

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ - INTERFACES

ΧΡΗΣΤΟΣ ΤΣΩΝΟΣ

ΛΑΜΙΑ 2013

Προλογικό σημείωμα

Οι εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος “Βιομηχανικές Μετρήσεις – Αισθητήρες” χωρίζονται σε τρία μέρη: **(α)** συστήματα συγχρονικών μετρήσεων με αισθητήρες, **(β)** αισθητήρες μέτρησης φυσικών μεγεθών και **(γ)** διασύνδεση αισθητήρων και απεικόνιση των μετρήσεων. Στο πρώτο μέρος οι σπουδαστές εξοικειώνονται, με την έννοια του αισθητήρα, με τη χαρακτηριστική καμπύλη, με τη βαθμονόμηση, με τη δειγματοληψία καθώς επίσης με τις αρχές λειτουργίας και με μετρήσεις αισθητήρων βασικών μεγεθών όπως: απόστασης, δύναμης, μαγνητικού πεδίου, θερμοκρασίας, τάσης, έντασης ρεύματος, πίεσης και ήχου. Στο δεύτερο μέρος οι σπουδαστές εξοικειώνονται με τις αρχές λειτουργίας ιδιαίτερων αισθητήρων (μετατόπισης, θερμοκρασίας, φωτεινής έντασης, σχετικής υγρασίας, στροφών), τον τρόπο κατασκευής τους καθώς επίσης και με την εύρεση της χαρακτηριστικής τους καμπύλης μιας και οι περισσότεροι διαθέτουν αναλογική τάση εξόδου. Στο τρίτο και τελευταίο μέρος οι σπουδαστές εξοικειώνονται με τρόπους διασύνδεσης αισθητήρων με αναλογική τάση εξόδου, με σκοπό την απεικόνιση των μετρήσεων με τη χρήση του LabView και μικροελεγκτών (PICs).

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους σπουδαστές του Τμήματος Ηλεκτρονικής που παρακολούθησαν το μάθημα τα τελευταία χρόνια. Μέσα από τις υποδείξεις τους αλλά και τις ανάγκες που διαπίστωσα στην πορεία της διδασκαλίας, βελτιώθηκε το περιεχόμενο του εργαστηριακού μαθήματος. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους σπουδαστές Α. Παναγάκο, Α. Παπασμύρη, W.A. Mughrabi, Α. Δημητρίου και Ι. Τζιουβάρα για τις πτυχιακές εργασίες που επεξεργάστηκαν σε θέματα αισθητήρων, αλλά και τους σπουδαστές Α. Πολύζο και Ι. Γεωργίου για τις εργασίες τους στα πλαίσια του εργαστηριακού μαθήματος και για την τεχνική τους βοήθεια.

Χρήστος Τσώνος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Περιεχόμενα

A. Σύστημα Συγχρονικών Μετρήσεων με Αισθητήρες.....	4
Καταγραφικά μετρήσεων - Data Loggers.....	5
Λογισμικό για τις συσκευές Data Loggers.....	6
Βαθμονόμηση αισθητήρων.....	15
Οριζόμενοι από τον χρήστη νέοι αισθητήρες.....	18
Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	20
Αρχές λειτουργίας αισθητήρων MultiLog.....	23
Δραστηριότητες στο σύστημα συγχρονικών μετρήσεων.....	27
B. Αισθητήρες.....	38
Αισθητήρας μετατόπισης - Γραμμικό ποτενσιόμετρο.....	39
Αισθητήρας μετατόπισης - Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής (LVDT).....	44
Αισθητήρας θερμοκρασίας – Θερμοζεύγος.....	55
Αισθητήρας σχετικής υγρασίας.....	64
Αισθητήρας φωτεινής έντασης.....	73
Μετρητής στροφών.....	81
Γ. Διασύνδεση σημάτων από αισθητήρες και απεικόνιση των μετρήσεων	87
Μέτρηση φυσικών μεγεθών με χρήση του LabView.....	88
Μέτρηση φυσικών μεγεθών με χρήση μικροελεγκτών	98
Βιβλιογραφία.....	108

A.

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ
ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ
(MultiLog – MultiLab)**

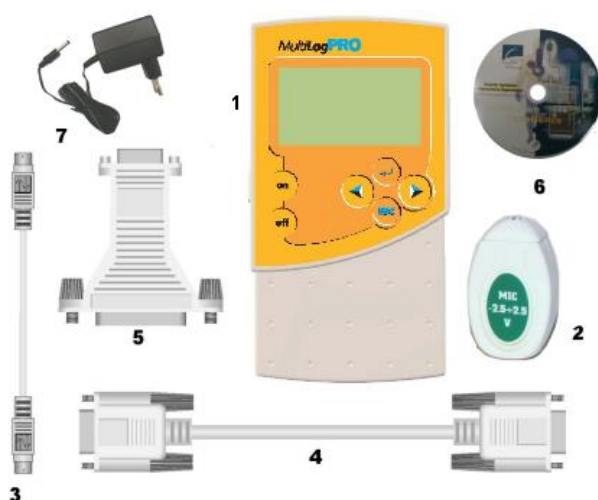
Καταγραφικό μετρήσεων *Data Logger (MultiLog PRO)*

Η συσκευή MultiLog Pro της Fourier είναι ένα και αυτόνομο σύστημα λήψης μετρήσεων (data-logger) εφοδιασμένο με οθόνη γραφικών LCD και εσωτερική μνήμη 128K. Η εσωτερική μνήμη του MultiLog Pro αποθηκεύει οδηγίες εκτέλεσης μετρήσεων που μπορούν να συμπληρωθούν και να επεκταθούν κάθε στιγμή. Αυτές οι δυνατότητες επιτρέπουν στο MultiLog Pro να λειτουργήσει και ανεξάρτητα από υπολογιστή. Το MultiLog Pro μπορεί να καταγράψει δεδομένα από 1 έως 8 αισθητήρες ταυτόχρονα, με ρυθμό καταγραφής έως 21.000 μετρήσεις/δευτερόλεπτο και αποθηκεύει 100.000 μετρήσεις στην εσωτερική του μνήμη.

Το MultiLog Pro είναι εύκολο στη χρήση του, καθώς όλες οι λειτουργίες του είναι συγκεντρωμένες σε 8 εικονίδια επιλογών και οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν και εκτελεστούν από 4 πλήκτρα λειτουργίας. Επιπλέον, μόλις ένας αισθητήρας συνδεθεί, το MultiLog Pro αναγνωρίζει αυτόματα τι είδος αισθητήρας είναι και προβαίνει στις μετρήσεις με τις κατάλληλες μονάδες. Μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία τροφοδοτεί τον data-logger. Εάν παρέλθουν 15 λεπτά μετά την τελευταία καταγραφή, την τελευταία πίεση πλήκτρου ή την τελευταία επικοινωνία με τον υπολογιστή, η συσκευή κλείνει αυτόματα.

Το σύστημα MultiLog Pro συνοδεύεται επίσης με το λογισμικό MultiLab σε περιβάλλον WINDOWS™. Όταν το MultiLog Pro είναι συνδεδεμένο με υπολογιστή μπορούν να εμφανιστούν σε πραγματικό χρόνο μετρήσεις με ρυθμό έως 100/s, ενώ για μεγαλύτερους ρυθμούς, η εμφάνιση πραγματοποιείται αυτόματα μόλις ολοκληρωθούν οι μετρήσεις. Το λογισμικό μπορεί να εμφανίσει τις μετρήσεις σε γραφικές παραστάσεις, σε πίνακες τιμών και σε μετρητές, μπορεί να αναλύσει τα δεδομένα με διάφορα μαθηματικά εργαλεία και επιπλέον να προβάλει ζωντανές ή μαγνητοσκοπημένες ταινίες βίντεο από το πραγματική διαδικασία μετρήσεων.

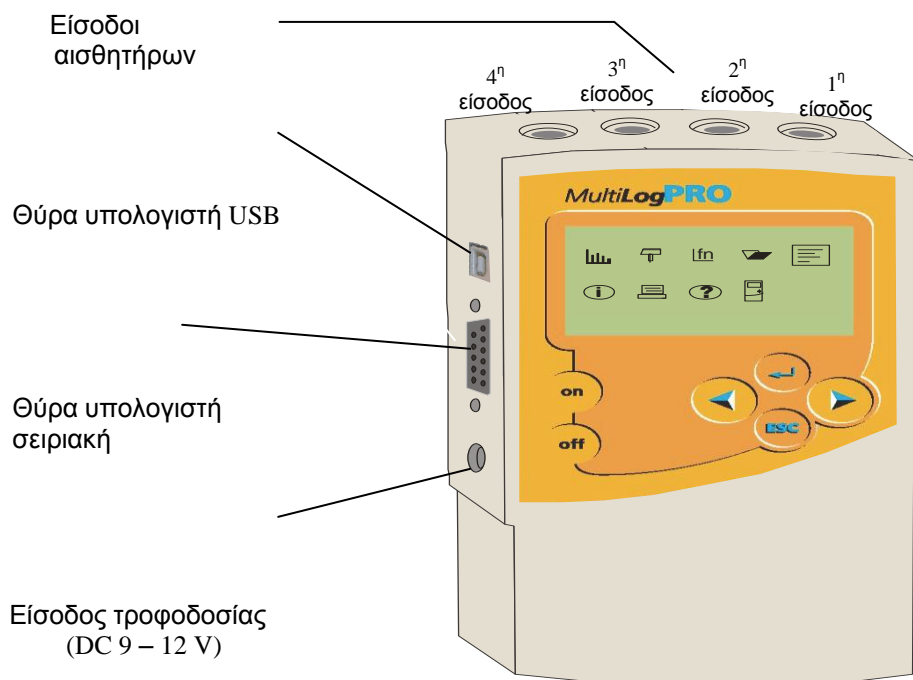
Περιεχόμενα του καταγραφικού δεδομένων *MultiLog Pro*



Περιεχόμενα του συστήματος MultiLog Pro

(1) Η συσκευή καταγραφής data logger MultiLog Pro, (2) αισθητήρες, (3) καλώδια αισθητήρων "mini-din", (4) καλώδιο επικοινωνίας RS-232 (τύπου D 9 επαφών), (5) μετατροπέας RS-232 9 σε 25 επαφές, (6) CD εγκατάστασης λογισμικού MultiLab, (7) μετασχηματιστής δικτύου AC-DC.

Εξωτερικές συνδέσεις του καταγραφικού δεδομένων MultiLog Pro



Οι ακροδέκτες εισόδου/εξόδου (I/O), χαρακτηρισμένες ως (I/O-1, I/O-2, I/O-3 και I/O-4), χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση αισθητήρων. Κανονικά όλες οι τέσσερις εισοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα. Για τη σύνδεση ενός αισθητήρα στο MultiLog Pro, χρησιμοποιείται ένα από τα καλώδια "mini-din". Εισάγετε τη μια άκρη του καλωδίου στον data logger - με το βέλος να δείχνει προς τα επάνω και την άλλη άκρη στον αισθητήρα - με το βέλος να δείχνει προς τα κάτω.

Λογισμικό για τις συσκευές Data Loggers: MultiLog και MultiLog Pro (MultiLab V1.3 Greek)

Το MultiLab της Fourier είναι ένα ευέλικτο λογισμικό που υποστηρίζει τις συσκευές data-loggers MultiLog και MultiLog Pro. Όταν οι συσκευές αυτές συνδεθούν σε έναν υπολογιστή, οι μετρήσεις από τους αισθητήρες μπορούν να εμφανιστούν είτε συγχρονικά, για ρυθμούς μικρότερους από 100/s, είτε με αυτόματη ανάκτηση δεδομένων και εμφάνιση στο τέλος των μετρήσεων, για μεγαλύτερους ρυθμούς. Το λογισμικό εμφανίζει τις μεταβολές των τιμών ως γραφικές παραστάσεις, σε πίνακες τιμών και μέσω μετρητών, μπορεί να αναλύσει τα δεδομένα με διάφορα μαθηματικά εργαλεία και μπορεί να παρουσιάσει ζωντανές ή καταγραμμένες εγγραφές βίντεο από πραγματικές διαδικασίες μετρήσεων.

Η μορφή της οθόνης του MultiLab

Το MultiLab είναι ένα δυναμικό λογισμικό που παρέχει όσα εργαλεία χρειάζονται για τη συλλογή δεδομένων από τη συσκευή data-logger MultiLog Pro (ή τη MultiLog). Επιτρέπει την εμφάνιση των δεδομένων σε γραφικές παραστάσεις, μετρητές ή πίνακες τιμών, την ανάλυση των δεδομένων με λειτουργικά εργαλεία και την παρακολούθηση βίντεο (ζωντανά ή καταγραμμένων) από πραγματικές διαδικασίες μετρήσεων. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει τέσσερα παράθυρα: το παράθυρο γραφικών παραστάσεων, το παράθυρο του πίνακα τιμών, το παράθυρο του βίντεο και ένα παράθυρο πλοήγησης που αποκαλείται Χάρτης Δεδομένων. Το πρόγραμμα επιτρέπει την εμφάνιση όλων των παραθύρων ταυτόχρονα ή οποιοδήποτε συνδυασμό από αυτά. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα εργαλεία και εντολές εμφανίζονται σε τρεις γραμμές εργαλείων. Τα εργαλεία που σχετίζονται με όλες τις λειτουργίες του λογισμικού και ελέγχουν το MultiLog Pro (ή το απλό MultiLog) βρίσκονται στην κυρίως γραμμή εργαλείων στο επάνω μέρος της οθόνης. Τα εργαλεία χειρισμού της γραφικής παράστασης ή του πίνακα τιμών βρίσκονται σε αντίστοιχες γραμμές εργαλείων.

The screenshot shows the MultiLab software interface with the following components labeled:

- Κύρια γραμμή εργαλείων**: The top toolbar containing various application controls.
- Χάρτης δεδομένων**: The left sidebar showing a tree view of data sources and experiments.
- Παράθυρο γραφικών παραστάσεων**: The central graph area displaying a red line plot of temperature over time.
- Παράθυρο βίντεο**: A window on the right showing a Windows Media logo, indicating video playback capabilities.
- Παράθυρο πίνακα τιμών**: A table on the right displaying numerical data points.
- Εργαλεία του πίνακα τιμών**: A toolbar at the bottom right of the table for data manipulation.
- Εργαλεία γραφικών**: A toolbar at the bottom left of the graph for visualization adjustments.

Χρόνος (s)	Temperature	Exp. 16
319	31.9	579
320	32	560
321	32.1	543
322	32.2	526
323	32.3	509
324	32.4	494.5

Η διάταξη των παραθύρων του MultiLab

Ξεκινώντας τη λειτουργία - Προετοιμασία του MultiLog Pro

- Συνδέστε το MultiLog Pro σε έναν υπολογιστή
- Ανάψτε το MultiLog Pro
- Συνδέστε τους αισθητήρες
- Εκκινήστε το λογισμικό MultiLab

Προγραμματισμός του MultiLog Pro - Βασικές ρυθμίσεις

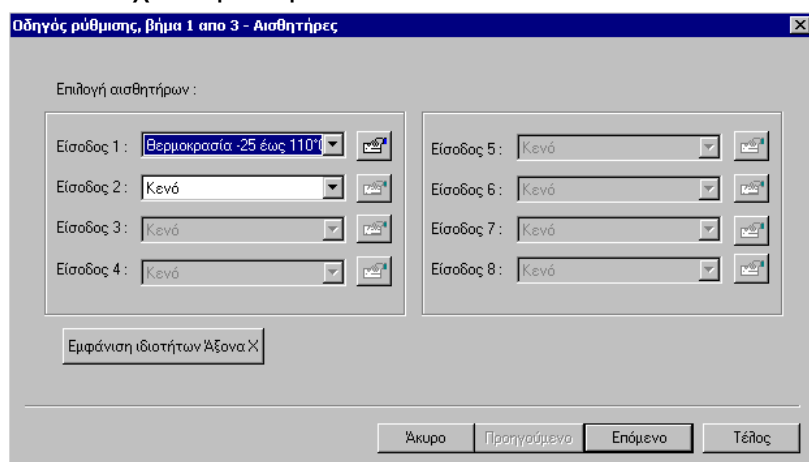
Χρησιμοποιήστε τον οδηγό ρύθμισης για να σας κατευθύνει στη διαδικασία των ρυθμίσεων.

Επιλέξτε τον **Οδηγό Ρυθμίσεων**



στη κυρίως γραμμή εργαλείων για να

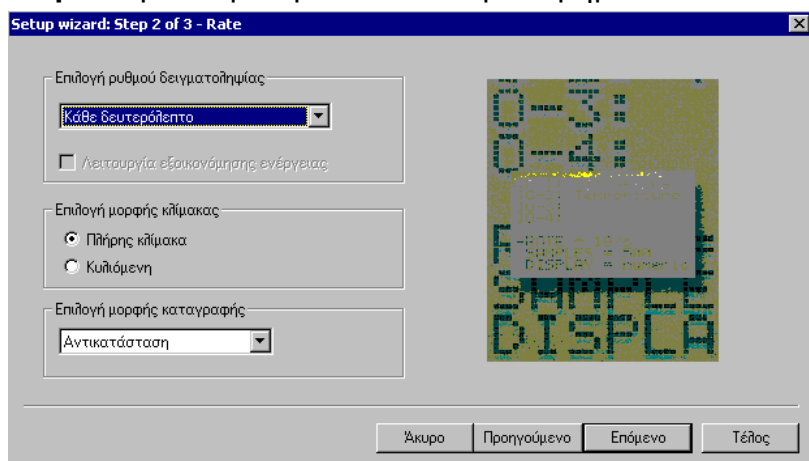
ανοίξετε το αντίστοιχο παράθυρο:



Οδηγός ρυθμίσεων

Το πρώτο βήμα είναι ο ορισμός αισθητήρων σε κάθε είσοδο. Εάν χρησιμοποιείτε το MultiLog Pro και βρίσκεστε σε κατάσταση αυτόματης αναγνώρισης, οι αισθητήρες επιλέγονται αυτόματα καθώς τους συνδέετε στη συσκευή. Διαφορετικά μπορείτε να τους επιλέξετε από το αντίστοιχο παράθυρο επιλογής.

Επιλέξτε **Επόμενο** για να μεταβείτε στο επόμενο βήμα:

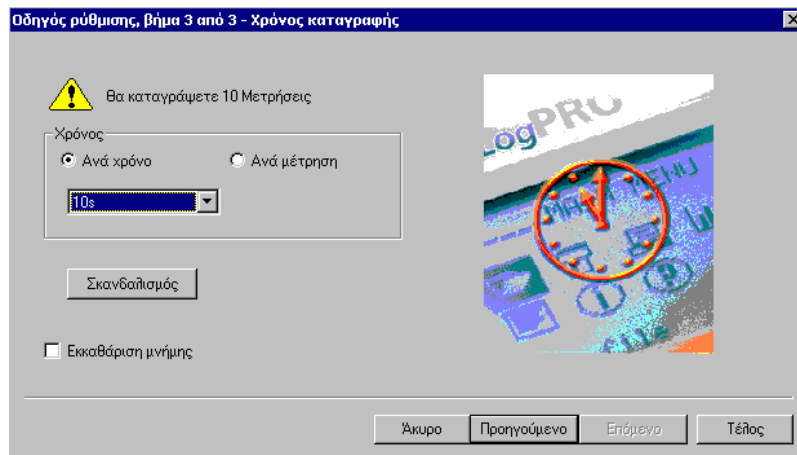


Οδηγός ρυθμίσεων

-Επιλέξτε τον κατάλληλο ρυθμό δειγματοληψίας από το αντίστοιχο παράθυρο.

-Επιλέξτε τη λειτουργία **Κυλιόμενη** εάν επιθυμείτε το παράθυρο γραφικών παραστάσεων να ολισθαίνει κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

-Επιλέξτε την επιθυμητή μορφή λήψης μετρήσεων από το **Επιλογή μορφής καταγραφής**. Επιλέξτε **Επόμενο** για να μεταβείτε στο τρίτο βήμα.



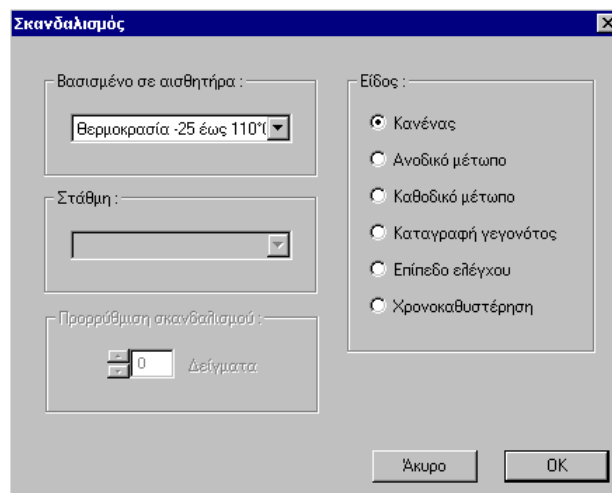
Οδηγός ρυθμίσεων

-Επιλέξτε την επιθυμητή διάρκεια της περιόδου καταγραφής από την περιοχή επιλογών **Χρόνος**.

Η περίοδος καταγραφής εμφανίζεται με μονάδες χρόνου, εξ ορισμού. Για να εμφανίσετε την περίοδο καταγραφής με βάση το πλήθος των μετρήσεων, επιλέξτε το πλήκτρο **Ανά μέτρηση**. Το πλήθος των μετρήσεων υπολογίζεται με την ακόλουθη σχέση:

Συνολικό πλήθος μετρήσεων = ρυθμός δειγματοληψίας x διάρκεια μετρήσεων

Για να αρχίσουν οι μετρήσεις μόνον όταν μια συγκεκριμένη συνθήκη χρόνου ή μετρήσεων έχει συντελεστεί, επιλέξτε **Σκανδαλισμός** για να ανοίξετε το αντίστοιχο παράθυρο διαλόγου :



Παράθυρο διαλόγου Σκανδαλισμού

-Επιλέξτε τον αισθητήρα πάνω στον οποίο θα βασίζεται ο σκανδαλισμός από τη λίστα **Βασισμένο σε αισθητήρα**.

-Επιλέξτε έναν τύπο από την επιλογή **Είδος** σκανδαλισμού:

Κανέννας – Ο σκανδαλισμός είναι απενεργοποιημένος

Ανοδικό μέτωπο – Η καταγραφή αρχίζει μόλις η τιμή μέτρησης είναι **ΥΨΗΛΟΤΕΡΗ** από το όριο σκανδαλισμού.

Καθοδικό μέτωπο - Η καταγραφή αρχίζει μόλις η τιμή μέτρησης είναι **ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΗ** από το όριο σκανδαλισμού.

Καταγραφή γεγονότος - Αυτή η λειτουργία σας επιτρέπει να καταγράψετε την ακριβή στιγμή και ημερομηνία κατά την οποία ένα συγκεκριμένο γεγονός έχει συμβεί. Το επίπεδο σκανδαλισμού που επιλέγεται για αυτόν τον τύπο είναι ουσιαστικά ορισμός ενός κατωφλίου. Κάθε φορά που συναντάται το κατώφλι, το MultiLog Pro θα καταγράψει την ακριβή στιγμή και ημερομηνία που συμβαίνει αυτό και θα συνεχίσει έως ότου συμπληρωθεί το επιθυμητό πλήθος μετρήσεων.


Επίπεδο Ελέγχου - Ο σκανδαλισμός με επίπεδο ελέγχου σας επιτρέπει να δημιουργήσετε ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου. Αυτό σημαίνει ότι μπορείτε να συνδέσετε έναν αισθητήρα για να μετρά ένα συγκεκριμένο μέγεθος (για παράδειγμα, Θερμοκρασία) και να συνδέσετε μια συσκευή η οποία θα αρχίσει να λειτουργεί μόλις η καταγραμμένη τιμή από τον αισθητήρα διέλθει κάποια κατώτερη ή ανώτερη τιμή (για παράδειγμα, ένας ανεμιστήρας που θα αρχίσει να λειτουργεί μόλις η θερμοκρασία που καταγράφεται από τον αισθητήρα ανέλθει πάνω από τους 30°C). Αυτή η λειτουργία απαιτεί τη χρήση ενός καλωδίου - διαχωριστή και ενός αισθητήρα ελέγχου. Το καλώδιο διαχωρίζει κάθε είσοδο σε καλώδιο εισόδου και καλώδιο ελέγχου. Μόλις ορίσετε το επίπεδο ελέγχου και ξεκινήσετε τη διαδικασία μετρήσεων, ο αισθητήρας θα ανιχνεύσει και καταγράψει τις τιμές ως συνήθως, αλλά μόλις η τιμή από τον αισθητήρα ξεπεράσει την τιμή κατωφλίου, το καλώδιο ελέγχου θα στείλει έναν παλμό τάσης 5 V στον αισθητήρα ελέγχου για όση ώρα η τιμή της μέτρησης είναι πάνω από την τιμή κατωφλίου. Όταν δέχεται παλμό τάσης 5 V, ο αισθητήρας ελέγχου ανοίγει/κλείνει έναν ηλεκτρονόμο (ρελέ) που μπορεί να τροφοδοτήσει με τάση 110/220 V ένα φορτίο.

Χρονοκαυστέρηση - Αυτός ο τύπος σκανδαλισμού σας επιτρέπει να ενεργοποιήσετε ένα χρονομέτρη ο οποίος θα εκκινήσει την καταγραφή μόλις διέλθει ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Μόλις επιλέξετε αυτόν τον τύπο σκανδαλισμού, καλέστε το παράθυρο **Στάθμη** και επιλέξτε έναν από τους 17 διαφορετικούς χρόνους. Ο χρονομέτρης θα αρχίσει την αντίστροφη μέτρησή του μόλις πατήσετε **Λήψη δεδομένων** και η ουσιαστική καταγραφή θα αρχίσει μόλις η χρονική καθυστέρηση τελειώσει.


Εκκίνηση της καταγραφής

-Πιέστε το εικονίδιο λήψης δεδομένων  στη γραμμή εργαλείων για να αρχίσει η καταγραφή.

Εάν ο ρυθμός καταγραφής είναι 100 μετρήσεις το δευτερόλεπτο ή λιγότερο, το MultiLab ανοίγει αυτόματα ένα παράθυρο γραφικών παραστάσεων εμφανίζοντας τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Εάν ο ρυθμός είναι

μεγαλύτερος από 100 μετρήσεις το δευτερόλεπτο, τα δεδομένα θα συγκεντρωθούν και θα εμφανιστούν μόλις ολοκληρωθούν οι μετρήσεις. Μπορείτε να σταματήσετε την καταγραφή οποιαδήποτε στιγμή, πιέζοντας το πλήκτρο **Διακοπή**  στη γραμμή εργαλείων.

Επιλογές καταγραφής δεδομένων

Για να καθορίσετε τη μορφή της λήψης των δεδομένων όταν αρχίζετε μια νέα καταγραφή, πιέστε το βέλος δίπλα στο εικονίδιο  και επιλέξτε ένα από τα παρακάτω:

Απλή μέτρηση : Το MultiLab θα ανοίξει μια νέα γραφική παράσταση κάθε φορά που αρχίζετε μια νέα μέτρηση.

Αντικατάσταση : Το MultiLab θα εμφανίσει τα νέα δεδομένα στη θέση των προηγούμενων. Οι προηγούμενες αυτές μετρήσεις θα είναι διαθέσιμες μέσα στο ίδιο αρχείο Έργου. Θα υπάρχουν στον κατάλογο του χάρτη δεδομένων και μπορείτε να τις εμφανίσετε σε γραφική παράσταση όποτε θελήσετε.

Προσθήκη : Το MultiLab θα προσθέσει τα νέα δεδομένα στη γραφική παράσταση μαζί με τις προηγούμενες μετρήσεις.


Λειτουργία βίντεο : Το MultiLab επιτρέπει την παρακολούθηση σε ζωντανή σύνδεση, της εικόνας της μετρητικής διαδικασίας, ταυτόχρονα με την εμφάνιση των δεδομένων.

Ανάκτηση δεδομένων

Κάθε φορά που αποστέλλονται δεδομένα από το MultiLog Pro, αυτά συλλέγονται και εμφανίζονται αυτόματα από το MultiLab. Υπάρχουν δύο μορφές επικοινωνίας: η συγχρονική (on-line) και η μεταγενέστερη (off-line) εκτός σύνδεσης με τον υπολογιστή.

Συγχρονική επικοινωνία (On-line data logging): Όταν το MultiLog Pro είναι συνδεδεμένο σε υπολογιστή και έχει ρυθμιστεί να μετρά με ρυθμούς έως 100/s, το MultiLog Pro στέλνει κάθε μέτρηση απευθείας στον υπολογιστή. Το λογισμικό εμφανίζει τις τιμές συγχρονικά στη γραφική παράσταση και στον πίνακα τιμών. Για ταχύτερους ρυθμούς δειγματοληψίας, τα δεδομένα αποθηκεύονται στην εσωτερική μνήμη του MultiLog Pro αλλά δεν αποστέλλονται στον υπολογιστή έως ότου οι μετρήσεις ολοκληρωθούν. Τότε, αυτόματα ανακτώνται από τον υπολογιστή και στη συνέχεια εμφανίζονται.

Εκτός σύνδεσης καταγραφή (Off-line data logging) : Για να ανακτήσετε δεδομένα τα οποία είχαν καταγραφεί χωρίς το MultiLog Pro να ήταν συνδεδεμένο με υπολογιστή, συνδέστε τη συσκευή με αυτόν, ενεργοποιήστε

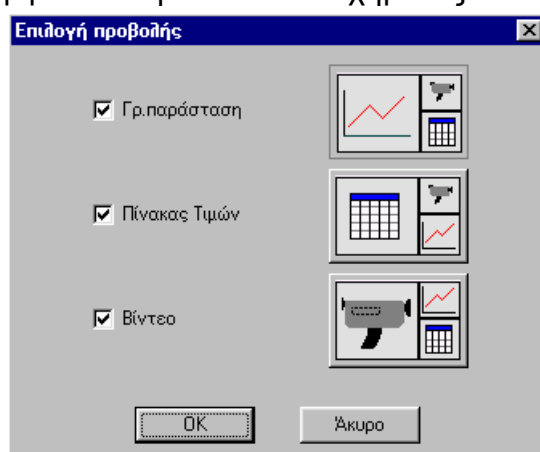
το λογισμικό MultiLab και πιέστε το πλήκτρο "**Ανάκτηση δεδομένων**"  από τη γραμμή εργαλείων. Αμέσως θα ξεκινήσει η αυτόματη διαδικασία της μεταφοράς των δεδομένων. Μόλις η ανάκτηση ολοκληρωθεί, οι μετρήσεις θα

εμφανιστούν στα παράθυρα της γραφικής παράστασης και του πίνακα τιμών. Εάν είναι πολλά πειράματα αποθηκευμένα στο MultiLog Pro, η πρώτη ανάκτηση θα μεταφέρει την πιο πρόσφατη μετρητική διαδικασία, η δεύτερη ανάκτηση την επόμενη, κτλ. Για την ανάκτηση μιας συγκεκριμένης μετρητικής διαδικασίας, επιλέξτε "**Selective Download**" (Επιλεκτική Ανάκτηση) από το μενού της συσκευής MultiLog Pro και κατόπιν διαλέξτε τον αριθμό της ζητούμενης διαδικασίας.

Εμφάνιση των δεδομένων

Η οθόνη του λογισμικού αποτελείται από 4 μέρη: Το παράθυρο γραφικών παραστάσεων, το παράθυρο του πίνακα τιμών, το παράθυρο του βίντεο και ο χάρτης δεδομένων. Μπορείτε να εμφανίσετε όλα τα παράθυρα ταυτόχρονα ή οποιοδήποτε συνδυασμό από αυτά. Το παράθυρο γραφικών παραστάσεων είναι εξ ορισμού το κυρίως παράθυρο και εμφανίζεται στο κέντρο της οθόνης. Για να οριστούν άλλα παράθυρα ως κυρίως παράθυρα:

-Επέλεξε "**Προβολή**" στη γραμμή των επιλογών και κατόπιν "**Προβολή επιλογών**" για να εμφανιστεί η εικόνα του σχήματος:




Εμφάνιση του παραθύρου επιλογών προβολής

-Σημείωσε με το ποντίκι το πλαίσιο που αντιστοιχεί σε όποια εικόνα παραθύρου θα θέλατε να εμφανίζεται.

-Κάντε κλικ στη μορφή που επιθυμείτε να έχουν τα παράθυρα.

-Πιέστε "**OK**".

Το παράθυρο γραφικών παραστάσεων

Πιέστε το εικονίδιο "**Γρ. παράσταση**"  για να εμφανιστεί ή να απομακρυνθεί η οθόνη γραφικών παραστάσεων. Η εξ ορισμού μορφή γραφικής παράστασης είναι η παρουσίαση συναρτήσεων του χρόνου, αλλά μπορεί να επιλεγεί οποιαδήποτε σειρά μετρήσεων ως μεταβλητή του άξονα - X. Η γραφική παράσταση συνήθως εμφανίζει όλες τις καταγραφές ενός πειράματος, αλλά μέσω του χάρτη δεδομένων μπορείτε να απομακρύνετε μια ή περισσότερες καταγραφές από τη γραφική παράσταση.

Για να είναι κατανοητή η γραφική παράσταση, μόνον 2 άξονες -Y, με διαφορετικά χρώματα, μπορούν ταυτόχρονα να εμφανιστούν πάνω σε αυτήν.

Εάν υπάρχει και τρίτος άξονας -Υ, αυτός δεν εμφανίζεται, παρά μόνον εάν επιλεγεί με τη βοήθεια του κέρσορα.

Διαχωρισμός γραφικών παραστάσεων

Το MultiLab επιτρέπει την εμφάνιση των δεδομένων σε δύο χωριστές γραφικές παραστάσεις μέσα στο ίδιο παράθυρο.

-Πιέστε το εικονίδιο "**Διαχωρισμός γραφικών παραστάσεων**"  στη γραμμή εργαλείων


-Πιέστε το εικονίδιο "**Επεξεργασία γραφικών παραστάσεων**"  στη γραμμή εργαλείων

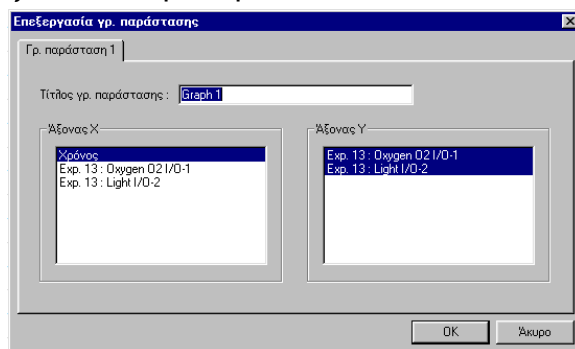
-Επιλέξτε ποια ομάδα μετρήσεων θέλετε να εμφανιστεί σε κάθε μια γραφική παράσταση (η ίδια διαδικασία μπορεί να γίνει και από το χάρτη δεδομένων).

-Για να επιστρέψτε σε μονή γραφική παράσταση πιέστε πάλι το εικονίδιο

"**Διαχωρισμός γραφικών παραστάσεων**" .

Επεξεργασία της γραφικής παράστασης

-Πιέστε το εικονίδιο **Επεξεργασία γρ. παράστασης**  από τη γραμμή εργαλείων. Εμφανίζεται το παράθυρο:



Παράθυρο επεξεργασίας γραφικής παράστασης

-Πιέστε το όνομα της μέτρησης για να επιλέξετε ποια ή ποιες μετρήσεις θα εμφανιστούν πάνω στον άξονα -Υ.

-Μια καταχώρηση που ξεκινά με το όνομα **Exp** δηλώνει μια μέτρηση που έχει πραγματοποιηθεί. Μια καταχώρηση που ξεκινά με **Inp** (input-είσοδος) αναφέρεται στην επόμενη καταγραφή και θα εμφανιστεί πάνω στη γραφική παράσταση την επόμενη φορά που θα γίνει καταγραφή.


-Για να ακυρώσετε μια επιλογή πιέστε το ποντίκι πάνω σε αυτή για δεύτερη φορά.

-Πιέστε το όνομα της μέτρησης για να επιλέξετε ποια μεταβλητή θα εμφανιστεί πάνω στον άξονα -X. Μόνον μια μεταβλητή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον άξονα αυτό.

-Προαιρετικά, πληκτρολογήστε τον τίτλο της γραφικής παράστασης στο αντίστοιχο πλαίσιο.

-Πιέστετε **OK**.

Εξαγωγή δεδομένων στο Excel

Επιλέξτε **Εξαγωγή στο Excel**  στη γραμμή εργαλείων της γραφικής παράστασης για να εξαχθούν τα δεδομένα που εμφανίζονται στην οθόνη, στο Excel. Το MultiLab θα ανοίξει ένα νέο φύλλο λογισμού Excel που θα περιλαμβάνει τις μετρήσεις.

Βαθμονόμηση αισθητήρων (Calibration)

Η χαρακτηριστική εξίσωση των αισθητήρων (ή συνάρτηση μεταφοράς, Transfer Function) έχει μια από τις παρακάτω μορφές :

$$\text{Γραμμική μορφή : } Y = a + bx$$

$$\text{Λογαριθμική μορφή : } Y = a + b \ln x$$

$$\text{Εκθετική μορφή : } Y = ae^{kx}$$

$$\text{Μορφή δύναμης : } Y = a_0 + a_1 x^k$$

όπου Y είναι το ηλεκτρικό σήμα εξόδου (τάση), x είναι η τιμή του μετρούμενου φυσικού μεγέθους και a , b , k , a_0 και a_1 είναι σταθερές.

Η μαθηματική μορφή της συνάρτησης μεταφοράς πρέπει να είναι γνωστή πριν τη βαθμονόμηση ενός αισθητήρα. Αν η μορφή είναι γραμμική τότε για τη βαθμονόμηση απαιτείται ο προσδιορισμός δύο σταθερών, των a και b . Αν η μορφή είναι εκθετική τότε πρέπει να προσδιοριστούν οι σταθερές a και k . Ας υποθέσουμε μια απλή γραμμική συνάρτηση μεταφοράς. Σε μια ορθά πολωμένη δίοδο (επαφή p-n) η τάση U στα άκρα της δίνεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας T από τη σχέση :

$$U = a + bT$$

Για δύο διαφορετικές θερμοκρασίες T_1 και T_2 μετράμε τις αντίστοιχες τάσεις στα άκρα της δίοδου, οπότε προκύπτουν οι σχέσεις :

$$U_1 = a + bT_1$$
$$U_2 = a + bT_2$$

Λύνοντας τις παραπάνω σχέσεις προκύπτουν οι τιμές των σταθερών a και b

$$b = (U_2 - U_1) / (T_2 - T_1) \quad \text{και} \quad a = U_1 - bT_1$$

Κάθε συνάρτηση μεταφοράς μπορεί να εκφραστεί και με πολυώνυμο. Στην περίπτωση αυτή, ανάλογα με το βαθμό του πολυωνύμου, μπορεί να απαιτούνται περισσότερα από δύο σημεία (μετρήσεις).

Οι περισσότεροι αισθητήρες είναι γραμμικοί, δηλαδή το εξερχόμενο σήμα μεταβάλλεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$Y = a + bx$$

όπου:

Y : έξοδος του αισθητήρα (τις περισσότερες φορές τάση η τιμή της οποίας μεταβάλλεται μεταξύ 0 και 5 V)

x : είσοδος αισθητήρα

b: ενίσχυση αισθητήρα (gain)

a : απόκλιση μηδενός αισθητήρα (offset)

Η διαδικασία βαθμονόμησης των αισθητήρων επιτρέπει τον έλεγχο της απόκλισης μηδενός και μερικές φορές ακόμη και της ενίσχυσης του αισθητήρα. Το **MultiLog Pro** παρέχει τέσσερις τρόπους βαθμονόμησης:

1. Μηχανική βαθμονόμηση απόκλισης μηδενός μέσω υλικού (hardware)
2. Αυτόματη βαθμονόμηση της απόκλισης μηδενός του MultiLog Pro
3. Βαθμονόμηση αισθητήρων μέσω του λογισμικού MultiLab
4. Εργοστασιακή βαθμονόμηση (δεν απαιτείται χειροκίνητη ρύθμιση)

Μηχανική βαθμονόμηση απόκλισης μηδενός

Γίνεται με κοχλία που υπάρχει σε ορισμένους αισθητήρες, ο οποίος ελέγχει την απόκλιση μηδενός (offset) του αισθητήρα. Κάθε φορά που θέλετε να βαθμονομήσετε τον αισθητήρα, περιστρέψτε τον κοχλία έως ότου ο αισθητήρας δείξει τη σωστή τιμή μέτρησης (πάρτε τη "σωστή τιμή" από κάποια ακριβή αναφορά).

Αυτόματη βαθμονόμηση απόκλισης μηδενός

Το MultiLog Pro είναι ικανό να βαθμονομήσει αυτόματα, γρήγορα και με ακρίβεια την απόκλιση μηδενός όλων των αναλογικών αισθητήρων, για κάθε νέα μέτρηση που εκτελείτε, με την εξής μέθοδο:

Αφού συνδέσετε έναν αισθητήρα, το MultiLog Pro ελέγχει εάν η τιμή που μετρά ο αισθητήρας βρίσκεται σε εύρος $\pm 2\%$ από τη μηδενική του τιμή (zero value). Εάν είναι έτσι, το MultiLog Pro θεωρεί τη μετρούμενη τιμή ως μηδενική, απαλείφοντας έτσι την απόκλιση.

Για να διαπιστωθεί αν ένας αισθητήρας χρειάζεται βαθμονόμηση πρέπει να συγκριθεί μια μετρούμενη τιμή με την αντίστοιχη αναμενόμενη. Αν δεν συμπίπτουν οι δύο τιμές τότε ο αισθητήρας χρειάζεται βαθμονόμηση. Για παράδειγμα :

- Βραχυκυκλώστε τους ακροδέκτες του αισθητήρα τάσης. Τότε η μετρούμενη τιμή πρέπει να είναι 0.
- Αφήστε ανοικτούς τους ακροδέκτες του αισθητήρα έντασης ρεύματος. Τότε η μετρούμενη τιμή πρέπει να είναι 0.
- Καλύψτε τον αισθητήρα φωτεινής έντασης, τη φωτοπύλη, το μικρόφωνο. Τότε οι μετρούμενες τιμές πρέπει να είναι 0.
- Τοποθετείστε τον αισθητήρα pH σε διάλυμα με pH=7. Τότε η μετρούμενη τιμή πρέπει να είναι 7.
- Τοποθετείστε τον αισθητήρα επιτάχυνσης σε επίπεδη, ακίνητη επιφάνεια. Τότε η μετρούμενη τιμή πρέπει να είναι 0.

- Τοποθετείστε τον αισθητήρα θερμοκρασίας σε παγωμένο νερό (0°C). Τότε η μετρούμενη τιμή πρέπει να είναι 0.
- Τοποθετείστε τον αισθητήρα πίεσης σε θάλαμο με πίεση 1atm (1013 mbar). Τότε η μετρούμενη τιμή πρέπει να είναι 1.
- Αφήστε ελεύθερο (χωρίς βάρος) τον αισθητήρα δύναμης. Τότε η μετρούμενη τιμή πρέπει να είναι 0.

Εργοστασιακή βαθμονόμηση (Δεν απαιτείται ρύθμιση)

Όλοι οι ψηφιακοί αισθητήρες είναι ουσιαστικά χρονομετρητές που έχουν ρυθμιστεί από το εργοστάσιο και δεν παρουσιάζουν καμιά απόκλιση. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αποτελεί ο αισθητήρας απόστασης που μετρά το χρόνο μεταξύ της εκπομπής ενός ηχητικού παλμού και της λήψης του.

Βαθμονόμηση μέσω του λογισμικού MultiLab

Οι αισθητήρες μπορούν επίσης να βαθμονομηθούν μέσω της επιλογής **Βαθμονόμηση αισθητήρων** (Calibrate Sensors) στο μενού **Καταγραφείας** του λογισμικού MultiLab. Το MultiLab σας επιτρέπει να βαθμονομήσετε χειροκίνητα οποιοδήποτε αισθητήρα. Αυτή η βαθμονόμηση, χρησιμοποιώντας δύο σημεία αναφοράς, είναι πολύ πιο ακριβής από την αντίστοιχη που πραγματοποιεί το MultiLog Pro αυτόματα:

- Συνδέστε το MultiLog Pro σε έναν υπολογιστή.
- Πιέστε την επιλογή **Βαθμονόμηση αισθητήρων** από το μενού **Καταγραφείας**
- Επιλέξτε τον αισθητήρα από τη λίστα **Επιλογή αισθητήρα** και πιέστε **OK**
- Πιέστε το παράθυρο **Βαθμονόμηση**.
- Εισάγετε την ακριβώς πραγματική τιμή σε κάθε ένα από τα πλαίσια **Πραγματική Τιμή** και την αντίστοιχη μετρούμενη τιμή σε κάθε ένα από τα πλαίσια **Μετρηθείσα Τιμή** (Οι μετρηθείσες τιμές είναι οι τιμές που εμφανίζονται από το MultiLab όταν μετρώνται οι δύο πραγματικές τιμές).
- Πιέστε **OK**

Οι παράμετροι των βαθμονομημένων αισθητήρων θα αποθηκευτούν και δεν χρειάζεται να τους βαθμονομήσετε κάθε φορά που χρησιμοποιείτε το MultiLab. Για να επαναφέρετε στις αρχικές ρυθμίσεις κάθε αισθητήρα, επιλέξτε τον αισθητήρα αυτόν και πιέστε το **Επαναφορά ρυθμίσεων**.

Οριζόμενοι από το χρήστη νέοι αισθητήρες

Το MultiLab σας επιτρέπει να ορίσετε επιπλέον αισθητήρες, λειτουργία χρήσιμη όταν το MultiLog Pro επικοινωνεί με αυτοσχέδιους αισθητήρες ή αισθητήρες από άλλους κατασκευαστές. Οποιοδήποτε πρόσθετο αισθητήρα θέλετε να συνδέσετε με το MultiLog Pro, θα πρέπει να ικανοποιεί τους ακόλουθους περιορισμούς:

- Η τάση εξόδου του αισθητήρα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη ή ίση με **0 V** και μικρότερη ή ίση με **5 V**. Όλοι οι αισθητήρες μετασχηματίζουν τις πραγματικές τιμές σε ηλεκτρικά σήματα, έτσι η ηλεκτρική τάση εξόδου θα πρέπει να είναι μεταξύ 0 και 5 volts.

- Η συνάρτηση απόκρισης του αισθητήρα (δηλ. οι μεταβολές τάσης εξόδου του αισθητήρα συναρτήσει των μεταβολών των μετρούμενων τιμών) θα πρέπει να είναι γραμμική.

- Ο αισθητήρας θα πρέπει να έχει έναν κωδικό αντιστάτη ώστε να μπορεί αυτός να αναγνωριστεί αυτόματα. Εάν ο αισθητήρας δεν έχει τον κωδικό αντιστάτη, θα πρέπει να μεταβείτε σε λειτουργία **8 αισθητήρων (8 sensors)** και να επιλέξετε τον αντιστάτη χειροκίνητα.

- Για να διαπιστώσετε εάν ένας αισθητήρας διαθέτει κωδικό αντιστάτη, απλώς συνδέστε τον στο MultiLog Pro (σε λειτουργία αυτόματης αναγνώρισης - **Auto ID mode**) και παρακολουθείστε εάν η συσκευή εμφανίζει τον τύπο του αισθητήρα.

Για να ορίσετε έναν νέο αισθητήρα:

-Συνδέστε το MultiLog Pro σε έναν υπολογιστή.

-Επιλέξτε **Καθορισμός νέων αισθητήρων** από το μενού **Καταγραφείας** για να ανοίξετε το σχετικό παράθυρο διαλόγου:

Τιμές βαθμονόμησης :	
Τάση εξόδου	Πραγματική τιμή
Τιμή #1 : 0	-10
Τιμή #2 : 5	110

Παράθυρο διαλόγου ορισμού νέου αισθητήρα

-Πιέστε **Προσθήκη Νέου Αισθητήρα**

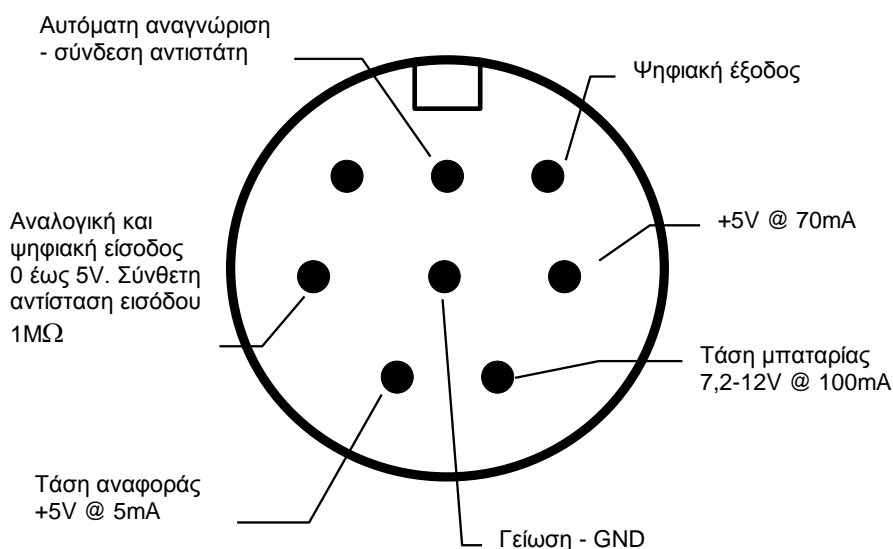
-Πληκτρολογήστε το όνομα του αισθητήρα και τη μονάδα μέτρησης.

-Πληκτρολογήστε τις δύο τιμές βαθμονόμησης (τις δύο πραγματικές τιμές και τις αντίστοιχες τάσεις εξόδου του αισθητήρα). Πιέστε **OK**.

Προσθέτοντας έναν κωδικοποιημένο αντιστάτη σε έναν οριζόμενο από το χρήστη αισθητήρα

Για να αναγνωρίσει το MultiLog Pro έναν αισθητήρα, θα πρέπει αυτός να περιέχει έναν κωδικοποιημένο αντιστάτη. Το Σχήμα παρουσιάζει τη μορφολογία ενός ακροδέκτη εισόδου του MultiLog Pro. Θα πρέπει να συνδεθεί ένας αντιστάτης μεταξύ της επαφής "Αυτόματη αναγνώριση" και της επαφής γείωσης (GND). Όταν ορίζετε έναν αισθητήρα στο λογισμικό MultiLab πρέπει να επιλέξετε έναν αισθητήρα από τη λίστα. Σημειώστε τη θέση του στη λίστα και βρείτε από τον παρακάτω πίνακα τον αντίστοιχο αντιστάτη.

Διαμόρφωση επαφών του βύσματος αισθητήρων



Αντιστάτες για την αυτόματη αναγνώριση

Θέση στη λίστα αισθητήρων που ορίζονται από το χρήστη	Αντίσταση (kΩ)	Μέγιστο όριο (kΩ)	Ελάχιστο όριο (kΩ)
1	372	384.1	360.9
2	410	424.8	396.5
3	455	472.9	437.8
4	508	530.9	486.6
5	573	601.9	544.8
6	653	691.1	615.6
7	754	806.5	703.4
8	888	961.9	814.6
9	1071	1183.0	959.2
10	1337	1524.4	1151.2

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Συσκευή Data Logger "MultiLog Pro"

MultiLog Pro – Έκδοση 7

Είσοδοι

- Λειτουργία "Auto ID":
Έως και 4 ταυτόχρονες αναλογικές ή/και ψηφιακές είσοδοι με αυτόματη αναγνώριση αισθητήρων
- Λειτουργία "8 sensors":
Έως και 8 ταυτόχρονες αναλογικές είσοδοι.
Έως και 4 ταυτόχρονες ψηφιακές είσοδοι.

Έξοδοι

- RS-232 PC Host Interface με ταχύτητα 19.200 bps
- USB 1.1 προαιρετικά (τύπος συσκευής 529 – USB).
- 4 ψηφιακές έξοδοι ελέγχου.

Δειγματοληψία

- Χωρητικότητα: Έως 100.000 τιμές μετρήσεων
- Ρυθμός αναλογικής δειγματοληψίας: Από 1 μέτρηση/ώρα έως 20.800 μετρήσεις/δευτερόλεπτο
- Ρυθμός ψηφιακής δειγματοληψίας: > 200 kHz

Ανάλυση δείγματος

10 bit (1024 επίπεδα)

Επικοινωνία με το χρήστη

- Λειτουργία πληκτρολογίου που επιτρέπει τον πλήρη χειροκίνητο προγραμματισμό του MultiLog Pro.
- Οθόνη γραφικών LCD.
- Χρήση οθόνης: Εμφάνιση των ρυθμίσεων και της κατάστασης της συσκευής, εμφάνιση οδηγιών εκτέλεσης πειραμάτων, εμφάνιση των τιμών των μετρήσεων σε μορφή γραφικής παράστασης, μπάρας, πίνακα τιμών ή μετρητικού οργάνου.

Χαρακτηριστικά

- Αυτόνομη λειτουργία, δεν είναι απαραίτητη η σύνδεση με υπολογιστή.

- Αυτόματη ή χειροκίνητη αναγνώριση αισθητήρων.
- Αποθήκευση και επαναφορά των πιο πρόσφατων ρυθμίσεων
- Αυτόματος έλεγχος που αναφέρει την κατάσταση της συσκευής και της μπαταρίας.
- Σκανδαλισμός: προγραμματιζόμενος ή χειροκίνητος
- Αυτόματη ρύθμιση του μηδενός των αισθητήρων.
- Μπαταρία μνήμης: λιθίου 3 V, διατηρεί τα δεδομένα για έως 10 χρόνια.
- Αυτόματη επαναφορά δεδομένων σε περίπτωση διακοπής τροφοδοσίας
- Ενσωματωμένο ρολόι και ημερολόγιο που ενημερώνει την ώρα και την ημερομηνία της κάθε καταγραφής.
- Ενσωματωμένος φορτιστής 7,2 V για τη φόρτιση της εσωτερικής μπαταρίας.
- Αυτόματο σβήσιμο μετά την παρέλευση 15 λεπτών.
- Έλεγχος φωτεινότητας οθόνης.
- Καταγραφή γεγονότων.
- 10 αισθητήρες οριζόμενοι από το χρήστη
- Σύνταξη σημειώσεων σε σύνδεση με υπολογιστή.
- Ανάλυση των γραφικών παραστάσεων μετά την εκτέλεση των πειραμάτων.

Τροφοδοσία τάσης

Εσωτερική επαναφορτιζόμενη μπαταρία 7.2 V NiCad ή είσοδος εξωτερικής τροφοδοσίας 9 V έως 12 V DC.

Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας: 0°C έως 50°C.

Διαστάσεις: 182 mm x 100 mm x 28 mm.

Βάρος: 450 g.

Συμβατότητα με: CE, FCC.

Απαιτήσεις συστήματος:

Λογισμικό

- Windows 95 ή νεότερο (τα Windows 95 και τα Windows NT δεν υποστηρίζουν τη λειτουργία καταγραφής βίντεο)
- Internet Explorer 5.0 ή νεότερο (Το Internet Explorer 5.0 περιλαμβάνεται στο CD του MultiLog Pro)

Χαρακτηριστικά υπολογιστή

- Pentium II 300MHz ή ισχυρότερο (Pentium 200MHz ή ισχυρότερο εάν δεν θα πραγματοποιείται καταγραφή βίντεο)
- Μνήμη 32 MB RAM (συνίσταται 64 MB)
- 10 MB απαιτούμενος χώρος στο δίσκο για εγκατάσταση του λογισμικού MultiLab (50 MB για την πλήρη εγκατάσταση, μαζί με τις εφαρμογές)
- Μια διαθέσιμη σειριακή θύρα COM (εξωτερική).
- Για τη λειτουργία του παραθύρου βίντεο, το σύστημα θα πρέπει να έχει μια βιντεοκάμερα.
- Για να είναι δυνατή η ηχογράφηση και αναπαραγωγή ηχητικών παρατηρήσεων, το σύστημα θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο με κάρτα ήχου, μικρόφωνο και ηχεία.

Αρχές λειτουργίας αισθητήρων του MultiLog

Αισθητήρας απόστασης (0,4 – 5 m)

Στον αισθητήρα υπάρχουν ένα μεγάφωνο και ένα μικρόφωνο. Ένας πυκνωτής που είναι συνδεδεμένος με το μεγάφωνο φορτίζεται και εκφορτίζεται με ρυθμό που επιλέγει ο χρήστης. Κατά την εκφόρτιση του πυκνωτή, το μεγάφωνο εκπέμπει ένα παλμό υπέρηχου. Ο παλμός αυτός καθώς διαδίδεται, ανακλάται στο πιο κοντινό αντικείμενο και επιστρέφει στον αισθητήρα ως ηχώ. Όταν το μικρόφωνο λάβει την ηχώ, ένας επεξεργαστής υπολογίζει την απόσταση του αντικειμένου από την χρονική διαφορά Δt των δύο γεγονότων, της εκπομπής και λήψης του υπέρηχου. Είναι : $d = u_{\eta\chi} \cdot \Delta t / 2$, όπου d η απόσταση και $u_{\eta\chi}$ η ταχύτητα του υπέρηχου. Το αποτέλεσμα μετατρέπεται σε τάση μεταξύ 0 – 5 Volts και στη συνέχεια μετατρέπεται στην κατάλληλη τιμή απόστασης από τον αναλογικό – ψηφιακό μετατροπέα (ADC) του MultiLog. Ο αισθητήρας απόστασης χρησιμοποιεί την ψηφιακή έξοδο του MultiLog. Δεν επιδέχεται βαθμονόμηση μιας και είναι βαθμονομημένος εργοστασιακά, του έχει δηλαδή τεθεί συγκεκριμένη τιμή $u_{\eta\chi}$ που αντιστοιχεί σε συνηθισμένες τιμές θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.

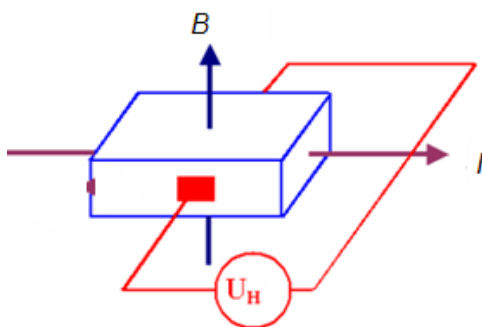
Αισθητήρας δύναμης (± 10 N και ± 50 N)

Η λειτουργία του αισθητήρα δύναμης στηρίζεται στα ηλεκτρικά επιμηκυνσιόμετρα. Το ηλεκτρικό επιμηκυνσιόμετρο είναι ένας ηλεκτρικός μετρητής στον οποίο η αλλαγή του μήκους ενός αντιστάτη προκαλεί μεταβολή στην τιμή της αντίστασής του. Ηλεκτρικοί μετρητές είναι ενσωματωμένοι σε κύκλωμα γέφυρας. Όταν ασκείται δύναμη οι μετρητές αλλάζουν λίγο την τιμή της αντίστασής τους και έτσι προκαλείται μια τάση ανισορροπίας στη γέφυρα που είναι της μορφής $U_0 = \alpha \Delta R$, όπου α μια σταθερά και ΔR η μεταβολή της αντίστασης. Η μεταβολή της αντίστασης ΔR όμως είναι ανάλογη της μεταβολής του μήκους του μετρητή Δl (επειδή $R = \rho l / A$). Σύμφωνα με το νόμο του Hooke η δύναμη είναι ανάλογη με τη μεταβολή του μήκους, $F = k \cdot \Delta l$. Έτσι τελικά η τάση ανισορροπίας U_0 είναι ανάλογη με την ασκούμενη δύναμη F . Η

τάση U_0 ενισχύεται και επεξεργάζεται έτσι ώστε να μπορεί να μετρηθεί από το MultiLog.

Αισθητήρας μαγνητικού πεδίου ($\pm 10^{-2}$ Tesla και $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ Tesla)

Η λειτουργία του αισθητήρα μαγνητικού πεδίου βασίζεται στο φαινόμενο Hall. Όταν ένα στρώμα (λεπτό φύλλο) από αγώγιμο ή ημιαγώγιμο υλικό διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και υπάρχει συνιστώσα μαγνητικού πεδίου κάθετη στην επιφάνειά του, τότε μεταξύ των δύο μικρών επιφανειών του στρώματος εμφανίζεται μια τάση που λέγεται τάση που είναι ανάλογη με την μαγνητική επαγωγή B : $U_H = kB$.



Αισθητήρας τάσης ($\pm 25V$)

Στον αισθητήρα τάσης, η μετρούμενη τιμή τάσης επεξεργάζεται και προσαρμόζεται στο εύρος $0 - 5 V$ που είναι αποδεκτό από τον αναλογικό – ψηφιακό μετατροπέα του MultiLog.

Αισθητήρας έντασης ηλεκτρικού ρεύματος ($\pm 2,5A$)

Η μέτρηση της έντασης του ρεύματος ανάγεται ουσιαστικά στη μέτρηση της τάσης στα άκρα γνωστής αντίστασης. Το ρεύμα διαρρέει ένα αντιστάτη $0,1 \Omega$ που βρίσκεται εσωτερικά του αισθητήρα, οπότε η μετρούμενη τάση στα άκρα του θα είναι σύμφωνα με το νόμο του Ohm το $0,1$ της έντασης του ρεύματος, δηλαδή $I=10V$. Η μετρούμενη τάση ενισχύεται και προσαρμόζεται στο εύρος $0 - 5 V$.

Αισθητήρας πίεσης (0 – 6,7 Atm)

Ένας εύκαμπτος αντιστάτης είναι προσαρμοσμένος σε μια μεμβράνη ευαίσθητη στην πίεση. Όταν μεταβάλλεται η πίεση, μεταβάλλεται και η αντίσταση του αντιστάτη. Οπότε σύμφωνα με το νόμο του Ohm μεταβάλλεται και η τάση στα άκρα του αντιστάτη. Η τάση αυτή προσαρμόζεται στη συνέχεια στο εύρος 0 – 5 V. Ο αισθητήρας αυτός μπορεί να βαθμονομηθεί από μια εξωτερική βίδα που διαθέτει.

Αισθητήρας ήχου (μικρόφωνο ± 2,5 V)

Ο ένας οπλισμός ενός μεταβλητού πυκνωτή είναι στην πραγματικότητα μια ηχοευαίσθητη μεμβράνη που κινείται πέρα δώθε καθώς τα ηχητικά κύματα συντονίζονται μέσω αυτής. Ο μεταβλητός πυκνωτής συνδέεται σε σειρά με έναν αντιστάτη. Καθώς τα ηχητικά κύματα μεταβάλλουν την χωρητικότητα του πυκνωτή, μεταβάλλεται και η μετρούμενη τάση στα άκρα του αντιστάτη. Η τάση αυτή προσαρμόζεται στο εύρος 0 – 5 V, που είναι αποδεκτό από τον αναλογικό – ψηφιακό μετατροπέα του MultiLog, και μετατρέπεται σε τιμή τάσης μεταξύ -2,5 και +2,5 V.

Αισθητήρας φωτεινής έντασης (0- 300 Lux)

Στο εσωτερικό του αισθητήρα υπάρχει ένα φωτοηλεκτρικό στοιχείο. Τα φωτόνια που πέφτουν σε ένα ανάστροφα πολωμένο φωτοηλεκτρικό στοιχείο, **απελευθερώνει** ηλεκτρόνια. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του προσπίπτοντος φωτός, τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που δίνει το φωτοηλεκτρικό στοιχείο στην έξοδό του. Το ρεύμα αυτό περνά μέσα από έναν αντιστάτη και μετρίεται μέσω της μέτρησης της τάσης στα άκρα του. Η μετρούμενη τάση προσαρμόζεται στη συνέχεια στο εύρος 0 – 5 V.

Αισθητήρας θερμοκρασίας (-25°C έως 110°C)

Στο άκρο ενός καλωδίου υπάρχει ένας ανιχνευτής θερμοκρασίας του οποίου η τάση εξόδου του μετατρέπεται σε τάση στο εύρος 0 – 5 V, που είναι αποδεκτό από τον αναλογικό – ψηφιακό μετατροπέα του MultiLog.

Αισθητήρας σχετικής υγρασίας (0-100%RH)

Ο αισθητήρας αυτός έχει στο εσωτερικό του έναν πυκνωτή του οποίου η χωρητικότητα μεταβάλλεται με την αλλαγή της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος. Ο πυκνωτής αποτελεί μέρος ενός ταλαντωτή με αποτέλεσμα η συχνότητα ταλάντωσης να μεταβάλλεται καθώς μεταβάλλεται η τιμή της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος. Η συχνότητα ταλάντωσης μετατρέπεται σε τάση η οποία στη συνέχεια προσαρμόζεται στο εύρος 0 – 5 V. Η αρχική του βαθμονόμηση έγινε στους 25° C. Ο αισθητήρας αυτός μπορεί να βαθμονομηθεί από μια εξωτερική βίδα που διαθέτει.

Δραστηριότητες στο σύστημα συγχρονικών μετρήσεων με αισθητήρες MultiLog Pro

A. Χαρακτηριστική εξίσωση αισθητήρων

A1. Στα τεχνικά χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο αισθητήρας δύναμης στην κλίμακα ± 10 N έχει σημείο τομής (intercept) 12,25 N και κλίση -4,9 N/V. Να γράψετε την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα στη μορφή $V = a + bF$:

$$V = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots F$$

A2. Σχεδιάστε την παραπάνω εξίσωση στο πρόγραμμα **Origin** και να τυπώσετε τη γραφική παράσταση.

A3. Με δεδομένο ότι ο αισθητήρας έχει τάση εξόδου στην περιοχή 0 – 5 Volts, να βρεθούν τα όρια των τιμών δύναμης που μετράει ο αισθητήρας :

$$F_{\min} = \dots\dots\dots, \quad F_{\max} = \dots\dots\dots$$

A4. Ο αισθητήρας δύναμης στην κλίμακα ± 50 N έχει σημείο τομής (intercept) 53 N και κλίση -21 N/V. Να γράψετε την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα στη μορφή $V = a + bF$:

$$V = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots F$$

A5. Σχεδιάστε την παραπάνω εξίσωση στο πρόγραμμα **Origin** και να τυπώσετε τη γραφική παράσταση.

A6. Με δεδομένο ότι ο αισθητήρας έχει τάση εξόδου στην περιοχή 0 – 5 Volts, να βρεθούν τα όρια των τιμών δύναμης που μετράει ο αισθητήρας :

$$F_{\min} = \dots\dots\dots, \quad F_{\max} = \dots\dots\dots$$

A7. Για τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου, στην περιοχή χαμηλής ενίσχυσης (L), η τιμή τάσης εξόδου 0 V αντιστοιχεί σε τιμή μαγνητικής επαγωγής $B = -0,01$ Tesla ενώ η τιμή τάσης εξόδου 5 V αντιστοιχεί σε τιμή μαγνητικής

επαγωγής $B = +0,01$ Tesla. Να γράψετε την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα στη μορφή $V = a + bB$:

$$V = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots B$$

A8. Σχεδιάστε την παραπάνω εξίσωση στο πρόγραμμα **Origin** και να τυπώσετε τη γραφική παράσταση.

A9. Για τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου, στην περιοχή υψηλής ενίσχυσης (H), η τιμή τάσης εξόδου 0 V αντιστοιχεί σε τιμή μαγνητικής επαγωγής $B = -2 \cdot 10^{-4}$ Tesla ενώ η τιμή τάσης εξόδου 5 V αντιστοιχεί σε τιμή μαγνητικής επαγωγής $B = +2 \cdot 10^{-4}$ Tesla. Να γράψετε την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα στη μορφή $V = a + bB$:

$$V = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots B$$

A10. Σχεδιάστε την παραπάνω εξίσωση στο πρόγραμμα **Origin** και να τυπώσετε τη γραφική παράσταση.

B. Βαθμονόμηση αισθητήρων μέσω του λογισμικού MultiLab

B1. Τοποθετείστε τον αισθητήρα δύναμης στην κλίμακα μέτρησης ± 10 N. Συνδέστε το MultiLog Pro σε έναν υπολογιστή, ανάψτε το MultiLog Pro, συνδέστε τον αισθητήρα δύναμης και εκκινήστε το λογισμικό MultiLab. Κρατώντας τον αισθητήρα κατακόρυφα, χωρίς να ασκείται δύναμη στο άγκιστρο του αισθητήρα, να πάρετε μια μέτρηση για ένα σύντομο χρονικό διάστημα (π.χ. 5 sec). Συμπληρώστε τις παρακάτω τιμές :

Πραγματική Τιμή : $F=.....$, Μετρηθείσα Τιμή : $F=.....$

B2. Στη συνέχεια κρεμάστε κατακόρυφα από το άγκιστρο του αισθητήρα δύναμης ένα βαρίδιο μάζας $m=0,5$ Kgr. Κρατώντας τον αισθητήρα κατακόρυφα, να πάρετε μια μέτρηση για ένα σύντομο χρονικό διάστημα (π.χ. 5 sec). Συμπληρώστε τις παρακάτω τιμές έχοντας υπόψη ότι $g=9,81$ m.s⁻² :

Πραγματική Τιμή : $F=B=mg=.....$, Μετρηθείσα Τιμή : $F=.....$

B3. Μετά πιέστε την επιλογή **Βαθμονόμηση αισθητήρων** από το μενού **Καταγραφέας**, επιλέξτε τον αισθητήρα δύναμης ± 10 N από τη λίστα **Επιλογή αισθητήρα** και πιέστε **OK**.

Στη συνέχεια πιέστε το παράθυρο **Βαθμονόμηση** και εισάγετε τις πραγματικές τιμές σε κάθε ένα από τα πλαίσια **Πραγματική Τιμή** και τις αντίστοιχες μετρούμενες τιμές σε κάθε ένα από τα πλαίσια **Μετρηθείσα Τιμή**. Πιέστε **OK**.

B4. Πραγματοποιείτε στη συνέχεια μια μέτρηση με τον αισθητήρα κατακόρυφα, χωρίς να ασκείται δύναμη στο έλασμα του αισθητήρα. Τι μετρηθείσα τιμή καταγράφεται. Τι παρατηρείτε σε σχέση με τη **Μετρηθείσα Τιμή** της δραστηριότητας **B1**:

.....
.....
.....

B5. Τοποθετείστε στη συνέχεια τον αισθητήρα δύναμης στην κλίμακα μέτρησης ± 50 N. Κρατώντας τον αισθητήρα κατακόρυφα, χωρίς να ασκείται δύναμη στο άγκιστρο του αισθητήρα, να πάρετε μια μέτρηση για ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Συμπληρώστε τις παρακάτω τιμές :

Πραγματική Τιμή : $F=.....$, Μετρηθείσα Τιμή : $F=.....$

B6. Στη συνέχεια κρεμάστε κατακόρυφα από το άγκιστρο του αισθητήρα δύναμης ένα βαρίδιο μάζας $m=2$ Kgr. Κρατώντας τον αισθητήρα κατακόρυφα, να πάρετε μια μέτρηση για ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Συμπληρώστε τις παρακάτω τιμές έχοντας υπόψη ότι $g=9,81$ m.s⁻² :

Πραγματική Τιμή : $F=B=mg=.....$, Μετρηθείσα Τιμή : $F=.....$

B7. Μετά πιέστε την επιλογή **Βαθμονόμηση αισθητήρων** από το μενού **Καταγραφείας**, επιλέξτε τον αισθητήρα δύναμης ± 50 N από τη λίστα **Επιλογή αισθητήρα** και πιέστε **OK**.

Στη συνέχεια πιέστε το παράθυρο **Βαθμονόμηση** και εισάγετε τις πραγματικές τιμές σε κάθε ένα από τα πλαίσια **Πραγματική Τιμή** και τις αντίστοιχες μετρούμενες τιμές σε κάθε ένα από τα πλαίσια **Μετρηθείσα Τιμή**. Πιέστε **OK**.

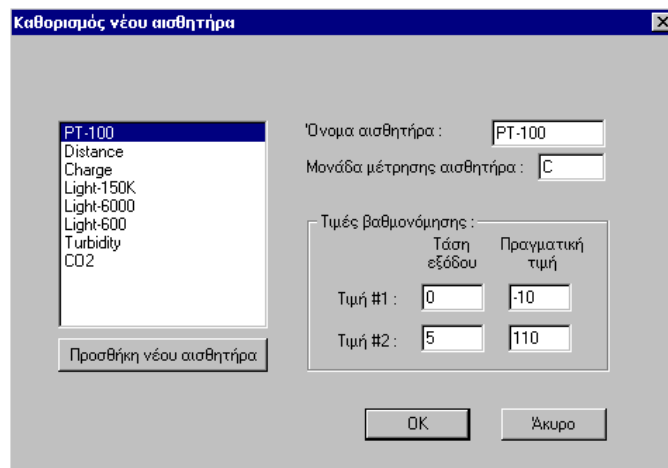
B8. Πραγματοποιείτε στη συνέχεια μια μέτρηση με τον αισθητήρα κατακόρυφα, χωρίς να ασκείται δύναμη στο άγκιστρο του αισθητήρα. Τι μετρηθείσα τιμή καταγράφετε. Τι παρατηρείτε σε σχέση με τη **Μετρηθείσα Τιμή** της δραστηριότητας **B5**:

.....
.....
.....

Γ. Ορισμός νέων αισθητήρων στο MultiLog Pro

Γ1. Τοποθετείστε τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου στην κλίμακα υψηλής ενίσχυσης (H). Συνδέστε το MultiLog Pro σε έναν υπολογιστή, ανάψτε το MultiLog Pro, συνδέστε τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου και εκκινήστε το λογισμικό MultiLab.

Επιλέξτε **Καθορισμός νέων αισθητήρων** από το μενού **Καταγραφείας** για να ανοίξετε το σχετικό παράθυρο διαλόγου:



Πιέστε **Προσθήκη Νέου Αισθητήρα** και πληκτρολογήστε το όνομα του αισθητήρα (π.χ. Magnet_H) και τη μονάδα μέτρησης (Tesla).

Στη συνέχεια πληκτρολογήστε δύο τιμές βαθμονόμησης (δύο πραγματικές τιμές και τις αντίστοιχες τάσεις εξόδου του αισθητήρα με τη βοήθεια της χαρακτηριστικής εξίσωσης που βρήκατε στην δραστηριότητα **A9**) και πιέστε **OK**.

Γ2. Πραγματοποιείστε στη συνέχεια μια μέτρηση, κάνοντας μια πλήρη περιστροφή τον αισθητήρα μαγνητικού πεδίου σε κατακόρυφο μεσημβρινό επίπεδο (βορράς – νότος). Σημειώστε και σχολιάστε τις μέγιστες, ελάχιστες και μηδενικές τιμές :

.....

.....

.....

.....

Γ3. Τοποθετείστε τον αισθητήρα δύναμης στην κλίμακα ± 10 N. Συνδέστε το MultiLog Pro σε έναν υπολογιστή, ανάψτε το MultiLog Pro, συνδέστε τον αισθητήρα δύναμης και εκκινήστε το λογισμικό MultiLab.

Επιλέξτε **Καθορισμός νέων αισθητήρων** από το μενού **Καταγραφείας**, πιέστε **Προσθήκη Νέου Αισθητήρα** και πληκτρολογήστε το όνομα του αισθητήρα (π.χ. Force_L) και τη μονάδα μέτρησης (N).

Στη συνέχεια πληκτρολογήστε δύο τιμές βαθμονόμησης (δύο πραγματικές τιμές και τις αντίστοιχες τάσεις εξόδου του αισθητήρα με τη βοήθεια της χαρακτηριστικής εξίσωσης που βρήκατε στην δραστηριότητα **A1**) και πιέστε **OK**.

Γ4. Πραγματοποιείτε στη συνέχεια μια μέτρηση, κρατώντας τον αισθητήρα κατακόρυφα, χωρίς να ασκείται δύναμη στο άγκιστρό του. Συγκρίνετε το αποτέλεσμα της μέτρησης σε σχέση με τη **Μετρηθείσα Τιμή** της δραστηριότητας **B4**. Τι παρατηρείτε :

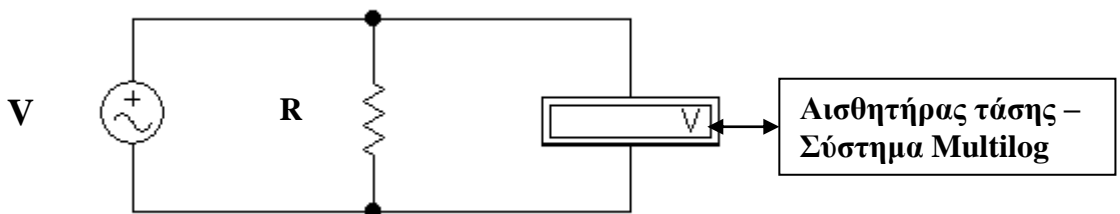
.....
.....
.....
.....

Δ. Δειγματοληψία μετρήσεων – Θεώρημα Nyquist

- Στο παρακάτω κύκλωμα του Σχήματος 1, εφαρμόστε στην αντίσταση $R=100 \Omega$ εναλλασσόμενη τάση πλάτους $V_p=2 \text{ V}$ και συχνότητας $f=4 \text{ Hz}$ από τη γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων.
- Συνδέστε στη συνέχεια στα άκρα της αντίστασης τον αισθητήρα τάσης $\pm 25 \text{ V}$. Επίσης συνδέστε τον αισθητήρα τάσης με τη θύρα I/O1 του καταγραφικού Multilog και αυτό με τον Η/Υ μέσω της σειριακής θύρας.
- Ανοίξτε το πρόγραμμα του Multilog στον Η/Υ και ρυθμίστε τη δειγματοληψία του αισθητήρα της τάσης να είναι ίση με 20 μετρήσεις/sec. Αρχίστε να λαμβάνετε μετρήσεις $V-t$ για χρονικό διάστημα 5 sec (επιλέξτε 100 μετρήσεις-σημεία).
- Από τη γραφική παράσταση $V-t$ που εμφανίζεται στον Η/Υ, μετρήστε την περίοδο της εναλλασσόμενης τάσης στην αντίσταση R και στη συνέχεια υπολογίστε την συχνότητά της $f=1/T$,

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

- Συγκρίνετε στη συνέχεια τη συχνότητα που υπολογίσατε με αυτή της γεννήτριας. Τι παρατηρείτε;
-
-



Σχήμα 1.

- Στη συνέχεια, διατηρώντας τη δειγματοληψία ίδια, ίση με 20 μετρήσεις/sec, να μεταβάλλετε τη συχνότητα της γεννήτριας χαμηλών συχνοτήτων σε 10, 20 και 40 Hz. Για κάθε μια από τις προηγούμενες συχνότητες εφαρμοζόμενης τάσης, αρχίστε να λαμβάνετε μετρήσεις $V-t$ από το σύστημα Multilog για χρονικό διάστημα 5 sec.
- Από τις γραφικές παραστάσεις $V-t$ μετρήστε την περίοδο της κάθε εφαρμοζόμενης εναλλασσόμενης τάσης στην αντίσταση R και στη συνέχεια υπολογίστε την συχνότητά της $f=1/T$.

$$f_1=\dots\dots\dots, \quad f_2=\dots\dots\dots, \quad f_3=\dots\dots\dots$$

- Συγκρίνετε στη συνέχεια τις συχνότητες που υπολογίσατε με τις αντίστοιχες της γεννήτριας. Τι παρατηρείτε;

.....
.....
.....
.....
.....

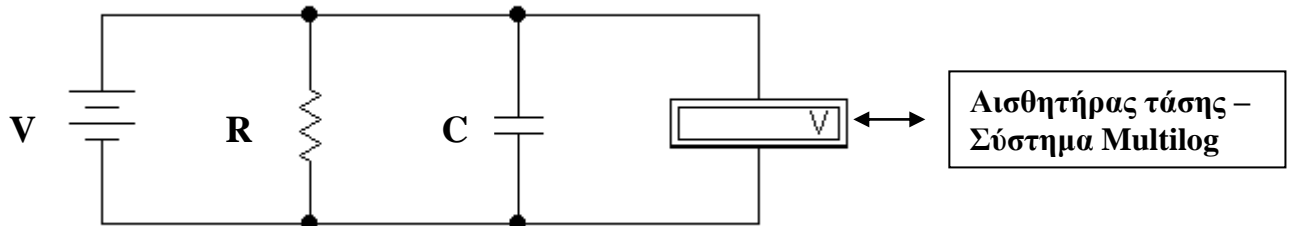
- Παρακάτω διατυπώστε το θεώρημα δειγματοληψίας του Nyquist:

.....
.....
.....

- Πόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι στην πράξη η συχνότητα δειγματοληψίας από την αντίστοιχη μιας εναλλασσόμενης τάσης, για να αποδίδεται σωστά το σήμα:

Ε. Φόρτιση και εκφόρτιση πυκνωτή – Μέτρηση εσωτερικής αντίστασης του αισθητήρα τάσης

- Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του Σχήματος 2 με $V=10\text{ V}$, $R=100\text{ k}\Omega$ και $C=1\text{ }\mu\text{F}$. Αρχικά μην συνδέσετε το πάνω άκρο της αντίστασης με το “+” της πηγής τάσης.



Σχήμα 2.

- Ρυθμίστε τη δειγματοληψία του αισθητήρα της τάσης του Multilog να είναι ίση με 20 μετρήσεις/sec. Αρχίστε να λαμβάνετε μετρήσεις V-t για χρονικό διάστημα 25 sec (επιλέξτε 500 μετρήσεις-σημεία) και αμέσως συνδέστε το πάνω άκρο της αντίστασης με το “+” της πηγής τάσης για να φορτιστεί ο πυκνωτής. Μόλις ο πυκνωτής φορτιστεί ξεσυνδέστε το πάνω άκρο της αντίστασης από το “+” της πηγής τάσης για να εκφορτιστεί ο πυκνωτής.
- Σχολιάστε τη γραφική παράσταση V-t που εμφανίζεται στον Η/Υ και περιγράψτε τις διαδικασίες φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή, λαμβάνοντας υπόψη σας ότι η σταθερά χρόνου του κυκλώματος R-C είναι $\tau=RC=.....$,
.....
.....
.....
.....
- Στη συνέχεια αντικαταστήστε την αντίσταση των 100 kΩ με μια αντίσταση 1 MΩ. Διατηρήστε τη δειγματοληψία του αισθητήρα της τάσης του Multilog να είναι ίση με 20 μετρήσεις/sec. Αρχίστε να λαμβάνετε μετρήσεις V-t για χρονικό διάστημα 25 sec (επιλέξτε 500 μετρήσεις-σημεία) και αμέσως συνδέστε το πάνω άκρο της αντίστασης με το “+” της πηγής τάσης για να φορτιστεί ο πυκνωτής. Μόλις ο

πυκνωτής φορτιστεί ξεσυνδέστε το πάνω άκρο της αντίστασης από το “+” της πηγής τάσης για να εκφορτιστεί ο πυκνωτής.

- Σχολιάστε πάλι τη γραφική παράσταση V-t που εμφανίζεται στον Η/Υ και περιγράψει τις διαδικασίες φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή, λαμβάνοντας υπόψη σας ότι η σταθερά χρόνου του κυκλώματος R-C είναι $\tau=RC=.....$,

.....

Η διαδικασία εκφόρτισης του πυκνωτή C μέσω μιας αντίστασης R περιγράφεται από την παρακάτω σχέση,

$$V = V_o e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1)$$

όπου V η τάση στα άκρα του πυκνωτή κάθε χρονική στιγμή t και V_o η αρχική τάση φόρτισης του πυκνωτή. Αν λογαριθμίσουμε και τα δύο μέλη της σχέσης (1) θα έχουμε,

$$\ln V = \ln V_o - \frac{1}{RC} t \quad (2)$$

Η σχέση (2) είναι μια γραμμική σχέση του $\ln V$ συναρτήσει του χρόνου t. Η κλίση της ευθείας που περιγράφεται από τη σχέση (2) είναι

$$\text{κλίση} = -\frac{1}{RC} \quad (3)$$

- Από την τελευταία γραφική παράσταση V-t που πήρατε, επιλέξτε την περιοχή της εκφόρτισης του πυκνωτή C μέσω της αντίστασης R.
- Στη συνέχεια από το μενού **Ανάλυση** επιλέξτε **Ln**, οπότε εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο με τη γραφική παράσταση του λογαρίθμου της τάσης συναρτήσει του χρόνου (σχέση 2).
- Επιλέγοντας το νέο παράθυρο, κάνοντας “κλικ” μέσα του, από το μενού **Ανάλυση** επιλέξτε **Γραμμική Παλινδρόμηση**. Με αυτό τον τρόπο προσαρμόζεται στη γραφική παράσταση $\ln V - t$ η καλύτερη

θεωρητική ευθεία της οποίας η εξίσωση εμφανίζεται στο κάτω μέρος του παραθύρου. Γράψτε τη εξίσωση αυτή παρακάτω

.....
.....

- Συγκρίνετε τις τιμές της κλίσης της προηγούμενης ευθείας με την τιμή που προκύπτει από τη σχέση (1) στην οποία θεωρείται ότι η εκφόρτιση του πυκνωτή γίνεται μόνο μέσα από την εξωτερική αντίσταση R του κυκλώματος του σχήματος 2. Τι παρατηρείτε στις δύο τιμές κλίσης και που πιστεύετε ότι οφείλεται η διαφορά;

.....
.....
.....
.....

Κάθε βολτόμετρο παρουσιάζει μια εσωτερική αντίσταση. Έτσι και ο αισθητήρας τάσης έχει μια εσωτερική αντίσταση R_{in} . Επειδή η αντίσταση R είναι μεγάλη ($1M\Omega$), είναι συγκρίσιμη με την R_{in} . Η εκφόρτιση λοιπόν του πυκνωτή γίνεται στην πραγματικότητα μέσα από τον παράλληλο συνδυασμό της εξωτερικής αντίστασης R και της εσωτερική αντίσταση του αισθητήρα τάσης R_{in} . Αν η αντίσταση R ήταν πολύ μικρότερη (2 τάξεις μεγέθους) από την R_{in} , τότε η εκφόρτιση του πυκνωτή θα γινόταν μόνο μέσα από την εξωτερική αντίσταση R.

- Αντικαθιστώντας στη σχέση (3) την R με τον παράλληλο συνδυασμό $R//R_{in}$,

$$R // R_{in} = \frac{RR_{in}}{R + R_{in}}$$

να υπολογίσετε την εσωτερική αντίσταση του αισθητήρα τάσης,

$$R_{in} = \dots\dots\dots$$

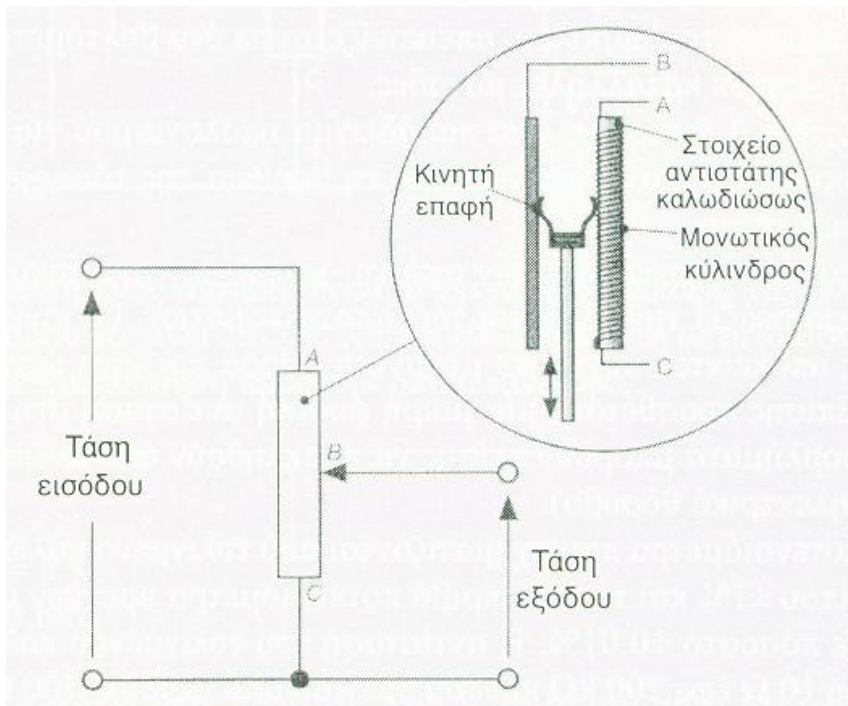
B.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ - ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ

Εισαγωγή

Τα ποτενσιόμετρα είναι ηλεκτρικές συσκευές που έχουν τη μορφή μίας μεταβλητής αντίστασης. Το Σχήμα 1 εικονίζει την τυπική μορφή ενός γραμμικού ποτενσιόμετρου.



Σχήμα 1 Γραμμικό ποτενσιόμετρο

Αυτό αποτελείται από μία ολισθαίνουσα (ή αλλιώς *κινητή*) επαφή η οποία μπορεί να κινείται κατά το μήκος του στοιχείου που εμφανίζει αντίσταση. Η κινητή αυτή επαφή συνδέεται με ένα έμβολο, το οποίο ακουμπά στο αντικείμενο, του οποίου η μετατόπιση πρέπει να μετρηθεί.

Υπάρχουν αρκετές μορφές σχεδίασης της κινητής επαφής, ανάλογα με την εφαρμογή. Οι επαφές αυτές κατασκευάζονται συχνά από κράματα χαλκού. Αυτό γίνεται επειδή τα κράματα του χαλκού έχουν ελαστικές ιδιότητες και έτσι μπορούν να λαμβάνουν τέτοιο σχήμα, ώστε να διατηρούν την καλή ηλεκτρική επαφή με την αντίσταση. Επίσης είναι καλοί ηλεκτρικοί αγωγοί. Τα στοιχεία αντίστασης (που λέγονται και αντιστάτες) κατασκευάζονται συνήθως από λεπτό σύρμα νικελίου ή λευκόχρυσου, το οποίο τυλίγεται γύρω από έναν κύλινδρο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό. Οι αντιστάτες αυτοί μπορούν επίσης να κατασκευαστούν από υμένα άνθρακα, μετάλλων ή αγώγιμων πλαστικών για να βελτιώνουν τη διακριτική ικανότητα. Το γραμμικό ποτενσιόμετρο έχει δύο κινούμενες επαφές και έναν οδηγό, όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Ο οδηγός επιτρέπει να γίνεται ομαλά και ομοιόμορφα η ολίσθηση της κινητής επαφής επάνω στον αντιστάτη.

Στο ηλεκτρικό κύκλωμα του σχήματος 1, εφαρμόζεται μία τάση εισόδου V_i στα άκρα του συνολικού αντιστάτη, στα σημεία Α και Γ. Η τάση εξόδου V_o

μετρίεται ανάμεσα στην κινητή επαφή στο σημείο B και το άκρο του αντιστάτη στο σημείο C . Υπάρχει μία γραμμική σχέση ανάμεσα στην τάση εισόδου V_i την τάση εξόδου V_o και την απόσταση BC .

Για να μετρήσουμε τη μετατόπιση ενός αντικειμένου, καθώς αυτό κινείται, θα πρέπει να μετακινηθεί το έμβολο και να μεταφέρει τη μετατόπισή του στην κινητή επαφή. Άρα οποιαδήποτε μετατόπιση του αντικειμένου θα αλλάξει την απόσταση BC και επομένως θα αλλάξει την τάση εξόδου V_o . Η έξοδος V_o , που αντιπροσωπεύει τη μετατόπιση του εμβόλου, απεικονίζεται σε ένα βολτόμετρο, το οποίο είναι βαθμονομημένο σε κατάλληλες μονάδες.

Τα γραμμικά ποτενσιόμετρα χρησιμοποιούνται συχνά όταν απαιτείται ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο να εξαρτάται από τη μετατόπιση, αλλά όταν το κόστος πρέπει να είναι χαμηλό και η ακρίβεια όχι μεγάλη. Χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, για παράδειγμα την καταγραφή της θέσης των αντικειμένων σε μία γραμμή παραγωγής και τον έλεγχο των διαστάσεων των αντικειμένων σε συστήματα ποιοτικού ελέγχου.

Περιγραφή λειτουργίας

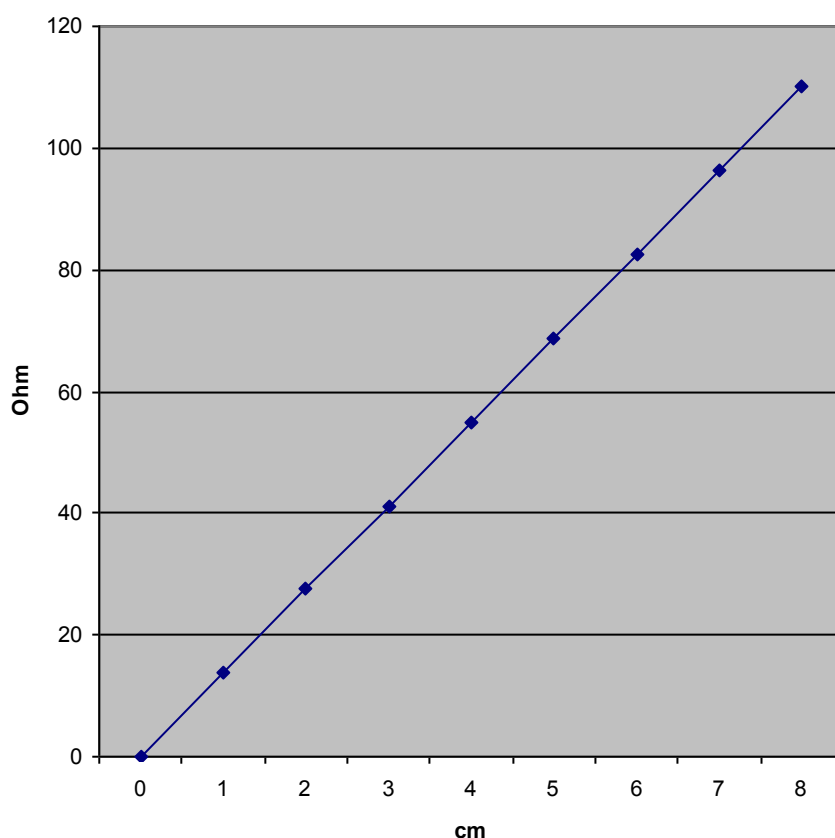
Το βασικό στοιχείο ενός γραμμικού ποτενσιόμετρου είναι μια αντίσταση η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση της μεσαίας λήψης του ποτενσιόμετρου. Τα γραμμικά ποτενσιόμετρα που κυκλοφορούν στο εμπόριο έχουν αντίσταση κατασκευασμένη από σύρμα χρωμονικελίνης ή από σύρμα κωνσταντάνης, μέταλλα τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη τιμή ειδικής αντίστασης.



Σχήμα 2 Διάταξη γραμμικού ποτενσιόμετρου

Το γραμμικό ποτενσιόμετρο της συγκεκριμένης διάταξης, αποτελείται από αντίσταση μήκους 8 εκατοστών και συνολικής ωμικής αντίστασης 110 Ω . Η αντίστασή του είναι κατασκευασμένη από 60 σπείρες σύρματος χρωμονικελίνης συνολικού μήκους 2,4 m και διαμέτρου 0,2 mm. Το σύρμα αυτό έχει ωμική αντίσταση περίπου 45 Ω ανά μέτρο και συνεπώς 1,83 Ω ανά σπείρα. Το σύρμα χρωμονικελίνης είναι τυλιγμένο πάνω σε αυλακωτό κεραμικό κύλινδρο συνολικού μήκους 10 cm και στις άκρες του είναι τοποθετημένοι μεταλλικοί σιδερένιοι ακροδέκτες για την τροφοδοσία του γραμμικού ποτενσιόμετρου με τάση ή για τη μέτρηση της συνολικής αντίστασής του (Σχήμα 2). Η μεσαία λήψη του ποτενσιόμετρου αποτελείται από ένα χάλκινο λεπτό έλασμα στερεωμένο (μέσο μιας πλαστικής κυλινδρικής υποδοχής) πάνω σε μια

κυλινδρική ανοξειδωτή ράγα σιδήρου μήκους 10 cm. Στο εσωτερικό της πλαστικής κυλινδρικής υποδοχής το χάλκινο λεπτό έλασμα εφάπτεται και σύρεται πάνω στη μεταλλική ράγα. Στο αριστερό άκρο της μεταλλικής ράγας έχει τοποθετηθεί ένας ακροδέκτης για την μέτρηση των μεταβολών της αντίστασης του ποτενσιόμετρου ή των μεταβολών της τάσης. Στο Σχήμα 3 βλέπουμε τη χαρακτηριστική ευθεία της ωμικής μεταβολής της αντίστασης του γραμμικού ποτενσιόμετρου σε συνάρτηση με τη μετατόπιση της μεσαίας λήψης του γραμμικού ποτενσιόμετρου.

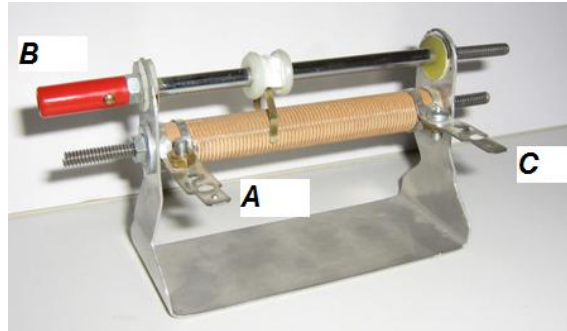
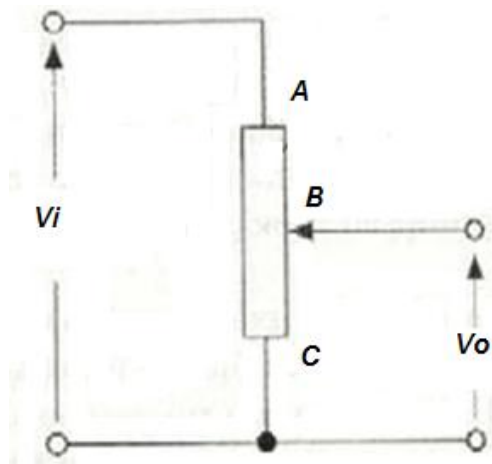


Σχήμα 3 Ωμική μεταβολή συναρτήσει της μετατόπισης

Από τη χαρακτηριστική ευθεία του σχήματος 3 παρατηρούμε ότι η ωμική αντίσταση του γραμμικού ποτενσιόμετρου αυξάνεται γραμμικά. Για κάθε 1 cm μετατόπισης της μεσαίας λήψης, έχουμε αύξηση της ωμικής αντίστασης κατά 13,75 Ω.

Εργαστηριακές δραστηριότητες

- Εφαρμόστε στα άκρα A και C του ποτενσιόμετρου τάση $U_i = 10 \text{ V}$.



- Τοποθετείστε τη μεσαία λήψη B σε απόσταση $x=1 \text{ cm}$ από το άκρο C. Μετρήστε την ωμική αντίσταση R_{BC} και την τάση εξόδου $U_o=U_{BC}$. Αυξάνοντας διαδοχικά την απόσταση x με βήμα 1 cm , να επαναλάβετε τις προηγούμενες μετρήσεις και να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας I.

x (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_{BC} (\Omega)$									
$U_o (V)$									

- Από τον παραπάνω **Πίνακα I**, για κάθε θέση της μεσαίας λήψης B, να υπολογίσετε το λόγο U_o/R_{BC} . Τι παρατηρείτε; Σχολιάστε τα αποτελέσματα:

.....

.....

.....

.....

.....

- Να χρησιμοποιήσετε το πρόγραμμα **Origin** και να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της τάση εξόδου U_o ως συνάρτηση της απόστασης x , με βάση τις μετρήσεις του **Πίνακα I**.

- Επιλέγοντας **Analysis > Fit Linear** πραγματοποιήστε τη καλύτερη γραμμική προσέγγιση της γραφικής παράστασης $U_o = U_o(x)$.

- Γράψτε την εξίσωση της καλύτερης γραμμικής προσέγγισης, η οποία αποτελεί και την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα μετατόπισης :

$$U_o = \dots\dots\dots x + \dots\dots\dots \quad (1)$$

- Να γράψετε την εξίσωση (1) πάνω στη γραφική παράσταση του Origin, στη συνέχεια να σώσετε το γράφημα και να το εκτυπώσετε.

- Με βάση την Εξίσωση (1) να υποδείξετε τρόπο απεικόνισης της απόστασης x .

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ - ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ (LVDT)

Εισαγωγή

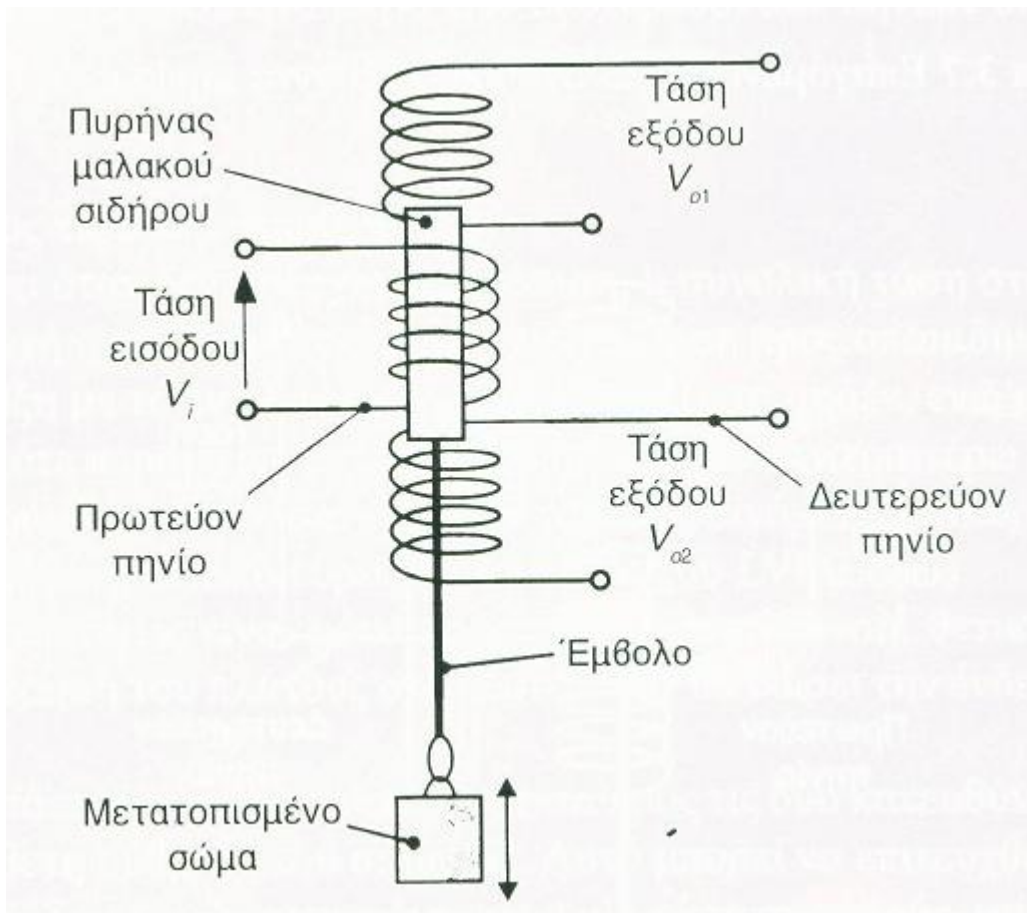
Οι γραμμικοί μεταβλητοί διαφορικοί μετασχηματιστές (*Linear Variable Differential Transformers*), που συχνά αναφέρονται με τα αρχικά της αγγλικής ονομασίας, LVDT, είναι πιθανόν οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες για τον ακριβή προσδιορισμό μετατοπίσεων έως 300 mm.

Ένας συμβατικός μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία που είναι σε ισχυρή σύζευξη και είναι τυλιγμένα γύρω από έναν κύλινδρο μαλακού σιδήρου. Αυτά ονομάζονται *πρωτεύον και δευτερεύον πηνίο*. Όταν εφαρμοστεί μία εναλλασσόμενη τάση στο πρωτεύον πηνίο, τότε επάγεται μία εναλλασσόμενη τάση στο δευτερεύον πηνίο. Αυτό συμβαίνει λόγω ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.

Όταν ρέει ένα εναλλασσόμενο ρεύμα στο πρωτεύον πηνίο, τότε παράγει εναλλασσόμενη μαγνητική ροή. Λόγω του Νόμου της Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής του Faraday επάγεται μία ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) στο δευτερεύον πηνίο, η οποία εξαρτάται από το ρεύμα που ρέει στο πρωτεύον πηνίο και το πηλίκο των περιελίξεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος πηνίου.

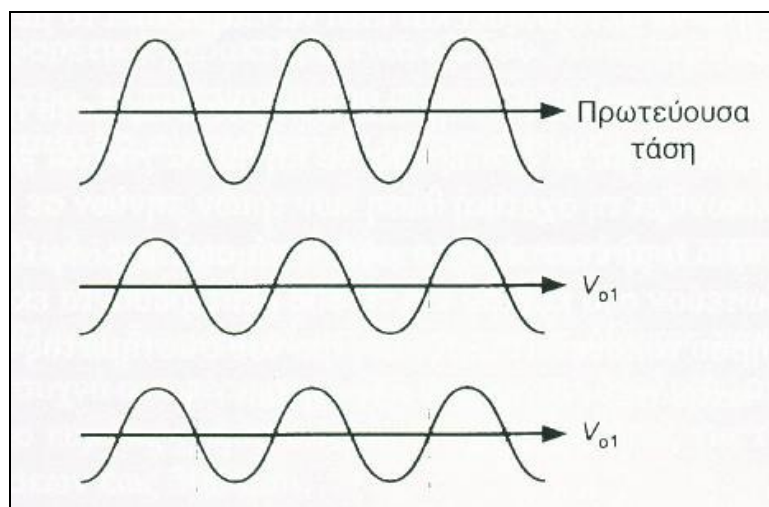
Ο μετασχηματιστής LVDT αποτελεί ένα όργανο ακριβείας που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση μετατοπίσεων. Ο γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής ονομάστηκε έτσι με βάση την αρχή λειτουργίας του, η οποία μπορεί να γίνει κατανοητή εξετάζοντας την ονομασία του λέξη προς λέξη κατά την αντίστροφη φορά. Καταρχήν είναι ένας *μετασχηματιστής* και υπακούει στις αρχές της Η/Μ επαγωγής που ταιριάζουν σε αυτό το είδος συσκευής. Έχει ένα πρωτεύον πηνίο και δύο δευτερεύοντα πηνία, τα οποία συνδέονται και παρέχουν τη διαφορά των αντίστοιχων τάσεων που έχουν στις εξόδους τους. Γι' αυτό ονομάζεται *διαφορικός*. Είναι *μεταβλητός*, επειδή η μαγνητική σύζευξη ανάμεσα στο πρωτεύον και τα δύο δευτερεύοντα μπορεί να μεταβληθεί και έτσι να επηρεάσει το μέγεθος της επαγόμενης ΗΕΔ. Η σχεδίαση του όλου συστήματος είναι τέτοια, ώστε η μεταβολή της σύζευξης του πρωτεύοντος με τα δευτερεύοντα πηνία να γίνεται *γραμμικά*.

Το Σχήμα 1 εικονίζει τη σχετική θέση των τριών πηνίων σε ένα LVDT που έχει κατασκευαστεί γύρω από έναν κούφιο μονωτικό σωλήνα. Αυτά ευρίσκονται στον ίδιο άξονα, το πρωτεύον στο κέντρο και τα δύο δευτερεύοντα εκατέρωθεν. Ο πυρήνας μαλακού σιδήρου τοποθετείται στο κέντρο του συστήματος και είναι ελεύθερος να κινείται πάνω κάτω στο εσωτερικό των πηνίων.



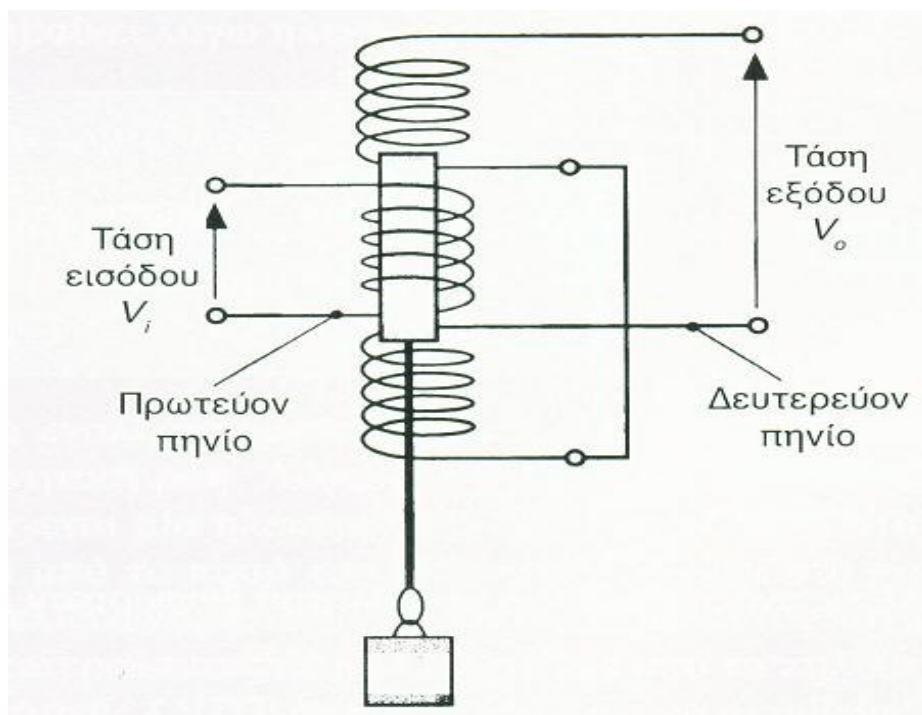
Σχήμα 1 Οι περιελίξεις ενός LVDT

Ο πυρήνας μαλακού σιδήρου ευρίσκεται στο κέντρο του συστήματος, στο εσωτερικό του πρωτεύοντος πηνίου και όταν ενεργοποιηθεί από ένα εναλλασσόμενο σήμα, συνήθως συχνότητας της τάξης 10 kHz, το ρεύμα που διέρχεται από το πρωτεύον δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του πυρήνα μαλακού σιδήρου. Αυτή η μαγνητική ροή προκαλεί ίδια σύζευξη του πρωτεύοντος με καθένα από τα δύο δευτερεύοντα πηνία και έτσι στα άκρα αυτών αναπτύσσονται ίδιες ΗΕΔ. Αυτό εικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα 2.



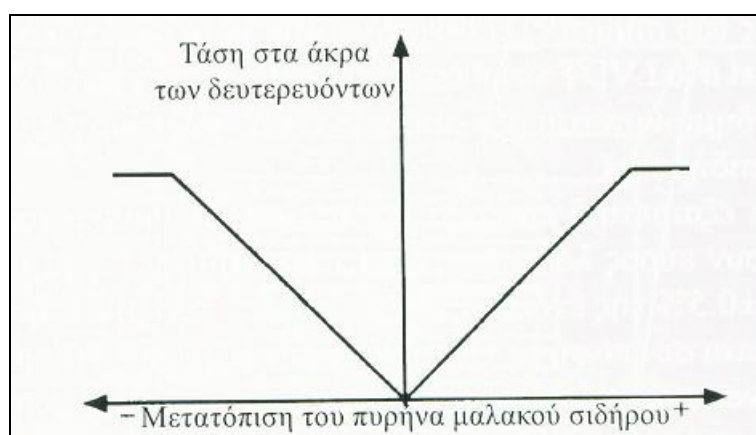
Σχήμα 2

Οι δευτερεύουσες τάσεις V_{o1} και V_{o2} είναι σε φάση η μία με την άλλη και έχουν το ίδιο πλάτος. Αν τα δύο δευτερεύοντα πηνία συνδεθούν όπως εικονίζεται στο Σχήμα 3, τα δύο παραγόμενα σήματα θα αλληλοαναιρεθούν.



Σχήμα 3 Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής

Αν κινηθεί ο πυρήνας μαλακού σιδήρου προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση, η σύζευξη του πρωτεύοντος πηνίου με το ένα δευτερεύον θα αυξηθεί ενώ αυτή με το δεύτερο δευτερεύον θα μειωθεί. Με όμοιο τρόπο, εάν ο πυρήνας κινηθεί κατά την αντίθετη κατεύθυνση, το φαινόμενο θα αντιστραφεί. Το Σχήμα 4 δείχνει το σχετικό πλάτος της συνδυασμένης εξόδου από τα δευτερεύοντα πηνία ως προς τη μετατόπιση προς τις δύο κατευθύνσεις.



Σχήμα 4 Τάση εξόδου στα άκρα των δευτερευόντων πηνίων ενός LVDT ως προς τη μετατόπιση.

Όταν δεν υπάρχει μετατόπιση, η συνολική τάση στα δευτερεύοντα είναι μηδέν. Αυτή η τάση αυξάνεται με την μετατόπιση προς οποιαδήποτε διεύθυνση. Τελικά η σύζευξη με το ένα δευτερεύον μειώνεται στο μηδέν, ενώ με το άλλο γίνεται μέγιστη, οπότε περαιτέρω μετατόπιση δεν οδηγεί σε αύξηση της τάσης στα άκρα των δευτερευόντων. Έχουμε τότε το φαινόμενο του *κόρου* (*saturation*). Αυτό περιορίζει το πρακτικό εύρος λειτουργίας του LVDT (Σχήμα 4).

Τα LVDT είναι εξαιρετικά ευαίσθητα και παρέχουν διακριτική ικανότητα έως 0.05 mm. Διαθέτουν εύρος λειτουργίας από περίπου ± 0.1 mm έως ± 300 mm. Η ακρίβεια είναι το $\pm 0.5\%$ της ένδειξης της κλίμακας, επειδή ο πυρήνας μαλακού σιδήρου δεν ευρίσκεται σε επαφή με τα πηνία και υπάρχει πολύ μικρή τριβή και μηχανική φθορά. Αν είναι αναγκαίο, μπορεί η κατασκευή να αντιμετωπίζει δονήσεις και κρούσεις. Από τα παραπάνω είναι επόμενο ότι τα LVDT έχουν πλατιά χρήση σε διάφορες εφαρμογές. Αυτές εκτείνονται από τα εργαλεία μηχανουργείου έως τη ρομποτική και τα ψηφιακά συστήματα τοποθέτησης. Τα LVDT χρησιμοποιούνται συχνά και σε συστήματα μέτρησης δύναμης, πίεσης και επιτάχυνσης.

Περιγραφή λειτουργίας της διάταξης LVDT

Η κατασκευή αποτελείται από δύο μέρη. Τον **Γραμμικό Μεταβλητό Διαφορικό Μετασχηματιστή (LVDT)** και την **Συσκευή Ανορθωτικής Διάταξης** του σήματος εξόδου του LVDT.

α) Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μετασχηματιστής (LVDT)

Όπως όλα τα LVDT έτσι και το συγκεκριμένο αποτελείται από τρία ομοαξονικά τυλίγματα (το μεσαίο πρωτεύον τυλίγμα και τα ακριανά δευτερεύοντα), τον κυλινδρικό άξονα περιέλιξης των τυλιγμάτων, τον μαγνητικό πυρήνα και τέλος τους ακροδέκτες τροφοδοσίας εναλλασσόμενης τάσης και εξόδου (Εικόνα 1).



Εικόνα 1 Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής (LVDT)

Πίνακας 1.

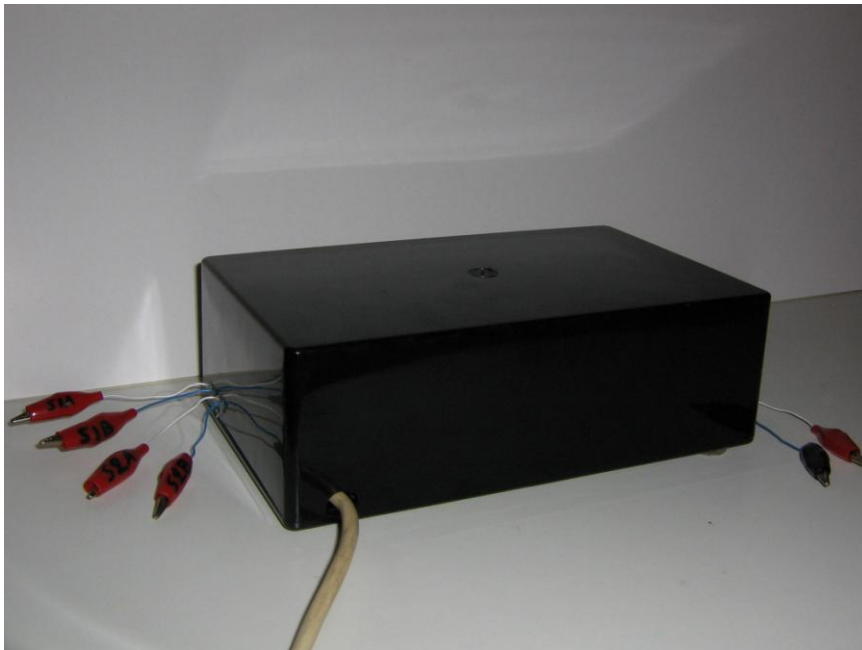
Ενδείξεις Ακροδεκτών	Επεξήγηση
PS (κόκκινο) - G (μαύρο)	Ακροδέκτες τροφοδοσίας πρωτεύοντος τυλίγματος.
S1A(κόκκινο) - S1B(μαύρο)	Ακροδέκτες εξόδου του αριστερού δευτερεύοντος τυλίγματος.
S2A(κόκκινο) - S2B(μαύρο)	Ακροδέκτες εξόδου του δεξιού δευτερεύοντος τυλίγματος.

Πίνακας 2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά - Ρυθμίσεις

Τάση τροφοδοσίας πρωτεύοντος τυλίγματος	8,8Vp-p
Συχνότητα τάσης τροφοδοσίας πρωτεύοντος τυλίγματος	14KHz
Προτεινόμενη κλίμακα περιόδου στον παλμογράφο	10us/Div
Προτεινόμενη κλίμακα Volts/Div στον παλμογράφο	(0,1-0,2)V/Div

β) Συσσκευή Ανορθωτικής Διάταξης

Στην έξοδο του Γραμμικού Μεταβλητού Διαφορικού Μετασχηματιστή είναι δυνατόν να παρεμβάλουμε κατάλληλες ανορθωτικές διατάξεις έτσι ώστε να μετατρέψουμε την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή, αν αυτό είναι επιθυμητό στην εφαρμογή μας. Στην παρακάτω Εικόνα 2 παρουσιάζεται η Συσσκευή Ανορθωτικής Διάταξης.



Εικόνα 2 Συσσκευή ανορθωτικής διάταξης

Η ανόρθωση του σήματος εξόδου του Γραμμικού Μεταβλητού Διαφορικού Μετασχηματιστή (LVDT) μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

Στο εμπόριο κυκλοφορεί μια πληθώρα από διαφορετικές ανορθωτικές διατάξεις για LVDT που η κάθε μια ξεχωριστά είναι κατασκευασμένη με διαφορετικό τύπο και φιλοσοφία κυκλώματος (ολοκληρωμένα κυκλώματα ανόρθωσης σήματος LVDT, απλά κυκλώματα με διόδους, κυκλώματα συνδυασμού διόδων και τελεστικών ενισχυτών, ψηφιακά κυκλώματα ανόρθωσης με μικροεπεξεργαστή κ.τ.λ.). Όλα αυτά φυσικά διαφέρουν μεταξύ τους σε ακρίβεια, ποιότητα και κόστος.

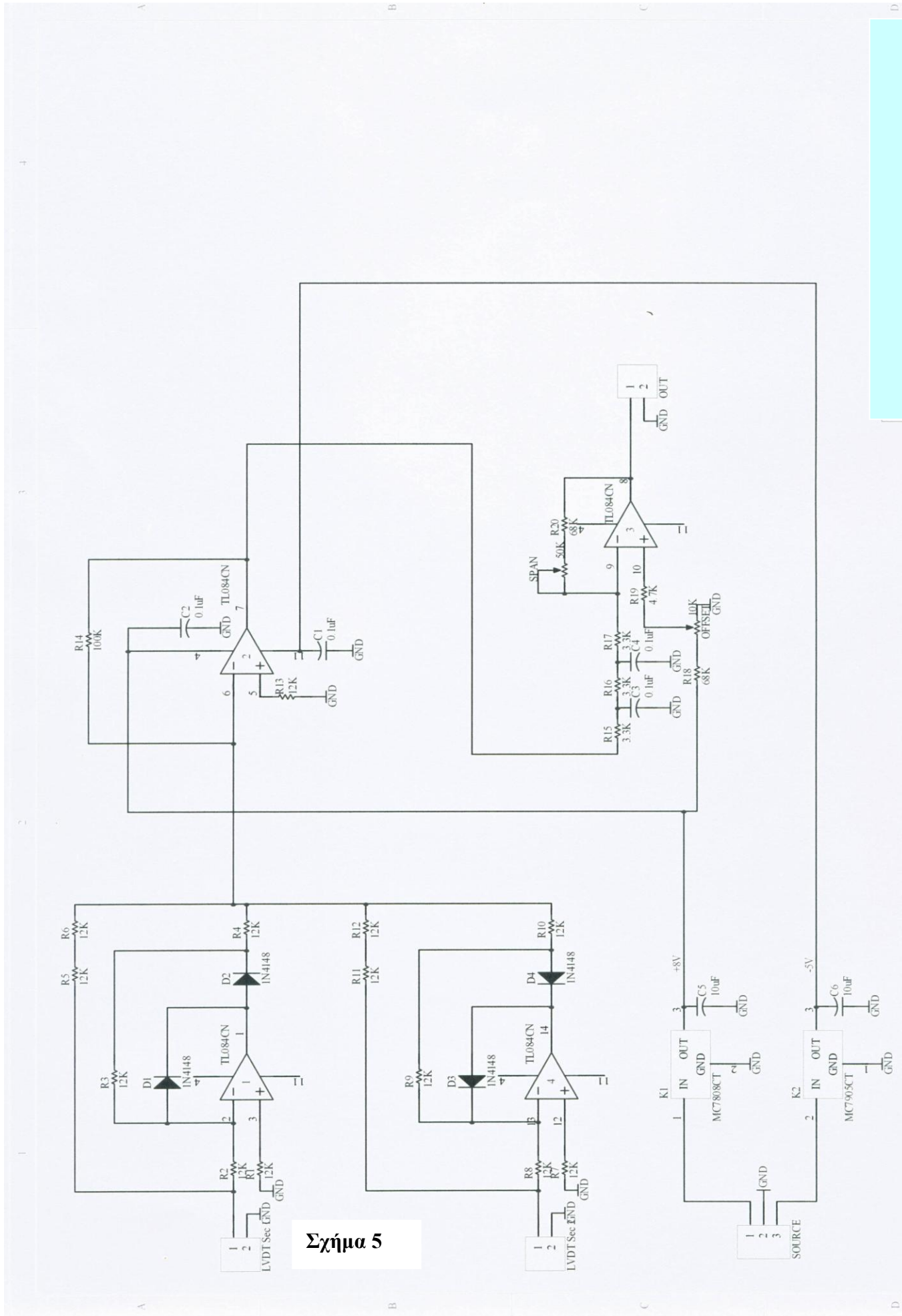
Από τις παραπάνω συσκευές ανόρθωσης, η συσκευή με κύκλωμα συνδυασμού διόδων και τελεστικών ενισχυτών είναι μια συσκευή με καλή ακρίβεια και ποιότητα σήματος εξόδου με σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής και αντοχή στο χρόνο. Με τέτοιο τύπο κυκλώματος έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί η συσκευή ανόρθωσης.

Κυκλωματική Ανάλυση Ανορθωτικής Διάταξης

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα της Συσκευής Ανορθωτικής Διάταξης. Πρόκειται για ένα αξιόπιστο κύκλωμα βασισμένο στην λειτουργία των τελεστικών ενισχυτών.

Το κύκλωμα αυτό τροφοδοτείται από τάση δικτύου (220 Volts) η οποία μειώνεται μέσω ενός μετασχηματιστή των 2x12 Volts. Η μειωμένη αυτή εναλλασσόμενη τάση ανορθώνεται μέσω μιας γέφυρας ανόρθωσης και χωρίζεται μέσω ενός πυκνωτή σε θετική (+12 Volts), αρνητική (-12 Volts) και ουδέτερη (γείωση). Στη συνέχεια οι τάσεις αυτές περνούν μέσα από δύο ρυθμιστές τάσης (regulators) δίνοντας τις τελικές τιμές τροφοδοσίας του κυκλώματος (+8 Volts, -5 Volts).

Το κύκλωμα λειτουργεί παίρνοντας την απόλυτη τιμή από το κάθε δευτερεύον τύλιγμα του Γραμμικού Μεταβλητού Διαφορικού Μετασχηματιστή ξεχωριστά. Αυτό γίνεται με έναν συνδυασμό διόδων και τελεστικών ενισχυτών TL084 που χρησιμοποιεί τους τελεστικούς ενισχυτές για να ελαχιστοποιήσει την γρήγορη πτώση της τάσης στις διόδους. Οι δύο απόλυτες τιμές των σημάτων από τα δευτερεύοντα τυλίγματα του LVDT συνδυάζονται μεταξύ τους. Παρατηρούμε ότι οι διόδοι μεταξύ στα δύο κυκλώματα που παίρνουν τα σήματα από τα δευτερεύοντα τυλίγματα του LVDT είναι τοποθετημένες στο ένα προς τα δεξιά και στο άλλο προς τα αριστερά. Το ένα κύκλωμα (με τις διόδους προς τα δεξιά) παίρνει την απόλυτη τιμή του σήματος από το πρώτο δευτερεύον τυλίγμα του LVDT και το άλλο κύκλωμα (με τις διόδους προς τα αριστερά) παίρνει την αρνητική απόλυτη τιμή του σήματος από το δεύτερο δευτερεύον τυλίγμα του LVDT. Όταν αυτά τα δύο σήματα συνδυαστούν τότε το ένα έχει την τάση να εξουδετερώνει το άλλο, έτσι έχουμε σαν αποτέλεσμα να υπερισχύει τότε το ένα και τότε το άλλο ανάλογα με την ένταση του σήματος ξεχωριστά σε κάθε δευτερεύον τυλίγμα του LVDT, δηλαδή ανάλογα με την θέση του μαγνητικού πυρήνα του LVDT.



Σχήμα 5

Ο πάνω δεξιά τελεστικός ενισχυτής του κυκλώματος (Σχήμα 5) ενισχύει το αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμένου σήματος και του δίνει ένα μικρό ποσοστό κέρδους (Gain). Το τελικό και ενισχυμένο σήμα περνάει μέσα από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο (από 3,3K αντιστάσεις και 0,1μF πυκνωτές) πριν περάσει από τον τελικό τελεστικό ενισχυτή για να την ενίσχυση και την περαιτέρω ρύθμιση του σήματος εξόδου του κυκλώματος. Το ποτενσιόμετρο SPAN μας παρέχει τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε το ποσοστό του κέρδους που θέλουμε να έχουμε στην έξοδο και το ποτενσιόμετρο OFFSET μας παρέχει τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε το σήμα εξόδου έτσι ώστε να είναι μηδέν όταν ο μαγνητικός πυρήνας του LVDT βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο. Στις εισόδους και στην έξοδο του κυκλώματος έχουν τοποθετηθεί ακροδέκτες με τις ενδείξεις που αναφέρονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3.

Ενδείξεις Ακροδεκτών	Επεξήγηση
S1A (κόκκινο) - S1B (μαύρο)	Ακροδέκτες εισόδου του αριστερού δευτερεύοντος τυλίγματος του LVDT.
S2A (κόκκινο) – S2B (μαύρο)	Ακροδέκτες εισόδου του δεξιού δευτερεύοντος τυλίγματος του LVDT.
DC (κόκκινο) – G (μαύρο)	Ακροδέκτες εξόδου DC (συνεχές) σήματος.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά - Ρυθμίσεις

Τάση τροφοδοσίας	220 VAC (τάση δικτύου)
Τάση εξόδου (μαγνητικός πυρήνας στο κέντρο – καμία μετατόπιση)	0 VDC
Τάση εξόδου (μαγνητικός πυρήνας στα άκρα - μετατόπιση 3,5 εκατοστά από το κέντρο)	±0,3 VDC
Προτεινόμενη κλίμακα περιόδου στον παλμογράφο	10us/Div
Προτεινόμενη κλίμακα Volts/Div στον παλμογράφο	(0,1-0,2)V/Div

Εργαστηριακές δραστηριότητες

- Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία της διάταξης του LVDT με βάση τους Πίνακες 1, 2 και 3.



- Τοποθετείστε τον σιδηρομαγνητικό πυρήνα στο άκρο του εσωτερικού του συστήματος των πηνίων (πρωτεύοντος – δευτερευόντων). Στη συνέχεια τοποθετείστε το μικρόμετρο σε επαφή με το μεταλλικό άκρο του σιδηρομαγνητικού πυρήνα.



- Στην προηγούμενη θέση, σημειώστε την ένδειξη του σήματος εξόδου του LVDT στον παλμογράφο. Η ένδειξη αυτή θα αποτελεί το σημείο αναφοράς της τάσης εξόδου V_o . Να επαναλάβετε τις προηγούμενες μετρήσεις και να συμπληρώσετε τον παρακάτω Πίνακα I.

Πίνακας I.

x (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_o (V)									

- Να χρησιμοποιήσετε το πρόγραμμα **Origin** και να σχεδιάσετε τη γραφική παράσταση της τάση εξόδου U_o ως συνάρτηση της μετατόπισης x , με βάση τις μετρήσεις του **Πίνακα I**.
- Πόσες γραμμικές περιοχές διακρίνετε στο διάγραμμα U_o ως συνάρτηση της μετατόπισης x :
- Επιλέγοντας **Analysis > Fit Linear** πραγματοποιήστε τη καλύτερη γραμμική προσέγγιση της γραφικής παράστασης $U_o=U_o(x)$, στις αντίστοιχες γραμμικές περιοχές.
- Γράψτε τις εξισώσεις της καλύτερης γραμμικής προσέγγισης, οι οποίες αποτελούν και τις χαρακτηριστικές εξισώσεις του αισθητήρα μετατόπισης LVDT, στις αντίστοιχες γραμμικές περιοχές :

.....
 (1)

- Να γράψετε τις παραπάνω εξισώσεις (1) πάνω στη γραφική παράσταση του Origin, στη συνέχεια να σώσετε το γράφημα και να το εκτυπώσετε.
- Στη συνέχεια, από την επιλογή **Analysis > Fit Polynomial** πραγματοποιείστε την καλύτερη πολυωνυμική προσαρμογή μικρότερης τάξης στα δεδομένα του διαγράμματος $U_o=U_o(x)$. (δοκιμάστε πρώτα 2^{ns} τάξης πολυώνυμο, στη συνέχεια 3^{ns} τάξης, μετά 4^{ns} τάξης κλπ)
- Γράψτε την εξίσωση της καλύτερης πολυωνυμικής προσέγγισης, η οποία αποτελεί και την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα μετατόπισης LVDT σε ολόκληρη την περιοχή λειτουργίας του:

..... (2)

- Να γράψετε την παραπάνω εξίσωση (2) πάνω στη γραφική παράσταση του Origin, στη συνέχεια να σώσετε το γράφημα και να το εκτυπώσετε.

- Πότε θεωρείτε ότι η διαδικασία της βαθμονόμησης είναι πιο εύκολη και γρήγορη, όταν η χαρακτηριστική δίνεται από εξίσωση της μορφής (1) ή (2) και γιατί:

.....
.....
.....

- Τι παρατηρείτε σχετικά με τη διακριτική ικανότητα του Γραμμικού Ποτενσιομέτρου και του LVDT:

.....
.....
.....

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ – ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΟΣ

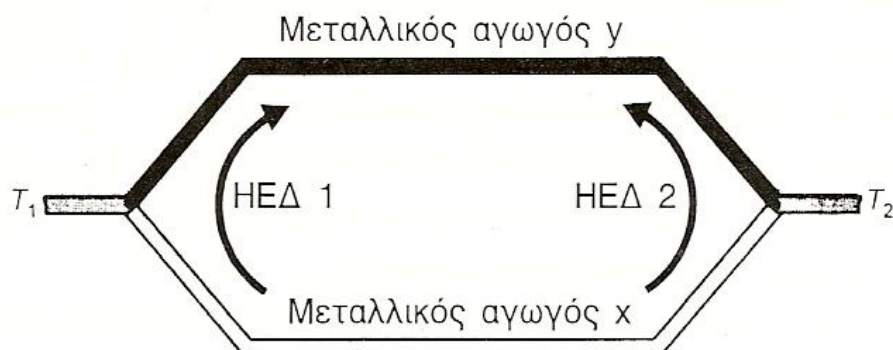
Εισαγωγή

Κάτω από ορισμένες συνθήκες η θερμική ενέργεια και η ηλεκτρική ενέργεια μπορούν να μετατραπούν η μια στην άλλη. Όταν δύο διαφορετικά μέταλλα σχηματίζουν βρόχο και τα δύο σημεία σύνδεσης βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες, τότε στο κλειστό κύκλωμα δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα που η τιμή του είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας των δύο επαφών (σχήμα 1). Το ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται στη δημιουργία διαφορετικών ΗΕΔ, αντίθετης πολικότητας, στις δύο επαφές (σχήμα 1). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται θερμοηλεκτρικό φαινόμενο ή φαινόμενο **Seebeck**. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο γιατί επιτρέπει τη χρήση του θερμοηλεκτρισμού για τη μέτρηση της θερμοκρασίας.

Όταν οι δύο επαφές βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία τότε η συνολική ΗΕΔ είναι μηδέν (Σχήμα 1). Αν η θερμοκρασία μιας επαφής αρχίζει να μεταβάλλεται, ενώ της άλλης όχι, τότε θα δημιουργηθεί μια συνολική ΗΕΔ που θα μεταβάλλεται ανάλογα με τη διαφορά θερμοκρασίας των δύο επαφών (σχήμα 1). Αυτή είναι η αρχή λειτουργίας του θερμοζεύγους.

Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των αγωγών των θερμοζευγών είναι συνήθως λευκόχρυσος, χαλκός, σίδηρος, κράματα νικελίου και χρωμίου, κράματα αλουμινίου και νικελίου, και κράματα νικελίου και χαλκού.

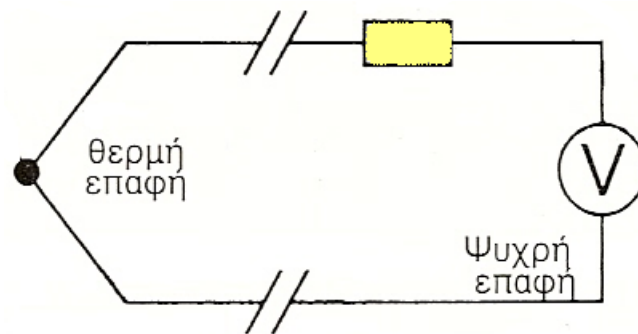
Τα θερμοζεύγη έχουν μικρό μέγεθος, ακαριαία απόκριση, μεγάλο εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας, και είναι απλά στην κατασκευή τους. Παρουσιάζουν όμως χαμηλή τάση εξόδου και γενικά δεν έχουν καλή γραμμικότητα σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Χρησιμοποιούνται για μετρήσεις θερμοκρασίας στη βιομηχανία (φούρνους, κλιβάνους, υγρά μέταλλα κλπ.), σε πυρηνικούς αντιδραστήρες, σε ιατρικές εφαρμογές και σε ερευνητικά εργαστήρια.



Σχήμα 1.

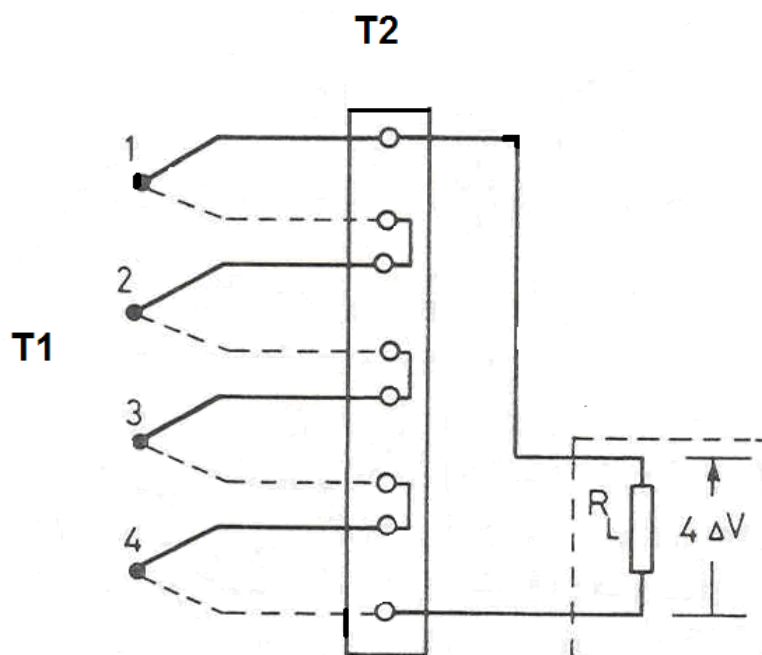
Αρχή λειτουργίας

Το θερμοζεύγος (thermocouple) αποτελείται από δύο διαφορετικά σύρματα μεταλλικών αγωγών, όπου τα δύο από τα άκρα τους βρίσκονται σε επαφή. Στα υπόλοιπα δύο άκρα τους εμφανίζεται μια τάση που είναι ανάλογη της θερμοκρασίας της επαφής των δύο μετάλλων. Συνήθως στην πράξη, για μετρήσεις θερμοκρασίας χρησιμοποιείται ένα μόνο θερμοζεύγος και ένας μετρητής τάσης (Σχήμα 2). Στην περίπτωση αυτή, για τη λήψη μετρήσεων ακριβείας, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η δημιουργία παρασιτικών θερμοηλεκτρικών τάσεων στα σημεία επαφής ανόμοιων μετάλλων, και η εξάρτησή τους από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Σχήμα 2.

Τα θερμοζεύγη χρησιμοποιούνται συχνά σε ομάδες για να αυξάνεται η ευαισθησία τους (αύξηση τάσης εξόδου). Οι ομάδες αυτές λέγονται θερμοστήλες (thermopiles). Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται μια διάταξη θερμικής στήλης τεσσάρων όμοιων θερμοζευγών που συνδέονται σε σειρά. Η έξοδος είναι τετραπλάσια εκείνης ενός απλού θερμοζεύγους.

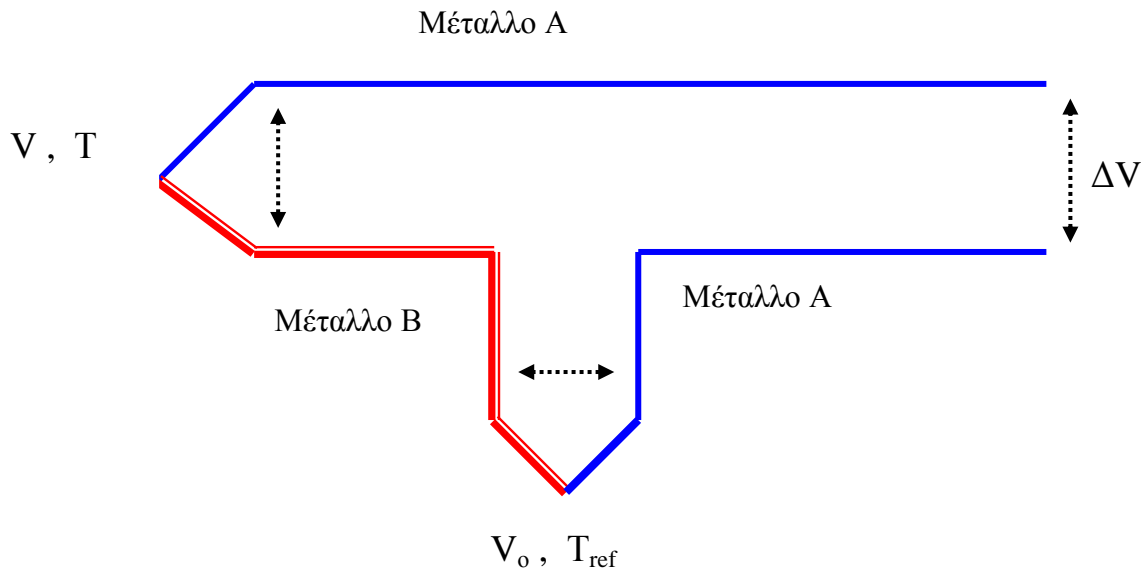


Σχήμα 3.

Στη διάταξη μεταλλικών αγωγών του Σχήματος 4, συνδυάζονται δύο όμοια θερμοζεύγη με τις επαφές τους σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία αναφοράς T_{ref} μπορεί να είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος ή κάποια άλλη συγκεκριμένη θερμοκρασία (π.χ. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε περιβάλλον που συνυπάρχει πάγος με νερό). Η θερμοκρασία T είναι αυτή που θέλουμε να μετρηθεί. Η τάση που αναπτύσσεται στην επαφή θερμοκρασίας T είναι $V=C.T$, ενώ η τάση που αναπτύσσεται στην επαφή θερμοκρασίας T_{ref} είναι $V_o=C.T_{ref}$, όπου C η σταθερά του θερμοζεύγους των μετάλλων A και B. Η τάση που θα αναπτύσσεται στα δύο ελεύθερα άκρα του μετάλλου A θα είναι λοιπόν

$$\Delta V = C.(T - T_{ref}) \quad (1)$$

Η τάση ΔV μετριέται με τη βοήθεια μικροβολτομέτρου. Η θερμοκρασία στη σχέση 1 μετριέται σε βαθμούς Kelvin (K) ή σε βαθμούς Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Αν ως θερμοκρασία αναφοράς ληφθεί $T_{ref} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, τότε η σχέση 1 γράφεται $\Delta V = C.T$. Στην πράξη η θερμοκρασία αναφοράς T_{ref} αντικαθίσταται από την αντίστοιχη τάση αναφοράς V_o .

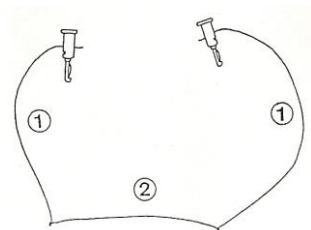


Σχήμα 4.

Εργαστηριακές δραστηριότητες

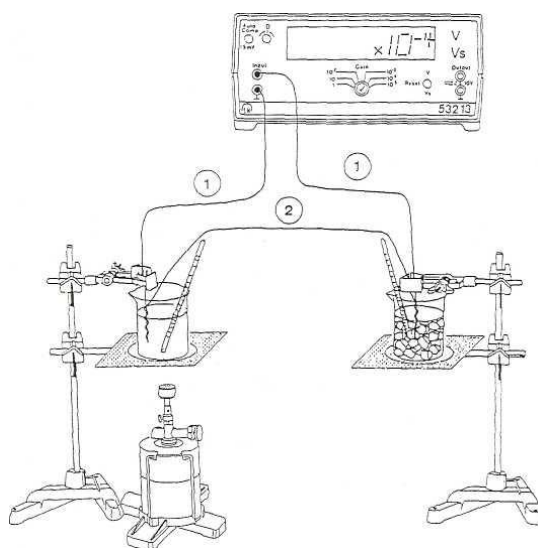
A. Μέτρηση ευαισθησίας θερμοζεύγους

- Γεμίστε ένα δοχείο με νερό και ένα άλλο με παγάκια.
- Τοποθετήστε τα 2 σημεία επαφής του θερμοζεύγους χαλκού – κωνσταντάνης (Σχήμα 1) μέσα στα δύο δοχεία, όπως φαίνεται στη διάταξη του Σχήματος 2.



Σχήμα 1. Θερμοζεύγος : (1) κωνσταντάνη, (2) χαλκός

- Στη συνέχεια τοποθετήστε τους δύο ακροδέκτες του θερμοζεύγους στις θέσεις εισόδου του μικροβολτόμέτρου όπως φαίνεται στη διάταξη του Σχήματος 2.
- Αρχίστε να θερμαίνετε το δοχείο με το νερό στο οποίο έχετε τοποθετήσει ένα θερμόμετρο, όπως φαίνεται στη διάταξη του Σχήματος 2, και αμέσως θέστε σε λειτουργία το μικροβολτόμετρο.



Σχήμα 2. Διάταξη μέτρησης σταθεράς θερμοζεύγους χαλκού – κωνσταντάνης.

- Όταν η ένδειξη του ψηφιακού θερμομέτρου πλησιάζει τους 30 °C ετοιμαστείτε να καταγράψετε τις ενδείξεις θερμοκρασίας **T** και τις αντίστοιχες ενδείξεις τάσης U_0 του μικροβολτομέτρου. Να πάρετε μετρήσεις στην περιοχή θερμοκρασιών 30 - 80 °C ανά 5 °C, και να συμπληρώσετε τον Πίνακα I.

Πίνακας I

T (°C)											
$U_0(V)$											

- Μόλις η θερμοκρασία φτάσει τους 80 °C, καταγράψτε την τελευταία μέτρηση θερμοκρασίας και τάσης, και στη συνέχεια διακόψτε τη θέρμανση του δοχείου με το νερό και τη λειτουργία του μικροβολτομέτρου.
- Με βάση τον Πίνακα I να κατασκευάσετε, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα **Origin** του H/Y, την γραφική παράσταση της τάσης U_0 ως συνάρτηση της διαφοράς θερμοκρασίας **T**. Στο άξονα y να είναι η τάση U_0 και στον άξονα x να είναι η θερμοκρασίας **T**.
- Στην γραφική παράσταση U_0 -**T** να πραγματοποιήσετε την προσαρμογή της καλύτερης ευθείας (**linear fit**) στα πειραματικά σας δεδομένα.
- Από τα αποτελέσματα της προσαρμογής της καλύτερης ευθείας, γράψτε τη σχέση που συνδέει τα μεγέθη U_0 και **T**:

$$U_0 = \dots\dots\dots (1)$$

- Με βάση την προηγούμενη σχέση, ποια είναι η τιμή της σταθεράς C του θερμοζεύγους χαλκού – κωνσταντάνης ;

$$C = \dots\dots\dots$$

- Η σταθερά C ονομάζεται και ευαισθησία (sensitivity) του θερμοζεύγους χαλκού – κωνσταντάνης. Να συγκρίνεται τη τιμή που βρήκατε με αυτή που αναφέρεται στη βιβλιογραφία για το συγκεκριμένο τύπο-T θερμοζεύγους, $43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Σχολιάστε:

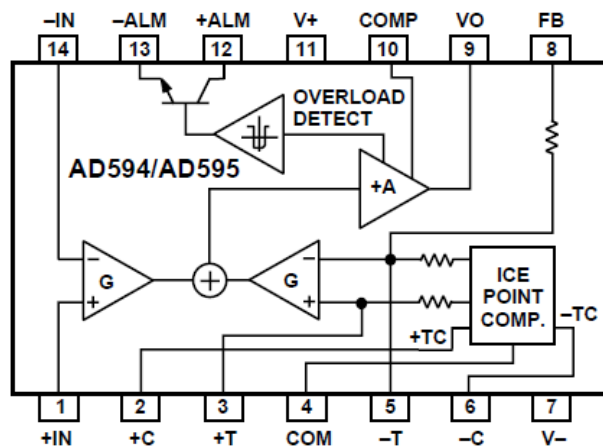
.....
.....

- Με βάση τη σχέση (1), και έχοντας υπόψη ότι το σήμα εξόδου του θερμοζεύγους είναι αιωρούμενο (floating) να υποδείξετε τρόπο απευθείας απεικόνισης της θερμοκρασίας, χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο θερμοζεύγος.

.....
.....
.....
.....
.....

B. Διασύνδεση θερμοζεύγους με ενισχυτή οργάνων μέτρησης

Το AD594/AD595 είναι ένα μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα, που περιέχει έναν ενισχυτή οργάνων μέτρησης με ικανότητα αντιστάθμισης κρύας επαφής θερμοζεύγους τύπου J ή K. Το AD594/AD595 συνδυάζει μια τάση αναφοράς του σημείου πάγου με έναν προ – βαθμονομημένο ενισχυτή για να παράγει ένα υψηλό σήμα εξόδου $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, κατευθείαν από το θερμοζεύγος. Η ευαισθησία ενός θερμοζεύγους τύπου J είναι $51.70 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, ενώ η αντίστοιχη ενός θερμοζεύγους τύπου K είναι $40.44 \text{ mV}/^\circ\text{C}$.



Το AD594/AD595 ενισχύει γραμμικά την τάση του κάθε θερμοζεύγους σύμφωνα με τις παρακάτω σχέσεις

$$AD594 \text{ output} = 193,4(\text{Type J Voltage} + 16 \text{ mV})$$

$$AD595 \text{ output} = 247,3(\text{Type K Voltage} + 11 \text{ mV})$$

- Με βάση τα παραπάνω να βρείτε την ενίσχυση του σήματος για καθένα από τους δύο τύπους θερμοζεύγους, από το AD594/AD595

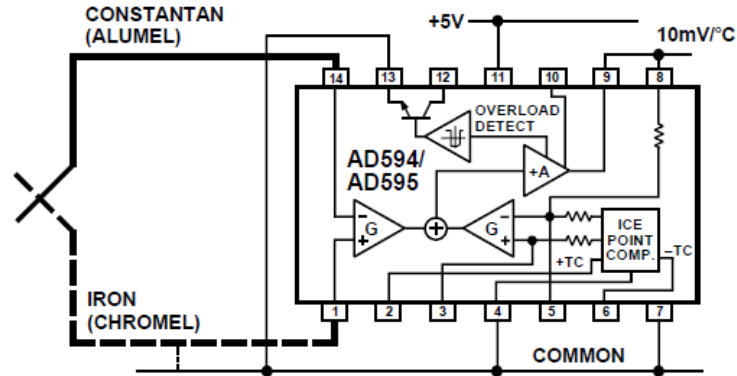
$$A_J = \dots\dots\dots$$

$$A_K = \dots\dots\dots$$

- Να βρείτε τις χαρακτηριστικές εξισώσεις που συνδέουν την τάση εξόδου του AD594/AD595 με την θερμοκρασία θ , όπως αυτή μετράται από κάθε τύπο θερμοζεύγους J ή K, έχοντας υπόψη σας για έλεγχο και τον Πίνακα 1.

$$\theta = \dots\dots\dots AD594 \text{ output} + \dots\dots\dots, \quad \theta = \dots\dots\dots AD595 \text{ output} + \dots\dots\dots$$

- Έχοντας στη διάθεσή σας το θερμοζεύγος τύπου K, πραγματοποιείτε τη συνδεσμολογία του με το AD594/AD595 όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



- Μετρήστε την τάση εξόδου του AD594/AD595 σε πάγο που λειώνει (0 °C) και σε αποσταγμένο νερό που βράζει (100 °C).

$$(AD595 \text{ output})_{\text{πειρ.0}} = \dots\dots\dots, \quad (AD595 \text{ output})_{\text{πειρ.100}} = \dots\dots\dots$$

- Με βάση την χαρακτηριστική εξίσωση που βρήκατε παραπάνω για το θερμοζεύγος τύπου K, υπολογίστε τις αντίστοιχες θερμοκρασίες

$$\theta_{\text{πειρ.0}} = \dots\dots\dots, \quad \theta_{\text{πειρ.100}} = \dots\dots\dots$$

- Σχολιάστε την ακρίβεια των μετρήσεών σας.

.....

Πίνακας 1. *Voltage versus Thermocouple Temperature*

Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV
-200	-7.890	-1523	-5.891	-1454
-180	-7.402	-1428	-5.550	-1370
-160	-6.821	-1316	-5.141	-1269
-140	-6.159	-1188	-4.669	-1152
-120	-5.426	-1046	-4.138	-1021
-100	-4.632	-893	-3.553	-876
-80	-3.785	-729	-2.920	-719
-60	-2.892	-556	-2.243	-552
-40	-1.960	-376	-1.527	-375
-20	-.995	-189	-.777	-189
-10	-.501	-94	-.392	-94
0	0	3.1	0	2.7
10	.507	101	.397	101
20	1.019	200	.798	200
25	1.277	250	1.000	250
30	1.536	300	1.203	300
40	2.058	401	1.611	401
50	2.585	503	2.022	503
60	3.115	606	2.436	605
80	4.186	813	3.266	810
100	5.268	1022	4.095	1015
120	6.359	1233	4.919	1219
140	7.457	1445	5.733	1420
160	8.560	1659	6.539	1620
180	9.667	1873	7.338	1817
200	10.777	2087	8.137	2015
220	11.887	2302	8.938	2213
240	12.998	2517	9.745	2413
260	14.108	2732	10.560	2614
280	15.217	2946	11.381	2817
300	16.325	3160	12.207	3022
320	17.432	3374	13.039	3227
340	18.537	3588	13.874	3434
360	19.640	3801	14.712	3641
380	20.743	4015	15.552	3849
400	21.846	4228	16.395	4057
420	22.949	4441	17.241	4266
440	24.054	4655	18.088	4476
460	25.161	4869	18.938	4686
480	26.272	5084	19.788	4896

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Εισαγωγή

Το νερό υπάρχει στην ατμόσφαιρα και στις τρεις φάσεις του: υδρατμοί (αέρια φάση), σταγόνες (υγρή φάση) και χιόνι (πάγος, στερεά φάση). Το μέγεθος των ενεργειακών ποσών που εκλύονται ή απορροφώνται στις αλλαγές φάσης του νερού είναι ένας από τους κύριους λόγους που το νερό είναι το σημαντικότερο στοιχείο της σύστασης της ατμόσφαιρας έστω κι αν αποτελεί ελάχιστο μέρος της μάζας της (μόνο το 0.3-0.4% της μάζας της τροπόσφαιρας). Το συνολικό νερό που περιέχεται κάθε στιγμή στην ατμόσφαιρα αρκεί για να καλύψει την επιφάνεια της Γης με ένα στρώμα νερού πάχους 2.5 cm περίπου.

Η υγρασία του αέρα (περιεκτικότητα σε υδρατμούς) εκφράζεται με διάφορους τρόπους. Πρέπει να σημειώσουμε πρώτα ότι μία δεδομένη μάζα αέρα μπορεί να περιέχει μέχρι ένα ορισμένο ποσό μάζας υδρατμών το πολύ χωρίς να αρχίζει η επιπρόσθετη μάζα υδρατμών να συμπυκνώνεται σε σταγόνες. Το όριο αυτό εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση του αέρα (αυξάνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία ή μειώνεται η πίεση του αέρα) ονομάζεται **σημείο κόρου** και το φαινόμενο **κορεσμός**.

Η πιο συνηθισμένη έκφραση για την υγρασία του αέρα είναι η **σχετική υγρασία** (Relative Humidity, RH). Η **σχετική υγρασία** είναι ο λόγος επί τοις εκατό (%) της μάζας των υδρατμών που περιέχεται σε ένα δεδομένο όγκο αέρα προς τη μάζα που θα έπρεπε να περιείχε ο ίδιος όγκος αέρα για να ήταν κορεσμένος από υδρατμούς.

Η μέτρηση της σχετικής υγρασίας του αέρα επιτυγχάνεται με κάποιες ειδικές συσκευές οι οποίες ονομάζονται αισθητήρες σχετικής υγρασίας. Οι συσκευές αυτές έχουν σαν βασικό στοιχείο του κυκλώματός τους μια μεταβλητή αντίσταση που μεταβάλλει την ωμική της τιμή ανάλογα με το ποσοστό της σχετικής υγρασίας του αέρα, ή έναν μεταβλητό πυκνωτή που μεταβάλλει την χωρητικότητά του ανάλογα με τη τιμή της σχετικής υγρασίας του αέρα.

Περιγραφή λειτουργίας

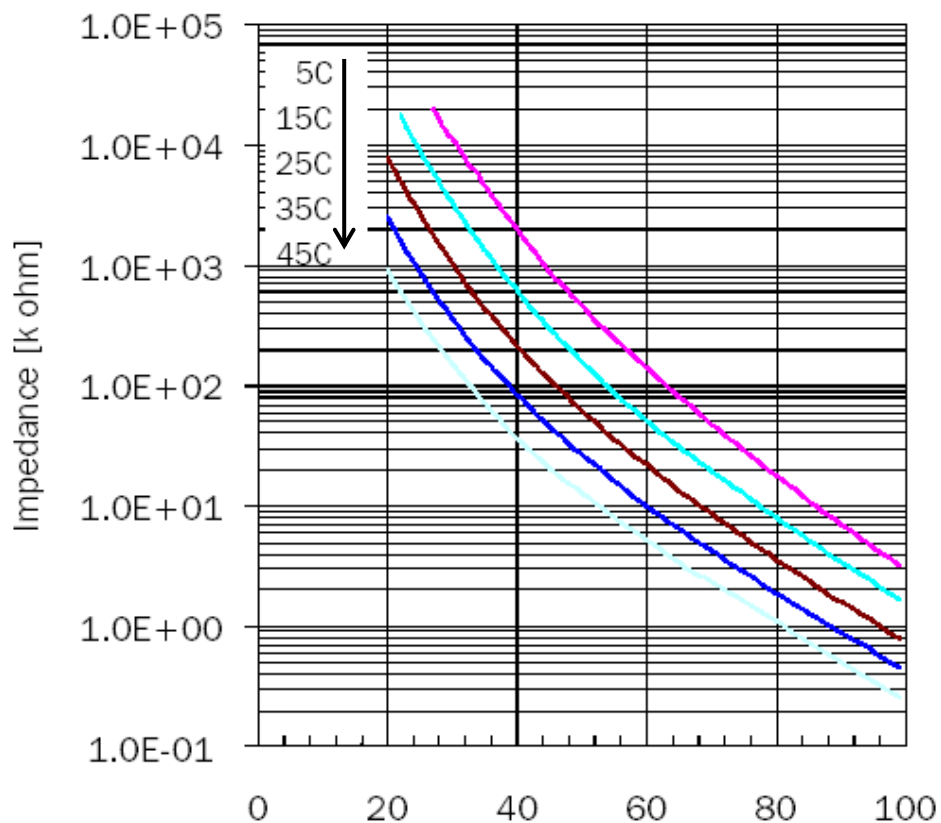
Οι αισθητήρες σχετικής υγρασίας στην πλειοψηφία τους, έχουν σαν βασικό στοιχείο στο κύκλωμα τους μεταβλητές αντιστάσεις, λόγω της μεγαλύτερης ακρίβειας και αντοχή τους στο χρόνο, σε σχέση με τους μεταβλητούς πυκνωτές υγρασίας. Ο αισθητήρας σχετικής υγρασίας στη συγκεκριμένη διάταξη (Εικόνα 1), έχει σαν βασικό στοιχείο μια μεταβλητή αντίσταση υγρασίας HS15P.



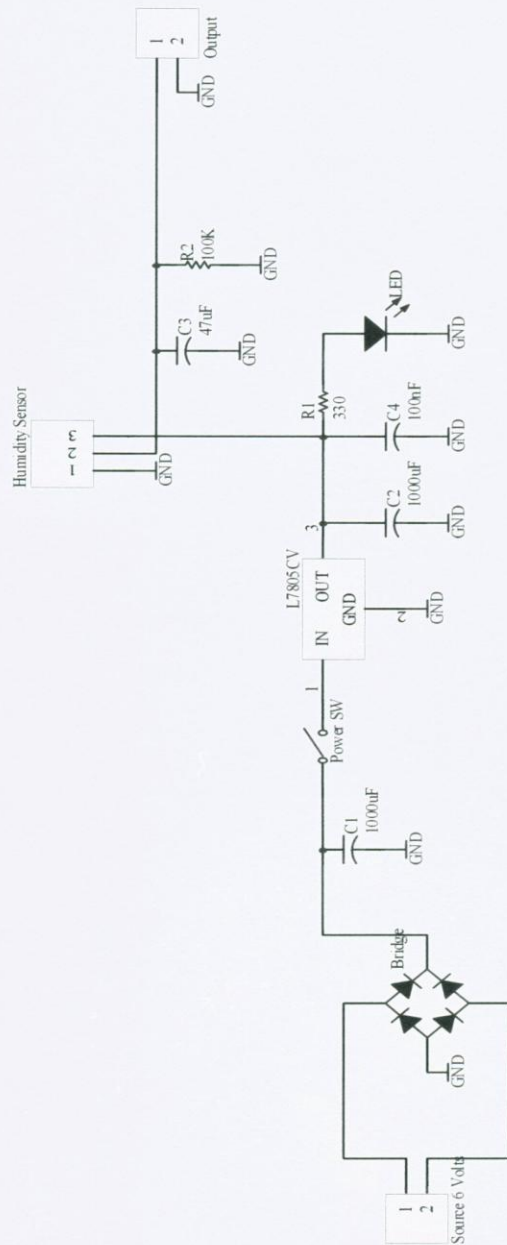
Εικόνα 1 Αισθητήρας σχετικής υγρασίας

α) Κυκλωματική ανάλυση αισθητήρα σχετικής υγρασίας

Η μεταβλητή αντίσταση υγρασίας της διάταξης, μέσα σε ένα οποιοδήποτε κύκλωμα, συμπεριφέρεται σαν μια κοινή ωμική συμβατική αντίσταση με τη διαφορά ότι αλλάζει την ωμική της τιμή ανάλογα με το ποσοστό της υγρασίας του αέρα. Στο Σχήμα 1 δίνονται οι χαρακτηριστικές της ωμικής μεταβολής της μεταβλητής αντίστασης υγρασίας σε συνάρτηση με το ποσοστό της σχετικής υγρασίας του αέρα, για διαφορετικές θερμοκρασίες.



Σχήμα 1 Χαρακτηριστικές ωμικής μεταβολής της αντίστασης υγρασίας.



Σχήμα 2 Κύκλωμα του Αισθητήρα Σχετικής Υγρασίας

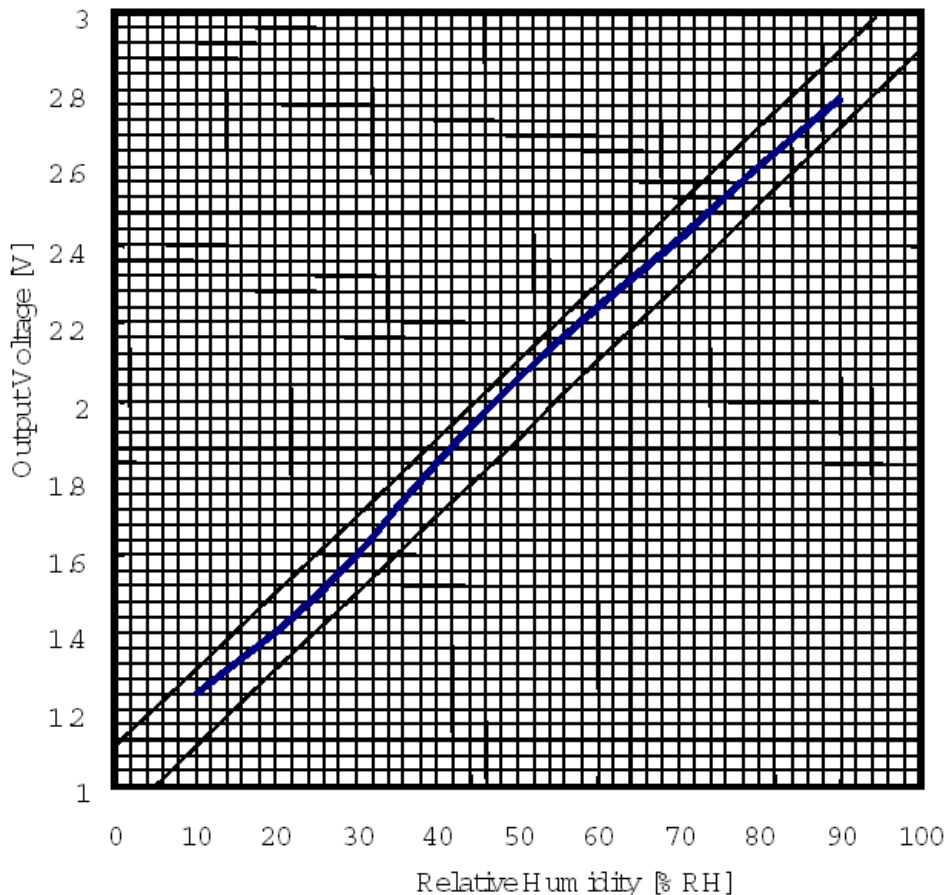
Η μεταβλητή αντίσταση υγρασίας, είναι τοποθετημένη πάνω σε ένα μικρό υποκύκλωμα διαιρέτη τάσης κατάλληλα διαμορφωμένο για έξοδο 0-3 VDC.

Το κύκλωμα (Σχήμα 2) τροφοδοτείται με 220 VAC (τάση δικτύου). Η τάση αυτή περνάει μέσα από έναν μετασχηματιστή (220-6)Volts και έπειτα ανορθώνεται μέσω μιας γέφυρας ανόρθωσης. Η ανορθωμένη αυτή τάση περνάει από έναν πυκνωτή C1 της τάξεως των 1000uF για την ομαλοποίησή της. Σε αυτό το σημείο έχει τοποθετηθεί ένας μονοπολικός διακόπτης (SWITCH ON-OFF) για να ανοίγουμε και να κλείνουμε τη συσκευή.

Επειδή θέλουμε η ανορθωμένη αυτή τάση να είναι ακριβώς 6 VDC, μετά τον πυκνωτή έχει τοποθετηθεί ένας ρυθμιστής τάσης (7805 Voltage Regulator) για να έχουμε στην έξοδο του την τιμή αυτή. Μετά τον ρυθμιστή τάσης τοποθετήθηκε άλλος ένας πυκνωτής C2 της τάξεως των 1000uF για μια τελευταία ομαλοποίηση της τάσης στην έξοδο του 7805.

Έτσι λοιπόν η τάση τροφοδοσίας είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για να τροφοδοτήσουμε το υποκύκλωμα της μεταβλητής αντίστασης υγρασίας (HU1015NA) που αναφέρθηκε παραπάνω. Το κόκκινο LED τοποθετήθηκε για την ένδειξη ON της συσκευής. Στην έξοδο του κυκλώματος τοποθετήθηκαν δύο ακροδέκτες χρώματος κόκκινο (+) και μαύρο (-) για τη δυνατότητα σύνδεσης της συσκευής με βολτόμετρο.

Στο Σχήμα 3 βλέπουμε τη χαρακτηριστική της τάσης εξόδου της συσκευής σε συνάρτηση με το ποσοστό της σχετικής υγρασίας του αέρα στους 25°C.



Σχήμα 3 Χαρακτηριστική τάσης εξόδου – σχετικής υγρασίας στους 25°C.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

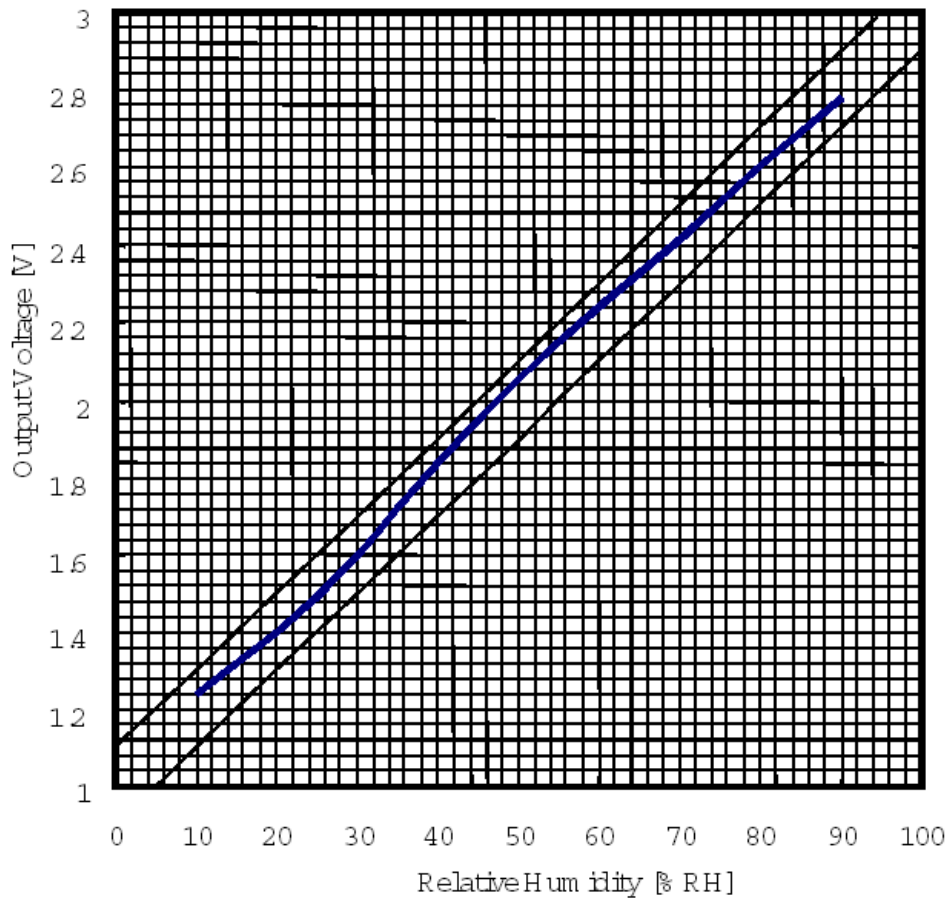
Τάση εισόδου	220 VAC (Τάση δικτύου)
Τάση εξόδου	(0 - 3)VDC
Εύρος μέτρησης υγρασίας	(10 - 90)% RH
Μέγιστη θερμοκρασία καλής λειτουργίας	50 °C

Εργαστηριακές δραστηριότητες

- Συνδέστε τον αισθητήρα σχετικής υγρασίας με την τροφοδοσία και ανοίξτε τον διακόπτη λειτουργίας του.

- Μετρήστε με ένα πολύμετρο την τάση εξόδου $U_o = \dots\dots\dots$

- Με τη βοήθεια του Σχήματος 1 εκτιμήστε την τιμή της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντός σας $RH = \dots\dots\dots\%$



Σχήμα 1.

- Στη συνέχεια τοποθετείστε την αισθητήρια αντίσταση πάνω από ατμούς νερού (διαδικασία ρόφησης, **sorption**), μετρήστε τον χρόνο που χρειάζεται ο αισθητήρας για να σταθεροποιηθεί η τάση εξόδου του, σημειώστε αυτή τη μέγιστη τάση καθώς επίσης και τη τιμή της σχετικής υγρασίας που αυτή αντιστοιχεί:

$t_{\text{sorption}} = \dots\dots\dots$,

$U_o = \dots\dots\dots$,

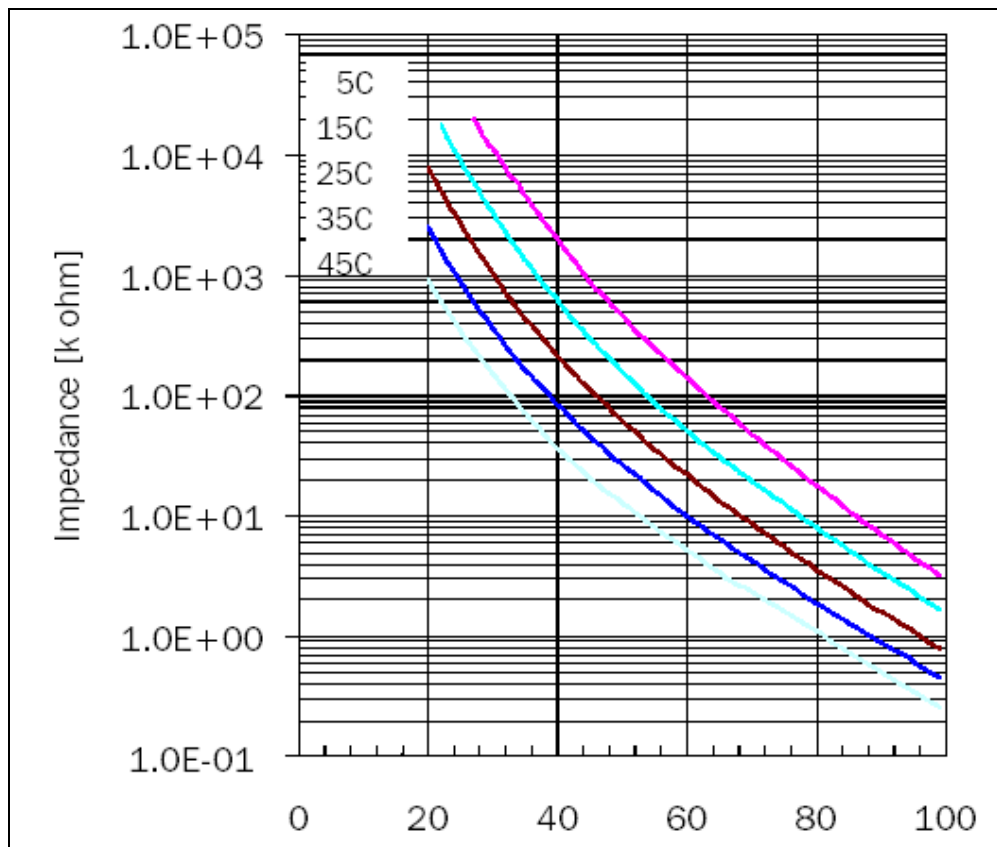
$RH_{\text{max}} = \dots\dots\dots\%$

- Απομακρύνετε στη συνέχεια την αισθητήρια αντίσταση από τους ατμούς νερού (**διαδικασία εκρόφησης, desorption**), και μετρήστε τον χρόνο που χρειάζεται ο αισθητήρας για να σταθεροποιηθεί η τάση εξόδου του, σημειώστε αυτή την ελάχιστη τάση καθώς επίσης και τη τιμή της σχετικής υγρασίας που αυτή αντιστοιχεί

$t_{\text{desorption}} = \dots\dots\dots$, $U_o = \dots\dots\dots$, $RH_{\text{min}} = \dots\dots\dots\%$

- Από τις παραπάνω μετρήσεις και παρατηρήσεις τι συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν για τις διαδικασίες της **ρόφησης** και **εκρόφησης**:

.....



Σχήμα 2.

- Από τις προηγούμενες μετρήσεις και με τη βοήθεια του Σχήματος 2 εκτιμήστε τις τιμές της αντίστασης του αισθητήρα που αντιστοιχούν στη

μέγιστη και ελάχιστη τιμή σχετικής υγρασίας, έχοντας υπόψη ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι περίπου **25 °C**:

R_{max}=..... , **R_{min}**=.....

- Από το Σχήμα 2, θεωρώντας μια συγκεκριμένη τιμή σχετικής υγρασίας (**π.χ. RH=40%**), να σχολιάσετε τις παρατηρήσεις σας που αφορούν στις τιμές της αντίστασης του αισθητήρα σε σχέση με τη θερμοκρασία:

.....

- Με βάση τα προηγούμενα να απαντήσετε στο ερώτημα: Σε ένα περιβάλλον με συγκεκριμένη τιμή σχετικής υγρασίας (**π.χ. RH=40%**) πότε υπάρχει μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών, σε μεγαλύτερη ή σε μικρότερη θερμοκρασία;

.....

- Με τη βοήθεια του προγράμματος **DIGITIZE** ψηφιοποιήστε την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα σχετικής υγρασίας από το Σχήμα 1 και αφού επιλέξετε 15 σημεία συμπληρώστε τον παρακάτω **Πίνακα I**.

Πίνακας I.

U_o(V)															
RH(%)															

- Στη συνέχεια ανοίξτε το πρόγραμμα **Origin** και σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της τάσης εξόδου του αισθητήρα U_o (**άξονας Y**) συναρτήσει της σχετικής υγρασίας RH % (**άξονας X**).

- Πραγματοποιήστε την καλύτερη γραμμική προσέγγιση στην παραπάνω γραφική παράσταση επιλέγοντας **Analysis > Fit Linear**.

- Γράψτε την εξίσωση της καλύτερης ευθείας που αντιστοιχεί στην χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα:

$$U_o = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots * RH \quad (1)$$

- Γράψτε την Εξίσωση (1) πάνω στη γραφική παράσταση που δημιουργήσατε στο Origin, σώστε το γράφημα και εκτυπώστε το.

- Με βάση τη χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα (Σχέση 1) να υποδείξετε τρόπο απεικόνισης των τιμών της σχετικής υγρασίας RH %:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΦΩΤΕΙΝΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

Εισαγωγή

Σε πολλούς τομείς και εφαρμογές είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε και να έχουμε την δυνατότητα να ρυθμίζουμε την ένταση του φωτός για διάφορους σκοπούς. Η ένταση αυτή του φωτός μετράται με τα Lux ή τα FootCandles (ftc). Ένα Lux, είναι η ένταση του φωτός που εκπέμπει ένα κερί σε απόσταση ένα μέτρο και $1 \text{ ftc} \approx 10 \text{ Lux}$. Στον Πίνακα 1 αναφέρονται κάποιες τυπικές στάθμες Lux από διάφορες πηγές φωτισμού.

Πίνακας 1.

Πηγές Φωτός	Ένταση Φωτός (Lux)
Σεληνόφως	0,1
Φως από λαμπτήρα 60W (σε ένα μέτρο απόσταση)	50
Φως από λαμπτήρα 1W (σε ένα εκατοστό απόσταση)	100
Φως από λαμπτήρα φθορίου	500
Έντονο φως ηλίου	30000

Για να μετράμε την ένταση του φωτός χρησιμοποιούμε κάποιες συσκευές που ονομάζονται **Μετρητές Φωτός** (Light Meters) ή αλλιώς **Λουξόμετρα** (Lux Meters). Σε έναν μετρητή φωτός το βασικό στοιχείο του κυκλώματος του είναι μια μεταβλητή φωτοαντίσταση η οποία μεταβάλλει την ωμική της τιμή ανάλογα με την ένταση του φωτός που προσπίπτει πάνω της. Η μεταβλητή αυτή φωτοαντίσταση παίρνει την μέγιστη τιμή της στο απόλυτο σκοτάδι και όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός τόσο μειώνεται η ωμική της αντίσταση.

Εκτός από μία φωτοαντίσταση ένας μετρητής φωτός μπορεί να έχει σαν βασικό στοιχείο του κυκλώματός του μια φωτοδίοδο μεταβλητής εξόδου. Η φωτοδίοδος αυτή αφού τροφοδοτηθεί από συνεχές τάση τότε η τιμή της τάσης που παίρνουμε στην έξοδό της είναι ανάλογη με την ένταση του φωτός που προσπίπτει πάνω της. Στο απόλυτο σκοτάδι έχουμε μηδενική τάση στην έξοδό της και όσο η ένταση του φωτός αυξάνεται τόσο αυξάνεται και η τιμή της τάσης στην έξοδό της.

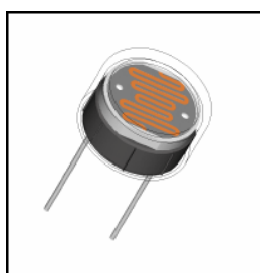
Και στις δύο όμως αυτές περιπτώσεις τα βασικά αυτά στοιχεία είναι τοποθετημένα σε κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα για την αποφυγή των θορύβων, την ενίσχυση των σημάτων και την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στην μέτρηση της έντασης του φωτός.

Περιγραφή λειτουργίας

Η λειτουργία του συγκεκριμένου μετρητή φωτός (Εικόνα 1) βασίζεται σε μία μεταβλητής φωτοαντίστασης καδμίου NORP12-RS (Εικόνα 2). Η μεταβλητή φωτοαντίσταση της κατασκευής μας, όπως και όλες οι φωτοαντιστάσεις, μέσα σε ένα οποιοδήποτε κύκλωμα συμπεριφέρεται σαν μια κοινή ωμική συμβατική αντίσταση με τη διαφορά ότι αλλάζει την ωμική της τιμή ανάλογα με την ένταση του φωτός που προσπίπτει πάνω της.

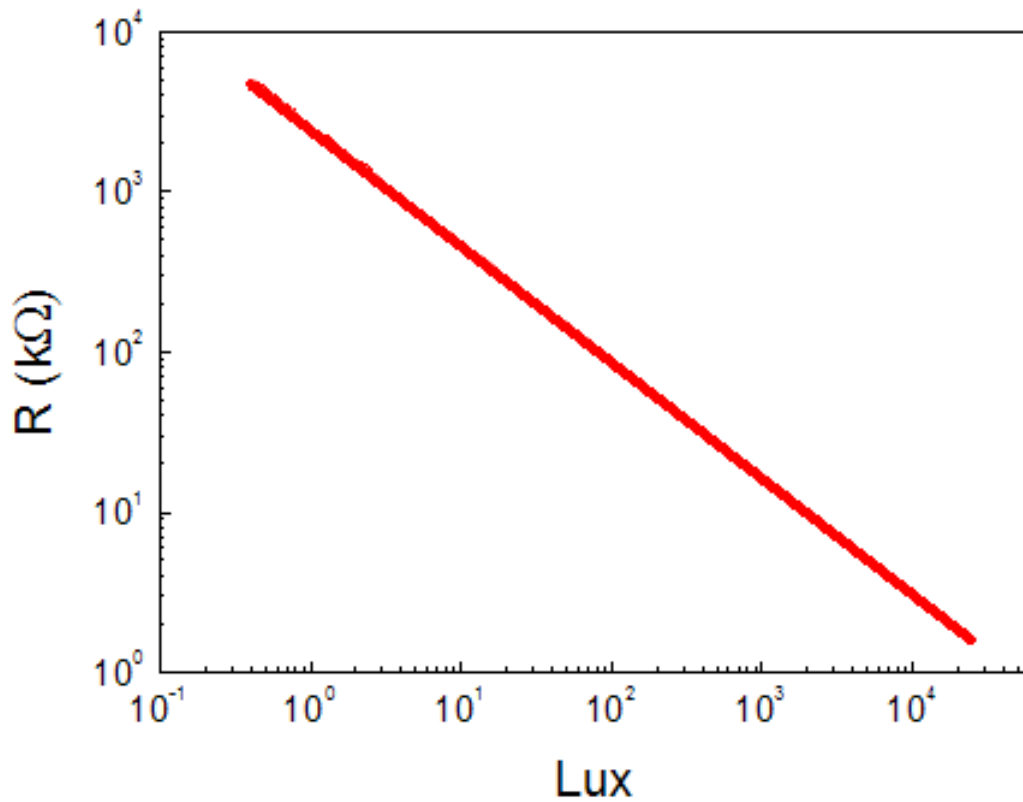


Εικόνα 1 Μετρητής φωτός - Λουξόμετρο



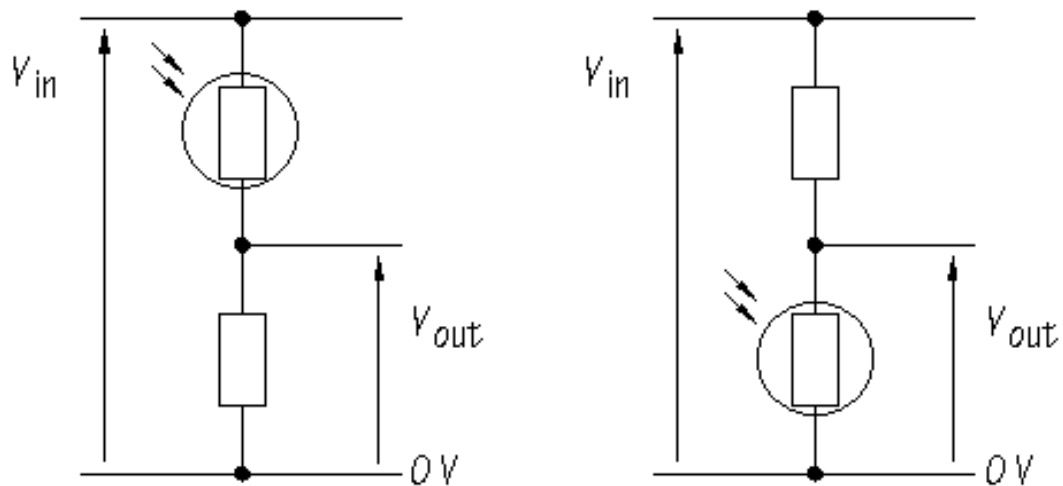
Εικόνα 2 Μεταβλητή φωτοαντίσταση καδμίου (NORP12)

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η χαρακτηριστική της ωμικής μεταβολής της φωτοαντίστασης σε συνάρτηση με την ένταση του φωτός. Η ένταση του φωτός, μετρείται σε FootCandlides ($1 \text{ ftc} \approx 10 \text{ Lux}$).



Σχήμα 1 Χαρακτηριστική ωμικής μεταβολής - Έντασης του φωτός

Για την μετατροπή αυτής της ωμικής μεταβολής της φωτοαντίστασης σε τάση χρησιμοποιήθηκε ένα απλό κύκλωμα διαιρέτη τάσης. Το κύκλωμα αυτό μπορεί να σχεδιαστεί με τις δύο ακόλουθες μορφές.



Σχήμα 2 Δύο μορφές κυκλωμάτων διαιρέτη τάσης.

Στο αριστερό κύκλωμα του Σχήματος 2 η τάση εξόδου V_{out} είναι μηδενική όταν η φωτοαντίστασή βρίσκεται στην μέγιστη ωμική τιμή της, δηλαδή όταν βρίσκεται στο απόλυτο σκοτάδι. Συνεπώς όσο αυξάνεται η ένταση του φωτός που προσπίπτει πάνω στην φωτοαντίσταση τόσο αυξάνεται και η τιμή της τάσης εξόδου.

Στο δεξιό κύκλωμα του Σχήματος 2 η τάση εξόδου V_{out} είναι σχεδόν μηδενική όταν η ένταση του φωτός που προσπίπτει πάνω στη φωτοαντίσταση είναι η μέγιστη (έντονο φως ηλίου 30000 Lux). Συνεπώς όσο μειώνεται η ένταση του φωτός που προσπίπτει πάνω στην φωτοαντίσταση τόσο αυξάνεται και η τιμή της τάσης εξόδου.

Θεωρητικά και στις δύο περιπτώσεις η τάση εξόδου υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$V_{out} = \frac{R_{bottom}}{R_{bottom} + R_{top}} \times V_{in} \quad (1)$$

Το κύκλωμα στη συγκεκριμένη διάταξη βασίστηκε στον αριστερό τύπο κυκλώματος. Δηλαδή η τάση εξόδου του μετρητή μας αυξάνεται αντίστοιχα με την αύξηση της έντασης του φωτός.

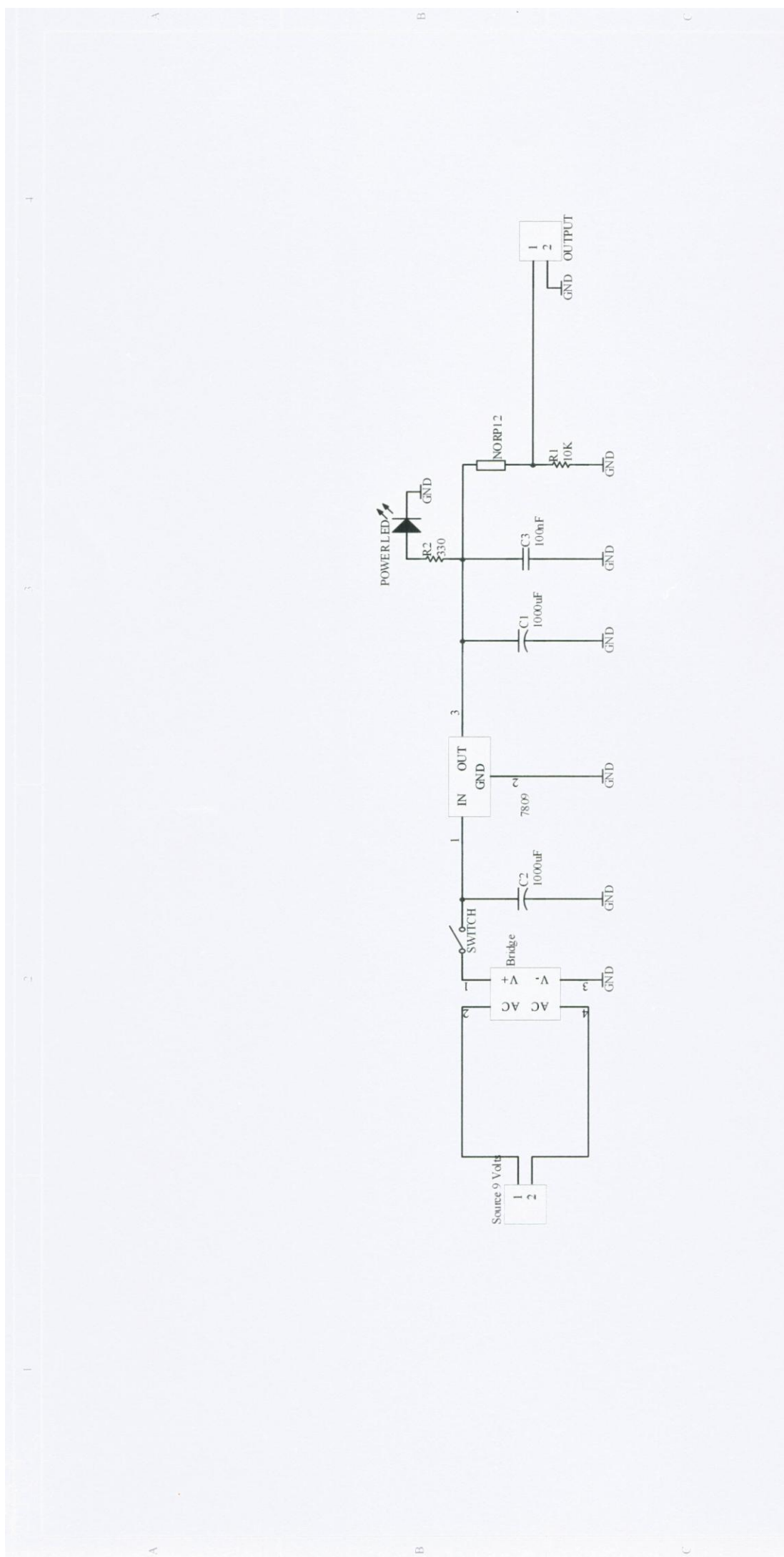
Κυκλωματική ανάλυση μετρητή φωτός

Το κύκλωμα μας (σχήμα 3) τροφοδοτείται με 220 VAC (τάση δικτύου). Η τάση αυτή περνάει μέσα από έναν μετασχηματιστή (220-9)Volts και έπειτα ανορθώνεται μέσω μιας γέφυρας ανόρθωσης. Η ανορθωμένη αυτή τάση περνάει από έναν πυκνωτή C2 της τάξεως των 1000uF για την ομαλοποίησή της. Μεταξύ του πυκνωτή και της γέφυρας ανόρθωσης έχει τοποθετηθεί μονοπολικός διακόπτης (SWITCH ON-OFF) για να ανοίγουμε και να κλείνουμε τη συσκευή.

Επειδή θέλουμε η ανορθωμένη αυτή τάση να είναι ακριβώς 9 VDC, μετά τον πυκνωτή έχει τοποθετηθεί ένας ρυθμιστής τάσης (7809 Voltage Regulator) για να έχουμε στην έξοδό του την τιμή αυτή. Μετά τον ρυθμιστή τάσης τοποθετήθηκε άλλος ένας πυκνωτής C1 της τάξεως των 1000uF για μια τελευταία ομαλοποίηση της τάσης στην έξοδο του 7809.

Έτσι λοιπόν η τάση τροφοδοσίας είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για να τροφοδοτήσει τον διαιρέτη τάσης με την μεταβλητή φωτοαντίσταση (NORP12). Επίσης τοποθετήθηκε ένα κόκκινο LED για την ένδειξη ON της συσκευής (POWERLED). Στην έξοδο του διαιρέτη τάσης τοποθετήθηκαν δύο ακροδέκτες χρώματος κόκκινο (+) και μαύρο (-) για τη δυνατότητα σύνδεσης της συσκευής με βολτόμετρο.

Στους πίνακες 2 και 3 παρουσιάζονται ενδεικτικά τιμές τάσης εξόδου σε συγκεκριμένες τιμές έντασης του φωτός, καθώς επίσης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μετρητή φωτός.



Πίνακας 2

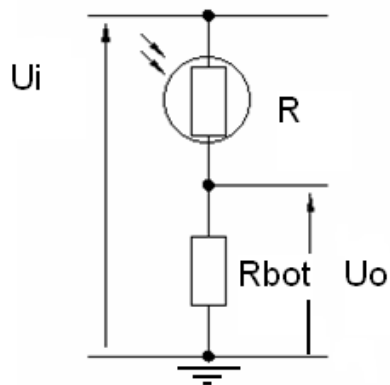
Ένταση φωτός (Lux)	Τάση εξόδου (Volts)
0	0,09
10	4,7
1000	8.65

Πίνακας 3

Τεχνικά Χαρακτηριστικά	
Τάση εισόδου	220 VAC (Τάση δικτύου)
Κλίμακα μέτρησης - Τάση εξόδου	(0 - 1000)Lux - (0.09 - 8.65)Volts

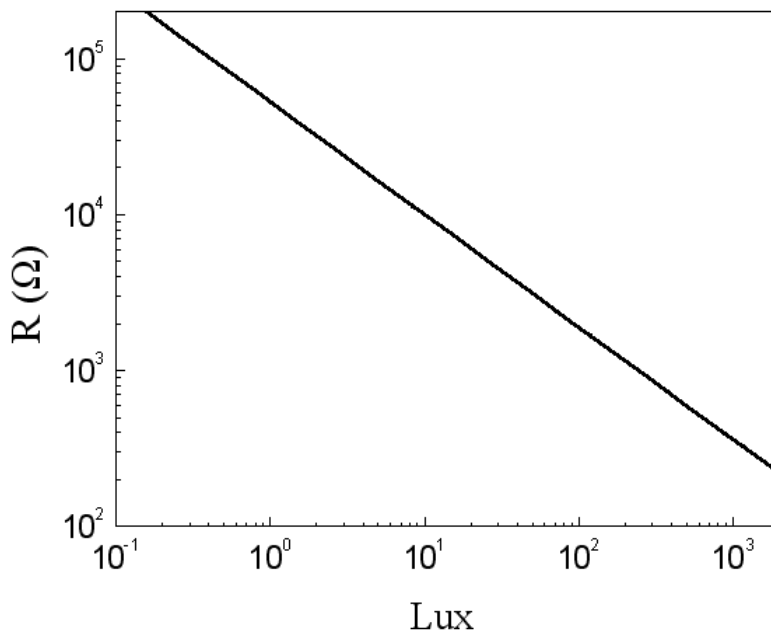
Εργαστηριακές δραστηριότητες

- Συνδέστε τον αισθητήρα φωτός με την τροφοδοσία και ανοίξτε τον διακόπτη λειτουργίας του.
- Μετρήστε με ένα πολύμετρο την τάση εξόδου που αντιστοιχεί στο φωτισμό του εργαστηρίου $U_o = \dots\dots\dots$
- Με δεδομένο ότι η αντίσταση $R_{bot} = 10k\Omega$ και $U_i = 9V$, εκτιμήστε τη τιμή της φωτοαντίστασης καδμίου με βάση το παρακάτω Σχήμα 1: $R = \dots\dots\dots$



Σχήμα 1.

- Με τη βοήθεια του παρακάτω Σχήματος 2 να εκτιμήσετε τη φωτεινότητα του εργαστηρίου (σε μονάδες Lux) $\dots\dots\dots$



Σχήμα 2.

- Για τιμές τάσης εξόδου U_o από 1 V έως 8 V με βήμα 1 V, υπολογίστε τις τιμές της φωτοαντίστασης και συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα I.

Πίνακας I.

U_o (V)	1	2	3	4	5	6	7	8
R (kΩ)								
(Lux)								

- Στο πρόγραμμα **DIGITIZE** εισάγετε την εικόνα του Σχήματος 2 και υπολογίστε τις τιμές της φωτεινότητας σε Lux που αντιστοιχούν στις τιμές R του Πίνακα I. Συμπληρώστε τις τιμές φωτεινότητας σε Lux στον Πίνακα I.

- Στη συνέχεια ανοίξτε το πρόγραμμα **Origin** και σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της τάσης εξόδου του αισθητήρα U_o (**άξονας Y**) συναρτήσεως της φωτεινότητας (Lux) (**άξονας X**). Επιλέξτε ο άξονας X να είναι σε λογαριθμική κλίμακα.

- Πραγματοποιήστε την καλύτερη γραμμική προσέγγιση στην παραπάνω γραφική παράσταση επιλέγοντας **Analysis > Fit Linear**.

- Γράψτε την εξίσωση της καλύτερης ευθείας που αντιστοιχεί στην χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα:

$$U_o = \dots\dots\dots + \dots\dots\dots \log(\text{Lux}) \quad (1)$$

- Γράψτε την Εξίσωση (1) πάνω στη γραφική παράσταση που δημιουργήσατε στο Origin, σώστε το γράφημα και εκτυπώστε το.

- Με βάση τη χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα (Σχέση 1) να υποδείξετε τρόπο απεικόνισης των τιμών της φωτεινότητας σε Lux:

.....

.....

.....

.....

.....

ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ

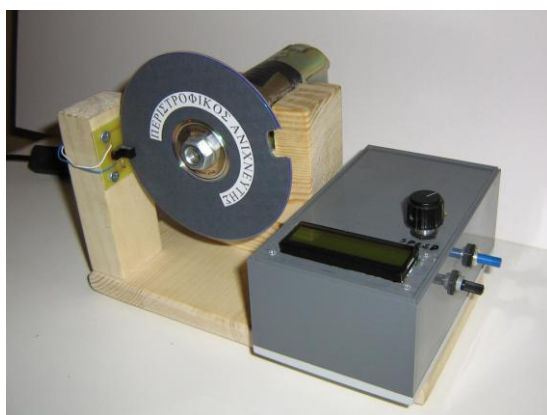
Εισαγωγή

Σημαντικός αριθμός τεχνολογικών εφαρμογών βασίζονται στην λειτουργία των μοτέρ και των κινητήρων. Ανάλογα με την εφαρμογή, είναι επιθυμητό να γνωρίζουμε ή και να έχουμε τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε τον αριθμό των στροφών που εκτελεί ένα μοτέρ ή ένας κινητήρας. Για παράδειγμα, σε έναν κινητήρα αυτοκινήτου είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τις στροφές ανά λεπτό, έτσι ώστε να μην υπερβαίνουμε τα όρια αντοχής του κινητήρα και έτσι να εξασφαλίζουμε την ομαλότερη λειτουργία του και την καλύτερη δυνατή αντοχή του στο χρόνο και στις φθορές.

Η μέτρηση και η ρύθμιση των στροφών ενός κινητήρα μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Οι μετρητές στροφών μέσω **μαγνητικού πεδίου** και μέσω **οπτικών στοιχείων** (φωτοκύτταρα, οπτοζεύκτες) είναι δύο από τους συνηθέστερους τύπους συσκευών που συναντάμε στις περισσότερες εφαρμογές για την μέτρηση των στροφών ενός κινητήρα.

Περιγραφή λειτουργίας

Η κατασκευή του **Περιστροφικού Ανιχνευτή** βασίζεται στην λειτουργία οπτικών στοιχείων και πιο συγκεκριμένα στην λειτουργία ενός οπτοζεύκτη (optocapler). Ως πηγή των στροφών του Περιστροφικού Ανιχνευτή χρησιμοποιήθηκε μοτέρ χαμηλής τάσης τροφοδοσίας (12 VDC) μέγιστης ταχύτητας 2.900 στροφές ανά λεπτό.



Εικόνα 1 Περιστροφικός Ανιχνευτής

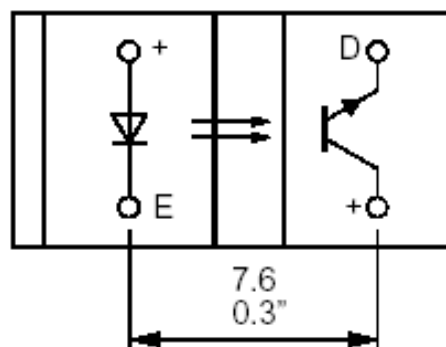
α) Οπτοζεύκτης (Optocapler)

Ο οπτοζεύκτης είναι μια μικρή και απλή συσκευή που η λειτουργία της βασίζεται στην υπέρυθη ακτινοβολία. Αποτελείται από έναν πομπό (φωτοκύτταρο υπέρυθρης ακτινοβολίας) και από έναν δέκτη (φωτοτρανζίστορ). Ο πομπός και ο δέκτης είναι τοποθετημένοι αντικριστά μεταξύ τους έχοντας ανάμεσά τους κενό ενός εκατοστού. Όταν

τροφοδοτήσουμε τον πομπό με τάση 5VDC τότε εκπέμπει μια υπέρυθρη δέσμη φωτός η οποία προσπίπτει πάνω στον δέκτη. Ο δέκτης (φωτοτρανζίστορ) με τη σειρά του διεγείρεται από την υπέρυθρη δέσμη φωτός και αφήνει στην έξοδο του (στον εκπομπό του φωτοτρανζίστορ) να περάσει τάση 1,2 VDC. Αν για οποιοδήποτε λόγο η υπέρυθρη δέσμη φωτός πάψει να υπάρχει τότε στην έξοδο του δέκτη έχουμε μηδενική τάση.



Σχήμα 1 Οπτοζεύκτης

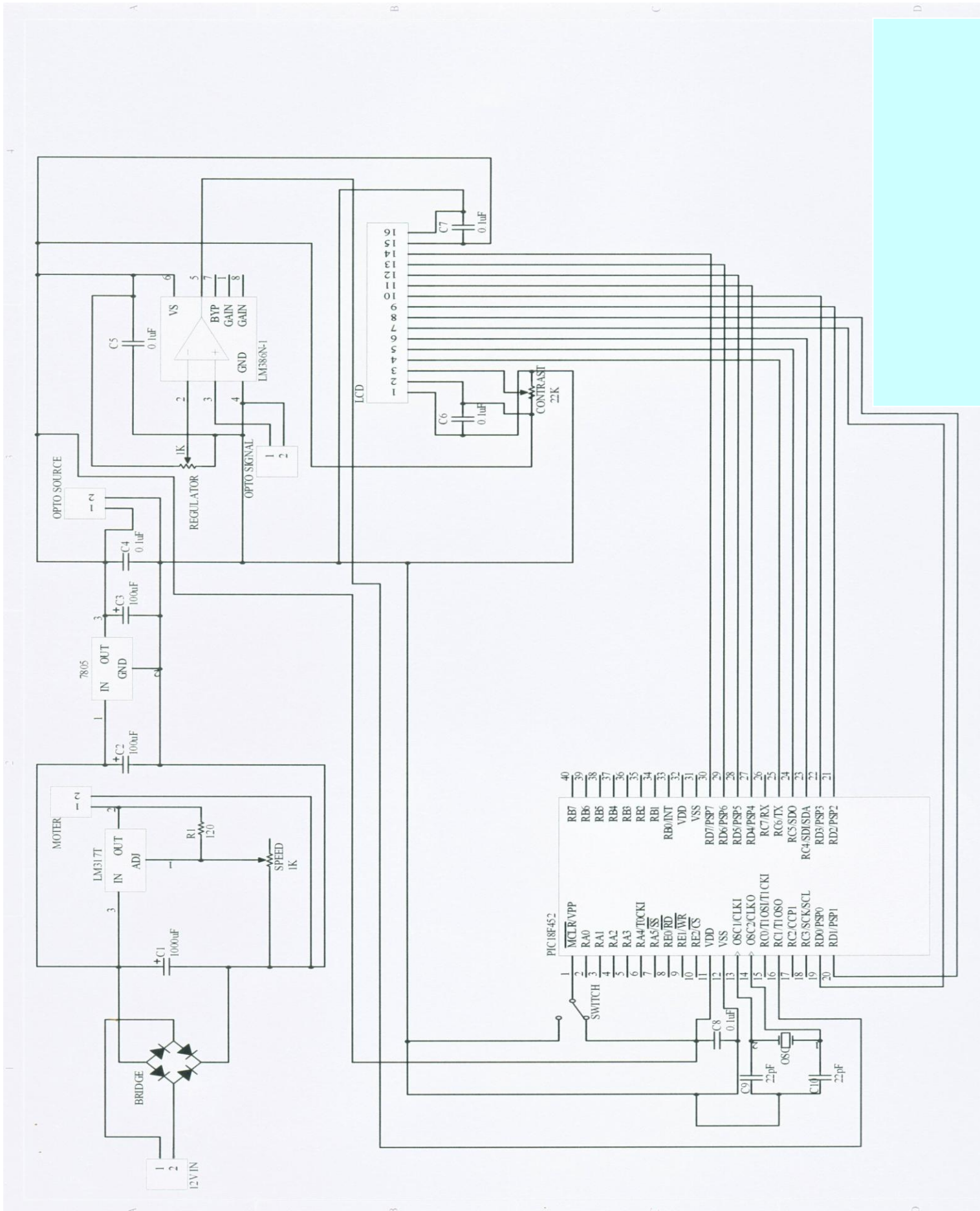


Σχήμα 2 Κυκλωματικό διάγραμμα

Στην πράξη, αν στο κενό που υπάρχει ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη παρεμβάλλεται οποιοδήποτε αντικείμενο τότε στην έξοδο του παίρνουμε μηδενική τάση, ενώ στην περίπτωση που δεν παρεμβάλλεται κάποιο τότε στην έξοδο του οπτοζεύκτη παίρνουμε τάση 1,2 Volts. Στην προκειμένη περίπτωση το αντικείμενο αυτό είναι ένας δίσκος τοποθετημένος ανάμεσα στον πομπό και στον δέκτη του οπτοζεύξη έχοντας σε ένα σημείο της περιμέτρου του μια μικρή εγκοπή. Κατά την περιστροφή του δίσκου η εγκοπή του δίσκου αφήνει το κενό ελεύθερο ανάμεσα στον πομπό και τον δέκτη και έτσι έχουμε στην έξοδο του οπτοζεύκτη έναν τετραγωνικό παλμό τάσης σε κάθε περιστροφή του δίσκου. Αν λοιπόν αυξήσουμε την ταχύτητα περιστροφής του δίσκου, τότε στην έξοδο του οπτοζεύκτη μειώνεται περίοδος των τετραγωνικών παλμών της τάσης. Αυτή τη μεταβαλλόμενη περίοδο μπορούμε να την χρησιμοποιήσουμε και να υπολογίσουμε μέσω του κατάλληλου ηλεκτρονικού κυκλώματος τον αριθμό των στροφών που εκτελεί ο δίσκος ανά λεπτό.

β) Κυκλωματική ανάλυση περιστροφικού ανιχνευτή

Παρακάτω βλέπουμε το ηλεκτρονικό κύκλωμα του Περιστροφικού Ανιχνευτή:

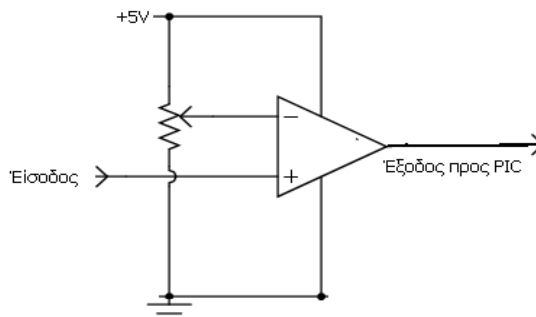


Το παραπάνω κύκλωμα τροφοδοτείται από τάση δικτύου (220 Volts). Η τάση αυτή περνάει μέσα από έναν μετασχηματιστή τάσης με έξοδο στα 12VAC και ανορθώνεται μέσω μιας γέφυρας ανόρθωσης. Σε αυτό το σημείο το κύκλωμα χωρίζεται σε δύο επιμέρους βασικά κυκλώματα, ένα μικρό κύκλωμα για την τροφοδοσία και την ρύθμιση των στροφών του μοτέρ και ένα μεγάλο κύκλωμα για την μέτρηση των στροφών ανά λεπτό (RPM) του δίσκου και την απεικόνισή τους σε μία LCD οθόνη.

Στο μικρό κύκλωμα ρύθμισης των στροφών του μοτέρ η ανορθωμένη τάση περνάει μέσα από έναν ηλεκτρολυτικό πυκνωτή C1 των 1000μF και ύστερα η ομαλοποιημένη πια τάση καταλήγει στην είσοδο ενός μεταβλητού ρυθμιστή τάσης (LM317 Variable Voltage Regulator). Το LM317 έχει την ιδιότητα να παίρνει μια τιμή συνεχούς τάσης στην είσοδο του και με τη βοήθεια ενός ποτενσιόμετρου (SPEED) έχουμε την δυνατότητα να επιλέγουμε οποιαδήποτε στιγμή την τιμή της τάσης εξόδου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση στην έξοδο του LM317 μπορούμε να ρυθμίσουμε την τάση από 1,2VDC μέχρι και 12VDC. Η έξοδος του συνδέεται με την είσοδο τροφοδοσίας του μοτέρ και έτσι έχει επιτευχθεί η ρύθμιση των στροφών του μοτέρ, δηλαδή όσο αυξάνεται η τάση στην είσοδο του μοτέρ, τόσο αυξάνεται και ο αριθμός των στροφών του ανά λεπτό.

Στο μεγάλο κύκλωμα μέτρησης και απεικόνισης των στροφών του μοτέρ η τάση αρχικά μειώνεται στα 5VDC μέσω ενός ρυθμιστή τάσης εξόδου (7805 Voltage Regulator) αφού πρώτα έχει ομαλοποιηθεί μέσω ενός ηλεκτρολυτικού πυκνωτή C2 των 100μF. Ο ρυθμιστής αυτός έχει την ιδιότητα να παίρνει μια οποιαδήποτε συνεχή τάση στην είσοδό του και να την μετατρέπει με ακρίβεια στα 5VDC. Στην έξοδο του 7805 η τάση περνάει μέσα από έναν πυκνωτή C3 των 100μF για την καλύτερη δυνατή ομαλοποίηση της τάσης, μετά την μείωση της τιμής της μέσω του ρυθμιστή τάσης. Η τάση αυτή τροφοδοτεί τον πομπό του οπτοζεύκτη.

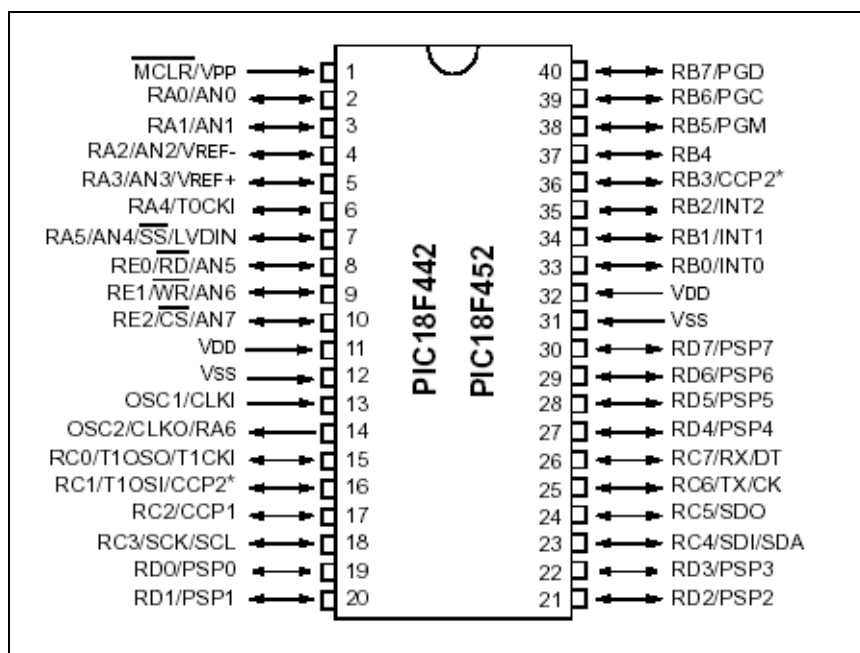
Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, για να μετρηθούν οι στροφές ανά λεπτό που εκτελεί ο δίσκος με τη βοήθεια του μοτέρ, θα πρέπει να υπολογιστεί η περίοδος των παλμών από την έξοδο του οπτοζεύκτη. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με ένα μικροελεγκτή κατάλληλα προγραμματισμένο. Υπάρχει όμως ένα πρόβλημα. Γενικά όλοι οι μικροελεγκτές μπορούν να διαβάσουν παλμούς πλάτους 0 και 5VDC και όπως ήδη προαναφέρθηκε στην έξοδο του οπτοζεύκτη παίρνουμε παλμούς πλάτους 1,2VDC. Για την μετατροπή του πλάτους αυτών των παλμών από 1,2VDC σε 5VDC χρησιμοποιήθηκε στην έξοδο του οπτοζεύκτη ένας τελεστικός ενισχυτής LM386N-1 σαν **μη αναστρέφων συγκριτής τάσης** με αναφορά στα 1,2 VDC όπως φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3 Μη αναστρέφων συγκριτής τάσης

Ο τελεστικός ενισχυτής (Σχήμα 3) τροφοδοτείται με τάση 5VDC. Στην θετική είσοδο του τελεστικού ενισχυτή περνάνε οι παλμοί από την έξοδο του οπτοζεύκτη και στην αρνητική η τάση τροφοδοσίας 5VDC αφού πρώτα μειωθεί μέσω ενός ποτενσιόμετρου (REGULATOR) του 1K σε 1VDC, αυτή η τάση είναι η τάση αναφοράς. Στην πράξη, όταν ο τελεστικός ενισχυτής διεγερθεί στην θετική του είσοδο με τάση μικρότερη από την τάση αναφοράς (1VDC) τότε στην έξοδό του παίρνουμε μηδενική τάση. Αντίστροφα όταν η θετική του είσοδος διεγερθεί με τάση μεγαλύτερη από την τάση αναφοράς τότε στην έξοδο του παίρνουμε τάση 5VDC δηλαδή την τάση τροφοδοσίας του. Έτσι λοιπόν όταν ο οπτοζεύκτης δίνει τετραγωνικούς παλμούς τάσης 0 - 1,2VDC τότε στην έξοδο του τελεστικού παίρνουμε τετραγωνικούς παλμούς τάσης 0 - 5VDC ίδιας χρονικής διάρκειας.

Οι τετραγωνικοί παλμοί από την έξοδο του τελεστικού ενισχυτή οδηγούνται στην είσοδο ενός μικροελεγκτή, κατάλληλα προγραμματισμένου, για τον υπολογισμό του αριθμού των στροφών ανά λεπτό (RPM) του δίσκου. Ο μικροελεγκτής αυτός είναι ο PIC18F452 της οικογένειας Microchip (Σχήμα 4).



Σχήμα 4 Μικροελεγκτής Microchip PIC18F452

Ο μικροελεγκτής PIC18F452 δίνει την δυνατότητα να υπολογίζεται με μια μόνο εντολή η περίοδος των τετραγωνικού παλμών εξόδου του οπτοζεύκτη και έτσι με το κατάλληλο πρόγραμμα υπολογίζεται ο αριθμός των στροφών ανά λεπτό (RPM) που εκτελεί ο δίσκος. Ο RPM απεικονίζεται ψηφιακά συνδέοντας στις εξόδους του μικροελεγκτή τις εισόδους μιας LCD οθόνης. Γενικά όλοι οι μικροελεγκτές της οικογένειας Microchip είναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε να κρατούν στη μνήμη τους (RAM) δεδομένα από την τελευταία τους λειτουργία. Για την εκκαθάριση της μνήμης του ο μικροελεγκτής PIC18F452 έχει μια είσοδο (MCLR) η οποία μας δίνει την δυνατότητα να καθαρίζουμε τη μνήμη αυτή δίνοντας της έναν παλμό τάσης 5VDC. Για το σκοπό αυτό τοποθετήθηκε μεταξύ της εισόδου MCLR, της

τροφοδοσίας 5VDC και της γείωσης 0VDC ένας διακόπτης τύπου ON-ON. Για τον χρονισμό του μικροελεγκτή χρησιμοποιήθηκε κρύσταλλος χαλαζία των 4 MHz.

Ο κώδικας για τον προγραμματισμό του PIC18F452 γράφτηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Pascal μέσω του «mikroElektronika Pascal compiler for Microchip PIC microcontrollers». Η μεταφορά του κώδικα στην μνήμη του μικροελεγκτή πραγματοποιήθηκε μέσω μιας συσκευής προγραμματισμού PIC (PIC Programmer).

Πίνακας 1

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Περιστροφικού Ανιχνευτή	
Τάση τροφοδοσίας	220 Volts (Τάση Δικτύου)
Τάση τροφοδοσίας μοτέρ	12 VDC
Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής του δίσκου	2900 RPM (Rotations Per Minute)

Γ.

**ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ
ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

Μετρήσεις φυσικών μεγεθών με χρήση του LabView

Εφαρμογή : Μέτρηση της σχετικής υγρασίας

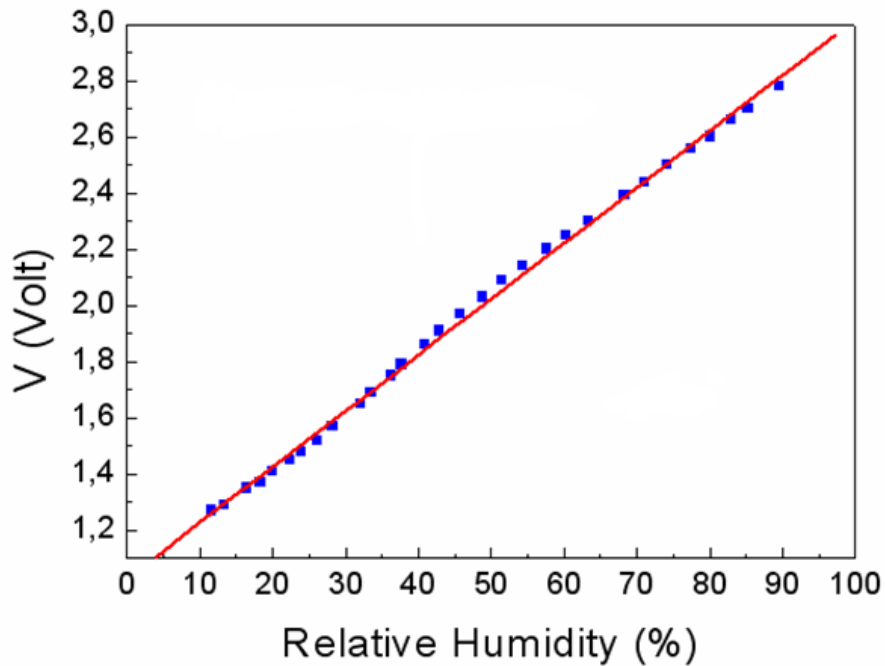
Η σχετική υγρασία (**Relative Humidity, RH**) ορίζεται ως ο λόγος της μάζας των υδρατμών που περιέχεται σε ένα δεδομένο όγκο αέρα προς τη μάζα που θα έπρεπε να περιείχε ο ίδιος όγκος αέρα για να ήταν κορεσμένος από υδρατμούς. Η μέτρηση της σχετικής υγρασίας του αέρα επιτυγχάνεται με κάποιες ειδικές συσκευές οι οποίες ονομάζονται αισθητήρες σχετικής υγρασίας. Οι συσκευές αυτές έχουν σαν βασικό στοιχείο του κυκλώματός τους :

- μια μεταβλητή αντίσταση που μεταβάλλει την ωμική της τιμή ανάλογα με τη τιμή της RH,
- ένα μεταβλητό πυκνωτή που μεταβάλλει την χωρητικότητά του ανάλογα με τη τιμή της RH

Οι αισθητήρες σχετικής υγρασίας, έχουν σαν βασικό στοιχείο στο κύκλωμα τους μεταβλητές αντιστάσεις, λόγω της μεγαλύτερης ακρίβειας και αντοχή τους στο χρόνο, σε σχέση με τους μεταβλητούς πυκνωτές υγρασίας. Ο αισθητήρας σχετικής υγρασίας στη συγκεκριμένη διάταξη που θα χρησιμοποιηθεί, έχει σαν βασικό στοιχείο μια μεταβλητή αντίσταση υγρασίας HS15P.

Χαρακτηριστική εξίσωση ονομάζεται η σχέση που συνδέει το ηλεκτρικό σήμα εξόδου (τάση ή ρεύμα) του αισθητήρα με τη τιμή του φυσικού μεγέθους που μετράει ο αισθητήρας. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται το διάγραμμα της χαρακτηριστικής εξίσωσης του αισθητήρα σχετικής υγρασίας που θα χρησιμοποιηθεί. Η χαρακτηριστική εξίσωση δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$V_o = 1,02778 + 0,0199 \cdot RH$$



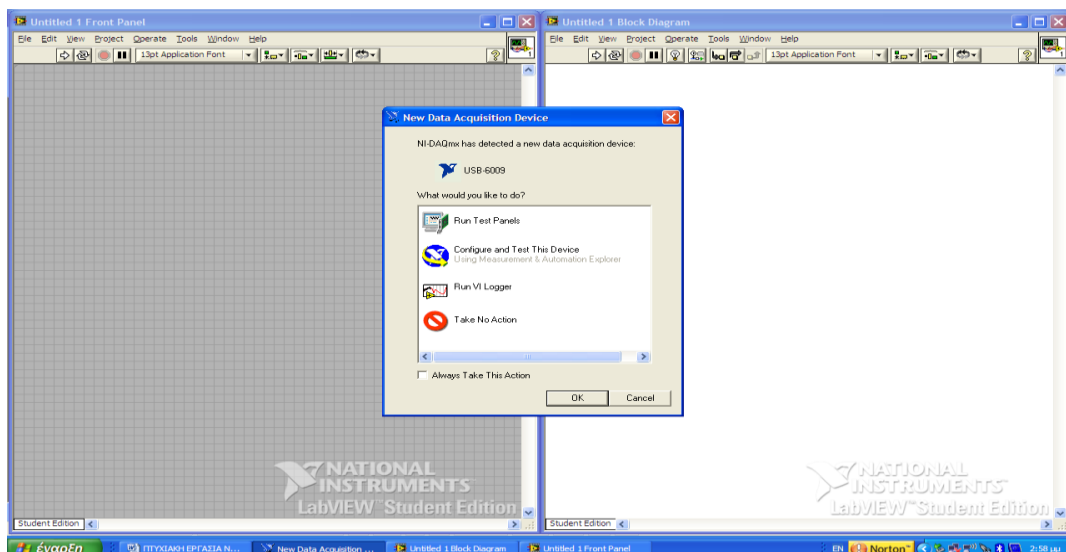
Σχήμα 1. Η χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα σχετικής υγρασίας στους 25 °C.

Διαδικασία μέτρησης RH

Ανοίγουμε το Labview και επιλεγούμε **>Open New VI.**

Στη συνέχεια επιλέγουμε **Window>Tile Left and Right** για να έχουμε σε μια οθόνη το **Front Panel** και το **Block Diagram.**

Συνδέουμε μετά την κάρτα DAQ USB 6009 με το καλώδιο USB στον (H/Y). Όταν γίνει η σύνδεση τότε εμφανίζεται ένα **test panel** στο οποίο γίνεται η αναγνώριση της κάρτας από το LabVIEW. Επιλέγουμε **OK.**



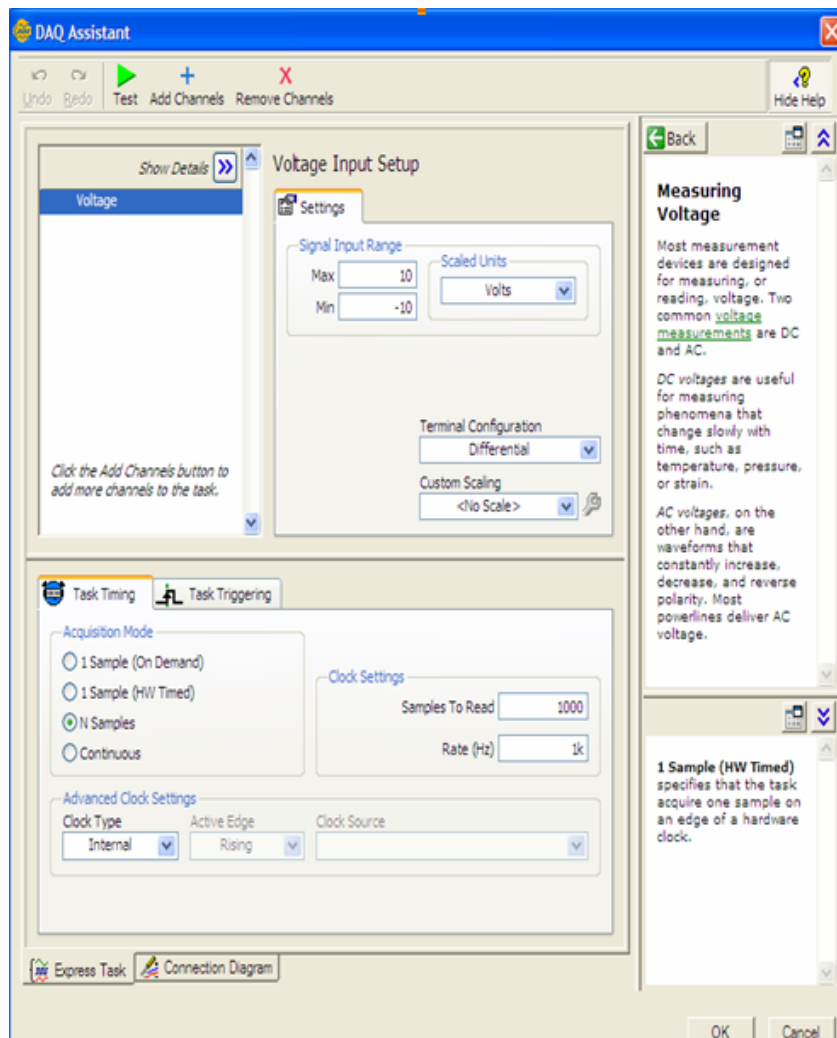
Επιλέγουμε στη συνέχεια **View> Functions Palette> Express> Input> DAQ assistant**. Τοποθετούμε το εικονίδιο **Daq Assistant** στο **Block Diagram** με αυτό τον τρόπο γίνεται η εισαγωγή του είδους της κάρτας στο Labview.



Επιλέγουμε **Analog Input** και στη συνέχεια επιλέγουμε **Voltage**.

Στη συνέχεια επιλέγουμε ένα από τα 8 κανάλια της κάρτας USB (π.χ. **a0**), και πατάμε **Finish**.

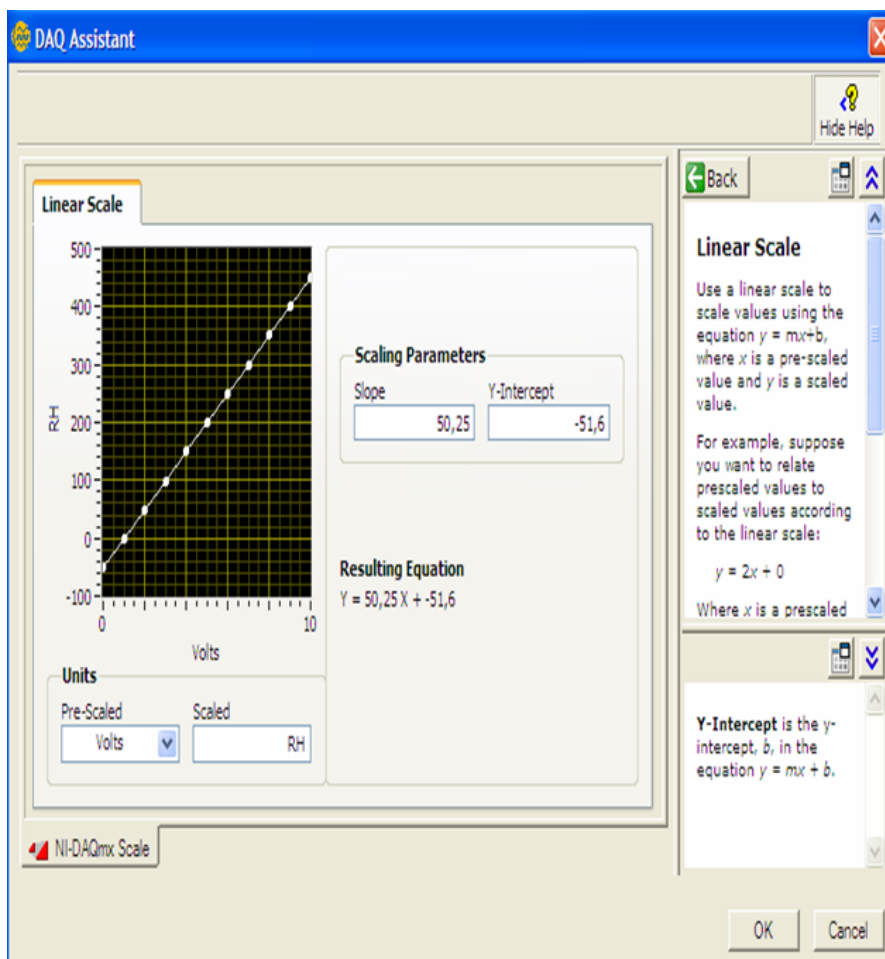
Εμφανίζεται στη συνέχεια το παρακάτω παράθυρο.



Στο πεδίο **Signal Input Range** επιλέγουμε το εύρος της τάσης μέτρησης. Όσο μικρότερο είναι το εύρος τόσο πιο ακριβής είναι και η μέτρηση.

Στο πεδίο **Terminal Configuration** επιλέγουμε **RSE**.

Στο πεδίο **Custom Scaling** επιλέγουμε **Create New** και στο νέο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε **Linear**. Εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο το οποίο δίνει τη δυνατότητα να ορίσουμε τη μορφή της συνάρτησης μεταφοράς.



Λύνουμε την χαρακτηριστική εξίσωση του αισθητήρα ως προς το μετρούμενο φυσικό μέγεθος, τη σχετική υγρασία RH.

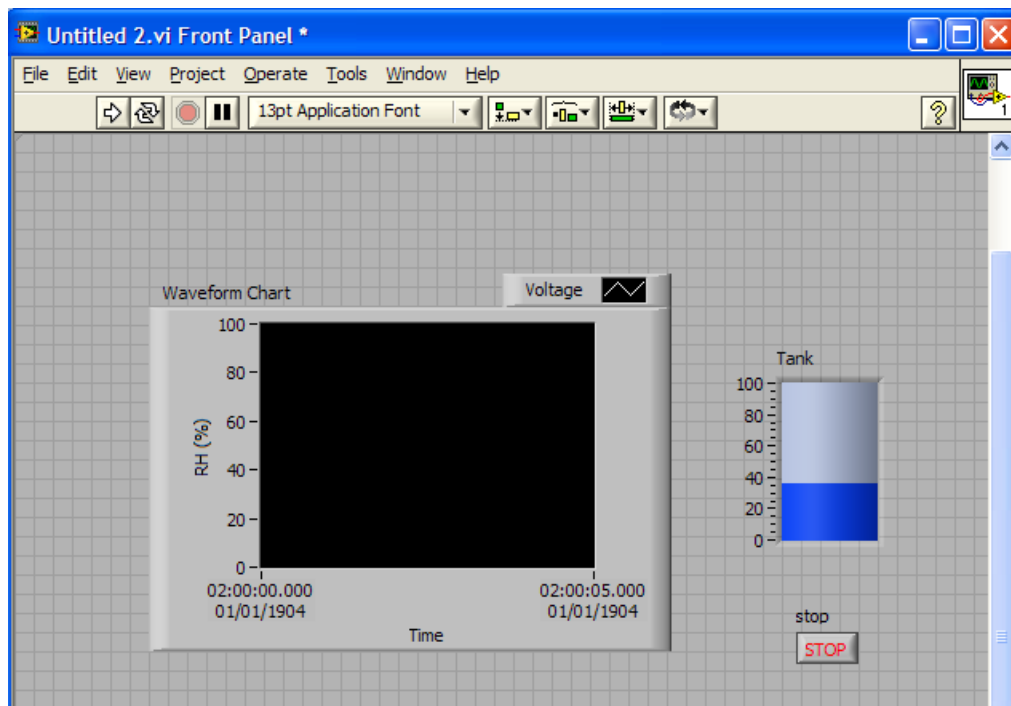
Βρίσκουμε την κλίση (**Slope**) και τη τομή της ευθείας με τον κατακόρυφο άξονα (**Y-Intercept**) και συμπληρώνουμε τα αντίστοιχα πεδία.

Στα πεδία **Pre-scaled** και **Scaled** επιλέγουμε **Volts** και **RH**. Με αυτό τον τρόπο ορίζουμε τις μονάδες των αξόνων x και y αντίστοιχα. Πατάμε **OK**.

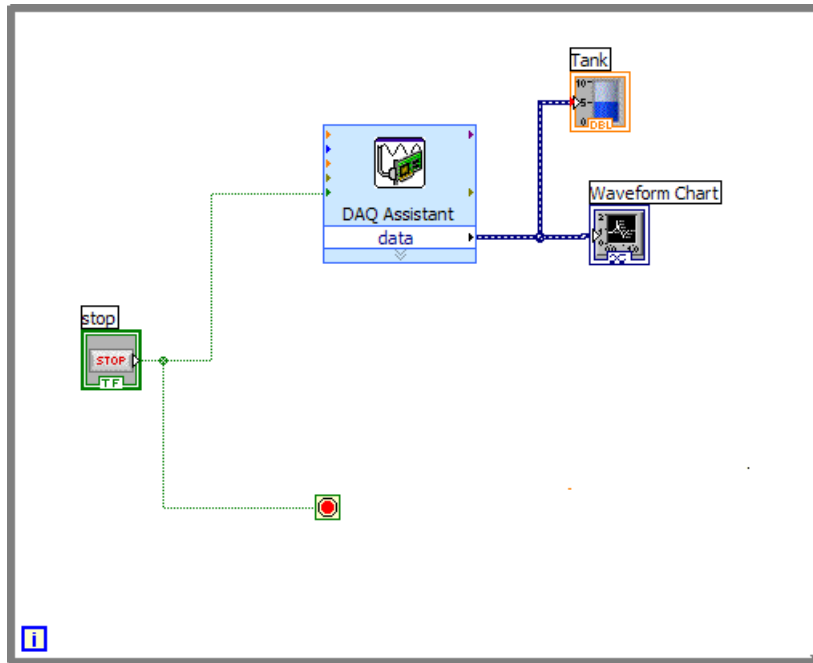
Στη συνέχεια επιλέγουμε στο Front Panel : **View>Control Palette>Modern>Graph> >Waveform Chart** ώστε να τοποθετήσουμε μια γραφική παράσταση τύπου παλμογράφου για την παρακολούθηση της μέτρησης ως συνάρτηση του χρόνου.

Τοποθετούμε ακόμα ένα όργανο απεικόνισης της μέτρησης στο Front Panel : **View>Control Palette>Modern>Numeric>Tank**.

Δημιουργούμε επίσης έναν ελεγκτή στο Front Panel : **View>Control>Palette> Boolean>Stop Button**. Καθορίζουμε επίσης την περιοχή μετρήσεων στους άξονες των οργάνων απεικόνισης. Στο Front Panel δημιουργείται η παρακάτω εικόνα.



Καλωδιώνουμε στη συνέχεια τα αντικείμενα στο **Block Diagram** και τα τοποθετούμε μέσα σε μια δομή **While Loop**, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στη συνέχεια θα δημιουργήσουμε έναν κώδικα μέσω του οποίου θα επιλέγουμε το ρυθμό όπου θα λαμβάνονται οι μετρήσεις.

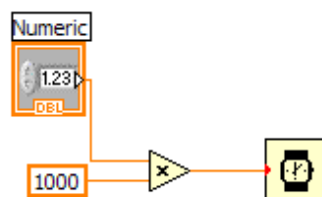
- από τη παλέτα αντικειμένων ένα στοιχείο ελέγχου **Numeric>Numeric Control**

- από την παλέτα λειτουργιών επιλέγουμε το σύμβολο του πολλαπλασιασμού **Numeric>Multiply**

- με δεξί κλικ πάνω στο σύμβολο πολλαπλασιασμού επιλέγουμε **Create>Constant** και γράφουμε μέσα του τον αριθμό 1000 (σημαίνει 1000 ms).

- από την παλέτα λειτουργιών επιλέγουμε **Time & Dialog>Wait(ms)**

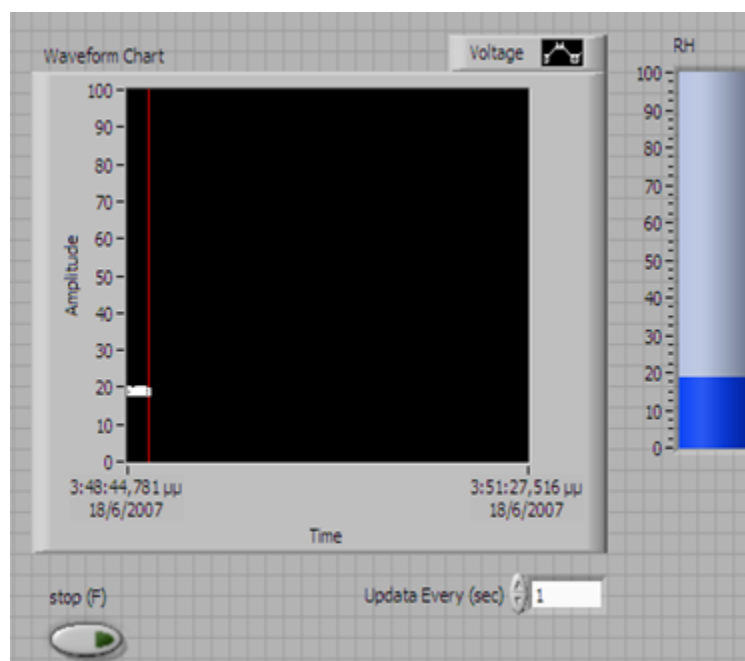
- καλωδιώνουμε τα παραπάνω αντικείμενα μέσα στο While Loop όπως φαίνεται παρακάτω



Στη συνέχεια συνδέουμε την είσοδο της κάρτας DAQ USB 6009 με την έξοδο του αισθητήρα σχετικής υγρασίας, και επιλέγουμε από το Front Panel να λαμβάνεται μια μέτρηση κάθε 1 δευτερόλεπτο (στο **Numeric** γράφουμε τον αριθμό 1, έτσι οι μετρήσεις γίνονται κάθε $1000\text{ms} \cdot 1 = 1\text{sec}$).

Εκτελούμε το πρόγραμμα που δημιουργήσαμε πατώντας το **Run**.

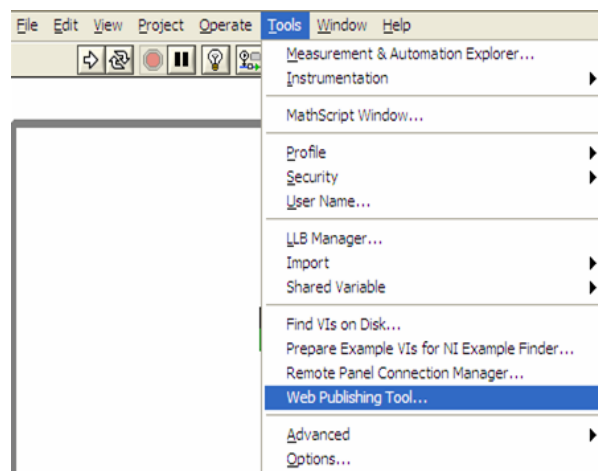
Πατώντας το εικονίδιο **STOP** από το Front Panel παίρνουμε μια εικόνα παρόμοια με την παρακάτω.



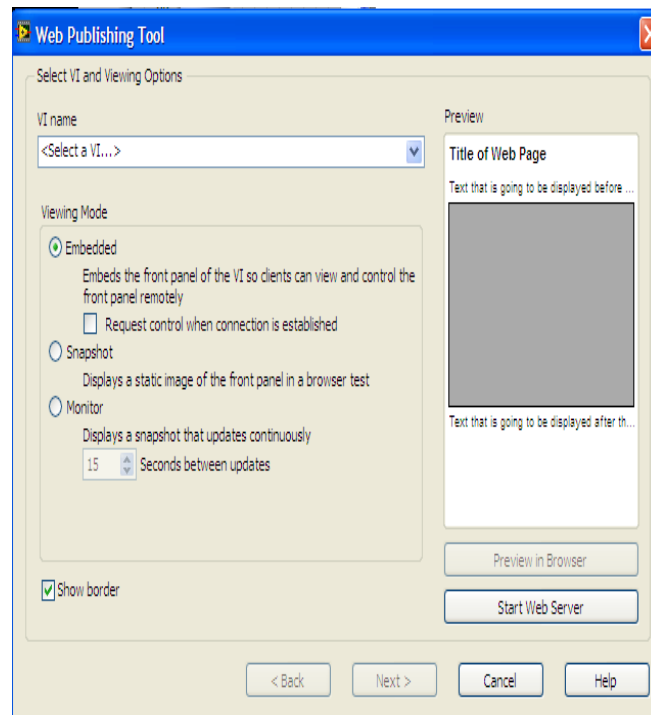
Μεταφορά και απεικόνιση δεδομένων σε διαδικτυακή τοποθεσία

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τη διαδικασία με την οποία μπορούμε να μεταφέρουμε και να απεικονίσουμε τα αποτελέσματα της προηγούμενης εφαρμογή στο διαδίκτιο. Το labview σε αυτή την περίπτωση λειτουργεί σαν server και είναι ο πάροδος της εφαρμογής στο διαδίκτιο. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο Η/Υ στον οποίο ``τρέχει`` η παραπάνω εφαρμογή να είναι συνδεδεμένος σε ένα οποιοδήποτε δίκτυο.

Επιλέγουμε **tools>web publishing tool**.



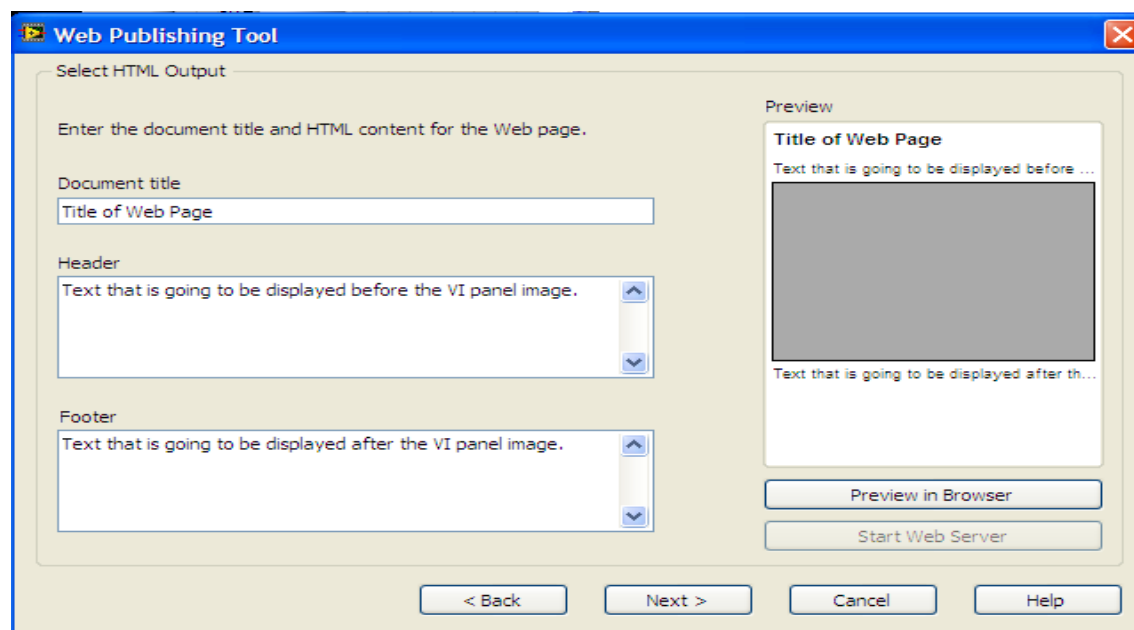
Εμφανίζεται το παρακάτω πεδίο.



Επιλέγουμε το όνομα του αρχείου.

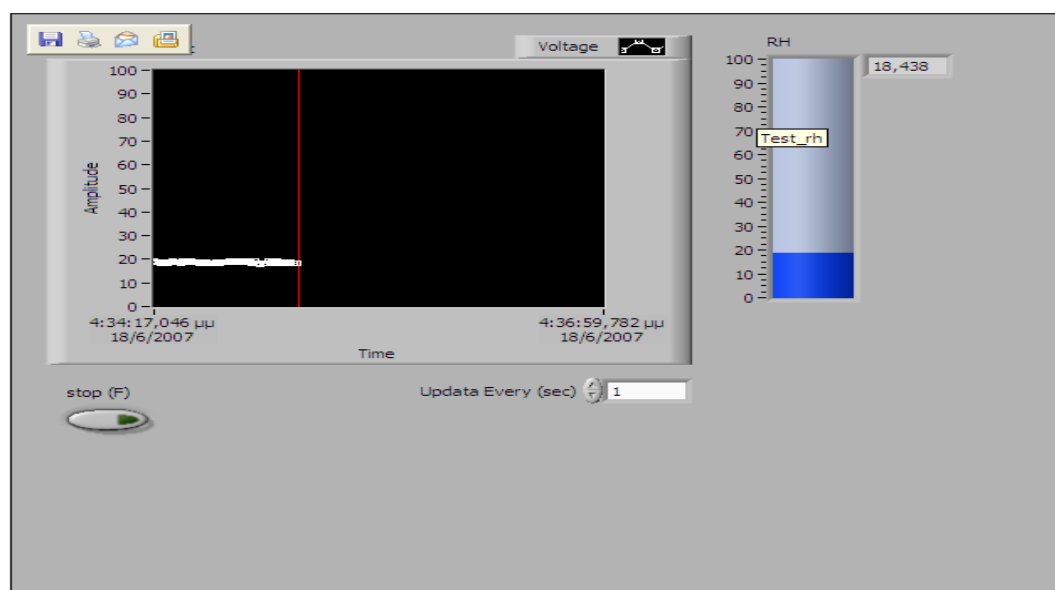
Επιλέγουμε την εφαρμογή **monitor**. Σε αυτή επιλέγουμε το χρόνο που θέλουμε να ανανεώνουμε την απεικόνιση της μέτρησης (πχ 15 sec).

Στην συνέχεια επιλέγουμε **next**.

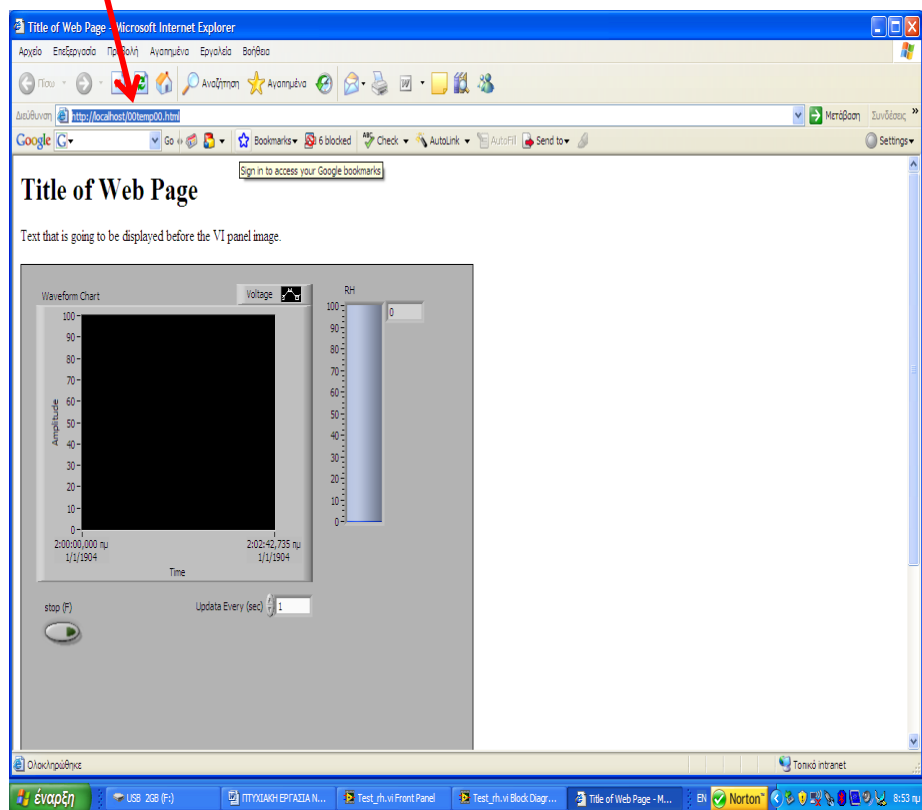


Στο πεδίο **Document title** "ονομάζουμε την εφαρμογή μας πχ "ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ", στο πεδίο **<Header>** " και στο **<Footer>** βάζουμε επικεφαλίδες που σχετίζονται με την μέτρηση.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ



Για να δούμε την διεύθυνση που απαντάται η εφαρμογή επιλέγουμε **preview in browser**.



Με τις υπάρχοντες ρυθμίσεις η ιστοσελίδα ανανεώνεται κάθε 15sec.

Γράψτε σε έναν άλλο Η/Υ την παραπάνω διεύθυνση που απαντάται η εφαρμογή, και διαπιστώστε την μεταβολή της απεικόνισης των μετρήσεων σχετικής υγρασίας κάθε 15 sec.

Μετρήσεις φυσικών μεγεθών με χρήση μικροελεγκτών

Εφαρμογή στη μέτρηση της σχετικής υγρασίας και της φωτεινής έντασης.

Στην άσκηση αυτή, πραγματοποιείται η διασύνδεση σημάτων από τους αισθητήρες σχετικής υγρασίας και φωτεινής έντασης, για την απεικόνιση των μετρήσεων με χρήση ενός μικροελεγκτή (PIC). Ο μικροελεγκτής, με τον κατάλληλο κώδικα, μετατρέπει τα αναλογικά σήματα των αισθητήρων σε ψηφιακά. Τα ψηφιακά σήματα αντιστοιχούν στις τιμές των φυσικών μεγεθών που μετρούν οι αισθητήρες. Η μετατροπή αυτή, πραγματοποιείται από τον κώδικα με βάση τις χαρακτηριστικές εξισώσεις των αισθητήρων. Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα των μετρήσεων από τους παραπάνω αισθητήρες απεικονίζονται σε μια LCD οθόνη.

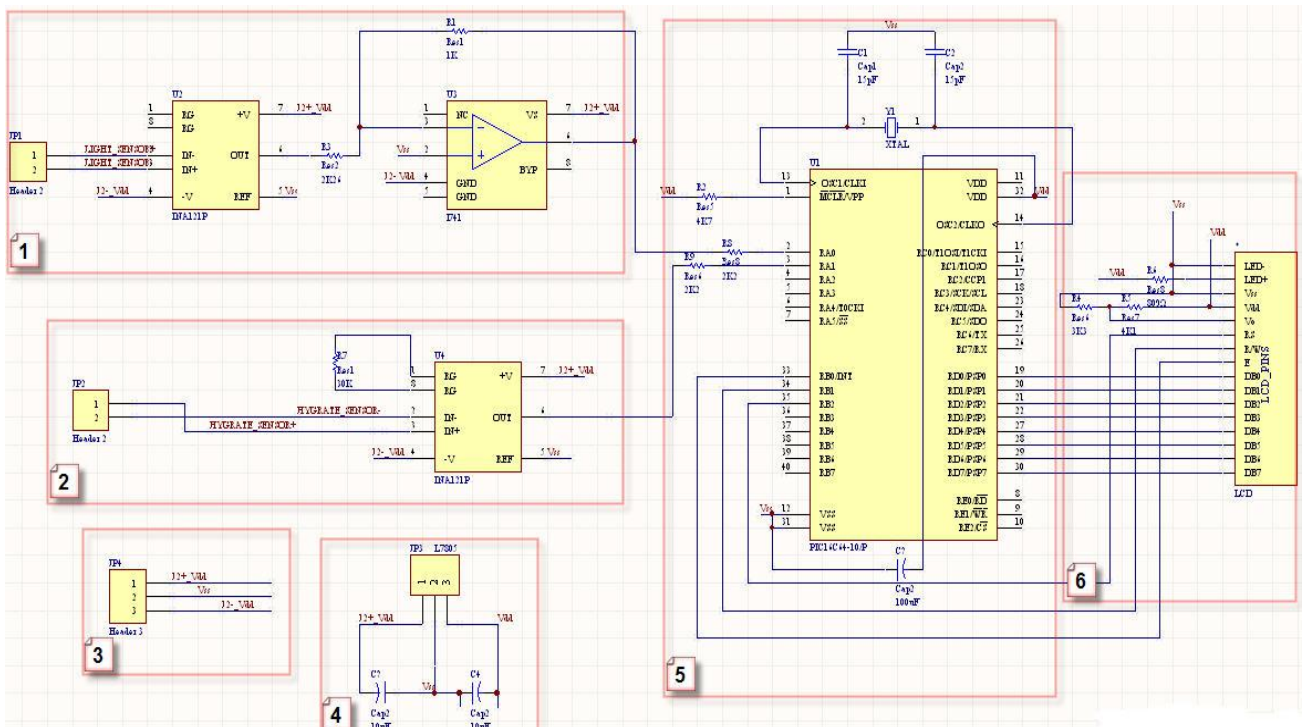
Ο αισθητήρας σχετικής υγρασίας έχει έξοδο 0-3V. Για να εκμεταλλευτούμε ολόκληρη τη διακριτική ικανότητα του ADC του μικροελεγκτή, στις απεικονίσεις των μετρήσεων, χρησιμοποιούμε ένα διαφορικό ενισχυτή για την ενίσχυση του σήματος του αισθητήρα στα 5V που είναι η μέγιστη τάση που μπορεί να δεχθεί ο μικροελεγκτής.

Ο αισθητήρας φωτεινής έντασης έχει έξοδο 0-9V. Για να προσαρμόσουμε την τάση στα 5V που μπορεί να δεχθεί ο μικροελεγκτής, χρησιμοποιήσουμε έναν τελεστικό ενισχυτή για να κάνουμε υποβιβάσουμε το σήμα.

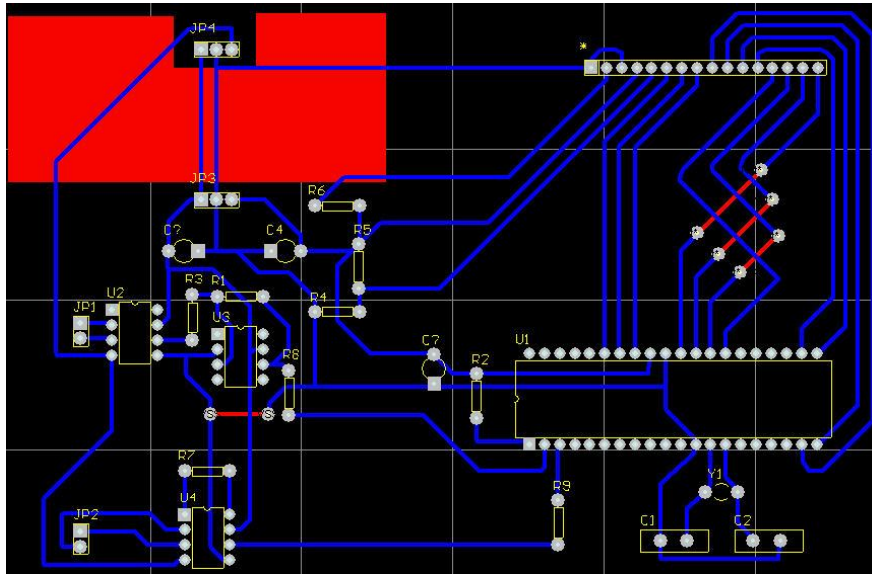
Το ηλεκτρονικό κύκλωμα, καθώς και τα τμήματά του, που υλοποιεί τις παραπάνω εφαρμογές δίνεται στο Σχήμα 1. και περιγράφεται παρακάτω:

1. Τμήμα εισόδου και υποβιβασμού του αισθητήρα μέτρησης φωτεινής εντάσεως. Στην είσοδο έχουμε έναν διαφορικό ενισχυτή για να πάρουμε το σήμα του αισθητήρα σε σχέση με τη γη του κυκλώματος μας. Έπειτα με την χρήση ενός τελεστικού ενισχυτή κάνουμε υποβιβασμό του σήματος.
2. Τμήμα εισόδου και ενίσχυσης του αισθητήρα μέτρησης της σχετικής υγρασίας. Στην είσοδο έχουμε επίσης έναν διαφορικό ενισχυτή για να πάρουμε το σήμα του αισθητήρα σε σχέση με τη γη του κυκλώματος μας και ταυτόχρονα να ενισχύσουμε το σήμα.

3. Είσοδος τροφοδοσίας του κυκλώματος μας με +12V, γείωση και -12V.
4. Κύκλωμα σταθεροποίησης της τάσης στα 5V για την τροφοδοσία του υπόλοιπου κυκλώματος.
5. Η καρδιά του κυκλώματος μας ο μικροελεγκτής PIC16F877 που κάνει όλους τους απαραίτητους υπολογισμούς και την απεικόνιση στην LCD οθόνη. Ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής είναι 8-Bit. Έχει 33 εισόδους-εξόδους από τις οποίες οι 6 είναι αναλογικές και ψηφιακές εισοδοι.
6. Είναι η LCD οθόνη που κάνει την απεικόνιση των τιμών που μετρούν οι αισθητήρες. Η οθόνη αυτή είναι μία οθόνη χαρακτήρων. Δηλαδή στέλνουμε τις κωδικοποιημένες λέξεις που αντιστοιχούν στο κάθε χαρακτήρα που θέλουμε να εμφανίσουμε, ή σε κώδικα ASCII.

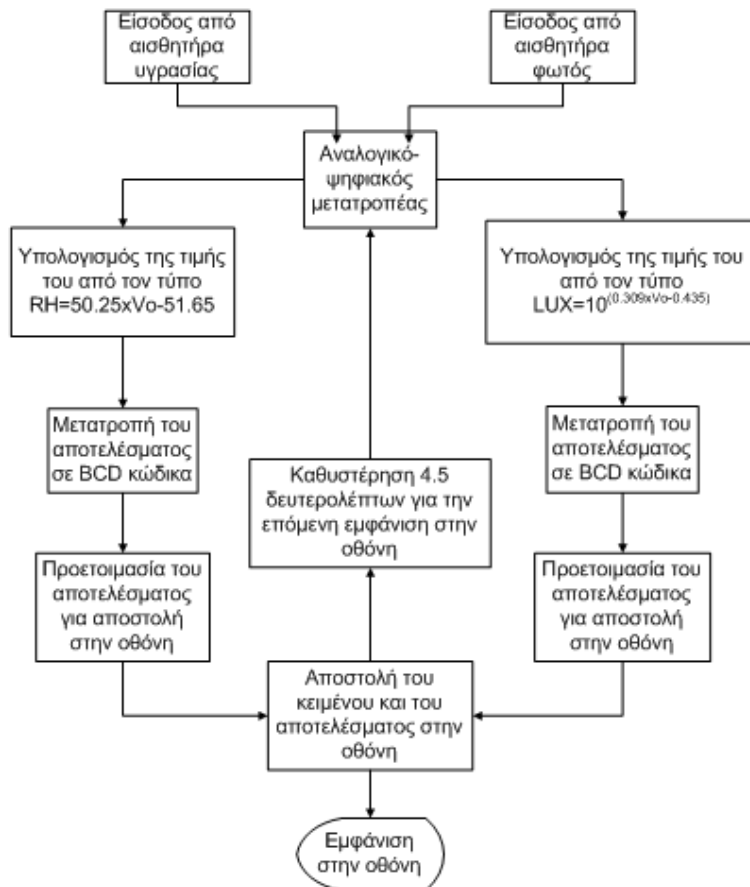


Σχήμα 1. Σχηματικό διάγραμμα του ηλεκτρονικού κυκλώματος.



PCB εμφάνιση της εφαρμογής

Λογικό διάγραμμα του κώδικα που εκτελεί ο μικροελεγκτής:



Απόσπασμα από τον κώδικα που εκτελεί ο μικροελεγκτής για τον αισθητήρα σχετικής υγρασίας:

```

HYGRATE_SENSOR
call CHANNEL_RA0 ;καλεί μία ρουτίνα που επιλέγει την είσοδο που είναι συνδεδεμένος ο
αισθητήρας
call TAKE_HYGRATE_Vo_FROM_AD ;καλεί την ρουτίνα που θα πάρει το ψηφιακό αποτέλεσμα από τον A/D
call CALCULATE_HYGRATE_Vo ;καλεί την ρουτίνα που το υπολογίζει το Vo
call CALCULATE_RH ;καλεί την ρουτίνα που υπολογίζει από τον τύπο την σχετική υγρασία

```

```

movf RH_BIN_L,w
movwf Bin1
movf RH_BIN_H,w
movwf Bin2
call BIN_16Bit_TO_BCD_5Bite ;καλεί την ρουτίνα που κάνει μετατροπή του αποτελέσματος σε κώδικα
BCD
call BCD_TO_ASCII_NUMBERS_0_9_5Bite ;καλεί την ρουτίνα που κάνει μετατροπή του BCD σε κώδικα ASCII
call DISPLAY_HYGRATE_TO_LCD ;καλεί την ρουτίνα που στέλνει το κείμενο και το αποτέλεσμα στην
οθόνη
return

```

```

TAKE_HYGRATE_Vo_FROM_AD
btfsc ADCON0,2 ;αυτή η ρουτίνα παίρνει το 10-Bit διάδικο αριθμό από τον αναλογικό-ψηφιακό
goto TAKE_HYGRATE_Vo_FROM_AD ;μετατροπέα και το αποθηκεύει σε δύο θέσεις μνήμης
bsf STATUS,RP0
bcf STATUS,RP1
movf ADRESL,w
bcf STATUS,RP0
movwf HYGRATE_AD_Vo_L
movf ADRESH,w
movwf HYGRATE_AD_Vo_H
return

```

```

CALCULATE_HYGRATE_Vo
movf HYGRATE_AD_Vo_H,w
movwf Multiplicand2
movf HYGRATE_AD_Vo_L,w
movwf Multiplicand1
movlw b'00000001' ;για να πάρουμε το Vo θα πρέπει να γίνουν κάποιες πράξεις πρώτα, δηλαδή
; ο αριθμός που έχουμε στις δύο θέσεις μνήμης από την προηγούμενη
;ρουτίνα θα πρέπει να πολλαπλασιασθεί με τον αριθμό 500 και να διαιρεθεί
;με τον αριθμό 1024.
movwf Multiplier2 ;αυτό γίνεται διότι αυτό που μας δίνει ο αναλογικό-ψηφιακός μετατροπέας
;είναι η ψηφιακή στάθμη του σήματος και όχι η τιμή σε Volt.
movlw b'11110100'
movwf Multiplier1
call MULTIPLICATION_16x16
clrf Dividend4
movf Product3,w
movwf Dividend3
movf Product2,w
movwf Dividend2
movf Product1,w
movwf Dividend1
call DIVISION_32bit_WITH_1024
movf Quotient1,w
movwf HYGRATE_Vo_L
movf Quotient2,w
movwf HYGRATE_Vo_H
return

```

```

CALCULATE_RH
movlw b'00010011' ; πολλαπλασιασμός του 5025 με Vo
movwf Multiplicand2 ;σε αυτή την ρουτίνα υπολογίζεται η σχετική υγρασία
movlw b'10100001' ;επειδή με τον μικροελεγκτή δεν έχουμε την δυνατότητα να κάνουμε πράξεις με
; δεκαδικούς αριθμούς κάνουμε τις πράξεις που θέλουμε με τους αριθμούς
;πολλαπλασιάζοντας τους με το 100
movwf Multiplier1
movf HYGRATE_Vo_L,w
movwf Multiplier1
movf HYGRATE_Vo_H,w
movwf Multiplier2
call MULTIPLICATION_16x16

movf Product1,w
movwf Dividend1

```

```

movf Product2,w
movwf Dividend2
movf Product3,w
movwf Dividend3
movf Product4,w
movwf Dividend4
movlw d'100'
movwf Divisor
call DIVISION

```

;εδώ γίνεται διαίρεση με το 100 λόγο του πολλαπλασιασμού που κάναμε
; παραπάνω

```

movf Quotient1,w
movwf minuend1
movf Quotient2,w
movwf minuend2
movf Quotient3,w
movwf minuend3
movf Quotient4,w
movwf minuend4
movlw b'00010011'
movwf subtractor2
movlw b'1111010'
movwf subtractor1
call SUBTRACT_32_16

```

;εδώ γίνεται αφαίρεση του 5165 με το προηγούμενο αποτέλεσμα

```

movf Product1,w
movwf Dividend1
movf Product2,w
movwf Dividend2
movf Product3,w
movwf Dividend3
movf Product4,w
movwf Dividend4
movlw b'01100100'
movwf Divisor
call DIVISION

```

; εδώ γίνεται διαίρεση με το 100 για τον ίδιο λόγο

```

movf Quotient1,w
movwf TEMP_RH
rrf TEMP_RH,f
bcf TEMP_RH,7

```

```

movlw b'00000001'

```

```

movwf Multiplicand2
movlw b'10010010'
movwf Multiplicand1
movf TEMP_RH,w
movwf Multiplier1
clrf Multiplier2
call MULTIPLICATION_16x16

```

```

movf Product1,w
movwf Dividend1
movf Product2,w
movwf Dividend2
movf Product3,w
movwf Dividend3
movf Product4,w
movwf Dividend4
movlw d'100'
movwf Divisor
call DIVISION

```

```

movf Quotient1,w
movwf Multiplicand1
movf Quotient2,w
movwf Multiplicand2
movlw d'02'
movwf Multiplier1
clrf Multiplier2
call MULTIPLICATION_16x16

```

```

movf Product1,w
movwf ADD_1_1
movf Product2,w

```

```
movwf ADD_1_2
clrf ADD_1_3
movlw d'106'
movwf ADD_2
call ADD_3_1
```

```
movf ADD_1_1,w
movwf RH_BIN_L
movf ADD_1_2,w
movwf RH_BIN_H
return
```

;αποθηκεύεται το αποτέλεσμα σε δύο θέσεις μνήμης για να γίνει το επόμενο βήμα
;που είναι η μετατροπή του δυαδικού αποτελέσματος σε κώδικα BCD και μετά σε
;κώδικα ASCII για να μπορεί να εμφανιστεί στην οθόνη

Τα υλικά που απαιτούνται για την εφαρμογή είναι τα παρακάτω:

Ο μικροελεγκτής PIC16F877

Οθόνη MC16021e8-SYL

2x Διαφορικοί ενισχυτές INA121

Τελεστικός ενισχυτής 741

Σταθεροποιητής τάσης L7805

Κρύσταλλος 20MHz

2x Πυκνωτές 15pF

Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές: 100μF, 2x 10μF

Αντιστάσεις: 30KΩ, 4.7KΩ, 4.1KΩ, 3.3KΩ, 2.2KΩ, 1KΩ, 700Ω

Αντιστάσεις ακριβείας (1% ανοχή): 1KΩ, 2.26KΩ

Πλακέτα μιας όψεως

7x ακίδες

7x Θηλυκοί ακροδέκτες τύπου μπανάνας.

Τεχνικά χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin
PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during Sleep via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™
(Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital
Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference
(V_{REF}) module
 - Programmable input multiplexing from device
inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash
program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM
memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)
via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

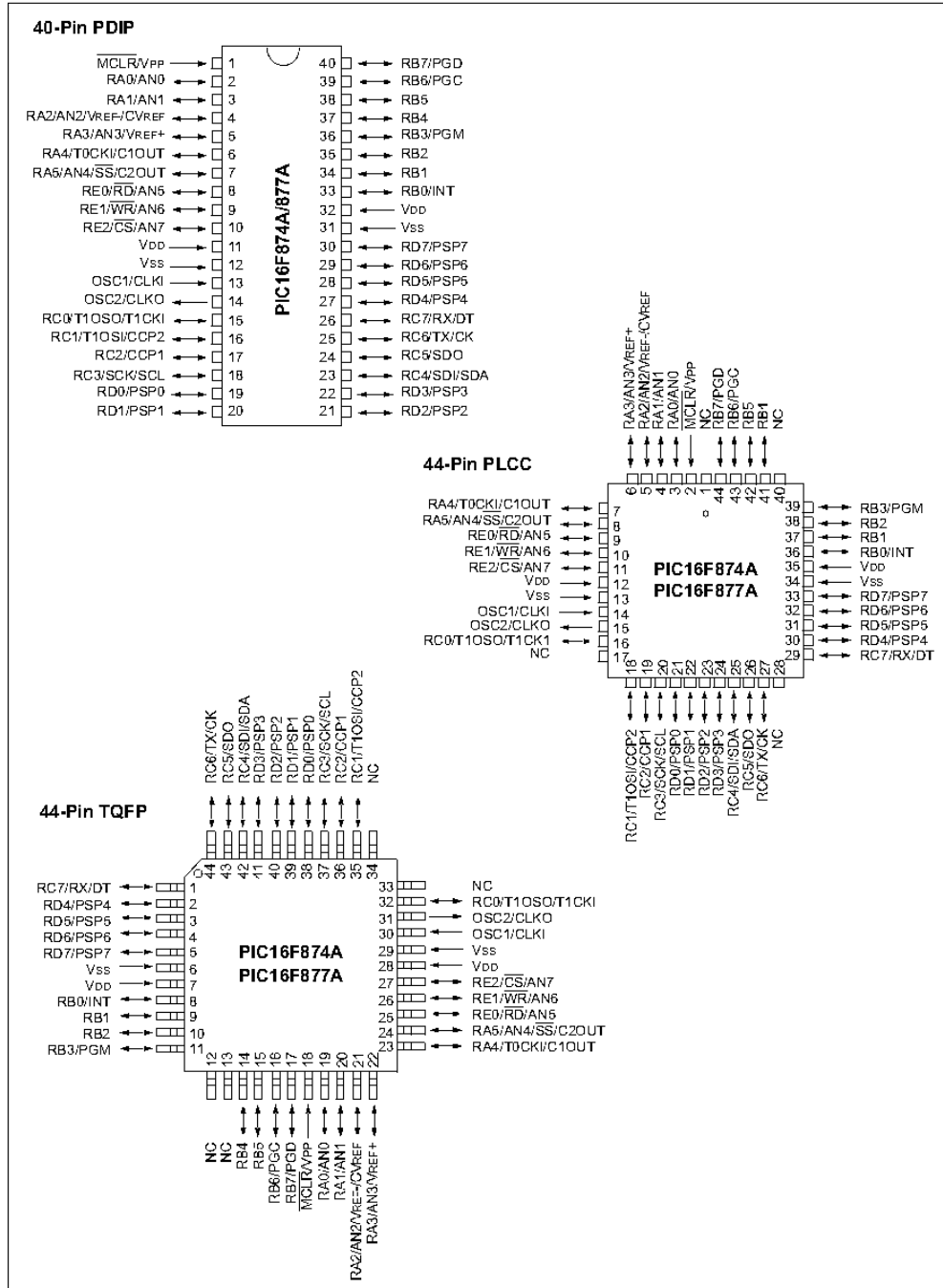
CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM
technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption


Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

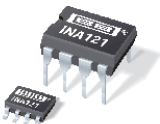
PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)



Τεχνικά χαρακτηριστικά του διαφορικού ενισχυτή





INA121

FET-Input, Low Power INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW BIAS CURRENT: $\pm 4\text{pA}$
- LOW QUIESCENT CURRENT: $\pm 450\mu\text{A}$
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE: $\pm 200\mu\text{V}$
- LOW INPUT OFFSET DRIFT: $\pm 2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- LOW INPUT NOISE:
20nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ at f = 1kHz (G = 100)
- HIGH CMR: 106dB
- WIDE SUPPLY RANGE: $\pm 2.25\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$
- LOW NONLINEARITY ERROR: 0.001% max
- INPUT PROTECTION TO $\pm 40\text{V}$
- 8-PIN DIP AND SO-8 SURFACE MOUNT

APPLICATIONS

- LOW-LEVEL TRANSDUCER AMPLIFIERS
Bridge, RTD, Thermocouple
- PHYSIOLOGICAL AMPLIFIERS
ECG, EEG, EMG, Respiratory
- HIGH IMPEDANCE TRANSDUCERS
- CAPACITIVE SENSORS
- MULTI-CHANNEL DATA ACQUISITION
- PORTABLE, BATTERY OPERATED SYSTEMS
- GENERAL PURPOSE INSTRUMENTATION

DESCRIPTION

The INA121 is a FET-input, low power instrumentation amplifier offering excellent accuracy. Its versatile three-op amp design and very small size make it ideal for a variety of general purpose applications. Low bias current ($\pm 4\text{pA}$) allows use with high impedance sources.

Gain can be set from 1V to 10,000V/V with a single external resistor. Internal input protection can withstand up to $\pm 40\text{V}$ without damage.

The INA121 is laser-trimmed for very low offset voltage ($\pm 200\mu\text{V}$), low offset drift ($\pm 2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$), and high common-mode rejection (106dB at G = 100). It operates on power supplies as low as $\pm 2.25\text{V}$ ($+4.5\text{V}$), allowing use in battery operated and single 5V systems. Quiescent current is only $450\mu\text{A}$.

Package options include 8-pin plastic DIP and SO-8 surface mount. All are specified for the -40°C to $+85^\circ\text{C}$ industrial temperature range.

International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 8730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85708 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111
 Internet: <http://www.burr-brown.com> • FAXLine: (800) 546-6133 (US/Canada Only) • Cable: BURCORP • Telex: 068-8491 • FAX: (520) 689-1510 • Irmedia: Product Info: (800) 546-6132

Πίνακας που δείχνει τους χαρακτήρες που εμφανίζει η LCD οθόνη.

HD44780U

Table 4 Correspondence between Character Codes and Character Patterns (ROM Code: A02)

Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣	␣
xxxx0001	(2)	␣	!	1	A	Q	a	q	Ä	ä	ı	±	Á	Ñ	á	ñ
xxxx0010	(3)	“	”	2	B	R	b	r	W	Γ	φ	z	À	Ò	à	ò
xxxx0011	(4)	”	#	3	C	S	c	s	3	π	€	z	À	Ó	á	ó
xxxx0100	(5)	␣	\$	4	D	T	d	t	Μ	Σ	κ	κ	À	Ô	â	ô
xxxx0101	(6)	␣	%	5	E	U	e	u	Ÿ	σ	¥	μ	À	Ö	ä	ö
xxxx0110	(7)	␣	&	6	F	V	f	v	J	đ	ı	ı	À	Ø	æ	ø
xxxx0111	(8)	␣	'	7	G	W	w	π	τ	δ	•	ç	×	ç	÷	
xxxx1000	(1)	†	(	8	H	X	h	x	Y	␣	␣	␣	É	Φ	è	φ
xxxx1001	(2)	‡	)	9	I	Y	i	y	U	θ	θ	ı	É	Ù	é	ù
xxxx1010	(3)	÷	*	:	J	Z	j	z	4	Q	Q	Q	É	Ú	ê	ú
xxxx1011	(4)	←	+	:	K	[	k	[	W	δ	«	»	É	Û	ë	û
xxxx1100	(5)	≤	,	<	L	\	l	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1101	(6)	≥	-	=	M	]m	)	b	␣	␣	␣	␣	ı	ı	ı	ı
xxxx1110	(7)	▲	.	>	N	^	n	~	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1111	(8)	␣	/	?	O	_	o	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı

Βιβλιογραφία

1. “Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου”, Elgar Peter, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσ/νίκη, 2003.
2. “Μικροαισθητήρες αρχές & εφαρμογές”, Gardner Jullian, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσ/νίκη, 2000.
3. “Handbook of modern sensors, physics, design and application”, Fraden Jacob, Springer, 2004.
4. “Analog Circuit Design: Mixed A/D Circuit Design, Sensor Interface Circuits and Communication Circuits”, Willy M.C. Sansen, Springer, 2005.
5. “Σχεδιασμός, ανάπτυξη και κατασκευή εργαστηριακών αισθητήρων“, Παναγάκος Αριστείδης, Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Λαμίας, 2006.
6. *“Σύγχρονη μεταφορά δεδομένων από αισθητήρες σε διαδικτυακές τοποθεσίες”*. Παπασμύρης Αποστόλης και Walid Al Mughrabi, Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Λαμίας, 2007.
7. www.fourier-sys.com