

# Γενικά

ΜΕΡΟΣ Β΄ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

# Ηλεκτρονικά



• Β΄ ΕΠΑ.Λ.

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Γ Ε Ν Ι Κ Α  
Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Ν Ι Κ Α

Β´ Μέρος  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

### ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

- Γεώργιος Ιωάννου Παπαϊωάννου, Δρ. Φυσικός - Ραδιοηλεκτρολόγος, Αναπλ. Καθηγ. Φυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών
- Ιωάννης Αρτεμίου Παπαδάκης, Ηλ/γος Μηχ/κός M.Sc., M.Phil, D.I.C. Ειδικός Επιστήμονας ΚΕΤΕΣ
- Ευάγγελος Κων/νου Μπρακατσούλας, Ηλεκτρονικός, Διευθυντής 1ου Σ.Ε.Κ. Αθηνών

### ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

- Νικηφόρος Θεοφάνους, Καθηγητής Πληροφορικής Πανεπιστημίου Αθηνών
- Νικόλαος Μπαλίνης, Ηλεκτρονικός, Καθ. Δευτ/θμιας Εκπ/σης ΠΕ17.
- Αριστομένης Σακκάς, Φυσικός - Ηλεκτρονικός, Μετ. Καθ. Δευτ/θμιας Εκπ/σης ΠΕ17

### ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

- Γεώργιος Ιωάννου Παπαϊωάννου

### ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

- Ιωάννης Αρτεμίου Παπαδάκης

### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

- Σταμάτης Δόικας

### ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

- Δήμητρα Τσατμαλή, Φιλολόγος, Καθηγήτρια Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ02

### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ & ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ

ΣΥΝΘΕΣΗ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Επιστημονικός Υπεύθυνος του Τομέα «ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ»

Δρ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΗΜ. ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ (PH.D)

(Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου)

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**Μπρακατσούλας Κων. Ευάγγελος  
Παπαϊωάννου Ιωάν. Γεώργιος  
Παπαδάκης Αρτ. Ιωάννης**

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε  
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

**Γ Ε Ν Ι Κ Α  
Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Ν Ι Κ Α**

**Μέρος Β΄ Εργαστήρια**

**Β΄ ΕΠΑ.Λ.**

**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ,  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ**

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ  
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»**



## — ΠΡΟΛΟΓΟΣ —

Το τεύχος αυτό, αποτελεί το Β΄ μέρος του βιβλίου «Γενικά Ηλεκτρονικά», περιέχει τις εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος και απευθύνεται στους μαθητές της Α΄ τάξης του 1ου Κύκλου των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (Τ.Ε.Ε) για το τομέα της Ηλεκτρονικής.

Πρόκειται για κλασικές και απλές στη διεξαγωγή τους εργαστηριακές ασκήσεις, που μπορούν και πρέπει να πραγματοποιούνται σε ειδικές διατηρητές πλακέτες, π.χ. Μπρέ-αιντ Μπορντ (Bread Board), γιατί εύκολα γίνονται οι προσαρμογές από τους διδάσκοντες αλλά το κυριότερο οι μαθητές αισθάνονται τη χαρά της δημιουργίας κατασκευάζοντας όλα τα απλά αυτά κυκλώματα.

Αυτό βέβαια δεν αποκλείει τη χρησιμοποίηση έτοιμων ασκήσεων που τυχόν διαθέτουν τα εργαστήρια με την προϋπόθεση βέβαια ότι θα πραγματοποιούνται όλα τα βήματα του πρακτικού μέρους της άσκησης.

Σημειώνουμε επίσης ότι τα βήματα των ασκήσεων είναι γραμμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην παρακωλύεται η αυτενέργεια των μαθητών, και είμαστε σίγουροι ότι τα Σχολικά Εργαστηριακά Κέντρα (ΣΕΚ) ή Σχολικά Εργαστήρια, διαθέτουν αυτόν τον ελάχιστο εξοπλισμό για την πραγματοποίησή των.

Τέλος σημειώνουμε ότι δίνονται τα data sheets των περισσότερο χρησιμοποιούμενων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, όπως η διόδος 1N4001, το τρανζίστορ 2N2222, το thyristor C106 και ο τελεστικός ενισχυτής LMA741, τα οποία πρέπει να συμβουλευόνται οι μαθητές για τη διεξαγωγή των ηλεκτρονικών ασκήσεων και υποδεικνύουμε ότι τα κυκλώματα που περιέχουν μπουτόν ή διακόπτες, αντί για τα εξαρτήματα αυτά μπορεί να χρησιμοποιείται ένα μικρό μονόκλωνο καλώδιο.

Φεβρουάριος 2000  
Οι συγγραφείς



## — ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ —

### ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ

Πρόλογος.....	5
Περιεχόμενα.....	7
Εισαγωγικές πληροφορίες για το Εργαστήριο .....	9
Απλά εργαλεία και μικροϋλικά συναρμολόγησης.....	14
Άσκηση συγκολλήσεων .....	18
Βασικές συσκευές μέτρησης και ελέγχου (θεωρία).....	19

### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Βασικές συσκευές μέτρησης .....	33
2. Πινακίδα πειραμάτων Μπρεαντ Μπορντ.....	35
3. Μετρήσεις με πολύμετρο, παλμογράφο και συχνόμετρο .....	42
4. Δίοδος P-N σε ορθή και ανάστροφη πόλωση .....	46
5. Απλή ανόρθωση με δίοδο P-N - πλήρης ανόρθωση .....	49
6. Πλήρης ανόρθωση με γέφυρα διόδου - φίλτρο εξομάλυνσης.....	51
7. Απλός και διπλός ψαλιδισμός με διόδους.....	53
8. Κυκλώματα διπλασιασμού τάσης.....	57
9. Χρήση διόδου Ζένερ για σταθεροποίηση τάσης .....	59
10. Χαρακτηριστικά τρανζίστορ.....	62
11. Πόλωση τρανζίστορ .....	65
12. Το τρανζίστορ και ενισχυτές.....	68
13. Χαρακτηριστικά τρανζίστορ. Επίδρασης πεδίου (F.E.T) .....	69
14. Το τρανζίστορ F.E.T. ως ενισχυτής.....	72
15. Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου (SCR ή θύρατρον).....	74
16. Αμφίδρομος διακόπτης DIAC - TRIAC.....	77
17. Χρήση θυρίστορ SCR για έλεγχο τάσης .....	80
18. Δίοδος φωτοεκπομπής (LED).....	82
19. Λογικές πύλες AND και OR με ολοκληρωμένα .....	87
20. Λογικές πύλες NAND και NOR .....	88
21. Λογικά κυκλώματα μόνο με πύλη NAND .....	91
22. Χαρακτηριστικά τελεστικού ενισχυτή.....	94
23. Αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής.....	97
24. Μη αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής.....	99

### ΑΠΛΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Οδηγίες για ηλεκτρονικές κατασκευές .....	101
1.Κύκλωμα παραγωγής Ήχου με SCR .....	104
2.Φωτορρυθμικό με SCR.....	105
3.Τροφοδοτικό .....	106

### ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Δίοδος IN 4001, Τρανζίστορ 2N2222, Θυρίστορ C106, Τελεστικός Ενισχυτής LM741.....	108-111
--	---------





## ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

**Σύνοψη:** Δίνονται γενικές πληροφορίες για τις ασκήσεις, οδηγίες για τη συμπεριφορά και τον κανονισμό λειτουργίας και μέτρα προφύλαξης από τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

### A. Γενικότητες

Το Ηλεκτρονικό εργαστήριο είναι ένας χώρος που διαθέτει τον απαιτούμενο εξοπλισμό, δηλ. εργαλεία, όργανα και εξαρτήματα, ώστε να μπορεί να εκπληρώσει καλύτερα και αποδοτικότερα το σκοπό του. Μέσα σ' αυτόν το χώρο, οι μαθητές αποκτούν ευχέρεια στη χρήση των οργάνων, κατανοούν τη λειτουργία του και αποκτούν πρακτική συνείδηση ηλεκτρονικού, απαραίτητη προϋπόθεση για έναν καλό και σύγχρονο τεχνικό.

Το εργαστήριο διαθέτει κατάλληλους πάγκους εργασίας. Στους πάγκους αυτούς ασκούνται 2 ή 3 μαθητές σε ομάδες, η τροφοδότησή τους με τάση είναι ανεξάρτητη και, για ασφάλεια από κίνδυνο ηλεκτροπληξίας, πρέπει να διατίθεται μετασχηματιστής 220VAC/220VAC, ρελέ προστασίας και πλαστικό δάπεδο. Τέλος, το εργαστήριο πρέπει να διαθέτει φαρμακείο και πυροσβεστήρα για έκτακτες περιστάσεις.

Οι μαθητές έχουν την απόλυτη ελευθερία μόνοι τους να συγκροτήσουν τις ομάδες τους για να μπορούν καλύτερα να συνεργασθούν μεταξύ τους. Σε περίπτωση όμως που κατά τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς ο υπεύθυνος Καθηγητής του εργαστηρίου αντιληφθεί αδυναμία συνεργασίας ή οτιδήποτε άλλο, επεμβαίνει και ανασυγκροτεί τις ομάδες έτσι ώστε η εκπαιδευτική διαδικασία να προχωράει απρόσκοπτα.

Κάθε μαθητής πρέπει να έχει ένα τετράδιο μεγάλου σχήματος σε τετραγωνάκια στο οποίο θα γράφει την εργασία και θα την παραδίδει στο εργαστήριο για διόρθωση από τον Καθηγητή. Πρέπει από την αρχή να ξέρει ο μαθητής πως ο βαθμός του τετραδίου έχει μεγάλη βαρύτητα και συμμετοχή στην τελική βαθμολογία του μαθήματος.

## **B) Σειρά από εργασίες για την εκτέλεση της άσκησης**

Ο μαθητής, εισερχόμενος στο εργαστήριο, πρέπει να ξέρει τη θεωρία της άσκησης και τα όργανα που θα χρησιμοποιήσει. Ας σημειωθεί ότι στην αρχή κάθε άσκησης αναφέρονται οι σελίδες του βιβλίου που καλύπτουν θεωρητικά την κάθε άσκηση. Στη συνέχεια, η ομάδα θα κατασκευάσει την άσκηση με τα υλικά που θα του δοθούν και **αφού ελέγξει τη συνδεσμολογία ο υπεύθυνος Καθηγητής**, θα εφαρμόσει τάση με **προσοχή** και αφού οι ομάδες των μαθητών καταμερίσουν μεταξύ τους τις εργασίες, θα κάνουν με προσοχή τις μετρήσεις.

Μετά τις μετρήσεις οι μαθητές θα κάνουν τους υπολογισμούς που τους ζητάει η άσκηση, θα χαράξουν τις καμπύλες που ζητούνται και θα τις δείχνουν στον υπεύθυνο Καθηγητή του εργαστηρίου. Οι καμπύλες ελέγχονται από αυτόν και, αν δεν είναι σωστές, η ομάδα επαναλαμβάνει τις μετρήσεις.

Δεν πρέπει με κανένα τρόπο οι μετρήσεις να γίνονται από ένα μόνο μαθητή. Όλοι οι μαθητές πρέπει εκ περιτροπής να χειρίζονται τα όργανα και να παίρνουν μετρήσεις.

Αφού η ομάδα ολοκληρώσει την άσκηση, υπογράφονται οι σημειώσεις των μαθητών από τον Καθηγητή και με την άδειά του διακόπτονται την τροφοδότηση του κυκλώματος.

Στο σπίτι τώρα πια, θα γράψουν στο καθαρό τετράδιο την αναφορά κάθε άσκησης η οποία θα περιλαμβάνει:

- α. λίγα λόγια θεωρίας**
- β. όργανα και υλικά που χρησιμοποιήθηκαν**
- γ. πρακτικό κύκλωμα της άσκησης**
- δ. ερωτήσεις**
- ε. απαντήσεις**

## **Γ) Κανονισμός λειτουργίας και συμπεριφορά των μαθητών στο εργαστήριο**

Ο μαθητής πρέπει να σέβεται τον κανονισμό λειτουργίας του εργαστηρίου που, στην αρχή της σχολικής χρονιάς, ο Καθηγητής θα παρουσιάσει σε όλους τους μαθητές και το κυριότερο, να γνωρίζει την ορθή χρήση των οργάνων που θα χρησιμοποιήσει.

Η συμπεριφορά των μαθητών πρέπει να είναι προσεκτική. Μια απροσεξία ή μία συνηθισμένη αμέλεια, πιθανό να προκαλέσει ζημιές στα

χρησιμοποιούμενα όργανα ή ακόμα και ηλεκτροπληξία σε ασκούμενους μαθητές. Οι μαθητές πρέπει να εκτελούν μόνο ό,τι ζητεί η άσκηση. Να μην εγκαταλείπουν την ομάδα στην οποία εργάζονται, ούτε το Εργαστήριο, χωρίς άδεια του Καθηγητή τους, ούτε να πειραματίζονται σε άλλα θέματα.

#### **Δ) Προστασία από τον κίνδυνο του ηλεκτρικού ρεύματος**

Πέρα από τους γενικούς κινδύνους, κατά την εργασία του ο Ηλεκτρονικός στο εργαστήριο διατρέχει και κίνδυνο ηλεκτροπληξίας, αφού ασχολείται σε διατάξεις που λειτουργούν με ρεύμα. Το μέγεθος των καταστρεπτικών συνεπειών από την ηλεκτροπληξία εξαρτάται από το ρεύμα που προκαλείται στο σώμα, δηλαδή τη σχέση που υφίσταται μεταξύ της εφαρμοζόμενης τάσης και της αντίστασης του σώματος του ανθρώπου.

Γενικά μπορούμε να πούμε, πως το αποτέλεσμα θα κριθεί από το δρόμο που θα ακολουθήσει το ρεύμα και από την έντασή του. Το πρώτο καθορίζει τα όργανα που θα πληγούν, το δεύτερο το μέγεθος του αποτελέσματος που δεν είναι εκ των προτέρων γνωστό. Γι' αυτό, ποτέ δεν επιτρέπεται το ανθρώπινο σώμα να αποτελέσει δρόμο για να περάσει το ρεύμα.

Για να μειωθούν στο ελάχιστο οι περιπτώσεις ατυχήματος ηλεκτροπληξίας κατά την εκτέλεση της εργασίας, πρέπει να παίρνονται ορισμένα βασικά προληπτικά μέτρα:

- α. Διατηρούμε το χώρο της εργασίας μας καθαρό.**
- β. Δεν εργαζόμαστε βιαστικά και πρόχειρα, προσέχουμε δε τα ηλεκτροφόρα καλώδια αν είναι μονωμένα.**
- γ. Πρέπει το εργαστήριο να διαθέτει καλή γείωση και να ελέγχεται.**
- δ. Δεν κάνουμε συνδέσεις χωρίς να διακόπτουμε το ρεύμα.**
- ε. Έχουμε πάντα το ένα χέρι στην τσέπη** όταν εργαζόμαστε, κατά προτίμηση το αριστερό. Διατηρούμε **στεγνά τα χέρια** και να θυμόμαστε ότι φίλος της ηλεκτροπληξίας είναι η υγρασία.
- στ. Δεν επιχειρούμε να πιάσουμε με τα χέρια μας** κάτι που έπεσε μέσα στη συσκευή, ενώ αυτή δουλεύει ή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο.

#### **Ε) Μέτρα μετά από ηλεκτροπληξία**

- α. Να γίνει αμέσως διακοπή του ρεύματος.**
- β. Να ελευθερωθεί το θύμα** από τον ηλεκτροφόρο αγωγό αλλά με

προσοχή και χωρίς να διακινδυνεύουμε την προσωπική μας ασφάλεια, παίρνοντας για αυτό τα κατάλληλα μέτρα, π.χ. χρησιμοποιώντας στεγνό ξύλο ή άλλο μονωτικό, χωρίς να χαθεί χρόνος.

**γ. Αν το θύμα έχει χάσει την αναπνοή του, αρχίζουμε τεχνητή αναπνοή**, μεταφέροντάς το σε χώρο αεριζόμενο και βγάζοντάς του τα παπούτσια, τη ζώνη και ό,τι άλλο το σφίγγει. Η στατιστική λέει, πως σε 600 περιπτώσεις, το 70% σώθηκαν, επειδή έγινε τεχνητή αναπνοή στα πρώτα 3 λεπτά.

**δ.** Με την τεχνητή αναπνοή να γίνονται και εντριβές στο μέρος της καρδιάς. Συνηθίζεται η τεχνητή αναπνοή από το στόμα (**φιλί της ζωής**). Αν το θύμα έχει πάθει εγκαύματα - πολύ πιθανό - πρέπει να τα επιδέσουμε με αποστειρωμένη γάζα που πρέπει να έχουμε στο φαρμακείο.

### **ΣΤ) Σχολικά Εργαστηριακά Κέντρα (ΣΕΚ) - Σχολικό εργαστήριο**

Ο Νόμος 1566 (ΦΕΚ 167) με το άρθρο 10, ίδρυσε τα Σχολικά Εργαστηριακά Κέντρα (ΣΕΚ) στα οποία οι μαθητές των τότε Τεχνικών Επαγγελματικών Λυκείων (ΤΕΛ) και στη συνέχεια των σημερινών Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων (ΤΕΕ) θα κάνουν το εργαστηριακό μέρος των μαθημάτων.

Πρόκειται για ανεξάρτητες σχολικές μονάδες με δικές τους παιδαγωγικές ευθύνες, όπου οι μαθητές των σχολικών μονάδων ασκούνται στο εργαστήριο.

Με το Ν. 1566, για να ιδρυθεί ένα ΣΕΚ, θα έπρεπε οι ασκούμενοι στα εργαστήρια μαθητές να προέρχονται από τρεις σχολικές μονάδες. Σήμερα αρκούν δύο σχολικές μονάδες για να ιδρυθεί ένα ΣΕΚ. Αν δεν υπάρχουν οι παραπάνω προϋποθέσεις, τότε στη σχολική μονάδα λειτουργεί εργαστήριο κάτω από την ευθύνη της Διοίκησης που έχει ο Δ/ντής της σχολικής μονάδας.

Κάθε ΣΕΚ διακρίνεται σε τομείς εργαστηρίων. Κάθε τομέας περιλαμβάνει τρία μέχρι πέντε εργαστήρια της ίδιας ή γενικότερης κατεύθυνσης. Σε κάθε τομέα ορίζεται ένας υπεύθυνος του τομέα σύμφωνα με τις διατάξεις που ισχύουν για τον διορισμό υποδιευθυντή.

Σε κάθε εργαστήριο κατεύθυνσης ορίζεται ένας υπεύθυνος εργαστηρίου που έχει την ευθύνη της λειτουργίας του. Ο ορισμός γίνεται από τον Δ/ντή της εκπαίδευσης με πρόταση του Δ/ντή του ΣΕΚ και είναι εκπαιδευτικός από εκείνους που υπηρετούν στις σχολικές μονάδες που εξυπηρετούνται από τα ΣΕΚ ή το σχολικό εργαστήριο.

Οι αρμοδιότητες των Δ/ντή, Υποδ/ντή, υπεύθυνου τομέων και υπεύθυνων εργαστηρίου κατεύθυνσης των ΣΕΚ και των σχολικών εργαστηρίων καθορίζονται από την υπουργική απόφαση Γ<sub>2</sub>/4321/26-10-88.

Στον ηλεκτρονικό τομέα, όπου αυτός υπάρχει, είναι θεσμοθετημένα τα παρακάτω εργαστήρια κατεύθυνσης:

- α. ηλεκτρονικών μετρήσεων
- β. ραδιοφωνίας - τηλεόρασης
- γ. τεχνικών ηλεκτρονικών υπολογιστών

Γίνεται φανερό πως λόγω της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης και της λειτουργίας των ΤΕΕ με καινούργιες ειδικότητες στα σχολεία, οι τομείς και τα εργαστήρια των ΣΕΚ και των σχολικών εργαστηρίων θα ανασυγκροτηθούν.

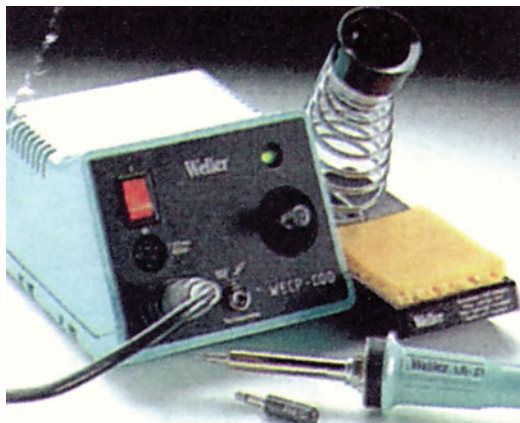
# ΑΠΛΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΪΛΙΚΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## A. Εργαλεία

Η κατασκευή ή επισκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και συσκευών, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται τυπωμένα κυκλώματα, παρουσιάζει δυσκολίες γιατί το τυπωμένο κύκλωμα είναι ευαίσθητο και μπορεί να καταστραφεί αν δεν χρησιμοποιήσουμε τα κατάλληλα εργαλεία.



Απαραίτητο εργαλείο για να αφαιρέσουμε ένα χαλασμένο εξάρτημα χωρίς να καταστρέψουμε το τυπωμένο κύκλωμα ή το εξάρτημα είναι ο **απορροφητήρας** ή αντλία. Το σχήμα 1.1 δείχνει έναν τέτοιο απορροφητήρα που είναι απαραίτητος για κάθε εργαστήριο. Βασικό επίσης εργαλείο είναι το **ηλεκτρικό κολλητήρι** που χρησιμοποιείται για τις συγκολλήσεις και αποσυγκολλήσεις στα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Το σχήμα 1.1 δείχνει τέτοια κολλητήρια που χρησιμοποιούμε.



Σχήμα 1.1  
Κολλητήρια και απορροφητήρες

Στα παραπάνω βασικά εργαλεία πρέπει να προσθέσουμε τα συνήθη εργαλεία χειρός, όπως πένσα, μυτοσίμπιδο, πλαγιοσιμπίδα, μπροσέλα, κόφτες, απογυμνωτές καλωδίων, κατσαβίδια διαφόρων τύπων. Αυτά είναι μερικά εργαλεία απαραίτητα στον ηλεκτρονικό που θα συστήναμε σε κάθε μαθητή που αποφάσισε ν' ακολου-

θήσει αυτό το κλάδο. Το σχήμα 1.2 δείχνει μία τσάντα εργαλείων κατάλληλη για ηλεκτρονικούς.



**Σχήμα 1.2**  
Τσάντα εργαλείων

### ***B. Μικροϋλικά συνδέσεων – καλώδια***

Πέρα από τα παραπάνω εργαλεία, για την κατασκευή και μελέτη των ηλεκτρονικών ασκήσεων θα χρειασθούν και διάφορα μικροϋλικά και καλώδια. Στο εμπόριο, υπάρχει μεγάλη ποικιλία από τα υλικά αυτά, με διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς την ποιότητα και τις επιδόσεις.



**Σχήμα 1.3**  
Μικροϋλικά



Π.χ. πρέπει να διαθέτουμε μπανάνες, κροκοδειλάκια, μπόρνες, ακροδέκτες, βύσματα για τη μεταφορά του σήματος και καλώδια μονόκλινα για τις συνδέσεις, Μπρέαντ μπορντ καθώς και καλώδια για παροχή τάσης από το τροφοδοτικό κ.λπ. Το σχήμα 1.3 δείχνει μια ποικιλία τέτοιων μικροϋλικών.

### **Γ. Το κολλητήρι**

Ανάλογα με τις συγκολλήσεις που πρέπει να κάνουμε, πρέπει να έχουμε και το αντίστοιχο κολλητήρι. Π.χ. για συγκόλληση χονδρών αγωγών ή συγκόλληση σε σασί συσκευής ή σε τυπωμένο κύκλωμα με μεγάλο πάχος χαλκού ή συγκόλληση τυπωμένου κυκλώματος με θώρακα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κολλητήρι με χονδρή μύτη και μεγάλη ισχύ. Για συγκολλήσεις τρανζίστορ, ολοκληρωμένων, απλού τυπωμένου κ.λπ. χρησιμοποιούμε κολλητήρι ολίγων βαττ (π.χ. 15-30W) με λεπτή μύτη, συνήθως από κάδμιο για να μην οξειδώνονται εύκολα.

Μερικές φορές χρησιμοποιούνται και τα αυτόματα κολλητήρια. Έχουν σχήμα πιστολιού και στη θέση της σκανδάλης υπάρχει ο διακόπτης που μόλις τον πατήσει ο χειριστής ζεσταίνεται αυτόματα η μύτη. Έχει το πλεονέκτημα ότι η μύτη του θερμαίνεται αμέσως αλλά δεν χρησιμοποιείται για λεπτές ηλεκτρονικές κολλήσεις, ιδίως από τεχνικούς χωρίς πείρα, γιατί είναι δυνατό να καταστραφούν τα εξαρτήματα που θέλουμε να συγκολλήσουμε.

Στη βιομηχανία χρησιμοποιούν ειδικά αυτόματα μπάνια συγκολλήσεων. Αυτή η τεχνική αναπτύχθηκε μετά τη χρήση των τυπωμένων κυκλωμάτων. Η συγκόλληση των εξαρτημάτων γίνεται μέσα σε μπάνιο που αποτελείται από λιωμένη κόλληση 60/40 δηλ. 60% καλái και 40% μόλυβδο, αφού βέβαια πάλι αυτόματα πριν περάσει το τυπωμένο με τα εξαρτήματα καθαρίζονται οι επιφάνειές του με ειδικό υγρό καθαρισμού.

Στην αγορά σήμερα υπάρχει μεγάλη ποικιλία κολλητηριών και σε διάφορες ποιότητες.

### **Δ. Κόλληση (υλικό)**

Η κόλληση αποτελείται από κράμα μολύβδου 40% και κασσίτερου (καλái) 60%. Έχει τη μορφή σύρματος και στο κέντρο έχει μια λεπτή τρύπα στην οποία υπάρχει ειδική ρητίνη ή κολοφώνιο. Η κόλληση προσφέρεται και αυτή σε διάφορες ποιότητες και το σύρμα της σε διάφορα πάχη, με μια ή περισσότερες τρύπες που φέρουν καθαριστικό υγρό.

Πρέπει να πούμε πως αυτές οι τρύπες δεν είναι διακριτές με το μάτι και χρειάζεται μεγεθυντικός φακός για να τις δούμε. Εάν η κόλληση δεν φτάσει στην κατάλληλη θερμοκρασία τήξης, το κράμα της κόλλησης πήζει χωρίς να στερεοποιηθεί ομοιόμορφα και σχηματίζει κρυστάλλους που έχουν ατελή ηλεκτρική επαφή και δημιουργούν ανωμαλίες. **Έτσι, για μια σωστή συγκόλληση, το κολλητήριο πρέπει να έχει κατάλληλη θερμοκρασία και να το αφήνουμε αρκετό χρόνο ώστε η κόλληση να βράζει, να απλώνει και να γίνεται λεία και γυαλιστερή.**

Οι αποκολλήσεις πρέπει να γίνονται, ιδίως στα τυπωμένα κυκλώματα, με τη βοήθεια του **απορροφητήρα**. Αυτός αποτελείται από μύτη από υλικό που δεν καίγεται και στο κέντρο της έχει μια τρύπα. Μέσα στο κυρίως σώμα του απορροφητήρα κινείται ένα έμβολο που σπλίζει με τη βοήθεια ενός ελατηρίου και λειτουργεί σαν μια τρόμπα. Αυτή, με την πίεση του αντίχειρά μας μπαίνει σε δράση και απορροφά την κόλληση από το σημείο που θέλουμε να αποσυγκολήσουμε.

Τέλος, πρέπει να πούμε πως με την κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων ειδικού τύπου, όπως π.χ. τα SMD (Τεχνολογία εξαρτημάτων επιφανειακής στήριξης - Surface Mounted Devices) ή την εμφάνιση των πολλαπλών τυπωμένων, έχουν αναπτυχθεί πολύπλοκα μηχανήματα για τις συγκολλήσεις και αποκολλήσεις για όλες τις ανάγκες της τεχνολογίας.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΩΝ

### Στόχοι της άσκησης:

Εκμάθηση της χρήσης του κολλητηριού για σωστές κολλήσεις καθώς και του απορροφητήρα για αποκόλλησης.

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Κολλητήρι 25W, κολλητήρι 100W, απορροφητήρας, κόλληση 60/40, τυπωμένο κύκλωμα, εξαρτήματα, καλώδια σύνδεσης

#### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- 1.Κάνουμε συγκολλήσεις δύο ή και περισσότερων αγωγών μεταξύ τους.
- 2.Παίρνουμε μια πλακέτα τυπωμένου και τοποθετούμε εξαρτήματα στα οποία κάνουμε συγκόλληση και αποκόλληση με το κολλητήρι και τον απορροφητήρα του εργαστηρίου.
- 3.Τοποθετούμε τρανζίστορ ή βάση ολοκληρωμένου στην πλακέτα. Κάνουμε συγκόλληση με το κολλητήρι και αποκόλληση με τη βοήθεια του απορροφητήρα.
- 4.Επαναλαμβάνουμε τις εργασίες των ερωτήσεων 1,2, 3, μέχρι να πετύχουμε πολύ καλές συγκολλήσεις.

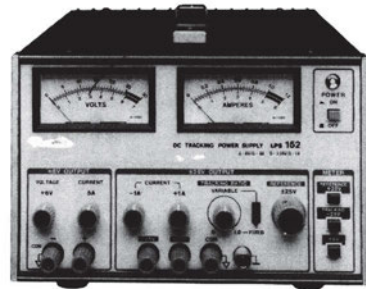
**ΠΡΟΣΟΧΗ :** Τα εξαρτήματα ή η πλακέτα όπου γίνονται συγκολλήσεις πρέπει να είναι στερεωμένα και να μη μετακινούνται. Επίσης, το χέρι που κρατάμε το κολλητήρι πρέπει να είναι απόλυτα σταθερό. Για να το πετύχουμε αυτό, πρέπει ο αγκώνας του χεριού με το οποίο κρατάμε το κολλητήρι να ακουμπάει συνέχεια - όση ώρα κάνουμε συγκολλήσεις - στον πάγκο εργασίας μας.

# ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## A. Τροφοδοτικά

Πολλά ηλεκτρονικά εργαστήρια διαθέτουν πάγκους, ειδικά κατασκευασμένους με δυνατότητες που καλύπτουν όλες σχεδόν τις ανάγκες για τις ηλεκτρονικές εργαστηριακές ασκήσεις, από την άποψη της τροφοδότησής τους με διάφορες τάσεις AC και DC κ.λπ. Διαθέτουν δηλαδή συνεχή τάση (DC), ρυθμιζόμενη 0-30 μέχρι 1A, τάση εναλλασσόμενη (AC) ρυθμιζόμενη 220V, σταθερή εναλλασσόμενη τάση 6,3V AC, μεγάφωνο κτλ. Είναι ωστόσο πολύ χρήσιμο το εργαστήριο να διαθέτει και ένα ανεξάρτητο πλήρες φορητό τροφοδοτικό με πολλές δυνατότητες. Ένα τέτοιο τροφοδοτικό εικονίζεται στο σχ. 1.1.

Σ' αυτό το τροφοδοτικό διατίθεται συνεχής ρυθμιζόμενη τάση 0-6V, ρεύμα 0-5A, τάση  $\pm$  0-25V/0-1A, διατίθεται δε και ενσωματωμένο βολτόμετρο και αμπερόμετρο, καθώς και πηγή τάσης 0,3V AC.



Σχήμα 1.1  
Τροφοδοτικό

## B. Πολύμετρα

Το πολύμετρο, μπορούμε να πούμε ότι είναι το πρώτο και απαραίτητο όργανο του ηλεκτρονικού. Με αυτό μετράμε τάσεις συνεχείς και εναλλασσόμενες, ρεύματα καθώς και αντιστάσεις. Τα πολύμετρα χωρίζονται δε σε δύο κατηγορίες: τα απλά πολύμετρα και τα ηλεκτρονικά.

### 1. Απλό πολύμετρο

Το σχ. 1.2 δείχνει ένα φορητό πολύμετρο με τις παρακάτω δυνατότητες μετρήσεων:

- συνεχής τάση (DC) 300mV - 1 kV σε οκτώ κλίμακες



Σχήμα 1.2  
Απλό πολύμετρο

- εναλλασσόμενη τάση (AC) 1,5V - 1,5Kv σε επτά κλίμακες
- συνεχές ρεύμα (DC) 30μA - 3A σε έξι κλίμακες
- μέτρηση αντιστάσεων σε τέσσερις κλίμακες από Ωx1 μέχρι Ωx1kΩ

## 2. Απλό ψηφιακό πολύμετρο

Το σχ. 1.3 δείχνει ένα φορητό ψηφιακό πολύμετρο, από τα πολλά που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά. Έχουν κι αυτά μεταγωγούς/ διακόπτες για την επιλογή της επιθυμητής κλίμακας και η ανάγνωση της μέτρησης γίνεται απ' ευθείας αριθμητικά. Οι μετρήσεις με τα όργανα αυτά γίνονται με μεγαλύτερη ακρίβεια, γιατί έχουν μεγάλη αντίσταση εισόδου. Όσο περισσότερα ψηφία διαθέτουν, τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια έχουν οι μετρήσεις τους. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή στη σύνδεσή τους στο κύκλωμα γιατί πολύ εύκολα μπορούν να τεθούν εκτός λειτουργίας. Επίσης, δεν επισκευάζονται εύκολα.



Σχήμα 1.3

Απλό ψηφιακό πολύμετρο

Επιδόσεις

V) DC → 100μV - 1000V

V) AC → 100μV - 750V

A) DC → 0,1 μA - 10A

AC → 0,1 μA - 10A

## 3. Ηλεκτρονικά πολύμετρα

Τα όργανα αυτά διαθέτουν μεγάλη εσωτερική αντίσταση και επομένως μπορούμε να μετράμε με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Η αντίσταση εισόδου είναι της τάξης των 10MΩ. Το σχ. 1.4 δείχνει φωτογραφία ενός ηλεκτρονικού πολυμέτρου με δυνατότητες μέτρησης:

- DC τάση από 0,3V μέχρι 1000V, σε οκτώ κλίμακες  
± 3% στο τέρμα της κλίμακας και  $R_{\text{εισ}} = 10 \text{ M}\Omega$

- AC τάση από 0,3V μέχρι 1000V/RMS σε οκτώ κλίμακες
- Απόκριση συχνότητας 20Hz - 3 MHz στις κλίμακες 1V-1000V
- DC & AC ρεύμα 0,03 - 300 mA σε οκτώ κλίμακες
- τάση τροφοδοσίας AC 100 - 240V / 50 - 60 Hz
- Μπαταρία 1,5V



Σχήμα 1.4

Ηλεκτρονικό πολύμετρο

#### 4. Ψηφιακό ηλεκτρονικό πολύμετρο

Το σχ. 1.5 δείχνει ένα σύγχρονο ψηφιακό ηλεκτρονικό πολύμετρο με ψηφιακή ένδειξη και μετράει DCV, ACV, DCA, ACA, Ω, σε έξι κλίμακες με τα εξής χαρακτηριστικά:

- DC & AC τάση από 0,2-1000V σε πέντε κλίμακες
- DC & AC ρεύμα 2mA - 2A σε τέσσερις σκάλες
- Αντίσταση 0,2Ω μέχρι 20 MΩ σε οκτώ σκάλες
- Ακρίβεια στις μετρήσεις περίπου  $\pm 2\%$  μέχρι  $\pm 4\%$
- Διαστάσεις 160 x 50 x 122 mm
- Βάρος 500 gr

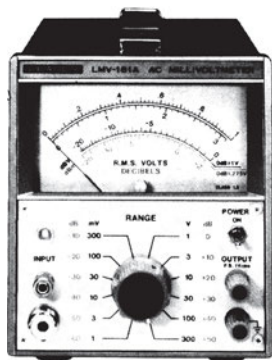


Σχήμα 1.5

Ψηφιακό ηλεκτρονικό πολύμετρο

#### Γ. Μιλλιβολτόμετρα AC

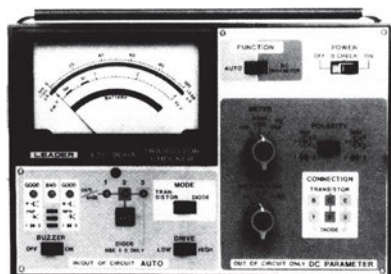
Ένα άλλο όργανο που πρέπει να διαθέτει ένα ηλεκτρονικό εργαστήριο, όταν, εκτός τις μετρήσεις μικρής AC τάσης, στάθμης των mV, χρειάζεται να μετρήσουμε και ενίσχυση σε Db, είναι το μιλλιβολτόμετρο. Το πλεονέκτημα του οργάνου αυτού είναι ότι η συχνότητα των τάσεων που μετράει μπορεί να φτάσει μέχρι και 1 MHz. Στο Σχ. 1.6 δείχνουμε ένα τέτοιο όργανο του τύπου που έχουν στη διάθεσή τους σχεδόν όλα τα εργαστήρια.



Σχήμα 1.6  
Μιλιβολτόμετρο AC

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Για τάση εξόδου μέχρι 1V AC, το όργανο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν προενισχυτής. Το φορτίο που θα συνδεθεί στην έξοδο πρέπει να έχει συνθήκη αντίσταση μεγαλύτερη από 10kΩ και αυτό για να κρατήσει την παραμόρφωση εξόδου σε χαμηλή στάθμη.

#### Δ. Τρανζιστόμετρο



Σχήμα 1.7  
Τρανζιστόμετρο

Το τρανζιστόμετρο είναι ένα όργανο με το οποίο μπορούμε να μετρήσουμε τη στατική και δυναμική τιμή των παραμέτρων α & β των τρανζιστορ. Υπάρχουν πολλά σύγχρονα τρανζιστόμετρα. Ένα τέτοιο δείχνει το σχ. 1.7. Μετράει τις επιδόσεις των τρανζιστορ PNP, NPN, FET καθώς και των διόδων.

#### Ε. Γεννήτριες σημάτων

Οι γεννήτριες είναι συσκευές ηλεκτρονικές που μπορούν να παράγουν τάσεις ημιτονικές, τετραγωνικές ή πριονωτές σε συχνότητα και πλάτος που καθορίζονται από το χειριστή.

Το εργαστήριο πρέπει να διαθέτει γεννήτριες ακουστικών συχνοτήτων (AF), σταθερής και μεταβλητής συχνότητας, καθώς και γεννήτριες υψηλών συχνοτήτων (RF). Επίσης η γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων μπορεί να είναι είτε αυτοτελής είτε συσσωματωμένη με τη γεννήτρια υψηλών συχνοτήτων.

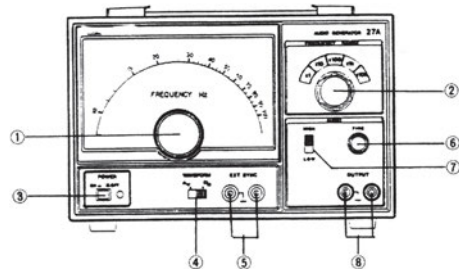
Όλες οι γεννήτριες σήματος διαθέτουν υποβιβαστές ώστε να δίνουν σήμα εξόδου από μερικά μικροβόλτ μέχρι μερικά βολτ, έχουν δε σταθεροποιημένη συχνότητα που δεν μεταβάλλεται στο χρόνο που γίνεται η μέτρηση.



## 1. Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων

Το σχ. 1.8 δείχνει την πρόσοψη μιας γεννήτριας ακουστικών συχνοτήτων που υπάρχει σε πολλά εργαστήρια. Οι αριθμοί που σημειώνονται αντιπροσωπεύουν τα εξής:

- 1.Επιλογέας συχνοτήτων, από 10Hz μέχρι 1MHz
- 2.Χονδρική επιλογή συχνοτήτων
- 3.Διακόπτης ON - OFF
- 4.Επιλογή ημιτονικής ή τετραγωνικής μορφής παλμού
- 5.Υποδοχή για εξωτερική διαμόρφωση
- 6.Ρυθμιστής εξόδου
- 7.Υψηλή ή χαμηλή έξοδος σήματος
- 8.Υποδοχή για τοποθέτηση καλωδίων για την έξοδο του σήματος



**Σχήμα 1.8**  
Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων

## 2. Γεννήτρια υψηλών συχνοτήτων

Το σχ. 1.9 δείχνει μια ψηφιακή HF γεννήτρια ικανή να καλύψει την περιοχή από 5Hz μέχρι 150MHz, με τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

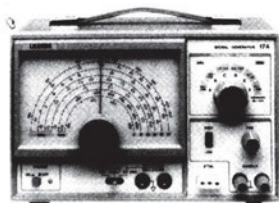
- περιοχή κάλυψης 5Hz - 150 MHz
- ακρίβεια  $\pm 1\%$
- περιοχές LOW 5Hz - 24 Hz  
HIGH 14Hz - 150MHz
- χαρακτηριστικά εισόδου 15pF
- τροφοδοσία 220/50Hz
- Διαστάσεις 160 x 50 x 122 mm
- Βάρος 650 gr



**Σχήμα 1.9**  
Γεννήτρια υψηλών συχνοτήτων



### 3. Γεννήτρια ραδιοσυχνοτήτων



Σχήμα 1.10

Γεννήτρια ραδιοσυχνοτήτων

Το σχ. 1.10 δείχνει μία γεννήτρια ραδιοσυχνοτήτων που παρέχει σήματα RF ημιτονικά, αδιαμόρφωτα ή διαμορφωμένα με εσωτερική διαμόρφωση 1 kHz. Με αυτήν μπορούμε να ευθυγραμμίσουμε ή να ελέγχουμε ραδιοφωνικό δέκτη.

### ΣΤ. Παλμογράφος

Ο παλμογράφος είναι το πιο βασικό και χρήσιμο όργανο, ικανό για μεγάλο φάσμα μετρήσεων και παρατηρήσεων ταχύτητα μεταβαλλόμενων ηλεκτρικών σημάτων.

Σήμερα υπάρχουν παλμογράφοι “διπλής δέσμης” που απεικονίζουν στην οθόνη συγχρόνως δύο διαφορετικές μορφές σημάτων με αποτέλεσμα να μπορούν να συγκριθούν μεταξύ τους και να μετρηθεί η διαφορά φάσης. Υπάρχουν παλμογράφοι “μνήμης” που μπορούν να διατηρήσουν στην οθόνη τους την κυματομορφή για αρκετό χρόνο, παλμογράφοι ψηφιακής ανάγνωσης, φορητοί παλμογράφοι που απεικονίζουν στην οθόνη τους κατ’ ευθείαν χαρακτηριστικές τρανζίστορ και άλλοι.

Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένας κοινός παλμογράφος είναι τα παρακάτω:

- α. τον καθοδικό σωλήνα ή λυχνία καθοδικών ακτίνων (CRT)**
- β. το σύστημα κατακόρυφου αποκλίσεως**
- γ. το σύστημα οριζοντίου αποκλίσεως**
- δ. το τροφοδοτικό**
- ε. τη γεννήτρια πριονωτής τάσης και**
- στ. τα κυκλώματα σκανδαλισμού**

*Ο καθοδικός σωλήνας (CRT)*

Η καρδιά ενός παλμογράφου είναι ο καθοδικός σωλήνας, όλα τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι βοηθητικά της λειτουργίας του.

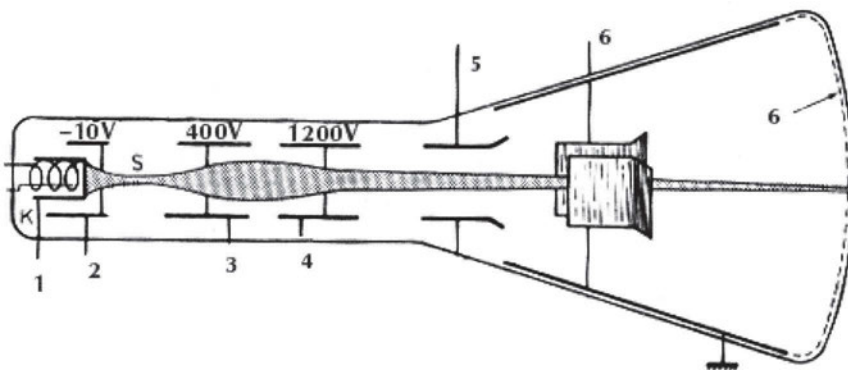
Αποτελείται από:

- Το ηλεκτρονικό πυροβόλο

- Το σύστημα ηλεκτρονικής εστίασης της δέσμης του πυροβόλου
- Ένα σύστημα πλακιδίων για την οριζόντια (X) και την κατακόρυφη (Y) απόκλιση της δέσμης
- Την οθόνη – άνοδο στο άλλο άκρο του σωλήνα.

Το ηλεκτρονικό πυροβόλο αποτελείται από την κάθοδο (1 όπως δείχνει το σχ. 1.11) που μπορεί να είναι έμμεσης ή άμεσης θέρμανσης και η οποία παράγει τα ηλεκτρόνια.

Η κάθοδος περιβάλλεται από το ρυθμιστικό ηλεκτρόδιο (2) με δυναμικό αρνητικότερο από την κάθοδο και με τη μεταβολή του δυναμικού αυτού ρυθμίζουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων, δηλ. τη φωτεινότητα στην οθόνη (**INTENSITY**). Το ηλεκτρόδιο (3) μαζί με το ηλεκτρόδιο (2) σχηματίζουν συγκλίνοντα φακό και εστιάζουν την ηλεκτρονική δέσμη. Την τάση της ανόδου (3) μπορούμε να τη μεταβάλουμε και να ρυθμίσουμε το πάχος της δέσμης, δηλ. την εστίαση (**FOCUS**). Το ηλεκτρόδιο (4), δεύτερη άνοδος με δυναμικό ακόμη μεγαλύτερο από το ηλεκτρόδιο (3) σχηματίζουν έναν άλλο συγκλίνοντα φακό που εκτός της ταχύτητας που δίνει στη δέσμη των ηλεκτρονίων την εστιάζει πάνω στην οθόνη (τελευταία άνοδος) και σχηματίζεται μία φωτεινή κηλίδα. Η τελευταία άνοδος (οθόνη) είναι κατασκευασμένη από γυαλί πάχους αρκετών χιλιοστών για να επιβραδύνεται η δευτερογενής εκπομπή. Το γυαλί είναι επιχρισμένο εσωτερικά με φωσφορικά άλατα τα οποία αποδίδουν φως όταν διεγερθούν από τη μεγάλη κινητική ενέργεια της ηλεκτρονικής δέσμης.

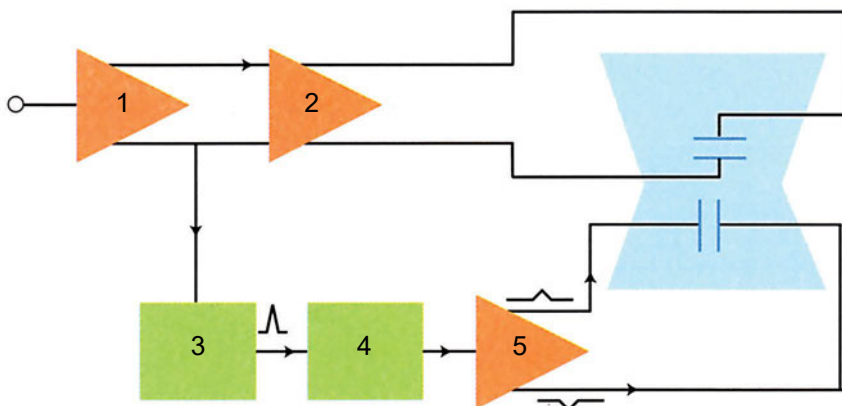


**Σχήμα 1.11**  
Δομή του καθοδικού σωλήνα

Κατά την έξοδό της, η δέσμη από την τελική άνοδο εστίασης διέρχεται από τα πλακίδια οριζοντίου και κατακόρυφου απόκλισης (5 και 6). Οι μικρές αυτές μεταλλικές επιφάνειες που όταν εφαρμοσθούν πάνω τους τάσεις αναγκάζουν τη δέσμη ν' αποκλίνει από την αξονική της πορεία αντίστοιχα οριζόντια ή κατακόρυφα. Οι αποκλίσεις αυτές είναι ίδιες και σύγχρονες μεταξύ τους που ο συνδυασμός τους μπορεί να κινήσει την φωτεινή κηλίδα που δημιουργεί ο φώσφορος σε οποιοδήποτε σημείο της οθόνης, αρκεί βέβαια να εφαρμοσθούν οι κατάλληλες γι' αυτό τάσεις. Στην πρόσοψη του παλμογράφου υπάρχουν τα αντίστοιχα κομβία που συνήθως γράφουν: POSITION  $\updownarrow$  για την κατακόρυφη μετακίνηση και POSITION  $\leftrightarrow$  για την οριζόντια μετακίνηση.

Για να διευκολυνθούν οι μετρήσεις, τοποθετείται πάνω στο γυαλί της οθόνης ένα διαφανές πλαστικό διαιρεμένο σε τετραγωνικά εκατοστά. Υπάρχει η δυνατότητα φωτισμού των τετραγώνων στην οθόνη και το κομβίο αυτό έχει την ένδειξη ILLUMINATION.

Το ηλεκτρονικό πυροβόλο, η άνοδος εστίασης και τα πλακίδια απόκλισης στερεώνονται σε μια γυάλινη βάση και όλα μαζί τοποθετούνται μέσα σ' ένα γυάλινο κυλινδρικό περίβλημα που κλείνεται αεροστεγώς. Μετά αφαιρείται ο αέρας από το εσωτερικό με αντλίες υψηλού κενού, ώστε ν' αφαιρεθεί το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό της μάζας του αέρα για να μην επιβραδύνεται η δέσμη, αλλά και να μη καταστρέφεται η κάθοδος από το βομβαρδισμό με θετικά ιόντα.



**Σχήμα 1.12**  
Χονδρικό διάγραμμα παλμογράφου

## *Χονδρικό διάγραμμα*

Το σχήμα 1.12 δείχνει ένα πολύ απλοποιημένο χονδρικό διάγραμμα ενός παλμογράφου. Από αυτό έχουν αφαιρεθεί τα τροφοδοτικά του καθοδικού σωλήνα και των βαθμίδων, καθώς και οι επιμέρους λεπτομερείς συνδέσεις αυτών μεταξύ τους.

Η κυματομορφή που θέλουμε να παρατηρήσουμε ή να μετρήσουμε τοποθετείται στην είσοδο του ενισχυτή κατακόρυφης αποκλίσεως (1), και αυτό γιατί πολλές φορές τα σήματα που θέλουμε να παρατηρήσουμε έχουν πολύ μικρή τάση και δεν μπορούν να εφαρμοσθούν απ' ευθείας στα πλακίδια. Ενισχύει ομοιόμορφα όλα τα σήματα ανεξάρτητα από τη συχνότητά τους, είναι δηλαδή ένας ενισχυτής ευρείας ζώνης και ενισχύει σήματα από DC μέχρι MHz.

Υπάρχει αντίστοιχα ένας άλλος ενισχυτής (5) που είναι οριζόντιας απόκλισης. Στην είσοδο κάθε ενισχυτή υπάρχουν εξασθενητές (διακόπτες πολλών θέσεων) που ρυθμίζουν την ενίσχυση κάθε βαθμίδας και για μεν τα κάθετα έχουν την ένδειξη VERTICAL GAIN ή VOLTS/DIV για δε τα οριζόντια HORIZONTAL GAIN ή EXT FIN ή πάλι VOLTS/DIV.

Το τμήμα (4) δείχνει τη γεννήτρια σάρωσης ή γεννήτρια βάσεως χρόνου που παράγει μία πριονωτή κυματομορφή για να χρησιμοποιηθεί στα πλακίδια σαν τάση για την οριζόντια απόκλιση της δέσμης. Η χρονική διάρκεια αυτής της πριονωτής τάσης ρυθμίζεται από το διακόπτη TIME/DIV (χρόνος ανά υποδιαίρεση) και τροφοδοτεί την είσοδο οριζόντιας απόκλισης. Στην έξοδο του ενισχυτή αυτού εμφανίζονται δύο πριονωτές τάσεις με διαφορά φάσης  $180^\circ$  και τροφοδοτούν τα πλακίδια οριζοντίου αποκλίσεως του καθοδικού σωλήνα με αποτέλεσμα η δέσμη να μετακινείται οριζόντια από τη μία άκρη της οθόνης στην άλλη γραμμικά.

## *Κυκλώματα σκανδαλισμού*

Για να διατηρηθεί η κυματομορφή σταθερή στην οθόνη, θα πρέπει κάθε οριζόντια σάρωση να ξεκινάει από το ίδιο πάντα σημείο του σήματος που παρατηρούμε. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια των κυκλωμάτων σκανδαλισμού (TRIGGER) ως εξής: ένα μέρος της τάσης που θέλουμε να παρατηρήσουμε οδηγείται στο κύκλωμα σκανδαλισμού (3) και αφού το θέσει σε λειτουργία δημιουργεί στην έξοδο μία θετική λεπτή αιχμή που αντιστοιχεί σ' ένα επιλεγμένο σημείο του σήματος που παρατηρούμε. Αυτή η



**Σχήμα 1.13**  
Παλμογράφος

λεπτή αιχμή χρησιμοποιείται για να θέσει σε λειτουργία τη γεννήτρια σάρωσης.

Τέλος, στην πρόσοψη κάθε παλμογράφου υπάρχουν και άλλα κομβία που τη χρησιμότητά τους περιγράφουν τα τεχνικά εγχειρίδια των κατασκευαστών καθώς και οι δυο εισοδοί (Y INPUT ή CH1 INPUT), που είναι η είσοδος κατακόρυφου και όταν ο παλμογράφος είναι διπλής δέσμης το κανάλι 1 (CH1) και η X ή H INPUT ή CH2 INPUT που είναι η είσοδος οριζοντίου ή είσοδος για

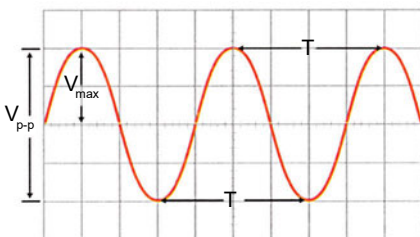
το κανάλι 2 (CH2), όταν ο παλμογράφος είναι διπλής δέσμης.

Το σχήμα 1.13 δείχνει έναν τυπικό παλμογράφο κατάλληλο για το ηλεκτρονικό εργαστήριο.

Πρόκειται για ένα παλμογράφο διπλής δέσμης που έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ευαισθησία του ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης 5mV/DIV με ακρίβεια  $\pm 3\%$
- Εύρος ζώνης DC & AC 2Hz -15Hz
- Αντίσταση εισόδου 1 MΩ
- Υποβιβαστής εισόδου X1, X10, X100, X1000
- Ενισχυτής οριζόντιος 0,2  $\mu$ s - 0,2sec/DIV, σε 18 περιοχές
- Διαστάσεις οθόνης καθοδικού σωλήνα 130mm
- Τάση τροφοδοσίας 120-240V/50/60Hz
- Διαστάσεις 290 x 160 x 375 mm
- Βάρος 7,8 kg

### A. Μέτρηση τάσης AC



**Σχήμα 1.14**  
Μορφή ημιτονικού σήματος

Ένα ημιτονικό σήμα έχει τη μορφή του σχήματος 1.14 και έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- α. τάση  $V_{p-p}$  ορίζεται η τάση που μετράμε στον άξονα των τάσεων από τη θετική κορυφή του ημιτονικού σήματος μέχρι την αρνητική κορυφή

- β.  $V_{\max}$  ορίζεται η τάση από το μηδέν του άξονα των τάσεων μέχρι τη μία κορυφή (θετική ή αρνητική)
- γ.  $V_{\text{rms}}$  ή ενεργή τάση είναι η τάση που μετρούν τα βολτόμετρά της
- δ. με το γράμμα  $T$  συμβολίζεται η περίοδος του ημιτονικού σήματος που είναι μία πλήρης εναλλαγή και
- ε. με το γράμμα  $f$  συμβολίζεται η συχνότητα του ημιτονικού σήματος, δηλ. πόσες πλήρεις εναλλαγές κάνει το σήμα στο δευτερόλεπτο.

Από τα παραπάνω μεγέθη μπορούμε να μετρήσουμε με το παλμογράφο  $V_{\text{p-p}}$ ,  $V_{\max}$ , περίοδο  $T$ , συνδέονται δε τα μεγέθη αυτά μεταξύ τους ως εξής:

$$V_{\max} = \frac{V_{\text{p-p}}}{2}, \quad V_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{p-p}}}{2\sqrt{2}}, \quad T = \frac{1}{f}, \quad f = \frac{1}{T},$$

Για να μετρήσουμε μία τάση AC με τον παλμογράφο πρέπει να εφαρμόσουμε τη τάση που θέλουμε να μετρήσουμε στην είσοδο του ενός καναλιού. Ο διακόπτης εισόδου πρέπει να είναι στη θέση AC. Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο ώστε να έχουμε σταθερή κυματομορφή. Το εσωτερικό ποτενσιόμετρο του διακόπτη VOLTS/DIV θα πρέπει να είναι κλειστό στη θέση CAL. Ρυθμίζουμε με το ρυθμιστικό POSITION την κυματομορφή έτσι ώστε μία τουλάχιστον κορυφή να εφάπτεται με τον κατακόρυφο άξονα. Μετράμε τα τετράγωνα από κορυφή σε κορυφή. Τον αριθμό αυτόν τον πολλαπλασιάζουμε με τον αριθμό που δείχνει ο διακόπτης VOLTS/DIV του καναλιού που συνδέθηκε το σήμα που θέλουμε να μετρήσουμε. Η τάση αυτή είναι η τάση από κορυφή σε κορυφή (peak to peak). Η ενεργός τιμή της τάσης αυτής υπολογίζεται από τη σχέση:

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{p-p}}}{2\sqrt{2}}.$$

## B. Μέτρηση τάσης DC

Για να μετρήσουμε DC τάση, τώρα ο διακόπτης εισόδου πρέπει να τοποθετηθεί στη θέση GND και με το διακόπτη POSITION ρυθμίζουμε τη θέση της δέσμης να βρίσκεται στη μέση της οθόνης.

Συνδέουμε την προς μέτρηση τάση σε ένα κανάλι. Αν ο διακόπτης εισόδου τοποθετηθεί στη θέση DC, η δέσμη μετακινείται προς τα πάνω για θετική τάση ή προς τα κάτω για αρνητική τάση. Η DC τάση τότε είναι ο αριθμός των τετραγώνων που θα εκτραπεί η δέσμη του παλμογράφου επί την ένδειξη του αντίστοιχου διακόπτη VOLTS/DIV (το εσωτερικό

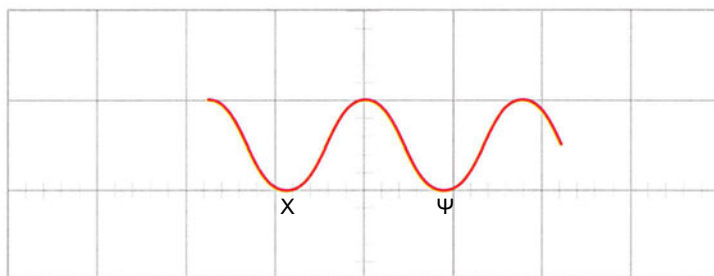
ποτενσιόμετρο του διακόπτη VOLTS/DIV πάλι πρέπει να βρίσκεται στη θέση CAL δηλ. κλειστό).

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Αν χρησιμοποιούμε προμπ (probe) και είναι στη θέση 10:1, τότε η τάση DC ή AC πρέπει να πολλαπλασιασθεί με το 10.

### Γ. Υπολογισμός της συχνότητας

Η συχνότητα ενός σήματος μπορεί να βρεθεί από την περίοδο σύμφωνα με τη σχέση  $f = 1/T$ . Η τάση της οποίας θέλουμε να μετρήσουμε τη συχνότητα, συνδέεται στο ένα κανάλι του παλμογράφου. Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο ώστε να έχουμε καθαρή και σταθερή κυματομορφή στην οθόνη. Το εσωτερικό ποτενσιόμετρο του διακόπτη SWEEP TIME/DIV πρέπει να είναι τελείως δεξιά, δηλ. κλειστό στη θέση CAL. Ρυθμίζουμε κατά τέτοιο τρόπο το διακόπτη SWEEP TIME/DIV ώστε να έχουμε δύο πλήρεις εναλλαγές της τάσης.

Με το ρυθμιστικό POSITION τοποθετούμε την κυματομορφή έτσι ώστε οι επάνω κορυφές ή οι κάτω να εφάπτονται στην οριζόντια γραμμή της οθόνης όπως δείχνει το σχήμα 1.15.



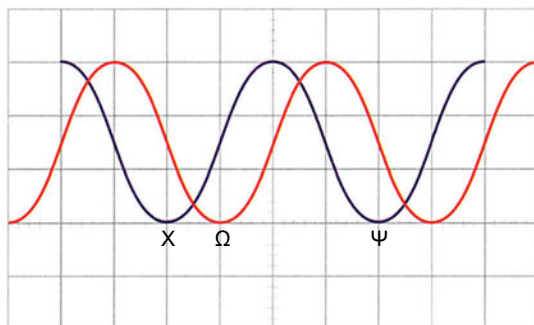
Σχήμα 1.15

Η περίοδος της εναλλασσόμενης τάσης είναι ο αριθμός των τετραγώνων από μία κορυφή στην διπλανή της (χ μέχρι ψ) επί την ένδειξη του διακόπτη SWEEP TIME/DIV. Π.χ. η περίοδος της τάσης του σχήματος, αν ο διακόπτης SWEEP TIME/DIV δείχνει 5ms θα είναι  $T = 2(\text{τετράγωνα από } \chi \text{ μέχρι } \psi) \times 5\text{ms} = 10\text{ms}$  ή  $T = 10 \times 10^{-6}\text{sec} = 10^{-5}\text{sec}$ . Η συχνότητα θα είναι:

$$f = 1/T = 10^5\text{Hz} = 100000\text{Hz}.$$

#### Δ. Μέτρηση διαφοράς φάσης

Έχουμε δύο σήματα της ίδιας συχνότητας και θέλουμε να βρούμε τη διαφορά φάσης τους. Εργαζόμαστε ως εξής: το ένα σήμα εφαρμόζεται στο ένα κανάλι του παλμογράφου. Ρυθμίζουμε τον παλμογράφο ώστε να έχουμε σταθερή και καθαρή εικόνα στην οθόνη και με τη βοήθεια του ρυθμιστικού POSITION τοποθετούμε την κυματομορφή έτσι ώστε οι κορυφές να εφάπτονται στην οριζόντια κεντρική βαθμολογημένη γραμμή της οθόνης. Μία κορυφή μάλιστα πρέπει να εφάπτεται στο σημείο που διασταυρώνονται η κάθετη κεντρική με την οριζόντια κεντρική γραμμή, όπως στο σχήμα 1.16.



Σχήμα 1.16

Μετράμε την απόσταση σε τετράγωνα μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών της κυματομορφής και επειδή γνωρίζουμε ότι μία πλήρη εναλλαγή γίνεται σε  $360^\circ$ , υπολογίζουμε πόσες μοίρες αντιστοιχούν σε ένα τετράγωνο, διαιρώντας τις  $360^\circ$  με τον αριθμό των τετραγώνων, π.χ. στο σήμα από  $\chi$  μέχρι  $\Psi$  έχουμε 4 τετράγωνα άρα  $360^\circ/4 = 90^\circ$ . Δηλ. το κάθε τετράγωνο αντιστοιχεί σε  $90^\circ$ .

Συνδέουμε τώρα στο δεύτερο κανάλι (CH 2) το άλλο σήμα και με το ρυθμιστικό POSITION μόνο (χωρίς να πειραχθεί ο διακόπτης SWEEP TIME/DIV) ρυθμίζουμε τη δεύτερη κυματομορφή του σήματος μέχρι να τοποθετηθεί στο ίδιο ύψος. Μετράμε τώρα την απόσταση μεταξύ μίας κορυφής της πρώτης κυματομορφής και της πρώτης αμέσως δεξιά κορυφής της άλλης ( $\chi$  μέχρι  $\Omega$ ). Η απόσταση αυτή αντιπροσωπεύει τη



διαφορά φάσης των δύο σημάτων. Στο σχήμα 1.17, η απόσταση αυτή είναι 1 τετράγωνο και επειδή κάθε τετράγωνο, όπως υπολογίσθηκε προηγουμένως, αντιστοιχεί σε  $90^\circ$ , η διαφορά φάσης είναι  $90^\circ \times 1 = 90^\circ$ .

Με τον τρόπο που υποδείξαμε παραπάνω για τη μέτρηση της συχνότητας γίνεται φανερό ότι πρέπει να διαθέτουμε παλμογράφο διπλής δέσμης. Με παλμογράφο απλής δέσμης, η μέτρηση της διαφοράς φάσης γίνεται με άλλο τρόπο ή με σχήματα λισαζού (LISSAJOUS), δηλ. με σύγκριση της υπό μέτρηση ανάγνωσης με μία γνωστή.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1

## Βασικές συσκευές μετρήσεων

### Στόχοι της άσκησης:

Η εκμάθηση του παλμογράφου και της γεννήτριας σημάτων, η χρήση τους για μετρήσεις εναλλασσόμενων σημάτων διαφορετικής τάσης και περιόδου, ο υπολογισμός των μεγεθών  $V_{p-p}$ ,  $V_{rms}$ ,  $V_{max}$ ,  $T$ ,  $f$ .

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Παλμογράφος διπλής δέσμης, αναλογική γεννήτρια

#### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Να δοθούν από τον Καθηγητή του μαθήματος τα βιβλία με τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γεννήτριας και του παλμογράφου και να αναγνωρισθούν με προσοχή όλα τα κουμπιά της πρόσοψης των δύο οργάνων.
2. Ρυθμίζουμε τη γεννήτρια στους 1000Hz (σήμα ημιτονικό) και με το κουμπί που ρυθμίζει την έξοδο του σήματος σε μία μέση θέση τη συνδέουμε στην είσοδο του ενός καναλιού του παλμογράφου, π.χ. στην CH1 ή στην είσοδο κατακόρυφων, αν ο παλμογράφος είναι μίας δέσμης.
3. Τα ρυθμιστικά του παλμογράφου που ρυθμίζουν την ένταση της δέσμης (INTENSITY), την εστίαση (FOCUS), την εκτροπή της δέσμης κατακόρυφα και οριζόντια (POSITION) πρέπει να είναι στο κέντρο της διαδρομής τους.
4. Ανοίγουμε τους διακόπτες ON-OFF της γεννήτριας και του παλμογράφου. Θα πρέπει στην οθόνη να εμφανισθεί το ημιτονικό σήμα 1000Hz της γεννήτριας.
5. Ρυθμίζουμε τους διακόπτες του παλμογράφου SWEEP TIME/DIV, VOLTS/DIV έτσι ώστε να πάρουμε στην οθόνη μία σταθερή κυματομορφή.
6. Σχεδιάζουμε την κυματομορφή σε άξονες βαθμολογημένους και προσδιορίζουμε τα χαρακτηριστικά  $V_{p-p}$ ,  $V_{max}$  και  $T$  του ημιτονικού αυτού σήματος.

7. Μετράμε την τάση  $V_{p-p}$  καθώς και την περίοδο  $T$ .
8. Υπολογίζουμε την τάση  $V_{RMS}$  καθώς και τη συχνότητα  $f$ .
9. Η εργασία των ερωτήσεων 4, 5, 6, 7 και 8 επαναλαμβάνεται από κάθε ένα μαθητή χωριστά για καλύτερη κατανόηση και εξοικείωση με τη χρήση των οργάνων, αφού πρώτα ρυθμίσουμε τη συχνότητα της γεννήτριας σε άλλη θέση.
10. Αποσυνδέουμε τη γεννήτρια από την είσοδο του παλμογράφου και τον ρυθμίζουμε για μέτρηση τάσης DC.
11. Συνδέουμε τον παλμογράφο στο τροφοδοτικό που μας δίνεται και μετράμε DC τάση θετική και αρνητική για τρεις περιπτώσεις και σε διαφορετικές θέσεις των διακοπών VOLTS/DIV.
12. Γράφουμε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά μας από την παραπάνω εργασία.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Ποιο είναι το πλεονέκτημα που έχει ο παλμογράφος σε σχέση με το ηλεκτρονικό πολύμετρο;
- Μπορούμε με τον παλμογράφο να μετρήσουμε κατ' ευθείαν ενεργή τάση;
- Ποιο κουμπί του παλμογράφου ρυθμίζει την φωτεινή ένταση του ίχνους και ποιο τη περίοδό του;
- Ποιο κουμπί ρυθμίζει την εστίαση του ίχνους και ποιο την ενίσχυσή του;

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 2

### Πινακίδα πειραμάτων Μπρέαντ μπορντ (Bread board)

#### Στόχοι της άσκησης:

Η εκμάθηση και χρήση της πινακίδας πειραμάτων μπρέαντ μπορντ (bread board), η χρήση της σε απλό ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο θα συνδεθούν γεννήτρια και παλμογράφος για μετρήσεις και έλεγχο εξαρτημάτων.

#### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

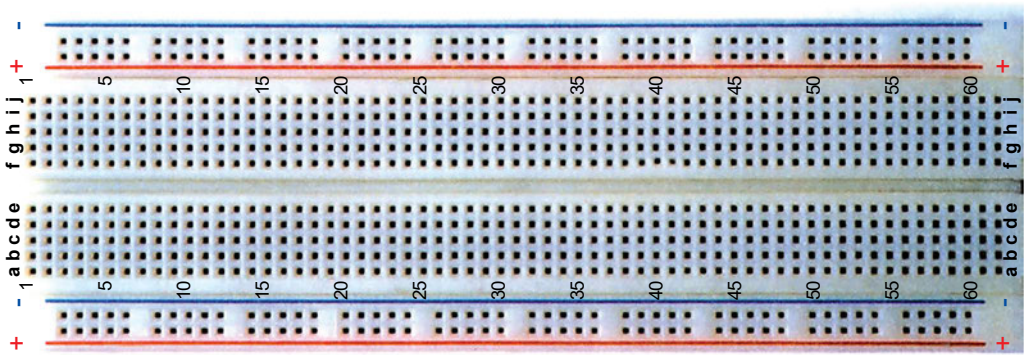
##### A. Μπρέαντ μπορντ (bread board)

Το μπρέαντ μπορντ είναι μία πάρα πολύ χρήσιμη πλακέτα στους ηλεκτρονικούς, γιατί τους δίνει τη δυνατότητα να κατασκευάσουν ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα χωρίς να χρειασθεί να γίνουν οι κολλήσεις των εξαρτημάτων. Επιτρέπει τη σύνδεση ή αποσύνδεση εξαρτημάτων χωρίς κόπο και διευκολύνει στην απόκτηση σημαντικής εμπειρίας στην κατασκευή κυκλωμάτων και χωρίς τον κίνδυνο να καταστραφούν τα εξαρτήματα στη διάρκεια κατασκευής με τον συνήθη τρόπο (κολλήσεις, αποκολλήσεις εξαρτημάτων). Έτσι, είναι ιδανική για εκπαιδευτικούς ή ερευνητικούς σκοπούς, γιατί δίνει στο μαθητή τη χαρά στη διάρκεια του εργαστηρίου να κατασκευάσει και να μελετήσει μία οποιαδήποτε ηλεκτρονική άσκηση.

Το κόστος είναι πολύ μικρό αν το συγκρίνει κανείς με έτοιμες κατασκευές κυκλωμάτων και όταν συνυπολογίσουμε την εκπαιδευτική του αξία.

Οι τυχόν καλωδιώσεις και τα εξαρτήματα του κυκλώματος τοποθετούνται στις τρύπες του Μπρέαντ μπορντ και συγκρατούνται με μικρά ελάσματα. Το σχήμα 2.1 δείχνει μία τέτοια πλακέτα όπου οι τρύπες κάθε πεντάδας που είναι σε κάθετη διάταξη είναι βραχυκυκλωμένες. Έτσι, γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι σε κάθε πεντάδα μπορούμε να συνδέσουμε πέντε ακροδέκτες εξαρτημάτων. Αν οι ανάγκες μας είναι μεγαλύτερες, τότε βραχυκυκλώνουμε με σύρμα και μία διπλανή πεντάδα.

Επάνω και κάτω από τις πεντάδες υπάρχουν δύο οριζόντιες γραμμές στις οποίες υπάρχουν τρύπες από τις οποίες τη μία (κόκκινη) τη χρησιμοποιούμε για το συν ( + ) του τροφοδοτικού και την άλλη (μπλε ή μαύρο) για το πλην ( - ). Οι πεντάδες που βρίσκονται σε οριζόντια διάταξη είναι βραχυκυκλωμένες.



Σχήμα 2.1  
Πλακέτα Μπρέαντ μπορντ


























Τέλος, πρέπει να πούμε πως τους ακροδέκτες των εξαρτημάτων δεν τους κόβουμε για να είναι δυνατό να τα χρησιμοποιούμε όσες φορές θέλουμε και το κυριώτερο, προσέχουμε η διάμετρος των ακροδεκτών να είναι τέτοια ώστε να μην ανοίγει περισσότερο από όσο χρειάζεται τις τρύπες του Μπρέαντ μπορντ γιατί θα χαλαρώσουν με αποτέλεσμα την καταστροφή του.






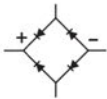









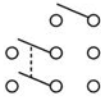





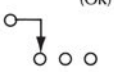


## **B. Ηλεκτρονικά σύμβολα**

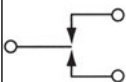


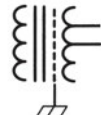
Κάθε ηλεκτρονική διάταξη συνοδεύεται από το θεωρητικό ηλεκτρονικό σχεδιάγραμμα. Είναι μία μορφή στενογραφίας που τα εξαρτήματα παριστάνονται με σύμβολα. Σε μερικές περιπτώσεις το σύμβολο φαίνεται σαν εξάρτημα π.χ. πηνίο, πυκνωτής, μεγάφωνο. Άλλα σύμβολα δεν μοιάζουν στα εξαρτήματα που παριστάνουν αλλά δείχνουν την ηλεκτρική τους κατασκευή ή επίδοση, π.χ. δίοδος διακόπτης, ηλιακό στοιχείο, δίοδος φωτοεκπομπής κ.λπ.

Ο πίνακας που ακολουθεί δείχνει αρκετά από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, τον συμβολισμό τους σε σχήμα και γράμμα καθώς και την ονομασία τους.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ - ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

ΣΥΜΒΟΛΟ	ΓΡΑΜΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΓΡΑΜΜΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
		ΠΗΓΗ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ		CR	ΧΩΡΗΤΙΚΗ ΔΙΟΔΟΣ, ΒΑΡΑΚΤΟΡ
				CR	ΔΙΟΔΟΣ ΦΩΤΟ-ΕΚΠΟΜΠΗΣ
	R	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ		Z	ΔΙΟΔΟΣ ΖΕΝΕΡ
	R	ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ		CR	DIAC
	T	ΘΕΡΜΙΣΤΟΡ		Q	ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ NPN
	CR	ΦΩΤΟΑΓΓΩΓΙΜΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ		Q	ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΡΝΩ
	C	ΠΥΚΝΩΤΗΣ,		Q	ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΜΟΝΗΣ ΕΝΩΣΗΣ
		ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΠΟΛΩΜΕΝΟΣ		Q	TRIAC
		ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ		BT	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ
	E	ΚΕΡΑΙΑ		LS	ΜΕΓΑΦΩΝΟ
	BT	ΜΠΑΤΑΡΙΑ		MK	ΜΙΚΡΟΦΩΝΟ
	T	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΥΡΗΝΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΗ		HT	ΑΚΟΥΣΤΙΚΟ
	CR	ΔΙΟΔΟΣ ΗΜΙΑΓΩΓΟΥ			

ΣΥΜΒΟΛΟ ΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ			ΣΥΜΒΟΛΟ ΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		
	DS	ΛΑΜΠΑ			ΕΝΩΣΗ ΑΓΩΓΩΝ
	M	ΟΡΓΑΝΟ			(Η) ΜΟΝΟ ΟΤΑΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ ΓΙΑ ΛΟΓΟΥΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ
	AR	ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ		W	ΘΩΡΑΚΙΣΜΕΝΟ ΚΑΛΩΔΙΟ 5 ΑΓΩΓΩΝ
	CR	ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ ΤΥΠΟΥ ΓΕΦΥΡΑΣ		W	ΚΑΛΩΔΙΑ ΑΓΩΓΩΝ (5)
	(α)	ΠΥΛΗ "ΚΑΙ"		W	ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΟ ΚΑΛΩΔΙΟ
	(β)	ΠΥΛΗ "ΟΧΙ ΚΑΙ"		W	ΓΕΙΩΣΗ
	(γ)	ΠΥΛΗ "Η"			ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ ΣΑΣΙ
	(δ)	ΠΥΛΗ "ΟΧΙ Η"		TB	ΚΟΙΝΗ ΣΥΝΔΕΣΗ
		ΠΗΓΗ		S	ΔΕΙΧΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ
		ΠΗΓΗ ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ		S	
		ΠΗΓΗ ΠΑΛΜΩΝ		S	
	Υ	ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΣ		S	
	TC	ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΟΣ			
		ΑΓΩΓΟΙ ΟΧΙ ΕΝΩΜΕΝΟΙ			

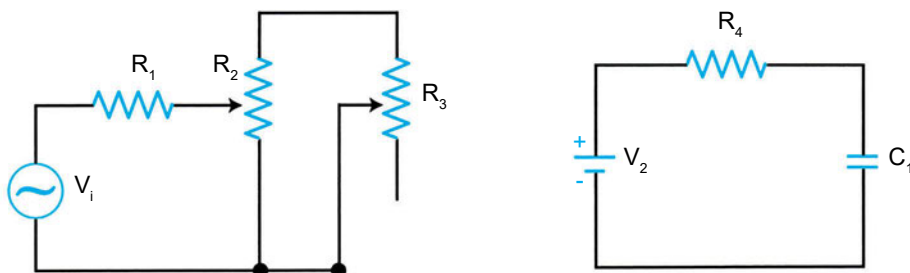
ΣΥΜΒΟΛΟ ΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ			ΣΥΜΒΟΛΟ ΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ		
	S	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΠΟΛΛΩΝ ΘΕΣΕΩΝ		L	ΠΗΝΙΟ ΜΕ ΛΗΨΗ
	K	ΡΕΛΑΙ		T	ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΥΡΗΝΑ

## ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Παλμογράφος, γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων, πινακίδα πειραμάτων (bread board),  $R_1=4,7k\Omega$ , ποτενσιόμετρο  $R_2= 470 k\Omega$ , Ροοστάτης  $R_3=2,7k\Omega$ ,  $C=0,047\mu F$   $R_4 =4,7k\Omega$ .

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ

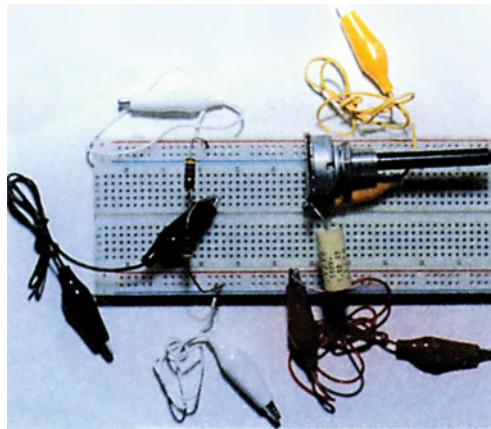
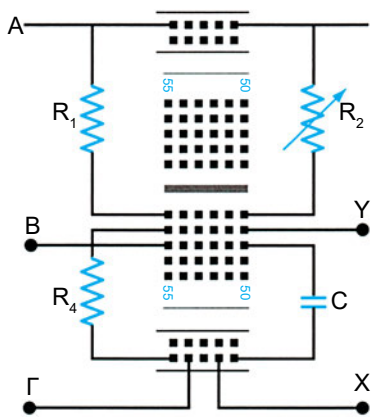


Σχήμα 2.2

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Στα θεωρητικά κυκλώματα που δίδονται, από τα σύμβολα, να αναγνωρίσουμε προσεκτικά τα εξαρτήματα που συγκροτούν τα κυκλώματα και να γράψουμε στο τετράδιό μας την εργασία που κάνει κάθε ένα από αυτά.
2. Στην πινακίδα πειραμάτων να κατασκευασθεί το κύκλωμα του σχήματος 2.3. Να συνδεθεί στην είσοδο ΑΓ γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων ρυθμισμένη στους 1000Hz και στην έξοδο Υ και Χ τα δύο κανάλια του παλμογράφου. Τη γείωση των ακροδεκτών του παλμογράφου τη συνδέουμε στο σημείο Β του κυκλώματος.





Σχήμα 2.3

3. Ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο και τον παλμογράφο ώστε να πάρουμε δύο κυματομορφές στην οθόνη τους με διαφορά φάσης.
4. Με τη μέθοδο που περιγράφεται στην αντίστοιχη παράγραφο περί παλμογράφου, σχεδιάζουμε τις κυματομορφές και μετράμε την διαφορά φάσης σε μοίρες.
5. Επαναλαμβάνουμε την εργασία των ερωτήσεων 3 και 4 για τρεις διαφορετικές θέσεις του ποτενσιομέτρου.
6. Ρυθμίζουμε τη γεννήτρια σε άλλες θέσεις π.χ. 500Hz, 10kHz, 100kHz, 1MHz και προσπαθούμε ν' απεικονίσουμε στο παλμογράφο τις αντίστοιχες μορφές των σημάτων της γεννήτριας.
7. Η εργασία της ερώτησης 6 να γίνει απ' όλους τους μαθητές που συγκροτούν την ομάδα.
8. Αν ο παλμογράφος διαθέτει πλήκτρο ADD-CHOR, μπορούμε να πιέσουμε το ADD και θα έχουμε στην οθόνη το άθροισμα των κυματομορφών των δύο καναλιών ή τη διαφορά (INVERT).
9. Αποσυνδέουμε τη γεννήτρια από το κύκλωμα του σχ. 2.3 και ετοιμάζουμε τον παλμογράφο για τον έλεγχο της λειτουργίας των εξαρτημάτων, βγάζοντας εκτός την εσωτερική σάρωση του παλμογράφου (διακόπτης SWEEP TIME/DIV στη θέση X-Y).
10. Πιέζουμε το πλήκτρο COMPONENT TESTER και συνδέουμε το υπό έλεγχο εξάρτημα στην αντίστοιχη υποδοχή με τη βοήθεια δύο απλών ακροδεκτών. Στην οθόνη του παλμογράφου θα έχουμε την

απεικόνιση της χαρακτηριστικής καμπύλης τάσης - ρεύματος του εξαρτήματος.

11. Γράφουμε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά μας από την παραπάνω εργασία.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Γράφουμε στο τετράδιο τα σύμβολα δέκα ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.
- Σχεδιάζουμε στο τετράδιο την πρόσοψη μίας γεννήτριας και εξηγούμε την εργασία που κάνει κάθε κουμπί και διακόπτης.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 3

### Μετρήσεις με ψηφιακό πολύμετρο, παλμογράφο και συχνόμετρο

#### Στόχοι της άσκησης:

Η εκμάθηση της χρησιμότητας του τροφοδοτικού καθώς και τις λειτουργίες - δυνατότητες του ψηφιακού πολύμετρου, του μιλλιβολτόμετρου και του συχνόμετρου, η εξοικείωση με τα όργανα αυτά και η σύγκριση των μετρήσεων με αυτές που λαμβάνονται από παλμογράφο.

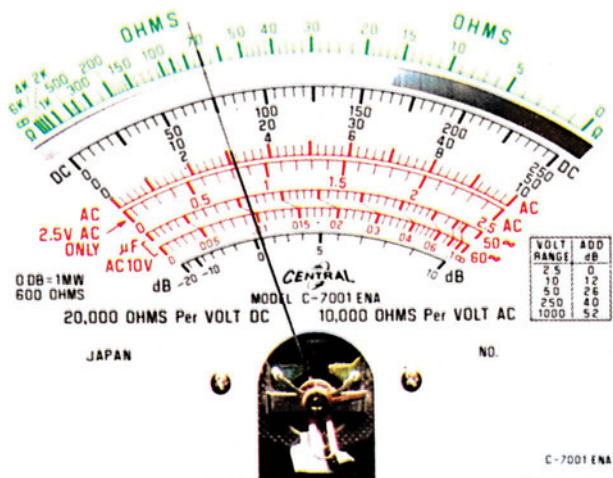
#### ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

##### A. Μέτρηση τάσης και έντασης

Για να μετρηθεί μια τάση ή ένταση ρεύματος με ένα αναλογικό πολύμετρο, φορητό ή ηλεκτρονικό ή ακόμα και με το μιλλιβολτόμετρο, πρέπει να γίνει μια προετοιμασία του οργάνου, κι αυτό γιατί οι θέσεις του επιλογέα δεν αντιστοιχούν στις κλίμακες που διαθέτει το όργανο και, για να γίνει σωστή η μέτρηση, πρέπει να υπολογισθεί ο **συντελεστής κλίμακας**. Ο συντελεστής κλίμακας είναι το πηλίκο της ένδειξης που επιλέξαμε στον επιλογέα του οργάνου δια της μέγιστης τιμής της κλίμακας. Για να προσδιορίσουμε την τιμή της μέτρησης, πολλαπλασιάζουμε την ένδειξη της βελόνας της κλίμακας με την οποία υπολογίσαμε τον συντελεστή της κλίμακας επί τον συντελεστή κλίμακας. Π.χ. ας υποθέσουμε ότι η βελόνα στο καντράν του σχ. 3.1 έχει την δεικνυόμενη θέση. Αν η θέση του επιλογέα είναι σε τιμή DC 1000V και εμείς μετρήσαμε στην κλίμακα των 50 τότε ο συντελεστής κλίμακας είναι  $\frac{1000}{50}$  (θέση επιλογέα προς τη μέγιστη ένδειξη κλίμακας) = 20. Ο συντελεστής κλίμακας είναι λοιπόν 20. Η βελόνα του οργάνου στο σχ. 3.1 δείχνει 15, άρα το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι  $20 \times 15 = 300V$ .

Αν η βελόνα ήταν στη θέση 30, θα είχαμε αποτέλεσμα μέτρησης  $30 \times 20 = 600V$ .

Πρέπει να πούμε πως ο συντελεστής κλίμακας που υπολογίσαμε



**Σχήμα 3.1**

*Ανάγνωση κλίμακας στο καντράν οργάνου*

ισχύει γι' αυτή τη θέση του επιλογέα και γι' αυτή την κλίμακα. Αν αλλάξουμε θέση στον επιλογέα ή την κλίμακα, τότε πρέπει να γίνει καινούργιος υπολογισμός του συντελεστή.

Τέλος, ο συντελεστής κλίμακας μπορεί να είναι μικρότερος ή μεγαλύτερος της μονάδος. Μετά από σχετική πείρα, τις μετρήσεις τις διαβάζουμε κατ' ευθείαν γιατί διαλέγουμε κλίμακες που να είναι **πολλαπλάσιες ή υποπολλαπλάσιες του δέκα**.

### **B. Μέτρηση της αντίστασης**

Για να μετρήσουμε αντίσταση τοποθετούμε πρώτα τον επιλογέα στη θέση που θέλουμε και μετά βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες και ρυθμίζουμε με το ποτενσιόμετρο του οργάνου, μέχρι η βελόνα να ρυθμισθεί στο μηδέν (0). Αντίστοιχα, όταν οι ακροδέκτες του οργάνου είναι ελεύθεροι τότε η αντίσταση που μετράμε το όργανο, πρέπει να είναι άπειρη.

Στα πολύμετρα οι επιλογείς για μέτρηση Ωμικής αντίστασης δείχνουν τον αριθμό που θα πρέπει να τον πολλαπλασιάσουμε με την ένδειξη της βελόνας του οργάνου. Π.χ. στο σχ. 3.1, αν ο επιλογέας δείχνει X 1 ΚΩ. Η βελόνα στην κλίμακα των Ωμ δείχνει 3,8 άρα έχουμε  $3,8 \times 1 \text{ k}\Omega = 3,8 \text{ K}\Omega$ .

**Τέλος, να θυμόμαστε πάντα:**

**α. Η τοποθέτηση των ακροδεκτών ή ακροληψιών των οργάνων στα σημεία που πρόκειται να πραγματοποιηθεί μέτρηση πρέ-**

- πει να γίνεται με προσοχή και με την ορθή πολικότητα.
- β. Τα δάχτυλα δεν πρέπει να αγγίζουν τους ακροδέκτες
- γ. Δεν πρέπει να μετράμε με το ωμόμετρο όσο το κύκλωμα βρίσκεται υπό τάση.
- δ. Για να μετρήσουμε ρεύμα, διακόπτουμε σ' ένα σημείο για να παρεμβάλουμε το όργανο στο κύκλωμα με την σωστή πολικότητα.

### Γ. Σφάλματα στις μετρήσεις

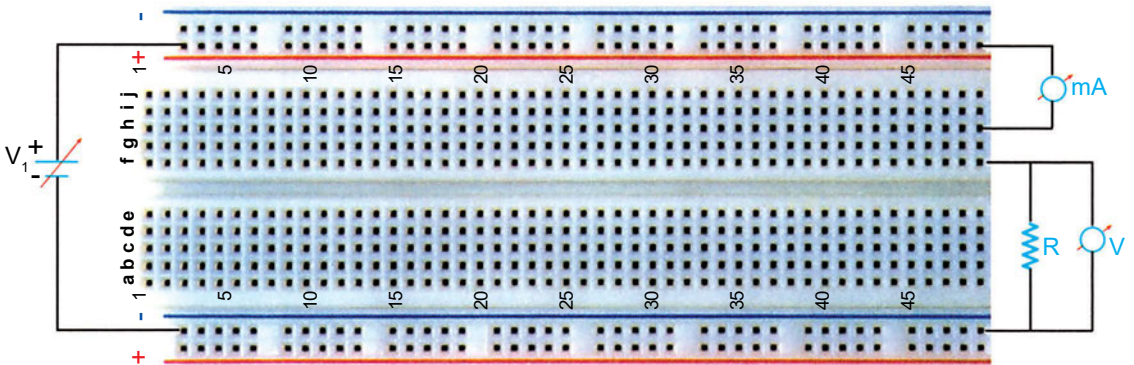
Σε όλες τις μετρήσεις γίνονται σφάλματα που οφείλονται σε διάφορες αιτίες, όπως π.χ. στην ποιότητα των οργάνων, στην όχι σωστή χρησιμοποίησή του από τον μαθητή, στη λανθασμένη ανάγνωση της μέτρησης κ.λπ.

## ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Παλμογράφος, τροφοδοτικό, γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων, συχνόμετρο, πολύμετρο, μιλιβολτόμετρο, αντίσταση  $1\text{k}\Omega/1\text{W}$ .

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 3.2

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Να ζητηθούν από τον καθηγητή του μαθήματος τα τεχνικά εγχειρίδια του τροφοδοτικού, του ψηφιακού πολύμετρου, του μιλιβολτόμετρου

- και του συχνόμετρου. Να μελετηθούν αυτά και να γίνει αναφορά στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.
2. Με το ψηφιακό πολύμετρο να μετρηθεί η τάση του τροφοδοτικού για τέσσερις θέσεις του ρυθμιστή αυξομείωσης της τάσης.
  3. Να τοποθετηθεί η αντίσταση στην Μπέαρντ μπορντ και να μετρηθεί η τάση και το ρεύμα για τάση τροφοδοτικού 2V, 4V, 6V, 10V και 12V.
  4. Να επαναληφθεί η ερώτηση 3 για εναλλασσόμενη τάση. Οι μετρήσεις της τάσης να γίνουν με μιλιβολτόμετρο.
  5. Σε βαθμολογημένους κατά τάση και ρεύμα άξονες να σχεδιασθούν οι γραμμικές συναρτήσεις για τις ερωτήσεις 3 και 4.
  6. Να συνδεθεί στην έξοδο της γεννήτριας το συχνόμετρο και για συχνότητες 1 kHz, 10kHz, 100kHz και 200kHz να μετρηθούν και να επαληθευθούν με τη βοήθεια του συχνόμετρου.
  7. Σε ποιο από τα δύο όργανα οι ενδείξεις είναι περισσότερο αξιόπιστες;
  8. Γράφουμε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά μας από την παραπάνω εργασία.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Πρέπει η τάση ενός τροφοδοτικού να είναι σταθεροποιημένη; Πώς μεταβάλλεται όταν αλλάξει ο φόρτος;
- Σχεδιάζουμε την πρόσοψη του τροφοδοτικού και του συχνόμετρου, εξηγούμε τις λειτουργίες που κάνουν τα κουμπιά των οργάνων αυτών.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4

## Δίοδος P - N σε ορθή και ανάστροφη πόλωση

### Στόχοι της άσκησης:

- A. Να μπορεί να αναγνωρίζει μια δίοδο πυριτίου ή γερμανίου και να εξετάζει την κατάσταση της διόδου με μετρήσεις.
- B. Να συνδέει τη δίοδο σε τυπικό κύκλωμα πόλωσης και με ανάλογες μετρήσεις να χαράσσει τη χαρακτηριστική καμπύλη  $I/V$  σε ορθή και ανάστροφη πόλωση και να προσδιορίζει γραφικά τη στατική ευθεία φόρτου.

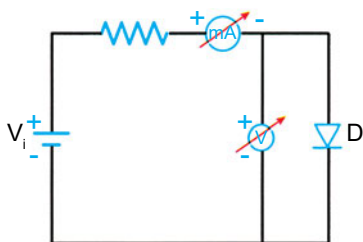
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 3, σελίδα 30-38).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

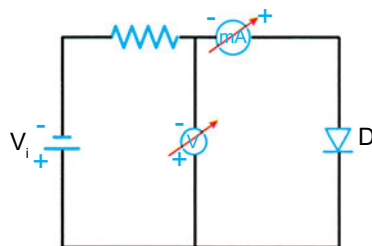
#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 0 - 40V DC, δύο ψηφιακά πολύμετρα, ηλεκτρονικό πολύμετρο, αντίσταση  $R=10\text{ K}\Omega/1\text{W}$ , μία δίοδος πυριτίου, μία δίοδος γερμανίου.

#### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχ. 4.1  
Σύνδεση ορθής φοράς



Σχ. 4.2  
Σύνδεση ανάστροφης φοράς

#### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Περιεργαζόμαστε τις διόδους που έχουμε στη διάθεσή μας και αναγνωρίζουμε ποιοι ακροδέκτες αποτελούν την άνοδο και ποιοι την κάθοδο (Συνήθως, η κάθοδος σημειώνεται με μια χρωματική λωρίδα ή με κηλίδα χρώματος στο περίβλημα ή στον ακροδέκτη. Πολλές

φορές ο συμβολισμός είναι γραμμένος στο περίβλημά της). Σημειώνουμε το αποτέλεσμα της εξέτασης στο τετράδιό μας καθορίζοντας τις καθόδους των διόδων που έχουμε στη διάθεσή μας.

2. Αφού πρώτα βεβαιωθούμε για την πολικότητα των ακροδεκτών του Ωμόμετρου, δηλ. ποιος ακροδέκτης αποτελεί το συν ( + ) και ποιος ακροδέκτης το πλην ( - ), με τη βοήθεια του ωμόμετρου προσδιορίζουμε την κατάσταση των διόδων. Συγκεκριμένα, αν το θετικό ακροδέκτη του ωμόμετρου το συνδέσουμε με την άνοδο της διόδου και τον αρνητικό ακροδέκτη του ωμόμετρου το συνδέσουμε με την κάθοδο, η δίοδος θα έχει ορθή πόλωση, οπότε θα έχουμε ροή ρεύματος μέσα από τη δίοδο και συνεπώς το ωμόμετρο θα μας δείχνει χαμηλή αντίσταση. Μετά από αυτό, συνεχίζουμε ως εξής:

α. Αφού μηδενίσουμε το ωμόμετρο και επιλέξουμε την κλίμακα  $R \times 1\Omega$ , μετράμε την αντίσταση των διόδων που έχουμε στη διάθεσή μας με ορθή πόλωση και σημειώνουμε τις τιμές που βρήκαμε στο τετράδιό μας.

β. Μηδενίζουμε πάλι το ωμόμετρό μας και επιλέγουμε την κλίμακα της τάξης του  $1M\Omega$ . Μετράμε την αντίσταση των διόδων σε κατάσταση ανάστροφης πόλωσης και σημειώνουμε τις αντίστοιχες τιμές στο τετράδιό μας.

Οι αντιστάσεις που θα μετρηθούν σε καλές διόδους πυριτίου θα προκύπτουν μεταξύ  $10M\Omega$  και  $1000M\Omega$ , δηλαδή έχουμε ένα λόγο 10000 προς 1.

3. Σχεδιάζουμε στο τετράδιό μας το κύκλωμα του σχήματος 4.1 με τις τιμές των εξαρτημάτων. Κατασκευάζουμε αυτό το κύκλωμα στη διάτρητη πλακέτα και συνδέουμε τα όργανα για τη μέτρηση του ρεύματος και της τάσης. Η αντίσταση  $R1 = 10k\Omega$  χρειάζεται για προστασία του κυκλώματος από υπερβολικό ρεύμα.

4. Συνδέουμε το τροφοδοτικό με την πολικότητα που δείχνει το σχήμα 4.1.

5. Ρυθμίζουμε το ρεύμα του κυκλώματος για τιμές:

$$I = 0,02 - 0,04 - 0,06 - 0,08 - 0,1 - 0,3 - 0,5 - 0,7 - 0,9 - 1 - 2 - 3 - 4 \text{ mA.}$$

Γράφουμε για κάθε τιμή ρεύματος την αντίστοιχη πτώση τάσης πάνω στη δίοδο.

6. Μηδενίζουμε την τάση του τροφοδοτικού και το συνδέουμε όπως δείχνει το σχήμα 4.2.



7. Ρυθμίζουμε το τροφοδοτικό για τιμές τάσης  $V = 1 - 2 - 4 - 6 - 8 - 10 - 13 - 16 - 20V$ . Σημειώνουμε το αντίστοιχο ρεύμα του κυκλώματος.  
**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Οι μετρήσεις να γίνουν με ψηφιακά πολύμετρα.
8. Από τις μετρήσεις των ερωτήσεων 4 και 7 σχεδιάζουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη  $V = f(I)$  της διόδου.
9. Επαναλαμβάνουμε τις εργασίες των ερωτήσεων 3, 4, 5, 6, 7 με άλλη δίοδο Γερμανίου. Και η νέα χαρακτηριστική να σχεδιαστεί στο ίδιο σχεδιάγραμμα.
10. Εξετάζουμε τις χαρακτηριστικές των διόδων και γράφουμε τις παρατηρήσεις που προκύπτουν για τη συμπεριφορά της τάσης και του ρεύματος κατά την ορθή φορά. Προσδιορίζουμε γραφικά τη στατική αντίσταση της διόδου και την τιμή πλήρους ορθής πόλωσης των διόδων.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Με ποιο τρόπο μπορούμε να αναγνωρίσουμε τους ακροδέκτες μιας διόδου;
- Τι παριστάνει το βέλος σε μια δίοδο;
- Πόση περίπου (τάξη μεγέθους) είναι η αντίσταση μίας διόδου σε ορθή πόλωση;
- Πότε μια δίοδος έχει ορθή πόλωση;
- Πόση είναι η πτώση τάσης σε μια δίοδο πυριτίου και πόση σε μία γερμανίου όταν οι δίοδοι έχουν την πλήρη ορθή πόλωση;

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 5

### Απλή ανόρθωση με δίοδο P-N. Πλήρης ανόρθωση με δύο διόδους P-N

#### Στόχοι της άσκησης:

- A. Να γίνει δυνατό να σχεδιάζεται το βασικό κύκλωμα απλής και διπλής ανόρθωσης.
- B. Να συνδέεται δίοδος σε πηγή AC τάσης με σκοπό την ημιανόρθωσή της.
- Γ. Να μετρώνται τάσεις εξόδου με διάφορα φορτία.
- Δ. Να συγκρίνονται και να σχολιάζονται οι κυματομορφές εισόδου και εξόδου του κυκλώματος.

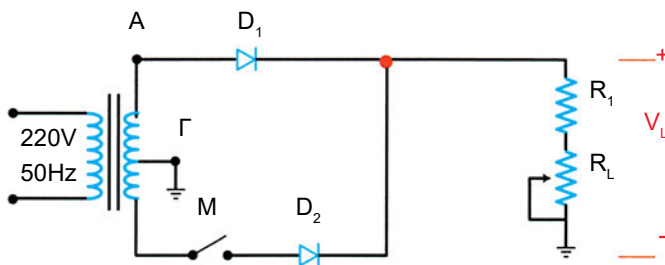
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 3, σελίδα 69-72).

#### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Πηγή AC τάσης με μετασχηματιστή από το δίκτυο 220V/2X12V, 12V AC, ηλεκτρονικό Βολτόμετρο, παλμογράφος, δύο δίοδοι IN 4006,  $R_L=1\text{ K}\Omega$  1W.

#### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 5.1

#### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε στο τετράδιό μας και κατασκευάζουμε το κύκλωμα του σχ. 5.1 της άσκησης με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων και το διακόπτη M ανοικτό. Έτσι έχουμε το κύκλωμα απλής ανόρθωσης.
2. Συνδέουμε τον παλμογράφο στην είσοδο του κυκλώματος απλής ανόρθωσης, π.χ. μεταξύ A και γης.

3. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα και μετράμε την τάση εισόδου με το βολτόμετρο και τον παλμογράφο.
4. Παρατηρούμε και σχεδιάζουμε την κυματομορφή εισόδου και μετράμε την τάση από κορυφή σε κορυφή,  $V_{p-p} =$  ;
5. Συνδέουμε τώρα τον παλμογράφο στην έξοδο της ανόρθωσης, δηλ. στα άκρα της  $R_L$  και μετράμε και σχεδιάζουμε το πλάτος των θετικών παλμών,  $V_{p-p} =$ ;
6. Η έξοδος είναι AC ή DC, δηλ. συνεχές ή εναλλασσόμενο; Απαντήστε.
7. Με τη βοήθεια του παλμογράφου και του βολτόμετρου μετράμε την κυμάτωση εξόδου καθώς και τη μέση τιμή με το βολτόμετρο DC.

$f_1$		$V_\mu$	
-------	--	---------	--

8. Υπολογίζουμε τη μέση τιμή της τάσης εξόδου με τη βοήθεια της εξίσωσης  $V_\mu = V_{max}/\pi =$  ; Την τιμή αυτή τη συγκρίνουμε με τη μετρηθείσα.
9. Μεταβάλλουμε την  $R_L$  και παρατηρούμε την κυματομορφή εξόδου στον παλμογράφο και τις τυχόν αλλαγές της. Γράφουμε στο τετράδιό μας τις παρατηρήσεις μας.
10. Κλείνουμε το διακόπτη M του κυκλώματος και έχουμε έτσι ένα κύκλωμα διπλής ανόρθωσης.
11. Επαναλαμβάνουμε τις εργασίες των ερωτήσεων 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Σχεδιάζουμε τις καινούργιες κυματομορφές και σημειώνουμε στο τετράδιό μας τα νέα αποτελέσματα των μετρήσεων αφού λάβουμε υπ' όψιν  $V_\mu = 2V_{max}/\pi$ .
12. Σημειώνουμε τις παρατηρήσεις μας και τις διαφορές των αποτελεσμάτων μεταξύ απλής και διπλής ανόρθωσης σχετικά με την τάση εξόδου, τη μέση τιμή εξόδου και τη συχνότητα εξόδου.
13. Γράφουμε τις παρατηρήσεις μας για όλη την άσκηση.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Ποιος είναι ο σκοπός του ανορθωτή;
- Περιγράψτε τις διαδικασίες λειτουργίας του κυκλώματος για απλή και διπλή ανόρθωση.
- Πόση είναι η συχνότητα του παλμορεύματος σε πλήρη ανόρθωση;
- Ποιο είναι το κύκλωμα ανόρθωσης με ανοικτό το διακόπτη M; Σχεδιάστε το.
- Ποιος λόγος επέβαλε την τοποθέτηση της  $R_L$  στο συγκεκριμένο σημείο του κυκλώματος;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 6

## Πλήρης ανόρθωση με γέφυρα διόδων - Φίλτρο εξομάλυνσης

### Στόχοι της άσκησης:

- A. Εκμάθηση της σύνδεσης διόδων σε συνδεσμολογία γέφυρας, της μέτρησης τάσεων εξόδου και σχολιασμός της μορφής τους.
- B. Εκμάθηση του τρόπου εξομάλυνσης της τάσης εξόδου με τη βοήθεια πυκνωτών.

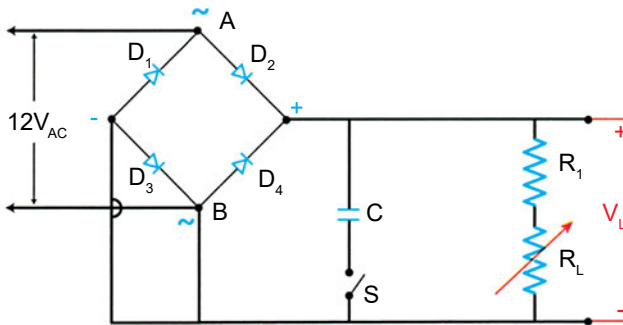
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 3, σελίδα 70-78).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Παλμογράφος, βολτόμετρο, μετασχηματιστής 220V/12V AC 100mA, γέφυρα ανόρθωσης 50V/1A, ποτενσιόμετρο  $R_L = 2K\Omega/1W$ , πυκνωτής  $C = 10\mu F/16V$ , πυκνωτής 100  $\mu F/16V$ ,  $R_1 = 1 K\Omega 1W$ .

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 6.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε και κατασκευάζουμε το κύκλωμα ανόρθωσης με γέφυρα του σχ. 6.1 με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων.
2. Με ανοικτό το διακόπτη S, τροφοδοτούμε το κύκλωμα με AC τάση και μετράμε με το βολτόμετρο την τάση εξόδου και τη σημειώνουμε στο τετράδιο.

3. Συνδέουμε στην έξοδο παλμογράφο. Μετράμε την τάση εξόδου από κορυφή σε κορυφή  $V_{p-p}$  και σχεδιάζουμε την κυματομορφή σε βαθμολογημένο κατά τάση άξονα. Παρατηρούμε την κυματομορφή και τη συγκρίνουμε με αυτή της απλής και διπλής ανόρθωσης.
4. Κλείνουμε το διακόπτη Δ. Προσθέτουμε παράλληλα με το φόρτο  $R_L$  τον πυκνωτή  $10\mu F$  και μετράμε πάλι με τον παλμογράφο την έξοδο από κορυφή σε κορυφή  $V_{p-p}$ .
5. Στη συνέχεια αποσυνδέουμε τον πυκνωτή  $10\mu F$  και στη θέση του συνδέουμε τον πυκνωτή  $100\mu F$ . Μετράμε πάλι την έξοδο και συγκρίνουμε το αποτέλεσμα της μέτρησης με το αντίστοιχο της ερώτησης 4.
4. Γράφουμε τις παρατηρήσεις μας αφού σχεδιάσουμε τις κυματομορφές εξόδου στο τετράδιό μας.
6. Με τον πυκνωτή  $C = 100\mu F$  στη θέση του ρυθμίζουμε το φόρτο  $R_L$  από την ελάχιστη στη μέγιστη τιμή του και παρατηρούμε συγχρόνως την τάση εξόδου. Τι παρατηρούμε στην τάση αυτή με την αλλαγή της  $R_L$ ;
7. Τι θα συμβεί αν ο πυκνωτής που συνδέουμε σαν φίλτρο εξομάλυνσης της τάσης βραχυκυκλώσει και τι αν διακοπεί ένας από τους ακροδέκτες του;
8. Υποδείξετε τρόπο ανεύρεσης της βλάβης, όταν μια δίοδος βραχυκυκλώσει.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Με ποιο τρόπο μπορούμε να ελαττώσουμε την κυμάτωση στην ανόρθωση;
- Με τι είδος ανόρθωσης επιτυγχάνεται μικρότερη κυμάτωση;
- Σχεδιάστε τη διαδικασία εξομάλυνσης της παλμικής τάσης στην έξοδο του ανορθωτή γέφυρας με την προσθήκη παράλληλα στο φόρτο ενός πυκνωτή.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7

## Απλός Ψαλιδισμός με δίοδο P-N και διπλός ψαλιδισμός με δίοδο Zener

Στόχοι της άσκησης:

- A. Εκμάθηση της σύνδεσης διόδων για απλά και σύνθετα κυκλώματα ψαλιδισμού.
- B. Κατανόηση της χρησιμότητας του ψαλιδιστή στην παραγωγή και μορφοποίηση παλμών.

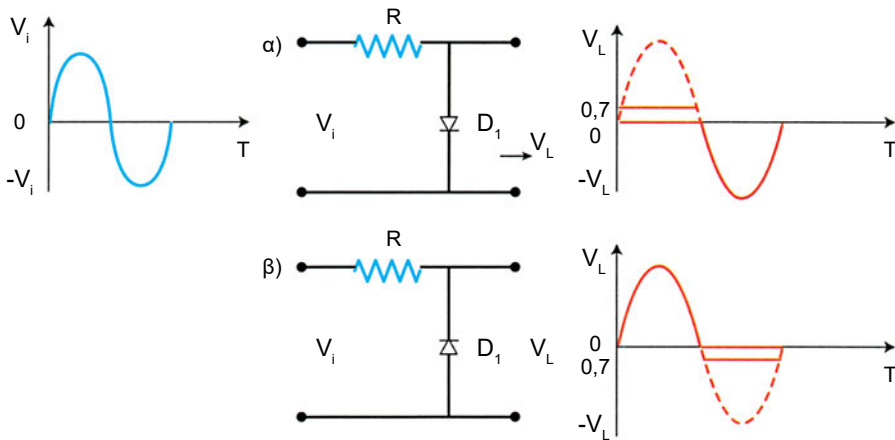
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 3, σελίδα 72-75).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

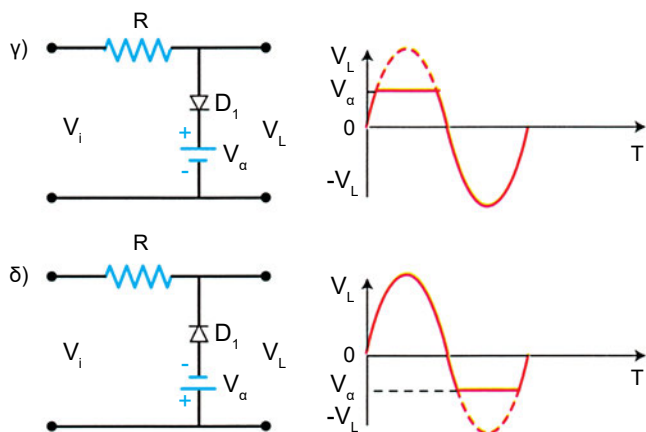
Παλμογράφος διπλής δέσμης, πηγή εναλλασσόμενης τάσης 6,3V AC, δύο μπαταρίες 1,5V, αντίσταση 180 KΩ, δύο δίοδοι 1N4004.

#### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



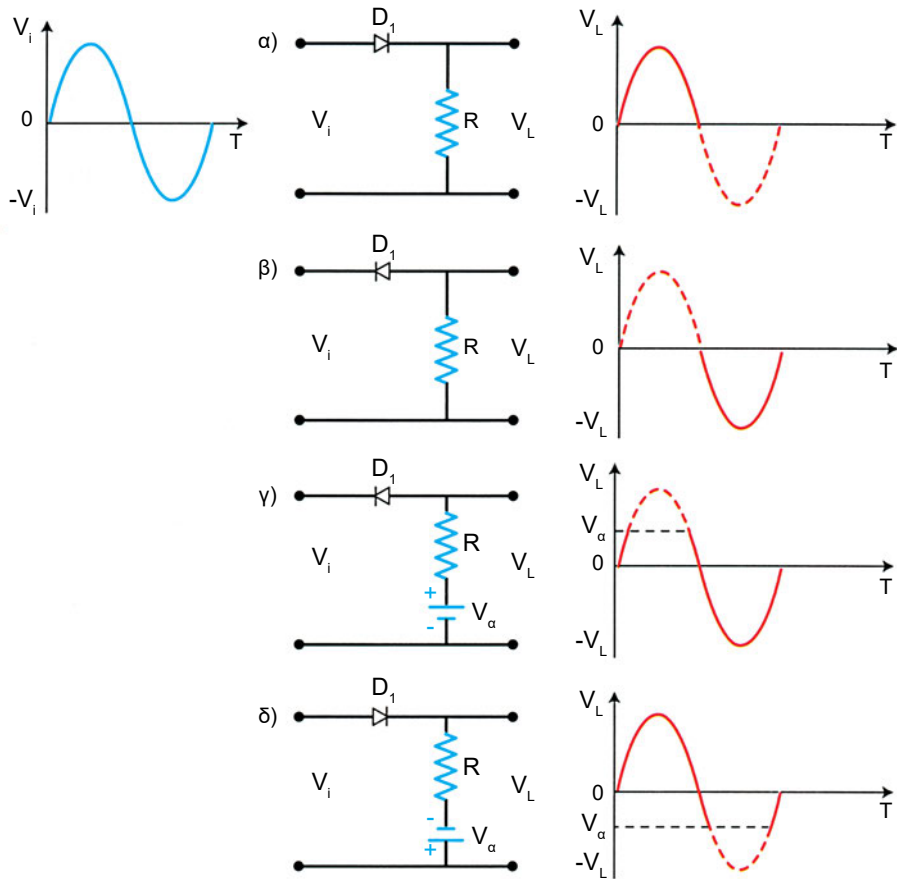
Σχήμα 7.1. (α), (β)

1. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 7.1α και περιγράφουμε τη λειτουργία του για εναλλασσόμενη τάση εισόδου.
2. Συνδέουμε στην είσοδο την πηγή τάσης 6,3 V AC, το ένα κανάλι του παλμογράφου στην είσοδο και το δεύτερο στην έξοδο.

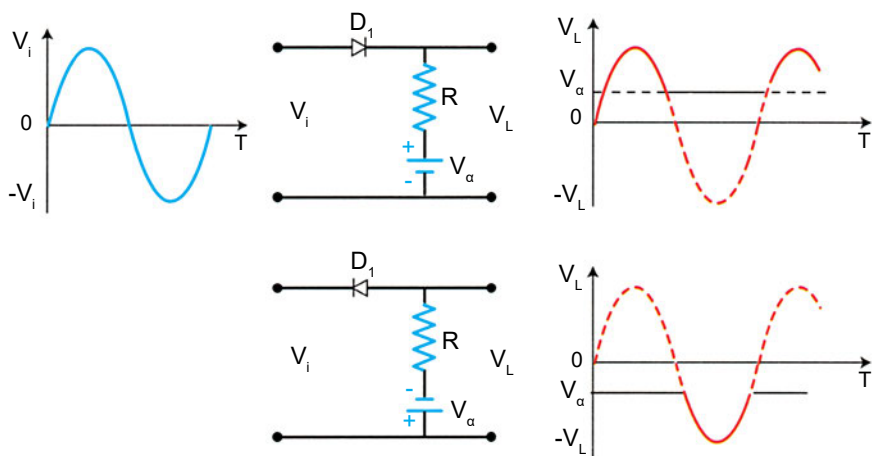


Σχήματα 7.1 (γ) και (δ)

3. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα και σχεδιάζουμε την κυματομορφή εξόδου όπως δείχνεται στο σχήμα. Μετράμε την τάση και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας. Τι είδους ψαλίδιση έχουμε;
4. Επαναλαμβάνουμε την ερώτηση 4 πραγματοποιώντας το σχήμα 7.1 β.
5. Με τη βοήθεια μπαταρίας των 1,5V, που έχουμε στη διάθεσή μας, πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 7.1 γ και περιγράφουμε τη λειτουργία του.
6. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα και σχεδιάζουμε την κυματομορφή εξόδου όπως δείχνει και το σχήμα. Μετράμε την τάση εξόδου και αναφέρουμε το είδος της ψαλίδισης με το κύκλωμα αυτό.
7. Επαναλαμβάνουμε την ερώτηση 6 για το κύκλωμα του σχήματος 7.1 .δ.
8. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε τα κυκλώματα του σχ. 7.2 και επαναλαμβάνουμε τις εργασίες που κάναμε στις ερωτήσεις 1 μέχρι 7.
9. Σχεδιάζουμε τις διάφορες κυματομορφές και προσδιορίζουμε το είδος της ψαλίδισης για κάθε ένα από τα κυκλώματα του σχ. 7.2 εξηγώντας παράλληλα την κυματομορφή εξόδου.
10. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε τα κυκλώματα του σχ. 7.3. Περιγράφουμε τη λειτουργία αυτών των κυκλωμάτων και αναφερόμαστε ειδικά στην πολικότητα της μπαταρίας και τη χρησιμότητά της.



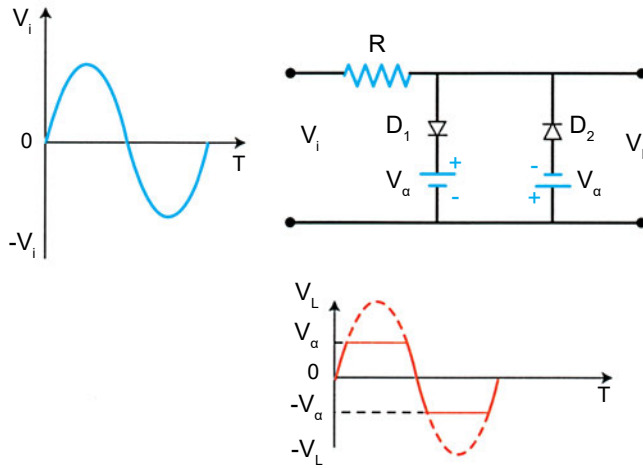
Σχήματα 7.2



Σχήματα 7.3



11. Τροφοδοτούμε με AC τάση το κύκλωμα και σχεδιάζουμε τις κυματομορφές εξόδου. Τι είδος ψαλίδισι έχουμε με τα παραπάνω κυκλώματα και πώς μπορούμε να αυξήσουμε τον ψαλιδισμό της βάσης;
12. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του Σχ. 7.4. Περιγράφουμε τη λειτουργία του αναφερόμενου στο ρόλο των δύο διόδων.
13. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα και σχεδιάζουμε τις κυματομορφές εξόδου του κυκλώματος.



Σχήματα 7.4

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Ποια η σχέση μεταξύ της  $R$  και της εσωτερικής αντίστασης της διόδου;
- Μπορούμε αντί της κοινής διόδου να χρησιμοποιήσουμε δίοδο Ζένερ;
- Σχεδιάζουμε ένα κύκλωμα συμμετρικού ψαλιδιστή με Ζένερ μαζί με τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 8

## Κυκλώματα διπλασιασμού τάσης

### Στόχοι της άσκησης:

Η εκμάθηση της διαδικασίας του πολλαπλασιασμού τάσης καθώς και της χρησιμότητάς του.

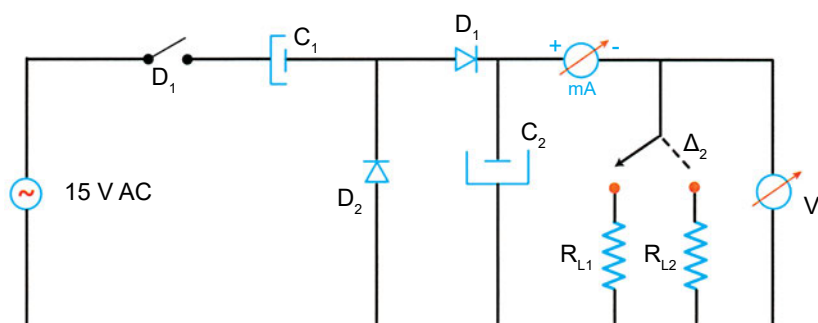
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 3, σελίδα 76).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Μετασχηματιστής 220/15V AC, παλμογράφος, πολύμετρο, αμπερόμετρο, δύο δίοδοι 2N4002,  $C_1=C_2=47\mu\text{F}/47\text{V}$ ,  $R_{L1}=2,7\text{ K}\Omega/1\text{W}$  και  $R_{L2}=1,2\text{ K}\Omega/1\text{W}$ .

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήματα 8.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε το κύκλωμα του σχ. 8.1 στο τετράδιό μας και στη συνέχεια το κατασκευάζουμε με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων. Προσέχουμε την πολικότητα των πυκνωτών. Με το διακόπτη  $\Delta 2$  έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε το φόρτο του κυκλώματος. Τέλος, συνδέουμε τα απαιτούμενα όργανα, αμπερόμετρο και βολτόμετρο, προσέχοντας την πολικότητα των οργάνων.

2. Κλείνουμε το διακόπτη  $\Delta_1$  και μετράμε το ρεύμα που διαρρέει το φόρτο καθώς και την τάση DC στα άκρα της  $RL_1$ .

$I_L = \text{mA}$	$V_{DC} = \text{V}$
-------------------	---------------------

3. Με τον ακροδέκτη του βολτόμετρου στον αρνητικό ακροδέκτη του  $C_1$  μετράμε την πτώση τάσης στα άκρα των  $C_1$  και  $C_2$ .

$V_{C_1} = V_{DC}$	$V_{C_2} = V_{DC}$
--------------------	--------------------

Το άθροισμα των τάσεων  $V_{C_1}$  και  $V_{C_2}$  είναι περίπου ίσο με την  $V_{DC}$  που μετρήσαμε;

4. Διακόπτουμε την τροφοδότηση του κυκλώματος και συνδέουμε τον παλμογράφο με τον κοινό ακροδέκτη στην αρνητική πλευρά του  $C_2$ . Τροφοδοτούμε το κύκλωμα και μετράμε τη συχνότητα κυμάτωσης της τάσης του  $C_1$  και στη συνέχεια τη συχνότητα κυμάτωσης στα άκρα της  $R_{L1}$ . Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στο τετράδιό μας:

$f$ στο $C_1 = \text{Hz}$
$f$ στο $RL_1 = \text{Hz}$

Τι παρατηρούμε; Γιατί η κυμάτωση είναι (αν είναι) διαφορετική;

5. Με τη βοήθεια του διακόπτη  $\Delta_2$  μεταβάλλουμε το φόρτο και παρατηρούμε την κυμάτωση και την τάση εξόδου, καθώς ο φόρτος μεταβάλλεται. Η κυμάτωση αυξάνει σε πλάτος, όταν αυξάνεται το ρεύμα φόρτου; Αν ναι, γιατί;

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Όταν αυξηθεί η χωρητικότητα του πυκνωτή ενός διπλασιαστή τάσης, θα αυξηθεί η τάση εξόδου;
- Αν διακοπεί η αντίσταση φόρτου, η τάση εξόδου θα αυξηθεί;
- Από τι εξαρτάται το πλάτος της κυμάτωσης εξόδου;
- Πόσες διόδους πρέπει να έχει ένας διπλασιαστής τάσης;

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 9

### Χρήση της διόδου ZENER για σταθεροποίηση τάσης

#### Στόχοι της άσκησης:

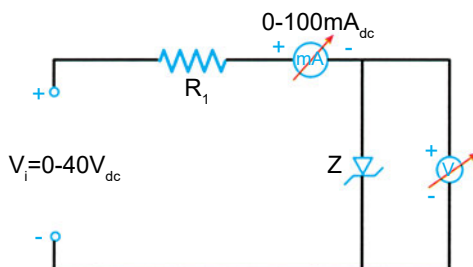
Εκμάθηση των ιδιοτήτων της διόδου Ζένερ καθώς και της συγκρότησης κυκλώματος με τη χρησιμοποίηση Ζένερ για σταθεροποίηση της τάσης εξόδου από τις μεταβολές του δικτύου και του φόρτου.  
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 3, Σελίδα 53-58).

#### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 0-40 V DC, πολύμετρο, ηλεκτρονικό βολτόμετρο, δίοδος Ζένερ 6,8V 1W, αντίσταση  $R_1=470\Omega/1\text{ W}$ , ποτενσιόμετρο  $R_2=1\text{ K}\Omega/2\text{W}$

#### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ

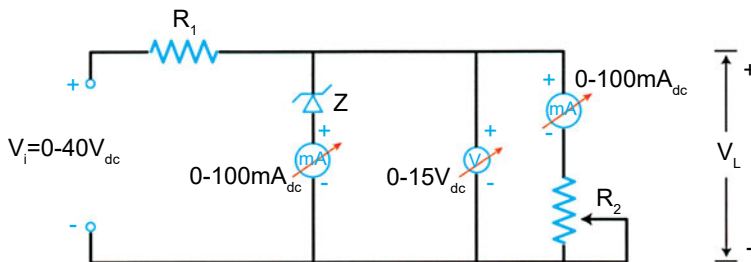


Σχήματα 9.1

#### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του Σχ. 9.1 με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων. (Η αντίσταση  $R_1$  χρειάζεται για να περιορίζει το ρεύμα). Συνδέουμε τα όργανα για τις μετρήσεις του ρεύματος και της τάσης, όπως δείχνει το σχήμα 9.1. Χρησιμοποιούμε ορθή πολικότητα της τάσης του τροφοδοτικού και των οργάνων.
2. Με πολύ λεπτό τρόπο αυξάνουμε την τάση του τροφοδοτικού ώστε η ορθή τάση της διόδου Ζένερ να γίνει 0,2V - 0,4 - 0,5 - 0,55 - 0,60 - 0,65 - 0,70 - 0,75V. Για τις τιμές αυτές μετράμε το ρεύμα του κυκλώματος.

3. Από τις παραπάνω τιμές, σχεδιάζουμε τη χαρακτηριστική της Ζέ-νερ για την ορθή πόλωση. Σ' αυτήν την καμπύλη σημειώνουμε τις τάσεις για τις οποίες η Ζένερ έχει ορθή πόλωση.
4. Συγκρίνουμε τη χαρακτηριστική ορθής φοράς της Ζένερ με τη χαρακτηριστική μίας συνήθους διόδου.
5. Αναστρέφουμε τώρα την πολικότητα του τροφοδοτικού καθώς και των οργάνων.
6. Αυξάνουμε πάλι την τάση τροφοδοσίας για τιμές 2 - 4 - 6 - 6,2 - 6,4 - 6,8 - 7 - 7,2 - 7,4 - 7,6Volts και σημειώνουμε για τις παραπάνω τιμές τάσης το αντίστοιχο ρεύμα.
7. Σχεδιάζουμε τη χαρακτηριστική Ζένερ για ανάστροφη πόλωση και προσδιορίζουμε γραφικά την τάση Ζένερ. Συγκρίνουμε τη χαρακτηριστική αυτή της Ζένερ με τη χαρακτηριστική που έχει μία συνήθης διάδος.
8. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχ. 9.2 με το ποτενσιόμετρο  $R_2$  στη μέγιστη θέση.



Σχήματα 9.2

9. Μεταβάλλουμε την τάση εισόδου από μηδέν μέχρι 40V. Μετράμε και καταγράφουμε σε πίνακα την τάση φόρτου  $V_L$ , το ρεύμα φόρτου  $I_L$  και το ρεύμα στη Ζένερ.
10. Σχεδιάζουμε την καμπύλη  $V_1 = f(V_z)$  και προσδιορίζουμε γραφικά την τάση εισόδου για την οποία αρχίζει η σταθεροποίηση.
11. Ρυθμίζουμε την  $V_1$  στα 30 Volts και την κρατάμε σταθερή. Μεταβάλλουμε την αντίσταση φόρτου για να έχουμε ρεύμα φόρτου  $I_L = 0, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40$  mA και καταγράφουμε την τάση φόρτου  $V_L$  για κάθε τιμή ρεύματος.

12. Σχεδιάζουμε την καμπύλη  $V_L = f(I_L)$  και προσδιορίζουμε γραφικά και επί τοις % την περιοχή του ρεύματος όπου η Ζένερ σταθεροποιεί την τάση, εφαρμόζοντας τη σχέση:

$$\text{περιοχή ρύθμισης επί \% } [(V_{\text{χωρίς φόρτο}} - V_{\text{πλήρες φόρτο}}) / V_{\text{πλήρες φόρτο}}] \times 100$$

Σημειώνουμε πως η ρύθμιση της τάσης φόρτου πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με 5%.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Πού διαφέρει η δίοδος Ζένερ από μια συνηθισμένη δίοδο;
- Πού μπορεί να χρησιμοποιηθεί η δίοδος Ζένερ;
- Τι τάξης μεγέθους είναι η αντίσταση της διόδου Ζένερ στην περιοχή διάσπασης;
- Πώς πρέπει να ζητήσουμε μια δίοδο Ζένερ από ένα κατάστημα πώλησης ηλεκτρονικών εξαρτημάτων;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 10

## Χαρακτηριστικά Τρανζίστορ

### Στόχοι της άσκησης:

Διάκριση μεταξύ των δύο τύπων των ακροδεκτών τρανζίστορ PNP και NPN, δυνατότητα αναγνώρισης χαρακτηριστικών καμπυλών εισόδου και εξόδου, προσδιορισμός της ενεργού περιοχής, εκμάθηση της χάραξης των περιοχών αποκοπής και κόρου.

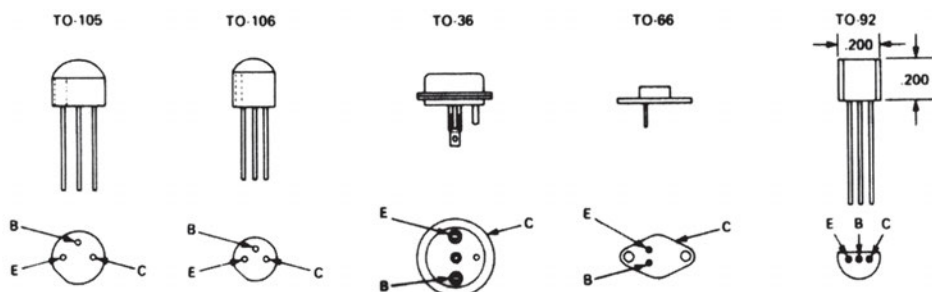
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 4, σελίδα 84-90).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 0-5V DC τροφοδοτικό 0-40 VDC 10mA, δύο αμπερόμετρα, δύο ηλεκτρονικά πολύμετρα, τρανζίστορ NPN & PNP (2N2219, 2N2905A).

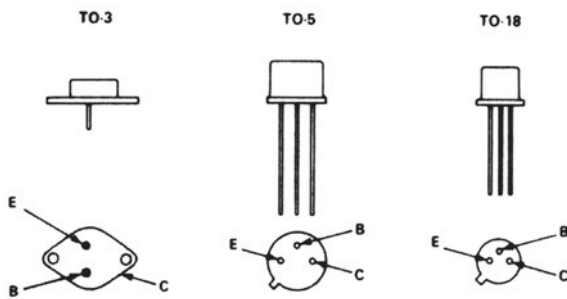
### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 10.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

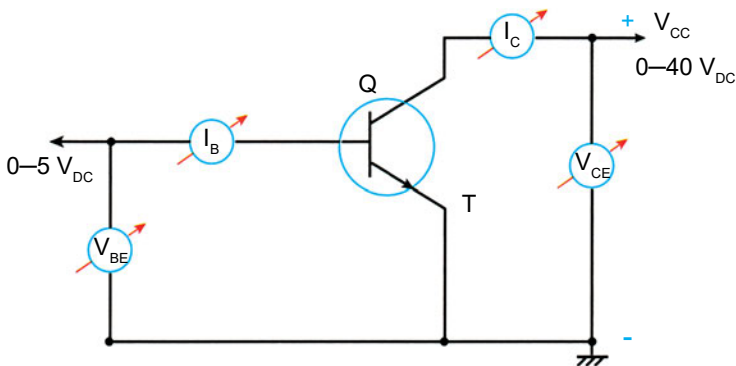
1. Στα σχήματα 10.1 και 10.2 δείχνουμε φωτογραφίες των τρανζίστορ διαφόρων τύπων, καθώς και τις βάσεις στήριξής τους. Επειδή υπάρχει μεγάλη ποικιλία τρανζίστορ θα πρέπει πάντοτε να ζητάμε το κατάλληλο εγχειρίδιο οδηγιών ή φύλλο πληροφοριακών στοιχείων (Data Books). Έτσι λοιπόν ζητήστε από τον καθηγητή του εργαστηρίου το αντίστοιχο εγχειρίδιο και αναγνωρίστε τα τρανζίστορ της



Σχήμα 10.2

φωτογραφίας, καθώς και αυτά που θα σας δοθούν και καταγράψτε τα χαρακτηριστικά τους. Για βοήθεια λέμε πως το TO-5 σημαίνει μεταλλική θήκη, το TO-106 σημαίνει θήκη από πλαστικό με ρητίνη, το TO-18 σημαίνει μεταλλική θήκη αλλά μικρότερη από το TO-5, ενώ η θήκη TO-105 είναι μεγαλύτερη από την TO-106, η δε TO-92 είναι θήκη από ρητίνη. Τέλος, πρέπει να πούμε ότι η αναγνώριση των ακροδεκτών για τα περισσότερα τρανζίστορ, γίνεται κατά τη φορά που κινούνται οι δείκτες του ωρολογίου, όπως τη βλέπουμε από την κάτω όψη, με τη διαδοχή εκπομπός - βάση - συλλέκτης.

2. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 10.3 με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων.



Σχήμα 10.3

3. Συνδέουμε το τροφοδοτικό 0-5V DC στη βάση και το τροφοδοτικό 0-40 V DC στο συλλέκτη.
4. Συνδέουμε, στη βάση το μικροαμπερόμετρο, για τη μέτρηση του ρεύματος βάσης, το μιλλιαμπερόμετρο στο συλλέκτη για τη μέτρηση



του ρεύματος στο συλλέκτη, το ένα βολτόμετρο μεταξύ γης και βάσης για τη μέτρηση της  $V_{BE}$  και το δεύτερο βολτόμετρο μεταξύ γης και συλλέκτη για τη μέτρηση της τάσης  $V_{CE}$ .

5. Ανοίγουμε το τροφοδοτικό και ρυθμίζουμε την τάση  $V_{CE}$  στα 2Volts. Μεταβάλλουμε την τάση  $V_{BE}$  για τιμές 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,5 - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1 Volt και μετράμε αντίστοιχα το ρεύμα βάσης  $I_B$ .
6. Επαναλαμβάνουμε την εργασία της ερώτησης 5, αφού πρώτα ρυθμίσουμε την τάση  $V_{CE}$  στα 15V.

**ΠΡΟΣΟΧΗ :** Κατά τις μετρήσεις κρατάμε σταθερή την  $V_{CE}$  στα 2Volts και 15Volts αντί στοιχεία ελέγχοντάς την σε κάθε μέτρηση με το βολτόμετρο.

7. Από τις παραπάνω μετρήσεις χαράσσουμε τις χαρακτηριστικές εισόδου του κυκλώματος.
8. Ρυθμίζουμε τώρα το ρεύμα βάσης  $I_B = 0$ , το κρατάμε σταθερό, μεταβάλλουμε την  $V_{CE}$  για τις τιμές 0-18Volts ανά 2Volts και σημειώνουμε το ρεύμα  $I_C$ .
9. Επαναλαμβάνουμε την εργασία 8, αφού ρυθμίσουμε το ρεύμα βάσης  $I_B$  για τιμές 10 - 30 - 50 - 70  $\mu$ A.
10. Από τις μετρήσεις των εργασιών 8 και 9 χαράζουμε το σμήνος των χαρακτηριστικών εξόδου του κυκλώματος.
11. Από τις χαρακτηριστικές  $V_{BE} = f(I_B)$  που αφορούν την είσοδο του κυκλώματος και τις  $I_C = f(V_{CE})$  που αφορούν την έξοδο, αφού χαραχθούν στο ίδιο σχεδιάγραμμα, προσδιορίζουμε γραφικά τις παραμέτρους του τρανζίστορ καθώς και την ενεργό περιοχή, κόρου και αποκοπής.
12. Γράφουμε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά μας από την εκτέλεση της άσκησης.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Πόση περίπου είναι η πτώση τάσης βάσης-εκπομπού σε ορθή πόλωση;
- Με δεδομένο το ρεύμα βάσης τι επεμβαίνει στο ρεύμα συλλέκτη όταν η τάση  $V_{CE}$  αυξάνεται;
- Τι πόλωση πρέπει να έχει το τρανζίστορ για να έχουμε ρεύμα στο συλλέκτη;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 11

## Πόλωση του Τρανζίστορ

### Στόχοι της άσκησης:

Να γίνει εκμάθηση των τρόπων πόλωσης του τρανζίστορ και της διαφοράς τροφοδοσίας των PNP & NPN και να κατανοηθεί η συμπεριφορά του τρανζίστορ ως διακόπτη και να γίνει ο υπολογισμός των τάσεων και ρευμάτων στα κυκλώματα πόλωσης που θα επαληθευτούν πειραματικά.

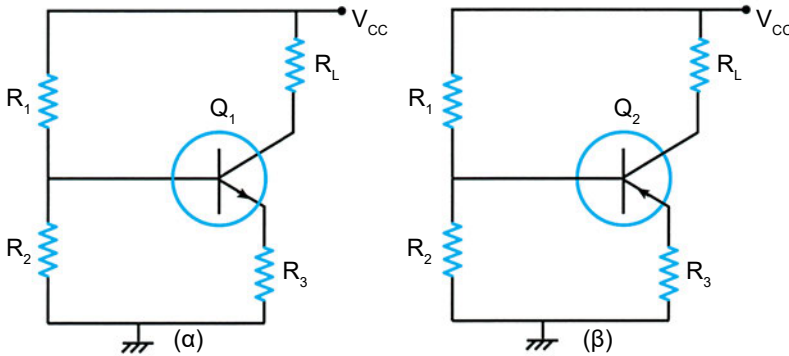
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 4, σελίδα 95-99).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τρανζίστορ 2N2219, 2N2905,  $R_1=56\text{K}\Omega$ ,  $R_2 = 12\text{K}\Omega$ ,  $R_3 = 1\text{K}\Omega$ ,  $R_L=1\text{K}\Omega/12\text{W}$ ,  $R= 470\Omega$  1/2W, 2 ψηφιακά πολύμετρα, δύο τροφοδοτικά 0-50DC/1A.

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 11.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Αναγνωρίζουμε τα κυκλώματα του σχήματος 11.1 και προσδιορίζουμε τους τύπους των τρανζίστορ. Τοποθετούμε πρώτα στο  $V_{cc}$  το σύμβολο της τάσης (+ ή -) και στη συνέχεια στα άκρα όλων των αντιστάσεων.
2. Ζητάμε από τον καθηγητή του εργαστηρίου τα τεχνικά χαρακτηρι-

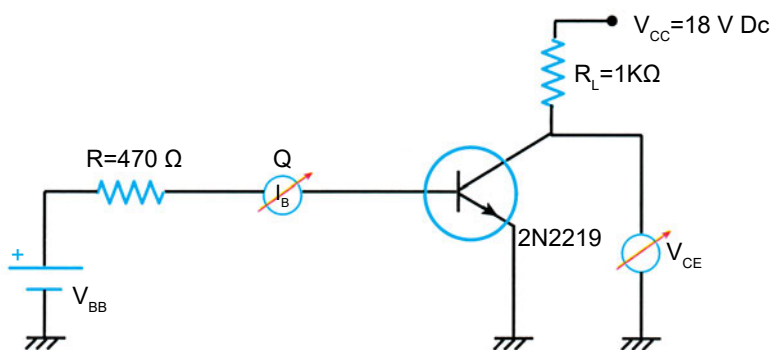
στικά από τα DATA BOOKS των τρανζίστορ που έχουμε στη διάθεσή μας. Γράφουμε στο τετράδιό μας τα κυριότερα από αυτά, π.χ.  $I_{cmax}$ ,  $V_{cmax}$ ,  $P_{cmax}$  κλπ.

3. Υπολογίζουμε τη τάση  $V_B$  από τη σχέση:

$$V_B = V_{CC} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

χωρίς να λάβουμε υπόψη το μικρό ρεύμα βάσης μέσα από την  $R_1$ .

4. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα του σχήματος 11.1α με τάση από το τροφοδοτικό όπως προσδιορίστηκε στην ερώτηση 1, ανάλογα δηλαδή τον τύπο του τρανζίστορ PNP, NPN.
5. Μετράμε τις τάσεις  $V_B$ ,  $V_C$ ,  $V_E$ , συγκρίνουμε την μετρηθείσα  $V_B$  με την υπολογισθείσα στην ερώτηση 3. Σημειώνουμε αν η πόλωση είναι ορθή και γιατί.
6. Επαναλαμβάνουμε την εργασία 3 και 4 για το κύκλωμα του σχήματος 11.1 β.
7. Ποια η διαφορά της πόλωσης στους δύο τύπους τρανζίστορ που συγκροτούν τα κυκλώματα του σχήματος 11.1;
8. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 11.2 με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων.



Σχήμα 11.2

9. Συνδέουμε ψηφιακό μικροαμπερόμετρο για τη μέτρηση του ρεύματος βάσεως και βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσης  $V_{CE}$ . Με τη βοήθεια του τροφοδοτικού  $V_{BB}$  ρυθμίζουμε την τάση μέχρι το τρανζίστορ να οδηγηθεί σε αποκοπή. Μετράμε, τη στιγμή της αποκοπής, την τάση  $V_{CE}$ .

10. Ρυθμίζουμε στη συνέχεια το ρεύμα βάσης μέχρι η τάση  $V_{CE}$  να γίνει ελάχιστη. Πώς ονομάζεται η κατάσταση που βρίσκεται το τρανζίστορ στην περίπτωση αυτή;
11. Με τη βοήθεια των παραπάνω μετρήσεων χαράζουμε την ευθεία φόρτου και προσδιορίζουμε τις τρεις καταστάσεις λειτουργίας του τρανζίστορ, αποκοπής, ενεργός, κόρου. Προσδιορίζουμε επίσης πότε το τρανζίστορ είναι εκτός λειτουργίας (OFF) και πότε είναι εντός (ON).
12. Με τη βοήθεια των τεχνικών χαρακτηριστικών του τρανζίστορ  $\beta$ ,  $V_{BB}$ ,  $V_{CC}$ ,  $R_1$  και  $R_L$  και των σχέσεων
 
$$I_B = (V_{BB} - V_{BE})/R_1, I_C = \beta I_B, I_E = I_B + I_C, V_{CE} = V_{CC} - I_C \times R_L,$$

$$P_C = V_C \times I_C$$
 υπολογίζουμε τα  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$ ,  $V_C$  και  $P_C$ .
13. Συγκρίνουμε τα αποτελέσματα της ερώτησης 12 με αυτά που μετρήσαμε. Γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Τι μπορεί να κάνει ένα τρανζίστορ;
- Πότε ένα τρανζίστορ NPN έχει ορθή πόλωση;
- Πότε ένα τρανζίστορ PNP έχει ορθή πόλωση;
- Περιγράφουμε τις διαφορές των πολώσεων του τρανζίστορ με διαιρέτη τάσης και με 2 πηγές.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 12

## Το Τρανζίστορ ως ενισχυτής

### Στόχοι της άσκησης:

Η εκμάθηση του τρόπου υπολογισμού της απολαβής τάσης ενός ενισχυτή, της μέτρησης της διαφοράς φάσης μεταξύ σήματος εισόδου και εξόδου και η εκμάθηση του τρόπου που υπολογίζονται οι σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου του ενισχυτή.

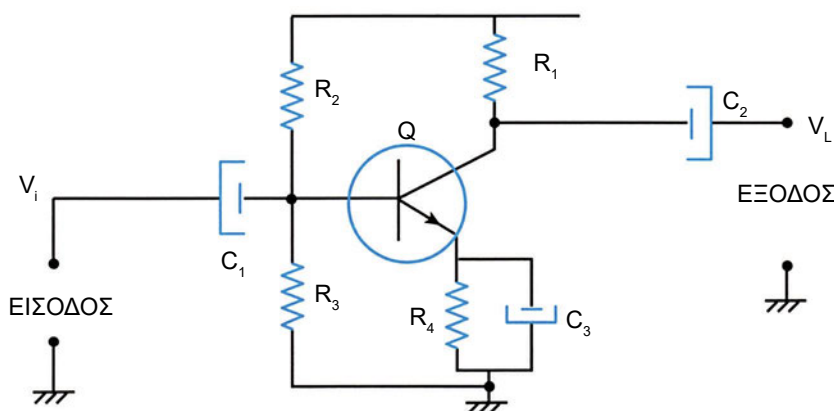
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 4, σελίδα 100-105).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 0-30V DC/1A, παλμογράφος διπλής δέσμης, γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων, ψηφιακό πολύμετρο, τρανζίστορ 2N2222,  $C_1=C_2=25\mu\text{F}/25\text{V}$ ,  $C_3=50\mu\text{F}/25\text{V}$ ,  $R_1=R_3=10\text{k}\Omega/1/4\text{W}$ ,  $R_2=150\text{k}\Omega/1/4\text{W}$ ,  $R_4=1\text{k}\Omega/1/2\text{W}$ ,  $R_L$  ροοστάτης 4,7K.

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 12.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχ. 12.1 με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων.

2. Συνδέουμε μεταξύ συλλέκτη και γης το τροφοδοτικό ρυθμισμένο σε τάση +12V DC.
3. Υπολογίζουμε θεωρητικά την τάση  $V_B$  από τη σχέση

$$V_B = V_{CC} \times \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

4. Με το ψηφιακό πολύμετρο μετράμε τις τάσεις Βάσης - Συλλέκτη - Εκπομπού ( $V_B$ ,  $V_C$ ,  $V_E$ ) και τις σημειώνουμε στο τετράδιό μας. Από το αποτέλεσμα αυτό, συμπεραίνουμε αν η πόλωση είναι ορθής φοράς. Συγκρίνουμε επίσης την μετρηθείσα  $V_B$  με αυτή που υπολογίσαμε από την ερώτηση 3.
5. Συνδέουμε στην είσοδο γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων ρυθμισμένη ώστε να παρέχει στην έξοδο ημιτονικό σήμα 500Hz.
6. Συνδέουμε το ένα κανάλι του παλμογράφου στην είσοδο και το άλλο στην έξοδο.
7. Ρυθμίζουμε την τάση εξόδου της γεννήτριας μέχρι το σημείο που το σήμα εξόδου του ενισχυτή που μετράμε στον παλμογράφο να μην είναι παραμορφωμένο. Μετράμε την τάση εισόδου και εξόδου

και από τη γνωστή σχέση  $A = \frac{V_i}{V_o}$ , υπολογίζουμε την ενίσχυση

(απολαβή) της τάσης του ενισχυτή.

8. Αφαιρούμε τώρα τον πυκνωτή  $C_3$  και μετράμε εκ νέου την τάση εξόδου. Τη συγκρίνουμε με την αντίστοιχη κυματομορφή της ερώτησης 7. Γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.
9. Σχεδιάζουμε στο τετράδιο τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου που παρατηρούμε στον παλμογράφο και από αυτές υπολογίζουμε τη διαφορά φάσης μεταξύ των δυο σημάτων.
10. Με το ψηφιακό πολύμετρο μετράμε το εναλλασσόμενο ρεύμα εισόδου  $I_{i,s}$  και από τη σχέση  $Z_i = U_i / I_i$  υπολογίζουμε τη **σύνθετη αντίσταση εισόδου** της βαθμίδας.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ 1:** Η τάση που μετράμε στην είσοδο με τον παλμογράφο είναι  $V_{p,p}$  (εναλλασσόμενη τάση από κορυφή σε κορυφή). Πρέπει να τη μετατρέψουμε σε τάση  $V_{RMS}$ .

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ 2:** Ένας πρακτικός τρόπος για να μετρήσουμε τη σύνθετη αντίσταση εξόδου στη συνδεσμολογία κοινού εκπομπού είναι ο παρακάτω: μετράμε πρώτα την τάση εξόδου του ενισχυτή χωρίς φόρτο. Στη συνέχεια συνδέ-

ουμε στην έξοδο μεταξύ γης και  $C_2$  ένα ροοστάτη και παράλληλα σ' αυτόν ένα βολτόμετρο. Ρυθμίζουμε το ροοστάτη μέχρι να πετύχουμε στο βολτόμετρο τη μισή τιμή της τάσης εξόδου χωρίς φόρτο. Η αντίσταση του τμήματος του ροοστάτη για την οποία έχουμε τη μισή τιμή της τάσης εξόδου είναι η σύνθετη αντίσταση εξόδου του ενισχυτή.

10. Με τη βοήθεια της μεθόδου που υποδείξαμε παραπάνω υπολογίζουμε τη σύνθετη αντίσταση εξόδου της βαθμίδας.
11. Συγκρίνουμε τα μεγέθη απολαβή τάσης, διαφορά φάσης, σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου με τα μεγέθη που περιγράφονται στη θεωρία και γράφουμε τις παρατηρήσεις και τα συμπεράσματά μας.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Πότε το τρανζίστορ είναι πολωμένο κατά την ορθή φορά;
- Πώς μετράμε τη διαφορά φάσης μεταξύ σήματος εισόδου και εξόδου με παλμογράφο διπλής δέσμης;
- Τι τάξης μεγέθους μπορεί να είναι η απολαβή τάσης σε ένα ενισχυτή με συνδεσμολογία κοινού εκπομπού;
- Τι τάξης μεγέθους είναι οι σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου;
- Εξηγούμε τη χρησιμότητα των πυκνωτών  $C_1, C_2, C_3$ .

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 13

## Χαρακτηριστικά τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (FET)

### Στόχοι της άσκησης:

Να γίνει εκμάθηση της διάκρισης μεταξύ των δύο τύπων τρανζίστορ J FET και MOS FET και, από τις χαρακτηριστικές καμπύλες, να προσδιορίζεται ο κόρος και η περιοχή διάσπασης.

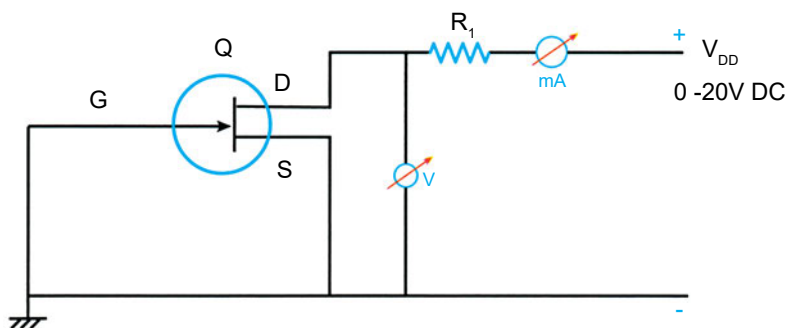
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 4, σελίδα 111-116).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικά 0-5V AC, 0-5V DC 5mA, 0-20V DC 20mA, ηλεκτρονικό πολύμετρο, μιλιοαμπερόμετρο, τρανζίστορ J FET - Κανάλι N, τρανζίστορ MOS FET - Κανάλι N MFE 140, αντιστάσεις  $R_1=100 \Omega$ ,  $R_2= 1 \text{ M}\Omega$ .

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



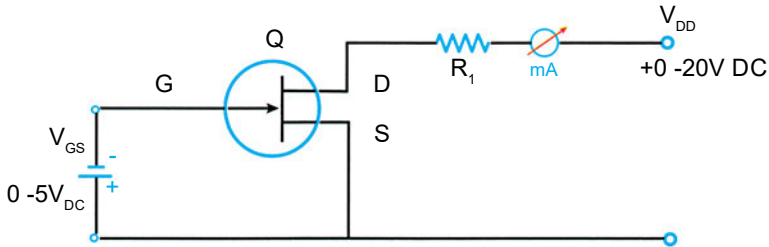
Σχήμα 13.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 13.1 με τις τιμές των εξαρτημάτων, αφού πρώτα το σχεδιάσουμε στο τετράδιό μας.
2. Συνδέουμε το μιλιοαμπερόμετρο και το βολτόμετρο, με τη σωστή πολικότητα, καθώς και το τροφοδοτικό 0-20V DC στη θέση  $V_{DD}$  του κυκλώματος.

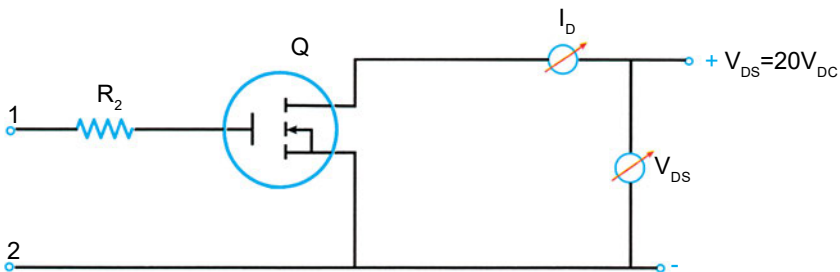


3. Ανοίγουμε το τροφοδοτικό και για τάσεις 0-0,5 -1-1,5 -2 - 2,5 - 3 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 -10 - 12 - 14 - 16V, μετράμε και σημειώνουμε το αντίστοιχο ρεύμα εκροής  $I_D$ .
4. Με βάση τις μετρήσεις της ερώτησης 3 σχεδιάζουμε τη χαρακτηριστική εξόδου του J FET για  $V_{GS} = 0V$ .
5. Πραγματοποιούμε τώρα το κύκλωμα του σχ. 13.2 και ρυθμίζουμε την τάση  $V_{GS}$  στο 1V.



Σχήμα 13.2

6. Μεταβάλλουμε την τάση  $V_{DS}$ , για τις ίδιες τιμές με την ερώτηση 3, μετράμε και σημειώνουμε το αντίστοιχο ρεύμα εκροής  $I_D$ .
7. Επαναλαμβάνουμε την εργασία 6 για τις τιμές  $V_{GS} = 2V$  και  $V_{GS} = 3V$ .
8. Από τις παραπάνω εργασίες χαράσσουμε τις αντίστοιχες καμπύλες εξόδου.
9. Με τη βοήθεια της καμπύλης της ερώτησης 4, υπολογίζουμε γραφικά το ρεύμα  $I_{DSS}$  καθώς και την τάση σύσφιξης  $V_P$ .
10. Το ίδιο πράγμα μπορεί να γίνει και για τις άλλες χαρακτηριστικές που χαράξαμε.
11. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχ. 13.3 και βραχυκυκλώνουμε την είσοδο πύλης του MOS FET στα σημεία 1 & 2.



Σχήμα 13.3

12. Συνδέουμε τροφοδοτικό 20V ως πηγή  $V_{DS}$  καθώς και τα όργανα, (δηλ. μιλλιαμπερόμετρο και βολτόμετρο) που χρειάζονται για τη μέτρηση των  $V_{DS}$  &  $I_D$ .
13. Μεταβάλλουμε την τάση  $V_{DS}$ , για τιμές από 0 -12V ανά 1V, και μετράμε το ρεύμα εκροής  $I_D$ .
14. Από τις μετρήσεις της ερώτησης 13 χαράσσουμε την καμπύλη MOSFET για  $V_{GS} = 0$  και προσδιορίζουμε σε αυτή την τάση σύσφιξης  $V_p$  και το ρεύμα  $I_{DSS}$ .
15. Τοποθετούμε στην είσοδο του MOSFET σημεία 1,2 τροφοδοτικό +2V DC και επαναλαμβάνουμε την εργασία 13 για τιμές  $V_{GS} = +0,5V$ , και +1V αφού αφαιρέσουμε το βραχυκύκλωμα.
16. Από τις μετρήσεις της ερώτησης 15 χαράσσουμε την καμπύλη  $V_{DS} = f(I_B)$  για  $V_{GS} = 0,5V$  και  $V_{GS} = +1V$  αντίστοιχα.
17. Σημειώνουμε στο τετράδιό μας (και δικαιολογούμε την απάντηση) αν το MOSFET λειτουργεί σαν τύπου διακένωσης ή τύπου προσαύξησης.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Ποιος τύπος τρανζίστορ έχει υψηλή αντίσταση εισόδου;
- Γιατί τα J FET παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση εισόδου;
- Πώς πολώνεται ένα MOSFET;
- Γιατί τα MOSFET μπορούν να λειτουργήσουν με μηδενική πόλωση;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 14

## Το Τρανζίστορ FET ως ενισχυτής

### Στόχοι της άσκησης:

Η εκμάθηση του τρόπου πόλωσης του τρανζίστορ FET σαν ενισχυτή και ο υπολογισμός των βασικών μεγεθών της βαθμίδας, απολαβή τάσης, διαφορά φάσης μεταξύ των σημάτων εισόδου και εξόδου.

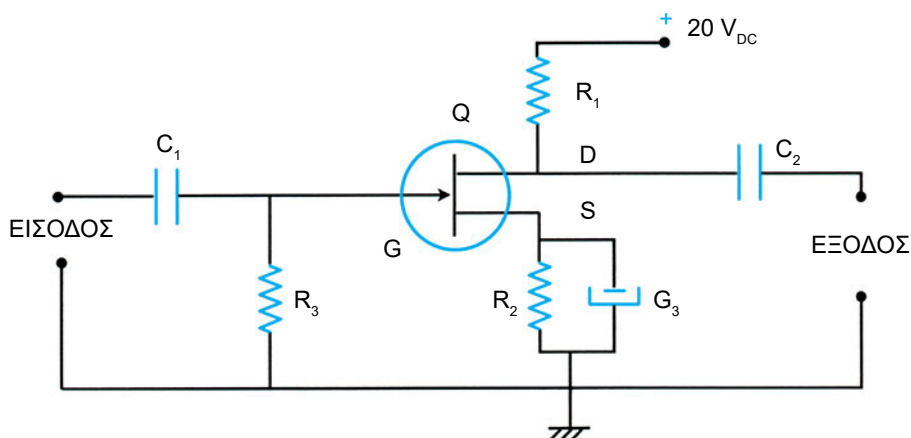
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 4, σελίδα 134-140).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 0-30V DC/1A, παλμογράφος διπλής δέσμης, γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων, ψηφιακό πολύμετρο, τρανζίστορ BF245C,  $R_1 = 4,7k\Omega/1/4W$ ,  $R_2 = 1k\Omega/1/2W$ ,  $R_3 = 1M\Omega/1/4W$ ,  $C_1 = C_2 = 0,022\mu F$ ,  $C_3 = 25\mu F/25V$ .

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 14.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα της άσκησης του σχ. 14.1 με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων.

2. Τροφοδοτούμε με τάση +20V DC τη βαθμίδα. Ελέγχουμε τα δυναμικά του κυκλώματος και προσέχουμε πολύ, ιδίως όταν μετράμε το δυναμικό της πύλης γιατί εύκολα μπορεί να καταστραφεί αυτή από υπερβολική τάση.
3. Με το (-) του βολτομέτρου στη γείωση, μετρούμε τις DC τάσεις στα σημεία  $V_D$ ,  $V_S$  και  $V_G$ . Σημειώνουμε αν η πόλωση είναι κατά την ορθή φορά και αν ισχύει η σχέση  $V_D > V_S > V_G$ .
4. Συνδέουμε στην είσοδο γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων ρυθμισμένη να παρέχει ημιτονικό σήμα 500Hz.
5. Συνδέουμε το ένα κανάλι του παλμογράφου στην είσοδο και το άλλο στην έξοδο.
6. Ρυθμίζουμε την τάση εξόδου της γεννήτριας μέχρι το σημείο που το σήμα εξόδου της βαθμίδας που μετράμε στον παλμογράφο να μην έχει παραμόρφωση. Σημειώνουμε τις τιμές και υπολογίζουμε την απολαβή τάσης.
7. Σχεδιάζουμε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου που παρατηρούμε στον παλμογράφο και από αυτές υπολογίζουμε τη διαφορά φάσης των σημάτων αυτών.
8. Υπολογίζουμε τις σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου της βαθμίδας σύμφωνα με τους τρόπους που υποδείχθηκαν στην άσκηση 12.
9. Συγκρίνουμε όλα τα αποτελέσματα με τα αντίστοιχα της άσκησης 12 και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Να σχεδιασθούν οι συγκριτικοί συμβολισμοί απλού τρανζίστορ και τρανζίστορ FET.
- Ποια τα κυριότερα χαρακτηριστικά των τρανζίστορ FET;
- Τα χαρακτηριστικά των τρανζίστορ FET με ποια ηλεκτρονική λυχνία ομοιάζουν;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 15

## Ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου (SCR ή θυρίστορ)

### Στόχοι της άσκησης:

Να κατανοηθεί η λειτουργία του θυρίστορ ως ελεγχόμενου διακόπτη, μαζί με την έννοια της γωνίας αγωγιμότητας και να μελετηθούν οι βασικές του χρήσεις.

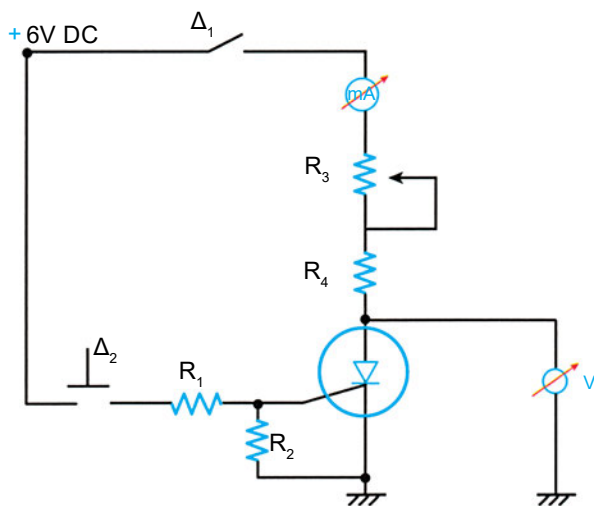
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 5, σελίδα 148-152).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 0-6V DC 150mA, ηλεκτρονικό πολύμετρο, θυρίστορ C1D6BI, αντιστάσεις  $R_1 = 4,7 \text{ K}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{K}\Omega$ ,  $R_4 = 47\Omega$ , ποτενσιόμετρο.

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 15.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Εξετάζουμε το θυρίστορ και με τη βοήθεια του ωμόμετρου, προσδιορίζουμε τους ακροδέκτες του, δηλ. την άνοδο (A), την κάθοδο (K) και την πύλη (G), όπως υποδεικνύουμε παρακάτω:

Μετράμε την ωμική αντίσταση κατά ζεύγη χρησιμοποιώντας το

ωμόμετρο δύο φορές, τοποθετώντας τους ακροδέκτες του εναλλάξ. Σημειώνουμε την αντίσταση που μετρήσαμε:

1ο ζευγάρι ακροδεκτών

Αντίσταση .....

με αλλαγή της πολικότητας των ακροδεκτών του οργάνου

2ο ζευγάρι ακροδεκτών

Αντίσταση .....

με αλλαγή της πολικότητας των ακροδεκτών του οργάνου

3ο ζευγάρι ακροδεκτών

Αντίσταση .....

με αλλαγή της πολικότητας των ακροδεκτών του οργάνου

Αν παρατηρήσουμε τις μετρήσεις που πήραμε, σε κάποιο ζευγάρι ακροδεκτών θα έχουμε μετρήσει αντίσταση πολύ μικρή με τη μια πολικότητα των ακροδεκτών του οργάνου και πολύ μεγάλη με την αλλαγή των ακροδεκτών.

Εάν τα πράγματα είναι έτσι, τότε το ζευγάρι αυτό των ακροδεκτών του θυρίστορ είναι η πύλη G και η κάθοδος. Τότε, ο τρίτος ακροδέκτης αποτελεί την άνοδο. Σημειώνουμε λοιπόν την κάθοδο, την άνοδο και την πύλη στους ακροδέκτες του θυρίστορ και επιβεβαιώνουμε τον προσδιορισμό μας με τη βοήθεια της βάσης του συγκεκριμένου θυρίστορ που εικονίζεται στο DADA BOOKS του εργαστηρίου.

Τέλος, πρέπει να πούμε ότι αν μεταξύ πύλης και καθόδου μετρήσουμε την αντίσταση με εναλλάξ πολικότητα του οργάνου και τη βρούμε μικρή και στις δύο μετρήσεις, τότε το θυρίστορ έχει βλάβη. Αυτός είναι ένας γρήγορος και πρόχειρος τρόπος ελέγχου της κατάστασης ενός θυρίστορ.

2. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχ. 15.1. Η αντίσταση  $R_4$  τοποθετείται για την προστασία του θυρίστορ και η  $R_1 + R_2$  για την πόλωση της πύλης. Το ποτενσιόμετρο είναι  $1/2 W$  και, όπως παρατηρούμε στο σχήμα, ο  $\Delta_2$  είναι τύπου μπουτόν και ο  $\Delta_1$  κοινός διακόπτης.
3. Με ανοικτό το διακόπτη  $\Delta_1$ , ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο στην ελάχιστη θέση και την τάση τροφοδοσίας στα 6V. Κλείνουμε το διακόπτη  $\Delta_1$  και μετράμε την τάση του θυρίστορ μεταξύ ανόδου και

γης. Η τάση αυτή πρέπει να είναι 6V, γιατί το θυρίστορ είναι εκτός λειτουργίας.

4. Πιέζουμε μια φορά το διακόπτη  $\Delta_2$  και παρατηρούμε το βολτόμετρο. Γράφουμε τις παρατηρήσεις μας. Συνεχίζει το βολτόμετρο να μετράει τάση χωρίς να πιέζουμε το διακόπτη  $\Delta_2$ ; Γιατί;
5. Ανοίγουμε και κλείνουμε προς στιγμή το διακόπτη  $\Delta_1$  και παρατηρούμε το βολτόμετρο. Τι συμβαίνει; Το θυρίστορ βγαίνει εκτός; Αν ναι, τι πρέπει να κάνουμε για να τεθεί σε λειτουργία ξανά το θυρίστορ;
6. Στρέφουμε αυξητικά σιγά - σιγά το ποτενσιόμετρο και παρατηρούμε το ρεύμα ανόδου. Συνεχίζουμε την αύξηση της  $R_3$  μέχρι στο αμπερόμετρο να έχουμε την πιο ακριβή μέτρηση. Τι παρατηρούμε;
7. Μετρούμε το ρεύμα συγκράτησης και το γράφουμε.
8. Με τη βοήθεια του ποτενσιόμετρου  $R_3$  και για ρεύμα ανόδου 10 - 20 - 30 - 50 - 70 mA μετράμε τις τάσεις ανόδου και καθόδου του θυρίστορ.
9. Χαράζουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη του θυρίστορ και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας γι' αυτήν.
10. Με το ποτενσιόμετρο στην ελάχιστη θέση και το θυρίστορ σε λειτουργία μετράμε την πτώση τάσης μεταξύ ανόδου και γης. Βραχυκυκλώνουμε στιγμιαία την άνοδο με την κάθοδο. Τι παρατηρούμε; Διακόπτεται η λειτουργία του; Το ίδιο κάνουμε βραχυκυκλώνοντας την πύλη με την άνοδο. [Η παραπάνω εργασία αποτελεί δοκιμή για τις δυνατότητες του θυρίστορ σαν διακόπτη].

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Τι είδους χαρακτηριστική αγωγιμότητα έχει ένα θυρίστορ;
- Με πόσες στρώσεις ημιαγωγού υλικού είναι κατασκευασμένο ένα θυρίστορ;
- Πόση είναι περίπου η πτώση τάσης σ' ένα θυρίστορ όταν είναι αγωγίμο;
- Πώς ονομάζεται η ελάχιστη τιμή ρεύματος που απαιτείται για να αποτρέψει το θυρίστορ, από το να είναι αγωγίμο;
- Με βάση τη συμπεριφορά του θυρίστορ, πού μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 16

## Αμφίδρομος Διακόπτης - DIAC & TRIAC

### Στόχοι της άσκησης:

Να κατανοήσουμε τη λειτουργία των παραπάνω εξαρτημάτων μαζί με τις ομοιότητες και διαφορές μεταξύ τους και να μελετήσουμε τη συμπεριφορά τους καθώς και τη χρήση τους.

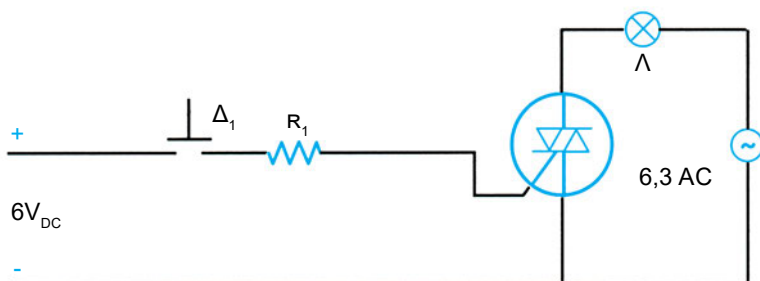
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 5, σελίδα 156-158).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 6,3 AC 500 mA/6V DC 500mA, ηλεκτρονικό πολύμετρο, παλμογράφος, μπουτόν διακόπτης, λαμπάκι, αντίσταση  $R_1=47\Omega$  1W,  $R_2=2,2\text{ k}\Omega$ , διακόπτης απλός, DIAC BR100 ή ST2 TRIAC SC136B.

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 16.1

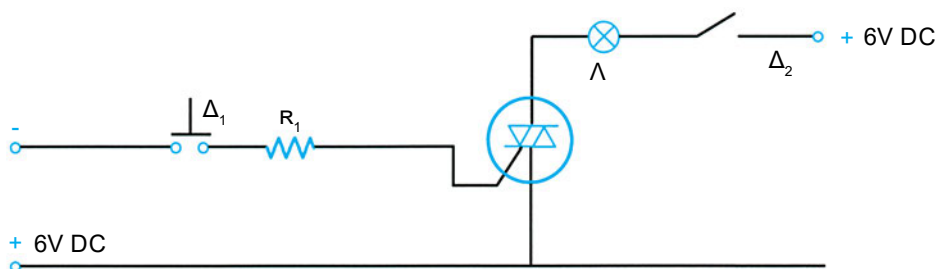
### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

#### α) ΜΕΛΕΤΗ TRIAC

1. Με τον τρόπο που υποδείξαμε στο θυρίστορ προσδιορίζουμε τους ακροδέκτες του TRIAC και με πρόχειρο τρόπο, δηλ. με το ωμόμετρο, ελέγχουμε την κατάστασή του.
2. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχ. 16.1 και ρυθμίζουμε τα τροφοδοτικά στα 6V DC και 6,3 AC, όπως ακριβώς δείχνει το κύκλωμα.



3. Κρατάμε πατημένο το μπουτόν  $\Delta_1$  και στη συνέχεια το αφήνουμε. Παρατηρούμε τη συμπεριφορά της λάμπας και απαντάμε στην ερώτηση: γιατί πρέπει να είναι το μπουτόν πατημένο για να ανάβει ή όχι η λάμπα;
4. Στη θέση που είναι συνδεδεμένο το λαμπάκι συνδέουμε τον παλμογράφο και επαναλαμβάνουμε την ερώτηση 3. Παρακολουθούμε την κυματομορφή στον παλμογράφο από την άποψη του αν είναι πλήρως ή όχι ημιτονική και τη σχεδιάζουμε. Στη συνέχεια μετράμε τη γωνία αγωγιμότητας με τη βοήθεια του παλμογράφου.
5. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 16.2 με το διακόπτη  $\Delta_2$  ανοικτό.

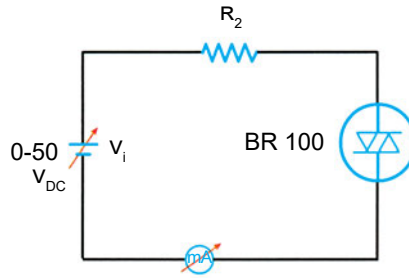


Σχήμα 16.2

6. Κλείνουμε το διακόπτη  $\Delta_2$  και πιέζουμε στιγμιαία το μπουτόν  $\Delta_1$ . Παρακολουθούμε τη συμπεριφορά που έχει τότε το λαμπάκι και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.
7. Αντιστρέφουμε τις πολικότητες του τροφοδοτικού με τη σειρά και παρατηρούμε το λαμπάκι. Μετά τη διαδικασία αυτή, με τροφοδότηση του TRIAC με όλους τους δυνατούς τρόπους θα λέγαμε ότι το TRIAC έχει τέσσερις δυνατούς τρόπους σκανδαλισμού και ποιους;

## β) ΜΕΛΕΤΗ DIAC

8. Συνδέουμε το κύκλωμα του σχήματος 16.3 και το τροφοδοτούμε με συνεχή τάση από το τροφοδοτικό 0-50V.
9. Μηδενίζουμε την τάση της πηγής  $V_1$ . Τοποθετούμε το αμπερόμετρο στη θέση 20mADC. Αυξάνουμε αργά αργά την τάση της πηγής



Σχήμα 16.3

και παρατηρούμε συγχρόνως την ένδειξη του αμπερομέτρου. Εντοπίζουμε το σημείο που αρχίζει να άγει το DIAC. Μετρούμε και σημειώνουμε το ρεύμα του κυκλώματος, την τάση στα άκρα του DIAC και την αντίστοιχη τάση της πηγής. Στη συνέχεια υπολογίζουμε την ισχύ που απορροφά το DIAC και καταγράφουμε το αποτέλεσμα.

10. Εντοπίζουμε από το φυλλάδιο των χαρακτηριστικών τις τυπικές τιμές για τα μεγέθη  $V_{DIAC}$  και  $P_{DIAC}$  καθώς επίσης και το ρεύμα συγκράτησης  $I_{BO}$  και καταχωρούμε τις τιμές.
11. Σημειώνουμε αν οι τιμές  $V_{DIAC}$  και  $P_{DIAC}$  που έχουμε καταγράψει στην ερώτηση 9 βρίσκονται εντός των ορίων που ορίζει ο κατασκευαστής.
12. Ποιες αλλαγές θα συμβούν αν αντιστρέψουμε την πολικότητα της πηγής στο κύκλωμα του σχήματος 16.3; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Πόσες ενώσεις διόδου πύλης υπάρχουν σ' ένα TRIAC;
- Πόσους διαφορετικούς τρόπους σκανδαλισμού έχει ένα TRIAC;
- Εφαρμογές του TRIAC (αναφέρατε τις κυριώτερες)
- Παρουσιάζει το DIAC αρνητική αντίσταση;
- Η  $V_{BO}$  είναι συμμετρική και κατά τις δύο κατευθύνσεις;
- Χρησιμοποιείται το DIAC για σκανδαλισμό ενός TRIAC;
- Γράψτε μερικές εφαρμογές του DIAC

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 17

## Χρήση θυρίστορ (SCR) για έλεγχο ισχύος

### Στόχοι της άσκησης:

Να αποκτηθεί η δυνατότητα κατασκευής κυκλώματος για έλεγχο της ισχύος με βάση τη γωνία αγωγιμότητας ενός θυρίστορ.

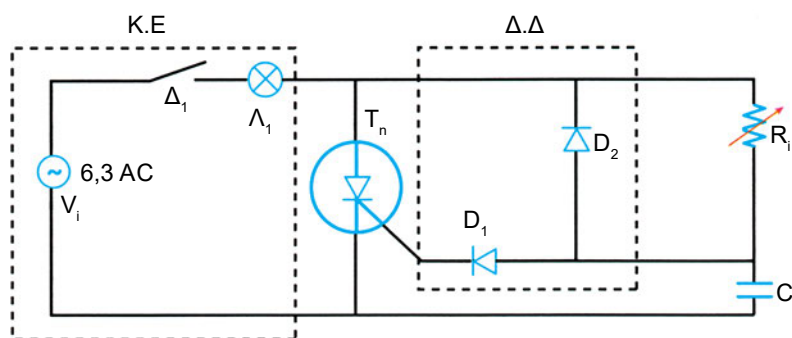
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 5, σελίδα 158-160).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό 6,3 V AC 500mA, ηλεκτρονικό πολύμετρο, παλμογράφος, πυκνωτής 0,1  $\mu\text{F}$ , δυο δίοδοι πυριτίου 1N4004, λαμπάκι, θυρίστορ C106BI, αντιστάσεις:  $R_L = 200\Omega$  1W, ροοστάτης  $R_i = 50$  K $\Omega$ , διακόπτης.

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 17.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Με τον τρόπο που υποδείξαμε στην άσκηση 15 και τη βοήθεια των τεχνικών χαρακτηριστικών από τα DATA BOOKS προσδιορίζουμε τους ακροδέκτες του θυρίστορ και ελέγχουμε την κατάστασή του.
2. Πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 17.1 με τις αναγραφόμενες τιμές των εξαρτημάτων και το σχεδιάζουμε στο τετράδιό μας. Αναφερόμαστε δε στη σημασία και τη χρησιμότητα των εξαρτημά-

των που το συγκροτούν. Σημειώνουμε ότι οι  $D_1, D_2$  αποτελούν τη δι-  
άταξη διακόπτη ( $\Delta\Delta$ ) και το λαμπάκι και η αντίσταση  $R_L$  το κύκλωμα  
ελέγχου (ΚΕ) όπως περιγράφεται στην αντίστοιχη παράγραφο του  
βιβλίου.

3. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα και ρυθμίζουμε την  $R_1$  στην ελάχιστη  
αντίσταση. Στη συνέχεια, κλείνουμε το διακόπτη  $\Delta_1$  και παρακολου-  
θούμε τη λάμπα και την κυματομορφή στην οθόνη του παλμογρά-  
φου ο οποίος συνδέεται παράλληλα στην λυχνία  $\Lambda_1$ . Μετράμε τη  
μέγιστη γωνία αγωγιμότητας και τη σχεδιάζουμε στο τετράδιό μας  
σε μοίρες.
4. Αυξάνουμε την  $R_1$  όσο πιο αργά μπορούμε, παρατηρούμε την κυμα-  
τομορφή, μετράμε και σημειώνουμε την ελάχιστη γωνία αγωγιμότη-  
τας.
5. Αποσυνδέουμε την τροφοδοσία του κυκλώματος και αντικαθιστού-  
με τη λυχνία  $\Lambda 1$  με μία αντίσταση  $R_L=200\Omega$ . Συνδέουμε παράλληλα  
στην αντίσταση τον παλμογράφο και τροφοδοτούμε ξανά το κύκλω-  
μα με τάση 6,3V AC.
6. Ρυθμίζουμε την  $R1$  στην ελάχιστη τιμή, παρατηρούμε και σχεδιά-  
ζουμε την κυματομορφή. Στη συνέχεια μετράμε τη  $V_L$  σε  $V_{p-p}$ .
7. Ρυθμίζουμε το ροοστάτη έτσι ώστε να παρατηρήσουμε στην οθόνη  
του παλμογράφου κυματομορφές για γωνίες αγωγιμότητας του θυ-  
ρίστορ  $45^\circ, 135^\circ, 180^\circ$ . Σχεδιάζουμε τις κυματομορφές στο τετράδιό  
μας μετρώντας συγχρόνως και την αντίστοιχη τάση φορτίου.
8. Γράφουμε τα συμπεράσματά μας και τις διαπιστώσεις μας για τη  
χρησιμότητα των SCR.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Τι σημαίνει καθυστέρηση φάσης;
- Για να βρούμε την ισχύ σε μια κυματομορφή παλμών ποια τιμή της  
τάσης πρέπει να ξέρουμε;
- Στο κύκλωμα της άσκησης ο έλεγχος ισχύος γίνεται σε όλη τη διάρκεια  
της θετικής ημιπεριόδου ή όχι;
- Η χρονική διάρκεια που άγει ένα θυρίστορ είναι γνωστή ως χρόνος  
καθυστέρησης ή ως γωνία αγωγιμότητας;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 18

## Δίοδος Φωτοεκπομπής (LED)

### Στόχοι της άσκησης:

Να γίνει εκμάθηση του ότι η δίοδος LED ανάβει μόνο όταν είναι ορθά πολωμένη, η δε ένταση του φωτός εξαρτάται από την τάση στα άκρα της και να κατανοηθεί η χρήση της LED για τη σταθεροποίηση τάσης.

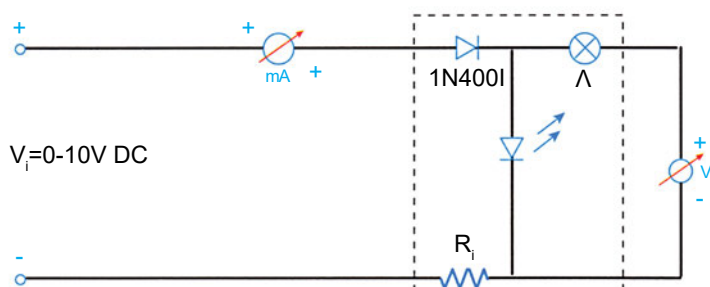
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 6, σελίδα 169-173).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό DC 0-10V, τροφοδοτικό AC 0-10V, μιλλιαμπερόμετρο, ηλεκτρονικό πολύμετρο, παλμογράφος, αντίσταση 220Ω, Δίοδος 1N4001, LED

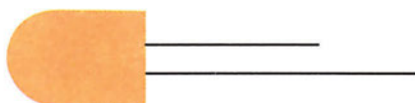
#### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 18

#### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Εντοπίζουμε τα άκρα της LED και τα σημειώνουμε στο σχέδιο.

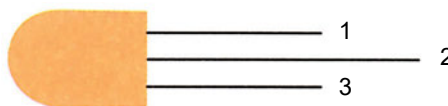


2. Αν διαθέτουμε πηγή τάσης  $V_1=18\text{Volt}$  υπολογίζουμε την τιμή της αντίστασης  $R_1$  που πρέπει να συνδεθεί σε σειρά με την LED και

την ισχύ που απορροφά (τυπικές τιμές  $V_L = 2V$  και  $I_L = 20mA$ ). Καταχωρούμε τις τιμές στον παρακάτω πίνακα:

$R_1$ (θεωρητική)	$R_1$ (τιμή εμπορίου)	$R_1$ (θεωρητική)	$R_1$ (εμπορίου)

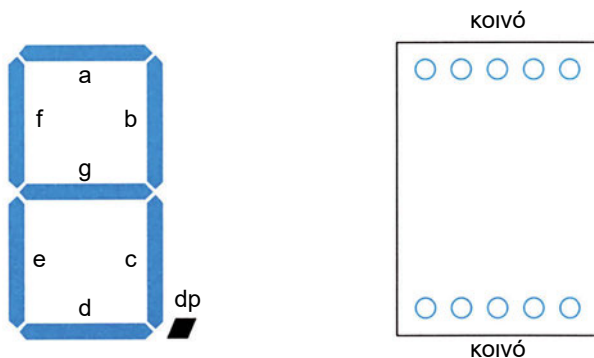
3. Σχεδιάζουμε και συνδέουμε το κύκλωμα, με τις τιμές των εξαρτημάτων όπως δείχνει το σχήμα 18.1. [**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Το τροφοδοτικό κλειστό]. Το μιλλιαμπερόμετρο τίθεται στην κλίμακα των 100mA και το βολτόμετρο στην κλίμακα των 5V.
4. Με το ποτενσιόμετρο ρύθμισης τάσης του τροφοδοτικού στο ελάχιστο δυνατό, ανοίγουμε το τροφοδοτικό και ρυθμίζουμε σιγά-σιγά και με προσοχή την τάση, μέχρις ότου το μιλλιαμπερόμετρο να δείξει 10mA. Παρατηρούμε τη δίοδο LED και μετρούμε την τάση στα άκρα της.
5. Αυξάνουμε την τάση μέχρι να έχουμε ρεύμα 20mA. Μετρούμε την τάση στα άκρα της LED, παρατηρούμε το φωτισμό και ελέγχουμε αν η LED ζεστάθηκε.
6. Επαναλαμβάνουμε την εργασία της ερώτησης 5 αυξάνοντας την τάση του τροφοδοτικού για 30, 40, 50mA και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας για τη συμπεριφορά της LED.
7. Από τις μετρήσεις του ρεύματος και της τάσης χαράσσουμε την καμπύλη  $V=f(I)$  και την εξετάζουμε. Τι συμπεράσματα βγάζουμε; Είναι δυνατό η LED να χρησιμοποιηθεί για σταθεροποίηση τάσης και πώς; Συγκρίνουμε τις παραπάνω τιμές με αυτές που υπολογίσαμε και καταγράψαμε στον πίνακα.
8. Υπολογίζουμε την κατανάλωση ισχύος από την σχέση  $P = V \cdot I$ .
9. Μετράμε και γράφουμε στο τετράδιό μας τις ενδείξεις του ψηφιακού πολυμέτρου για ορθή και ανάστροφη της LED (ακολουθούμε την ίδια διαδικασία που ακολουθήσαμε στη μέτρηση απλών διόδων).
10. Εντοπίζουμε τα άκρα της διπλής LED (άνοδος – κάθοδος) και τα σημειώνουμε στο σχέδιο.



11. Συνδέουμε τυχαία ένα ζευγάρι ακροδεκτών (άνοδος – κάθοδος) της διπλής LED σε τάση 2V DC και σημειώνουμε το χρώμα στον παρακάτω πίνακα. Στη συνέχεια συνδέουμε το άλλο ζευγάρι (ανόδου – καθόδου) σε τάση 2V DC και σημειώνουμε πάλι το χρώμα στον πίνακα.

	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ ΤΗΣ LED
ΧΡΩΜΑ	

11. Χρησιμοποιώντας πηγή τάσης  $V=2V$  DC προσδιορίζουμε αν η LED επτά τμημάτων είναι κοινής ανόδου ή κοινής καθόδου και το καταγράφουμε στο τετράδιό μας.  
Με διαδοχικές δοκιμές εντοπίζουμε και σημειώνουμε σε ποια τμήματα της LED επτά τμημάτων αντιστοιχούν οι ακροδέκτες που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Όταν η LED έχει πόλωση ανάστροφης φοράς το ρεύμα είναι σχεδόν μηδέν. Υπάρχει τότε φωτεινή έξοδος;
- Από τι εξαρτάται το χρώμα της LED;
- Η ένταση φωτισμού της LED είναι συνάρτηση του ρεύματος ορθής φοράς ή της τάσης ανάστροφης πόλωσης;
- Γράψτε διάφορες εφαρμογές της LED.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 19

## Λογικές πύλες AND και OR με ολοκληρωμένα κυκλώματα

### Στόχοι της άσκησης:

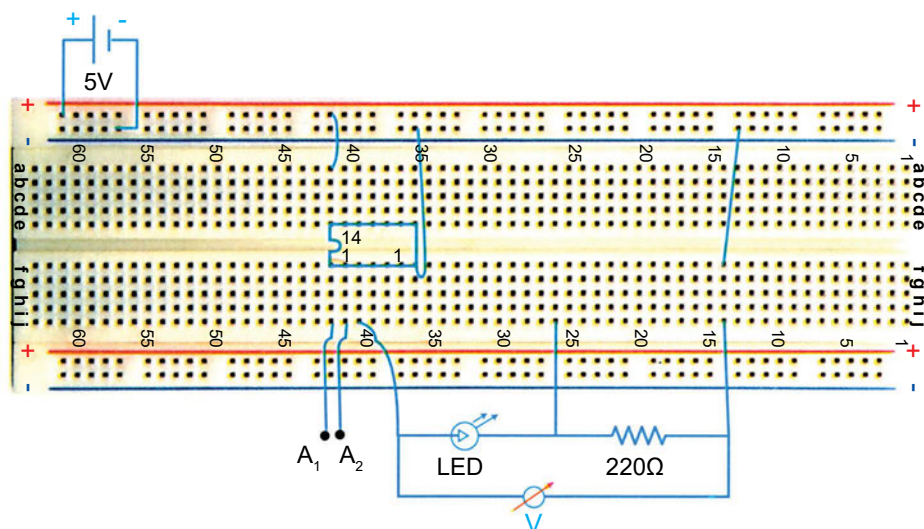
Η αναγνώριση και σωστή χρησιμοποίηση των λογικών πυλών AND και OR, η κατασκευή απλών λογικών κυκλωμάτων με βάση τα ολοκληρωμένα 7408 & 7432 και η συμπλήρωση των αντίστοιχων πινάκων αλήθειας. (ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 7, σελίδα 208-216).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Ολοκληρωμένα 7408 & 7432, τροφοδοτικό +5V DC, LED, αντίσταση 220Ω, βολτόμετρο.

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



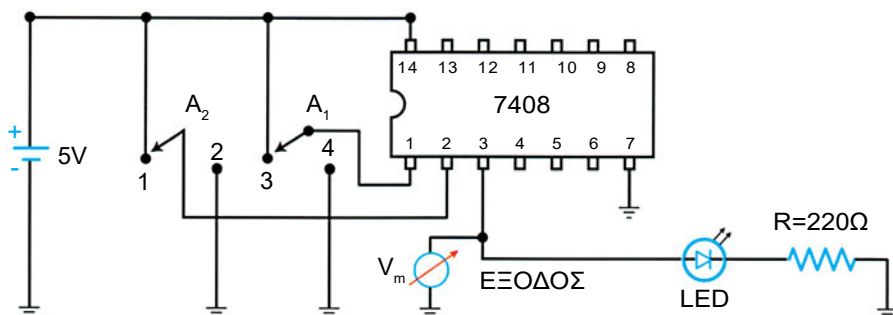
Σχήμα 19. 1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Επαληθεύουμε με τη βοήθεια των βιβλίων δεδομένων των κατασκευαστών (Data Books) που μας έχουν δοθεί από τον καθηγητή του εργαστηρίου, τα ολοκληρωμένα 7408 & 7432.



2. Τοποθετούμε το ολοκληρωμένο 7408 στη διάτρητη πινακίδα (bread board) και συναρμολογούμε τη βάση του όπως δείχνει το Σχ. 19.1.
3. Τοποθετούμε στην έξοδο μιας πύλης που θα χρησιμοποιήσουμε μία LED σε σειρά με μία αντίσταση που γειώνεται όπως δείχνει το Σχ. 19.2.



Σχήμα 19. 2

4. Τροφοδοτούμε το ολοκληρωμένο με τάση +5V (ακροδέκτες No. 7 και 14 στη γη).
5. Χρησιμοποιούμε μια πύλη του ολοκληρωμένου, όποια εμείς θέλουμε, π.χ. την πρώτη πύλη που έχει για εισόδους τους ακροδέκτες 1 & 2 και έξοδο τον ακροδέκτη 3.
6. Στους ακροδέκτες της πύλης, π.χ. 1 και 2, θα εφαρμόσουμε λογικό "1" από την τροφοδότηση (δηλ. +5V) και λογικό "0" τη γη. Παρακολουθούμε με τη βοήθεια της LED την κατάσταση εξόδου μετρώντας ταυτόχρονα και την τάση στο βολτόμετρο.
7. Με τα αποτελέσματα της ερώτησης συμπληρώνουμε τον πίνακα 1.

A	B	Y	Κατάσταση LED	Τάση εξόδου	Κατάσταση λειτουργίας
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

Πίνακας 1

8. Με τη βοήθεια του πίνακα ελέγχουμε αν επαληθεύεται η εξίσωση της πύλης AND, που είναι η  $Y = A \cdot B$ .
9. Τοποθετούμε τώρα στη διάτρητη πλακέτα (bread board), το ολοκληρωμένο 7432 και επαναλαμβάνουμε την εργασία των ερωτήσεων 3, 4 & 5, αλλά για το ολοκληρωμένο 7432.
10. Με τα αποτελέσματα των ερωτήσεων συμπληρώνουμε στο τετράδιό μας ένα καινούργιο πίνακα για την πύλη OR.
11. Με τη βοήθεια των αποτελεσμάτων του πίνακα 2, ελέγχουμε αν επαληθεύεται η εξίσωση της πύλης OR που είναι η  $Y = A+B$ .

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Πώς συμβολίζεται η πύλη AND και OR;
- Πώς μπορούμε να κατασκευάσουμε πύλες με περισσότερες εισόδους;
- Να αναγνωρίσουμε τις οικογένειες των ολοκληρωμένων που αναφέρονται στις απλές πύλες.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Όπως είναι γνωστό, για θετική λογική, τα +5V αντιστοιχούν στο λογικό "1" και το 0 Volt στο λογικό "0". Όταν το LED φωτίζει έχουμε κατάσταση "1" και όταν είναι σβησμένο, έχουμε κατάσταση "0". Επίσης μπορούμε να συνδέσουμε LED και στις εισόδους ώστε να παρακολουθούμε και την είσοδο και την έξοδο.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 20

## Λογικά κυκλώματα μόνο με πύλη NAND

### Στόχοι της άσκησης:

Να μπορεί να αντικαθίσταται οποιαδήποτε λογική πύλη από συνδυασμούς NAND και NOR.

(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 7, σελίδα 220-225).

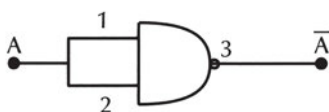
### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Ολοκληρωμένο 7400, τροφοδοτικό +5V DC, LED, αντίσταση 220Ω, διάτρητη πλακέτα, καλώδια σύνδεσης

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

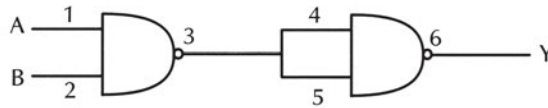
1. Συναρμολογούμε τη διάτρητη πλακέτα, όπως δείχνει το σχ. 19.1 χωρίς τους διακόπτες A1,A2.
2. Με τη βοήθεια των βιβλίων δεδομένων των κατασκευαστών (Data Books) αναγνωρίζουμε τη συγκρότηση του ολοκληρωμένου 7400 και προσδιορίζουμε τους ακροδέκτες που χρησιμεύουν για είσοδο έξοδο κ.λπ., στις τέσσερις πύλες NAND που περιέχει το ολοκληρωμένο. Τοποθετούμε το ολοκληρωμένο 7400 στη διάτρητη πλακέτα.
3. Συνδεσμολογούμε το ολοκληρωμένο όπως φαίνεται στο σχήμα 20.1 χρησιμοποιώντας μια πύλη από τις τέσσερις, που διαθέτει, π.χ. την πρώτη.



Σχήμα 20.1

4. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα με τάση +5V DC.
5. Στην είσοδο της πύλης (ακροδέκτης 1 ή 2) εφαρμόζουμε το λογικό «1» και το λογικό «0» και παρακολουθούμε την έξοδο.

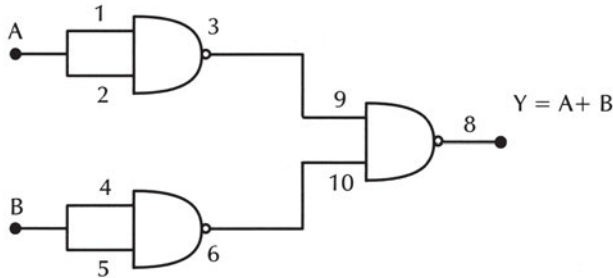
6. Εργάζεται πράγματι το κύκλωμα αυτό σαν αναστροφέας; Ισχύει δηλαδή η συνάρτηση  $Y = \bar{A}$ ;
7. Επαληθεύουμε τον πίνακα της αλήθειας της πύλης NOT και βλέπουμε πως με μια πύλη NAND κατασκευάσαμε μια πύλη NOT.
8. Διακόπτουμε την τροφοδοσία του ολοκληρωμένου και συνδεσμο-  
λούμε το κύκλωμα του Σχ. 20.2. Χρησιμοποιούμε τώρα δύο πύλες  
NAND του ολοκληρωμένου 7400.



Σχήμα 20.2

9. Εφαρμόζουμε πάλι στις εισόδους το λογικό «1» και το λογικό «0», σύμφωνα με τον πίνακα αλήθειας της AND και επαληθεύουμε αν πράγματι αυτός ο πίνακας ισχύει, και επομένως αν ισχύει και η συνάρτηση  $Y = A \cdot B$
10. Διακόπτουμε την τροφοδοσία και χρησιμοποιώντας τρεις πύλες NAND σχεδιάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 20.3.

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



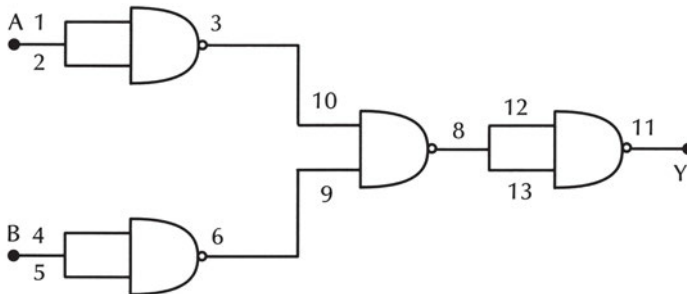
Σχήματα 20.3

11. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα του ολοκληρωμένου με τάση +5V και εφαρμόζουμε το λογικό «1» και το λογικό «0» σύμφωνα με τον πίνακα αλήθειας της OR και συμπληρώνουμε αυτόν.

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Διαπιστώνουμε αν αυτός είναι ο πίνακας αλήθειας της OR και επομένως αν ισχύει η συνάρτηση  $Y = A+B$ .

12. Διακόπτουμε την τροφοδοσία του κυκλώματος και, χρησιμοποιώντας τέσσερις πύλες του ολοκληρωμένου, πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχ. 20.4.



Σχήματα 20.4

12. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα με τάση +5V DC και στη συνέχεια εισάγουμε το λογικό «1» και το λογικό «0» στην είσοδο, παρακολουθώντας την έξοδο σύμφωνα με τον πίνακα αλήθειας της NOR.

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Παρατηρούμε αν πράγματι ισχύει αυτός ο πίνακας και επομένως αν ισχύει και η συνάρτηση  $Y = A + B$ .

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Πώς συμβολίζεται και ποια η λογική συνάρτηση της πύλης NAND;
- Να γραφτεί ο πίνακας αλήθειας της NAND.
- Να σχεδιαστεί πύλη NOR με χρήση NAND και NOT.

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 21

## Χαρακτηριστικά τελεστικού ενισχυτή

### Στόχοι της άσκησης:

Να αναγνωρίζεται ένας τελεστικός ενισχυτής με τους ακροδέκτες του και να προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά του, καθώς και το πώς αυτά μεταβάλλονται.

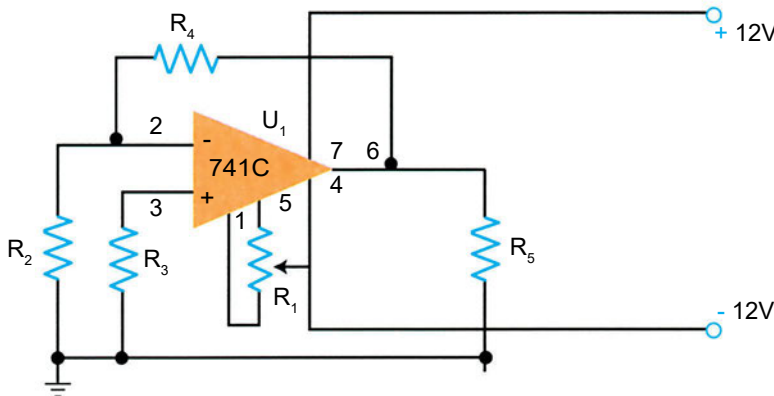
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 8, σελίδα 228- 235).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό  $\pm 0-40V$  DC 50mA χωρίς γείωση, ηλεκτρονικό πολύμετρο, γεννήτρια Α.Σ.,  $R_1 = 10K\Omega$ ,  $R_2 = 1K\Omega$ ,  $R_3 = 1K\Omega$ ,  $R_4 = 10K\Omega$ ,  $R_5 = 2,2K\Omega$  ποτενσιόμετρο, Τελεστικός LM741.

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 21.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Εξετάζουμε το κύκλωμα του σχήματος 21.1. Το ποτενσιόμετρο  $R_1$  το χρησιμοποιούμε για την ισοστάθμιση του τελεστικού ενισχυτή έτσι ώστε όταν δεν έχουμε σήμα στην είσοδο, η τάση εξόδου του ενισχυτή να είναι μηδέν. Η  $R_5$  αποτελεί την αντίσταση φόρτου, η δε  $R_4$  αποτελεί την αντίσταση ανασύζευξης.

2. Από το βιβλίο που περιγράφει τα χαρακτηριστικά των τελεστικών, εξάγουμε τα στοιχεία της βάσης του τελεστικού LM741. Παρατηρούμε πως είναι ένα ολοκληρωμένο με 8 ποδαράκια. Προσδιορίζουμε τις λειτουργίες που αντιστοιχούν στους ακροδέκτες από το 1 μέχρι το 8. Παρατηρούμε πως ο ΤΕ έχει δύο εισόδους: τους ακροδέκτες 2 & 3. Στους ακροδέκτες 4 & 7 συνδέεται η DC πηγή  $\pm 12V$  με τη θετική πολικότητα στο 7 και την αρνητική στο 4, ενώ ο ακροδέκτης 6 αποτελεί την έξοδο του τελεστικού.
3. Αφού προσδιορίσουμε τον τρόπο σύνδεσης του τελεστικού LM741 στο κύκλωμα, σχεδιάζουμε το κύκλωμα με τις τιμές των εξαρτημάτων και το πραγματοποιούμε στη διάτρητη πλακέτα που έχουμε στη διάθεσή μας.
4. Το βολτόμετρο με κλίμακα 0 - 15V DC το τοποθετούμε στην έξοδο του τελεστικού, δηλ. παράλληλα στην  $R_5$ .
5. Τροφοδοτούμε τον τελεστικό με  $\pm 12V$  DC και με το ποτενσιόμετρο  $R_1$  ρυθμίζουμε την τάση εξόδου στο μηδέν. Τα παραπάνω αποτελούν διαδικασία που γίνεται πάντα.
6. Στη συνέχεια μετράμε τις συνεχείς τάσεις σε όλους τους ακροδέκτες του τελεστικού ενισχυτή και συγκρίνουμε τις τιμές που προκύπτουν έτσι με τις τυπικές τιμές DC τάσης που δίνονται από τον κατασκευαστή και είναι οι ακόλουθες:

Ακροδέκτες	1	2	3	4	5	6	7
τυπική							
τάση DC	-12	0	0	-12	-12	0	+12
μετρηθείσα τάση							

7. Γιατί οι ακροδέκτες 2 και 3 έχουν μεταξύ τους τάση μηδέν;
8. Αποσυνδέουμε από τον ακροδέκτη την  $R_2$  που είναι συνδεδεμένη στη γη και συνδέουμε μεταξύ αυτού του ακροδέκτη και της γης γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων, ρυθμισμένη στη συχνότητα 2kHz τετραγωνικών παλμών.
9. Συνδέουμε στην έξοδο του τελεστικού ενισχυτή (άκρα της  $R_5$ ) τον παλμογράφο και ρυθμίζουμε την έξοδο της γεννήτριας μέχρι να

μετρήσουμε στην οθόνη του παλμογράφου 20V από κορυφή σε κορυφή.

10. Μετράμε το χρόνο ανύψωσης του παλμού σε  $\mu\text{sec}$ . Πρέπει να μετρήσουμε περίπου 20-40 $\mu\text{sec}$ .
11. Οι προδιαγραφές του LM741 δίνουν χρόνο ανύψωσης 0,5V/ $\mu\text{sec}$ . Υπολογίζουμε τον χρόνο ανύψωσης για το κύκλωμα του τελεστικού ενισχυτή με τη βοήθεια και των ερωτήσεων 9 και 10. Ο χρόνος ανύψωσης μετριέται σε Volts/μονάδα χρόνου.
12. Συγκρίνουμε τον υπολογισθέντα χρόνο ανύψωσης του τελεστικού ενισχυτή της άσκησης μας με αυτόν που δίνουν οι προδιαγραφές του κατασκευαστή και γράφουμε τα συμπεράσματά μας.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του τελεστικού ενισχυτή;
- Πού χρησιμοποιούνται οι τελεστικοί ενισχυτές;
- Πόσων ειδών τελεστικούς έχουμε;



# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 22

## Αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής

### Στόχοι της άσκησης:

Να γίνει εκμάθηση της σχεδίασης, της κατασκευής καθώς και της τροφοδότησης αναστρέφοντα ενισχυτή με συγκεκριμένη απολαβή τάσης. Να παρατηρηθεί η γραμμικότητα του κυκλώματος με τη χάραξη της κατάλληλης χαρακτηριστικής.

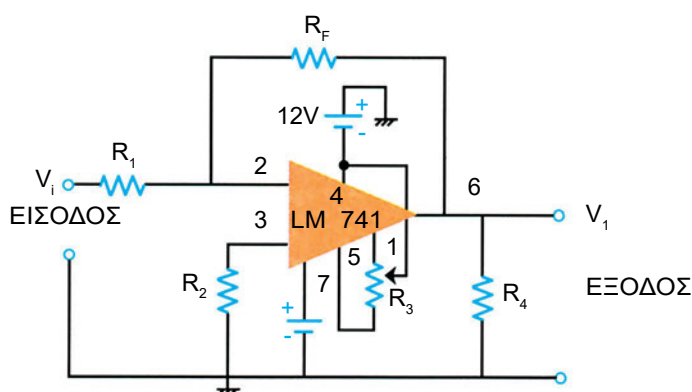
(**ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ:** Κεφάλαιο 8, σελίδα 241-244).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό  $\pm 0 - 0VDC$ , παλμογράφος διπλής δέσμης, γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων, βολτόμετρο DC, ολοκληρωμένο LM741, αντιστάσεις  $R_1 = R_2 = 10K\Omega$ ,  $R_4 = 4,7K\Omega$ ,  $R_F = 10K\Omega$ ,  $22K\Omega$ ,  $47K\Omega$ ,  $68K\Omega$ ,  $100K\Omega$ , τρίμμερ  $R_3 = 10K\Omega$

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 22.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 22.1.
2. Βραχυκυκλώνουμε την είσοδο και συνδέουμε το βολτόμετρο στην έξοδο του ενισχυτή παράλληλα προς την  $R_4$ .

3. Τροφοδοτούμε το κύκλωμα από το συμμετρικό τροφοδοτικό με το  $\pm 12V$  στο 7 ακροδέκτη και το  $-12V$  στον ακροδέκτη 4.
4. Ρυθμίζουμε με το ποτενσιόμετρο ώστε η τάση στην έξοδο να είναι μηδέν (0).
5. Διακόπτουμε την τροφοδότηση. Αποσυνδέουμε το βολτόμετρο από την έξοδο, καθώς και το βραχυκύκλωμα από τα σημεία 1 & 2.
6. Συνδέουμε στην είσοδο γεννήτρια ρυθμισμένη σε συχνότητα 1 kHz. Το ένα κανάλι του παλμογράφου το συνδέουμε στην έξοδο και το άλλο στην είσοδο.
7. Τροφοδοτούμε το τελεστικό ΤΕ με τη συμμετρική τάση  $\pm 12V$  στους ακροδέκτες 7 και 4 και ρυθμίζουμε την έξοδο της γεννήτριας τόσο όσο να μετράμε στον παλμογράφο (στο κανάλι που είναι συνδεδεμένο στην είσοδο) 0,5V από κορυφή σε κορυφή.
8. Μετράμε την τάση εξόδου στον παλμογράφο και σχεδιάζουμε την αντίστοιχη κυματομορφή.
9. Συγκρίνουμε τις δύο κυματομορφές ως προς τη φάση και υπολογίζουμε τη συνολική απολαβή  $A_V$  του κυκλώματος.
10. Αντικαθιστούμε την  $R_F$  με τιμές 10k $\Omega$ , 22k $\Omega$ , 47k $\Omega$  68k $\Omega$  και μετράμε διαδοχικά την τάση εξόδου και από αυτή προσδιορίζουμε την απολαβή τάσης.
11. Αν δεχθούμε ότι η απολαβή υπολογίζεται θεωρητικά από τον τύπο  $A_V = \frac{R_F}{R_1}$  συγκρίνουμε τις θεωρητικές τιμές με αυτές που μετρήθηκαν.
12. Από τα αποτελέσματα των ερωτήσεων 9 και 10 να χαραχθεί η καμπύλη  $A_V = \sigma(R_F)$ .
13. Μεταβάλλουμε την τάση εισόδου στις τιμές 0,5V - 0,6 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 1V και μετράμε τις αντίστοιχες τιμές της τάσης εξόδου.
14. Χαράζουμε τη χαρακτηριστική γραμμικότητας  $V_L = \sigma(V_i)$  και γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΕΡΓΑΣΙΕΣ

- Ποια αλλαγή αντίστασης βελτιώνει την απόκριση κατά συχνότητα ενός αναστρέφοντος ενισχυτή με ΤΕ;
- Αν αυξηθεί η αντίσταση φόρτου, ποια επίδραση θα έχει στην ενίσχυση;
- Αν η τιμή της  $R_F$  είναι 50k $\Omega$  και η ενίσχυση (απολαβή) τάσης 50, ποια η τιμή της  $R_1$ ;

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 23

## Μη αναστρέφων τελεστικός ενισχυτής

### Στόχοι της άσκησης:

Να γίνει εκμάθηση της σχεδίασης, κατασκευής καθώς και της τροφοδότησης ενός αναστρέφοντος ενισχυτή του τύπου LM741. Να μετρηθεί η απολαβή καθώς και η φάση αυτού.

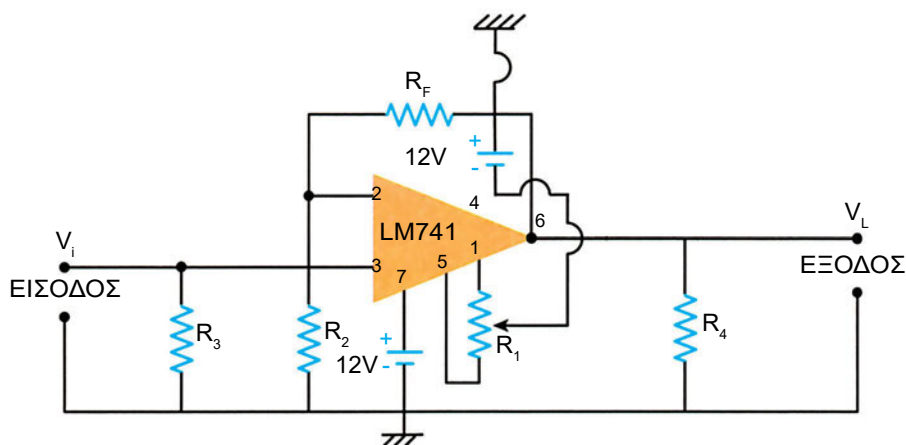
(ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Κεφάλαιο 8, σελίδα 237-240).

### ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

Τροφοδοτικό  $\pm 0 - 0VDC$ , παλμογράφος διπλής δέσμης, γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων, βολτόμετρο DC, ολοκληρωμένο LM741, αντιστάσεις  $R_2 = R_3 = 10K\Omega$ ,  $R_F = 100K\Omega$ ,  $R_4 = 4,7K\Omega$ ,  $R_1$  τρίμερο  $R_1$  (ποτενσιόμετρο)  $10k\Omega$ .

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



Σχήμα 23.1

### ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Σχεδιάζουμε και πραγματοποιούμε το κύκλωμα του σχήματος 23.1.

2. Συνδέουμε το βολτόμετρο στην έξοδο, τροφοδοτούμε με  $\pm 12V$  DC και ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο, ώστε το βολτόμετρο να δείχνει μηδέν.
3. Αποσυνδέουμε το βολτόμετρο και συνδέουμε στη θέση του το ένα κανάλι του παλμογράφου. Στην είσοδο συνδέουμε τη γεννήτρια ρυθμισμένη στο 1kHz μαζί και με το δεύτερο κανάλι του παλμογράφου.
4. Ρυθμίζουμε την έξοδο της γεννήτριας στο 0,5V από κορυφή σε κορυφή και μετράμε στον παλμογράφο την έξοδο καθώς και τη μεταβολή φάσης.
5. Σχεδιάζουμε τις κυματομορφές εισόδου - εξόδου και από τις μετρήσεις υπολογίζουμε την απολαβή τάσης  $A_v$ . Γράφουμε τις παρατηρήσεις μας.
6. Από τη σχέση  $A_v = 1 + \frac{R_F}{R_1}$  υπολογίζουμε θεωρητικά την  $A_v$  (ενίσχυση τάσης) και τη συγκρίνουμε με τη μετρηθείσα.
7. Κρατώντας σταθερή την τάση εξόδου της γεννήτριας στα 0,4V από κορυφή σε κορυφή μετράμε για διάφορες τιμές συχνότητας την τάση εξόδου για  $R_F = 100k\Omega$  και για  $R_F = 10k\Omega$ . Συμπληρώνουμε τον παρακάτω πίνακα:

	f	20Hz	500Hz	1KHz	10KHz	20KHz	30KHz	50KHz	100KHz	200KHz
$R_F = 100k\Omega$	$V_L$									
$R_F = 10k\Omega$	$V_L$							-		

8. Για τις τιμές του πίνακα αυτού σχεδιάζουμε τις καμπύλες απόκρισης κατά συχνότητα για  $R_F = 100k\Omega$  &  $R_F = 10k\Omega$ .
9. Στο ύψος του 0,7 της τάσης εξόδου χαράσσουμε οριζόντια παράλληλη προς τον άξονα των συχνοτήτων. Η γραμμή αυτή κόβει τις καμπύλες απόκρισης σε δύο σημεία. Τα σημεία αυτά τα προβάλλουμε στον άξονα των συχνοτήτων και έτσι προσδιορίζουμε τις συχνότητες αποκοπής  $f_1$  &  $f_2$  που ορίζουν τη ζώνη διέλευσης του ενισχυτή.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- Ποια είναι η ζώνη διέλευσης του παραπάνω ενισχυτή;
- Ποιο είναι το γνώρισμα των περισσότερων τελεστικών ενισχυτών;

## ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Περί το τέλος της σχολικής χρονιάς οι μαθητές πρέπει να προχωρήσουν στην κατασκευή μιας ηλεκτρονικής συσκευής, μία υποχρεωτικά για τον κάθε έναν, που θα έχει σχέση βέβαια με τη διδαχθείσα ύλη του σχολικού έτους.

Εδώ θα δώσουμε μερικές οδηγίες που θα βοηθήσουν το μαθητή στην πραγματοποίηση της κατασκευής του με τη βοήθεια φυσικά και των εργαστηριακών καθηγητών.

Πριν αποφασίσουμε την τελική κατασκευή που θα κάνουμε, πρέπει να έχουμε εξασφαλισμένο το θεωρητικό ηλεκτρονικό κύκλωμα, τα εξαρτήματα που το συγκροτούν και, αν είναι δυνατόν, και το απαιτούμενο τυπωμένο κύκλωμα.

Αν το σχέδιο του τυπωμένου κυκλώματος δεν υπάρχει, τότε πρέπει να προχωρήσουμε απ' ευθείας στην κατασκευή. Στο μάθημα Τεχνολογία Ηλεκτρονικών εξαρτημάτων δίνονται λεπτομερειακές οδηγίες για τα τυπωμένα κυκλώματα, καθώς και τον τρόπο κατασκευής τους.

Εδώ θα δώσουμε μερικές οδηγίες για τον τρόπο που θα σχεδιάσουμε και θα κατασκευάσουμε ένα **τυπωμένο κύκλωμα**.

Αν, λοιπόν, δεν υπάρχει το τυπωμένο κύκλωμα πρέπει εμείς να το σχεδιάσουμε και στη συνέχεια να το κατασκευάσουμε μόνοι μας. Κατά τη γνώμη μας, πρέπει πρώτα - πρώτα να αγοράσουμε τα εξαρτήματα έτσι ώστε στη σχεδίαση της μακέτας του τυπωμένου κυκλώματος να έχουμε αίσθηση των διαστάσεων των εξαρτημάτων.

Η σχεδίαση της μακέτας μπορεί να γίνει με κλίμακα 4:1 ή 3:1 ή 1:1, αλλά με μεγάλη ακρίβεια και με την εξής διαδικασία:

- Τοποθετούμε δοκιμαστικά τα εξαρτήματα στο προκαταρκτικό σχέδιο, σύμφωνα και με το ηλεκτρονικό κύκλωμα. Αυτό το κάνουμε πολλές φορές για να διαλέξουμε την καλύτερη λύση.
- Επιλέγουμε τα παθητικά και τα ενεργά στοιχεία έχοντας υπόψη τις διαστάσεις τους, ώστε να γίνουν σεβαστές στο σχέδιο.
- Σχεδιάζουμε πρώτα απ' όλα τα μεγάλα στοιχεία (ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές, τρίμμερ κ.λπ.).

- Για τα ποτενσιόμετρα και τρίμερ, η βίδα ρύθμισης πρέπει να βρίσκεται προς το επάνω μέρος.
- Αν έχουμε λίγο χώρο, οι αντιστάσεις και πυκνωτές μπορεί να τοποθετηθούν και κάθετα, αλλά αυτό το αποφεύγουμε όσο το δυνατό, γιατί έτσι αποκτούν ευαισθησία στα μηχανικά κτυπήματα.
- Να έχουμε υπόψη ότι οι ακροδέκτες των εξαρτημάτων πρέπει να στριφτούν, άρα πρέπει να υπάρχει ελεύθερη απόσταση 1,5 έως 2mm γύρω από κάθε τρύπα.
- Τα θερμαινόμενα εξαρτήματα, όπως τρανζίστορ, βαττικές αντιστάσεις κ.ά. δεν πρέπει να τοποθετηθούν δίπλα σε εξαρτήματα ακρίβειας.
- Η απόσταση μεταξύ των υλικών καλώ είναι να είναι γύρω στα 8mm.
- Η σειρά τοποθέτησης των υλικών καλώ είναι να σέβεται την τοποθέτηση αυτών στο ηλεκτρικό κύκλωμα, αρχίζοντας από αριστερά προς δεξιά.
- Μετά την τοποθέτηση των εξαρτημάτων σχεδιάζουμε τις γραμμές οι οποίες συνδέουν τα εξαρτήματα μεταξύ τους.
- Οι γραμμές δεν πρέπει να διασταυρώνονται. Αν χρειασθεί κάτι τέτοιο πρέπει να γίνονται γεφυρώσεις με σύρμα.
- Ως προς τις διαστάσεις των γραμμών, το πλάτος τους πρέπει να είναι 1-2mm, λαμβάνοντας βέβαια υπόψη το ρεύμα που θα κυκλοφορήσει. Αν δουλεύουμε σε χαμηλές τάσεις και ρεύματα (20V και λίγα mA), οποιοδήποτε πλάτος γραμμών είναι κατάλληλο.
- Η απόσταση μεταξύ των γραμμών δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 1 mm. Ας ξέρουμε πως για καλή μόνωση τάσης 100V, χρειάζεται απόσταση γραμμών 1,5mm. Το μήκος κάθε γραμμής πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο για να αποφευχθεί πτώση τάσης.
- Σε περίπτωση λειτουργίας σε υψηλές συχνότητες (RF κ.ά.), οι γραμμές πρέπει να είναι αρκετά μακριά μεταξύ τους ώστε να αποφεύγονται οι ηλεκτρομαγνητικές συζεύξεις.
- Αφού σχεδιαστεί η πλευρά που θα φέρει τα εξαρτήματα, συνδεθούν οι γραμμές και σχεδιαστούν και οι τρύπες όπου θα μπαίνουν οι ακροδέκτες των εξαρτημάτων, μπορούμε να προχωρήσουμε στη μεταφορά του ηλεκτρονικού κυκλώματος στο τυπωμένο κύκλωμα και στη συνέχεια στην κατασκευή του τυπωμένου κυκλώματος με τη λεγόμενη γραφική ή με άλλη μέθοδο.

## A. Γραφική μέθοδος

- α. Κόβουμε την πλακέτα στις διαστάσεις που φτιάξαμε τη μακέτα.
- β. Με τη βοήθεια καρμπόν αποτυπώνουμε τη μακέτα πάνω στο χαλκό του τυπωμένου.
- γ. Καλύπτουμε τα μέρη που αποτελούν τις γραμμές των νησίδων γείωσης με μία ουσία η οποία δεν θα επιτρέψει την αποκόλληση του χαλκού από τα σημεία αυτά. Τέτοια ουσία είναι τα γνωστά μανόν ή όζα, αλλά και το υγρό ειδικών μαρκαδόρων οινόπνεύματος ή βερνίκι αδιάλυτο στο νερό. Ακόμα, στα καταστήματα κυκλοφορούν ειδικές αυτοκόλλητες γραμμές διαφόρων διαστάσεων.
- δ. Αφού πλύνουμε την πλακέτα καλά και στεγνώσει, ετοιμάζουμε διάλυμα τετραχλωριούχου σιδήρου  $\text{FeCl}_3$  σε αναλογία (με νερό) 25  $\text{FeCl}_3$  προς 100 νερό. Τοποθετούμε την πλακέτα οριζόντια με το σχέδιο προς τα πάνω και τότε - τότε ανακατεύουμε το διάλυμα μ' ένα ξύλο, με προσοχή όμως, για να μη χαλάσουμε το τυπωμένο.
- ε. Όταν δούμε ότι ο χαλκός έφυγε, το βγάζουμε και το πλένουμε καλά με ασετόν και άλλο διαλυτικό και το τυπωμένο κύκλωμα είναι έτοιμο.
- στ. Τέλος, γίνεται έλεγχος για διακοπές και βραχυκυκλώματα και στη συνέχεια ανοίγονται οι τρύπες. Το τυπωμένο είναι πλέον έτοιμο για μοντάρισμα των εξαρτημάτων.

## B. Φωτοτυπική μέθοδος

Εκτός από τη γραφική μέθοδο υπάρχουν και άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα για κατασκευή τυπωμένων κυκλωμάτων.

Στις μεθόδους αυτές η διαφορά βρίσκεται στον τρόπο τύπωσης του σχεδίου πάνω στον χαλκό, χρησιμοποιώντας κατάλληλο φιλμ και η επικάλυψη γίνεται με ειδική φωτοευαίσθητη ουσία σε μορφή σπρέι.

Άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποχάλκωση είναι το υπερθειικό άλας αμμωνίας ή διάλυμα υδροχλωρικού οξέος με οξυζενέ και νερό.

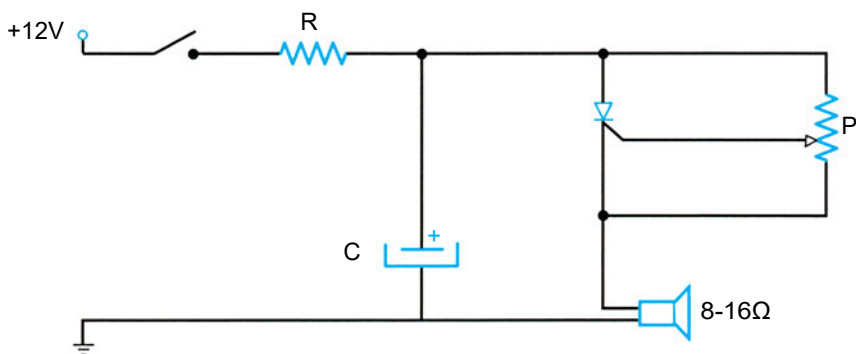
Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε τη μεγάλη συμβολή του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή στη μελέτη και κατασκευή των τυπωμένων κυκλωμάτων.

# ΑΣΚΗΣΗ 24

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

### 1η Κατασκευή: ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΧΟΥ ΜΕ SCR

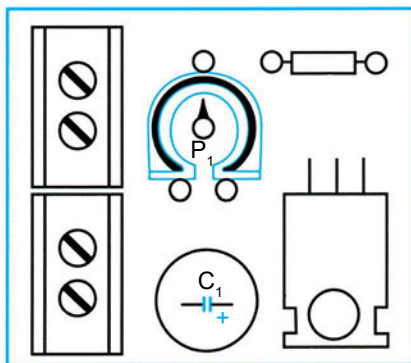
#### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ



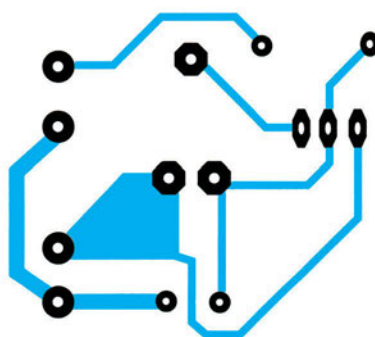
Σχήμα 24.1.1

#### ΟΡΓΑΝΑ

Θυρίστωρ 50V/1A ή BPX45, πυκνωτής  $C_1 = 1 \mu\text{F}/30\text{V}$ , μεγάφωνο 8-16Ω, αντίσταση  $R_1 = 100\text{K}\Omega/1\text{W}$ , ποτενσιόμετρο 500 ή 470KΩ, διακόπτης ON - OFF



α) Τοποθέτηση υλικών



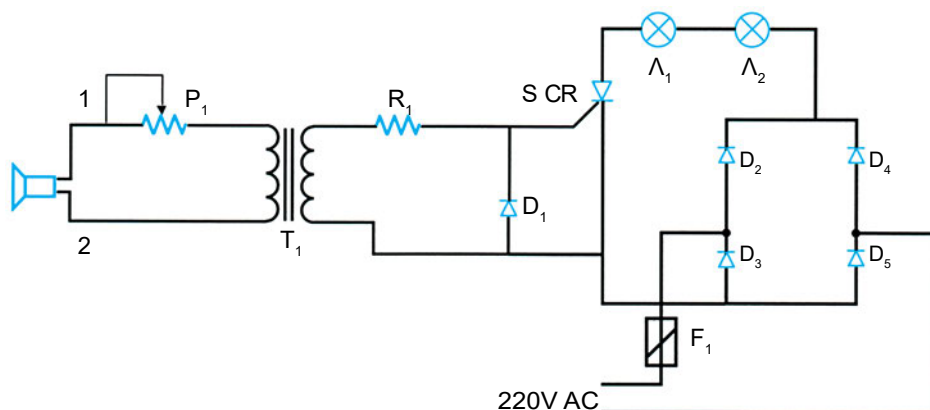
β) Τυπωμένο κύκλωμα

Σχήμα 24.1.2



Μόλις κλείσει ο διακόπτης, εφαρμόζουμε τάση στο θυρίστορ το οποίο άγει, όταν (με τη βοήθεια του ποτενσιόμετρου) εφαρμοσθεί επαρκής τάση σκανδαλισμού στην πύλη. Ο βόμβος του μεγάφωνου μεταβάλλεται με το ποτενσιόμετρο.

## 2η Κατασκευή : ΦΩΤΟΡΥΘΜΙΚΟ ΜΕ SCR



Σχήμα 24.2

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

### ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Ποτενσιόμετρο  $P_1$  σύρματος  $500\Omega$ , μετασχηματιστής προσαρμογής  $T_1$   $4-8\Omega/5k\Omega$ , αντίσταση  $R_1 = 100\Omega/0,5W$ , δίοδος  $D_1$  BA221, θυρίστορ BT106A/300R, δίοδοι  $D_2, D_3, D_4, D_5$  BY127 ή IN4001,  $\Lambda_1$  &  $\Lambda_2$  λάμπες των  $50W$ ,  $F_1$  ασφάλεια  $2A$

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Τα σημεία 1 και 2 συνδέονται στον ενισχυτή και ο μετασχηματιστής  $T_1$  χρησιμοποιείται για να προσαρμόσει την αντίσταση εξόδου του ενισχυτή (που είναι πολύ μικρή  $4-8\Omega$ ) με την αντίσταση εισόδου του θερμίστορ. Το ποτενσιόμετρο  $P_1$  ρυθμίζει τη στάθμη πέρα από την οποία θ' αρχίσουν οι λυχνίες να ανάβουν.

Η δίοδος  $D_1$  και η αντίσταση  $R_1$  προστατεύουν την πύλη του θυρίστορ καθώς και το κύκλωμα σκανδαλισμού.

Οι δίοδοι  $D_2, D_3, D_4, D_5$  ανορθώνουν την τάση των  $220V$ .

Αν το θυρίστορ BT106A/380R το τοποθετήσουμε σε ψυγείο μπορεί να

ρυθμίζει ρεύμα μέχρι 4,5A, χωρίς όμως ψυγείο ρυθμίζει ρεύμα μέχρι 2A.  
Ανάλογα με το πόσες λάμπες θα χρησιμοποιήσουμε, θα αποφασίσουμε αν θα χρησιμοποιήσουμε ψυγείο ή όχι.

### 3η Κατασκευή: ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ

Το τροφοδοτικό του οποίου προτείνουμε την κατασκευή, έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

Τάση εξόδου 1,2 - 2,5V DC σταθεροποιημένη

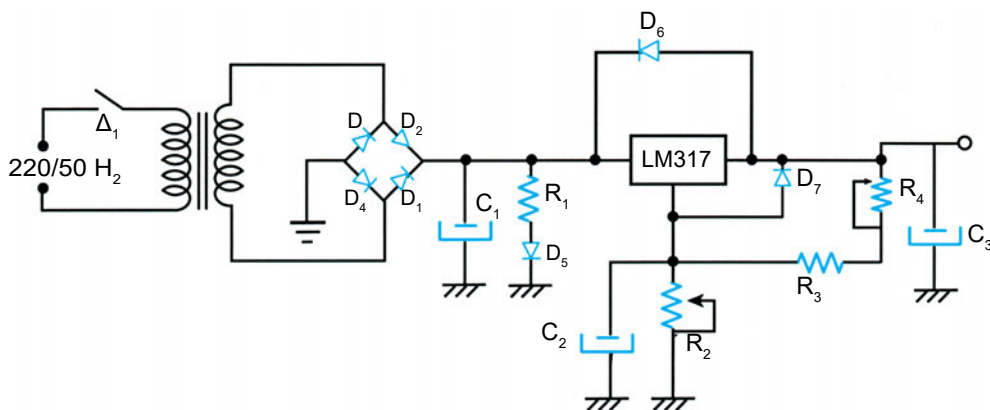
Ρεύμα σε κανονική λειτουργία: 0-2A

Μέγιστο ρεύμα: 2,2A

Προστασία από βραχυκύκλωμα

Πριν προχωρήσουμε στην κατασκευή, καλό είναι να δούμε, από το αντίστοιχο τεχνικό εγχειρίδιο, τα χαρακτηριστικά του LM317.

### **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ**



Σχήμα 26.3

1. Στο σχήμα 26.3 δείχνουμε το θεωρητικό κύκλωμα.

Τιμές εξαρτημάτων

$R_1 = 1,5K\Omega/1W$

$R_2 = 4,7K\Omega$  ποτενσιόμετρο γραμμικό

$R_3 = 100\Omega$

$R_4 = 330\Omega$  ή  $470$  τρίμμερ

$C_1 = 3300 \mu\text{Ff}/40\text{V}$

$C_2 = 4,7 \mu\text{Ff}/35\text{V}$

$C_3 = 1 \mu\text{Ff}/40\text{V}$

$D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7 = 1\text{N}4001$  ή  $\text{BY } 127$

LED κόκκινο

Ολοκληρωμένο  $\text{LM } 317$

$D_1$  Διακόπτης ON - OFF

Ασφάλεια  $2\text{A}$

Καλώδιο τροφοδοσίας

$\Phi$ ις  $220\text{V}$

### Χρήσιμες πληροφορίες

- Ο Μετασχηματιστής μετασχηματίζει το πλάτος της τάσης του δικτύου. Αν υποθέσουμε ότι το  $\text{LM } 317$  χρειάζεται  $2 - 3$  βολτ τάση παραπάνω από αυτή που θα έβγαζε σταθερή στην έξοδο ο μετασχηματιστής για τάση  $24\text{V}$  υπό φορτίο πρέπει να υπολογισθεί  $V = 24 \times 1,4 = 33\text{V}$
- Οι δίοδοι αποτελούν τη γέφυρα για πλήρη ανόρθωση και ο πυκνωτής  $C_1$  εξομαλύνει την τάση εξόδου.
- Η τάση εξόδου του  $\text{LM}$  υπολογίζεται από τη σχέση

$$A_{\text{εξ}} = 1,25 \left( 1 + \frac{R_z}{R_3 + R_3} \right) + I_o R_2$$

- Ο  $C_2$  υποβιβάζει ακόμα περισσότερο την κυμάτωση στην έξοδο.
- Οι  $D_6$  και  $D_7$  είναι δίοδοι προστατευτικές του ολοκληρωμένου.
- Η αντίσταση  $R_1$  τροφοδοτεί το LED.

### Μερικές οδηγίες για τη συναρμολόγηση

- Ετοιμάζουμε πρώτα το σασί όπου θα τοποθετηθεί το τυπωμένο κύκλωμα.
- Βιδώνουμε τα ποδαράκια στο σασί, τα υλικά στην πρόσοψη (διακόπτης, ασφαλειοθήκη, μπόρνες για την έξοδο), τις βίδες που θα στηρίζουν το σασί, το λάστιχο διέλευσης του καλωδίου παροχής  $220\text{V}$  καθώς και το μετασχηματιστή.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Καλύπτουμε με μπόλικη ταινία τα σημεία του μετασχηματιστή που έχουν 220V.

- Βιδώνουμε το ψυγείο με το ολοκληρωμένο σε μία θέση του σασί.
- Τοποθετούμε τα εξαρτήματα στο τυπωμένο κύκλωμα, κάνοντας τις συγκολλήσεις όπως μάθαμε στην αντίστοιχη άσκηση.
- Συνδέουμε το τυπωμένο με το υπόλοιπο του τροφοδοτικού.

## Rectifiers

## 1N4001G to 1N4007G

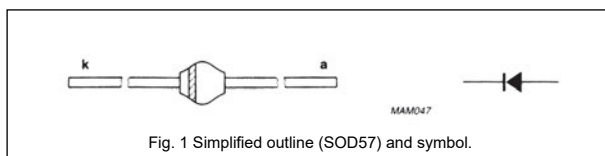
## FEATURES

- Glass passivated
- High maximum operating temperature
- Low leakage current
- Excellent stability
- Available in ammo-pack.

## DESCRIPTION

Rugged glass package, using a high temperature alloyed construction.

This package is hermetically sealed and fatigue free as coefficients of expansion of all used parts are matched.



## LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{RRM}$	repetitive peak reverse voltage				
	1N4001G		-	50	V
	1N4002G		-	100	V
	1N4003G		-	200	V
	1N4004G		-	400	V
	1N4005G		-	600	V
	1N4006G		-	800	V
$V_R$	continuous reverse voltage				
	1N4001G		-	50	V
	1N4002G		-	100	V
	1N4003G		-	200	V
	1N4004G		-	400	V
	1N4005G		-	600	V
	1N4006G		-	800	V
$I_{F(AV)}$	average forward current	averaged over any 20 ms period; $T_{amb} = 75\text{ }^\circ\text{C}$ ; see Fig.2	-	1.00	A
		averaged over any 20 ms period; $T_{amb} = 100\text{ }^\circ\text{C}$ ; see Fig.2	-	0.75	A
$I_F$	continuous forward current	$T_{amb} = 75\text{ }^\circ\text{C}$ ; see Fig.2	-	1.00	A
$I_{FRM}$	repetitive peak forward current		-	10	A
$I_{FSM}$	non-repetitive peak forward current	half sinewave; 60 Hz	-	30	A
$T_{stg}$	storage temperature		-65	+175	$^\circ\text{C}$
$T_j$	junction temperature		-65	+175	$^\circ\text{C}$

## NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

### FEATURES

- High current (max. 800 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

### APPLICATIONS

- Linear amplification and switching.

### DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-18 metal package.

PNP complement: 2N2907A.

### PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

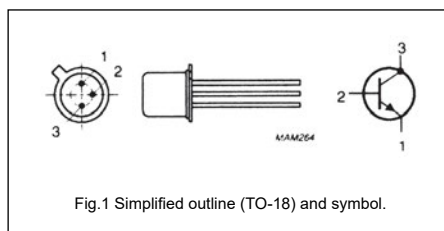


Fig.1 Simplified outline (TO-18) and symbol.

### CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$I_{CBO}$	collector cut-off current 2N2222	$I_E = 0; V_{CE} = 50\text{ V}$		10	nA
		$I_E = 0; V_{CE} = 50\text{ V}; T_{amb} = 150^\circ\text{C}$		10	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 3\text{ V}$		10	nA
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 0.1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	35	-	
		$I_C = 1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	50	-	
		$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	75	-	
		$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V}; \text{note 1}$	50	-	
		$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; \text{note 1}$	100	300	
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA}; \text{note 1}$		400	mV
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}; \text{note 1}$	-	1.6	V
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA}; \text{note 1}$		1.3	V
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}; \text{note 1}$	-	2.6	V
$C_C$	collector capacitance	$I_E = I_C = 0; V_{CE} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	-	8	pF
$C_E$	emitter capacitance 2N2222	$I_C = I_C = 0; V_{EB} = 500\text{ mV}; f = 1\text{ MHz}$	-	25	pF
$f_T$	transition frequency 2N2222 2N2222A	$I_C = 20\text{ mA}; V_{CE} = 20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	-	MHz
			300	-	MHz
F	noise figure 2N2222A	$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}; R_s = 2\text{ k}\Omega;$ $f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	-	4	dB

## Silicon Controlled Rectifier

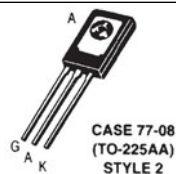
### Reverse Blocking Triode Thyristors

.. Glassivated PNP devices designed for high volume consumer applications such as temperature, light, and speed control; process and remote control, and warning systems where reliability of operation is important

- Glassivated Surface for Reliability and Uniformity
- Power Rated at Economical Prices
- Practical Level Triggering and Holding Characteristics
- Flat, Rugged, Thermopad Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability

# C106 Series

**SCRs**  
**4 AMPERES RMS**  
**200 thru 600 VOLTS**



### ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_c = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Peak Forward or Reverse Blocking Current ( $V_{AK} = \text{Rated } V_{DRM}$ or $V_{RRM}$ ; $R_{GK} = 1000 \text{ Ohms}$ ) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 110^\circ\text{C}$	$I_{DRM}$ ; $I_{RRM}$	— —	— —	10 100	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Forward "On" Voltage ( $I_{FM} = 1 \text{ A Peak for C106B, D, \& M}$ ) ( $I_{FM} = 4 \text{ A Peak for C106D1, \& M1}$ )	$V_{TM}$	—	—	2.2	Volts
Gate Trigger Current (Continuous dc) ( $V_{AK} = 6 \text{ Vdc}$ , $R_L = 100 \text{ Ohms}$ ) ( $V_{AK} = 6 \text{ Vdc}$ , $R_L = 100 \text{ Ohms}$ , $T_c = -40^\circ\text{C}$ )	$I_{GT}$	— —	30 75	200 500	$\mu\text{A}$
Gate Trigger Voltage (Continuous dc) ( $V_{AK} = 6 \text{ Vdc}$ , $R_L = 100 \text{ Ohms}$ , $R_{GK} = 1000 \text{ Ohms}$ ) $T_J = 25^\circ\text{C}$ ( $V_{AK} = \text{Rated } V_{DRM}$ , $R_L = 3000 \text{ Ohms}$ , $R_{GK} = 1000 \text{ Ohms}$ , $T_J = 110^\circ\text{C}$ ) $T_J = -40^\circ\text{C}$	$V_{GT}$	0.4 0.5 0.2	— — —	0.8 1	Volts
Holding Current ( $V_D = 12 \text{ Vdc}$ , $R_{GK} = 1000 \text{ Ohms}$ ) $T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = -40^\circ\text{C}$ $T_J = +110^\circ\text{C}$	$I_H$	0.3 0.4 0.14	— — —	3 6 2	mA
Forward Voltage Application Rate ( $T_J = 110^\circ\text{C}$ , $R_{GK} = 1000 \text{ Ohms}$ , $V_D = \text{Rated } V_{DRM}$ )	dv/dt	—	8	—	V/ $\mu\text{s}$
Turn-On Time	$t_{on}$	—	1.2	—	$\mu\text{s}$
Turn-Off Time	$t_{off}$	—	40	—	$\mu\text{s}$



## LM741 Operational Amplifier

### General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

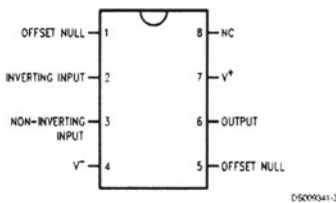
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

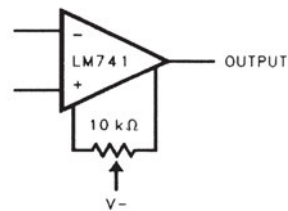
### Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0	2.0	6.0		mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0		7.5		mV
											mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$	$\pm 10$				$\pm 15$			$\pm 15$		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200	20	200		nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500		300		nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500	80	500		nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5		0.8		$\mu\text{A}$
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		$\text{M}\Omega$
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									$\text{M}\Omega$
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							$\pm 12$	$\pm 13$		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				$\pm 12$	$\pm 13$					V

Dual-In-Line or S.O. Package



Offset Nulling Circuit



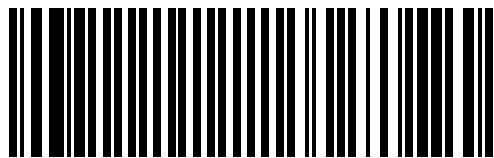


Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης δώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

*Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*



Κωδικός βιβλίου: 0-24-0303  
ISBN Set 978-960-06-3133-3  
Τ.Β´ 978-960-06-3141-8



(01) 000000 0 24 0303 8