

Εργαστηριακή Άσκηση 1

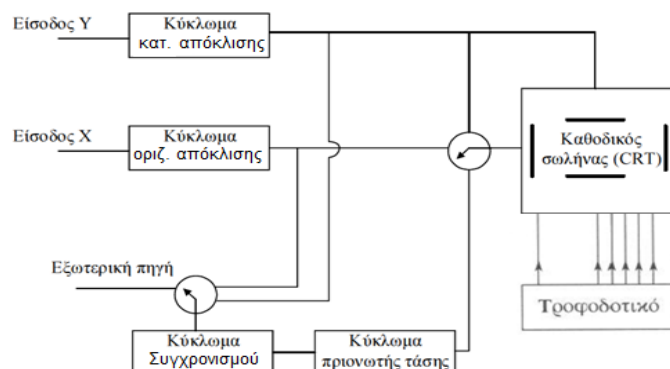
Παλμογράφος

Ο παλμογράφος είναι ένα από τα πλέον χρήσιμα και ευέλικτα ηλεκτρονικά όργανα μετρήσεως που χρησιμοποιούνται στα εργαστήρια. Αυτό οφείλεται αφενός στο γεγονός ότι είναι το μόνο όργανο που στο οποίο απεικονίζει σε πραγματικό χρόνο ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο εξαρτάται από τον χρόνο. Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής οι καινούργιοι παλμογράφοι έχουν αποκτήσει εκπληκτικές δυνατότητες και υπολογιστική δύναμη που τους κάνει ακόμη πιο χρήσιμους και πιο αποτελεσματικούς για κάθε χρήση.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι ο παλμογράφος απεικονίζει στην οθόνη που διαθέτει ένα ηλεκτρικό σήμα που εφαρμόζεται στην είσοδό του, ως προς ένα σήμα ή ως προς το χρόνο. Υπάρχουν παλμογράφοι "μονής" και "διπλής" δέσμης. Οι μονής δέσμης απεικονίζουν στην οθόνη μία μόνο κυματομορφή ενώ οι διπλής δέσμης απεικονίζουν στην οθόνη συγχρόνως δύο διαφορετικές κυματομορφές. Υπάρχουν επίσης ψηφιακοί, που λειτουργούν με δειγματοληψία και διαθέτουν μνήμη για την καταχώρηση των κυματομορφών όπως επίσης και άλλες πολλές ιδιότητες. Λειτουργούν με δύο, τρία ή και τέσσερα κανάλια εισόδου.

Τα βασικά μέρη ενός παλμογράφου είναι τα παρακάτω:

- Καθοδικός σωλήνας (Cathode Ray Tube-CRT), με την βοήθεια του οποίου γίνεται η απεικόνιση της μετρούμενης τάσης.
- Σύστημα οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης (σάρωσης), που χρησιμεύουν στη σωστή απεικόνιση του σήματος εισόδου.
- Κύκλωμα παραγωγής πριονωτής τάσης, που χρησιμεύει στην απεικόνιση της υπό εξέταση τάσης ως συνάρτηση του χρόνου.
- Κύκλωμα συγχρονισμού, με τη βοήθεια του οποίου λαμβάνουμε σταθερές κυματομορφές στην οθόνη του παλμογράφου και
- Τροφοδοτικό

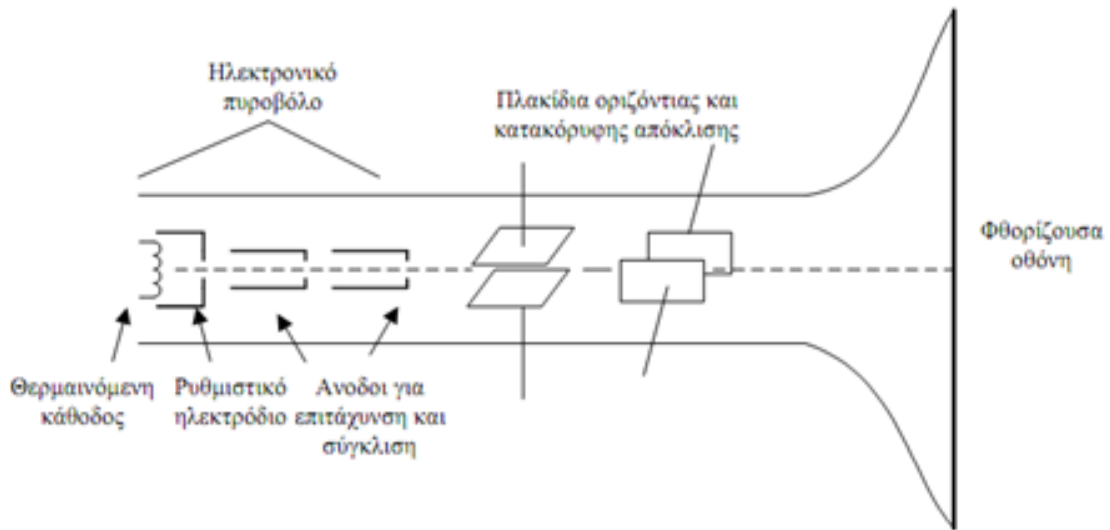


Εικόνα 1 . Βασικά μέρη ενός παλμογράφου

1.1. Καθοδικός σωλήνας

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα κύρια μέρη του καθοδικού σωλήνα. Τα ηλεκτρόνια εκπέμπονται από μία θερμαινόμενη κάθοδο, και με τη βοήθεια ενός ρυθμιστικού ηλεκτροδίου που την περιβάλλει επιλέγεται ο αριθμός τους που θα σχηματίσει τη δέσμη.

Με ένα ποτενσιόμετρο, που βρίσκεται στην μπροστινή όψη του παλμογράφου, μεταβάλλουμε το δυναμικό του ρυθμιστικού ηλεκτροδίου και έτσι μεταβάλλεται και ο αριθμός των ηλεκτρονίων που θα σχηματίσουν την δέσμη. Με αυτό τον τρόπο ελέγχουμε την φωτεινότητα (**INTENSITY**) της δέσμης.



Εικόνα 2 Βασικές λειτουργίες του καθοδικού σωλήνα

Τα εκπεμπόμενα από την κάθοδο ηλεκτρόνια, επιταχύνονται και εστιάζονται από ένα σύστημα ανόδων. Με τη βοήθεια ενός ποτενσιόμετρου, που βρίσκεται στην μπροστινή πλευρά του παλμογράφου, ρυθμίζουμε τα δυναμικά του συστήματος των ανόδων. Με τον τρόπο αυτό μεταβάλλουμε την εστίαση (**FOCUS**) της δέσμης στην οθόνη του παλμογράφου. Η κάθοδος, το ρυθμιστικό ηλεκτρόδιο, η πρώτη και η δεύτερη άνοδος, αποτελούν το ηλεκτρονικό πυροβόλο του καθοδικού σωλήνα.

Η δέσμη των ηλεκτρονίων καθώς εξέρχεται από το ηλεκτρονικό πυροβόλο, περνά από τα πλακίδια κατακόρυφης και οριζόντιας απόκλισης. Είναι ζεύγη πλακιδίων, με επίπεδα κάθετα μεταξύ τους, στα οποία εφαρμόζονται κατάλληλες εσωτερικές ή εξωτερικές τάσεις. Με την επίδραση των παραπάνω τάσεων η κηλίδα μπορεί να μετακινείται είτε στον οριζόντιο, είτε στον κατακόρυφο άξονα. Έτσι, η θέση της κηλίδας στην οθόνη του παλμογράφου αναφέρεται σε σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων, και η κίνηση της είναι η συνισταμένη των επιμέρους κινήσεων που αντιστοιχούν στους δύο άξονες.

Η οθόνη είναι επιχρισμένη με λεπτό στρώμα από υλικό που φθορίζει και καθώς τα ηλεκτρόνια προσπίπτουν σε αυτή σχηματίζεται μία φωτεινή κηλίδα.

1.2. Ενισχυτές - Εξασθενητές οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης

Αν οι τάσεις που εφαρμόζονται στον παλμογράφο είναι πολύ μικρές δεν μπορούν να προκαλέσουν αισθητή απόκλιση της δέσμης των ηλεκτρονίων, οπότε απαιτείται η ενίσχυση τους. Γι' αυτό πριν τροφοδοτήσουν τους σπλισμούς των πεδίων αποκλίσεως, περνούν από ενισχυτές που αυξάνουν το μέγεθος τους. Ενώ αντίστοιχα αν οι τάσεις που εφαρμόζονται στον παλμογράφο είναι πολύ μεγάλης τιμής, προκαλούν απόκλιση της δέσμης των ηλεκτρονίων έξω από τα όρια της οθόνης, οπότε απαιτείται η εξασθένηση τους. Γι' αυτό πριν τροφοδοτήσουν τους σπλισμούς των πεδίων αποκλίσεως, περνούν από εξασθενητές που μειώνουν το μέγεθος τους.

Οι περισσότεροι παλμογράφοι εργαστηρίου διαθέτουν ενισχυτές «απ' ευθείας συνδέσεως» (direct-coupled) που έχουν την δυνατότητα να ενισχύσουν, τόσο τα συνεχή όσο και τα εναλλασσόμενα σήματα. Συνήθως, η ευαισθησία του παλμογράφου δίνεται σε V/cm ή σε mV/cm.

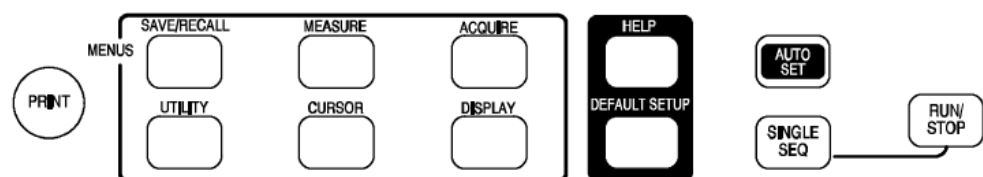
1.3. Περιγραφή Παλμογράφου

Η εμπρόσθια όψη του οργάνου χωρίζεται σε δύο κύριες περιοχές: στην περιοχή της οθόνης και στην περιοχή όπου περιέχονται οι διακόπτες, τα ρυθμιστικά κουμπιά και οι είσοδοι των σημάτων (κυματομορφών).

Η δεύτερη αυτή περιοχή με τη σειρά της χωρίζεται σε τρεις υπό-περιοχές:

1. Μια στενή περιοχή που αφορά το μενού και τις ρυθμίσεις ελέγχου του παλμογράφου.
2. Μια περιοχή που αφορά ρυθμίσεις για την κατακόρυφη εκτροπή της δέσμης ή και των δύο δεσμών που διαθέτει ο παλμογράφος. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν και οι υποδοχές στις οποίες συνδέουμε το σήμα του οποίου την κυματομορφή θέλουμε να μελετήσουμε.
3. Μια περιοχή που αφορά ρυθμίσεις για την οριζόντια (HORIZONTAL) εκτροπή της δέσμης ή και των δύο δεσμών που διαθέτει ο παλμογράφος. Συνήθως τίθεται σε λειτουργία αυτόματης σάρωσης δηλαδή η δέσμη αυτόματα εκτρέπεται περιοδικά από τα αριστερά προς τα δεξιά.

1.4. Περιοχή Μενού Ρυθμίσεων Ελέγχου

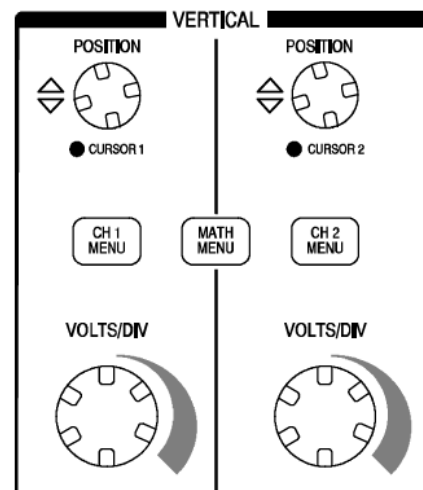


Εικόνα 3 Περιοχή Μενού Ρυθμίσεων Ελέγχου

Στην περιοχή αυτή υπάρχει, εκτός των άλλων, ο διακόπτης Autoset του παλμογράφου που ανανεώνει το περιεχόμενο της οθόνης, ο διακόπτης Run/Stop που αποδίδει ένα στιγμιότυπο της οθόνης σε στοπ-καρε , καθώς και το μπουτόν Cursor που τοποθετεί δείκτες στον κατακόρυφο ή τον οριζόντιο άξονα ώστε να μπορούμε να μετρήσουμε την τάση και τον χρόνο με ακρίβεια.

1.5. Περιοχή Ρυθμίσεων Κατακόρυφης (Vertical) Απόκλισης

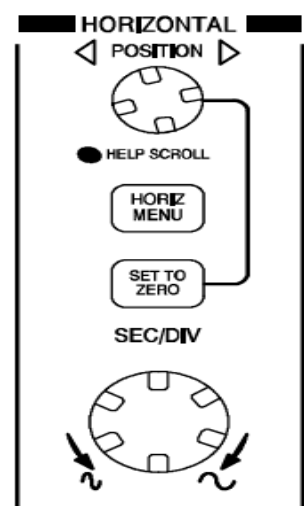
Χωρίζεται σε δύο εντελώς όμοιες περιοχές που η κάθε μια χρησιμοποιείται για τις ρυθμίσεις της μιας εκ των δύο δεσμών που διαθέτει ο παλμογράφος. Σε κάθε μια από τις περιοχές αυτές υπάρχουν, εκτός των άλλων, ένα κεντρικό περιστροφικό κουμπί (volts/div) που είναι ένας βηματικός εξασθενητής ο οποίος επιλέγει τον κάθετο συντελεστή απόκλισης και με αυτό τον τρόπο ρυθμίζεται η ευαισθησία του κατακόρυφου άξονα που μεγαθύνει ή σμικρύνει καθ' ύψος την κυματομορφή και ένα δεύτερο περιστροφικό κουμπί (Position) που μετακινεί πάνω – κάτω την κυματομορφή ή μετακινεί τον δείκτη που έχει εισαχθεί με το μπουτόν Cursor. Στη μέση της περιοχής αυτή υπάρχει η είσοδος του σήματος που θέλουμε να δούμε στην οθόνη. Εκεί υπάρχουν δύο διακόπτες (CH1) και (CH2) που εμφανίζουν τη δέσμη του καναλιού 1 ή του καναλιού 2 ή και των δύο αντίστοιχα καθώς και ένα menu που εμφανίζει αριθμητικές πράξεις μεταξύ των κυματομορφών. Οι αριθμητικές λειτουργίες που υποστηρίζονται είναι οι : πρόσθεση , αφαίρεση και ο Μ/Σ Fourier.



Εικόνα 4 Περιοχή Ρυθμίσεων Κατακόρυφης (Vertical) Απόκλισης

1.6. Περιοχή Ρυθμίσεων Οριζόντιας (Horizontal) Απόκλισης

Στην περιοχή αυτή υπάρχουν, εκτός των άλλων, ένα κεντρικό περιστροφικό κουμπί (sec/div) που ρυθμίζει το χρόνο σάρωσης της οθόνης από τη δέσμη, (Το κουμπί αυτό πρακτικά μεγαθύνει ή σμικρύνει την κλίμακα του χρόνου (στον οριζόντιο άξονα) αλλάζοντας τη συχνότητα του σήματος και ένα δεύτερο περιστροφικό κουμπί (Position) που μετακινεί δεξιά-αριστερά την κυματομορφή. Στο κάτω μέρος της περιοχής αυτής υπάρχουν διακόπτες και υποδοχές που εξυπηρετούν τον εξωτερικό σκανδαλισμό.



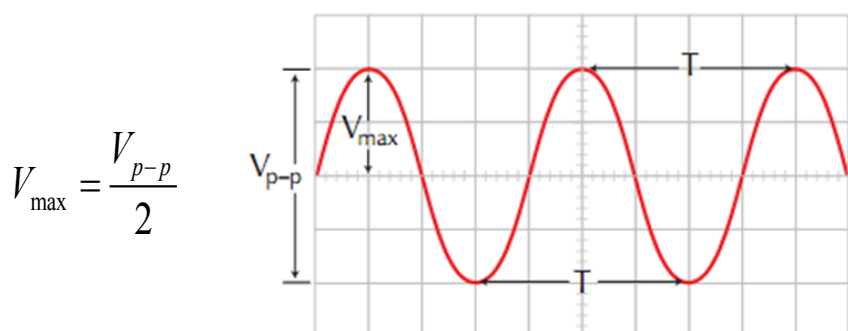
Εικόνα 5 Περιοχή Ρυθμίσεων Οριζόντιας (Horizontal) Απόκλισης

Στην οπίσθια όψη του οργάνου υπάρχει υποδοχή για το καλώδιο τροφοδοσίας και κάτω από την υποδοχή ασφαλειοθήκη που περιέχει την ασφάλεια του οργάνου (250V FD, 5A)

1.7. Μέτρηση με Παλμογράφο

Για να μετρηθεί dc τάση τοποθετούμε τον διακόπτη εισόδου στη θέση GND και ρυθμίζουμε με το position τη γραμμή που εμφανίζεται στην οθόνη να είναι ακριβώς στη μέση της οθόνης. Τοποθετούμε το διακόπτη στη θέση dc και βάζουμε στην είσοδο του καναλιού τάση dc. Η ευθεία γραμμή μετακινείται προς τα επάνω (για θετική τάση) ή προς τα κάτω (για αρνητική τάση). Έστω ότι η ευθεία στην οθόνη ανέβηκε 3 τετράγωνα και ο διακόπτης Volts/Div είναι στη θέση 2. Τότε $V_{DC} = 3 \times 2 = 6 \text{ V}$

Για να μετρηθεί ένα σήμα AC με τον παλμογράφο εισάγεται (συνδέεται) σε μια από τις δύο εισόδους του (σε ένα κανάλι εισόδου). Τοποθετείται ο διακόπτης (AC-DC-GND) εισόδου στη θέση AC. Το εσωτερικό ποτενσιόμετρο του διακόπτη (επιλογή) Volts/Div θα πρέπει να είναι στη θέση cal (calibrated). Ρυθμίζονται οι διακόπτες - επιλογείς Time/Div και Volts/Div έτσι, ώστε να φαίνεται στην οθόνη σταθερή κυματομορφή και να εμφανίζονται στην οθόνη δύο ή τρεις πλήρεις περίοδοι του σήματος. Με τα ρυθμιστικά Position τοποθετείται η κυματομορφή έτσι, ώστε οι πάνω (ή οι κάτω) κορυφές της να εφάπτονται σε μια οριζόντια γραμμή της οθόνης και μία πάνω (ή κάτω) κορυφή να είναι ακριβώς στον κάθετο κεντρικό άξονα της οθόνης που έχει και τις υποδιαίρεσεις.



Εικόνα 6 Στιγμιότυπο οθόνης παλμογράφου

1.8. Μετρήσεις του πλάτους της τάσης

Η οθόνη του παλμογράφου είναι βαθμονομημένη. Αυτό σημαίνει ότι κατά μήκος του άξονα των X κάθε τετράγωνο αντιστοιχεί σε μια μονάδα χρόνου, και κατά μήκος του άξονα Y

κάθε τετράγωνο αντιστοιχεί σε μια μονάδα τάσης. Και για τις δύο παραπάνω περιπτώσεις εμείς κάνουμε ανάλογα με την κυματομορφή την επιλογή της βαθμονόμησης.

Πρακτικά τώρα για τη μέτρηση του πλάτους V_{max} ή του πλάτους από-κορυφή-σε-κορυφή (V_{p-p}) σημειώνονται τα τετράγωνα της οθόνης που καταλαμβάνει η κυματομορφή κατακόρυφα. Ο αριθμός αυτός πολλαπλασιάζεται επί την τιμή που δείχνει ο διακόπτης Volts/Div.

Γενικά όμως στην ηλεκτρονική οι τιμές των εναλλασσόμενων δυναμικών αναφέρονται σε ενεργές τιμές (rms = ρίζα της μέσης τιμής). Για τα ημιτονοειδή σήματα ισχύει :

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{max}^2 \cdot \sin(\omega t)^2 dt} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \cdot V_{max}$$

1.9. Μέτρηση του χρόνου

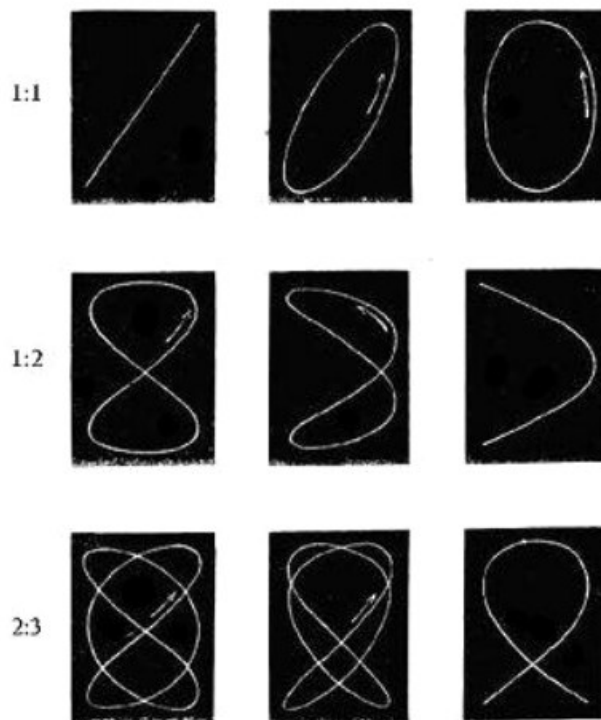
Για τη μέτρηση της περιόδου T του σήματος σημειώνονται τα τετράγωνα της οθόνης μεταξύ δύο σημείων της ίδιας φάσης (για παράδειγμα, μεταξύ δύο διαδοχικών θετικών κορυφών). Ο αριθμός αυτός πολλαπλασιάζεται επί το χρόνο που δείχνει ο διακόπτης Time/Div (ή sec/Div) και βρίσκεται η περίοδος. Η συχνότητα F του σήματος είναι το αντίστροφο της περιόδου: $F = \frac{1}{T}$.

1.10. Λειτουργία X-Y

Για τη απεικόνιση χαρακτηριστικών I-V χρησιμοποιείται η λειτουργία X-Y. Με την ενεργοποίηση του αντίστοιχου διακόπτη ή όταν ο περιστροφικός διακόπτης TIME/DIV (24) είναι γυρισμένος στη θέση X-Y, το κύκλωμα εσωτερικής σάρωσης αποσυνδέεται και η απόκλιση στον κατακόρυφη και οριζόντιο άξονα επιτυγχάνεται μέσω των εξωτερικών σημάτων. Το κανάλι 1 (CH1) χρησιμοποιείται για το σήμα που οδηγεί τον άξονα X και το κανάλι 2 (CH2) χρησιμοποιείται για το σήμα που οδηγεί τον άξονα Y. Κατά τη λειτουργία αυτή όλα τα ρυθμιστικά σκανδαλισμού καθώς και ο διακόπτης MODE των κατακόρυφων ενισχυτών είναι ανενεργά. Σε αυτή τη θέση αυτό που πραγματικά βλέπουμε στην οθόνη του παλμογράφου είναι X=X(Y).

Η βαθμολόγηση των αξόνων γίνεται με βάση τις θέσεις των αντιστοίχων επιλογών Volts/Div. Με τον περιστροφικό επιλογέα VOLTS/DIV του καναλιού 1 (CH1) ρυθμίζεται η ευαισθησία κατά τον άξονα X, ενώ με τον επιλογέα VOLTS/DIV του καναλιού 2 (CH2) ρυθμίζεται η ευαισθησία κατά τον άξονα Y.

Κατά την λειτουργία X-Y με το ρυθμιστικό κατακόρυφης θέσης POSITION του καναλιού 2 (CH2) επιτυγχάνεται κατακόρυφη μετακίνηση του ίχνους ενώ με το ρυθμιστικό οριζόντιας θέσης POSITION επιτυγχάνεται οριζόντια μετακίνηση του ίχνους. Το ρυθμιστικό κατακόρυφης θέσης του καναλιού 1 (CH1) είναι απενεργοποιημένο κατά τη λειτουργία X-Y.



Εικόνα 7 Εικόνες Lissajous

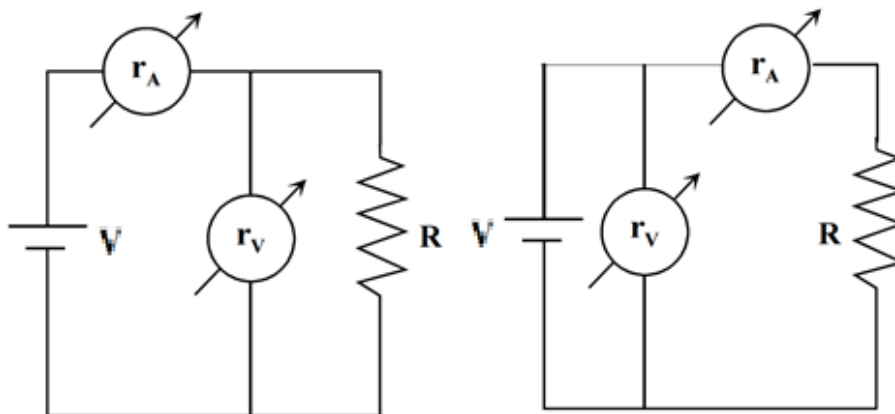
1.11. Μέτρηση ωμικής αντίστασης

Η ωμική αντίσταση R ορίζεται με βάση το νόμο του Ohm ($R=V/I$ όπου V η τάση και I το ρεύματος σε ένα αγωγό), εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, έχει μονάδα το Ω και στην πράξη περιγράφει την δυσκολία που συναντούν τα ηλεκτρόνια κατά το πέρασμα τους μέσα από τον αγωγό. Για ένα αγωγό-σύρμα, η αντίσταση δίνεται από τη σχέση : $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$

όπου ρ η ειδική αντίσταση του αγωγού που εξαρτάται από το υλικό, l το μήκος του αγωγού και S η επιφάνεια της διατομής του.

1.12. Μέτρηση της ωμικής αντίστασης με βολτόμετρο και αμπερόμετρο

Η απλούστερη μέθοδος μέτρησης μιας ωμικής αντίστασης είναι η χρήση ενός βολτομέτρου και ενός αμπερομέτρου και εφαρμογή του νόμου του Ohm. Υπάρχουν δύο εφικτές συνδεσμολογίες: α) το βολτόμετρο συνδέεται στην αντίσταση (σχήμα α) και β) το αμπερόμετρο συνδέεται στην αντίσταση (σχήμα β). Στην περίπτωση χρήσης ιδανικών οργάνων ($r_A=0$, $r_V=\infty$), καμία από τις δύο συνδεσμολογίες δεν θα επηρέαζε την μέτρηση. Όμως για πραγματικά όργανα ας εξετάσουμε πως η συνδεσμολογία επηρεάζει την μέτρηση μας:



Εικόνα 8 Μέτρηση της ωμικής αντίστασης με βολτόμετρο και αμπερόμετρο

1) στην περίπτωση (α) το αμπερόμετρο μετρά όχι μόνο το ρεύμα στην αντίσταση αλλά και το ρεύμα που διαρρέει το βολτόμετρο. Επομένως σύμφωνα με το Νόμο ρευμάτων του Kirchhoff ισχύει $I_{r_A} = I_R + I_{r_V} \Rightarrow I_R = I_{r_A} - I_{r_V}$ και αν αναλύσουμε την προηγούμενη σχέση με τον Νόμο του Ohm έχουμε $I_R = I_{r_A} - I_{r_V} \Rightarrow \frac{V}{R} = I_{r_A} - \frac{V}{r_V} \Rightarrow R = \frac{V}{I_{r_A} - \frac{V}{r_V}}$

Επομένως, με την συγκεκριμένη σχέση μετράμε την άγνωστη αντίσταση ενώ αποφεύγουμε το σφάλμα λόγω της εσωτερικής αντίστασης του βολτομέτρου.

2) στην περίπτωση (β) το βολτόμετρο μετράει την πτώση τάσης στα άκρα του αμπερομέτρου. Επομένως σύμφωνα με το Νόμο τάσεων του Kirchhoff ισχύει

$$V_{r_V} = V + V_{r_A} \Rightarrow V = V_{r_A} - V_{r_V} \text{ και αν αναλύσουμε την προηγούμενη σχέση με τον Νόμο του Ohm έχουμε } V = V_{r_A} - V_{r_V} \Rightarrow I \cdot R = V - I \cdot r_A \Rightarrow R = \frac{V - I \cdot r_A}{I}$$

Επομένως, με την συγκεκριμένη σχέση μετράμε την άγνωστη αντίσταση ενώ αποφεύγουμε το σφάλμα λόγω της εσωτερικής αντίστασης του αμπερομέτρου.

1.13. Μέτρηση της ωμικής αντίστασης με σύγκριση

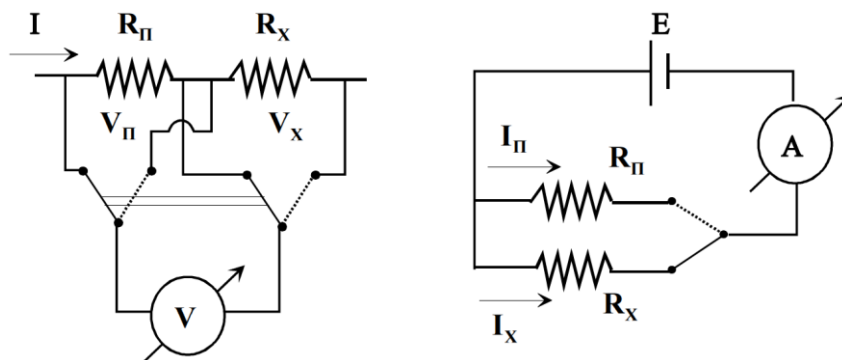
Η σύγκριση της πτώσης τάσης ή του ρεύματος που διαρρέει μία άγνωστη αντίσταση R_x με τα αντίστοιχα μεγέθη σε γνωστή πρότυπη αντίσταση R_{Π} αποτελεί μία σχετικά απλή μέθοδος για τη μέτρηση ωμικής αντίστασης (Σχήμα 9). Στην πρώτη περίπτωση, η πρότυπη και η άγνωστη αντίσταση συνδέονται σε σειρά και διαρρέονται από ρεύμα I . Με την βοήθεια μεταγωγέα και βολτομέτρου μετράμε την πτώση τάσης σε κάθε μία από τις αντιστάσεις η οποία είναι ανάλογη της τιμής της αντίστασης. Η τιμή της άγνωστης αντίστασης δίνεται τελικά από τη σχέση:

$$R_x = R_{\Pi} \frac{V_x}{V_{\Pi}}$$

Ένα σημείο που απαιτεί προσοχή είναι η τιμή της πρότυπης αντίστασης, η οποία πρέπει να της ίδιας τάξης μεγέθους με την άγνωστη αντίσταση διαφορετικά θα υπάρχουν σφάλματα λόγω της χρήσης διαφορετικού βολτομέτρου ή διαφορετικής κλίμακας στο ίδιο βολτόμετρο.

Αντίστοιχα, κατά την σύγκριση των ρευμάτων, οι δύο αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα και εφαρμόζεται σε αυτές η ίδια διαφορά δυναμικού V . Με την βοήθεια μεταγωγέα και αμπερομέτρου μετράμε το ρεύμα που διαρρέει κάθε μία από τις αντιστάσεις το οποίο είναι αντιστρόφως ανάλογο της τιμής της αντίστασης. Η τιμή της άγνωστης αντίστασης δίνεται τελικά από τη σχέση:

$$R_x = R_{\Pi} \frac{I_{\Pi}}{I_x}$$



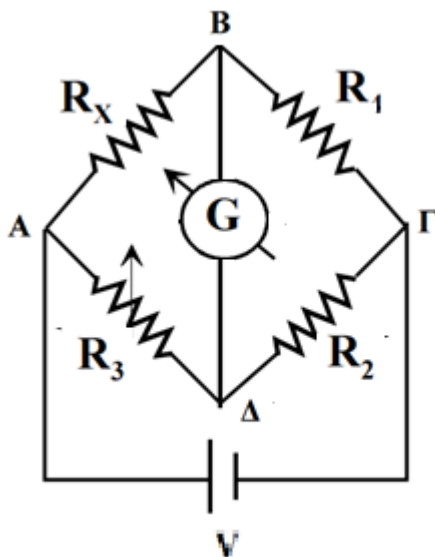
Εικόνα 9 Μέτρηση ωμικής αντίστασης με σύγκριση

1.14. Μέτρηση της ωμικής αντίστασης με γέφυρα

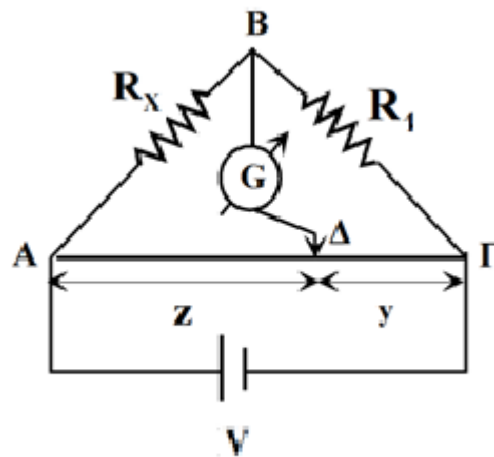
Η χρήση γέφυρα αποτελεί την πλέον ευαίσθητη μέθοδο μέτρησης ωμικής αντίστασης (και όχι μόνο όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια). Η λειτουργία της γέφυρας βασίζεται στο μηδενισμό του ρεύματος που διαρρέει μία γραμμή του κυκλώματος για κατάλληλο συνδυασμό τεσσάρων αντιστάσεων. Υπάρχουν διάφορες εκδοχές της γέφυρας με κυριότερες: την γέφυρα Wheatstone και την γέφυρα Wheatstone με χορδή

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

$$R_x = R_1 \frac{z}{y}$$



Γέφυρα Wheatstone



Γέφυρα Wheatstone με χορδή

Εικόνα 10 Μέτρηση της ωμικής αντίστασης με γέφυρα

Γέφυρα Wheatstone

Η σύνδεση του κυκλώματος της γέφυρας Wheatstone γίνεται όπως στο Σχήμα 10 στα αριστερά. Μια πηγή σταθερής τάσης παρέχει σταθερό ρεύμα στο κύκλωμα. Τα σημεία Δ και Β περιέχουν ενδιάμεσα γαλβανόμετρο.

Ο υπολογισμός της άγνωστης αντίστασης είναι πιο εύκολος όταν το κύκλωμα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας, η οποία επιτυγχάνεται όταν η διαφορά τάσης μεταξύ των σημείων Δ και Β ισούται με 0. Δηλαδή $V_{\Delta B}=0$. Για να ισχύει αυτό θα πρέπει η διαφορά τάσης μεταξύ των σημείων Δ και Α, καθώς επίσης κι η διαφορά τάσης μεταξύ των Δ και Γ να είναι ίσες. Άρα θα ισχύει $V_{\Delta A}=V_{\Delta \Gamma}$. Παρομοίως και για τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των Β και Α αλλά και Β και Γ. Άρα: $V_{BA}=V_{B\Gamma}$. Αναλύοντας τις παραπάνω ισότητες με το Νόμο του Ohm έχουμε :

$$V_{\Delta A} = V_{\Delta \Gamma} \Rightarrow I_3 \cdot R_3 = I_2 \cdot R_2$$

$$V_{BA} = V_{B\Gamma} \Rightarrow I_x \cdot R_x = I_1 \cdot R_1$$

Σε αυτή την ειδική περίπτωση, το γαλβανόμετρο δεν διαρρέεται από ρεύμα, επομένως $I_{B\Delta}=0$ και το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R_1 , έστω I_1 θα είναι ίσο με το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση R_x , έστω I_x . Δηλαδή $I_x=I_1$. Με τον ίδιο τρόπο, προκύπτει ότι: $I_2=I_3$. Άρα

$$\frac{I_3 \cdot R_3}{I_x \cdot R_x} = \frac{I_2 \cdot R_2}{I_1 \cdot R_1} \Rightarrow \frac{R_3}{R_x} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

Γέφυρα Wheatstone με χορδή

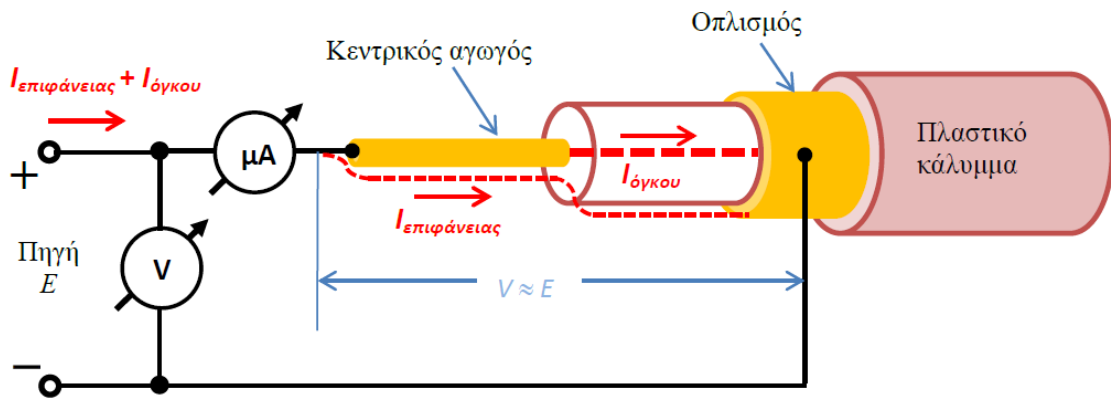
Μια παραλλαγή της γέφυρας Wheatstone είναι η γέφυρα Wheatstone με χορδή (Σχήμα 10 δεξιά). Στη γέφυρα αυτή οι αντιστάσεις R_2 και R_3 έχουν αντικατασταθεί από μια χορδή, πάνω στην οποία ολισθαίνει ένας δρομέας. Η αντίσταση της χορδής μεταξύ των σημείων Α και Δ, με μήκος z , αποτελεί την R_3 . Η αντίσταση της χορδής μεταξύ των σημείων Δ και Γ, με μήκος y , αποτελεί την R_2 . Η χορδή είναι κατασκευασμένη από ομοιόμορφο μεταλλικό

υλικό, έτσι ώστε να ισχύει $\frac{R_3}{R_2} = \frac{z}{y}$.

Επομένως η τιμή της άγνωστης αντίστασης υπολογίζεται ως εξής: $R_x = R_1 \frac{z}{y}$

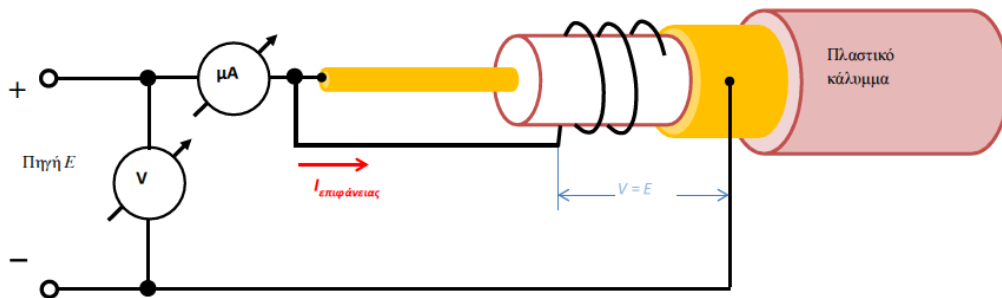
1.15. Μέτρηση μεγάλων αντιστάσεων

Για να μετρήσουμε μεγάλες αντιστάσεις (π.χ. μονωτές) η βασική αρχή δεν διαφέρει από την κοινή μέτρηση, δηλ. μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα μικροαμπερόμετρο κι ένα βολτόμετρο. Το πρόβλημα είναι αλλού. Ας εξετάσουμε, σαν παράδειγμα, τη μέτρηση της αντίστασης της μόνωσης μεταξύ οπλισμού και βασικού αγωγού σε ένα ομοαξονικό καλώδιο (π.χ. σαν αυτό που έρχεται από την κεραία της τηλεόρασης). Με την παρακάτω διάταξη θα συμπεριλάβουμε στη μέτρηση και την αντίσταση όγκου (μεταξύ κεντρικού αγωγού και οπλισμού αλλά και την αντίσταση επιφανείας που δημιουργείται από το ρεύμα επιφανειακής διαρροής (surface leakage current). Ουσιαστικά δηλαδή θα μετρήσουμε τον παράλληλο συνδυασμό τους. Αυτό δεν είναι γενικά ανεπιθύμητο καθώς η απόκλιση δεν είναι μεγάλη, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις θέλουμε να τις εκτιμήσουμε ξεχωριστά.



Εικόνα 11 Μέτρηση μεγάλων αντιστάσεων

Για να το επιτύχουμε αυτό, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα καλώδιο παράκαμψης (“guard wire”) που τυλίγουμε γύρω από τη μόνωση και με το οποίο υποχρεώνουμε το ρεύμα επιφανειακής διαρροής (surface leakage current) να περάσει μέσα από αυτό έτσι ώστε να μη μετρηθεί από το αμπερόμετρο.



Εικόνα 12 Καλώδιο παράκαμψης (“guard wire”)

Γενικά, για να μετρήσουμε μεγάλες αντιστάσεις, χρησιμοποιούμε ένα εξειδικευμένο όργανο, το **μεγκωμόμετρο (megohmmeter)** ή megger όπως λέγεται συνήθως [υπάρχει και μια μεγάλη ομώνυμη εταιρία που ειδικεύεται σε τέτοιου είδους μετρήσεις]). Το μεγκωμόμετρο χρησιμοποιεί μια πηγή υψηλής τάσης (από 100 έως 5000 V) κι ένα όργανο κινητού πηνίου μόνιμου μαγνήτη αλλά με δυο πηνία («ελέγχου» και «απόκλισης») που αντιτίθενται το ένα στο άλλο.



Εικόνα 13 Μεγκωμόμετρο

Εργαστηριακή Άσκηση 1

Παραδείγματα απλών μετρήσεων με παλμογράφο

Απαιτούμενα Στοιχεία – Όργανα

- Παλμογράφος Αναλογικός ή Ψηφιακός
- Γεννήτρια Κυματομορφών

Εργαστηριακή Διαδικασία

α) Μέτρηση DC σήματος

1. Ρυθμίστε τον παλμογράφο για μέτρηση τάσης dc.
2. Ρυθμίστε τη λειτουργία GND (Set to Zero) έτσι ώστε να μπορούμε να ορίσουμε τη θέση 0.
3. Συνδέστε τον παλμογράφο σε DC τροφοδοτικό.
4. Ρυθμίστε την ευαισθησία τάσης μέσω του διακόπτη του παλμογράφου VOLTS/DIV
5. Μέτρηση dc τάσης (θετικής και αρνητικής).

β) Μέτρηση AC σήματος

1. Ανοίξτε μία γεννήτρια κυματομορφών, επιλέξτε μια κυματομορφή ημιτόνου και ρυθμίστε την γεννήτρια έτσι ώστε να έχουμε πλάτος 1Vpp και συχνότητα περίπου 1kHz.
2. Ανοίξτε την τροφοδοσία του παλμογράφου.
3. Συνδέστε στην γεννήτρια στην είσοδο του παλμογράφου (CH1)
4. Ρυθμίστε τους διακόπτες του παλμογράφου SEC/DIV, VOLTS/DIV, έτσι ώστε να πάρετε στην οθόνη μια σταθερή κυματομορφή επεξεργάσιμη.
5. Από την βαθμονομημένη οθόνη του παλμογράφου προσδιορίστε τα χαρακτηριστικά V_{p-p} , V_{max} και T του ημιτονικού σήματος.
6. Υπολογίστε τη τάση V_{rms} , καθώς και τη συχνότητα f.

Συνοπτικά αποτελέσματα

$$V_{p-p} = \dots\dots\dots$$

$$V_{max} = \dots\dots\dots$$

$$V_{rms} = \dots\dots\dots$$

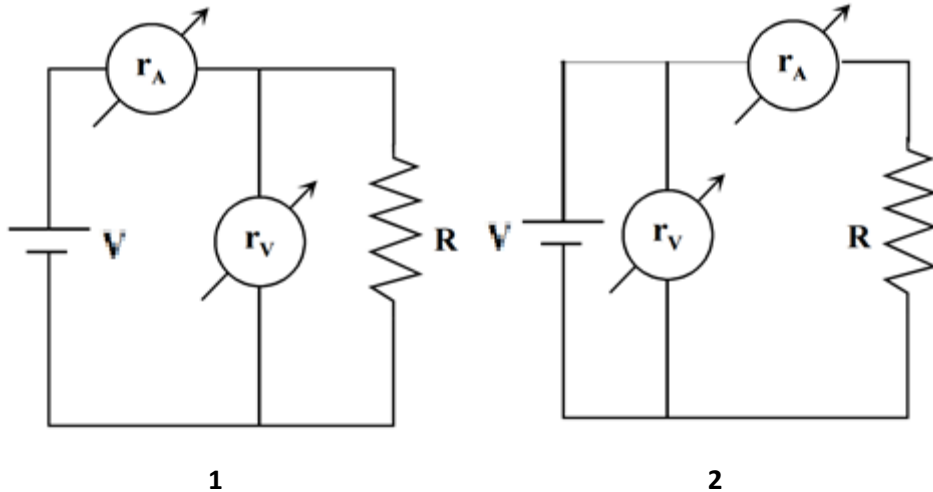
$$T = \dots\dots\dots$$

$$f = \dots\dots\dots$$

Εργαστηριακή Άσκηση 1.2

Μέτρηση Αντίστασης με βολτόμετρο και αμπερόμετρο

1. Υλοποιείτε τα παρακάτω κυκλώματα χρησιμοποιώντας πηγή τάσης από τροφοδοτικό 10V , ένα αμπερόμετρο και ένα βολτόμετρο και μετρήστε την τιμή της άγνωστης αντίστασης.



*Σημείωση χρησιμοποιείτε ως εσωτερική αντίσταση του αμπερομέτρου 0,010 Ω και ως εσωτερική αντίσταση του βολτομέτρου 10ΜΩ.

Κύκλωμα 1

V = I = r_V =

$$R = \frac{V}{I - \frac{V}{r_V}} = \dots\dots\dots$$

Κύκλωμα 2

V = I = r_A =

$$R = \frac{V - I \cdot r_A}{I} = \dots\dots\dots$$

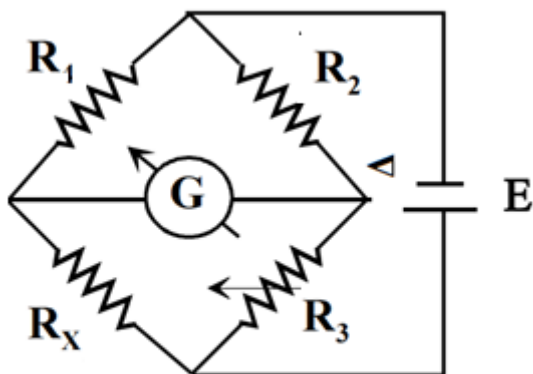
Μέτρηση Αντίστασης με γέφυρα Wheatstone

Απαιτούμενα Στοιχεία – Όργανα

- Τροφοδοτικό DC 0 έως 30V
- Αντιστάσεις άγνωστης τιμής
- Εκπαιδευτική Πλακέτα γέφυρας Wheatstone

Εργαστηριακή Διαδικασία

1. Ρυθμίστε το τροφοδοτικό σε τάση 25V και ρεύμα 1A και το τοποθετήστε στην εκπαιδευτική πλακέτα.
2. Τοποθετήστε την άγνωστη αντίσταση στην θέση της R_x και τοποθετήστε τις κατάλληλες αντιστάσεις R_1, R_2
3. Ρυθμίστε το κιβώτιο αντιστάσεων R_3 ώστε να μηδενιστεί το ρεύμα στο γαλβανόμετρο.
4. Υπολογίστε την R_x όπως στο παρακάτω σχήμα.



$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$$

Γέφυρα Wheatstone

$$R_x = \dots\dots\dots$$