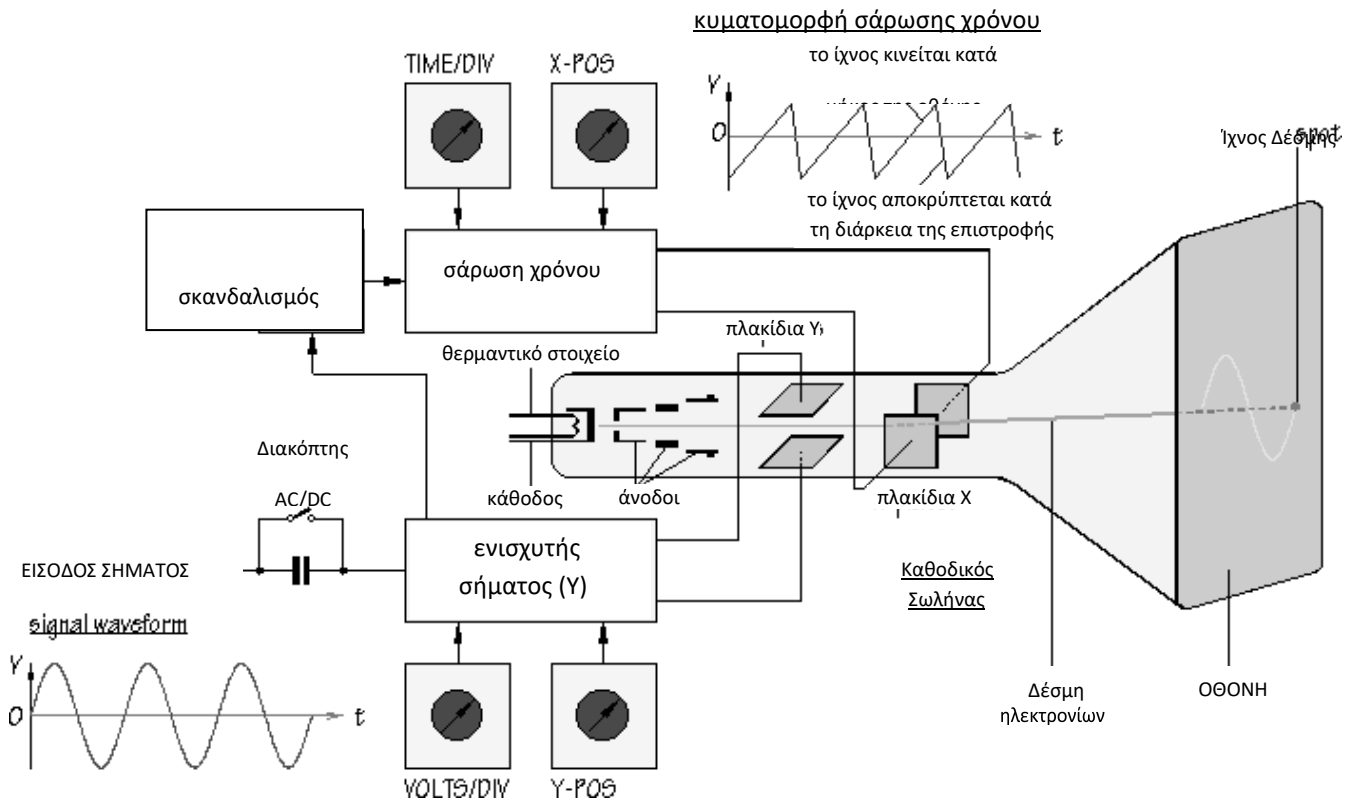


ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

Ο παλμογράφος (oscilloscope) είναι ένα από τα σημαντικότερα όργανα του εργαστηρίου. Επιτρέπει την οπτική απεικόνιση ηλεκτρικών σημάτων και παρέχει πληροφορίες γι' αυτά, τις οποίες δεν μπορούμε να πάρουμε με ένα κοινό πολύμετρο. Υπάρχουν κυρίως δύο τύποι παλμογράφου, ο αναλογικός και ο ψηφιακός, ενώ πολλοί παλμογράφοι διαθέτουν ταυτόχρονα αναλογικό και ψηφιακό τμήμα. Ο αναλογικός παλμογράφος στηρίζει τη λειτουργία του στον καθοδικό του σωλήνα, ενώ ο ψηφιακός προσομοιώνει τη λειτουργία του αναλογικού παλμογράφου, χρησιμοποιώντας τεχνικές ψηφιακής επεξεργασίας σήματος, και παρέχει πολύ περισσότερες δυνατότητες, με σημαντικότερη την αποθήκευση της κυματομορφής σε μνήμη, που επιτρέπει την άνετη παρατήρησή της.

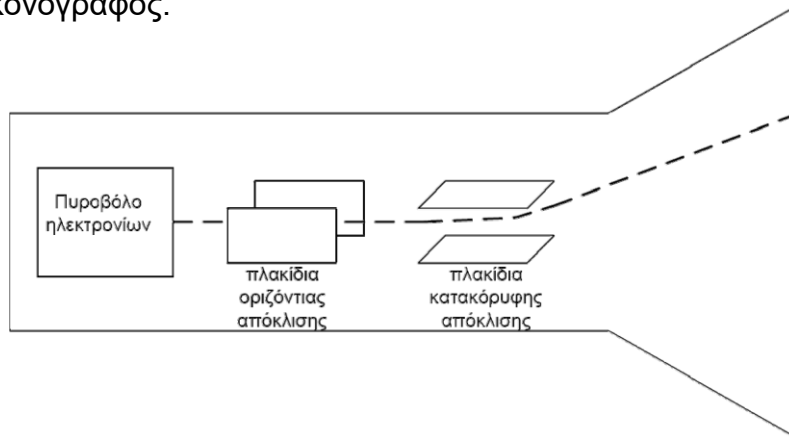
B. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΥ

Το απλοποιημένο διάγραμμα βαθμίδων ενός αναλογικού παλμογράφου έχει ως εξής:

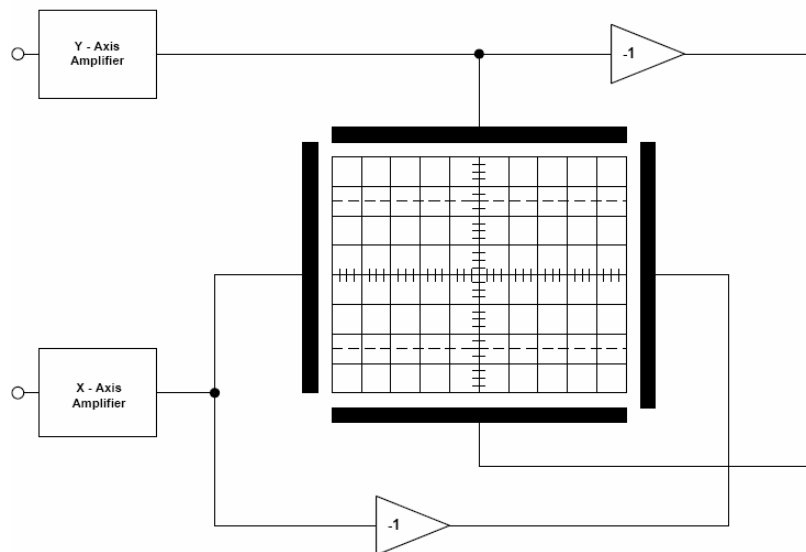


ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

Η οθόνη του αναλογικού παλμογράφου πάνω στην οποία σχηματίζονται οι κυματομορφές είναι απλώς η πρόσοψη ενός καθοδικού σωλήνα, μιας ειδικής λυχνίας που ονομάζεται και σωλήνας καθοδικών ακτίνων (Cathode Ray Tube ή CRT), ή εικονογράφος.



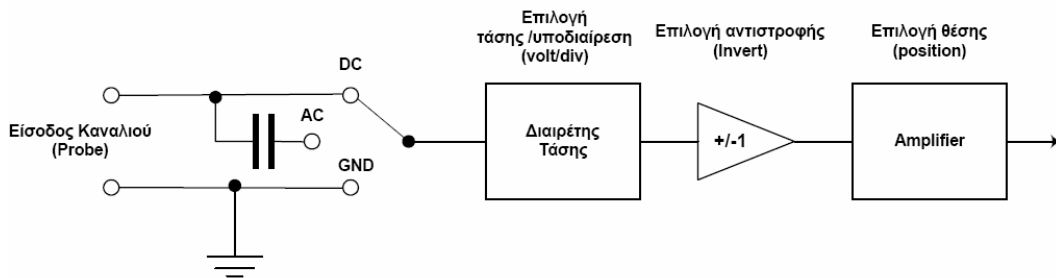
Το εσωτερικό του σωλήνα καθοδικών ακτίνων είναι κενό από αέρα και περιέχει τις απαραίτητες διατάξεις για τη λειτουργία του. Αυτές είναι το πυροβόλο ηλεκτρονίων, τα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης, τα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης και η φθορίζουσα οθόνη. Το πυροβόλο ηλεκτρονίων είναι μια διάταξη που παράγει μια λεπτή δέσμη ηλεκτρονίων με θερμιονική εκπομπή. Τα πλακίδια οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης αλλάζουν τη διεύθυνση αυτής της δέσμης ανάλογα με το δυναμικό τους και καθορίζουν το σημείο της φθορίζουσας οθόνης στο οποίο αυτή θα προσπέσει. Η ενέργεια των ηλεκτρονίων διεγείρει την φθορίζουσα επίστρωση, με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο σημείο να φωτοβολεί. Η τάση στα πλακίδια οριζόντιας και κάθετης απόκλισης καθορίζεται από την έξοδο του ενισχυτή οριζόντιας και του ενισχυτή κάθετης απόκλισης αντίστοιχα. Οι τάσεις αυτές είναι ανάλογες των τάσεων των X και Y εισόδων αντίστοιχα και δημιουργούν ένα ηλεκτρικό πεδίο που χρησιμοποιείται για να εκτρέψει τη δέσμη ηλεκτρονίων. Ένα απλοποιημένο διάγραμμα της λειτουργίας X-Y του παλμογράφου φαίνεται πιο κάτω.



ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

Η δέσμη των ηλεκτρονίων δημιουργεί ένα φωτεινό σημείο, στο σημείο που προσπίπτει, στην πρόσοψη του καθοδικού σωλήνα (οθόνη του παλμογράφου). Η εκτροπή της δέσμης που προκαλείται από κάποια τάση εισόδου μπορεί να μετρηθεί με τη βοήθεια των γραμμών βαθμονόμησης της οθόνης και είναι ανάλογη της τάσης εισόδου. Η απόσταση δύο παράλληλων συνεχών γραμμών στην οθόνη αντιστοιχεί σε μια υποδιαίρεση, ή τάση ίση με την υποδιαίρεση που δείχνει το αντίστοιχο κουμπί που καθορίζει την ενίσχυση του αντίστοιχου ενισχυτή εισόδου (volts/div).

Ένα τυπικό διάγραμμα βαθμίδων του ενισχυτή εισόδου ενός καναλιού είναι το εξής:



Το σήμα εφαρμόζεται στην είσοδο του καναλιού μέσω ενός βύσματος BNC. Η είσοδος του ενισχυτή μπορεί να συνδεθεί κατευθείαν στην είσοδο του καναλιού (DC mode), μέσω ενός πυκνωτή (AC mode) ή μπορεί να συνδεθεί κατευθείαν στα 0V (GND). Η σύνδεση μέσω πυκνωτή χρησιμοποιείται για να αφαιρεθεί η συνεχής συνιστώσα από το σήμα και να μπορέσουμε να εξετάσουμε με ακρίβεια την εναλλασσόμενη συνιστώσα του σήματος που εφαρμόζεται στην είσοδο. Στην περίπτωση αυτή ο πυκνωτής με την εσωτερική αντίσταση του ενισχυτή (τυπική τιμή 1MΩ) σχηματίζει ένα υπερεπατό φίλτρο.

Ο διαιρέτης τάσης ελέγχεται από το κουμπί (επιλογή) που καθορίζει την ενίσχυση και δείχνει πόση τάση αντιστοιχεί σε μια υποδιαίρεση. Στη συνέχεια το σήμα μπορεί να περάσει από την επιλογή αντιστροφής της ένδειξης του καναλιού και τελικά οδηγεί τον ενισχυτή. Στον ενισχυτή αυτόν υπάρχει ένα ποτενσιόμετρο που μας επιτρέπει να αλλάξουμε την θέση του καναλιού στην οθόνη.

Τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή εισόδου είναι:

- ❖ **Volts/div** Ρυθμίζει την αντιστοιχία τάσης ανά υποδιαίρεση. Υλοποιείται με έναν απλό διαιρέτη τάσης που μεταβάλλει την ευαισθησία του παλμογράφου. Υπάρχει και η μικρομετρική ρύθμιση που συνήθως βρίσκεται στο κέντρο του επιλογέα της ευαισθησίας. *Στην περίπτωση που αυτή δεν είναι κουμπωμένη στο τέρμα της ορθής φοράς υπάρχει μικρή διαφορά στην πραγματική τάση ανά υποδιαίρεση σε σχέση με αυτήν που δείχνει ο επιλογέας.*
- ❖ **INV** Αντιστροφή του καναλιού. Υπάρχει πάντα τουλάχιστον στο δεύτερο κανάλι. Χρησιμοποιείται για τη λήψη διαφορικής μέτρησης σε συνδυασμό με το πλήκτρο ADD (που προσθέτει τις εισόδους από τα δύο κανάλια και εμφανίζει το άθροισμά τους σε μια δέσμη). Στην περίπτωση της διαφορικής μέτρησης η ένδειξη του παλμογράφου αντιστοιχεί στη διαφορά

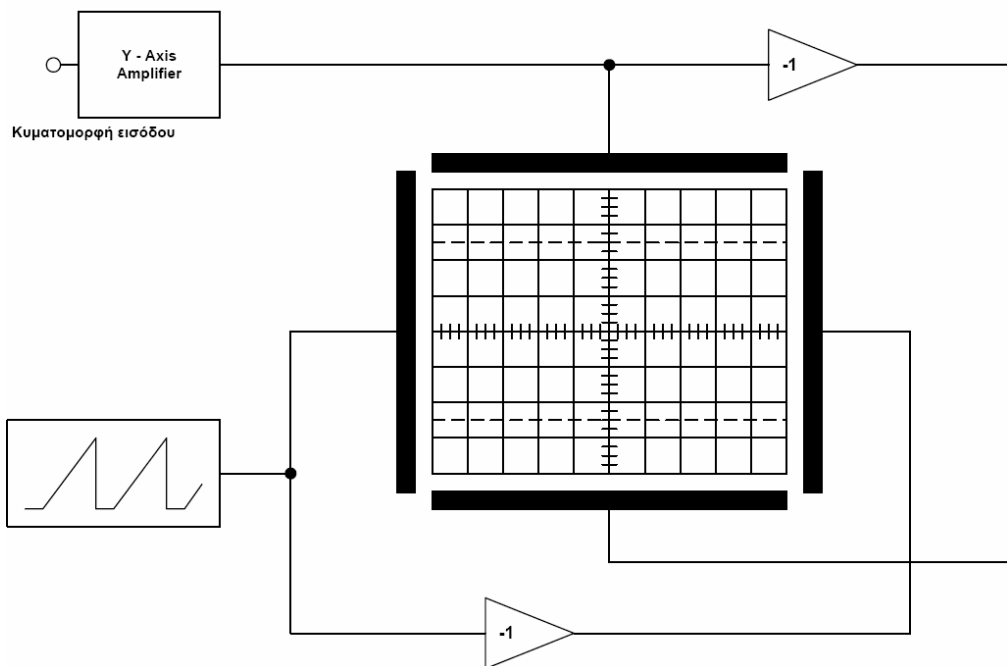
ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

δυναμικού των δύο καναλιών και μας επιτρέπει να πάρουμε μετρήσεις ανεξάρτητες από τη σύνδεση της γείωσης του παλμογράφου.

- ❖ **Position** Από το κουμπί αυτό μπορούμε να αλλάξουμε τη θέση της δέσμης στην οθόνη. Χρησιμοποιείται για να μας επιτρέψει να δούμε την κυματομορφή όσο το δυνατόν μεγαλύτερη (και να ελαχιστοποιήσουμε, επομένως, το σφάλμα ανάγνωσης) ή για να τοποθετήσουμε στο επιθυμητό σημείο την κυματομορφή προκειμένου να κάνουμε ειδικές μετρήσεις (ποσοστών ή σχετικές μετρήσεις μεταξύ των καναλιών).

Βασική λειτουργία του παλμογράφου (Τάση – Χρόνος)

Η κύρια χρήση του παλμογράφου είναι να απεικονίζει την τάση σε σχέση με τον χρόνο. Αυτό γίνεται με τη χρήση μιας πριονωτής τάσης σαν είσοδο στον ενισχυτή οριζόντιας απόκλισης που δημιουργεί μια περιοδική σάρωση της οθόνης από την κηλίδα της δέσμης. Η τάση αυτή παράγεται από τη γεννήτρια σάρωσης η οποία κατά την επιστροφή της δέσμης παράγει και έναν αμαυρωτικό παλμό που αποκόπτει την δέσμη ώστε να μην αφήνει ίχνος επιστροφής. Η λειτουργία της σάρωσης φαίνεται στο επόμενο σχήμα.



Για να έχουμε μια σταθερή εικόνα στην οθόνη του παλμογράφου θα πρέπει ο πριονωτός παλμός σάρωσης να βρίσκεται σε φάση με το σήμα που δείχνει ο παλμογράφος. Αυτή την εργασία την αναλαμβάνει το κύκλωμα σκανδαλισμού (**trigger**) του παλμογράφου. Το κύκλωμα αυτό μπορεί να λειτουργεί αυτόματα χρησιμοποιώντας το επιλεγμένο κανάλι, χειροκίνητα, ή ακόμα να χρησιμοποιεί εξωτερικό σήμα συγχρονισμού στην είσοδο EXT.

Ο αναλογικός παλμογράφος έχει την δυνατότητα να εμφανίσει ταυτόχρονα δύο κυματομορφές. Αυτό μπορεί να γίνει με τη χρήση της λειτουργίας dual (**alternate mode**). Σε αυτή τη περίπτωση οι κυματομορφές που εφαρμόζονται στα δυο

ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

κανάλια εμφανίζονται η μια μετά την άλλη. Αν αυτό δεν είναι επιθυμητό μπορούμε να επιλέξουμε τη λειτουργία **chop** στην οποία εμφανίζονται πολλά εναλλασσόμενα δείγματα από κάθε κυματομορφή σε κάθε πέρασμα της δέσμης. Στην περίπτωση που επιθυμούμε να παρατηρήσουμε μια κυματομορφή με μεγάλη πληροφορία (π.χ. σήμα video) μπορούμε να κάνουμε χρήση της λειτουργίας 10X. Στην περίπτωση αυτή ο παλμογράφος μεγεθύνει την εικόνα του 10 φορές στον χρόνο και εμφανίζει στην οθόνη μόνο το ένα δέκατο της κυματομορφής. Μπορούμε να πλοηγηθούμε στην κυματομορφή κάνοντας χρήση του κουμπιού X-position.

Η ικανότητα του παλμογράφου να απεικονίζει σήματα πολύ υψηλών συχνοτήτων περιορίζεται από την υψηλή συχνότητα αποκοπής του ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης και την απόδοση της φωτεινότητας του CRT σε μεγάλες ταχύτητες κίνησης της ηλεκτρονικής δέσμης. Στη μέγιστη συχνότητα λειτουργίας του παλμογράφου μια ημιτονοειδής κυματομορφή εμφανίζεται με πλάτος 0,707 (-3dB) μικρότερο του αναμενόμενου. Για να διατηρήσουμε την εικόνα των μετρούμενων κυματομορφών θα πρέπει αυτές να έχουν βασική συχνότητα πολύ μικρότερη της μέγιστης συχνότητας του παλμογράφου.

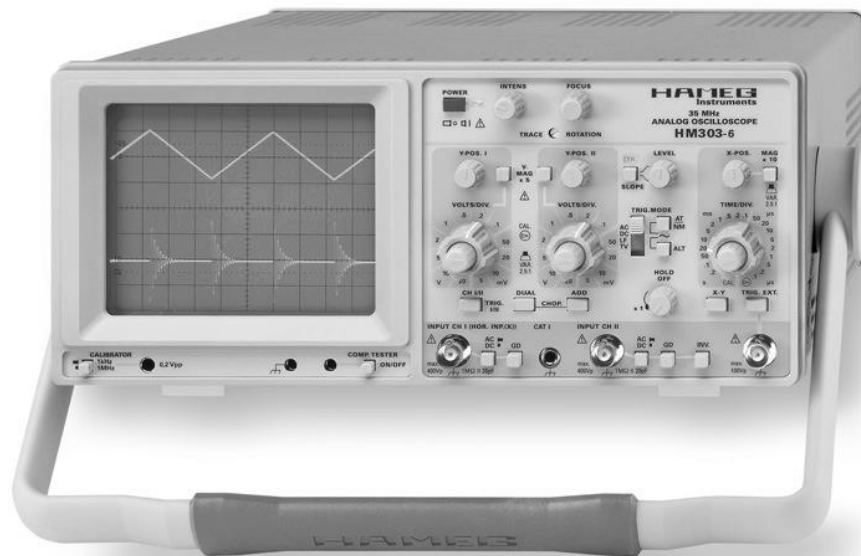
Το σήμα στον παλμογράφο έρχεται μέσω ενός ειδικού καλωδίου που ονομάζεται σηματολήπτης (probe). Το καλώδιο αυτό λειτουργεί σαν γραμμή μεταφοράς και περιέχει κύκλωμα προσαρμογής στην αντίσταση εισόδου του παλμογράφου. Η επιλογή του επηρεάζει σημαντικά την λειτουργία του παλμογράφου κοντά στη μέγιστη συχνότητά του. Συνήθως το καλώδιο αυτό περιέχει και ένα κύκλωμα υποβιβασμού τάσης προκειμένου να δώσει στον παλμογράφο τη δυνατότητα να μετρήσει υψηλότερες τάσεις. Ο υποβιβασμός του καλωδίου αναγράφεται σε κάποιο από τα άκρα του. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι σηματολήπτες είναι αυτοί με υποβιβασμό 1:1, 1:2, 1:10 ή 1:100. Σε πολύ χαμηλές συχνότητες (π.χ. ακουστικές συχνότητες) μπορεί χωρίς πρόβλημα να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε θωρακισμένο (μπλεντάζ) καλώδιο σαν σηματολήπτης 1:1.



ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

Πριν από κάθε χρήση του παλμογράφου καλό είναι να ελέγχουμε την κατάσταση του μετρώντας το σήμα βαθμονόμησης που ο παλμογράφος μας παρέχει σε κάποιο σημείο. Το σήμα αυτό είναι ένας τετραγωνικός παλμός γνωστού πλάτους και συχνότητας που μας επιτρέπει να επιβεβαιώσουμε ότι ο παλμογράφος έχει τις ρυθμίσεις που αναμένουμε.

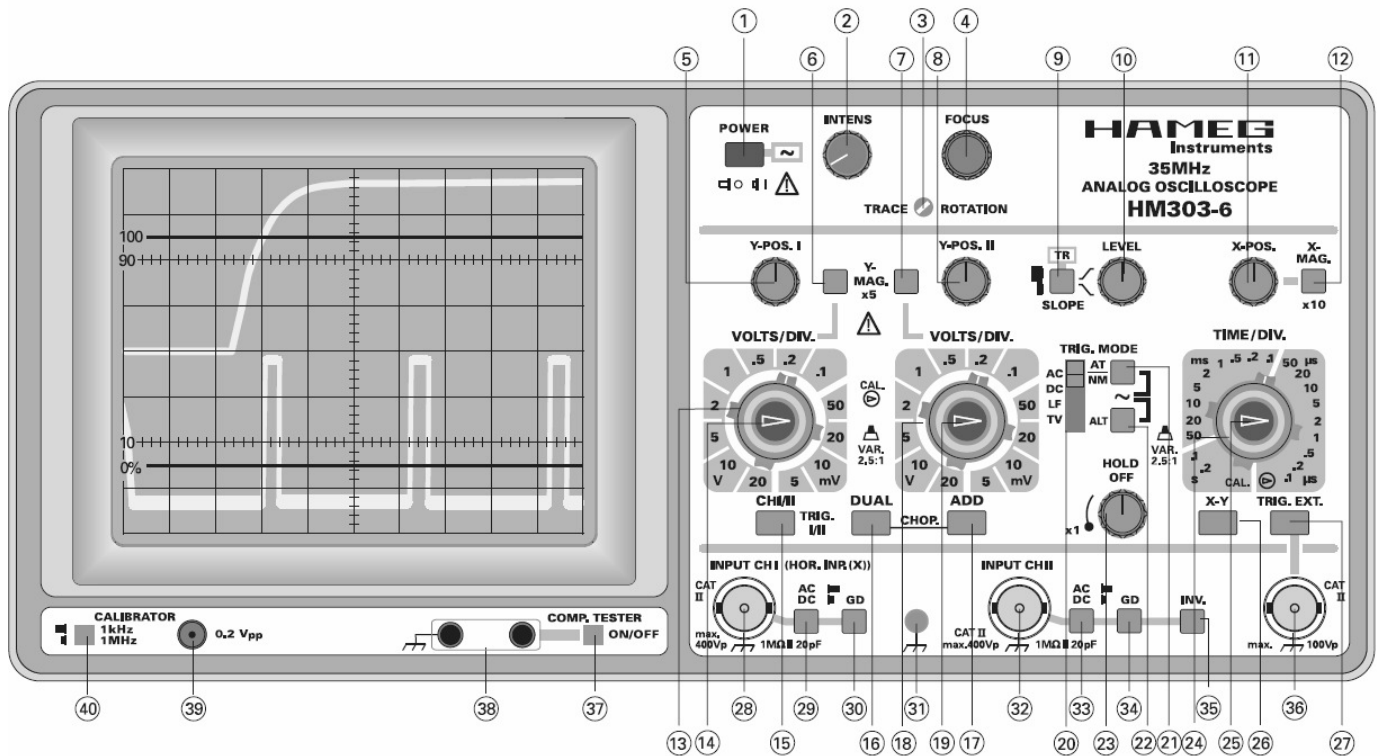
Γ. ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ HM303-6



Πρόκειται για αναλογικό παλμογράφο δύο καναλιών με μέγιστη συχνότητα σήματος προς παρατήρηση ίση με 35MHz με δυνατότητες που υπερκαλύπτουν τις ανάγκες των ασκήσεων ενός εισαγωγικού εργαστηρίου αναλογικών ηλεκτρονικών.

Περιγραφή των στοιχείων της πρόσθιας όψης του συνοψίζεται στο διάγραμμα που ακολουθεί:

ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ



- | | |
|--|---|
| 1. Διακόπτης ON/OFF | 21. Κουμπί επιλογής αυτόματου ή κανονικού σκανδαλισμού |
| 2. Ροοστάτης ρύθμισης της έντασης της φωτεινής δέσμης | 22. Κουμπί επιλογής σκανδαλισμού εναλλασσόμενου μεταξύ των καναλιών |
| 3. Κοχλίας οριζόντιωσης της δέσμης. Εξουδετερώνει αποκλίσεις λόγω του μαγνητικού πεδίου της Γης. | 23. Άντυγα καθορισμού του χρόνου κατακράτησης μεταξύ των σαρώσεων |
| 4. Ροοστάτης ρύθμισης της εστίασης της φωτεινής δέσμης | 24. Επιλογικός διακόπτης καθορισμού του απεικονιζόμενου χρόνου ανά υποδιαίρεση στον οριζόντιο άξονα |
| 5. Ροοστάτης ελέγχου της κατακόρυφης θέσης του σήματος στο κανάλι I. Ανενεργό σε λειτουργία X-Y | 25. Άντυγα μικρομετρικής ρύθμισης του άξονα των χρόνων |
| 6. Κουμπί 5-πλασιασμού της κατακόρυφης ευαισθησίας για το κανάλι I | 26. Κουμπί επιλογής της λειτουργίας X-Y |
| 7. Κουμπί 5-πλασιασμού της κατακόρυφης ευαισθησίας για το κανάλι II | 27. Κουμπί επιλογής εξωτερικού σήματος σκανδαλισμού |
| 8. Ροοστάτης ελέγχου της κατακόρυφης θέσης του σήματος στο κανάλι II | 28. Ακροδέκτης εισόδου για το κανάλι I (X) |
| 9. Επιλογέας της κλίσης του σήματος σκανδαλισμού | 29. Επιλογέας σύζευξης για το κανάλι I |
| 10. Περιστροφικός διακόπτης καθορισμού της στάθμης σκανδαλισμού | 30. Κουμπί απομόνωσης (γείωσης) του σήματος εισόδου |
| 11. Ροοστάτης καθορισμού της οριζόντιας θέσης του σήματος | 31. Ακροδέκτης σήματος αναφοράς (γαλβανικά γειωμένος) |
| 12. Κουμπί 10-πλασιασμού της οριζόντιας ευαισθησίας | 32. Ακροδέκτης εισόδου για το κανάλι II (Y) |
| 13. Επιλογικός διακόπτης που καθορίζει την κατακόρυφη ευαισθησία για το κανάλι I | 33. Επιλογέας σύζευξης για το κανάλι II |
| 14. Άντυγα μικρομετρικής ρύθμισης του πλάτους του σήματος στο κανάλι I | 34. Κουμπί απομόνωσης (γείωσης) του σήματος εισόδου |
| 15. Κουμπί επιλογής του καναλιού που απεικονίζεται στην οθόνη | 35. Κουμπί αναστροφής του σήματος στο κανάλι II |
| 16. Κουμπί για την απεικόνιση και των δύο καναλιών | 36. Ακροδέκτης εισόδου εξωτερικού σήματος σκανδαλισμού |
| 17. Κουμπί απεικόνισης του αθροίσματος των σημάτων των δύο καναλιών | 37. Κουμπί που ενεργοποιεί τη λειτουργία ελέγχου εξαρτημάτων |
| 18. Επιλογικός διακόπτης που καθορίζει την κατακόρυφη ευαισθησία για το κανάλι II | 38. Ακροδέκτης σύνδεσης του ελεγκτή εξαρτημάτων |
| 19. Άντυγα μικρομετρικής ρύθμισης του πλάτους του σήματος στο κανάλι II | 39. Έξοδος σήματος βαθμονόμησης |
| 20. Διακόπτης καθορισμού του τρόπου σκανδαλισμού | 40. Κουμπί επιλογής της συχνότητας του σήματος βαθμονόμησης |

ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ