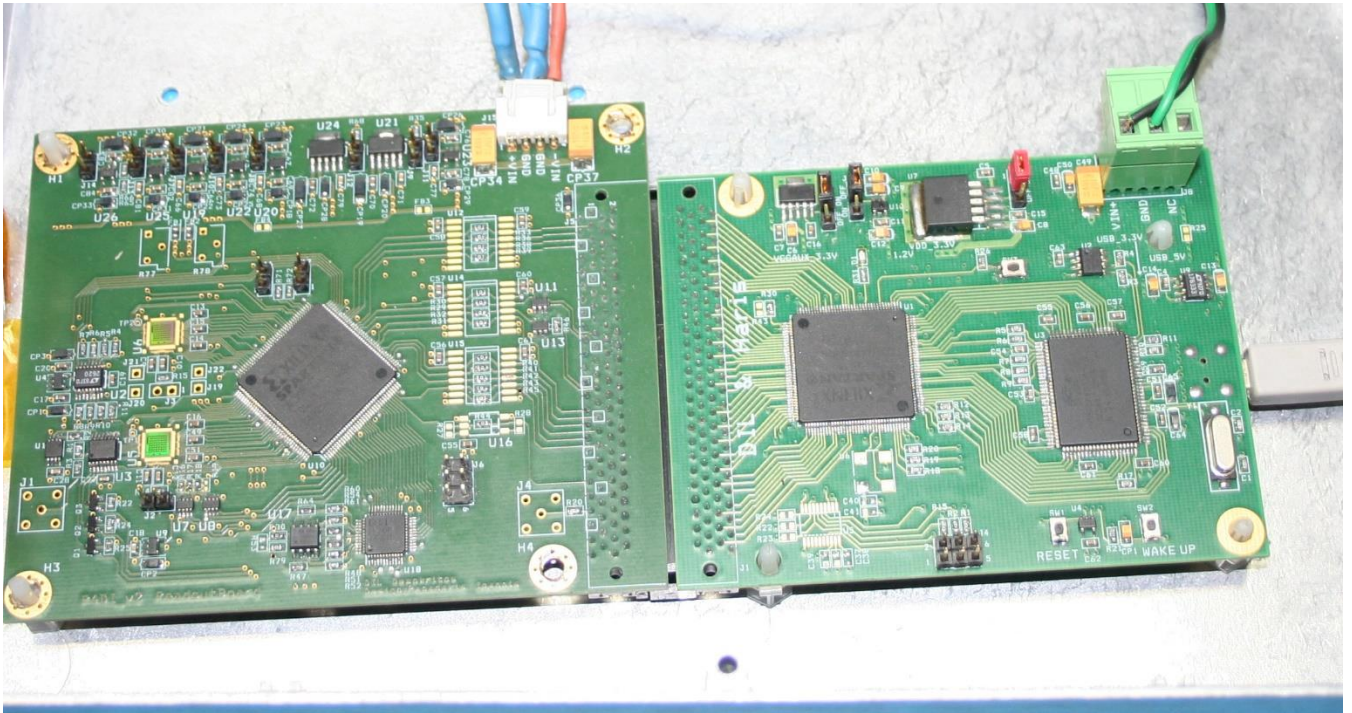


ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ



ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

ΕΚΔΟΣΗ Ιανουάριος 2023

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ: Αλέξανδρος Παπαγγελής, Δήμητρα Λουκαδάκη, Χάρης
Λαμπρόπουλος

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ	4
Ασφάλεια εργαστηρίου.....	4
Διαδικασία κατασκευής κυκλωμάτων	5
Απασφαλμάτωση κυκλωμάτων	5
Πείραμα 1^ο – Εξοικείωση με τα όργανα του εργαστηρίου I, μέτρηση αντίστασης, Νόμος Ohm...	6
Απαραίτητες γνώσεις	6
Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων	6
Πολύμετρο.....	7
Τροφοδοτικό	9
Αντίσταση.....	11
Απαραίτητα υλικά	12
Βήματα του πειράματος.....	12
Πείραμα 2^ο -Διαιρέτης Τάσης – Διαιρέτης Ρεύματος- Θεώρημα Thevenin	14
Απαραίτητες γνώσεις	14
Απαραίτητα υλικά	15
Βήματα του πειράματος.....	15
Πείραμα 3^ο – Εξοικείωση με τα όργανα του εργαστηρίου II Γεννήτρια Συχνοτήτων – Παλμογράφος	18
Απαραίτητες γνώσεις	18
Γεννήτρια Συχνοτήτων.....	18
Παλμογράφος.....	20
Πυκνωτής.....	23
Απαραίτητα υλικά	23
Βήματα του πειράματος.....	24
Πείραμα 4^ο – Δίοδος I	26
Απαραίτητες γνώσεις	26
Δίοδος.....	26
Απαραίτητα υλικά	27
Βήματα του πειράματος.....	28
Πείραμα 5^ο – Δίοδος II	30
Απαραίτητες γνώσεις	30
Απαραίτητα υλικά	30
Βήματα του πειράματος.....	30
Πείραμα 6^ο – Δίοδος III	32

Απαραίτητες γνώσεις	32
Απαραίτητα υλικά	32
Βήματα πειράματος	33
Πείραμα 7^ο – Διπολικό Τρανζίστορ Ι – περιοχές λειτουργίας	34
Απαραίτητες γνώσεις	34
Διπολικό τρανζίστορ.....	34
Απαραίτητα υλικά	36
Βήματα του πειράματος.....	37
Πείραμα 8^ο – Διπολικό τρανζίστορ ΙΙ – Πηγή ρεύματος	38
Απαραίτητες γνώσεις	38
Πηγή ρεύματος.....	38
Ποτενσιόμετρο	38
Το διπολικό τρανζίστορ στην περιοχή κορεσμού	39
Απαραίτητα υλικά	39
Βήματα πειράματος	40
Πείραμα 9^ο – Διπολικό τρανζίστορ ΙΙΙ – Ενισχυτής κοινού εκπομπού	41
Απαραίτητες γνώσεις	41
Απαραίτητα υλικά	41
Βήματα πειράματος	41
Πείραμα 10^ο – Τρανζίστορ επίδρασης πεδίου	43
Σκοπός	43
Απαραίτητες γνώσεις	43
Απαραίτητα υλικά	43
Βήματα πειράματος	44
Πείραμα 11^ο – Αντιστροφέας με MOS τρανζίστορ	46
Σκοπός	46
Απαραίτητες γνώσεις	46
Απαραίτητα υλικά	47
Βήματα πειράματος	47

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι σημειώσεις αυτές περιέχουν τις οδηγίες διεξαγωγής των εργαστηριακών ασκήσεων του μαθήματος Ηλεκτρονική και Κυκλώματα που γίνεται στο 4^ο εξάμηνο του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Αεροδιαστημικής Επιστήμης και Τεχνολογίας. Στην ουσία δίνουν τις οδηγίες για την πρώτη επαφή των φοιτητριών/φοιτητών με τους δομικούς λίθους των ηλεκτρονικών διατάξεων, τα βασικά όργανα και τις στοιχειώδεις διαδικασίες μέτρησης.

Οι σημειώσεις έχουν προέλθει από την εξέλιξη ασκήσεων που έφτιαξε αρχικά ο Χ. Λαμπρόπουλος. Ο Αλεξάνδρος Παπαγγελής στα πλαίσια της διπλωματικής του εργασίας ως τελειόφοιτος του Τμήματος Μηχανικών Τεχνολογίας Αεροσκαφών έκανε συστηματικά τις ασκήσεις, τις βελτίωσε και έγραψε ένα πλήρες εγχειρίδιο οδηγιών. Το εγχειρίδιο εκείνο είναι η βάση των σημειώσεων. Η Δήμητρα Λουκαδάκη προσάρμοσε το εγχειρίδιο στις ανάγκες και στην ύλη του μαθήματος «Ηλεκτρονική και κυκλώματα» και ενσωμάτωσε ασκήσεις που ανέπτυξε ο Χ. Λαμπρόπουλος και αφορούν κυκλώματα με χρήση παθητικών στοιχείων.

Οι εργαστηριακές ασκήσεις είναι δομημένες έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται την υπάρχουσα υλικοτεχνική υποδομή του εργαστηρίου. Τόσο οι ασκήσεις όσο και οι σημειώσεις του εργαστηρίου είναι αντικείμενα εξέλιξης ανάλογα με τις δυνατότητες της υλικοτεχνικής υποδομής και με τις αναπροσαρμογές της ύλης του μαθήματος.

ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

Ασφάλεια εργαστηρίου

Το πρώτο που πρέπει να διασφαλιστεί είναι η σωματική ακεραιότητα, η ασφάλεια των οργάνων αλλά και η προστασία των ηλεκτρονικών στοιχείων. Παρακάτω δίνονται κανόνες για την αποφυγή των ατυχημάτων:

- Να έχετε καθαρό τον πάγκο εργασίας και να υπάρχουν μόνο τα απαραίτητα αντικείμενα.
- Να ελέγχετε σε τακτά χρονικά διαστήματα αν οι συσκευές και τα καλώδια τους είναι σε καλή κατάσταση.
- Να εκτελείτε μόνο τις ενέργειες που αναγράφονται στις οδηγίες του κάθε πειράματος και αυτές που ζητάει ο καθηγητής σας.
- Οι τάσεις και τα ρεύματα που θα χρησιμοποιηθούν είναι ακίνδυνα, όμως μία διαρροή ρεύματος μπορεί να δημιουργήσει δυσάρεστες παρενέργειες. Δηλαδή, ένας απότομος σπασμός που προήλθε από μικρή ηλεκτροπληξία, μπορεί να προκαλέσει σε κάποιο μέλος του σώματός μας μεγαλύτερο ατύχημα.
- Να κρατάτε το κύκλωμα με το ένα χέρι όταν αυτό βρίσκεται υπό τάση. Το άλλο χέρι προσπαθήστε να το έχετε από πίσω σας ή στη τσέπη σας. Αν και τα δύο χέρια είναι σε επαφή με το κύκλωμα ή το ένα χέρι είναι σε επαφή με το κύκλωμα και το άλλο χέρι είναι σε επαφή με κάποιο μεταλλικό σημείο (πχ. το σασί ενός οργάνου), το οποίο σχεδόν σίγουρα είναι γειωμένο, τότε δημιουργείται ένας αγωγίμος δρόμος για το ρεύμα, ο οποίος περνάει από το στήθος σας, όπου είναι η καρδιά και τα πνευμόνια.

- Οι πυκνωτές μεγάλης χωρητικότητας μπορούν να διατηρήσουν το φορτίο στους οπλισμούς τους (και άρα την διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα άκρα τους) για πολλές ώρες μετά την αφαίρεσή τους από ένα κύκλωμα. Για αυτό μην ακουμπάτε τους ακροδέκτες ή αποφορτίστε τους πλήρως, βραχυκυκλώνοντας τα άκρα τους με την βοήθεια ενός ηλεκτρικά μονωμένου κατσαβιδιού ή ενός καλωδίου για λίγα δευτερόλεπτα.

Διαδικασία κατασκευής κυκλωμάτων

Παρακάτω δίνεται η διαδικασία κατά την οποία πρέπει να ακολουθηθεί όταν ζητηθεί να κατασκευαστεί ένα κύκλωμα:

1. Παίρνετε ότι χρειάζεται για την κατασκευή του κυκλώματος.
2. Κατασκευάζετε το κύκλωμα στην πλακέτα με την βοήθεια των χρήσιμων συμβουλών από την θεωρία της πολυτροπημένης πλακέτας.
3. Καλείτε τον επιβλέποντα του εργαστηρίου για έλεγχο του κυκλώματος και εκείνος ανοίγει την τροφοδοσία του ηλ. ρεύματος. Τα εξαρτήματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα και καταστρέφονται όταν το κύκλωμα δεν είναι σωστό.
4. Παίρνετε τις μετρήσεις και τις γραφικές παραστάσεις που ζητούνται από την εργαστηριακή άσκηση.
5. Όταν ολοκληρώσετε το πείραμα, επαναφέρετε ότι χρησιμοποιήσατε στη θέση του.
6. Κλείνετε όλα τα όργανα και τους διακόπτες τροφοδοσίας.
7. Απαγορεύεται η κατανάλωση φαγητού/ποτού και το κάπνισμα στον χώρο του εργαστηρίου.

Απασφαλμάτωση κυκλωμάτων

Πολλές φορές τα κυκλώματα δεν φτιάχνονται σωστά από την πρώτη φορά, για αυτό το λόγο πρέπει να μάθετε τρόπους διόρθωσής τους. Ακολουθείστε τα παρακάτω βήματα μέχρι να βρείτε την λύση του προβλήματος:

1. Σιγουρευτείτε ότι κατέχετε τις απαραίτητες γνώσεις της κάθε εργαστηριακής άσκησης.
2. Επαναλάβετε για επιβεβαίωση τα βήματα της διαδικασίας κατασκευής κυκλωμάτων.
3. Με το κύκλωμα χωρίς τάση, ελέγξτε με το πολύμετρο κάθε σύνδεση μεταξύ των εξαρτημάτων. Αν βρείτε σε κάποιο σημείο ότι δεν υπάρχει ένωση, αντικαταστήστε την συνδεσμολογία.

Με το κύκλωμα υπό τάση, ελέγξτε με το πολύμετρο την διαφορά δυναμικού των τροφοδοσιών, καθώς και των στοιχείων στην είσοδο και στην έξοδο τους σε σχέση με την γείωση. Αν η μέτρηση δίνει μία λανθασμένη τιμή με βάση τους θεωρητικούς υπολογισμούς, αντικαταστήστε την τροφοδοσία ή το εξάρτημα.

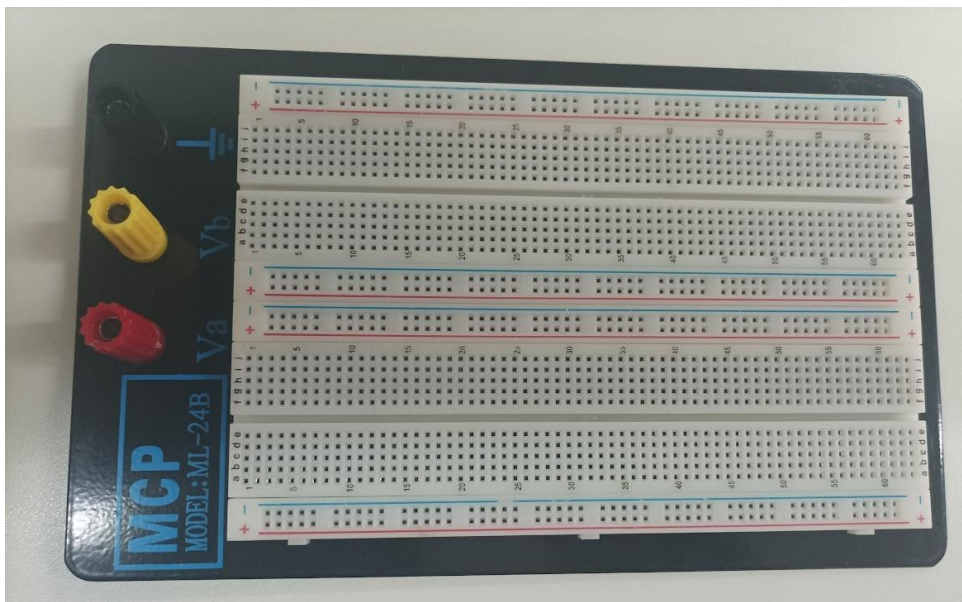
Πείραμα 1^ο – Εξοικείωση με τα όργανα του εργαστηρίου I, μέτρηση αντίστασης, Νόμος Ohm

Σκοπός της άσκησης είναι η γνωριμία και εξοικείωση με την πλακέτα κατασκευής κυκλωμάτων, με το πολύμετρο, με το τροφοδοτικό και με τις αντιστάσεις που θα χρησιμοποιήσουμε σε όλες τις ασκήσεις του εργαστηρίου καθώς και η μέτρηση αντιστάσεων συνδεδεμένων σε σειρά και παράλληλα.

Απαραίτητες γνώσεις

Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων

Η πολυτροπημένη πλακέτα (Breadboard) χρησιμοποιείται για την κατασκευή των κυκλωμάτων. Έχει μικρές τρύπες στις οποίες συνδέονται οι ακροδέκτες των ηλεκτρονικών στοιχείων και τα καλώδια, χωρίς να χρειάζονται συγκόλληση και μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν. Επίσης, είναι πολύ εύκολο να αλλάξουν οι συνδέσεις.



Στην πλακέτα υπάρχουν δύο διαφορετικές βραχυκυκλωμένες περιοχές:

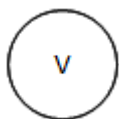
- Οι περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα στην κόκκινη και μπλε γραμμή (έχουν +, - στα άκρα) είναι **βραχυκυκλωμένες σειρές** οριζόντια για να συνδέεται η τάση τροφοδοσίας ή η γείωση. Υπάρχουν 2 σειρές πάνω, 2 σειρές κάτω και 4 σειρές στο κέντρο.
- Οι περιοχές που βρίσκονται ενδιάμεσα (έχουν τα γράμματα a, b, c, d, e και f, g, h, i, j) είναι **βραχυκυκλωμένες στήλες** για την σύνδεση των εξαρτημάτων, η μία στήλη δεν ενώνεται με την άλλη. Οι περιοχές χωρίζονται από ένα αυλάκι όπου εκεί μπορούν να τοποθετηθούν τα ολοκληρωμένα κυκλώματα. Υπάρχουν 4 περιοχές στην πολυτροπημένη πλακέτα.

Παρακάτω δίνονται συμβουλές για την χρήση της πλακέτας:

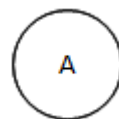
- Χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα χρώματα στα καλώδια για διαχωρισμό, **κόκκινο** για την **θετική τάση τροφοδοσίας**, **μπλε/πράσινο/κίτρινο** για την αρνητική τάση τροφοδοσίας, **μαύρο** για την **γείωση** και οποιοδήποτε άλλο χρώμα για την ένωση μεταξύ των ηλεκτρικών στοιχείων.
- Μετρούνται οι αντιστάσεις με το πολύμετρο πριν τοποθετηθούν στο κύκλωμα και σημειώνονται οι τιμές τους.
- Οι ακροδέκτες ενός εξαρτήματος τοποθετούνται σε διαφορετικές κάθετες στήλες (στην περιοχή που αναφέρθηκε ότι είναι βραχυκυκλωμένη σε κάθετες στήλες).
- Οι τροφοδοσίες και η γείωση τοποθετούνται σε διαφορετικές οριζόντιες σειρές (στην περιοχή που αναφέρθηκε ότι είναι βραχυκυκλωμένη σε οριζόντιες σειρές).
- Τοποθετούνται τα ηλεκτρικά στοιχεία σχετικά κοντά μεταξύ τους ανάλογα με το κύκλωμα.
- Τοποθετούμε τα ηλεκτρικά στοιχεία στην πλακέτα κατακόρυφα και με τον ίδιο τρόπο τα αφαιρούμε για να μην σπάσουν οι ακροδέκτες τους.

Πολύμετρο

Το πολύμετρο είναι ένα ηλεκτρονικό όργανο. Στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε το παρακάτω πολύμετρο:



Κυκλωματικό σύμβολο
βολτομέτρου



Κυκλωματικό σύμβολο
αμπερομέτρου

Το πολύμετρο μπορεί να μετρήσει:

- Την διαφορά δυναμικού (V) ανάμεσα στους ακροδέκτες του, δηλαδή λειτουργεί ως βολτόμετρο.
- Το ηλεκτρικό ρεύμα (I) που το διαρρέει, δηλαδή λειτουργεί ως αμπερόμετρο.
- Την αντίσταση (Ω) ανάμεσα στους ακροδέκτες του.
- Επίσης, κάποιες άλλες χρήσιμες λειτουργίες του είναι να μετράει την συχνότητα του σήματος, την χωρητικότητα ενός πυκνωτή, ή ακόμα την πτώση τάσης μιας διόδου στην ορθή πόλωση.



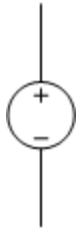
- Το πολύμετρο συνοδεύεται από δύο καλώδια όπου το πρώτο (ο ακροδέκτης (+), κόκκινο) πρέπει να συνδεθεί στην υποδοχή της επιθυμητής μέτρησης που αναγράφεται επάνω του. Το δεύτερο (ο ακροδέκτης (-), μαύρο) πρέπει να συνδεθεί στην υποδοχή "COM".
- Συνήθως τα πολύμετρα έχουν έναν περιστρεφόμενο διακόπτη για να καθορίζεται το είδος της μέτρησης. Για τις πιο κοινές επιλογές ρυθμίζεται στην «V-» για την συνεχή τάση, στην «V~» για την εναλλασσόμενη τάση, στην «A-» για το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, στην «A~» για το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, και στην «Ω» για την αντίσταση.
- Για να μετρήσουμε **τάση** ανάμεσα σε δύο σημεία ενός κυκλώματος συνδέουμε τους ακροδέκτες του πολυμέτρου σε αυτά. Ο ακροδέκτης (+) πρέπει να είναι προς το σημείο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την τάση, ενώ ο ακροδέκτης (-) πρέπει να είναι προς το σημείο που θεωρούμε ως αναφορά. Σε περίπτωση που οι ακροδέκτες συνδεθούν αντίθετα, το πολύμετρο εμφανίζει αντίθετη ένδειξη.
- Για να μετρήσουμε το **ηλεκτρικό ρεύμα** που διαρρέει ένα κύκλωμα συνδέουμε το πολύμετρο **σε σειρά** με αυτό. Όταν η φορά του ρεύματος στο εσωτερικό του πολυμέτρου είναι από το (+) προς το (-) εμφανίζεται θετική ένδειξη. Αλλιώς εμφανίζεται αρνητική ένδειξη.
- Για να μετρήσουμε **αντίσταση** ανάμεσα σε δύο σημεία ενός κυκλώματος, αποσυνδέουμε το κύκλωμα από το τροφοδοτικό και συνδέουμε τους ακροδέκτες του πολυμέτρου σε αυτά τα σημεία.
- Το πολύμετρο έχει διαφορετική αντίσταση εισόδου ανάλογα με την μέτρηση που έχει ρυθμιστεί. Όταν το ρυθμίζουμε να μετρήσει τάση, η αντίσταση εισόδου του γίνεται μεγάλη. Όταν το ρυθμίζουμε να μετρήσει ρεύμα η αντίσταση εισόδου του γίνεται μικρή. Αυτό συμβαίνει για να μην αλλάζει η συνολική αντίσταση του κυκλώματος στο τμήμα όπου γίνεται η μέτρηση έτσι ώστε να εμφανίζει αποτελέσματα κοντά στις πραγματικές τιμές.
- Για να δούμε αν δύο σημεία ενώνονται μεταξύ τους μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το πολύμετρο. Ένας τρόπος είναι με την ρύθμιση στην μέτρηση αντίστασης και την σύνδεση των καλωδίων στα δύο σημεία όπου:
 - Αν εμφανίζει ένδειξη πολύ μικρής αντίστασης τότε τα δύο σημεία ενώνονται.
 - Αν εμφανίζει ένδειξη άπειρης αντίστασης τότε τα δύο σημεία δεν ενώνονται.
- Για την χρήση του δίνονται οι παρακάτω οδηγίες:
 1. Τα δύο καλώδια πρέπει να είναι στις ανάλογες υποδοχές.
 2. Το ρυθμίζουμε στην επιθυμητή μέτρηση.
 3. Ενεργοποιούμε το πολύμετρο αν δεν γίνει αυτό αυτόματα.
 4. Ανάλογα το είδος της μέτρησης ενώνεται στο κύκλωμα με τον κατάλληλο τρόπο.
 5. Ρυθμίζουμε την κλίμακα για να μας δείξει την μέτρηση. Όταν η ένδειξη είναι **0.L** σημαίνει ότι η μέτρηση είναι μεγαλύτερης κλίμακας και πρέπει να αλλάξουμε κλίμακα.

6. Απενεργοποιούμε το πολύμετρο όταν δεν το χρειαζόμαστε.

ΠΡΟΣΟΧΗ !!! Πριν πάρουμε μέτρηση τάσης ή ρεύματος με το πολύμετρο πρέπει να βεβαιωθούμε ότι τα καλώδια είναι στις σωστές υποδοχές τοποθετημένα αλλιώς καίγεται η ασφάλεια του πολυμέτρου και δεν λειτουργεί.

Τροφοδοτικό

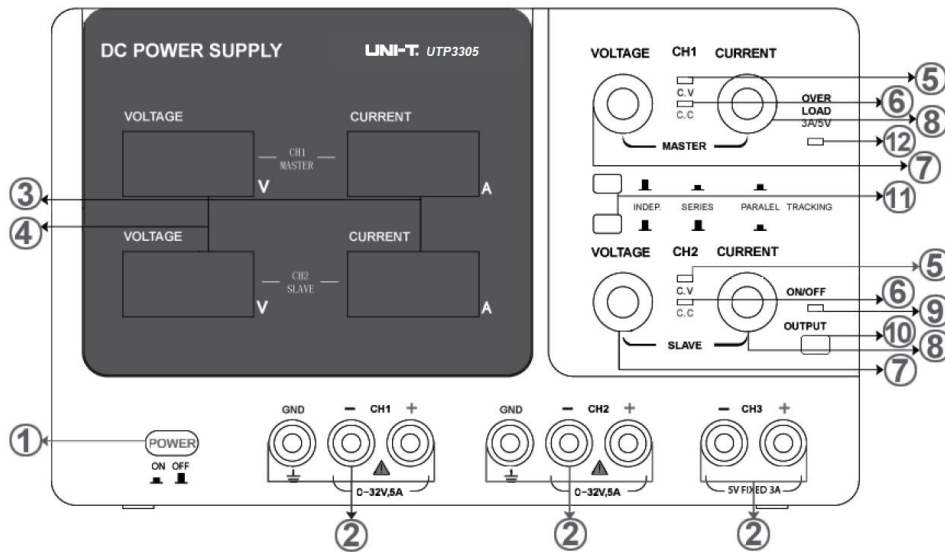
- Το τροφοδοτικό είναι όργανο που υλοποιεί πηγές σταθερής τάσης σε συνάρτηση με τον χρόνο. Παρέχει ηλεκτρική ισχύ στο κύκλωμα. Το κυκλωματικό σύμβολο της πηγής σταθερής τάσης είναι το:



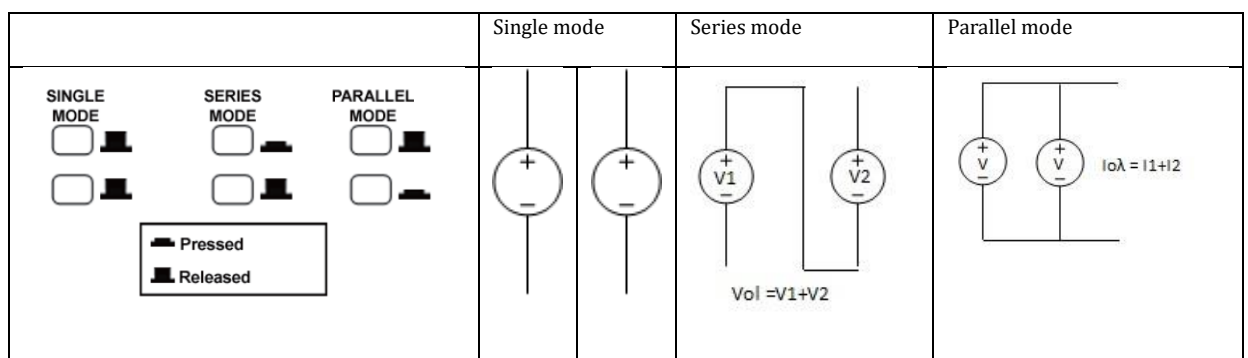
- Στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε το παρακάτω τροφοδοτικό το οποίο υλοποιεί τρεις πηγές τάσης. Οι δύο παρέχουν τάση της οποίας η τιμή μπορεί να ρυθμιστεί στο διάστημα από 0 ως 32 V και μία που έχει σταθερή τιμή 5V.



- Με βοήθεια της παρακάτω εικόνας περιγράφεται το μπροστινό μέρος του τροφοδοτικού



- 1: Ο διακόπτης λειτουργίας ON/OFF
- 2: Οι έξοδοι των πηγών τάσης: Γη (0) δικτύου της ΔΕΗ (GND), έξοδος (-), έξοδος (+),
- 3: Οθόνες ένδειξης ρεύματος εξόδου
- 4: Οθόνες ένδειξης τάσης εξόδου
- 5: Ενδεικτικό LED λειτουργίας σταθερής τάσης
- 6: Ενδεικτικό LED λειτουργίας σταθερού ρεύματος
- 7: Ρύθμιση της τάσης εξόδου (0 – 32 V)
- 8: Ρύθμιση του μέγιστου ρεύματος εξόδου των δύο πηγών τάσης
- 9: Ένδειξη ενεργής εξόδου
- 10: Διακόπτης ενεργοποίησης των εξόδων των πηγών
- 11: Διακόπτης για επιλογή της λειτουργίας σύνδεσης (ανεξάρτητη, σε σειρά, παράλληλα)



- 12: Ένδειξη για υπερφόρτωση της τρίτης πηγής τάσης

Το τροφοδοτικό μπορεί να περιορίσει το ρεύμα που δίνει στο κύκλωμα σε μία μέγιστη τιμή. Όταν η τιμή του ρεύματος που απορροφά το κύκλωμα πάει να ξεπεράσει την μέγιστη τιμή, τότε το τροφοδοτικό μεταπίπτει στην κατάσταση σταθερού ρεύματος. Η τάση μειώνεται αυτόματα έτσι ώστε η τιμή του ρεύματος να παραμείνει στο όριο με στόχο την προστασία του κυκλώματος.

Για την λειτουργία του τροφοδοτικού εκτελούμε τα εξής:

1. Το ενεργοποιούμε με το ON/OFF
2. Ελέγχουμε τη λειτουργία να είναι στο SINGLE MODE (ανεξάρτητη λειτουργία).
3. Ρυθμίζουμε το όριο του ηλεκτρικού ρεύματος σε μία αναμενόμενη τιμή.
4. Επιλέγουμε την επιθυμητή τιμή της τάσης τροφοδοσίας.
5. Συνδέουμε τα καλώδια στις κατάλληλες υποδοχές του και μετά στη πλακέτα.
6. Πατάμε το OUTPUT για να δώσουμε στο κύκλωμα την επιθυμητή τάση.
7. Για οποιαδήποτε αλλαγή στο κύκλωμα, κλείνουμε προσωρινά το OUTPUT, κάνουμε τις αλλαγές και το ξανανοίγουμε.
8. Όταν τελειώσουμε την εργασία, το απενεργοποιούμε και αποσυνδέουμε τα καλώδια.

Αντίσταση

Η αντίσταση είναι ένα ηλεκτρικό στοιχείο με δύο ακροδέκτες, το οποίο καταναλώνει ενέργεια μετατρέποντάς την από ηλεκτρική σε θερμότητα. Η τιμή του εκφράζει την δυσκολία του ηλεκτρικού ρεύματος να περάσει από έναν αγωγό. Η τιμή αυτή υπολογίζεται με τον νόμο του Ohm και εξαρτάται από το υλικό, την θερμοκρασία και τις διαστάσεις του.



Αντιστάσεις

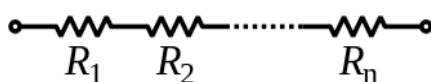


Αντιστάσεις SMD

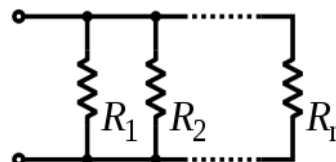
Όταν πολλές αντιστάσεις είναι **συνδεδεμένες σε σειρά** τότε τις διαρρέει το ίδιο ηλεκτρικό ρεύμα και ισχύει ο τύπος : $R_{ολ} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Όταν πολλές αντιστάσεις είναι **συνδεδεμένες παράλληλα** έχουν ίση διαφορά δυναμικού στα άκρα τους και ισχύει ο τύπος : $1/R_{ολ} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$.

Σε σειρά:



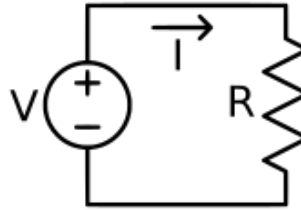
Παράλληλα:



Νόμος του Ohm

Ο **νόμος του Ohm** είναι ένας από τους θεμελιώδεις νόμους για ηλεκτρικές διατάξεις. Συνδέει με μία σχέση τα τρία βασικά μεγέθη που αφορούν τα ηλ. κυκλώματα, την τάση (V), το ρεύμα (I) και την αντίσταση (R). Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm, η διαφορά δυναμικού στα άκρα μιας αντίστασης είναι ανάλογη με το ρεύμα που την διαρρέει,

δηλαδή ισχύει ο τύπος: $V_R = R \cdot I$, όπου V_R η διαφορά δυναμικού σε Volt (V), R η αντίσταση σε Ohm (Ω) και I το ρεύμα σε Ampere (A).



Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής :

Αντιστάσεις : 1k Ω , 1.2k Ω , 10k Ω , 100 k Ω

Πολυτροπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

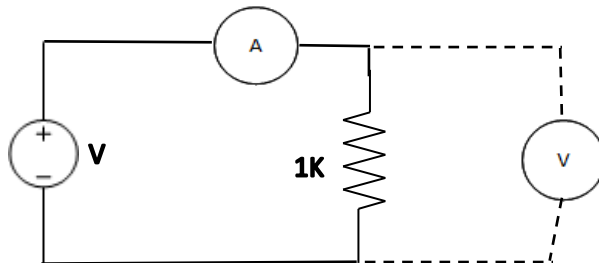
Πολύμετρο x2

Τροφοδοτικό

Βήματα του πειράματος

1. Ρυθμίστε το πολύμετρο έτσι ώστε να μετράει αντίσταση. Παρατηρήστε και καταγράψτε τι δείχνει όταν δεν είναι συνδεδεμένο κάτι ανάμεσα στους ακροδέκτες του και τι δείχνει όταν είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους (βραχυκυκλωμένοι).
2. Ανοίξτε το τροφοδοτικό και ρυθμίστε το να έχει τάση +15V. Με το πολύμετρο μετρήστε την τάση και καταγράψτε την.
Το πολύμετρο όταν χρησιμοποιείται ως βολτόμετρο το συνδέουμε **ΠΑΝΤΑ παράλληλα** στα στοιχεία του κυκλώματος.
3. Μετρήστε με την βοήθεια του πολυμέτρου τις αντιστάσεις που θα σας δοθούν και καταγράψτε τις τιμές.
4. Συνδέστε σε σειρά μία αντίσταση με ονομαστική τιμή 100K Ω και μία αντίσταση 1.2K Ω . Μετρήστε με το πολύμετρο τις αντιστάσεις και την συνολική αντίσταση και καταγράψτε τα αποτελέσματα. Συμφωνούν οι μετρήσεις με τον τύπο που δίνει την ολική αντίσταση για αντιστάσεις συνδεδεμένες σε σειρά; Παρατηρείστε ότι η συνολική αντίσταση είναι περίπου ίση με την πολύ μεγάλη αντίσταση.
5. Συνδέστε παράλληλα μία αντίσταση 100K Ω , μία αντίσταση 10K Ω . Μετρήστε με το πολύμετρο τις αντιστάσεις και την συνολική αντίσταση και καταγράψτε τα αποτελέσματα. Συμφωνούν οι μετρήσεις με τον τύπο που δίνει την ολική αντίσταση για αντιστάσεις συνδεδεμένες παράλληλα; Παρατηρείστε ότι η συνολική αντίσταση είναι περίπου ίση με την πολύ μικρή αντίσταση.
6. Συνδέστε παράλληλα δύο αντιστάσεις 10K Ω . Μετρήστε με το πολύμετρο τις αντιστάσεις και την συνολική αντίσταση, καταγράψτε και εξηγήστε το αποτέλεσμα.

7. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα με $V=5V$ αφού πρώτα έχετε μετρήσει και καταγράψει την τιμή της αντίστασης που έχει ονομαστική τιμή 1000Ω . Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν πως συνδέεται το βολτόμετρο:



8. Με την βοήθεια του πολυμέτρου ως βολτόμετρο μετρήστε την τάση επάνω στην αντίσταση και καταγράψτε την. Με την βοήθεια του πολυμέτρου ως αμπερόμετρο μετρήστε το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα και καταγράψτε το. Συμφωνεί με την θεωρητική τιμή που δίνει ο νόμος του Ohm;
9. Αλλάξτε την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος σε $10V$, $15V$ και $20V$. Για κάθε τιμή της τάσης τροφοδοσίας επαναλάβετε το βήμα 8. Φτιάξτε την γραφική παράσταση με τις τάσεις στον άξονα των x και τα αντίστοιχα ρεύματα στον άξονα των y . Τι παρατηρείτε για την σχέση ρεύματος τάσης;

Πείραμα 2^ο – Διαιρέτης Τάσης – Διαιρέτης Ρεύματος- Θεώρημα Thevenin

Σκοπός της άσκησης είναι η κατανόηση του διαιρέτη τάσης του διαιρέτη ρεύματος και του θεωρήματος Thevenin με την κατασκευή κυκλωμάτων.

Απαραίτητες γνώσεις

ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ

Όταν πολλές αντιστάσεις είναι **συνδεδεμένες σε σειρά** τότε τις διαρρέει το ίδιο ηλεκτρικό ρεύμα και ισχύει ο τύπος : $R_{ολ} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

Η αρχή διαίρεσης τάσης λέει ότι :

Η τάση της πηγής μοιράζεται στις αντιστάσεις ανάλογα με την τιμή τους. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της αντίστασης, τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση τάσης στα άκρα της και ισχύει ο τύπος : $V_n = V_{in} \cdot R_n / R_{ολ}$

όπου V_n είναι η τάση στα άκρα της αντίστασης R_n , V_{in} είναι η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος και $R_{ολ}$ είναι η συνολική αντίσταση του κυκλώματος.

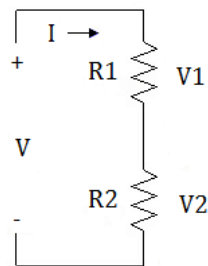
ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όταν πολλές αντιστάσεις είναι **συνδεδεμένες παράλληλα** έχουν ίση διαφορά δυναμικού στα άκρα τους και ισχύει ο τύπος : $1/R_{ολικό} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$.

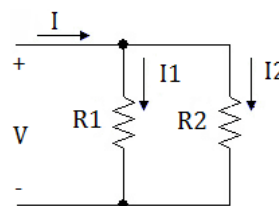
Στα κυκλώματα αυτά ισχύει ότι το ρεύμα της πηγής μοιράζεται στις αντιστάσεις αντιστρόφως ανάλογα με την τιμή τους. Δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της αντίστασης τόσο μικρότερο ρεύμα θα την διαρρέει. Αυτή είναι η αρχή της διαίρεσης

ρεύματος και ισχύει ο τύπος $I_n = I_{ολικό} \cdot \frac{1/R_n}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} = I_{ολικό} \cdot \frac{R_{ολικό}}{R_n}$

Διαιρέτης τάσης:



Διαιρέτης ρεύματος:



ΘΕΩΡΗΜΑ THEVENIN

Το θεώρημα Thevenin μας δίνει ένα απλό κύκλωμα που μπορεί να αντικαταστήσει ένα άλλο (πιο πολύπλοκο). Αυτό σημαίνει ότι είτε το κύκλωμα Thevenin χρησιμοποιήσουμε είτε το πολύπλοκο το αποτέλεσμα θα είναι το ίδιο. Το κύκλωμα Thevenin αποτελείται από μια πηγή τάσης και από μια αντίσταση (ή πιο γενικά μια εμπέδηση) συνδεδεμένες σε σειρά.

Δύο συνηθισμένοι όροι στα ηλεκτρονικά είναι το βραχυκύκλωμα και το ανοικτοκύκλωμα:

Βραχυκύκλωμα έχουμε όταν δύο σημεία είναι ενωμένα, ή μεταξύ τους υπάρχει μηδενική αντίσταση, επομένως 0 τάση.

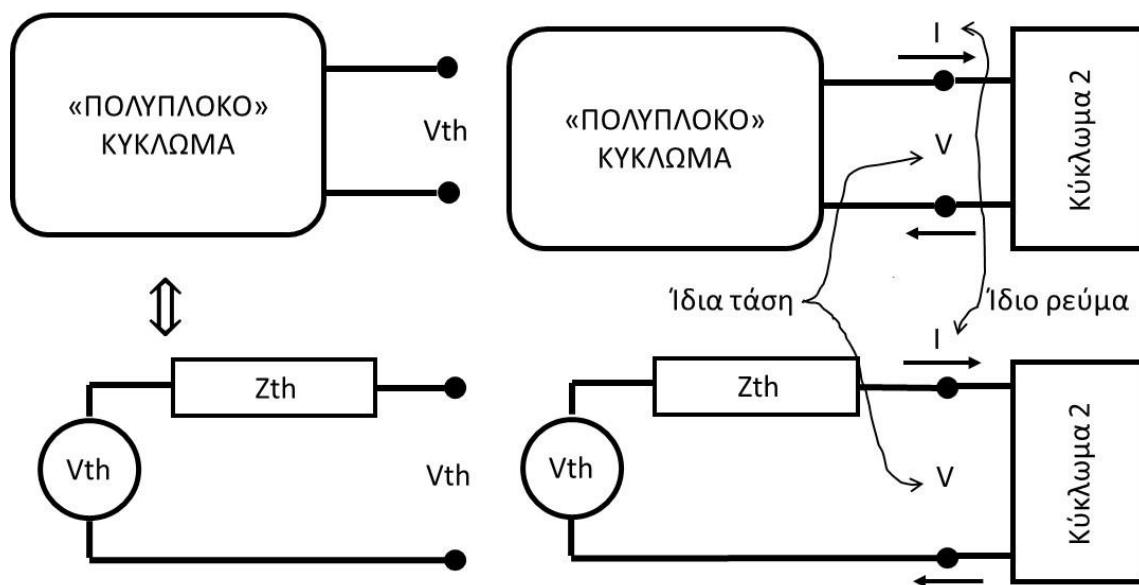
Ανοικτοκύκλωμα έχουμε όταν δύο σημεία δεν είναι ενωμένα, ή μεταξύ τους υπάρχει άπειρη αντίσταση επομένως 0 ρεύμα πάει από το ένα σημείο στο άλλο.

Σύμφωνα με το θεώρημα Thevenin:

Η τιμή της τάσης της πηγής είναι η τιμή της τάσης ανάμεσα στους ακροδέκτες του πολύπλοκου κυκλώματος στους οποίους δεν έχουμε συνδέσει τίποτε.

Η τιμή της αντίστασης (εμπέδησης) είναι αυτή που προκύπτει αν στο εσωτερικό του πολύπλοκου κυκλώματος ανοικτοκυκλώσουμε (μηδενίσουμε) τις ανεξάρτητες πηγές ρεύματος και βραχυκυκλώσουμε (μηδενίσουμε) τις ανεξάρτητες πηγές τάσης και βρούμε την αντίσταση που προκύπτει ανάμεσα στους ακροδέκτες του.

Η λειτουργία του ισοδύναμου κυκλώματος Thevenin φαίνεται παρακάτω:



Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής :

Αντιστάσεις : 1.2kΩ, 10kΩ x3, 100 kΩ

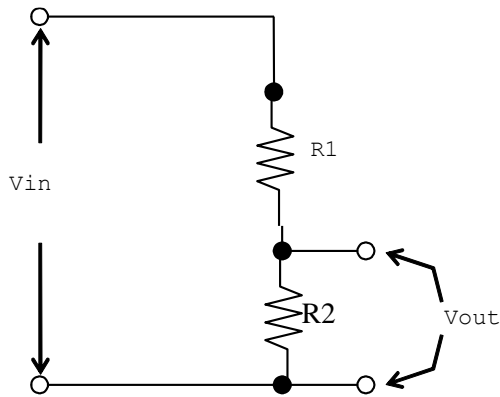
Πολυτροπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

Πολύμετρο x2

Τροφοδοτικό

Βήματα του πειράματος

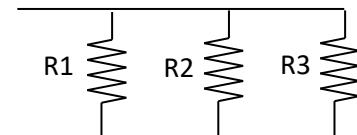
1. Με την βοήθεια του πολυμέτρου μετρήστε τις αντιστάσεις που σας δόθηκαν και καταγράψτε τις.
2. Φτιάξτε τον διαιρέτη τάσης που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Εφαρμόστε στην είσοδό του V_{in} μια τιμή τάσης (όποια θέλετε) ανάμεσα στα 8 και 15 V:



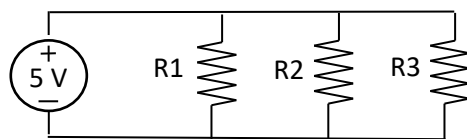
3. Για διάφορες τιμές αντιστάσεων R_1 και R_2 μετρήστε την V_{out} και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

V_{in} σε Volts	V_{out} σε Volts	V_{out}/V_{in}	R_1 σε ΚΩhms	R_2 σε ΚΩhms	$R_2/(R_1+ R_2)$

4. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα χρησιμοποιώντας τις αντιστάσεις που σας δόθηκαν:

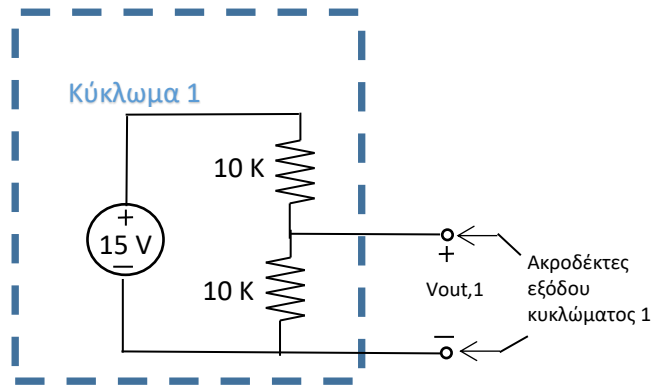


5. Μετρήστε το $R_{ολ}$ και υπολογίστε το θεωρητικά με τις τιμές των αντιστάσεων που μετρήσατε. Συμφωνεί;
6. Συνδέστε το τροφοδοτικό μετρήστε και καταγράψτε τα ρεύματα σε κάθε κλάδο του κυκλώματος.

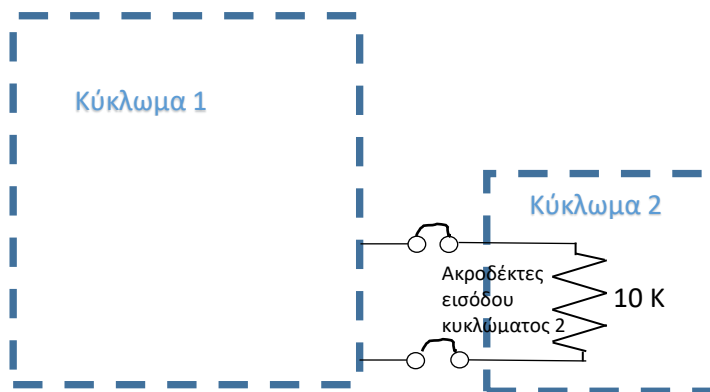


Υπολογίστε θεωρητικά τα ρεύματα. Επιβεβαιώνεται η αρχή διαίρεσης ρεύματος;

7. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα (κύκλωμα 1, «πολύπλοκο»):



8. Μετρήστε την V_{TH} με την βοήθεια του πολυμέτρου και καταγράψτε την. Επιβεβαιώστε ότι η θεωρητική τιμή του V_{TH} συμφωνεί με την μέτρησή σας.
9. Βραχυκυκλώστε τους ακροδέκτες του κυκλώματος 1 που συνδέονται στην πηγή τάσης V_{in} , δηλ. αλλάξτε το V_{in} από 15 V σε 0V. Μετρήστε την αντίσταση ανάμεσα στους ακροδέκτες εξόδου του κυκλώματος και καταγράψτε την. Επιβεβαιώστε ότι η θεωρητική τιμή του R_{TH} συμφωνεί με την μέτρησή σας.
10. Ξαναβάλτε την πηγή τάσης 15 V στο κύκλωμα 1 και συνδέστε το κύκλωμα 2 στους ακροδέκτες εξόδου του κυκλώματος 1. Με την βοήθεια του πολυμέτρου μετρήστε την τάση και το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα 2.



11. Να κατασκευάσετε το ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin με R_{TH} και V_{TH} τις τιμές που βρήκατε. Να συνδέσετε το κύκλωμα 2 στους ακροδέκτες εξόδου του ισοδύναμου κυκλώματος Thevenin και να μετρήσετε την τάση και το ρεύμα στο κύκλωμα 2 και επιβεβαιώστε ότι είναι ίδια με αυτά που βρήκατε στο βήμα 10.

Πείραμα 3^ο – Εξοικείωση με τα όργανα του εργαστηρίου II Γεννήτρια Συχνοτήτων – Παλμογράφος

Σκοπός της άσκησης είναι η γνωριμία και εξοικείωση με την γεννήτρια συχνοτήτων και τον παλμογράφο.

Απαραίτητες γνώσεις

Γεννήτρια Συχνοτήτων

Η γεννήτρια συχνοτήτων είναι μία συσκευή που υλοποιεί την πηγή μεταβαλλόμενης τάσης σε συνάρτηση με τον χρόνο. **Παράγει μια μεταβαλλόμενη διαφορά δυναμικού (κυματομορφή) στην έξοδό της σε σχέση με την γη του δικτύου**

Το κυκλωματικό σύμβολο της πηγής μεταβαλλόμενης τάσης σε συνάρτηση με τον χρόνο



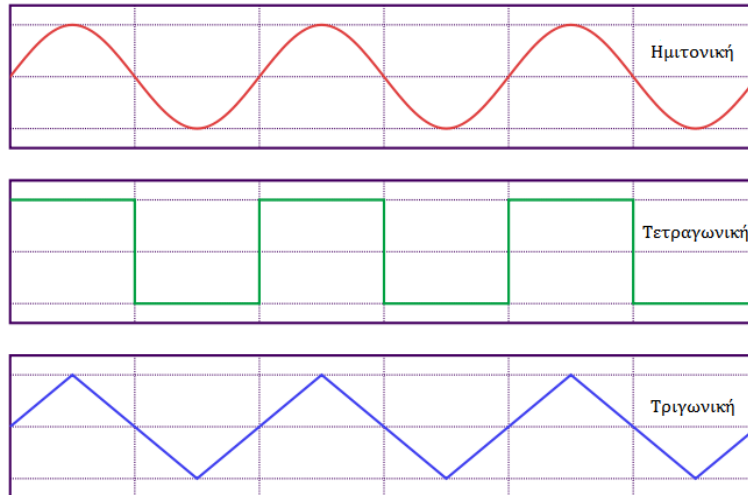
Η γεννήτρια που θα χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο φαίνεται παρακάτω:



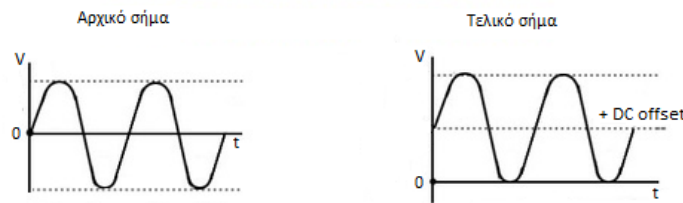
Το ομοαξονικό καλώδιο που συνδέει μια έξοδο της γεννήτριας με το κύκλωμα έχει δύο ακροδέκτες. Ο ένας ακροδέκτης τροφοδοτεί με τάση το σημείο του κυκλώματος που ενώνεται με τον εσωτερικό αγωγό του καλωδίου, ενώ ο άλλος πρέπει να βρίσκεται στην γείωση του κυκλώματος γιατί ενώνεται με τον εξωτερικό αγωγό του καλωδίου και το μεταλλικό περίβλημα της γεννήτριας που είναι συνδεδεμένο με τη γη του δικτύου της ΔΕΗ.



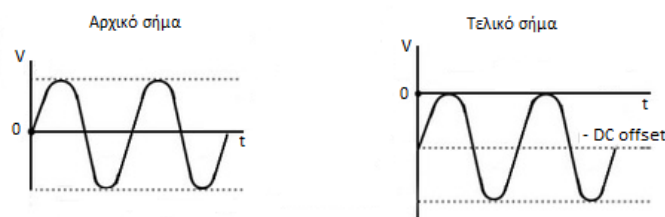
Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται οι κυματομορφές που μπορεί να παράγει μια τυπική γεννήτρια συχνοτήτων.



Η γεννήτρια έχει μία ρύθμιση μετατόπισης κυματομορφής (OFFSET), τότε μπορεί να τροφοδοτήσει την κυματομορφή με μία σταθερή τάση που την μετατοπίζει προς τα θετικά ή αρνητικά. Ένα παράδειγμα αυτής της ρύθμισης φαίνεται παρακάτω:



(α) Θετική μετατόπιση



(β) Αρνητική μετατόπιση

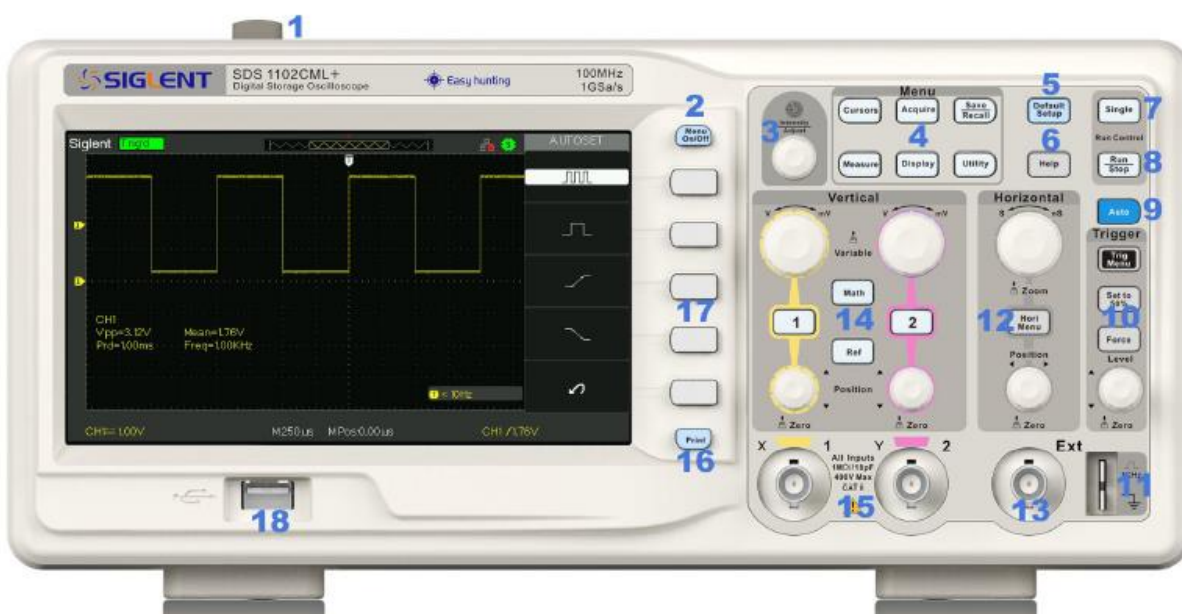
Για την λειτουργία της γεννήτριας συχνοτήτων εκτελούμε τα εξής:

1. Την ενεργοποιούμε.
2. Ρυθμίζουμε το είδος της κυματομορφής.
3. Ρυθμίζουμε την συχνότητα.
4. Ρυθμίζουμε το πλάτος της κυματομορφής.
5. Ρυθμίζουμε την μετατόπιση της κυματομορφής αν υπάρχει και απαιτείται.
6. Συνδέουμε πρώτα την έξοδο της συσκευής με τον παλμογράφο για επιβεβαίωση.

7. Αποσυνδέουμε την έξοδο από τον παλμογράφο και την συνδέουμε με το κύκλωμα.
8. Για οποιαδήποτε αλλαγή στο κύκλωμα, την απενεργοποιούμε προσωρινά, γίνονται οι αλλαγές και την επανενεργοποιούμε.
9. Όταν τελειώσουμε την εργασία, απενεργοποιούμε την γεννήτρια κυματομορφών και αποσυνδέουμε τα καλώδια.

Παλμογράφος

Ο παλμογράφος χρησιμοποιείται για την παρατήρηση της μορφής της διαφοράς δυναμικού (τάσης) ενός σημείου του κυκλώματος από την γη (0) του δικτύου της ΔΕΗ σε σχέση με τον χρόνο. Με την βοήθεια του πλέγματος στην οθόνη μπορούμε να πάρουμε μετρήσεις για την τάση και την περίοδο μίας επαναλαμβανόμενης κυματομορφής, αλλά και να συγκρίνουμε δύο κυματομορφές, μιας και στον παλμογράφο υπάρχουν δύο η περισσότερα κανάλια εισόδου. Υπάρχουν δύο τύποι παλμογράφων ο αναλογικός και ο ψηφιακός. Θα χρησιμοποιήσουμε τον ψηφιακό παλμογράφο που βλέπετε στην παρακάτω εικόνα:



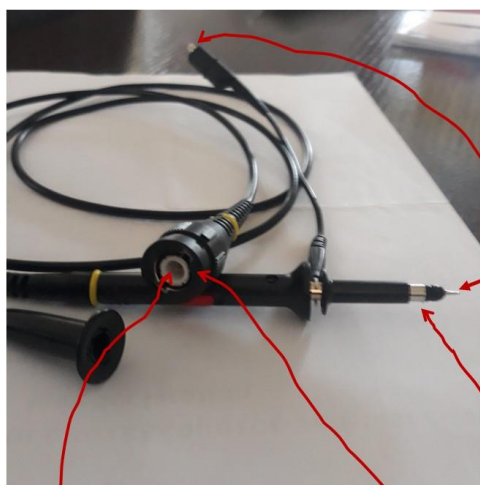
1	Διακόπτης λειτουργίας
2	Εμφάνιση - απόκρυψη μενού επιλογών που εμφανίζονται δίπλα στην οθόνη
3	Ένταση φωτεινότητας οθόνης και άλλες λειτουργίες π.χ. μετακίνηση κέρσορα στην οθόνη
4	Περιοχή με κουμπιά για ρύθμιση μετρήσεων, χρώματα οθόνης, τρόπου εμφάνισης της κυματομορφής κλπ.
5	Επαναφορά των προεπιλεγμένων ρυθμίσεων.
6	Κουμπί για εμφάνιση βοήθειας.
7	Κουμπί για λήψη ενός μόνο στιγμιότυπου της κυματομορφής.

8	Κουμπί για με το οποίο σταματάμε και ξαναρχίζουμε την καταγραφή κυματομορφής
9	Αυτόματη ρύθμιση. Ο παλμογράφος θα ρυθμίσει την οριζόντια κλίμακα χρόνου, την κατακόρυφη κλίμακα και την σκανδάλη έτσι ώστε να φαίνεται η κυματομορφή.
10	Περιοχή με κουμπιά ελέγχου της «σκανδάλης» (Trigger)
11	Ακροδέκτης από τον οποίο μπορούμε να πάρουμε έναν τετραγωνικό παλμό πλάτους 3.16 V και συχνότητας 1 kHz.
12	Περιοχή με κουμπιά ελέγχου της οριζόντιας κλίμακας χρόνου του παλμογράφου. Δηλαδή πόσος χρόνος αντιστοιχεί σε μία οριζόντια υποδιαίρεση στην οθόνη
13	Υποδοχή εισόδου για σήμα που θα καθορίζει τις χρονικές στιγμές σκανδαλισμού (trigger) του παλμογράφου
14	Περιοχή με κουμπιά ελέγχου της κατακόρυφης κλίμακας του παλμογράφου. Δηλαδή πόση τάση αντιστοιχεί σε μία κατακόρυφη υποδιαίρεση στην οθόνη και σε ποιο ύψος βρίσκονται τα 0 volts
15	Δύο υποδοχές εισόδου για τις δύο κυματομορφές που μπορεί να δείχνει ο παλμογράφος
16	Κουμπί για εκτύπωση στιγμιότυπου οθόνης
17	Κουμπιά επιλογών μενού που εμφανίζονται π.χ. με την χρήση των κουμπιών της περιοχής 4
18	Υποδοχή USB host

Το κυκλωματικό σύμβολο που χρησιμοποιούμε για τον παλμογράφο είναι το:



Τα σήματα τα φέρνουμε στις δύο εισόδους του παλμογράφου με την χρήση του probe



“Μύτη” του probe. Ακουμπάει στο σημείο του κυκλώματος του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την διαφορά δυναμικού σε σχέση με την γη (0 - GND) του δικτύου της ΔΕΗ στο οποίο συνδέονται τα

«Γλωσσάκι» με το οποίο μπαίνει το σήμα στον παλμογράφο

Επάνω στο probe υπάρχει ένας διακόπτης που ρυθμίζει την εμφάνιση του σήματος σε κανονική μορφή (x1) ή πολλαπλασιασμένο επί 10 (x10). Εάν χρειάζεται να ρυθμιστεί το σήμα στα x10 τότε θα πρέπει να προσαρμοστεί η ανάλογη ρύθμιση στον παλμογράφο. Στα πειράματα θα πρέπει να ελέγχεται αν ο διακόπτης είναι στην επιλογή x1 για να εμφανίζεται το σήμα στην οθόνη του παλμογράφου.

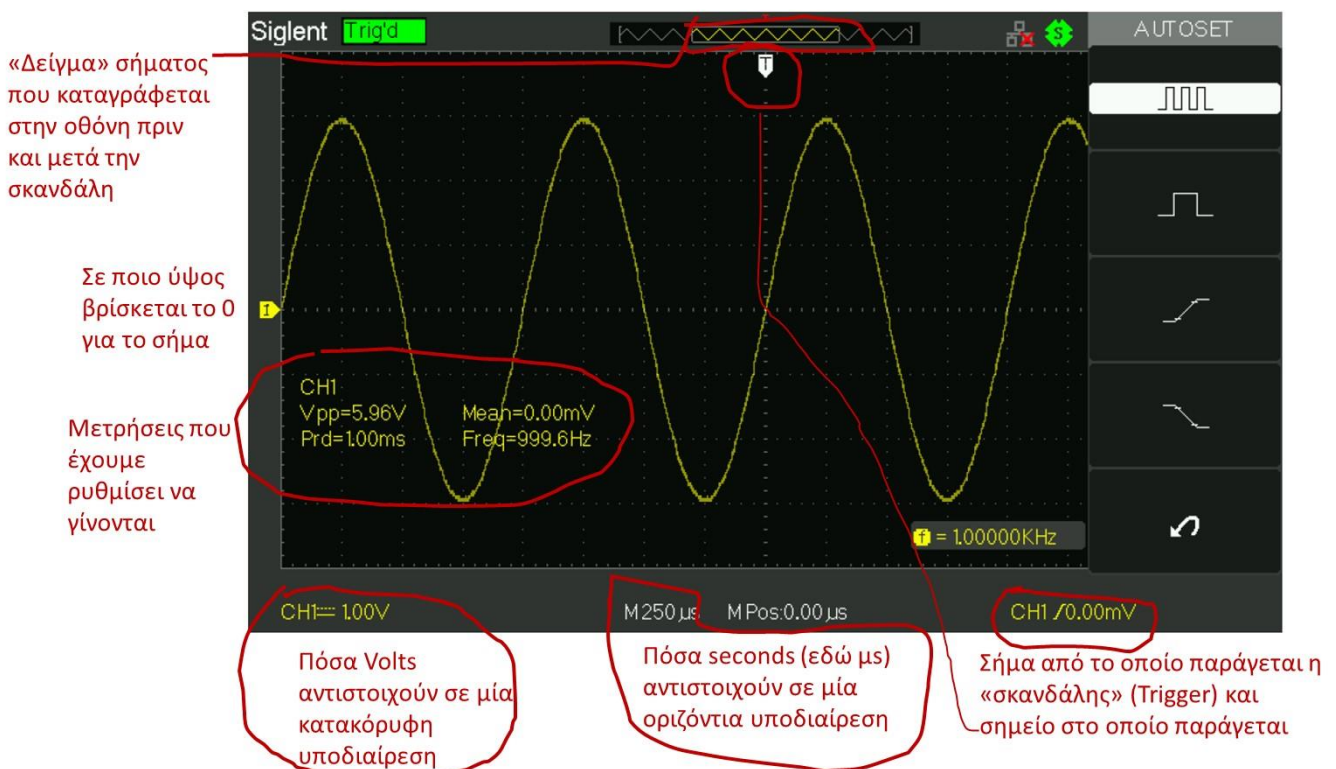
Πρέπει να υπάρχει η γνώση για πως υπολογίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά ενός σήματος από την οθόνη ανεξαρτήτως αν είναι αναλογικός ή ψηφιακός παλμογράφος, αυτά είναι:

- Η τάση, που την βρίσκουμε μετρώντας τα κάθετα κουτάκια της οθόνης από το GND της κυματομορφής μέχρι το επιθυμητό σημείο (θετικό ή αρνητικό) και τα πολλαπλασιάζουμε με την ένδειξη του διακόπτη Volts/Div. Η περίοδος, που την βρίσκουμε μετρώντας τα οριζόντια κουτάκια της οθόνης για μία περίοδο του σήματος και έπειτα πολλαπλασιάζεται με την ένδειξη του διακόπτη Time/Div.
- Εδώ θα πρέπει να γνωρίζουμε τα εξής σχετικά με την περίοδο και την συχνότητα μιας κυματομορφής:

A. Περίοδος (T) μιας κυματομορφής είναι ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μία κυματομορφή, μονάδα μέτρησης είναι (sec).

B. Συχνότητα (f) μίας κυματομορφής είναι ο αριθμός επαναλήψεων της κυματομορφής στην μονάδα του χρόνου. Μονάδα μέτρησης είναι το Hertz (Hz) και ισχύει ο τύπος : $f=1/T$ και $f=\omega/2\pi$

Εδώ βλέπετε βασικές πληροφορίες που δίνει ο παλμογράφος:

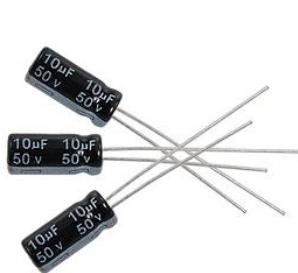


Όταν πρέπει να παρατηρηθεί μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα σε δύο σημεία του κυκλώματος που ούτε το ένα ούτε το άλλο είναι συνδεδεμένο στη γη του δικτύου της ΔΕΗ, τότε χρησιμοποιούμε το ένα κανάλι του παλμογράφου για να βλέπουμε το πρώτο σημείο, το άλλο για να βλέπουμε το δεύτερο σημείο και με το κουμπί MATH επιλέγουμε το (V1-V2):

Να μελετήσετε το εγχειρίδιο χρήσης του παλμογράφου που είναι αναρτημένο στο eclass

Πυκνωτής

- Ο πυκνωτής είναι ένα ηλεκτρικό στοιχείο με δύο ακροδέκτες που στο εσωτερικό του μπορεί να αποθηκεύσει ηλεκτρικό φορτίο, άρα ηλεκτρική ενέργεια, όταν τεθεί υπό τάση. Αποτελείται από δύο παράλληλους αγωγούς (οπλισμούς) στους οποίους ανάμεσά τους παρεμβάλλεται μονωτικό υλικό.



Αλουμινίου



Κεραμικοί



Τανταλίου



Κεραμικοί SMD

- Υπάρχουν διάφοροι τύποι πυκνωτών. Οι πιο κοινοί είναι οι κεραμικοί και οι ηλεκτρολυτικοί από αλουμίνιο ή από ταντάλιο. Οι ηλεκτρολυτικοί έχουν πολικότητα, οπότε πρέπει να τοποθετηθούν σωστά αλλιώς δεν θα λειτουργούν ή θα χαλάσουν. Πιο συγκεκριμένα, πάνω σε αυτούς τους πυκνωτές αναγράφεται ποιος είναι ο θετικός ή ο αρνητικός ακροδέκτης, επομένως προς την πιο θετική τάση τοποθετείται ο θετικός ακροδέκτης τους και προς την πιο αρνητική τάση τοποθετείται ο αρνητικός ακροδέκτης.
- Το σημαντικό χαρακτηριστικό του πυκνωτή είναι η χωρητικότητα του, που συμβολίζεται με C . Αυτή εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πυκνωτή και από την φύση του διηλεκτρικού ανάμεσα στους οπλισμούς του. Η τιμή της χαρακτηρίζει την ικανότητα αποθήκευσης φορτίου και εκφράζεται σε Farads (F).
- Ο πυκνωτής παρουσιάζει σύνθετη αντίσταση (εμπέδηση) που ισούται με $Z_c = -j \cdot X_c$ όπου $X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$ και f είναι η συχνότητα του σήματος. Επομένως, ανάλογα με το γινόμενο $f \cdot C$ αλλάζει η σύνθετη αντίσταση του στοιχείου:
 - Όταν ο παρανομαστής τείνει στο 0 τότε η αντίσταση του πυκνωτή τείνει στο άπειρο.
 - Όταν ο παρανομαστής τείνει στο άπειρο τότε η αντίσταση του πυκνωτή τείνει στο 0.

Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής :

Αντίσταση 10KΩ

Πυκνωτής 1nF

Πολυτρυπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

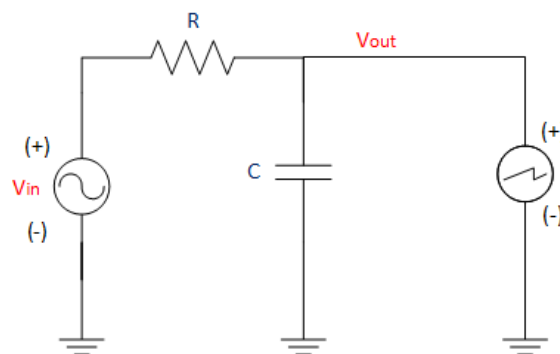
Πολύμετρο

Γεννήτρια Συχνοτήτων

Παλμογράφος

Βήματα του πειράματος

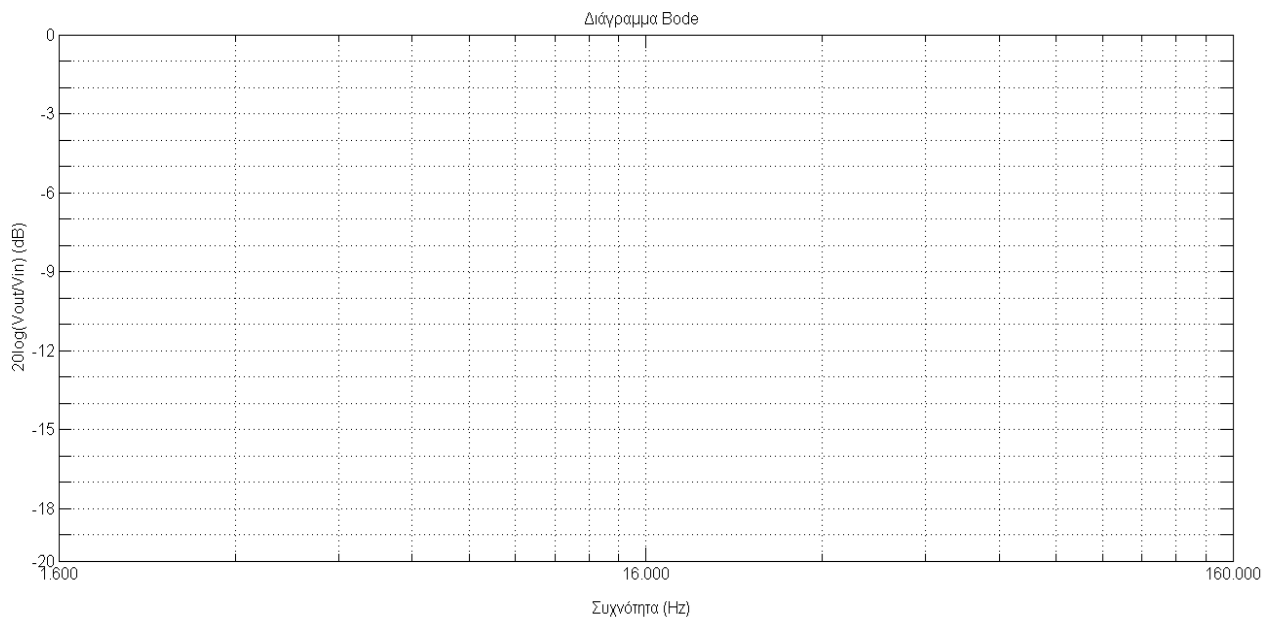
1. Επιβεβαιώστε με την χρήση του πολυμέτρου ότι το εξωτερικό μεταλλικό περίβλημα του συνδετήρα εισόδου του σήματος στον παλμογράφο συνδέεται με την γη του δικτύου της ΔΕΗ.
2. Κάνετε το ίδιο για το εξωτερικό περίβλημα της εξόδου της γεννήτριας κυματομορφών.
3. Περιγράψτε πως κάνατε τα βήματα 1 και 2.
4. Συνδέστε την έξοδο A της γεννήτριας κυματομορφών στην είσοδο 1 του παλμογράφου και προσπαθήστε να πάρετε σήμα έχοντας την σκανδάλη (TRIGGER) του παλμογράφου στη θέση AUTO. Οι εισοδοί του παλμογράφου να είναι στην ρύθμιση DC coupling.
 - i. Καταγράψτε την κυματομορφή, την ρύθμιση time/div και την ρύθμιση Volt/div.
 - ii. Πόσο πλάτος και πόση συχνότητα δίνει η μέτρηση του παλμογράφου.
 - iii. Συμφωνούν οι μετρήσεις από τον παλμογράφο με τις ρυθμίσεις της γεννήτριας;
5. Αλλάξτε την ρύθμιση με την ένδειξη OFFSET της γεννήτριας. Καταγράψτε τι αλλάζει στην μορφή που παίρνετε στον παλμογράφο. Βάλτε την είσοδο του παλμογράφου στη ρύθμιση AC. Τι παρατηρείτε και γιατί;
6. Βάλτε την σκανδάλη του παλμογράφου στη θέση Normal (Πατάμε το κουμπί Trig Menu και στην οθόνη επιλέγουμε Trigger Type Edge και Trigger Mode Normal) και αλλάξτε με το περιστροφικό κουμπί το TRIGGER LEVEL έτσι ώστε να βγει εκτός του μεγίστου πλάτους της κυματομορφής. Κατόπιν μειώστε το πλάτος του σήματος που παράγει η γεννήτρια. Μεταβάλλεται κάτι στην οθόνη;.Μετά αυξήστε το πλάτος του σήματος που παράγει η γεννήτρια πάνω από το TRIGGER LEVEL. Τι παρατηρείτε;
7. Βρείτε που αναγράφεται η αντίσταση εξόδου της γεννήτριας συχνοτήτων και καταγράψτε την. Περιγράψτε ένα κύκλωμα το οποίο αν το συνδέσετε στην γεννήτρια συχνοτήτων θα δώσει την μισή τάση από αυτήν που βγάζει η γεννήτρια όταν αυτό δεν είναι συνδεδεμένο.
8. Φτιάξτε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος βάζοντας $R=10K\Omega$ και $C=1nF$, με τάση εισόδου ένα ημίτονο πλάτους 1V και παίρνοντας την τάση εξόδου από τον παλμογράφο.



Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα για τις διαφορετικές συχνότητες της τάσης εισόδου:

F (Hz)	V_{in} (Volts)	V_{out} (Volts)	$20\log_{10}\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)(dB)$
1600	1		
3200	1		
6400	1		
12800	1		
16000	1		
32000	1		
64000	1		
128000	1		
160000	1		

9. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων φτιάξτε την παρακάτω γραφική παράσταση, λέγεται διάγραμμα Bode για το πλάτος. Μπορείτε να φτιάξετε το διάγραμμα αυτό χρησιμοποιώντας εντολές του Octave.



Πείραμα 4^ο – Δίοδος I

Σκοπός του πειράματος είναι η κατανόηση των περιοχών λειτουργίας της διόδου.

Απαραίτητες γνώσεις

Δίοδος

Η διόδος είναι ένα ηλεκτρικό στοιχείο με δύο ακροδέκτες. Αποτελείται από έναν ημιαγωγό τύπου p σε επαφή με έναν ημιαγωγό τύπου n. Ο ακροδέκτης που συνδέεται στον ημιαγωγό τύπου p λέγεται άνοδος και αυτός που συνδέεται στον ημιαγωγό τύπου n λέγεται κάθοδος. Η διόδος επιτρέπει την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος από την άνοδο προς την κάθοδο, ενώ δεν επιτρέπει ροή ρεύματος προς την αντίθετη κατεύθυνση.

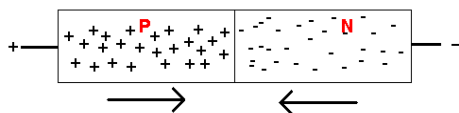


Δίοδος

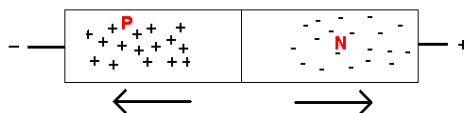
Δίοδος SMD

Ένας ημιαγωγός p έχει πολύ λιγότερα κινούμενα ελεύθερα ηλεκτρόνια από τα κινούμενα θετικά του φορτία (τις οπές). Αντίθετα ένας ημιαγωγός n έχει πολύ περισσότερα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Όταν τα δυο είδη ημιαγωγών έρθουν σε επαφή δημιουργούν μεταξύ τους μία περιοχή απογύμνωσης από κινούμενα φορτία. Ανάλογα με την εξωτερική τάση στην διόδο, αυτή η περιοχή μικραίνει ή μεγαλώνει. Όταν μικραίνει δεν εμποδίζεται η κίνηση των ηλεκτρονίων και των οπών από την περιοχή που είναι πολλά προς την περιοχή που είναι λίγα. Η κίνηση των ηλεκτρονίων και των οπών δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα.

Η διόδος άγει σε μικρή περιοχή απογύμνωσης:

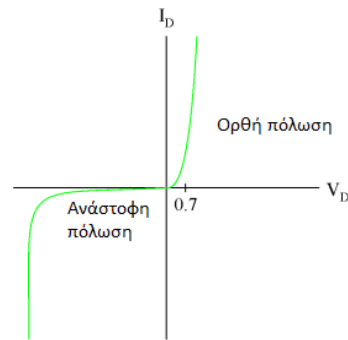


Η διόδος δεν άγει σε μεγάλη περιοχή απογύμνωσης:



Η εξωτερική τάση στη διόδο δημιουργεί δύο περιοχές λειτουργίας, την ορθή και την ανάστροφη πόλωση:

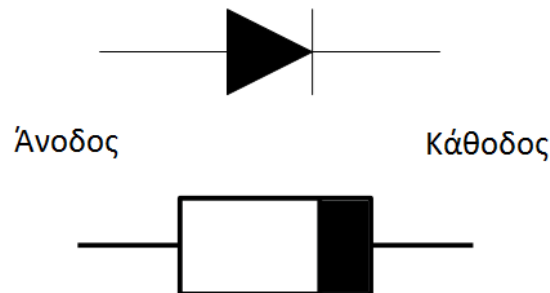
- Όταν η τάση του κυκλώματος στην άνοδο είναι μεγαλύτερη από την κάθοδο λέγεται ότι η διόδος είναι ορθά πολωμένη και αφήνει το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει.
- Στην αντίθετη περίπτωση που η τάση της ανόδου είναι μικρότερη από την κάθοδο λέγεται ότι η διόδος είναι ανάστροφα πολωμένη και αποκόπτει το περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα.



Ενδεικτικά κυκλώματα στα οποία η διάδος βρίσκεται εφαρμογή είναι: ο περιοριστής, ο ημιανορθωτής, ο πλήρης ανορθωτής, ο ανιχνευτής κορυφών, ο πολλαπλασιαστής τάσης. Οι περιοριστές είναι κυκλώματα που μειώνουν την τάση εξόδου, ενώ οι ανορθωτές είναι κυκλώματα που μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή.

Η διάδος στην ορθή πόλωση μπορεί να καταστραφεί αν το ηλεκτρικό ρεύμα I_D που την διαρρέει ξεπεράσει μία μέγιστη τιμή (πχ. για την 1N4148 $I_D = 200\text{mA}$). Στην ανάστροφα πολωμένη περιοχή, η διάδος καταστρέφεται αν ξεπεραστεί μία μέγιστη τάση (πχ. για την 1N4148 $V_D = -100\text{ Volt}$). Αυτές οι τιμές ορίζονται από τον κατασκευαστή της κάθε διάδος.

Η τοποθέτηση της διάδος στη πλακέτα με σωστή πολικότητα μπορεί να γίνει με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας.



Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής :

Αντιστάσεις : $1\text{K}\Omega \times 2$, $20\text{K}\Omega$

Διάδος : 1N4148

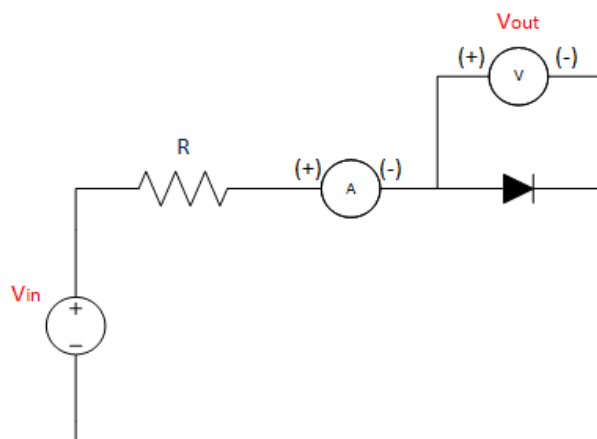
Πολυτροπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

Πολύμετρο $\times 2$

Τροφοδοτικό

Βήματα του πειράματος

- Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα. Δώστε $V_{in}=5V$ και στη θέση της αντίστασης R βάλτε τις αντιστάσεις $1K\Omega$ ή $20K\Omega$ και δείτε το ρεύμα από το αμπερόμετρο για κάθε περίπτωση. Βλέπετε ότι εδώ διατηρώντας σταθερή την τάση του τροφοδοτικού ($5V$), αλλάζετε το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα, μεταβάλλοντας μία αντίσταση.



- Για τις παρακάτω τιμές του ρεύματος πάρτε τις αντίστοιχες τιμές της τάσης εξόδου αλλάζοντας κατάλληλα κάθε φορά την τάση τροφοδοσίας.

	V_{in} (V)	I (mA)	V_{out} (mV)
20 KΩ		0,1	
		0,2	
		0,3	
		0,4	
		0,5	
		0,6	
		0,7	
		0,8	
		0,9	
1 KΩ		1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	

3. Αλλάξτε την πολικότητα της διόδου στο κύκλωμα. Δώστε διάφορες τιμές της τάσης τροφοδοσίας και σημειώστε τις ενδείξεις του αμπερομέτρου και του βολτομέτρου. Παρατηρήστε τι συμβαίνει στο κύκλωμα.

V_{in} (V)	I (mA)	V_{out} (V)

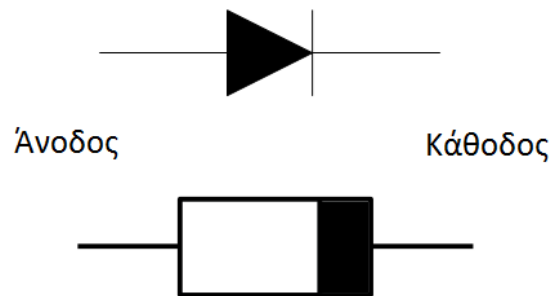
4. Αντικαταστήστε στο προηγούμενο κύκλωμα την δίοδο με μία αντίσταση 1 k Ω , ενώ βάλτε και την άλλη αντίσταση στο 1 k Ω (αν δεν την έχετε ήδη). Ρυθμίζοντας την τάση του τροφοδοτικού προσπαθήστε να πάρετε μετρήσεις του V_{out} για τιμές ρεύματος από 0.1mA ως 10 mA και να φτιάξετε έναν πίνακα παρόμοιο με αυτόν του βήματος 2.
5. Οργανώστε τα αποτελέσματα των πινάκων για την αντίσταση και την δίοδο σε μία γραφική παράσταση όπου το I θα είναι στον x άξονα και το V_{out} στον y άξονα και συγκρίνετε τις χαρακτηριστικές καμπύλες των δύο στοιχείων.

Πείραμα 5^ο – Δίοδος II

Ο σκοπός του πειράματος είναι η κατανόηση της λειτουργίας της διόδου ως περιοριστή τάσης.

Απαραίτητες γνώσεις

Η τοποθέτηση της διόδου στη πλακέτα με σωστή πολικότητα μπορεί να γίνει με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας.



Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής :

Αντίσταση : 1KΩ

Δίοδοι : 1N4148 x 2

Πολυτροπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

Πολύμετρο

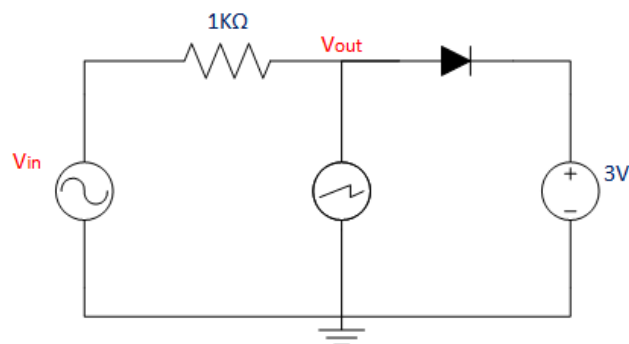
Τροφοδοτικό

Γεννήτρια Συχνοτήτων

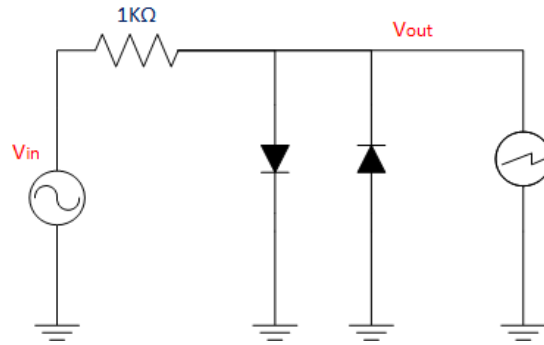
Παλμογράφος

Βήματα του πειράματος

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα. Θέστε το V_{in} ένα ημιτονικό σήμα από την γεννήτρια συχνοτήτων το οποίο να έχει πλάτος άνω των 3V (π.χ. 4V, 5V).



2. Καταγράψτε την κυματομορφή που λαμβάνετε και εξηγήστε την μορφή της.
3. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα. Οδηγήστε το κύκλωμα με ημιτονοειδή, τριγωνική και τετραγωνική κυματομορφή, με διάφορα πλάτη.



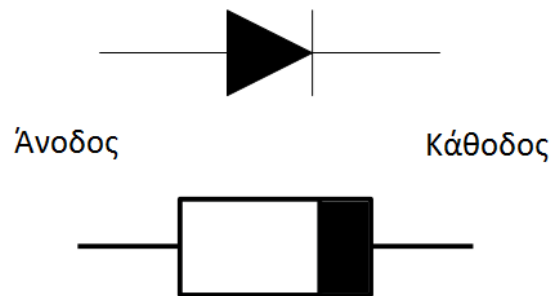
4. Καταγράψτε τις κυματομορφές που βλέπετε στη έξοδο και εξηγήστε γιατί εμφανίζονται τέτοιες.

Πείραμα 6^ο – Δίοδος III

Ο στόχος του πειράματος είναι η κατανόηση της λειτουργίας κυκλωμάτων ανόρθωσης με διόδους και η χρήση του πυκνωτή για εξομάλυνση της τάσης εξόδου του ανορθωτή.

Απαραίτητες γνώσεις

Η τοποθέτηση της διόδου στη πλακέτα με σωστή πολικότητα μπορεί να γίνει με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας.



Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής:

Αντίσταση: 1KΩ

Πυκνωτές: 1μF, 10μF

Δίοδοι: 1N4148 x4

Πολυτρυπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

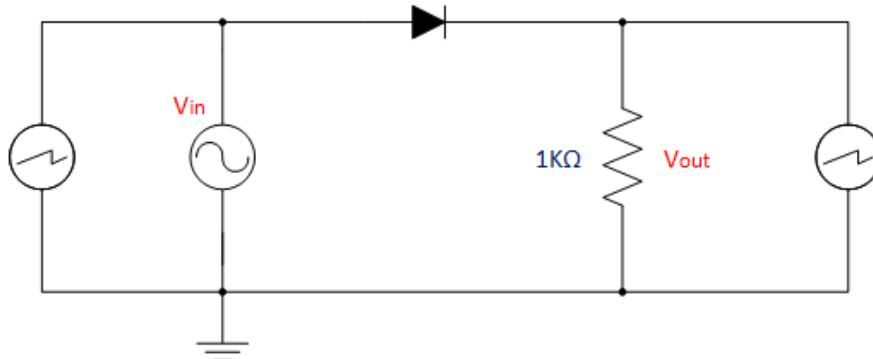
Πολύμετρο

Γεννήτρια συχνοτήτων

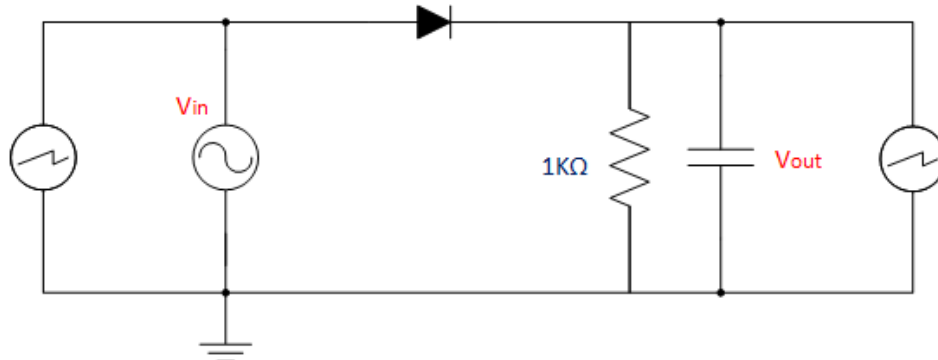
Παλμογράφος (με 2 κανάλια)

Βήματα πειράματος

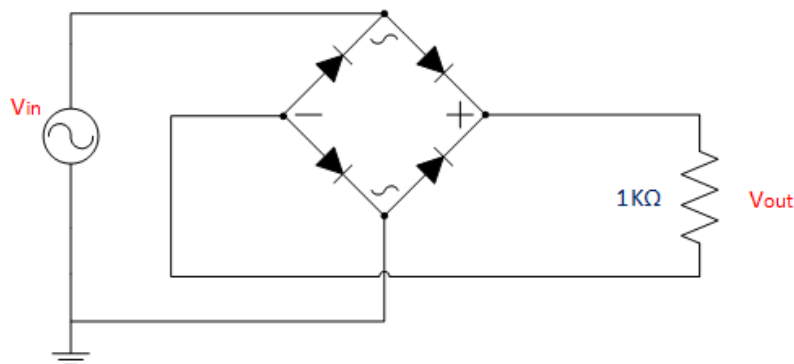
1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα, όπου $V_{in} = 5\eta\mu(2\pi 100t)$ (ρυθμίστε κατάλληλα την γεννήτρια συχνοτήτων) και συνδέστε στο ένα κανάλι του παλμογράφου το V_{in} και στο άλλο το V_{out} .



2. Καταγράψτε τις κυματομορφές των V_{in} και V_{out} . Εξηγήστε για ποιο λόγο η έξοδος έχει τέτοια μορφή.
3. Προσθέστε παράλληλα στην αντίσταση έναν πυκνωτή, όπως φαίνεται παρακάτω, δοκιμάζοντας τις τιμές $1\mu\text{F}$ και $10\mu\text{F}$. Καταγράψτε τι παρατηρείτε και δώστε εξήγηση.



4. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα δίνοντας $V_{in} = 5\sin(2\pi 100t)$.



5. Καταγράψτε από τον παλμογράφο τις κυματομορφές της V_{in} και της V_{out} . Εξηγήστε την μορφή της εξόδου σε σχέση με την είσοδο.
6. Προσθέστε στο κύκλωμα έναν πυκνωτή $10\mu\text{F}$ παράλληλα με την αντίσταση. Καταγράψτε από τον παλμογράφο την κυματομορφή της V_{out} .

Πείραμα 7^ο – Διπολικό Τρανζίστορ I – περιοχές λειτουργίας

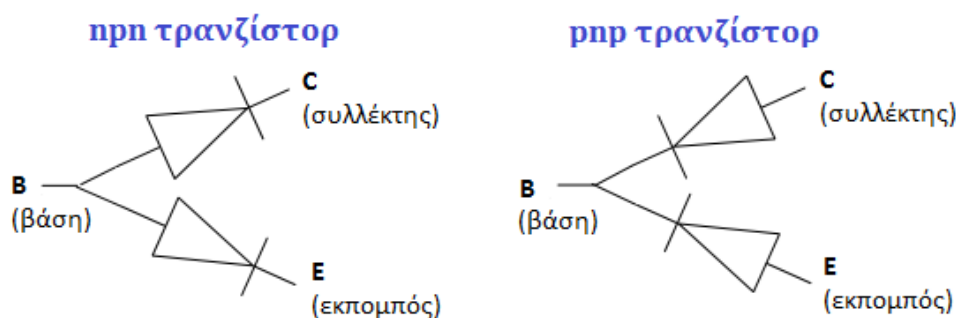
Ο σκοπός του πειράματος είναι να κατανοηθεί το απλό μοντέλο λειτουργίας του διπολικού τρανζίστορ.

Απαραίτητες γνώσεις

Διπολικό τρανζίστορ

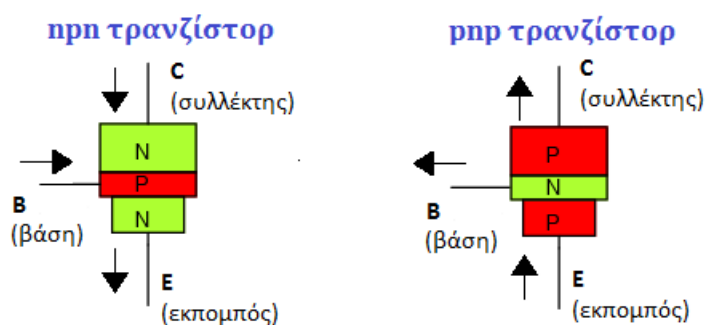
Το διπολικό τρανζίστορ είναι ένα ηλεκτρονικό στοιχείο κατασκευασμένο από υλικό ημιαγωγών το οποίο έχει τρεις ακροδέκτες που ονομάζονται βάση (B), εκπομπός (E) και συλλέκτης (C). Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στη χρήση της τάσης μεταξύ της βάσης και του εκπομπού (V_{BE}) για τον έλεγχο του ρεύματος στον συλλέκτη (I_C).

Αποτελείται από δύο ενώσεις p-n με μία κοινή περιοχή στην βάση, δηλαδή σαν δύο δίοδοι ενωμένοι. Υπάρχουν δύο είδη, τα n-p-n και p-n-p τρανζίστορ.



Όμως οι δύο δίοδοι είναι πολύ διαφορετικές μεταξύ τους:

Για παράδειγμα στο n-p-n τρανζίστορ το n τύπου πυρίτιο του εκπομπού έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση ελευθέρων ηλεκτρονίων από την συγκέντρωση οπών του p τύπου πυριτίου της βάσης και πολύ μεγαλύτερη συγκέντρωση ελευθέρων ηλεκτρονίων από το n τύπου πυρίτιο του συλλέκτη. Επίσης η επιφάνεια της επαφής ανάμεσα στην βάση και τον εκπομπό είναι μικρότερη από την επιφάνεια ανάμεσα στη βάση και τον συλλέκτη.



Υπάρχουν τρεις περιοχές λειτουργίας που εξαρτιούνται από τις τάσεις μεταξύ βάσης - εκπομπού και βάσης - συλλέκτη (αναφέρονται σε παρακάτω πίνακα):

1. Στην ενεργό περιοχή το τρανζίστορ άγει. Το ρεύμα συλλέκτη - εκπομπού είναι ανάλογο με το ρεύμα της βάσης αλλά αρκετές φορές μεγαλύτερο, έτσι λειτουργεί ως ενισχυτής.

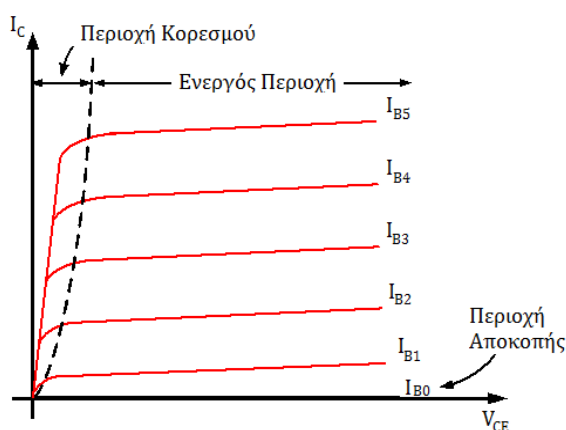
2. Στην περιοχή κορεσμού το τρανζίστορ άγει. Το ρεύμα συλλέκτη - εκπομπού είναι ανάλογο με την τάση συλλέκτη - εκπομπού, όπου μπορεί να λειτουργήσει ως κλειστός διακόπτης.
3. Στην περιοχή αποκοπής το τρανζίστορ δεν άγει. Δεν διαρρέεται ρεύμα και έτσι μπορεί να λειτουργήσει ως ανοικτός διακόπτης

Οι καταστάσεις των διόδων ανάλογα την περιοχή λειτουργίας:

Δίοδος Βάσης - Εκπομπού	Δίοδος Βάσης - Συλλέκτη	Περιοχή λειτουργίας
Ορθά πολωμένη	Ανάστροφα πολωμένη	Ενεργός
Ορθά πολωμένη	Ορθά πολωμένη	Κορεσμού
Ανάστροφα πολωμένη	Ανάστροφα πολωμένη	Αποκοπής

Ας δούμε την ενεργό περιοχή: Στο ηρη τρανζίστορ τα ελεύθερα ηλεκτρόνια μπορούν να κινούνται από τον εκπομπού στον συλλέκτη (η φορά του ηλεκτρικού ρεύματος είναι αντίθετη) στην κανονική λειτουργία του, δηλαδή μέσα από μία ορθή αλλά και μία ανάστροφα πολωμένη δίοδο. Αυτό γίνεται γιατί:

- Πρώτον, η δίοδος βάσης εκπομπού είναι ορθά πολωμένη και ο εκπομπού έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση ηλεκτρονίων από την βάση και ακόμα μεγαλύτερη από τον συλλέκτη. Έτσι τα ηλεκτρόνια περνούν από τον εκπομπού στην βάση.
- Δεύτερον, η δίοδος βάσης συλλέκτη είναι ανάστροφα πολωμένη επομένως ηλεκτρόνια από τον συλλέκτη δεν μπορούν να περάσουν στη βάση. Όμως τα ηλεκτρόνια του εκπομπού που έχουν περάσει στη βάση, μπορούν να πάνε στον συλλέκτη, γιατί ο συλλέκτης έχει πιο θετική τάση από την βάση και γιατί έχει πολύ λιγότερα ηλεκτρόνια από τον εκπομπού.



Οι τάσεις λειτουργίας των n-p-n και p-n-p:

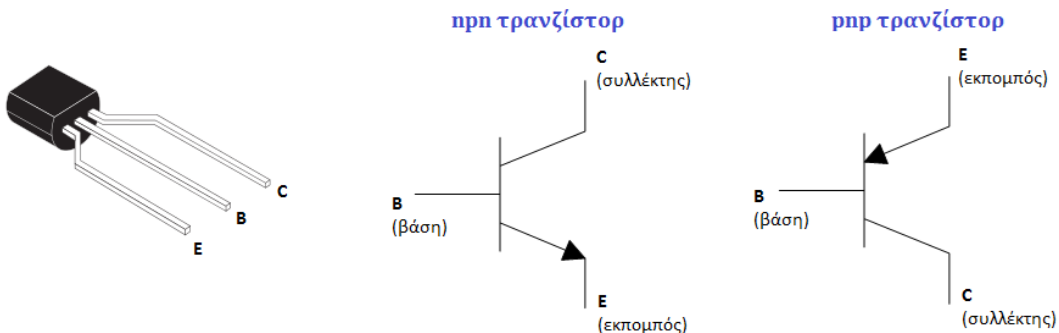
Για n-p-n	Για p-n-p	Περιοχή λειτουργίας
$V_E < V_B < V_C$	$V_E > V_B > V_C$	Ενεργός
$V_E < V_B > V_C$	$V_E > V_B < V_C$	Κορεσμού
$V_E > V_B < V_C$	$V_E < V_B > V_C$	Αποκοπής

Η λειτουργία του τρανζίστορ στην ενεργό περιοχή αναλύεται με την βοήθεια του παρακάτω απλού μοντέλου.

- Εφαρμόζονται οι τάσεις λειτουργίας του προηγούμενου πίνακα για την ενεργό περιοχή.
- Στην διόδο βάσης - εκπομπού η πτώση τάσης είναι περίπου 0.6-0.7V (για διόδους πυριτίου) επειδή αυτή είναι ορθά πολωμένη.
- Ισχύει η εξίσωση $i_C = \beta \cdot i_B$ (1),
όπου τα i_C και i_B είναι τα ρεύματα στον συλλέκτη και στην βάση αντίστοιχα, το β λέγεται το dc κέρδος κοινού εκπομπού και είναι πολύ ευαίσθητο στην θερμοκρασία, την τάση V_{CE} , αλλά μπορεί να διαφέρει και σε ίδια τρανζίστορ στις ίδιες συνθήκες.
- Επίσης, ισχύει η εξίσωση: $i_E = i_C + i_B$ (2),
όπου το i_E είναι το ρεύμα στον εκπομπό.
- Από τις (1) και (2) εξισώσεις συμπεραίνουμε ότι ισχύει: $i_C = \frac{\beta}{\beta+1} \cdot i_E = a \cdot i_E$,
όπου το a είναι ένας πολύ σταθερός συντελεστής και περίπου ίσος με την μονάδα, άρα έχουμε: $i_C \simeq i_E$

Η ισχύς που καταναλώνεται στο τρανζίστορ υπολογίζεται από την τάση μεταξύ συλλέκτη και εκπομπού και του ρεύματος I_E . Από τον κατασκευαστή ορίζεται μία μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή της ισχύος όπου το τρανζίστορ καταστρέφεται, όταν αυτή ξεπεραστεί.

Η τοποθέτηση του διπολικού τρανζίστορ στην πλακέτα μπορεί να γίνει με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας.



Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής :

Αντιστάσεις : 1KΩ, 4.7KΩ, 47KΩ, 100KΩ, 470KΩ, 1MΩ, 4.7MΩ

Τρανζίστορ : 2N3904 (nπn)

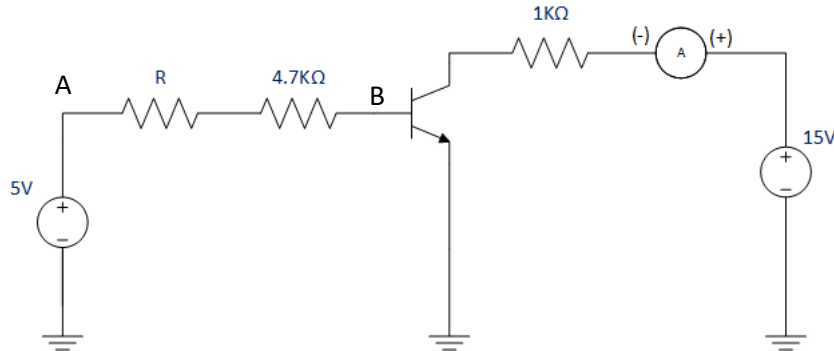
Πολυτροπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

Πολύμετρο x 2

Τροφοδοτικό (με δύο κανάλια)

Βήματα του πειράματος

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα.



2. Δώστε στην R τις τιμές του παρακάτω πίνακα και βρείτε τα ακόλουθα για κάθε περίπτωση:

- i. Το I_c από το αμπερόμετρο.
- ii. Το I_b μετρώντας την πτώση τάσης ανάμεσα στα σημεία A και B και χρησιμοποιώντας τον τύπο: $I_b = V_{AB} / (R + 4.7\text{ k}\Omega)$. Η πτώση τάσης αυτή μετριέται με το (+) του πολυμέτρου στην έξοδο (+) της πηγής των 5V και με το (-) του πολυμέτρου στη βάση του τρανζίστορ
- iii. Το β από την εξίσωση του απλού μοντέλου: $I_c = \beta \cdot I_b$
- iv. Το V_{BE} και το V_{BC}
- v. Την περιοχή λειτουργίας του τρανζίστορ.

R	I_c (mA)	V_{AB}	I_b (mA)	β	V_{BE}	V_{BC}	Περιοχή λειτουργίας τρανζίστορ
47KΩ							
100KΩ							
470KΩ							
1MΩ							
4.7MΩ							

Πείραμα 8^ο – Διπολικό τρανζίστορ II – Πηγή ρεύματος

Ο στόχος του πειράματος είναι να κατανοηθούν (α) η χρήση του διπολικού ηρη τρανζίστορ ως καταβόθρα ρεύματος, όταν αυτό λειτουργεί στην ενεργό περιοχή και (β) το πέρασμα από την ενεργό περιοχή στην περιοχή κορεσμού.

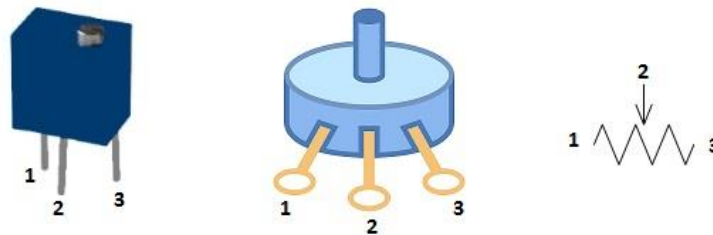
Απαραίτητες γνώσεις

Πηγή ρεύματος

Μία πηγή ρεύματος είναι ένα κύκλωμα στο οποίο το ρεύμα που το διαρρέει δεν εξαρτάται από την τάση στα άκρα του. Διακρίνεται σε δύο κατηγορίες την πηγή (δίνει ρεύμα) και την καταβόθρα (παίρνει ρεύμα). Για να λειτουργεί το τρανζίστορ ως πηγή ή καταβόθρα ρεύματος, πρέπει να βρίσκεται στην ενεργό περιοχή που το ρεύμα συλλέκτη είναι περίπου ίσο με το ρεύμα του εκπομπού, επομένως επιλέγοντας μία αντίσταση στον εκπομπό θα παράγεται το επιθυμητό ρεύμα στον συλλέκτη.

Ποτενσιόμετρο

- Το ποτενσιόμετρο είναι ένα ηλεκτρικό στοιχείο με τρεις ακροδέκτες. Ανάμεσα στα δύο άκρα του η συνολική αντίσταση είναι σταθερή, ενώ ο μεσαίος ακροδέκτης είναι ένα κοινό σημείο που την διαχωρίζει σε δύο τμήματα. Με κατάλληλη συνδεσμολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταβλητή αντίσταση ή μεταβλητός διαιρέτης τάσης.



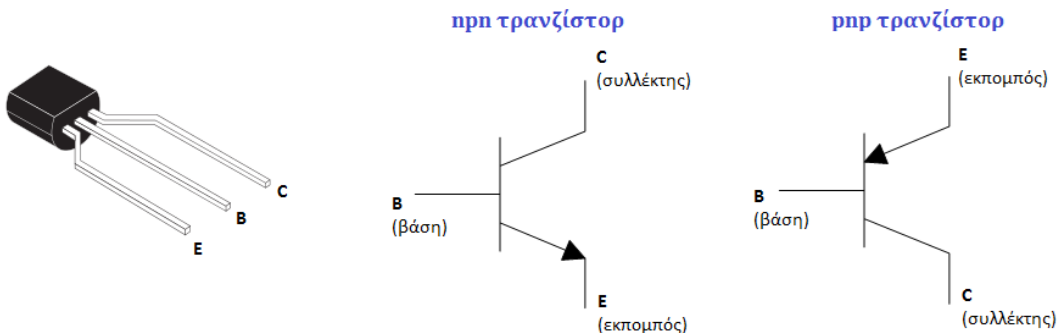
- Πάνω του έχει μία περιστρεφόμενη βίδα συνδεδεμένη στο κοινό σημείο. Γυρίζοντας την βίδα μεταβάλλονται οι τιμές των αντιστάσεων ανάμεσα στο κοινό σημείο και στους δύο άλλους ακροδέκτες, αλλά το άθροισμά τους παραμένει σταθερό.
- Όταν το ποτενσιόμετρο είναι συνδεδεμένο σε όλους τους ακροδέκτες του τότε λειτουργεί ως διαιρέτης τάσης, όταν είναι συνδεδεμένο σε ένα άκρο του και στον μεσαίο ακροδέκτη τότε λειτουργεί ως μεταβλητή αντίσταση.
- Η εύρεση της τιμής της αντίστασης του ποτενσιομέτρου μπορεί να γίνει με τους ίδιους τρόπους όπως αναφέρθηκε στην αντίσταση.

Το διπολικό τρανζίστορ στην περιοχή κορεσμού

Στην περιοχή κορεσμού η δίοδος βάσης-εκπομπού είναι ορθά πολωμένη (όπως και στην ενεργό περιοχή) και η δίοδος βάσης-συλλέκτη είναι και αυτή ορθά πολωμένη. Επομένως στο ηρη τρανζίστορ ηλεκτρόνια περνούν και από τον εκπομπού στην βάση και από τον συλλέκτη στην βάση. Η βάση πρέπει να στέλνει οπές και στον εκπομπού και στον συλλέκτη. Από τα παραπάνω προκύπτουν τα εξής: (α) Η βάση πρέπει να δίνει περισσότερο ρεύμα. (β) η τάση ανάμεσα στον συλλέκτη και στον εκπομπού V_{CE} γίνεται πολύ μικρή. (γ) Το ρεύμα που δημιουργείται από την ροή ηλεκτρονίων από τον εκπομπού στον συλλέκτη ελαττώνεται γιατί ο συλλέκτης δεν είναι πολύ πιο θετικός από τον εκπομπού και γιατί τα ηλεκτρόνια του συλλέκτη έχουν αντίθετη φορά από τα ηλεκτρόνια του εκπομπού και άρα ακυρώνουν ένα τμήμα του ρεύματός του.

Σαν αποτέλεσμα έχουμε ότι χρειάζεται πολύ μεγαλύτερο ρεύμα βάσης για το ίδιο ρεύμα συλλέκτη (το β μειώνεται) και το ρεύμα συλλέκτη εξαρτάται ισχυρά από την τάση V_{CE}

- Η τοποθέτηση του διπολικού τρανζίστορ στην πλακέτα μπορεί να γίνει με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας.



Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής:

Αντιστάσεις: 470Ω, 1.5KΩ

Ποτενσιόμετρο: 10KΩ

Τρανζίστορ: 2N3904 (npn)

Πολυτρυπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

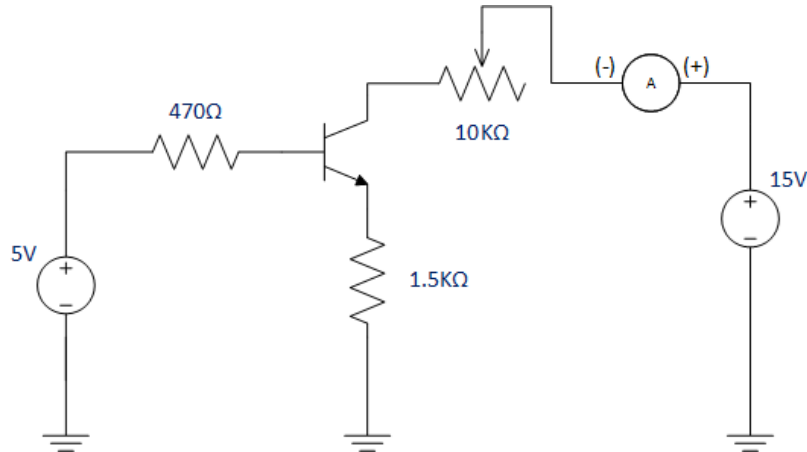
Πολύμετρο x2

Τροφοδοτικό (με δύο κανάλια)

Μικρό κατσαβίδι

Βήματα πειράματος

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα, αφού σιγουρευτείτε με το πολύμετρο ότι η αντίσταση μεταξύ των συνδεμένων στο κύκλωμα ακροδεκτών του ποτενσιομέτρου έχει τιμή κάτω από $0.1\text{K}\Omega$. Επίσης βρείτε την φορά με την οποία πρέπει να γυρίζετε την ρυθμιστική βίδα του ποτενσιομέτρου, έτσι ώστε να αυξάνεται η αντίσταση μεταξύ των συνδεμένων στο κύκλωμα ακροδεκτών του.



2. Μετρήστε και καταγράψτε το V_{BE} και το V_{BC} . Σε ποια περιοχή λειτουργεί το τρανζίστορ; Υπολογίστε το β του τρανζίστορ.
3. Αυξήστε αργά την αντίσταση μεταξύ των συνδεμένων στο κύκλωμα ακροδεκτών του ποτενσιομέτρου και για κάθε στροφή της ρυθμιστικής βίδας καταγράψτε την τιμή του ρεύματος συλλέκτη που διαβάζετε από το αμπερόμετρο.
4. Από κάποια τιμή αντίστασης και πάνω το ρεύμα του συλλέκτη αρχίζει να μειώνεται. Μόλις παρατηρήσετε την μείωση μετρήστε και καταγράψτε τις τάσεις V_{BE} και V_{BC} . Σε ποια περιοχή λειτουργεί το τρανζίστορ; Υπολογίστε το β του τρανζίστορ.
5. Αυξήστε και άλλο την τιμή της αντίστασης και καταγράψτε το ρεύμα του συλλέκτη και την V_{BC} . Σε ποια περιοχή λειτουργεί το τρανζίστορ; Υπολογίστε το β του τρανζίστορ.

Πείραμα 9^ο – Διπολικό τρανζίστορ III – Ενισχυτής κοινού εκπομπού

Σκοπός του πειράματος είναι να κατανοηθεί η λειτουργία του διπολικού τρανζίστορ ως ενισχυτή.

Απαραίτητες γνώσεις

Το τρανζίστορ ως ενισχυτής, θα έχει την μεταβαλλόμενη τάση στην έξοδό του αυξημένη σε σχέση με την μεταβαλλόμενη τάση στην είσοδό του ανάλογα με τις αντιστάσεις στον συλλέκτη και τον εκπομπού με βάση τον τύπο: $\frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} = -\frac{R_C}{R_E + r_e}$, όπου $r_e = \frac{V_T}{I_C}$ και $V_T = kT/e \approx 26 \text{ mV}$ στους 27°C .

Απαραίτητα υλικά

Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής:

Αντιστάσεις: 680Ω, 5.6KΩ, 6.8KΩ, 56KΩ

Πυκνωτής: 100nF

Τρανζίστορ: 2N3904

Πολυτροπημένη πλακέτα κυκλωμάτων

Πολύμετρο

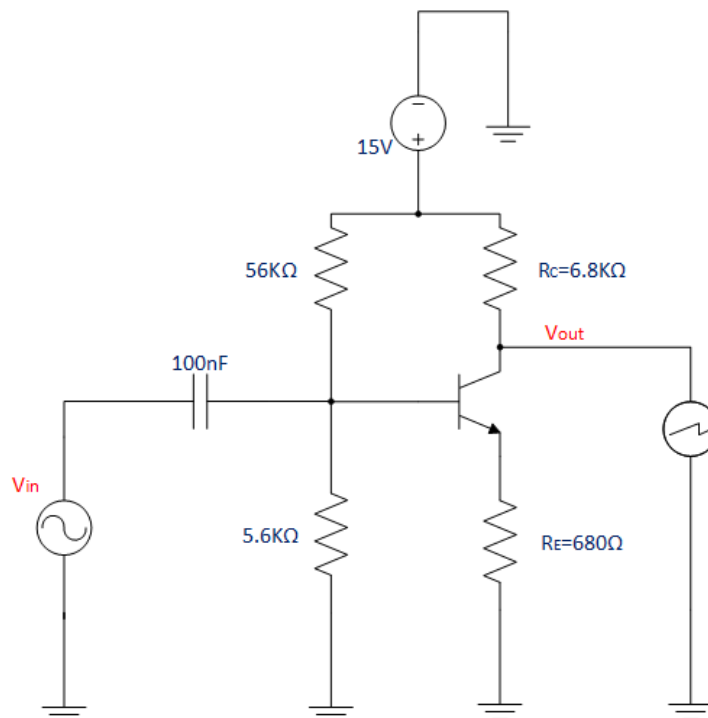
Τροφοδοτικό

Γεννήτρια συχνοτήτων

Παλμογράφος

Βήματα πειράματος

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα. Οδηγήστε το με ένα ημίτονο από την γεννήτρια συχνοτήτων το οποίο να έχει πλάτος το πολύ 0.1V και συχνότητα 10KHz.



2. Υπολογίστε το κέρδος του ενισχυτή θεωρητικά από τον τύπο: $\frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} = -\frac{R_C}{R_E}$
3. Βρείτε το κέρδος του ενισχυτή πειραματικά με τον παλμογράφο:
 - i. Καταγράψτε τις κυματομορφές V_{in} και V_{out} και μετρήστε το πλάτος τους.
 - ii. Παρατηρείστε ότι το V_{out} μεταβάλλεται γύρω από μια στάθμη τάσης μεγαλύτερη από το 0 σε αντίθεση με το V_{in} . Για να μπορέσετε να δείτε μαζί τις κυματομορφές πρέπει να θέσετε το κανάλι του παλμογράφου με το οποίο παρατηρείτε το V_{out} σε AC σύνδεση (εξηγήστε τον λόγο).
4. Η φάση του σήματος εξόδου διαφέρει από αυτή του σήματος εισόδου; Κατά πόσο;
5. Αυξήστε το πλάτος του σήματος εισόδου μέχρι η έξοδος να πάψει να είναι ημιτονική. Σημειώστε το πλάτος αυτό και εξηγήστε τι συμβαίνει στο κύκλωμα.

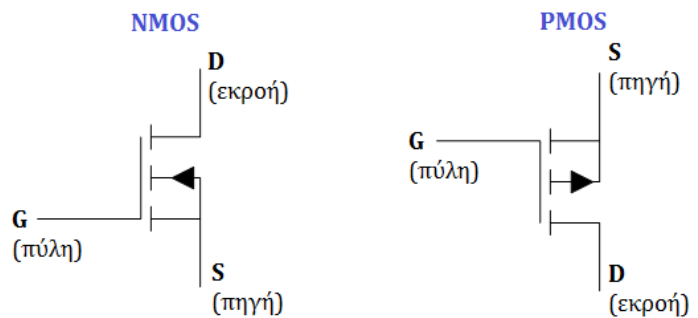
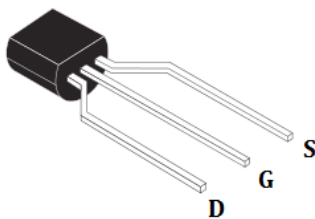
Πείραμα 10^ο – Τρανζίστορ επίδρασης πεδίου

Σκοπός

Ο σκοπός της άσκησης είναι να κατανοηθεί η σχέση ρεύματος τάσης στο MOSFET τρανζίστορ.

Απαραίτητες γνώσεις

- Για την εκτέλεση του πειράματος πρέπει να είναι γνωστά τα εξής:
 - Ηλεκτρικά Στοιχεία: Αντίσταση, Τρανζίστορ επίδρασης πεδίου
 - Όργανα Εργαστηρίου: Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων, Πολύμετρο, Τροφοδοτικό
 - Σύμβολα Κυκλωμάτων
 - Γενικοί Κανόνες Εργαστηρίου
- Η τοποθέτηση του τρανζίστορ επίδρασης πεδίου στην πλακέτα μπορεί να γίνει με την βοήθεια της παρακάτω εικόνας.

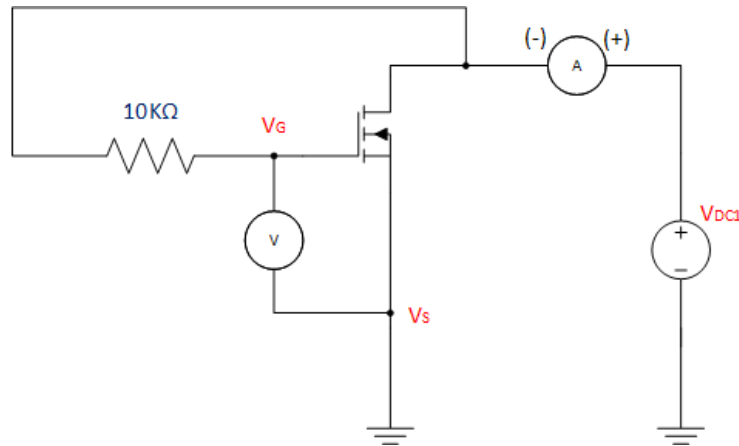


Απαραίτητα υλικά

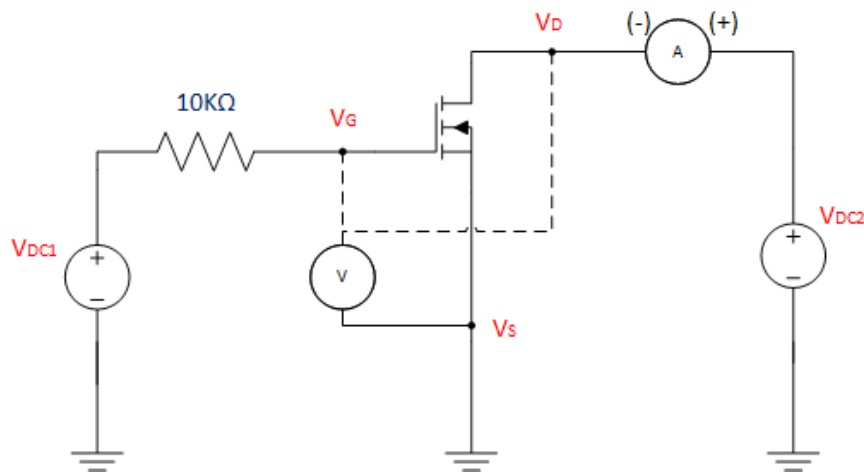
- Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής:
 - Αντίσταση: 10KΩ
 - Τρανζίστορ: BS170
 - Πολύμετρο x2
 - Τροφοδοτικό (με δύο κανάλια)

Βήματα πειράματος

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα.



2. Θα βρείτε την τάση κατωφλίου V_T που θα χρησιμοποιηθεί σε επόμενο βήμα. Για να το κάνετε αυτό, αυξήστε αργά την τάση V_{DC1} μέχρι το αμπερόμετρο να δείχνει 1mA, μετρήστε την τάση V_{GS} . Τότε $V_{GS} = V_T$. Καταγράψτε την τάση κατωφλίου.
3. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα.



4. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα παίρνοντας μετρήσεις ρεύματος I_D από το αμπερόμετρο. Το V_{GS} ρυθμίζεται από το τροφοδοτικό V_{DC1} και το V_{DS} από το τροφοδοτικό V_{DC2} . Κάθε φορά ελέγξτε αυτές τις τάσεις με το πολύμετρο

V_{DS}	$V_{GS} = V_T + 0.2V$	$V_{GS} = V_T + 0.4V$	$V_{GS} = V_T + 0.6V$	
0				I_D (mA)
50mV				
100mV				
200mV				
400mV				



600mV				
800mV				
1V				
1.5V				

5. Βάλτε στην ίδια γραφική παράσταση τις καμπύλες $I_D - V_{DS}$ για κάθε διαφορετικό V_{GS} .
6. Όταν το τρανζίστορ άγει (ένδειξη ρεύματος στο αμπερόμετρο) διακόψτε την επαφή της πηγής V_{DC1} με την πύλη G του τρανζίστορ και αποκαταστήστε την επαφή συνδέοντας τα δύο σημεία με τα χέρια σας. Τι παρατηρείτε και γιατί;

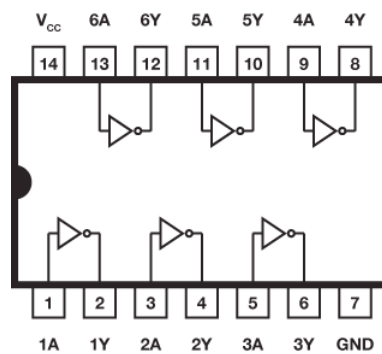
Πείραμα 11^ο – Αντιστροφέας με MOS τρανζίστορ

Σκοπός

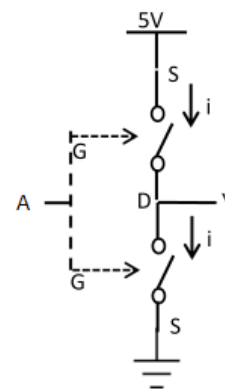
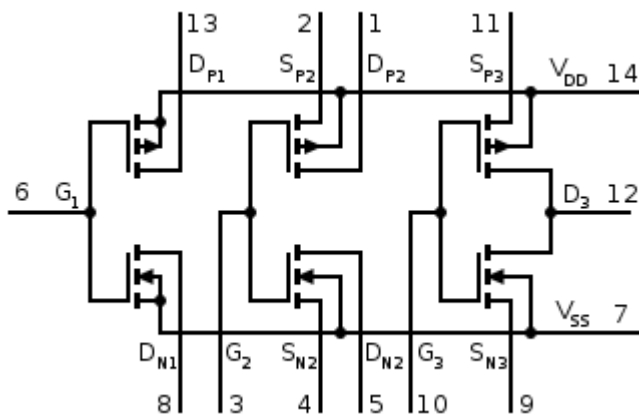
Σκοπός του πειράματος είναι να κατανοηθεί η χρήση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων με πύλες NOT.

Απαραίτητες γνώσεις

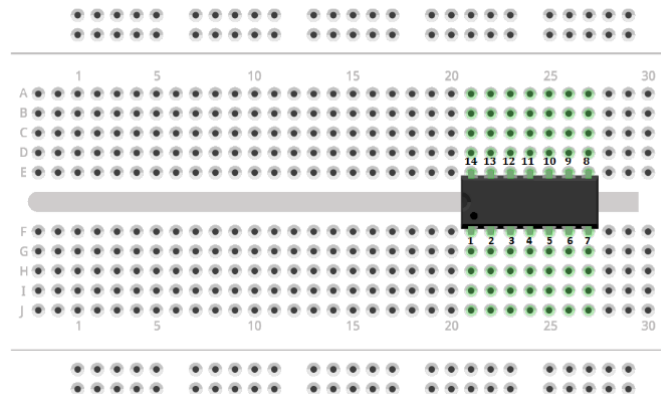
- Για την εκτέλεση του πειράματος πρέπει να είναι γνωστά τα εξής:
 - Ηλεκτρικά Στοιχεία: Πυκνωτής, Ψηφιακά κυκλώματα
 - Όργανα Εργαστηρίου: Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων, Πολύμετρο, Τροφοδοτικό, Γεννήτρια Συχνοτήτων, Παλμογράφος
 - Σύμβολα Κυκλωμάτων
 - Γενικοί Κανόνες Εργαστηρίου
- Το ολοκληρωμένο 5N74HC04N έχει 6 πύλες NOT κατασκευασμένες με τεχνολογία CMOS.



- Το τσιπάκι MC14007BCP έχει 3 ζεύγη NMOS-PMOS τρανζίστορ που λειτουργούν ως διακόπτες. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το εσωτερικό του κύκλωμα και η σύνδεση για την κατασκευή μιας πύλης NOT.
 - Τα NMOS είναι “ON” (δηλαδή άγουν) όταν η πύλη τους είναι σε υψηλή τάση (5 Volt ή “1”).
 - Τα PMOS είναι “ON” όταν η πύλη τους είναι σε χαμηλή τάση (0 Volts ή “0”).



- Η τοποθέτηση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων στην πλακέτα γίνεται ανάμεσα στην κενή περιοχή των σειρών που είναι βραχυκυκλωμένες κάθετα και η αρίθμηση των ακροδεκτών ξεκινάει από μία κουκίδα όπως φαίνεται στην εικόνα.



Απαραίτητα υλικά

- Αυτό το πείραμα χρειάζεται τα εξής:
 - Πυκνωτής: 100nF
 - Ολοκληρωμένα κυκλώματα: 5N74HC04N, MC14007BCP
 - Πολυτροπημένη πλακέτα κυκλωμάτων
 - Πολύμετρο
 - Τροφοδοτικό
 - Γεννήτρια συχνοτήτων
 - Παλμογράφος (με δύο κανάλια)

Βήματα πειράματος

1. Για να κατασκευάσετε το κύκλωμα ακολουθήστε τα επόμενα βήματα:
 - i. Τοποθετήστε το τσιπάκι 5N74HC04N στην πλακέτα.
 - ii. Συνδέστε στον ακροδέκτη (στα αγγλικά pin) V_{cc} (14) στην τροφοδοσία 5V και το pin GND (7) στο (-) του τροφοδοτικού. Το λογικό "1" θα αντιστοιχεί σε DC στάθμη 5V και το λογικό "0" θα αντιστοιχεί σε DC στάθμη 0V.
 - iii. Συνδέστε ανάμεσα στα pin V_{cc} και GND έναν πυκνωτή 100nF.
 - iv. Συνδέστε τις εισόδους (3), (5), (9), (11) και (13) στο GND.
2. Φτιάξτε με την γεννήτρια κυματομορφών έναν τετραγωνικό παλμό που να πηγαίνει από τα 0V στα 5V συχνότητας 1KHz, με την βοήθεια του παλμογράφου.
3. Συνδέστε στην είσοδο του αντιστροφέα με pin (1) το σήμα της γεννήτριας, και την γείωση της στο GND.

4. Δείτε με τον παλμογράφο την είσοδο pin (1) και την έξοδο pin (2) του αντιστροφέα. Καταγράψτε τις κυματομορφές.
5. Μετρήστε την τάση στις εξόδους των αντιστροφέων, των οποίων οι είσοδοι είναι γειωμένες και επιβεβαιώστε ότι δείχνουν 5V.
6. Αλλάξτε μία από τις γειωμένες εισόδους στα 5V και δείτε την αντίστοιχη έξοδο.
7. Κατασκευάστε άλλο κύκλωμα ακολουθώντας τα επόμενα βήματα:
 - i. Τοποθετήστε το τσιπάκι MC14007BCP στην πλακέτα.
 - ii. Συνδέστε το pin V_{CC} (14) στην τροφοδοσία 5V και το pin GND (7) στα 0V.
 - iii. Συνδέστε ανάμεσα στα V_{CC} και GND έναν πυκνωτή 100nF.
 - iv. Βραχυκυκλώστε το pin (2) με το V_{CC} και το pin (4) με το GND.
 - v. Βραχυκυκλώστε το pin (1) με το pin (5).
 - vi. Φτιάξτε με την γεννήτρια κυματομορφών έναν τετραγωνικό παλμό που να πηγαίνει από τα 0V στα 5V συχνότητας 1KHz, με την βοήθεια του παλμογράφου και συνδέστε τον στο pin (3).
8. Καταγράψτε τις κυματομορφές εισόδου από το pin (3) και εξόδου από το pin (1) ή (5).
9. Επιβεβαιώνεται ότι το κύκλωμα λειτουργεί ως αντιστροφέας;
10. Εξηγήστε πως λειτουργεί το NMOS-PMOS τρανζίστορ ως αντιστροφέας.