

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΟΡΜΟΥ Ι

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

ΑΣΚΗΣΗ 1. Εισαγωγικές έννοιες - Απλά ηλεκτρονικά κυκλώματα και ηλεκτρικές μετρήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 2. Μελέτη τελεστικών ενισχυτών

Επιμέλεια έκδοσης: Γ.Σ. Τόμπρας, Ε. Νισταζάκης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελίδα
1. ΑΣΚΗΣΗ 1	3
1.1. Σκοπός της άσκησης	3
1.2. Στοιχεία από την θεωρία	3
1.3. Βασικά Στοιχεία και Όργανα Μέτρησης Ηλεκτρονικής Φυσικής	6
1.4. Διαιρέτης Τάσης	6
1.5. Πειραματική Διαδικασία (Πείραμα 1)	9
1.6. Πειραματική Διαδικασία (Πείραμα 2)	10
1.7. Βιβλιογραφία	18
 2. ΑΣΚΗΣΗ 2	 19
2.1. Σκοπός της άσκησης	19
2.2. Στοιχεία από την θεωρία	19
2.3. Πειραματική Διαδικασία (Πείραμα 1)	22
2.4. Πειραματική Διαδικασία (Πείραμα 2)	26
2.5. Βιβλιογραφία	32
 3. Παραρτήματα	 33

ΚΙ1. Εισαγωγικές έννοιες - Απλά ηλεκτρονικά κυκλώματα και ηλεκτρικές μετρήσεις

Σκοπός της άσκησης

Στην άσκηση αυτή θα γίνει η εξοικείωση με τις κύριες έννοιες που χρησιμοποιούνται και τα βασικά όργανα που υλοποιούν τις διατάξεις της Ηλεκτρονικής Φυσικής, καθώς και η χρησιμότητα τους για την κατανόηση, σχεδιασμό και ανάλυση βασικών ηλεκτρονικών συνδεσμολογιών.

Εξοπλισμός άσκησης

- **Επιφάνεια εργασίας - κονσόλα**
- **Breadboard**: έτσι ονομάζεται η πλακέτα γενικής, πειραματικής, χρήσεως πάνω στην οποία υλοποιούνται τα κυκλώματα
- **Αντιστάσεις**: με τιμές, $1k\Omega$, $3.3k\Omega$, $10k\Omega$, 100Ω , $4.7k\Omega$
- **Παλμογράφος**: είναι μια από τις σημαντικότερες συσκευές μέτρησης αλλά και παρατήρησης του σήματος.
- **Πολύμετρο**: αποτελεί όργανο πολλαπλών ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών μετρήσεων
- **Γεννήτρια παλμών**: δημιουργεί τη μορφή του σήματος που χρειαζόμαστε για το κάθε κύκλωμα που υλοποιούμε.

Στοιχεία από την θεωρία

Βασικές Έννοιες Ηλεκτρονικής Φυσικής

Για τη μελέτη ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος πρέπει να γνωρίζουμε τις τάσεις στα άκρα των στοιχείων καθώς και τα ρεύματα που τα διαρρέουν. Για να πραγματοποιηθεί η ανάλυση αυτή, θα πρέπει να γνωρίζουμε τους ακόλουθους βασικούς νόμους και κανόνες που το διέπουν τη λειτουργία ενός κυκλώματος στην Ηλεκτρονική Φυσική:

Νόμος του Ohm: Η τάση που αναπτύσσεται στα άκρα μιας αντίστασης ισούται με το ρεύμα που την διαρρέει επί την τιμή της αντίστασης.

1ος Κανόνας του Kirchhoff (των κόμβων): Σε ένα κόμβο ενός κυκλώματος, το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων που εισέρχονται και εξέρχονται από αυτόν ισούται με το μηδέν.

2ος Κανόνας του Kirchhoff (των βρόχων): Σε ένα βρόχο ενός κυκλώματος το αλγεβρικό άθροισμα των τάσεων που αναπτύσσεται σε κάθε ένα από τα στοιχεία του ισούται με μηδέν.

Σημαντική Σημείωση: κατά τη διάρκεια των υπολογισμών για την εύρεση των χαρακτηριστικών των κυκλωμάτων με τη χρήση των παραπάνω νόμων/κανόνων θα πρέπει να προσεχθούν ιδιαίτερα οι πολικότητες των τάσεων και οι φορές των ρευμάτων ώστε να τους προσδίδονται τα σωστά πρόσημα στις αντίστοιχες μαθηματικές εκφράσεις.

Στο εργαστήριο, οι γεννήτριες σήματος που θα χρησιμοποιήσουμε είναι πηγές τάσης, ενώ, υπάρχουν και οι πηγές ρεύματος (βλ. βιβλίο μαθήματος "Ηλεκτρονική Ι"). Η τάση και το ρεύμα είναι μεγέθη που μπορούν να έχουν τις παρακάτω δύο μορφές.

α) *Συνεχές σήμα (Direct Current - DC)*: Στην περίπτωση αυτή, το πρόσημο τις τιμές του σήματος παραμένει σταθερό στο πεδίο του χρόνου. Τέτοιο σήμα είναι αυτό που μπορούμε να λάβουμε από μπαταρίες, κλπ. Επίσης ένα σήμα χαρακτηρίζεται ως μεταβαλλόμενο στην περίπτωση που μεταβάλλει την τιμή του αλλά δεν αλλάζει πολικότητα.

β) *Εναλλασσόμενο σήμα (Alternating Current - AC)*: Στην περίπτωση αυτή το σήμα αλλάζει πολικότητα. Η μορφή AC σήματος που χρησιμοποιούμε συνήθως στο εργαστήριο είναι ημιτονοειδής και περιγράφεται από την εξίσωση $U = U_0 \sin(\omega t)$. Προφανώς, για να περιγραφεί πλήρως το σήμα αυτό θα πρέπει να μας είναι γνωστά τα μεγέθη του πλάτους και της συχνότητας του.

Το πλάτος ενός AC σήματος μπορούμε να το εκφράσουμε με 3 τρόπους:

α) Πλάτος από κορυφή-σε-κορυφή (peak-to-peak, p-p): Υπολογίζεται η διαφορά ανάμεσα στην ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή του πλάτους του σήματος.

β) Πλάτος κορυφής (peak, p): Υπολογίζεται η μέγιστη τιμή του πλάτους του σήματος από τον οριζόντιο άξονα (τον άξονα του χρόνου).

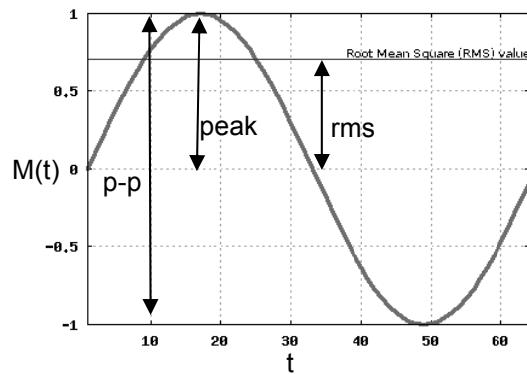
γ) Μέση τετραγωνική τιμή του πλάτους (Root Mean Square, RMS): Μέσω της τιμής αυτής, υπολογίζεται η μέση ισχύς, $P_{av} = V_{RMS} I_{RMS}$, που καταναλώνεται σε ένα κύκλωμα. Η τιμή RMS ενός περιοδικού σήματος, $M(t)$, υπολογίζεται σύμφωνα με το ακόλουθο ολοκλήρωμα:

$$M_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [M(t)]^2 dt} \quad (1)$$

όπου $T_2 - T_1 = T$ είναι η περίοδος του σήματος. Για την περίπτωση του ημιτόνου η τιμή rms, προκύπτει, από το παραπάνω ολοκλήρωμα, ότι δίνεται από τη σχέση:

$$M_{RMS} = \frac{M_p}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

όπου M_p η τιμή κορυφής (peak) του σήματος. Στο ακόλουθο σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι τρεις παραπάνω εκφράσεις:



Έτσι, στην περίπτωση του ημιτονικού σήματος, οι τιμές M_{pp} , M_p και M_{rms} συνδέονται ως εξής:

$$M_{RMS} = \frac{M_p}{\sqrt{2}} = \frac{M_{pp}}{2\sqrt{2}} \quad (3)$$

Σε κυκλώματα όπου έχουμε μόνο αντιστάσεις, αυτές επηρεάζουν μόνο την τιμή του πλάτους του σήματος. Αν όμως υπάρχουν πυκνωτές ή/και πηνία στο κύκλωμα, θα πρέπει να γνωρίζουμε την συχνότητα του σήματος γιατί η σύνθετη αντίσταση των πυκνωτών και των πηνίων (εμπέδηση) εξαρτάται από την συχνότητα. Πιο συγκεκριμένα, η σύνθετη αντίσταση ενός πυκνωτή δίνεται από τη σχέση:

$$R_c = \frac{1}{i\omega C} \quad (4)$$

ενώ αυτή ενός πηνίου δίνεται από τη σχέση:

$$R_L = i\omega L \quad (5)$$

όπου C η χωρητικότητα του πυκνωτή, L η αυτεπαγωγή του πηνίου και ω η κυκλική συχνότητα του σήματος.

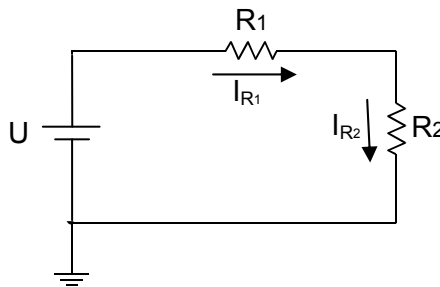
Προφανώς, για DC τάσεις ($\omega=0$) ο πυκνωτής αποτελεί ανοιχτό κύκλωμα, $R \rightarrow \infty$, (διακόπτει τη ροή του ρεύματος) ενώ το πηνίο βραχυκύκλωμα, $R=0\Omega$.

Βασικά Στοιχεία και Όργανα Μέτρησης Ηλεκτρονικής Φυσικής

Στο "Παράρτημα Ηλεκτρονικής Φυσικής" που βρίσκεται στο τέλος του εργαστηριακού αυτού φυλλαδίου, εξηγείται ο τρόπος λειτουργίας των κύριων συστημάτων μέτρησης που χρησιμοποιούνται στην Ηλεκτρονική Φυσική, καθώς και τα βασικά στοιχεία για τη σχεδίαση και υλοποίηση των κυκλωμάτων. Η κατανόηση τους αποτελεί εξαιρετικά σημαντικό κομμάτι του παρόντος Εργαστηρίου, δεδομένου ότι, ο εξοπλισμός δεν αφορά μόνο την Ηλεκτρονική Φυσική, αλλά χρησιμοποιείται ευρύτατα και στις περισσότερες από τις άλλες κατευθύνσεις της Φυσικής. Επομένως, η χρήση του, δεν αφορά μόνο τη συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή, αλλά ένα πολύ μεγάλο μέρος, του φάσματος της επιστήμης της Φυσικής. Συνεπώς οι φοιτητές που θα πραγματοποιήσουν τη συγκεκριμένη άσκηση, θα πρέπει να έχουν διαβάσει πολύ προσεκτικά και να γνωρίζουν τη λειτουργία των οργάνων μέτρησης που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο καθώς και τη χρήση των βασικών στοιχείων, όπως παρατίθενται στο Παράρτημα του παρόντος εργαστηριακού φυλλαδίου.

Διαιρέτης Τάσης

Το κύκλωμα που φαίνεται παρακάτω περιλαμβάνει μία πηγή τάσης (U) και δύο αντιστάσεις (R_1 και R_2). Σκοπός μας είναι να υπολογίσουμε την τάση στα άκρα κάθε μίας από τις αντιστάσεις με βάση τις χαρακτηριστικές τιμές των στοιχείων που το απαρτίζουν.



Άρα, οι τιμές των τάσεων θα υπολογιστούν ως συνάρτηση της τιμής U της πηγής τάσης καθώς και των τιμών των αντιστάσεων που θεωρούνται γνωστές.

Από τον 1ο κανόνα του Kirchhoff (κανόνα των βρόχων) προκύπτει ότι:

$$U - V_{R_1} - V_{R_2} = 0 \quad (6)$$

Αντίστοιχα, από το 2ο κανόνα του Kirchhoff (κανόνα των κόμβων) έχουμε:

$$I_{R_1} = I_{R_2} \quad (7)$$

Όσον αφορά τις τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων προκύπτουν από το νόμο του Ohm και δίδονται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$\begin{aligned} V_{R_1} &= I_{R_1} R_1 \\ V_{R_2} &= I_{R_2} R_2 \end{aligned} \quad (8)$$

Έτσι, από τις εξισώσεις (7) και (8) προκύπτει η εξίσωση:

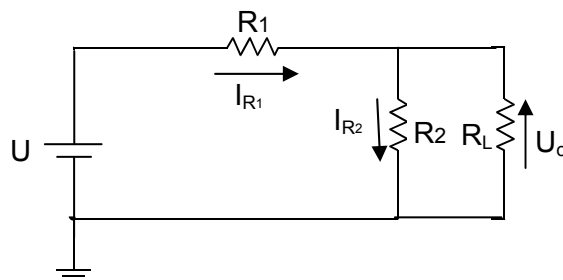
$$\frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{V_{R_2}}{R_2} \quad (9)$$

από τις εξισώσεις (6) και (9) και λύνοντας ως προς V_{R_2} προκύπτει ότι:

$$V_{R_2} = U \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (10)$$

και με αντίστοιχο τρόπο προσδιορίζονται και τα υπόλοιπα μεγέθη του κυκλώματος. Η παραπάνω εξίσωση είναι γνωστή και ως "εξίσωση διαιρέτη τάσης" και χρησιμοποιείται πολύ συχνά στα κυκλώματα που μας ενδιαφέρει να λαμβάνουμε συγκεκριμένες, διαφορετικές, τιμές τάσεων σε κάποια σημεία τους, από μια τροφοδοσία.

Ας θεωρήσουμε στη συνέχεια ένα κύκλωμα διαιρέτη τάσης με δύο αντιστάσεις R_1 και R_2 στο οποίο συνδέεται μια πρόσθετη αντίσταση φορτίου R_L . Το κύκλωμα, σε αυτή την περίπτωση θα έχει την ακόλουθη μορφή:



Ανάλογα με την τιμή του φορτίου ο διαιρέτης μπορεί να είναι είτε ισχυρός είτε ασθενής. Έτσι, με την αντίστοιχη διαδικασία που παρουσιάστηκε παραπάνω [Εξισώσεις (6)-(10)] καταλήγουμε ότι αν ο διαιρέτης είναι "Ισχυρός", θα ισχύει:

$$U_o \cong U \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (11)$$

ενώ στην περίπτωση που αναφερόμαστε σε "Ασθενή" διαιρέτη τάσης, προκύπτει η εξίσωση:

$$U_o = U \left[\frac{R_2 R_L / (R_2 + R_L)}{R_1 + R_2 R_L / (R_2 + R_L)} \right] \quad (12)$$

Εξηγείστε αναλυτικά στην εργασία που θα παραδώσετε τον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν οι εξισώσεις (11) και (12). Στη συνέχεια εξηγείστε ποια είναι η διαφορά μεταξύ "Ασθενή" και "Ισχυρού" διαιρέτη τάσης στην πράξη. Ποιο από τα παραπάνω μεγέθη μπορούμε να μεταβάλλουμε στην πράξη; Τι εννοούμε, στην πράξη, όταν αναφερόμαστε στο "φορτίο" σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;

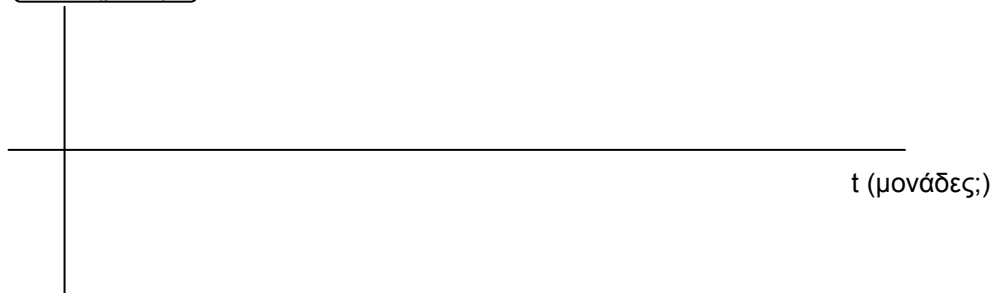
Πειραματική Διαδικασία

Πείραμα 1. Εξοικείωση με τα Στοιχεία και τα Όργανα Μέτρησης της Ηλεκτρονικής Φυσικής

Για να προχωρήσετε στην πειραματική διαδικασία θα πρέπει να έχετε μελετήσει πολύ προσεχτικά και να έχετε κατανοήσει πλήρως, το σύνολο του "Παραρτήματος Ηλεκτρονικής Φυσικής".

1. Από την κονσόλα δημιουργήστε ένα DC σήμα τάσης 5V το οποίο θα το μετρήσετε με την βοήθεια του πολυμέτρου και του παλμογράφου. Παρατηρώντας την τάση στον παλμογράφο αυξομειώστε την τιμή της τάσης (ποιό από τα δύο όργανα μέτρησης έχει αμεσότερη και ακριβέστερη απόκριση;).
2. Από την γεννήτρια παλμών δημιουργήστε τρία AC σήματα τάσης, με πλάτος 2V (**peak, peak-peak και rms**) και συχνότητα 1kHz και μετρήστε το με την βοήθεια του παλμογράφου. Σχεδιάστε τις κυματομορφές που προκύπτουν στον παλμογράφο για κάθε σήμα. Τι παρατηρείτε σχετικά με το πλάτος, τη συχνότητα και τη φάση των κυματομορφών στην κάθε περίπτωση;
(Οι κυματομορφές αυτές θα πρέπει να σχεδιαστούν και τα αποτελέσματα τους να εξηγηθούν αναλυτικά και στις εργασίες που θα παραδώσετε).

V=2V (peak)



V=2V (peak-to-peak)



V=2V (rms)



3. Με την βοήθεια του παλμογράφου μετρήστε την τάση που έχει στην έξοδό του ο μετασχηματιστής της κονσόλας και σημειώστε την μέτρηση αυτή.

5

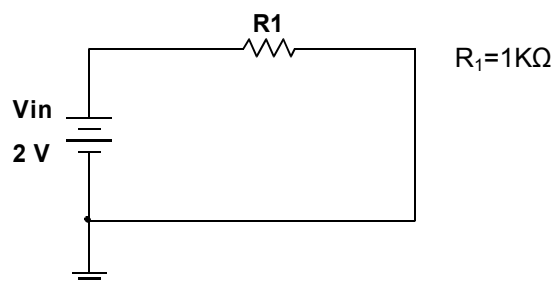
Πλάτος τάσης μετασχηματιστή	
-----------------------------	--

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

Πείραμα 2. Βασικά Ηλεκτρονικά Στοιχεία και Κυκλώματα

1. Αναγνωρίστε τις τιμές των αντιστάσεων που σας δίνονται με βάση το χρωματικό κώδικα και επιβεβαιώστε με την βοήθεια του πολυμέτρου. Στην συνέχεια δημιουργήστε ένα DC σήμα τάσης 2V. Κατόπιν κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα στο breadboard της κονσόλας.



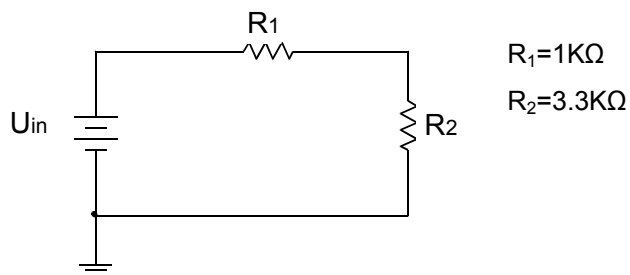
2. Υπολογίστε θεωρητικά την τιμή της τάσης V_{R1} στα άκρα της αντίστασης $R1$ καθώς και το ρεύμα I_{R1} που τη διαρρέει. Στην συνέχεια με τη βοήθεια του πολυμέτρου μετρήστε τις τιμές αυτές. Γράψτε τα αποτελέσματα στον παρακάτω πίνακα και δικαιολογήστε-αξιολογήστε τις όποιες αποκλίσεις.
(Σχολιάστε αναλυτικά το αποτέλεσμα στην εργασία που θα παραδώσετε)

	Θεωρητικά Αποτελέσματα	Πειραματικά Αποτελέσματα
V_{R_1}		
I_{R_1}		

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

3. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα διαιρέτη τάσης με τάση εισόδου, DC, $U_{in}=1.5V$.



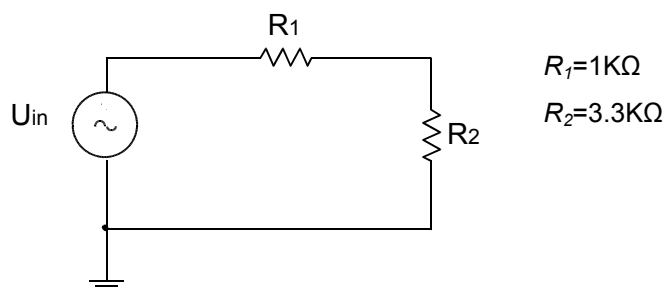
4. Υπολογίστε θεωρητικά την τιμή των τάσεων V_{R_1} , V_{R_2} , στα άκρα των αντιστάσεων R_1 , R_2 καθώς και τα ρεύματα I_{R_1} , I_{R_2} , που τις διαρρέουν. Στην συνέχεια με την βοήθεια του πολυμέτρου μετρήστε τις τιμές αυτές. Γράψτε τα αποτελέσματα στον πίνακα που ακολουθεί:

	Θεωρητικά Αποτελέσματα	Πειραματικά Αποτελέσματα
V_{R_1}		
V_{R_2}		
I_{R_1}		
I_{R_2}		

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

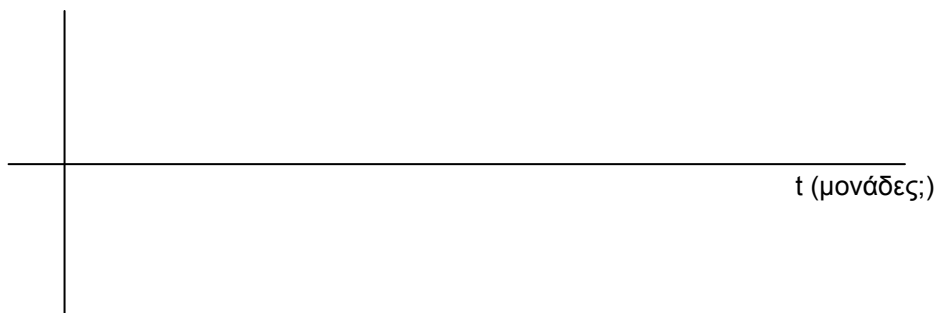
Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια σας.

5. Στη συνέχεια, αντικαταστήστε την DC πηγή τάσης με AC πηγή η οποία θα δίνει ημιτονοειδές σήμα τάσης, πλάτους $U_{in,0}=2V$ (peak) και συχνότητας 1KHz.



Με την βοήθεια του παλμογράφου παρατηρείστε τις κυματομορφές των τάσεων V_{R_1} και V_{R_2} , και σχεδιάστε τη μορφή τους. Δικαιολογήστε τα αποτελέσματα που πήρατε από το πείραμα.

Κυματομορφή τάσης R_1



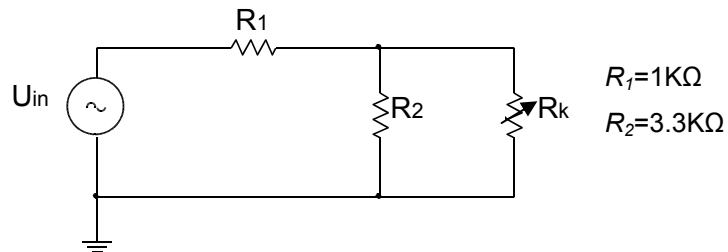
Κυματομορφή τάσης R_2



Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

6. Συνδέστε παράλληλα στην αντίσταση R_1 την μεταβλητή αντίσταση R_k (στην περίπτωση αυτή, με το κιβώτιο αντιστάσεων), ώστε να προκύψει το κύκλωμα που ακολουθεί:



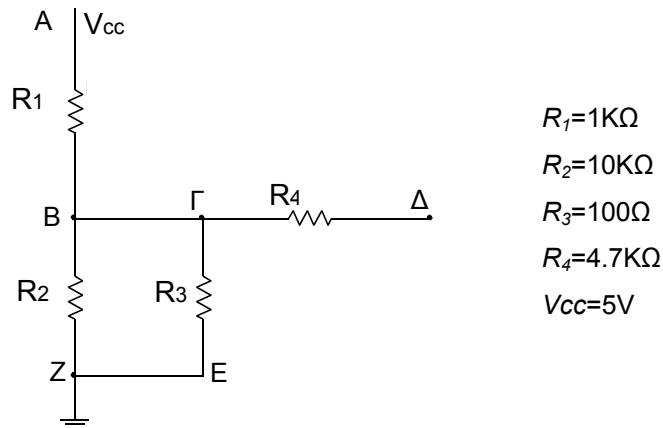
Αρχικά ρυθμίστε την τιμή της R_k στην μέγιστη τιμή της και συνδέστε παράλληλα σε αυτήν τον παλμογράφο. Αρχίστε σιγά-σιγά να μειώνετε την τιμή της μεταβλητής αντίστασης. Τι παρατηρείτε;

Συμφωνούν οι παρατηρήσεις σας με τους 2 τύπους διαιρέτη τάσης που αναφέρθηκαν παραπάνω; Πότε χρησιμοποιείται με ακρίβεια η σχέση (11) και πότε η (12); Γιατί; Εξηγήστε αναλυτικά την απάντησή σας και στο εργαστήριο και στην εργασία σας.

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

7. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα στην πλακέτα του εργαστηρίου. Για τροφοδοσία (V_{cc}) χρησιμοποιήστε την πηγή τάσης από την κονσόλα που δίνει σταθερή τιμή DC σήματος τάσης 5V.



Πριν τροφοδοτήσετε το κύκλωμα υπολογίστε τη φορά του ρεύματος σε κάθε αντίσταση. Στη συνέχεια, τροφοδοτήστε το κύκλωμα και με την βοήθεια του πολυμέτρου μετρήστε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων A, B, Γ, Δ, E, Z και της γείωσης. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

Σημεία	Δυναμικό (Volts)
A	
B	
Γ	
Δ	
E	
Z	

Με βάση τις τιμές δυναμικού που μετρήσατε, υπολογίστε τη διαφορά δυναμικού στα άκρα κάθε αντίστασης καθώς και το ρεύμα που τις διαρρέει και συμπληρώστε τον ακόλουθο πίνακα:

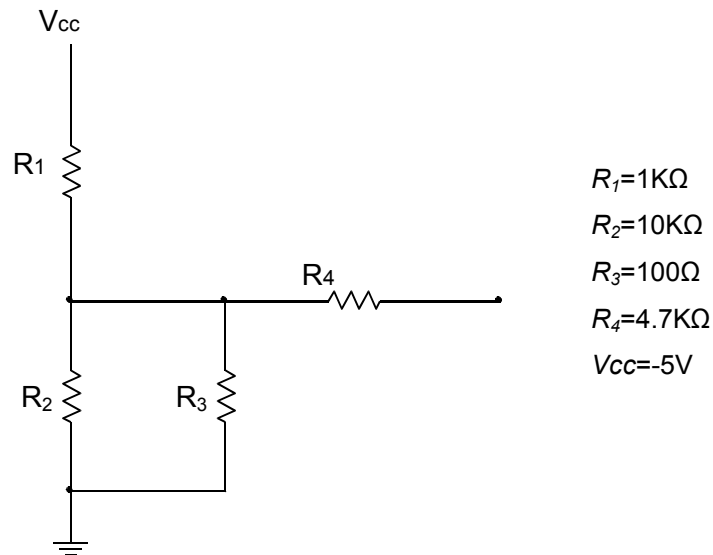
	Τάση V (Volts)	Ρεύμα I (A)
R_1		
R_2		
R_3		
R_4		

Σημειώστε στο παραπάνω κύκλωμα, καθώς και στην εργασία που θα παραδώσετε, τη φορά του ρεύματος σε κάθε αντίσταση. Εξηγήστε αναλυτικά την απάντησή σας στην εργασία που θα παραδώσετε.

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

8. Αλλάζουμε την τροφοδοσία V_{CC} και την αντικαθιστούμε με DC, -5V ως εξής:



Με την βοήθεια του πολυμέτρου μετρήστε κατευθείαν τις τάσεις στα άκρα των αντιστάσεων και σχεδιάστε πάνω στο σχήμα και μεταφέρετε και στην εργασία σας, τη φορά του ρεύματος σε κάθε αντίσταση. Εξηγήστε την απάντησή σας στην εργασία που θα παραδώσετε.

ΠΡΟΣΟΧΗ στα πρόσημα των τάσεων κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων και στην τοποθέτηση των ακροδεκτών του πολύμετρου. Τι θα συμβεί αν τοποθετηθούν ανάποδα οι ακροδέκτες μέτρησης του πολύμετρου;

	Τάση V (Volts)	Ρεύμα I (A)
R_1		
R_2		
R_3		
R_4		

Παρατηρήσεις-Σχόλια:

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα αναλυτικά σχόλια σας.

Βιβλιογραφία

1. Γ.Σ. Τόμπρας, “Εισαγωγή στην Ηλεκτρονική”, *Εκδόσεις Δίαυλος*, 2006
2. Γ.Σ. Τόμπρας, “Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικής Φυσικής”, *Έκδοση του Πανεπιστημίου Αθηνών*, 2005
3. Θ.Λ. Δεληγιάννης, “Ηλεκτρονικά Στοιχεία – Κυκλώματα”, Τόμος Α, 1981
4. R.C. Dorf, “The Electrical Engineering Handbook”, *CRC Press*, 1993
5. P.E. Gray and G.L. Searle, “Electronic Principles: Physics, Models, and Circuits”, *Publisher J. Wiley & Sons*, 1969
6. Κ. Καρούμπalos και Γ. Φιλοκύπρου, “Μαθήματα Ηλεκτρονικής”, 1978
7. S.D. Senturia and B.D. Wedlock, “Electronic Circuits and Applications”, *Publisher J. Wiley & Sons*, 1975
8. Γ. Θεοδωρίδης, Κ. Κοσμάτοπουλος, Θ. Λαόπουλος, Σ. Νικολαΐδης, Κ. Παπαθανασίου, και Σ. Σίσκος, “Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικής”, Εκδ. Συγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, 2009.
9. C.K. Alexander and M.N.O. Sadiku, “Εισαγωγή στα Ηλεκτρικά Κυκλώματα”, 4^η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2013
10. A. Malvino and D.J. Bates, “Ηλεκτρονική αρχές και εφαρμογές”, 7^η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2013.
11. R.L. Boylestad and L. Nashelsky, “Ηλεκτρονικές διατάξεις και θεωρία κυκλωμάτων”, 10^η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2012.

ΚΙ2. Μελέτη Τελεστικών Ενισχυτών

Σκοπός της άσκησης

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά του τελεστικού ενισχυτή ενώ θα πραγματοποιηθεί και ανάλυση απλών συνδεσμολογιών με βάση το συγκεκριμένο αυτό στοιχείο των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

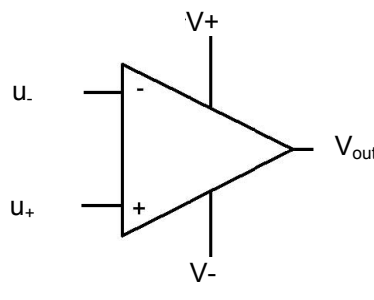
Εξοπλισμός άσκησης

- Παλμογράφος
- Πολύμετρο
- Γεννήτρια AC σήματος
- Αντιστάσεις: 1KΩ, 10KΩ, μεταβλητή αντίσταση
- Τελεστικός ενισχυτής: LM741

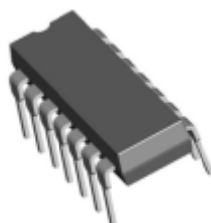
Στοιχεία από τη θεωρία

Βασικές έννοιες τελεστικών ενισχυτών

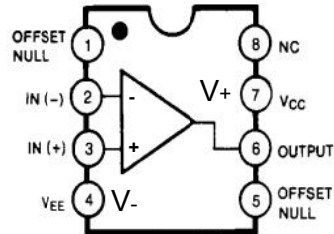
Ο τελεστικός ενισχυτής είναι ένα ημιαγωγικό ολοκληρωμένο κύκλωμα (integrated circuit) το οποίο συμβολίζεται με το παρακάτω σύμβολο:



Με τον όρο ολοκληρωμένο κύκλωμα εννοούμε το στοιχείο εκείνο το οποίο είναι αυτόνομο αλλά εσωτερικά αποτελείται από μια σειρά στοιχείων (τρανζίστορ, αντιστάσεις, πυκνωτές, κ.α.) τα οποία συνθέτουν ένα κύκλωμα το οποίο μπορεί να πραγματοποιήσει μια συγκεκριμένη λειτουργία. Τα στοιχεία αυτά έχουν συνήθως αρκετούς ακροδέκτες. Ένα τέτοιο στοιχείο έχει, στην πράξη, την ακόλουθη μορφή:



Ο τελεστικός ενισχυτής που θα χρησιμοποιήσουμε στην άσκηση αυτή, έχει 8 ακροδέκτες. Παρακάτω βλέπουμε την μορφή του και σε τι αντιστοιχεί ο κάθε ένας από αυτούς.



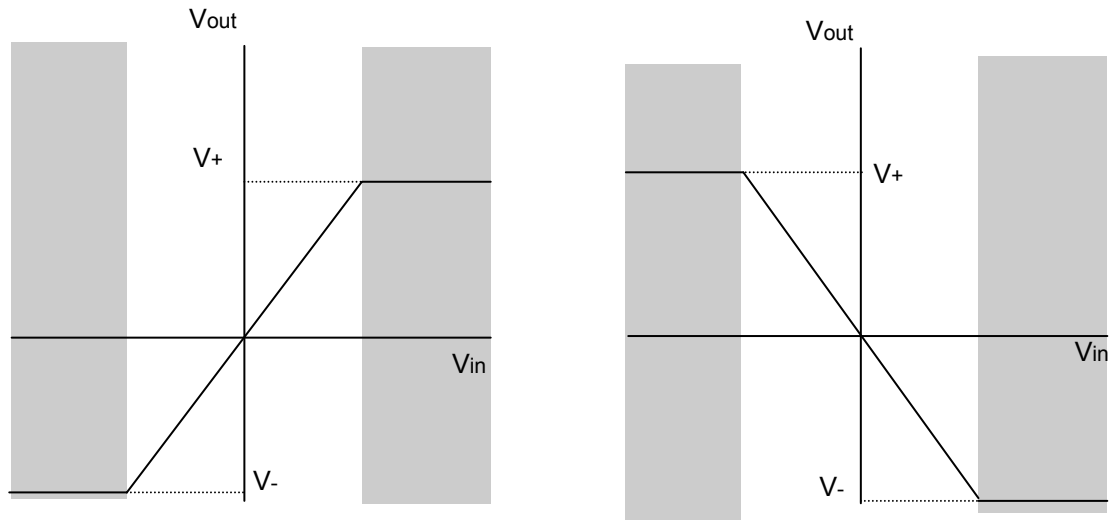
Η λειτουργία του τελεστικού ενισχυτή είναι η ενίσχυση μικρών σημάτων τάσης. Συγκεκριμένα εφαρμόζουμε δύο δυναμικά στους 2 ακροδέκτες εισόδου (IN+ και IN-), που αντιστοιχούν στα u_+ και u_- αντίστοιχα και μία μεγαλύτερη, από τη διαφορά τους, τάση μετράται στην έξοδο (τάση μεταξύ ακροδέκτη εξόδου και γείωσης). Η ενίσχυση αυτή προφανώς και δεν γίνεται τυχαία αλλά υπάρχει ένας συντελεστής ενίσχυσης του τελεστικού ενισχυτή, A , και ισχύει $V_{out} = AV_{in} = A(u_+ - u_-)$. Ο συντελεστής αυτός, είναι τεράστιος και στην πράξη λαμβάνει πολύ υψηλές τιμές, της τάξης του 10^5 - 10^6 . Η ενέργεια που χρειάζεται για να γίνει η ενίσχυση αυτή προέρχεται από την τάση τροφοδοσίας (η οποία μπορεί να είναι είτε συμμετρική, δηλ. $+V$, $-V$, είτε μόνο θετική, δηλ. 0, $+V$, είτε μόνο αρνητική, δηλ. 0, $-V$, βλέπε το αντίστοιχο κεφάλαιο στο βιβλίο της θεωρίας) και προφανώς, οι τιμές αυτές είναι οι μέγιστες που μπορούν να ληφθούν στην έξοδο του. Επίσης, στην περίπτωση που στην έξοδο έχουμε συνδέσει μία αντίσταση, η ισχύς ($P=VI$) στην αντίσταση αυτή έχει μια μέγιστη τιμή που καθορίζεται από τις δυνατότητες του τελεστικού ενισχυτή.

Για την μελέτη του τελεστικού ενισχυτή εξετάζουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

α) Αν λειτουργεί στην γραμμική περιοχή. Δηλαδή αν η τάση εξόδου ακολουθεί γραμμικά τις μεταβολές της τάσης εισόδου ($V_{out} = kV_{in}$), όπου k σταθερά η οποία εξαρτάται από το κύκλωμα του τελεστικού ενισχυτή). Η μη γραμμικότητα του τελεστικού ενισχυτή εμφανίζεται συνήθως όταν η τάση της τροφοδοσίας δεν αρκεί για να δώσει την τάση που απαιτείται στην έξοδο.

β) Αν η τάση στην έξοδο παρουσιάζει αναστροφή ως προς την είσοδο δηλαδή ($V_{out} = -\mu V_{in}$ όπου μ θετική σταθερά). Γι' αυτό και διακρίνουμε τις συνδεσμολογίες του τελεστικού ενισχυτή σε συνδεσμολογίες με και χωρίς αναστροφή.

Οι περιπτώσεις που αφορούν κυκλώματα τελεστικών ενισχυτών με και χωρίς αναστροφή, παρουσιάζουν χαρακτηριστικές, δηλαδή γραφικές παραστάσεις $V_{out}(V_{in})$ που παριστάνονται γραφικά ως εξής:



Στην πρώτη περίπτωση βλέπουμε την χαρακτηριστική τελεστικού χωρίς αναστροφή. Δηλαδή είσοδος και έξοδος έχουν το ίδιο πρόσημο. Αντίθετα στην δεύτερη περίπτωση βλέπουμε την χαρακτηριστική τελεστικού με αναστροφή. Οι γκριζες περιοχές είναι αυτές όπου παρουσιάζεται η μη γραμμικότητα ενώ στην λευκή περιοχή υπάρχει γραμμική εξάρτηση τάσης εισόδου και εξόδου.

Επειδή η τιμή του συντελεστή ενίσχυσης είναι πολύ μεγάλη, για να βρισκόμαστε στην γραμμική περιοχή θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε πολύ μικρές διαφορές τάσεων στην είσοδο (της τάξης των nV). Σε περίπτωση μεγαλύτερης τάσης εισόδου θα χρειαζόμασταν για τροφοδοσία του τελεστικού μερικές χιλιάδες Volt όμως ένας τελεστικός δεν μπορεί πρακτικά να αντέξει σε τάσεις μεγαλύτερες από 15-20Volts.

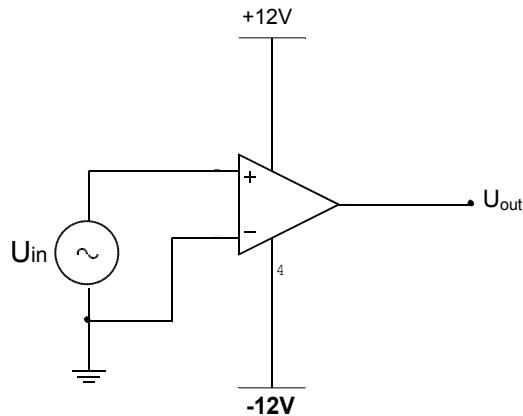
Με συγκεκριμένες κυκλωματικές συνδεσμολογίες έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε τον συντελεστή ενίσχυσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του κυκλώματος. **Προσοχή, δεν αλλάζει ο συντελεστής ενίσχυσης του τελεστικού ενισχυτή αφού, ο συντελεστής αυτός αποτελεί κατασκευαστική του σταθερά.** Όμως, έχουμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε τέτοια κυκλώματα στα οποία να μπορούμε να μεταβάλουμε τον συντελεστή ενίσχυσης τάσης τους ανάλογα με το τι δυνατότητες επιθυμούμε να έχουν.

Στα κυκλώματα που θα μελετήσουμε στα πλαίσια της παρούσας εργαστηριακής άσκησης στη συνέχεια, θα πρέπει πρώτα να υπολογίζετε την έξοδο τους θεωρητικά και η ανάλυση αυτή να φαίνεται στην εργασία που θα παραδώσετε, και στη συνέχεια να υλοποιείτε το κύκλωμα και να παρατηρείτε και την είσοδο και την έξοδο του, στον παλμογράφο.

Πειραματική Διαδικασία

Πείραμα 1: Μη γραμμικά κυκλώματα με τελεστικούς ενισχυτές

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα με AC σήμα εισόδου πλάτους $U_{in,0} = 1V$ και συχνότητα 1kHz



Το σήμα εισόδου να μην έχει DC συνιστώσα (δηλαδή να είναι συμμετρικό ως προς τον άξονα του χρόνου όταν θα εμφανίζεται στον παλμογράφο).

(α) Μελετήστε θεωρητικά το κύκλωμα και αναφέρατε-εξηγήστε το αποτέλεσμα το οποίο αναμένουμε στην έξοδο (τη μελέτη αυτή θα την παραθέσετε αναλυτικά και στην εργασία σας)

(β) Συνδέστε το ένα κανάλι του παλμογράφου στην είσοδο και το άλλο στην έξοδο. Σχεδιάστε τις δύο αυτές κυματομορφές παρακάτω.

Κυματομορφή εισόδου



Κυματομορφή εξόδου



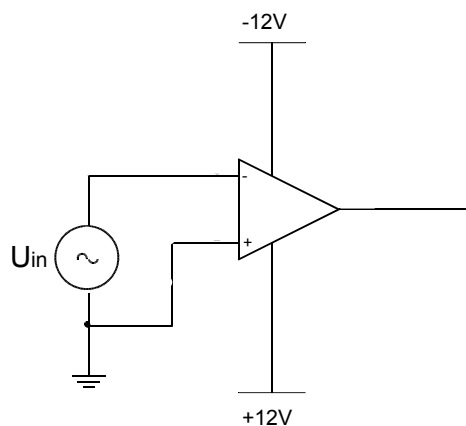
(γ) Η συνδεσμολογία λειτουργεί στη γραμμική ή στη μη γραμμική περιοχή; Γιατί;

(δ) Παρατηρείται αναστροφή τάσης σήματος με τη συνδεσμολογία αυτή; Γιατί;

Παρατηρήσεις-Σχόλια

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις, καθώς και τις απαντήσεις σας στις θεωρητικές ερωτήσεις που περιέχονται στο φυλλάδιο αυτό, θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

2. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα με AC σήμα εισόδου πλάτους $U_{in,0} = 1V$ και συχνότητα 1kHz.



Το σήμα εισόδου να μην έχει DC συνιστώσα (δηλαδή να είναι συμμετρικό ως προς τον άξονα του χρόνου όταν θα εμφανίζεται στον παλμογράφο).

(α) Μελετήστε θεωρητικά το κύκλωμα και αναφέρατε το αποτέλεσμα το οποίο αναμένουμε στην έξοδο του (U_{out}).

(β) Με τη βοήθεια του παλμογράφου παρατηρήστε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου και σχεδιάστε τη μορφή τους παρακάτω.

Κυματομορφή εισόδου



Κυματομορφή εξόδου



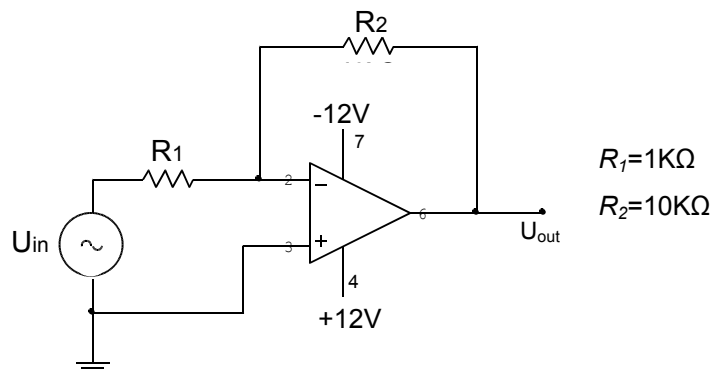
(γ) Στην περίπτωση αυτή έχουμε γραμμική ή μη γραμμική λειτουργία; Υπάρχει αναστροφή τάσης στην έξοδο; Εξηγείστε αναλυτικά στην εργασία σας.

Παρατηρήσεις-Σχόλια

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις, καθώς και τις απαντήσεις σας στις θεωρητικές ερωτήσεις που περιέχονται στο φυλλάδιο αυτό, θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

Πείραμα 2: Γραμμικά κυκλώματα με τελεστικούς ενισχυτές

1. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα με AC σήμα εισόδου πλάτους $U_{in,0} = 1V$ και συχνότητα 1kHz.



(α) Υπολογίστε αναλυτικά το συντελεστή ενίσχυσης του συνολικού κυκλώματος (όχι του τελεστικού ενισχυτή). Τι συμβαίνει όταν προσθέτουμε DC συνιστώσα στο σήμα εισόδου;

(β) Συνδέστε το ένα κανάλι του παλμογράφου στην είσοδο και το άλλο στην έξοδο. Παρατηρήστε τις κυματομορφές και σχεδιάστε αυτές παρακάτω.

Κυματομορφή εισόδου

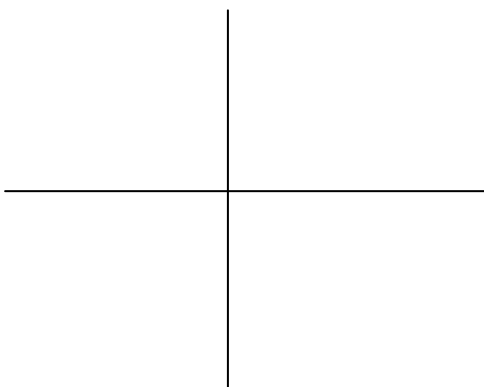


Κυματομορφή εξόδου



(γ) Με την λειτουργία X-Y του παλμογράφου παρατηρήστε την χαρακτηριστική τάσης εισόδου-εξόδου και σχεδιάστε την παρακάτω.

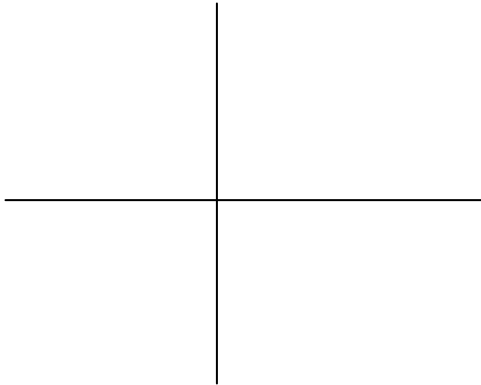
Χαρακτηριστική τάσης εισόδου-εξόδου



Να ορίσετε τους άξονες και να αναφέρετε τις μονάδες των μεγεθών που σχεδιάζετε. Ποια είναι η οριακή μέγιστη τιμή της τάσης του σήματος εισόδου μέχρι την οποία συνεχίζουμε να έχουμε γραμμική λειτουργία του κυκλώματος;

(δ) Στην λειτουργία Χ-Υ του παλμογράφου, αυξήστε το πλάτος του σήματος εισόδου μέχρι την τιμή που υπολογίσατε στο ακριβώς προηγούμενο ερώτημα, ώστε να παρατηρήσετε τη μη γραμμική περιοχή. Σχεδιάστε την κυματομορφή παρακάτω.

Χαρακτηριστική τάσης εισόδου - εξόδου

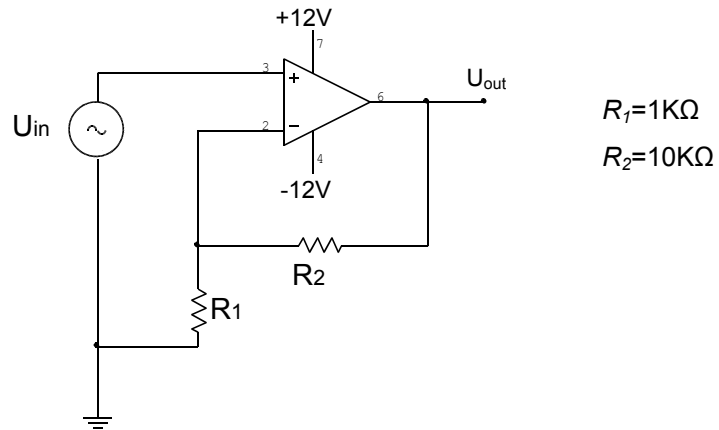


Να ορίσετε τους άξονες και να αναφέρετε τις μονάδες των μεγεθών που σχεδιάζετε.

Παρατηρήσεις-Σχόλια

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις, καθώς και τις απαντήσεις σας στις θεωρητικές ερωτήσεις που περιέχονται στο φυλλάδιο αυτό, θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

2. Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα με AC σήμα εισόδου πλάτους $U_{in,0} = 1V$ και συχνότητα 1kHz.



(α) Υπολογίστε αναλυτικά τον συντελεστή ενίσχυσης του κυκλώματος. Τι συμβαίνει όταν προσθέτουμε μια DC συνιστώσα στο σήμα εισόδου;

(β) Συνδέστε το ένα κανάλι του παλμογράφου στην είσοδο και το άλλο στην έξοδο. Παρατηρήστε τις κυματομορφές και σχεδιάστε τις παρακάτω.

Κυματομορφή εισόδου

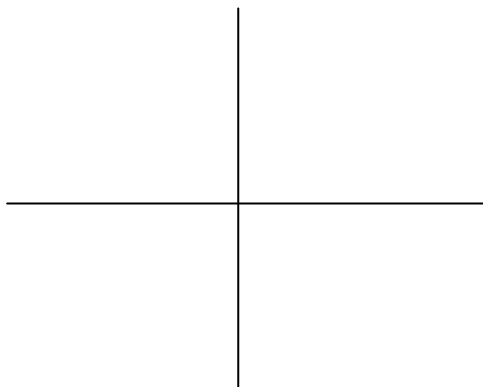


Κυματομορφή εξόδου



(γ) Από την λειτουργία X-Y παρατηρήστε την χαρακτηριστική και σχεδιάστε την αναγράφοντας και τις κλίμακες των τάσεων επάνω στον παλμογράφο.

Χαρακτηριστική τάσης



Να ορίσετε τους άξονες και να αναφέρετε τις μονάδες των μεγεθών που σχεδιάζετε. Ποια είναι η οριακή μέγιστη τιμή της τάσης του σήματος εισόδου μέχρι την οποία συνεχίζουμε να έχουμε γραμμική λειτουργία του κυκλώματος;

(δ) Μειώνουμε το πλάτος του σήματος μέχρι η συνδεσμολογία να λειτουργεί στην γραμμική περιοχή μόνο. Στην συνέχεια συνδέουμε το κιβώτιο αντιστάσεων στην έξοδο **με το κιβώτιο αρχικά να δίνει τη μέγιστη τιμή αντίστασης του**. Στη συνέχεια, μειώνουμε σιγά-σιγά την τιμή της. Τι παρατηρούμε στον παλμογράφο; Για ποιά τιμή αντίστασης συμβαίνει αυτό; Τι συμπεράσματα βγάζετε;

Παρατηρήσεις-Σχόλια

Σημείωση: Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα και γραφικές παραστάσεις, καθώς και τις απαντήσεις σας στις θεωρητικές ερωτήσεις που περιέχονται στο φυλλάδιο αυτό, θα πρέπει να τις συμπεριλάβετε και στις εργασίες που θα παραδώσετε, μαζί με τα απαραίτητα αναλυτικά σχόλια.

Βιβλιογραφία

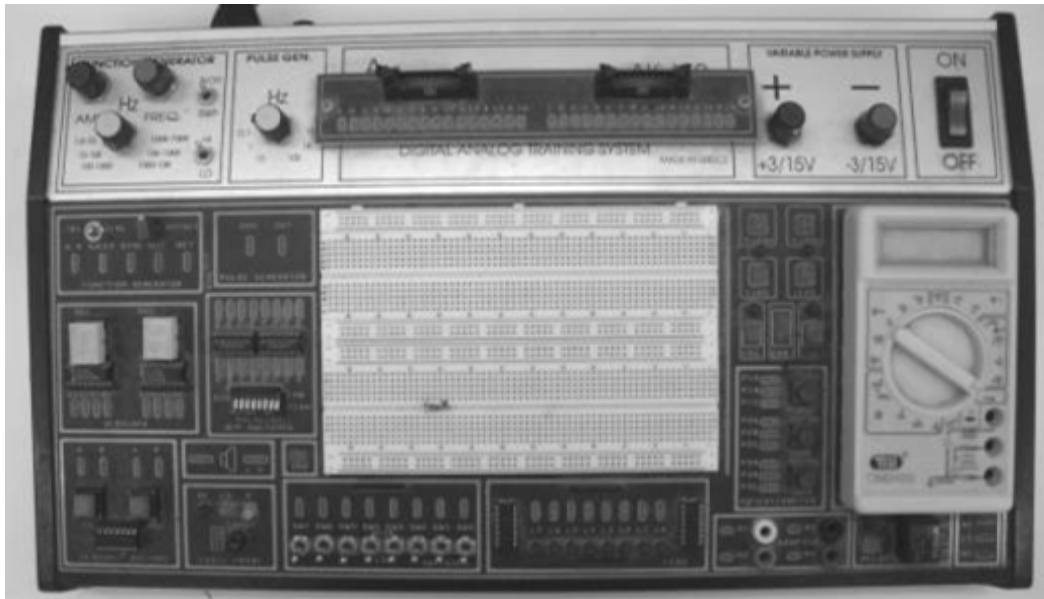
1. Γ.Σ. Τόμπρας, “Εισαγωγή στην Ηλεκτρονική”, *Εκδόσεις Δίαυλος*, 2006
2. Γ.Σ. Τόμπρας, “Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικής Φυσικής”, *Έκδοση του Πανεπιστημίου Αθηνών*, 2005
3. Θ.Α. Δεληγιάννης, “Ηλεκτρονικά Στοιχεία – Κυκλώματα”, Τόμος Α, 1981
4. R.C. Dorf, “The Electrical Engineering Handbook”, *CRC Press*, 1993
5. P.E. Gray and G.L. Searle, “Electronic Principles: Physics, Models, and Cicruits”, *Publisher J.Wiley & Sons*, 1969
6. Κ. Καρούμπalos και Γ. Φιλοκύπτρου, “Μαθήματα Ηλεκτρονικής”, 1978
7. S.D. Senturia and B.D. Wedlock, “Electronic Circuits and Applications”, *Publisher J. Wiley & Sons*, 1975
8. Γ. Θεοδωρίδης, Κ. Κοσματόπουλος, Θ. Λαόπουλος, Σ. Νικολαΐδης, Κ. Παπαθανασίου, και Σ. Σίσκος, “Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρονικής”, Εκδ. Σύγχρονη Παιδεία, Θεσσαλονίκη, 2009.
9. C.K. Alexander and M.N.O. Sadiku, “Εισαγωγή στα Ηλεκτρικά Κυκλώματα”, 4^η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2013
10. A. Malvino and D.J. Bates, “Ηλεκτρονική αρχές και εφαρμογές”, 7^η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2013.
11. R.L. Boylestad and L. Nashelsky, “Ηλεκτρονικές διατάξεις και θεωρία κυκλωμάτων”, 10^η Έκδοση, Εκδ. Τζιόλα, 2012.

Παραρτήματα

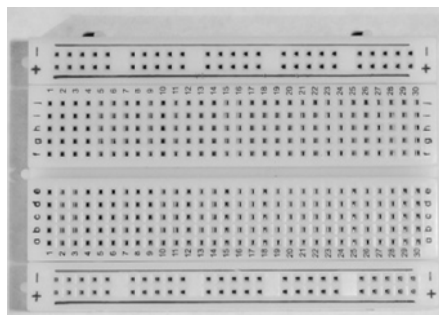
Παράρτημα Ηλεκτρονικής Φυσικής

Επιφάνεια εργασίας – κονσόλα βασικών εργαλείων:

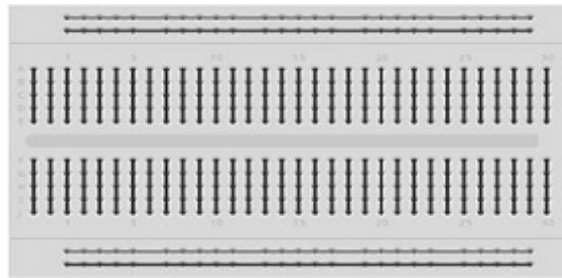
Όπως παρατηρούμε στην παρακάτω εικόνα, η κονσόλα διαθέτει μια ποικιλία λειτουργιών τις οποίες και θα αναλύσουμε στην συνέχεια.



α) Η πλακέτα για υλοποίηση κυκλωμάτων (breadboard):



Το breadboard είναι η περιοχή στην οποία υπάρχουν υποδοχές για να τοποθετούμε τα στοιχεία για την κατασκευή του κυκλώματος. Προκειμένου τα στοιχεία να επικοινωνούν μεταξύ τους, το breadboard εσωτερικά αποτελείται από χάλκινους “διαδρόμους” που βραχυκυκλώνουν τις υποδοχές όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

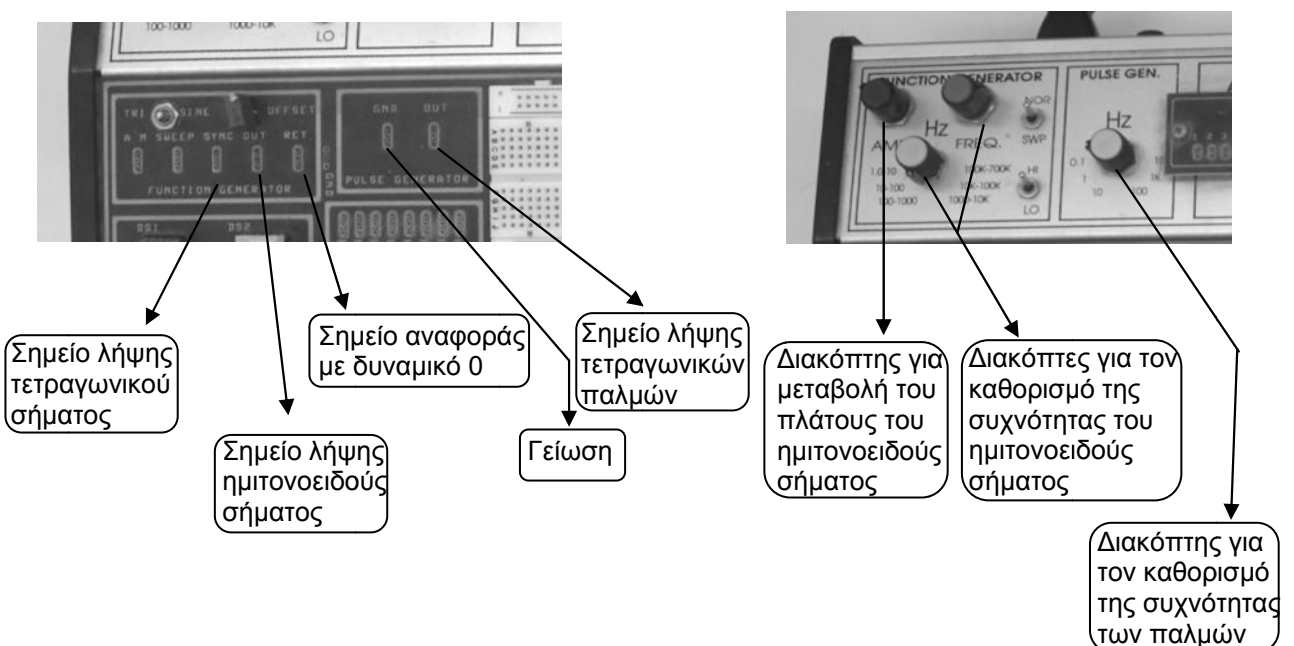


Για την υλοποίηση ενός κυκλώματος σε breadboard πολλές φορές δεν αρκούν οι χάλκινοι διάδρομοι για να γίνουν όλες οι συνδέσεις. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε τα χάλκινα μονόκλινα καλώδια. Τα καλώδια αυτά βρίσκονται στη διάθεση των ασκούμενων φοιτητών στο εργαστήριο Ηλεκτρονικής Φυσικής.

Στην κατασκευή ενός κυκλώματος θα πρέπει να γίνεται προσπάθεια να είναι με τον απλούστερο δυνατό τρόπο χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν λιγότερα καλώδια ενώ ταυτόχρονα τα στοιχεία να μην συνωστίζονται. Με αυτόν το τρόπο το αποφεύγονται ανεπιθύμητα βραχυκυκλώματα καθώς επίσης το κύκλωμα μπορεί να ελεγχθεί πιο εύκολα σε περίπτωση που δεν λειτουργεί σωστά.

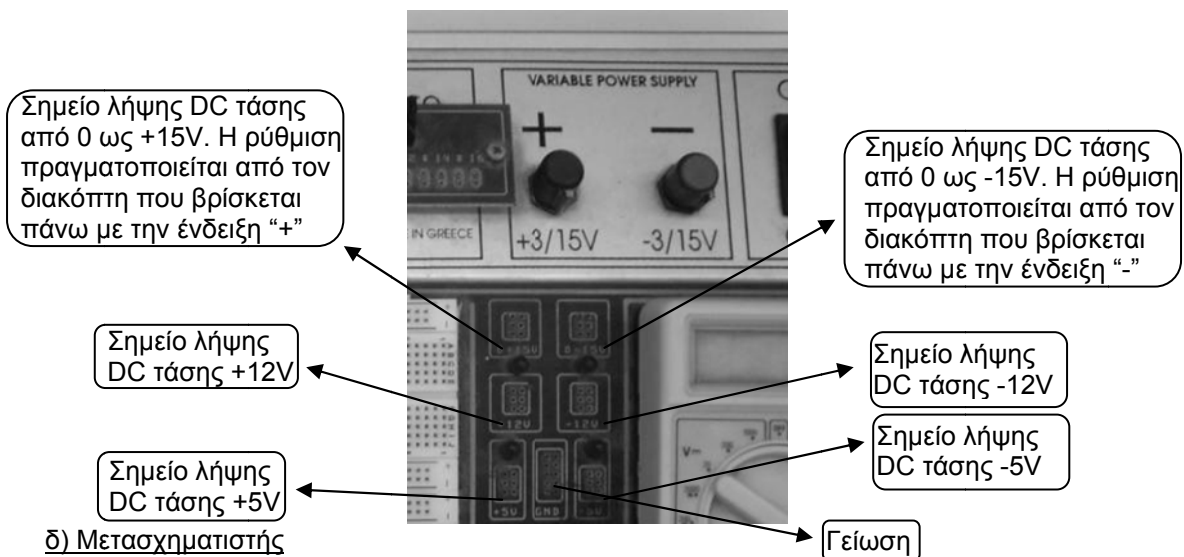
β) Πηγή AC σημάτων τάσης και παλμών

Από την κονσόλα μπορούμε να λάβουμε ημιτονοειδή σήματα και παλμούς με δυνατότητα ρύθμισης του πλάτους και της συχνότητας. Τα σήματα αυτά και οι ρυθμίσεις βρίσκονται στο σημείο που φαίνεται παρακάτω

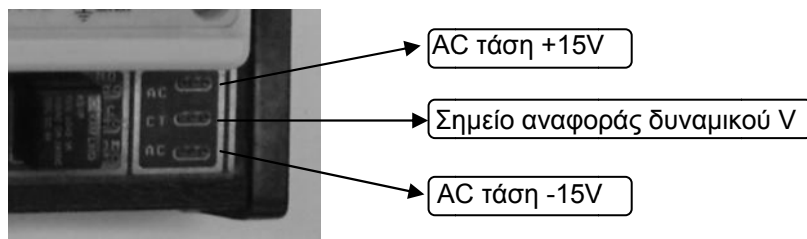


γ) Πηγές DC τάσης

Από την κονσόλα μπορούμε να λάβουμε DC τάση με δυνατότητα ρύθμισης του πλάτους της όπως φαίνεται παρακάτω:



Η κονσόλα διαθέτει μετασχηματιστή με δύο δευτερεύοντα πηνία ο οποίος συνδέεται ως εξής:

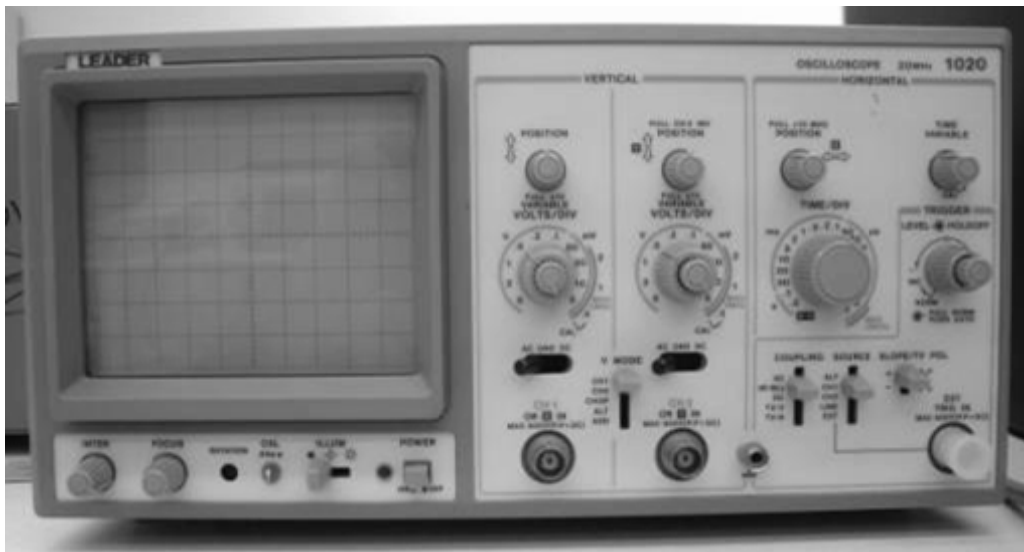


- Για να λειτουργήσουν όλες οι πηγές σήματος θα πρέπει να θέσουμε σε λειτουργία την κονσόλα από τον διακόπτη λειτουργίας.
- Η επιφάνεια εργασίας διαθέτει αρκετές ακόμα λειτουργίες οι οποίες όμως δε θα αναλυθούν και χρησιμοποιηθούν στο εργαστήριο αυτό.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Κατά την διάρκεια κατασκευής ενός κυκλώματος η κονσόλα θα πρέπει να είναι εκτός λειτουργίας για την αποφυγή ατυχήματος. Πριν την θέσουμε σε λειτουργία το κύκλωμα θα πρέπει να έχει ελεγχθεί.

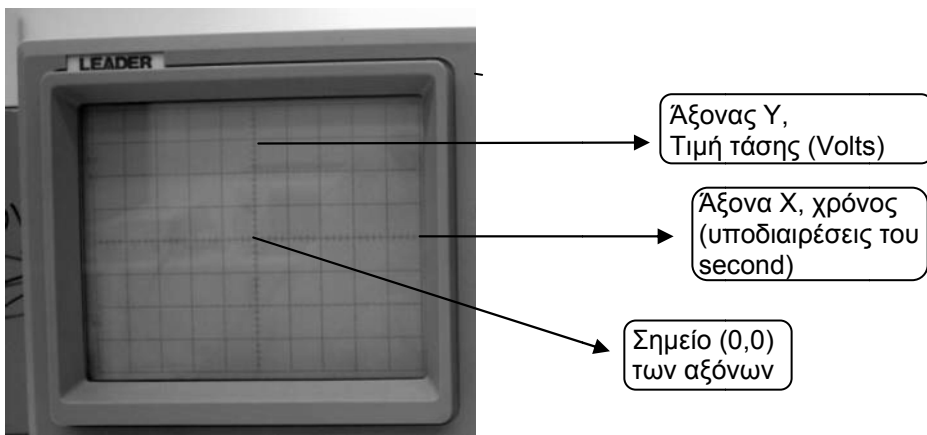
Παλμογράφος

Ο παλμογράφος είναι ένα όργανο απεικόνισης κυματομορφών σημάτων τάσης. Ακολουθεί μία σύντομη περιγραφή των βασικών λειτουργιών του.



Ο παλμογράφος που υπάρχει στο Εργαστήριο Ηλεκτρονικής για την άσκηση των φοιτητών, διαθέτει 2 κανάλια. Δηλαδή 2 ζεύγη καλωδίων τα οποία μπορούν να μετρήσουν δύο διαφορετικά σήματα τάσης και να τις απεικονίσουν ταυτόχρονα στην οθόνη.

Η οθόνη διαθέτει ένα πλέγμα το οποίο μας βοηθά να μετρήσουμε το πλάτος και την περίοδο (άρα και τη συχνότητα) ενός σήματος.



Το πλέγμα διαθέτει δύο κεντρικούς άξονες, τον (οριζόντιο) άξονα του χρόνου και (τον κατακόρυφο) του πλάτους της απεικονιζόμενης τάσης. Το υπόλοιπο πλέγμα διαιρεί τους άξονες σε ίσα τμήματα. Κάθε τμήμα ισούται με μία τιμή η οποία καθορίζεται από τους διακόπτες:



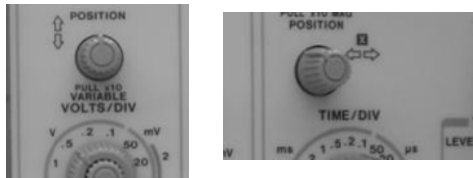
Ο δείκτης του διακόπτη "VOLTS/DIV" μας δείχνει σε πόσα Volts αντιστοιχεί κάθε τμήμα (τετράγωνο) στον άξονα των τάσεων. Παρατηρούμε τον δείκτη του εξωτερικού διακόπτη, πχ. στην εικόνα αυτή κάθε τετράγωνο αντιστοιχεί σε 0.5mV.



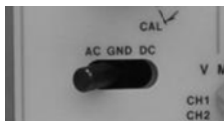
Ο δείκτης του διακόπτη "TIME/DIV" μας δείχνει σε πόσα seconds αντιστοιχεί κάθε τμήμα (τετράγωνο) στον άξονα του χρόνου.

Πρέπει να προσέξουμε ότι **γυρνώντας τον διακόπτη και αλλάζοντας τα Volts και τα δευτερόλεπτα που αντιστοιχούν σε κάθε τμήμα αλλάζουμε την κλίμακα που παρατηρούμε το σήμα και ΟΧΙ τα χαρακτηριστικά του σήματος. Ουσιαστικά είναι σαν να κάνουμε μεγέθυνση ή σμίκρυνση του σήματος για να μπορούμε να το μελετήσουμε καλύτερα.**

Επίσης υπάρχουν οι διακόπτες “Position”



Γυρνώντας τους διακόπτες αυτούς απλά μετατοπίζουμε την απεικόνιση του σήματος στους άξονες. Κάθε κανάλι διαθέτει αυτόνομους διακόπτες VOLTS/DIV όμως ο διακόπτης TIME/DIV είναι, προφανώς, κοινός και για τα δύο κανάλια.



Κάθε κανάλι διαθέτει τον διακόπτη στα αριστερά με τον οποίο επιλέγουμε ποιά συνιστώσα του σήματος θα παρατηρήσουμε (AC ή DC). Η επιλογή GND μηδενίζει το σήμα (ευθεία γραμμή που πρέπει να συμπίπτει με το μηδέν της τάσης). Συνήθως χρησιμοποιούμε την επιλογή αυτή για να τοποθετήσουμε σωστά το κανάλι ως προς τον άξονα x (βαθμονόμηση). Δηλαδή τοποθετούμε την γραμμή μηδενικής τάσης πάνω στον άξονα x και στην συνέχεια παρατηρούμε την AC ή/και την DC συνιστώσα.



Με τον διακόπτη αυτό επιλέγουμε ποιά σήματα θα δούμε στην οθόνη. Στην θέση CH1 παρατηρούμε μόνο την κυματομορφή του καναλιού 1. Στην θέση CH2 την κυματομορφή τάσης του καναλιού 2 και στην επιλογή CHOP παρατηρούμε και τις δυο κυματομορφές ταυτόχρονα.



Στον διακόπτη TIME/DIV που περιγράψαμε πριν, υπάρχει και μια πρόσθετη λειτουργία, αυτή της λήψης χαρακτηριστικής X-Y. Στρέφουμε τον διακόπτη στην ένδειξη X-Y και τότε παρατηρούμε στον παλμογράφο, στον άξονα X την τάση του καναλιού 1 και στον άξονα Y την τάση του καναλιού 2.

Πολύμετρο

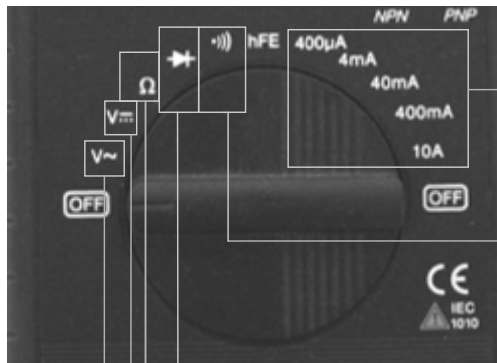
Ένα από τα πιο σημαντικά όργανα μέτρησης ενός εργαστηρίου ηλεκτρονικής φυσικής είναι το πολύμετρο. Μας βοηθάει να μετρήσουμε μεγέθη όπως η τάση, το ρεύμα ή αντίσταση. Διαθέτει όμως και άλλες λειτουργίες τις οποίες θα αναλύσουμε. Στη συνέχεια βλέπουμε την φωτογραφία ενός τυπικού πολυμέτρου.



Το πολύμετρο διαθέτει δύο ακροδέκτες, έναν κόκκινο και έναν μαύρο. Στο κάτω μέρος του πολυμέτρου βρίσκονται οι υποδοχές για τους ακροδέκτες



Στο κέντρο του πολυμέτρου υπάρχει ο διακόπτης με τον οποίο επιλέγουμε την λειτουργία μέτρησης για την οποία θέλουμε να το χρησιμοποιήσουμε.



Στρέφουμε τον διακόπτη στις επιλογές αυτές όταν θέλουμε να μετρήσουμε ρεύμα επιλέγοντας την τάξη μεγέθους του.

Χρησιμοποιούμε την λειτουργία αυτή αν θέλουμε να ελέγξουμε την παρουσία βραχυκυκλώματος μεταξύ δυο σημείων. Τοποθετούμε τους ακροδέκτες στα σημεία αυτά και στην περίπτωση που υπάρχει τότε ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος (BEEP).

Χρησιμοποιούμε την λειτουργία αυτή για να μετρήσουμε την τάση στην οποία άγει μια διάοδος. Για να δούμε την ένδειξη αυτή πρέπει να τοποθετήσουμε τον μαυρο ακροδέκτη στην κάθοδο και τον κόκκινο στην άνοδο.

Στη λειτουργία αυτή μετράμε την αντίσταση μεταξύ δύο σημείων

Στρέφουμε τον διακόπτη στην ένδειξη αυτή για να μετρήσουμε DC τάση.

Στην λειτουργία αυτή, μπορούμε να μετρήσουμε AC τάση (τιμή rms)

Τέλος υπάρχει και η λειτουργία "hFE". Στην λειτουργία αυτή μπορούμε να μετρήσουμε το συντελεστή ενίσχυσης β (h_{FE}) ενός τρανζίστορ. Για να πραγματοποιήσουμε την μέτρηση αυτή στρέφουμε το διακόπτη στην θέση h_{FE} και τοποθετούμε το τρανζίστορ στην υποδοχή



Θα πρέπει να προσέξουμε αν το τρανζίστορ είναι NPN ή PNP καθώς και να τοποθετήσουμε σωστά τους ακροδέκτες του τρανζίστορ στις υποδοχές (Ε-εκπομπός, Β-βάση, C-συλλέκτης).

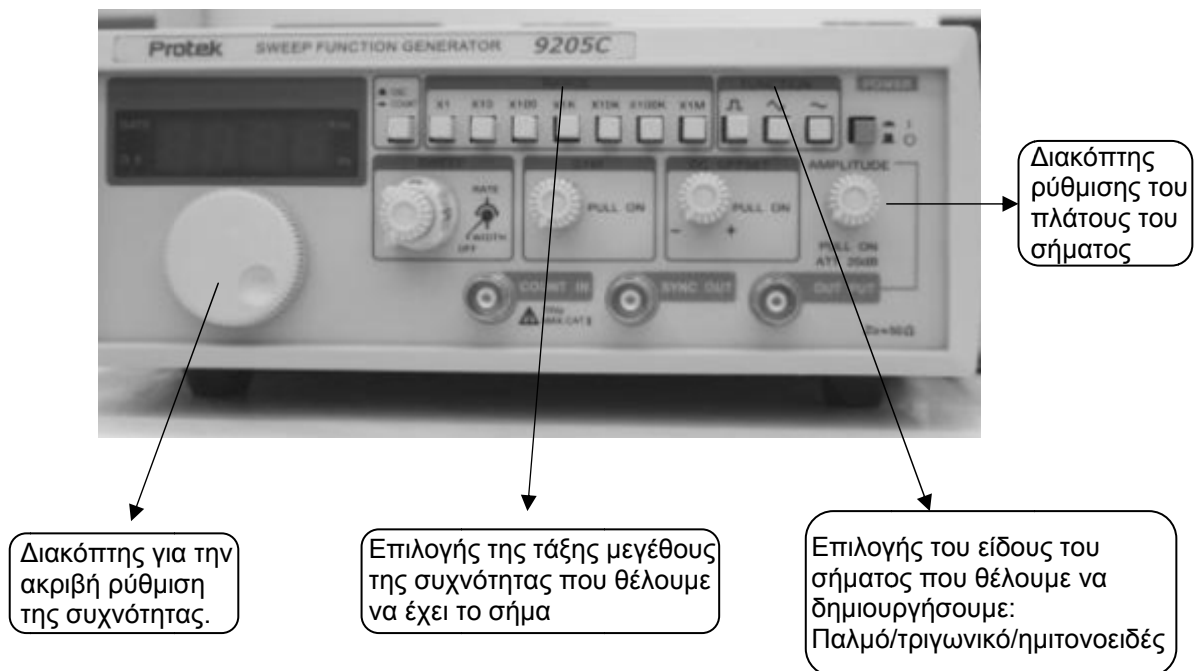
Κατά την πραγματοποίηση μετρήσεων με το πολύμετρο, μερικές φορές μπορεί να παρατηρήσουμε την ένδειξη OL στην οθόνη. Η ένδειξη αυτή σημαίνει Over Limit δηλαδή το πολύμετρο δεν μπορεί να δώσει την ένδειξη αυτή συνήθως επειδή είναι πολύ μεγάλη η τιμή αυτή. Πχ για πολύ μεγάλη τιμή αντίστασης (ανοιχτό κύκλωμα).

Τεχνική μέτρησης δυναμικού σε σημεία ενός κυκλώματος.

Πολλές φορές δεν αρκεί η μέτρηση της τάσης στα μεταξύ δύο σημείων αλλά χρειάζεται να ξέρουμε και το δυναμικό σε κάθε σημείο. Αυτή η μέτρηση μπορεί να γίνει τοποθετώντας τον μαύρο ακροδέκτη στο κοινό σημείο του κυκλώματος (σημείο αναφοράς δυναμικού 0) και τον κόκκινο ακροδέκτη στο σημείο που θέλουμε να μετρήσουμε το δυναμικό.

Γεννήτρια συχνοτήτων

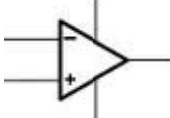
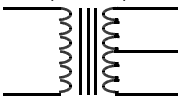
Η γεννήτρια συχνοτήτων είναι η συσκευή από την οποία μπορούμε να δημιουργήσουμε AC σήματα (ημιτονοειδή, τριγωνικά κ.α) με το πλάτος και την συχνότητα που χρειαζόμαστε.



Στην οθόνη της γεννήτριας βλέπουμε την συχνότητα του σήματος που έχουμε δημιουργήσει.

Ηλεκτρικά στοιχεία

Πίνακας συμβόλων των βασικών ηλεκτρικών στοιχείων

Αντίσταση		Πηγή DC τάσης	
Πυκνωτής		Πηγή AC τάσης	
Πηνίο		Γείωση	
Δίοδος		Κοινό (σημείο αναφοράς)	
Τελεστικός Ενισχυτής		Μετασχηματιστής	
Τρανζίστορ		Μεταβλητή Αντίσταση	
Μεταβλητός Πυκνωτής			

α) Αντιστάσεις

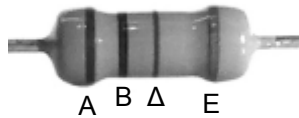
Οι συνηθισμένες αντιστάσεις έχουν την παρακάτω μορφή



Την τιμή των αντιστάσεων την υπολογίζουμε με βάση το χρωματικό κώδικα. Όπως παρατηρούμε και στις παραπάνω εικόνες, οι αντιστάσεις φέρουν 3 ή 4 χρωματιστές λωρίδες καθώς και μία λωρίδα ακόμα που είναι πιο απομακρυσμένη. Την τιμή την υπολογίζουμε με βάση τον επόμενο πίνακα.

Χρώμα	A	B	Γ	Δ	Ε
Μαύρο	0	0	0	$\times 10^0$	
καφέ	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1 \%$
Κόκκινο	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2 \%$
Πορτοκαλί	3	3	3	$\times 10^3$	
Κίτρινο	4	4	4	$\times 10^4$	
Πράσινο	5	5	5	$\times 10^5$	
Μπλε	6	6	6	$\times 10^6$	
Μωβ	7	7	7	--	
Γκρι	8	8	8	--	
Ασπρο	9	9	9	--	
Χρυσό	--	--	--	$\times 0.1$	$\pm 5 \%$
Ασημένιο	--	--	--	$\times 0.01$	$\pm 10 \%$
Αχρωμο	--	--	--	--	$\pm 20 \%$

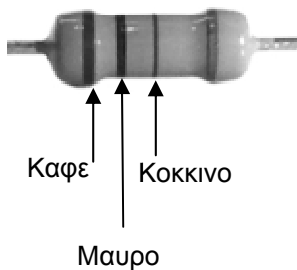
Αρχικά λοιπόν παρατηρούμε αν η αντίσταση φέρει 3+1 ή 4+1 λωρίδες. Οι 3 (ή 4) μας βοηθούν στην τιμή της αντίστασης και η άλλη στην τιμή της ανοχής. Στην συνέχεια ακολουθούμε τον παρακάτω κανόνα



Κάθε χρώμα αντιστοιχεί στην αντίστοιχη στήλη του πίνακα. Το πρώτο χρώμα μας δίνει το πρώτο ψηφίο της αντίστασης, το δεύτερο χρώμα το δεύτερο ψηφίο αντίστοιχα (στις αντιστάσεις με 4+1 χρώματα το τρίτο χρώμα μας δίνει το τρίτο ψηφίο) και το επόμενο χρώμα είναι ο πολλαπλασιαστής.

66

Παράδειγμα



$$= 1 \ 0 \times 10^2 = 1000\Omega = 1K\Omega$$

β) Πυκνωτές

Υπάρχουν πολλά είδη πυκνωτών ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους όπως οι κεραμικοί, πολυεστερικοί, ηλεκτρολυτικοί, τανταλίου κ.α. Παρακάτω φαίνονται φωτογραφίες πυκνωτών:



Κεραμικοί



Ηλεκτρολυτικός

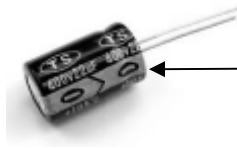


Πολυεστερικός



Τανταλίου

Οι πυκνωτές (εκτός των ηλεκτρολυτικών) δεν έχουν πολικότητα, οπότε τοποθετούνται με οποιοδήποτε τρόπο στο κύκλωμα. Οι ηλεκτρολυτικοί όμως διαθέτουν πολικότητα και μάλιστα αν τοποθετηθούν αντίστροφα καταστρέφονται. Ο ακροδέκτης με την αρνητική πολικότητα ξεχωρίζει από την ειδική λωρίδα που φαίνεται παρακάτω:



Λωρίδα
πολικότητας

αρνητικής

Η τιμή της χωρητικότητας για τους πυκνωτές (εκτός των ηλεκτρολυτικών) δίνεται από τον κωδικό που αναγράφεται πάνω τους. Αφού βρούμε τον κωδικό αυτό θα πρέπει να ανατρέξουμε στον κατάλληλο πίνακα. Ο πίνακας αυτός διαφέρει για κάθε υλικό πυκνωτή.

Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές αναγράφουν την τιμή της χωρητικότητάς τους δίπλα στην λωρίδα πολικότητας που είδαμε πριν.