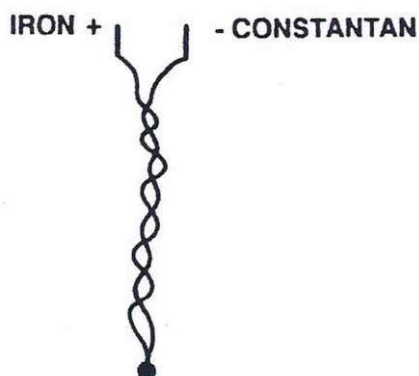


ΘΕΩΡΙΑ



Συμβολισμός Θερμοζεύγους

Σχήμα 4.1

ποικίλουν ως προς την περιοχή θερμοκρασίας και την απόκλιση της τάσης.

Ένα θερμοζεύγος φαίνεται στο σχήμα 4.1. Παρατηρήστε ότι ο σίδηρος έχει το θετικό δυναμικό ενώ η κωνσταντάνη το αρνητικό.

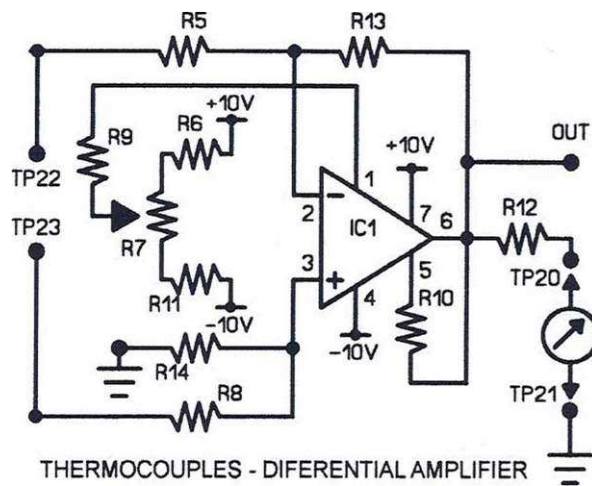
Όταν το θερμοζεύγος θερμανθεί, απαιτείται κάποιος συγκεκριμένος χρόνος για την τάση εξόδου της ένωσης να ακολουθήσει την στιγμιαία μεταβολή της θερμοκρασίας της επαφής. Η χρονική διαφορά μεταξύ της μεταβολής της θερμοκρασίας και της μεταβολής της τάσης εξόδου ονομάζεται σταθερά χρόνου (TC) της διάταξης.

Η σταθερά χρόνου (TC) καθορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για την έξοδο να φτάσει στο 63,2% της τελικής τιμής της τάσης εξόδου στη νέα θερμοκρασία, αναφερόμενη σε μία βηματική αλλαγή της θερμοκρασίας.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Σε αυτό το πείραμα θα μελετηθεί ένα θερμοζεύγος τύπου J συνδεδεμένο με τον τελεστικό ενισχυτή (γέφυρας). Θα υπολογισθεί η σταθερά χρόνου του θερμοζεύγους και θα μετρηθεί το κέρδος του. Τα σχετικά δεδομένα θα αξιολογηθούν.

Εντοπίστε το κύκλωμα με το θερμοζεύγος, THERMOCOUPLES, που βρίσκεται στην πινακίδα 1002-B, το οποίο είναι ίδιο με αυτό του σχήματος 4.2



Κύκλωμα Ενισχυτή Θερμοζεύγους

Σχήμα 4.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

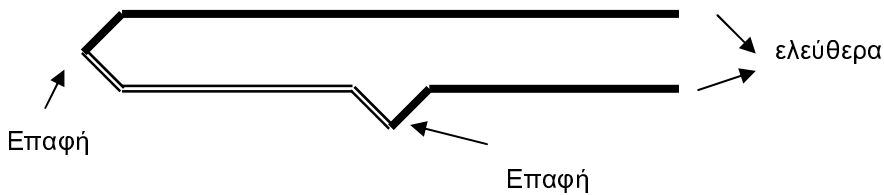
1. Θα χρησιμοποιηθεί ο τελεστικός ενισχυτής (γέφυρας) μαζί με ένα θερμοζεύγος (σιδήρου/κωνσταντάνης).
2. Θέσετε OFF τα J1,J2,J3 και ON το J4. Το πολύμετρο θα πρέπει να τοποθετηθεί μεταξύ των TP20 και TP21. (Χρησιμοποιήστε τη σωστή πολικότητα). Θέσετε το πολύμετρο ώστε να μετρά DC mV. Θέσετε την τροφοδοσία στα +10 VDC.
3. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με + 10 VDC.
4. Για να ισοσταθμίσετε την απόκλιση του ενισχυτή, βραχυκυκλώστε τα σημεία TP22 και TP23 και ρυθμίστε την R7 για την ελάχιστη τάση εξόδου που θα μετρηθεί στο πολύμετρο. Στην συνέχεια αφαιρέστε το βραχυκύκλωμα και τοποθετήστε το θερμοζεύγος στα σημεία TP22 και TP23. Το θερμοζεύγος στην συνέχεια ανιχνεύει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Το θερμοζεύγος παράγει μία τάση DC και η τάση αυτή εκτρέπεται την ισορροπία του ενισχυτή. Ο σίδηρος είναι ο θετικός ακροδέκτης του θερμοζεύγους και το κωνσταντάνιο είναι ο αρνητικός ακροδέκτης. Η πολικότητα της εξόδου μπορεί να αντιστραφεί αλλάζοντας τα καλώδια της εισόδου. Αντιστρέψτε τα καλώδια και παρατηρήστε τι συμβαίνει. Ο ακροδέκτης 2 του ενισχυτή LM741 είναι η αρνητική είσοδος. Ο σίδηρος θα πρέπει να συνδεθεί στη θετική είσοδο κάνοντας το πολύμετρο να αποκλίνει ανοδικά (θετικά).
5. Τι χρώμα είναι το καλώδιο (η μόνωση) του σιδήρου; _____
6. Το θερμοζεύγος διαβάζει τη θερμοκρασία δωματίου (περιβάλλοντος). Ποια είναι η τάση που δείχνει το πολύμετρο στη θερμοκρασία δωματίου; Ονομάστε τη T_1 . $V_{T1} =$
7. Θερμάνετε το θερμοζεύγος με ένα μέσο θέρμανσης (σπίρτο) μέχρι να σταθεροποιηθεί η τάση στο πολύμετρο. Ονομάστε αυτή τη θερμοκρασία T_2 . Καταγράψτε την τάση που αντιστοιχεί στην T_2 . $V_{T2} =$
8. Αφού θερμάνετε το θερμοζεύγος και σταθεροποιήσατε την τάση (η οποία έχει ονομαστεί T_2) αφαιρέστε το μέσο θέρμανσης από το θερμοζεύγος και καταγράψτε το χρόνο που χρειάζεται στο θερμοζεύγος για να φτάσει ξανά στο T_1 (θερμοκρασία περιβάλλοντος). Χρόνος =
9. Θερμάνετε εκ νέου το θερμοζεύγος και μετρήστε το χρόνο που παίρνει στην έξοδο να φτάσει στο 40% περίπου της μέγιστής της τιμής. ΣΗΜΕΙΩΣΗ : Η πραγματική τιμή είναι 100% - 63,2% ή 36,8%. $TC =$
10. Προσπαθήστε να ψύξετε το θερμοζεύγος κάτω από τη θερμοκρασία δωματίου. Προτείνεται να βυθίσετε την επαφή σε κρύο νερό. Σε ποια κατεύθυνση κινείται η ένδειξη του πολυμέτρου;

Θεωρία

ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ

Τα αισθητήρια αυτά παράγουν κατ' ευθείαν ηλεκτρικό σήμα ανάλογο με την θερμοκρασία του χώρου στον οποίο βρίσκονται. Συνήθως αναφέρονται με την λέξη *θερμοζεύγος (thermocouple)* γιατί απαιτούνται τουλάχιστον δύο διαφορετικά υλικά για την δημιουργία τους.

Η λειτουργία τους βασίζεται στα φαινόμενα Seebeck και Peltier. Ο Seebeck έδειξε ότι όταν δύο διαφορετικά μέταλλα έλθουν σε επαφή και το σημείο της ένωσης βρίσκεται σε κάποια θερμοκρασία, τότε ηλεκτρόνια περνούν μέσα από την επαφή. Σχεδιάστηκε λοιπόν ένα αισθητήριο, όπως αυτό του σχήματος 4.3.1 (με διαφορετικές γραμμές σχεδιάζονται τα δύο διαφορετικά μέταλλα). Η επαφή αναφοράς πρέπει να είναι σε μια γνωστή σταθερή θερμοκρασία, ενώ τα ελεύθερα άκρα πρέπει να βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. Στα ελεύθερα άκρα θα εμφανιστεί μια διαφορά δυναμικού που θα είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της επαφής μέτρησης και της επαφής αναφοράς.

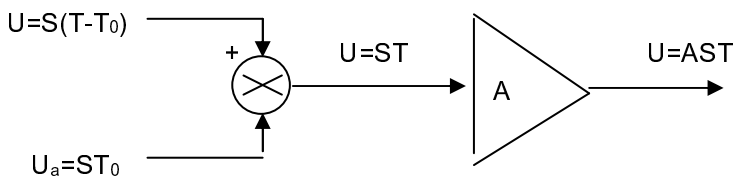


Σχήμα 4.3.1 Σχηματικό διάγραμμα θερμοζεύγους

Έτσι η τάση που αναπτύσσεται στα ελεύθερα άκρα είναι

$$U = S(T - T_0) \quad 4.3.1$$

Όπου S μία σταθερά, T η θερμοκρασία της επαφής μέτρησης και T_0 η θερμοκρασία της επαφής αναφοράς. Όπως φαίνεται από την σχέση 4.3.1, η εξίσωση απλοποιείται αν η θερμοκρασία αναφοράς T_0 είναι 0°C . Για να γίνει αυτό θα πρέπει η επαφή να βρίσκεται διαρκώς σε μισολεωμένο πάγο. Επειδή αυτό προφανώς είναι αδύνατον, η θερμοκρασία αναφοράς είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, οπότε πρέπει να προσθέσουμε μια τάση ίση με τη τάση που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία αυτή (τάση αντιστάθμισης). Για να μην επηρεάζεται η επαφή αναφοράς από μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, τοποθετείται σε μια μεταλλική πλάκα μεγάλης θερμοχωρητικότητας* (ώστε η θερμοκρασία της να μην αλλάζει εύκολα). Στο σχήμα 4.3.2 φαίνεται η μέθοδος με την οποία δημιουργείται μια τάση ανάλογη της θερμοκρασίας που πρόκειται να μετρηθεί.



Σχήμα 4.3.2 Δημιουργία τάσης ανάλογης με θερμοκρασία

Όπου U η τάση του αισθητηρίου και U_a η τάση αντιστάθμισης.

Ανάλογα με τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του θερμοστοιχείου έχουμε διαφόρους τύπους με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Οι κυριότεροι τύποι θερμοζευγών με τα βασικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται συνοπτικά στον πίνακα 4.3.1

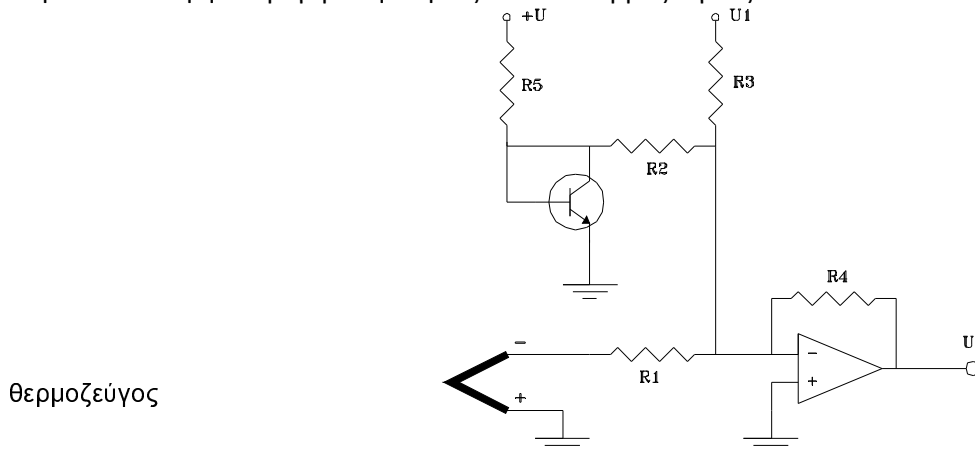
Γενικά τα θερμοζεύγη δεν είναι αισθητήρια μεγάλης ακρίβειας. Επίσης υπάρχει δυσκολία στον σχεδιασμό του κυκλώματος αντιστάθμισης (βλ. πιο κάτω). Είναι όμως γρήγορα στην απόκριση (χρόνος απόκρισης περίπου 1-2 sec) και αρκετά φθηνά

Ανάλογα με την περιοχή θερμοκρασίας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, επιλέγεται το κατάλληλο θερμοζεύγος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην γραμμικότητα που παρουσιάζει το αισθητήριο που θα επιλεγεί στην περιοχή αυτή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.1

Τύπος	Υλικό κατασκευής	Περιοχή λειτουργίας (σε °C)	Ακρίβεια	Παρατηρήσεις
E	Cr/Con	-200 έως 900	±1.5 °C ή 0.5%	Υψηλή ΗΕΔ (56mV στους 750°C)
J	Fe/Con	0 έως 750	±3 °C ή 0.75%	Φθηνό
K	Cr/Al	-200 έως 1260	±3 °C ή 0.75%	Μέτρια ΗΕΔ (42mV στους 750°C) Σταθερό, Μεγάλη γραμμικότητα
R	Rt/Rh & Pt	0 έως 1400	±2 °C ή 0.3%	Χαμηλή ΗΕΔ (30mV στους 750°C) Πολύ σταθερό
S	Rt/Rh & Pt	0 έως 1400	±2 °C ή 0.3%	Εξαιρετικά μικρή ΗΕΔ (7mV στους 750°C) Πολύ σταθερό
T	Cu/Con	-250 έως 400	±2 °C ή 0.75%	Εξαιρετικά μικρή ΗΕΔ (6.6mV στους 750°C) Οξειδώνεται στις υψηλές θερμοκρασίες
B	Pt/Rh	0 έως 1700	±3 °C ή 0.3%	Μέτρια ΗΕΔ (20mV στους 400°C) Εξαιρετικά μικρή ΗΕΔ (8.4mV στους 1000°C)

Τάση ΗΕΔ είναι η ηλεκτρεγερτική στην έξοδο του θερμοζεύγους.



Σχήμα 4.3.2 Συνδεσμολογία θερμοζεύγους

Για να σχεδιάσουμε ένα κύκλωμα μέτρησης θερμοκρασίας, πρέπει να σχεδιάσουμε την μονάδα δημιουργίας της τάσης αντιστάθμισης. Στο σχήμα 4.3.2 βλέπουμε ένα τέτοιο κύκλωμα, όπου σαν στοιχείο αντιστάθμισης χρησιμοποιείται ένα τρανζίστορ. Η τάση βάσης-εκπομπού ενός τρανζίστορ εξαρτάται από την θερμοκρασία και έχει την μορφή

$$U_{CB} = U_{σταθ} + kT_k \quad 4.3.2$$

Όπου T_k η θερμοκρασία της επαφής και k ο θερμοκρασιακός συντελεστής της επαφής BC ίσος με $-2mV/°C$ (δηλαδή για κάθε βαθμό που αυξάνεται η θερμοκρασία η τάση επαφής μειώνεται κατά $2mV$). Το σταθερό μέρος της εξίσωσης 4.3.2 αφαιρείται μέσω της τάσης U_1 , οπότε απομένει μόνο η τάση που εξαρτάται από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και αποτελεί την τάση αντιστάθμισης.

Στον τελεστικό ενισχυτή η τάση αυτή αθροίζεται με την τάση του θερμοστοιχείου και η τάση που προκύπτει ενισχύεται. Η τελική τάση εξόδου είναι η U_o .

Κυκλώματα μέτρησης έχουν εμφανιστεί και σε μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Παράδειγμα είναι το ολοκληρωμένο AD595A της Analog Devices που είναι ένας πλήρης διαφορικός ενισχυτής μετρήσεων, με ενσωματωμένη βαθμίδα αντιστάθμισης (της ψυχρής επαφής) του θερμοζεύγους. Σύνδεση του θερμοζεύγους στην είσοδο του ολοκληρωμένου αυτού, οδηγεί στην δημιουργία σήματος εξόδου που μεταβάλλεται με ρυθμό $10mV/°C$.