλάδιο

$V_{\Gamma\Delta}$  από μέτρηση = \_\_\_\_\_

6. Συμφωνούν οι τιμές με αυτό που προβλέπει η θεωρία;

## Μέρος Β (Εξοικείωση με τη γεννήτρια συναρτήσεων και τον παλμογράφο)

### Στόχοι

- Εξοικείωση με τη γεννήτρια συναρτήσεων και τον παλμογράφο. Θα πρέπει να γνωρίζετε τη διαδικασία μετατροπής του πλάτους σε ενεργό τιμή. Επιπλέον να γνωρίζετε τι μετράμε (πλάτος ή ενεργό τιμή;) με το πολύμετρο και τι με τον παλμογράφο.

### Διαδικασία

- Καθορίστε στη γεννήτρια ένα ημιτονοειδές σήμα εξόδου με **ενεργό τιμή** τάσης  $V_{\text{rms}} = 2 \text{ V}$  και συχνότητα  $5 \text{ kHz}$ .
- Στο κύκλωμα που κατασκευάσατε στην προηγούμενη άσκηση, ενώστε τη γεννήτρια σημάτων στη θέση της πηγής συνεχούς τάσης.
- Μετρήστε την ενεργό τιμή  $V_{\text{rms}}$  στα σημεία AB με το πολύμετρο

$V_{\text{ABrms}}$  από πολύμετρο = \_\_\_\_\_

- Χρησιμοποιείτε τον παλμογράφο για να δείτε την κυματομορφή μεταξύ των σημείων A και B. Βεβαιωθείτε ότι μπορείτε να δείτε γύρω στις 2 περιόδους της κυματομορφής και ότι το πλάτος της είναι όσο πιο μεγάλο επιτρέπει η οθόνη. Μετρήστε το **πλάτος** της κυματομορφής.

$V_{\text{AB}}$  από παλμογράφο = \_\_\_\_\_

- Υπολογίστε με βάση αυτή τη μέτρηση την **ενεργό τιμή**

$V_{\text{ABrms}}$  από υπολογισμό = \_\_\_\_\_

- Συμφωνούν οι μετρήσεις με το πολύμετρο και τον παλμογράφο;



**Προσοχή** - *Θερμή Παράκληση*: αγαπάτε και προστατεύετε την περιουσία του εργαστηρίου, κρατάτε το καθαρό και τακτικό, και προσέχετε όταν συνδέετε εξαρτήματα στο breadbord και ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται τους ακροδέκτες (probes) της γεννήτριας και του παλμογράφου.

Απαγορεύονται το κάπνισμα, τα φαγητά, και τα υγρά μέσα στο Εργαστήριο.

- Τα σύρματα και οι ακροδέκτες να είναι εντελώς **ευθύγραμμα** στο μέρος τους που μπαίνουν μέσα στην οπή -- όχι τσακισμένα, λυγισμένα, ή περιστρεμμένα -- και να είναι καλά ενωμένα με το υπόλοιπο μέρος που μένει έξω -- **όχι μισοκομμένα**.
- Εισάγετε τα σύρματα ευθύγραμμα προς τα κάτω, και όχι υπό γωνία, προσέξτε να μην στραβώνουν.
- Όταν βγάζετε ένα σύρμα, τραβάτε το απαλά και κατακόρυφα, και κυρίως προσέχετε να **μην σας κοπεί** και μείνει μέσα στην οπή το μισό, διότι τότε αχρηστεύεται η συγκεκριμένη οπή.
- Μην χρησιμοποιείτε σύρματα μεγάλου πάχους γιατί έτσι φθείρετε τα ελάσματα στις υποδοχές.
- Μην προσπαθείτε να τροποποιήσετε τα έτοιμα, κολλημένα καλώδια τροφοδοσίας και τους ακροδέκτες γενικότερα.
- Στο τέλος κάθε εργαστηρίου σας, και **πριν φύγετε**, αποσυνδέετε προσεκτικά το κύκλωμά σας, τοποθετείτε τα σύρματα και τα εργαλεία δίπλα στην βάση πειραμάτων --το ίδιο **τακτικά** όσο θέλετε κι εσείς να τα βρίσκετε όταν έρχεστε-- και επιστρέφετε τα εξαρτήματα που σας έδωσε ο υπεύθυνος στον ίδιο.