

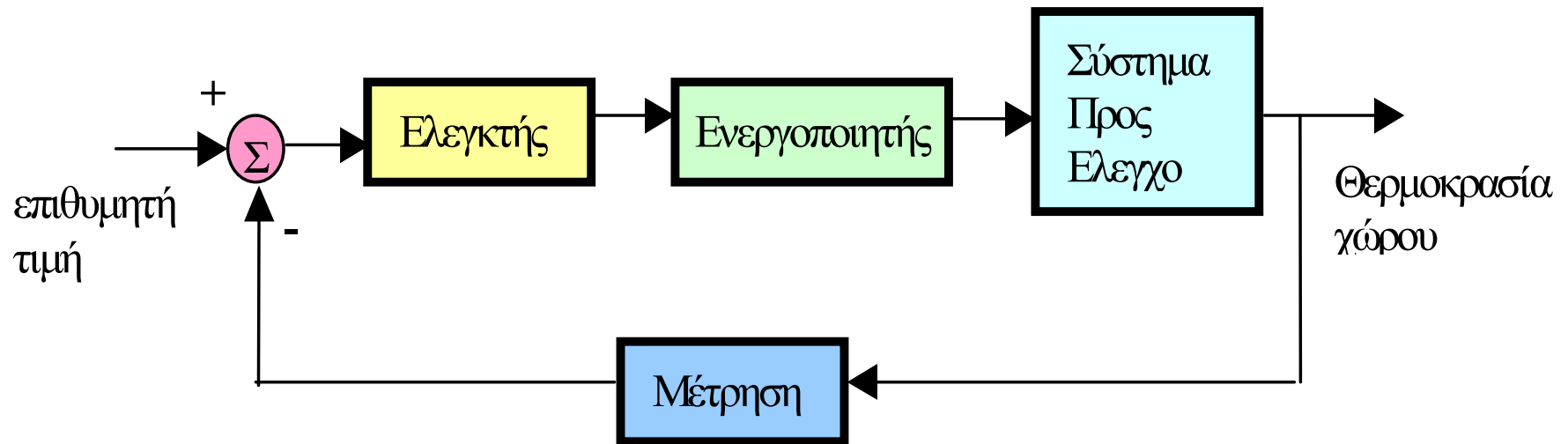
Συλλογή μεταφορά και έλεγχος Δεδομένων

**Μέτρηση και Έλεγχος
Θερμοκρασίας**

ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να γνωρίσει ο μαθητής τους βασικούς τύπους αισθητηρίων θερμοκρασίας καθώς και κυκλώματα μέτρησης και ελέγχου όπου εφαρμόζονται τα αισθητήρια αυτά.
- Στόχος είναι να μπορεί ο μαθητής να απαριθμεί τους κυριώτερους τύπους αισθητηρίων θερμοκρασίας και να επιλέγει το πλέον κατάλληλο για κάθε εφαρμογή. Επίσης ο μαθητής να μπορεί στα κυκλώματα αυτοματισμού που περιγράφονται, να αναγνωρίζει τις μονάδες ελέγχου και να μπορεί να σχεδιάζει δικές του απλές εφαρμογές ελέγχου θερμοκρασίας.

Διάγραμμα βαθμίδων κυκλώματος ελέγχου θερμοκρασίας



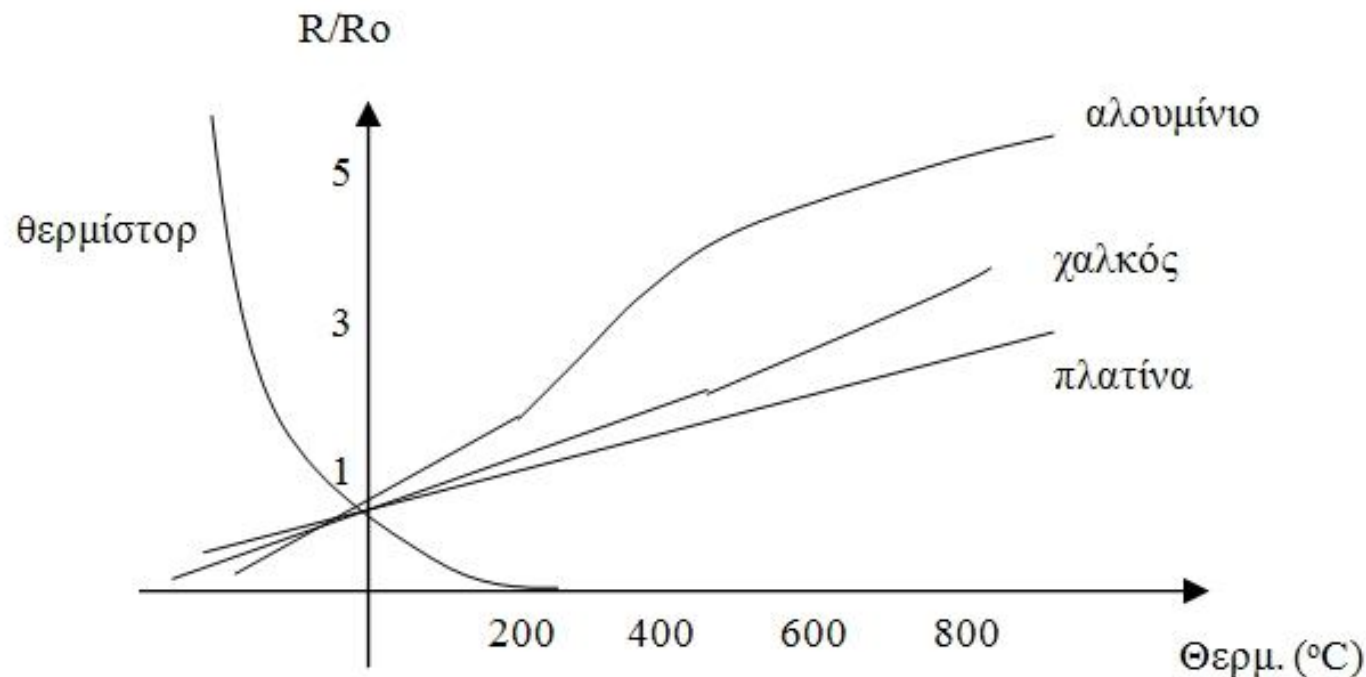
- Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε κατ' αρχήν τα διάφορα αισθητήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση θερμοκρασίας. Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί στην αρχή λειτουργίας και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καθενός, ώστε να είναι δυνατόν κάποιος να επιλέγει το κατάλληλο αισθητήριο για κάθε εφαρμογή.
- Παράλληλα σε κάθε τύπο αισθητηρίου θα εξετάζουμε και την εφαρμογή του σε ένα βασικό κύκλωμα ελέγχου θερμοκρασίας. Όπως θα δούμε το κύκλωμα ελέγχου αλλάζει ανάλογα με το αισθητήριο που χρησιμοποιούμε. Ανάλογα με την εφαρμογή θα πρέπει να γίνεται η σωστή επιλογή αισθητηρίου-κυκλώματος ελέγχου.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

- Πρόκειται για αισθητήρια στα οποία εκμεταλλευόμαστε την μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, καθώς αλλάζει η θερμοκρασία του. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι :
 - τα θερμίστορ (*thermistors*)
 - και τα αισθητήρια αντίστασης (*resistance temperature detectors - RTD*).

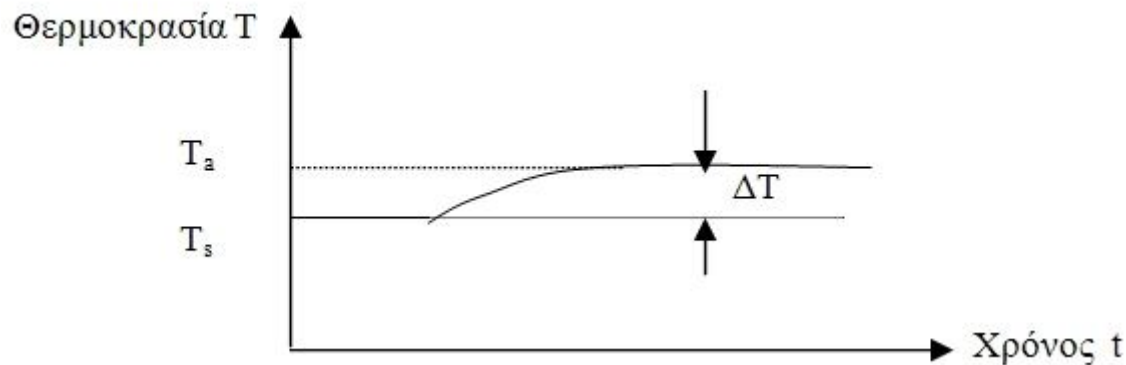
καμπύλες μεταβολής της αντίστασης διαφόρων υλικών

- Στο σχήμα βλέπουμε τις καμπύλες μεταβολής της αντίστασης διαφόρων υλικών, συναρτήσει της θερμοκρασίας. Στον κατακόρυφο άξονα έχουμε τον λόγο R/R_0 , όπου R η αντίσταση του υλικού σε κάποια θερμοκρασία και R_0 η αντίσταση στους 0°C .
- Μια σημαντική παράμετρος των αισθητηρίων αυτών είναι ο θερμικός συντελεστής τους, που εξαρτάται από τον ρυθμό μεταβολής της αντίστασης του αισθητηρίου με την θερμοκρασία. Αρνητικός θερμικός συντελεστής σημαίνει ότι η αντίσταση μειώνεται, ενώ θετικός ότι αυξάνει.



Φαινόμενο αυτοθέρμανσης (self-heating effect)

- Ένα σημαντικό μειονέκτημα των αισθητηρίων θερμοκρασίας μεταβλητής αντίστασης είναι το *φαινόμενο αυτοθέρμανσης*. Κατά την λειτουργία του ένα αισθητήριο αντίστασης διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Λόγω όμως του φαινομένου Joule μια αντίσταση που διαρρέεται από ρεύμα θερμαίνεται. Έτσι το αισθητήριο θερμαίνεται λόγω του ρεύματος που το διαρρέει. Αυτό είναι μια πηγή σφάλματος, αφού η θερμοκρασία του αισθητηρίου δεν επηρεάζεται μόνο από την θερμότητα του αντικειμένου (του οποίου μετρά την θερμοκρασία) αλλά και από την θερμότητα που αναπτύσσεται σε αυτό λόγω του φαινομένου joule.

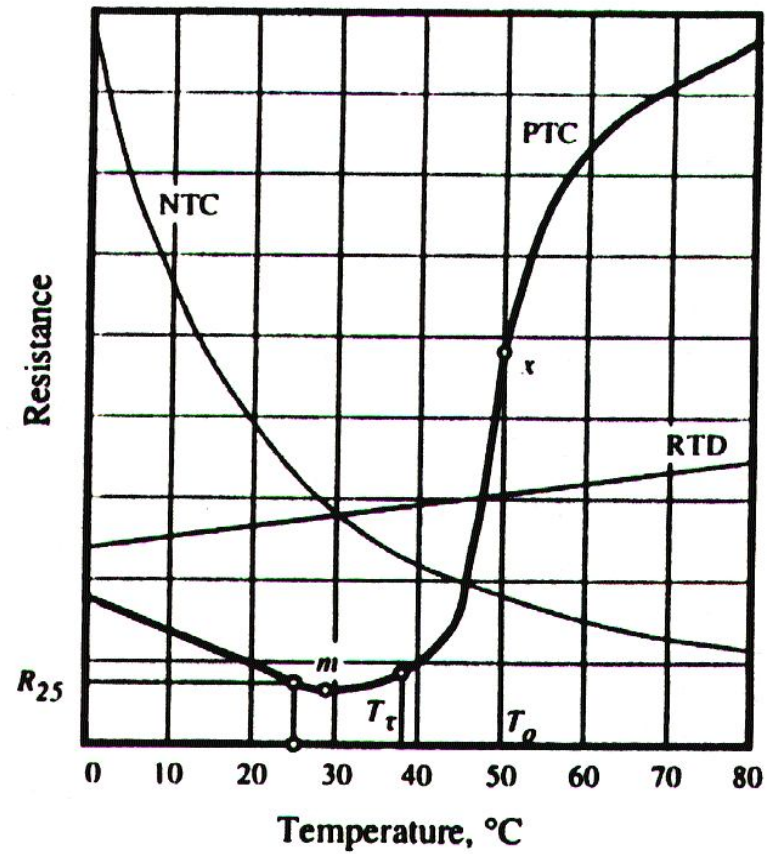


Επειδή η απόκριση του θερμίστορ είναι εξαιρετικά γρήγορη, η τιμή που αυτό μετρά, αρχικά σταθεροποιείται στην πραγματική τιμή. Με την πάροδο του χρόνου όμως, λόγω του φαινομένου της αυτοθέρμανσης, έχουμε μια ελαφρά αύξηση της θερμοκρασίας αυτής

Θερμίστορ

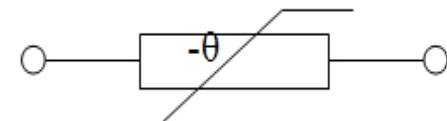
- Πρόκειται για αντιστάτες, η τιμή των οποίων εξαρτάται από την θερμοκρασία στην οποία βρίσκονται. Κατασκευάζονται από την μίξη οξειδίων μετάλλων με χαρακτηριστικά ημιαγωγών και έχουν σχήμα κυλινδρικό, σφαιρικό, ορθογώνιο και λεπτού φιλμ. Διαιρούνται σε δύο κατηγορίες :
 - *αρνητικού συντελεστή θερμοκρασίας (negative temperature coefficient - NTC)*
 - *και θετικού συντελεστή θερμοκρασίας (positive temperature coefficient - PTC).*

Χαρακτηριστικές καμπύλες PTC NTC θερμίστορ RTD



NTC θερμίστορ

- Στα θερμίστορ αυτά η αντίσταση μειώνεται καθώς η θερμοκρασία αυξάνει, παρουσιάζουν δηλαδή αρνητικό θερμικό συντελεστή. Η σχέση μεταξύ της αντίστασης και της θερμοκρασίας είναι ισχυρά μη γραμμική*.
- * η έννοια της γραμμικότητας ενός αισθητηρίου έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 2



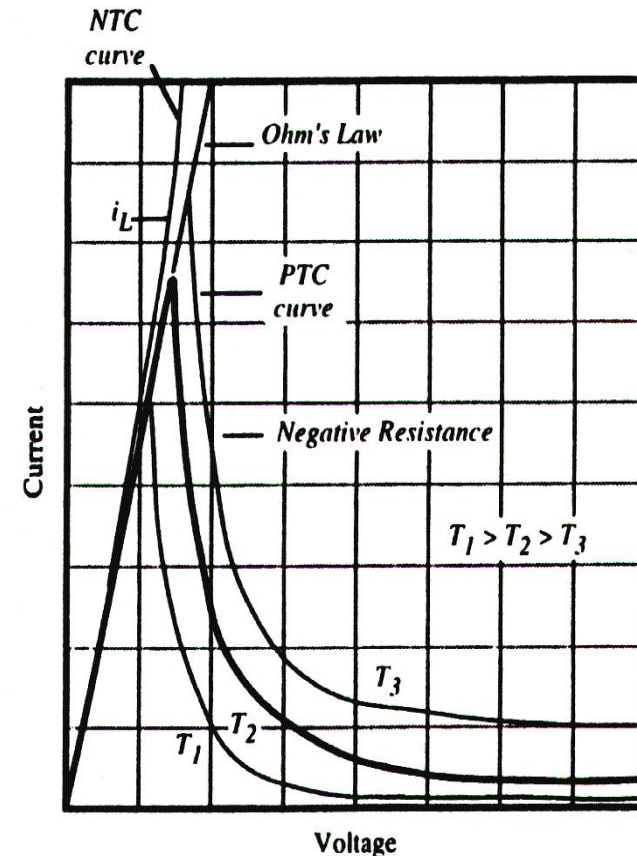
PTC θερμίστορ

- Στα θερμίστορ αυτά σε μια μεγάλη περιοχή θερμοκρασίας, η αντίστασή τους αυξάνει καθώς η θερμοκρασία αυξάνει, παρουσιάζουν δηλαδή θετικό θερμικό συντελεστή.
- Όλα τα μέταλλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή PTC, παρουσιάζουν όμως χαμηλό θερμικό συντελεστή. Αντίθετα άλλα (κεραμικά) υλικά παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή και γι αυτό προτιμούνται.



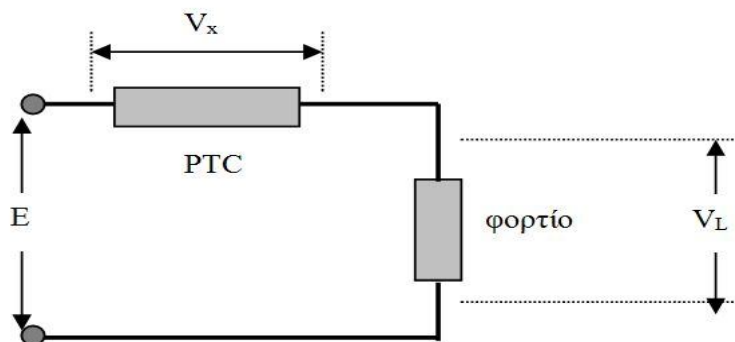
Εφαρμογές

- Ένα υλικό που παρουσιάζει αρνητικό συντελεστή θερμικής αντίστασης, όταν συνδεθεί σε πηγή με μικρή αντίσταση εξόδου, ελαττώνει την αντίστασή του, λόγω του φαινομένου αυτοθέρμανσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του ρεύματος που το διαρρέει, άρα μεγαλύτερη θέρμανσή του. Αν δεν υπάρχει απαγωγή θερμότητας από το αισθητήριο, τότε η αυτοθέρμανση θα οδηγήσει σε υπερθέρμανση και πιθανόν καταστροφή του.
- Αντίθετα, ένα υλικό με θετικό συντελεστή θερμικής αντίστασης δεν παρουσιάζει υπερθέρμανση, όταν συνδέεται σε πηγή με μικρή αντίσταση εξόδου. Και αυτό γιατί αύξηση της θερμοκρασίας λόγω αυτοθέρμανσης, θα οδηγήσει σε αύξηση της αντίστασης, άρα σε μείωση του ρεύματος που τη διαρρέει, επομένως και της θερμότητας που αναπτύσσεται σ' αυτή. Υπάρχει δηλαδή μια δράση αυτοπεριορισμού.



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Η δράση αυτή δίνει την δυνατότητα στα PTC θερμίστορ (προτιμούνται τα PTC από τους αισθητήρες αντίστασης RTD που θα παρουσιατούν πιο κάτω, γιατί παρουσιάζουν μεγαλύτερη μεταβολή της αντίστασης με την θερμοκρασία) να χρησιμοποιούνται σε αρκετές εφαρμογές, όπως:
- Προστασία κυκλωμάτων από υψηλά ρεύματα. Στο σχήμα βλέπουμε μια τέτοια συνδεσμολογία



Κύκλωμα προστασίας από υψηλά ρεύματα

- Στην θερμοκρασία δωματίου η τιμή της αντίστασης του PTC είναι χαμηλή (τυπική τιμή μεταξύ 10 και 140 Ω).
- Ρεύμα I δημιουργεί μια τάση V_L στο φορτίο και V_s στο θερμίστορ ($V_L \gg V_s$).
- Στο θερμίστορ παρέχεται τότε μια ισχύς $P=IV_s$ που αυξάνει την θερμοκρασία του.
- Κατά την κανονική λειτουργία της συσκευής (φορτίο) το ρεύμα I έχει χαμηλή τιμή, άρα μικρή είναι και η αύξηση της θερμοκρασίας του θερμίστορ, ώστε τελικά δεν επηρεάζεται η τιμή της ολικής αντίστασης του κυκλώματος.
- Όταν όμως συμβεί κάποιο βραχυκύκλωμα, η αντίσταση του φορτίου ελαττώνεται κατά πολύ, οπότε έχουμε μια μεγάλη αύξηση του ρεύματος.
- Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του θερμίστορ λόγω αυτοθέρμανσης, με αποτέλεσμα την αύξηση της αντίστασής του. Έτσι η ολική αντίσταση του κυκλώματος αυξάνει και επομένως το ρεύμα μειώνεται.

Εφαρμογές

- Δημιουργία μικρο-θερμοστατών για εφαρμογές στην μικροηλεκτρονική, βιονική, κλπ. Το σημείο σταθεροποίησης της θερμοκρασίας εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του υλικού από το οποίο κατασκευάζεται ο θερμοστάτης.
- Δημιουργία κυκλώματος χρονικής υστέρησης.
- Σχεδίαση ροομέτρων και ανιχνευτών στάθμης υγρών.



Συμπεράσματα

- τα θερμίστορ (PTC ή NTC) δεν παρουσιάζουν γραμμική συμπεριφορά και γι αυτό δεν χρησιμοποιούνται ευρέως στην βιομηχανία για μέτρηση θερμοκρασίας. Είναι όμως 10 φορές πιο ευαίσθητα σε αλλαγές της θερμοκρασίας από τα θερμοζεύγη και παρουσιάζουν πολύ καλλίτερη σταθερότητα στην συμπεριφορά τους κατά την διάρκεια μακρόχρονης χρήσης του.
- Επίσης έχουν μικρές διαστάσεις και δεν χρειάζονται ειδική συρμάτωση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θερμοκρασιακές περιοχές από -100⁰C έως 400⁰C.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός probe θερμίστορ, φαίνονται στον πίνακα

<u>Τεχνικά χαρακτηριστικά θερμίστορ</u>	
Περιοχή θερμοκρασίας	-10 ⁰ C έως 200 ⁰ C
Αντίσταση	2000Ω στους 20 ⁰ C
	1680Ω±2% στους 25 ⁰ C
Φαινόμενο αυτοθέρμανσης	40Ω στους 200 ⁰ C
Χρόνος απόκρισης	1 ⁰ C / 1.5mW
Διάμετρος	msec
Μήκος ακίδας	4mm
	150mm

Αισθητήρες αντίστασης (resistance temperature detectors -RTDs)

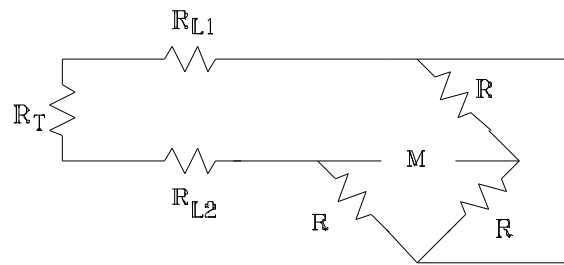
- Από τον προηγούμενο αιώνα είχε παρατηρηθεί ότι η αντίσταση κάποιων υλικών άλλαζε με την αλλαγή της θερμοκρασίας τους. Μάλιστα ο Callendar το 1887 περιέγραψε την λειτουργία ενός αισθητήρα από πλατίνα, η αντίσταση του οποίου άλλαζε γραμμικά με την θερμοκρασία.
- Σήμερα οι αισθητήρες RTD κατασκευάζονται από διάφορα μέταλλα, σε σχήμα σύρματος ή λεπτού φιλμ. Όλα τα μέταλλα μπορούν να αποκριθούν σε μεταβολή της θερμοκρασίας, όμως σχεδόν αποκλειστικά χρησιμοποιείται η πλατίνα, λόγω γραμμικής συμπεριφοράς και σταθερότητας της λειτουργίας του. Ολοι πάντως οι RTDs παρουσιάζουν θετικό θερμικό συντελεστή αντίστασης.



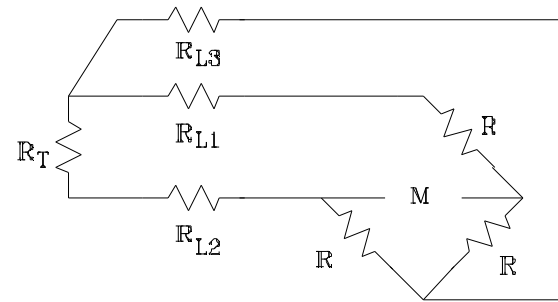
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετρήσεις θερμοκρασιών από -200°C έως 600°C , αλλά ειδικές κατασκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πέρα από την περιοχή αυτή. Τα τελευταία χρόνια έχει γενικευτεί η χρήση των αισθητηρίων αυτών. Ο πιο γνωστός τύπος είναι το Pt100 (αντίσταση 100Ω στους 0°C).
- <http://www.primetech.co.kr/Eng/product4.htm>

Κύκλωμα ελέγχου θερμοκρασίας

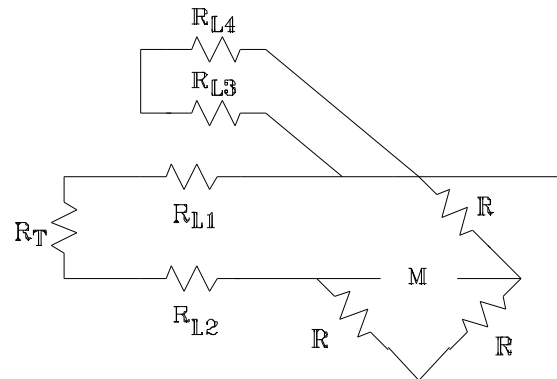
- Ένα σημείο που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή είναι η σύνδεση του αισθητηρίου στο υπόλοιπο κύκλωμα μέτρησης και ελέγχου. Συνήθως το σημείο που πρέπει να γίνει η μέτρηση απέχει από όργανο μέτρησης (π.χ. μέτρηση στο εσωτερικό ενός κλιβάνου). Επομένως το αισθητήριο συνδέεται μέσω καλωδίων. Τα καλώδια αυτά όμως παρουσιάζουν αντίσταση, που προστίθεται στην αντίσταση του αισθητηρίου, με αποτέλεσμα την δημιουργία σφάλματος. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την σύνδεση του αισθητηρίου μέσω γέφυρας.



(α)



(β)



- Στο (α) η συνδεσμολογία είναι 2 γραμμών (δηλαδή υπάρχουν δύο αγωγοί σύνδεσης) και η μέτρηση είναι $R_T + R_{L1} + R_{L2}$ δηλαδή το σφάλμα είναι $R_{L1} + R_{L2}$.
- Στο (β) η συνδεσμολογία είναι τριών γραμμών και το σφάλμα στην μέτρηση είναι $R_{L1} - R_{L2}$.
- Στο (γ) η συνδεσμολογία είναι τεσσάρων γραμμών και το σφάλμα στην μέτρηση είναι $R_{L1} + R_{L2} - R_{L3} - R_{L4}$.
- Παρατηρούμε ότι στις δύο τελευταίες καλωδιώσεις αν τα σύρματα είναι από το ίδιο υλικό και έχουν τις ίδιες διαστάσεις, τότε θα έχουν την ίδια αντίσταση, άρα το σφάλμα μηδενίζεται

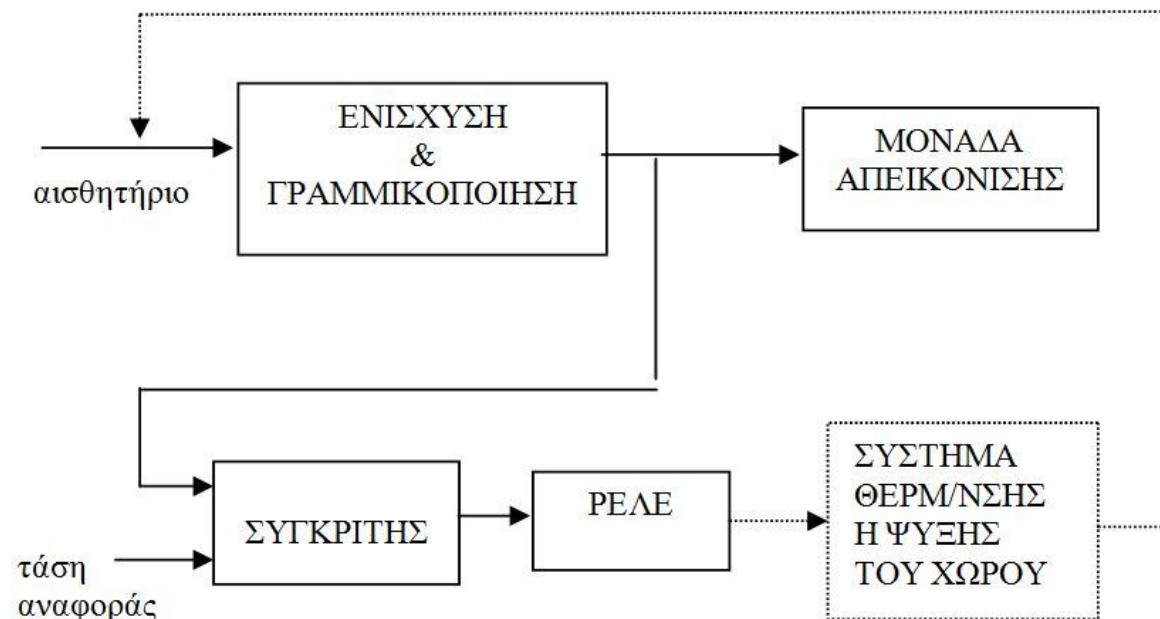
Τα χαρακτηριστικά ενός probe Pt100 φαίνονται στον πίνακα 4.2.2

<u>Τεχνικά χαρακτηριστικά Pt100</u>	
Περιοχή θερμοκρασίας	-50°C έως 300°C *
Αντίσταση	100Ω±0.1Ω στους 0°C
Ακρίβεια	0.2%
Χρόνο απόκρισης	έως 10sec
Διάμετρος	1mm **
Μήκος ακίδας	30mm

- όσο μεγαλώνει η περιοχή, μειώνεται η γραμμικότητα του αισθητηρίου, άρα μικραίνει η ακρίβεια
- ** οι διαστάσεις του αισθητηρίου ποικίλουν

Κύκλωμα ελέγχου θερμοκρασίας

- Για την δημιουργία ενός κυκλώματος μέτρησης και ελέγχου θερμοκρασίας ενός χώρου ή ενός αντικειμένου, θα πρέπει κατ' αρχήν το σήμα που προέρχεται από το αισθητήριο να ενισχυθεί και στην συνέχεια να γραμμικοποιηθεί. Η διαδικασία της γραμμικοποίησης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ακρίβεια της μέτρησης, αφού οι μονάδες απεικόνισης (π.χ. displays) λειτουργούν γραμμικά (δηλαδή για διπλασιασμό του σήματος διπλασιάζουν την ένδειξη).



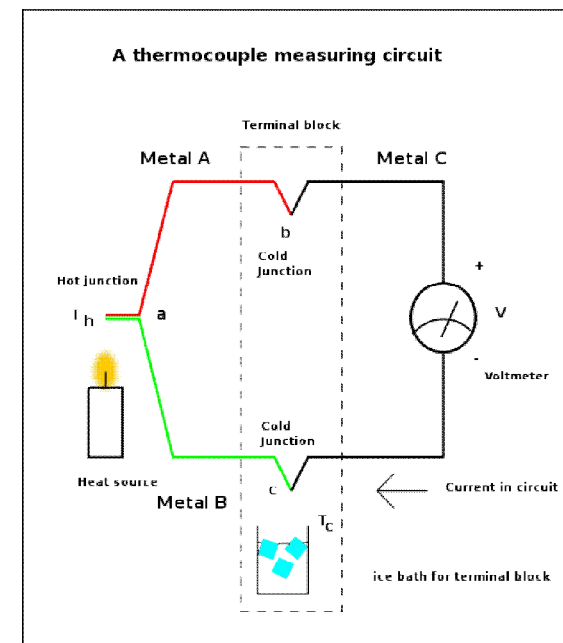
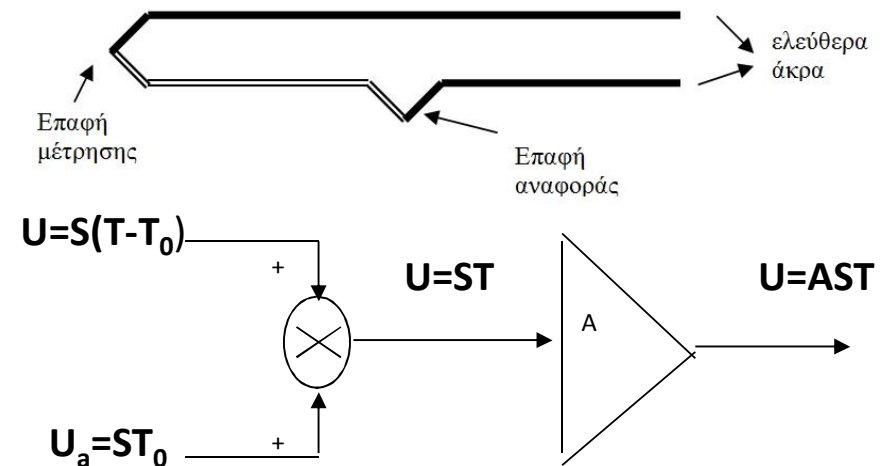
Θερμοζεύγος (*thermocouple*)

- 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.







Αρχή λειτουργίας

- Η τάση που αναπτύσσεται στα ελεύθερα άκρα είναι $U = S(T-T_0)$
- Όπου S μία σταθερά,
- T η θερμοκρασία της επαφής μέτρησης και
- T_0 η θερμοκρασία της επαφής αναφοράς.
- Όπως φαίνεται από την παραπάνω σχέση, η εξίσωση απλοποιείται αν η θερμοκρασία αναφοράς T_0 είναι 0°C .
- Για να γίνει αυτό θα πρέπει η επαφή να βρίσκεται διαρκώς σε μισολειωμένο 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).

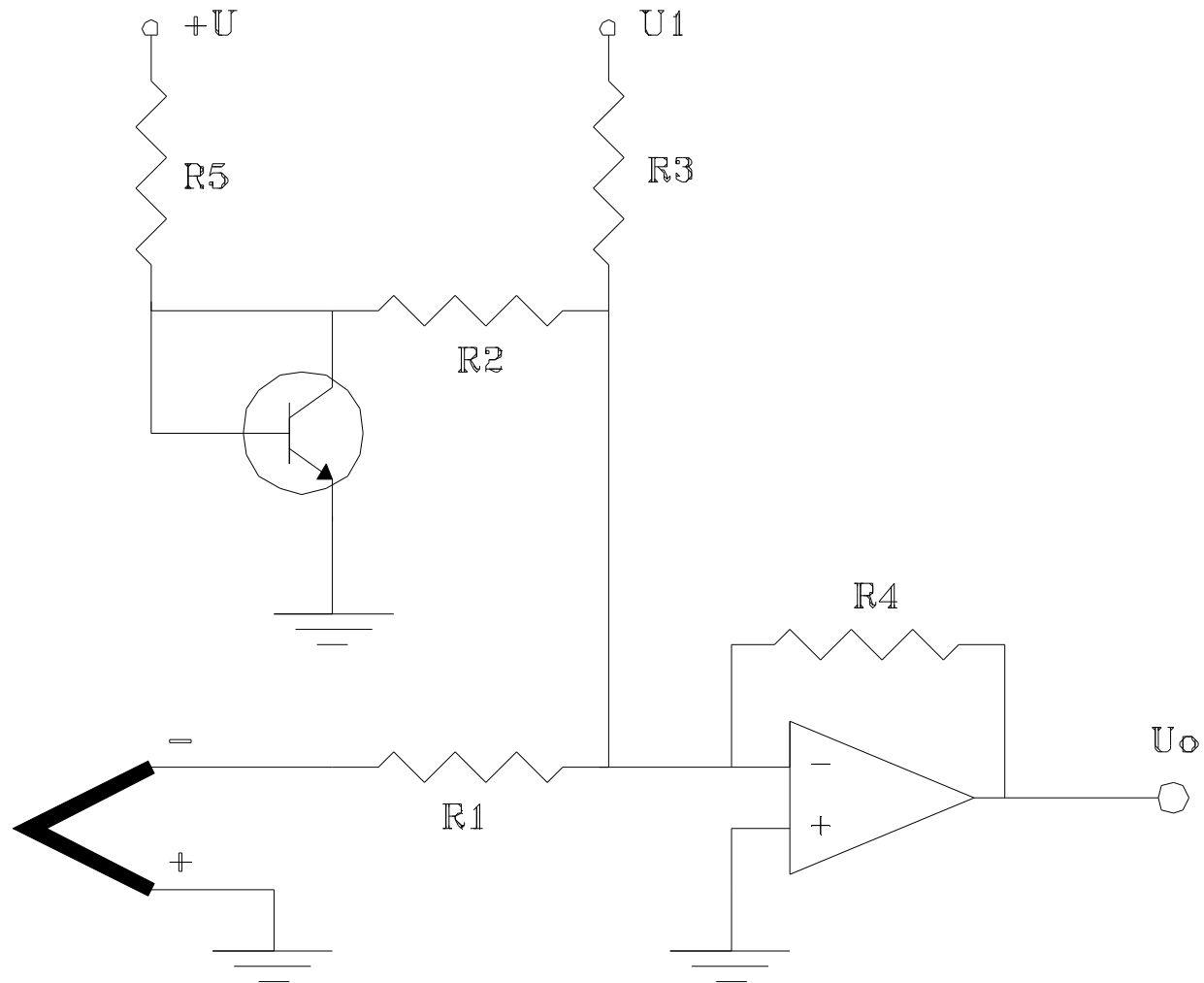


Βασικά χαρακτηριστικά θερμοζεύγων

Type	Temperature range °C (continuous)	Temperature range °C (short term)	Tolerance class one (°C)	Tolerance class two (°C)	IEC Color code	BS Color code	ANSI Color code	
K	0 to +1100	-180 to +1300	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 1000 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 1200 °C				
J	0 to +750	-180 to +800	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 750 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 750 °C				
N	0 to +1100	-270 to +1300	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 1000 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 1200 °C				
R	0 to +1600	-50 to +1700	±1.0 between 0 °C and 1100 °C ±[1 + 0.003×(T - 1100)] between 1100 °C and 1600 °C	±1.5 between 0 °C and 600 °C ±0.0025×T between 600 °C and 1600 °C			Not defined.	
S	0 to 1600	-50 to +1750	±1.0 between 0 °C and 1100 °C ±[1 + 0.003×(T - 1100)] between 1100 °C and 1600 °C	±1.5 between 0 °C and 600 °C ±0.0025×T between 600 °C and 1600 °C			Not defined.	
B	+200 to +1700	0 to +1820	Not Available	±0.0025×T between 600 °C and 1700 °C	No standard use copper wire	No standard use copper wire	Not defined.	
T	-185 to +300	-250 to +400	±0.5 between -40 °C and 125 °C ±0.004×T between 125 °C and 350 °C	±1.0 between -40 °C and 133 °C ±0.0075×T between 133 °C and 350 °C				
E	0 to +800	-40 to +900	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 800 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 900 °C				
Chromel/AuFe	-272 to +300	n/a	Reproducibility 0.2% of the voltage; each sensor needs individual calibration.					

- Γενικά τα θερμοζεύγη δεν είναι αισθητήρια μεγάλης ακρίβειας. Επίσης υπάρχει δυσκολία στον σχεδιασμό του κυκλώματος αντιστάθμισης . 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.

Συνδεσμολογία θερμοζεύγους



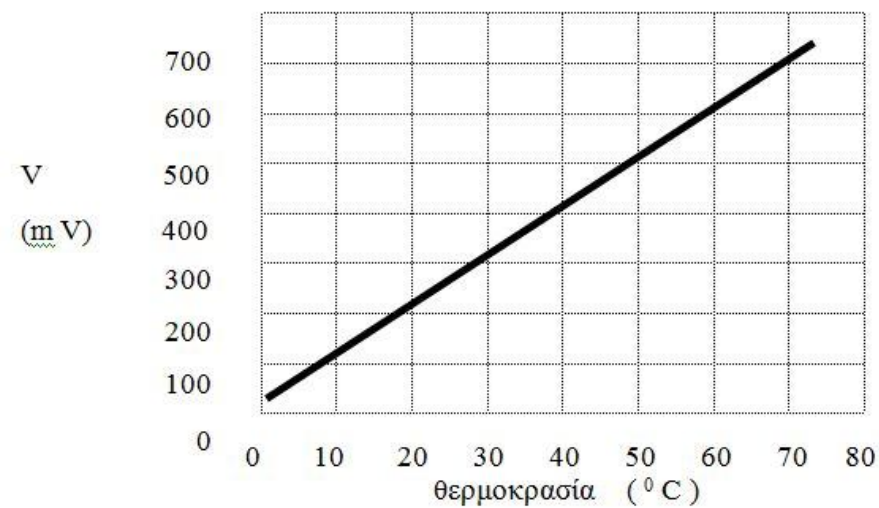
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΕΠΑΦΗΣ PN

- Η συμπεριφορά μιας επαφής pn, μιας διόδου ή ενός τρανζίστορ, όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο, εξαρτάται από την θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται. Και αυτό γιατί αύξηση της θερμοκρασίας, σημαίνει ότι στην επαφή παρέχεται ενέργεια, επομένως αυξάνεται η δυνατότητα κίνησης των ελευθέρων ηλεκτρονίων (μειώνεται το ενεργειακό χάσμα), επομένως η αντίσταση που παρουσιάζει η επαφή μειώνεται.
- Έτσι αν η επαφή συνδεθεί σε μια πηγή ρεύματος, η διαφορά δυναμικού στα άκρα της επαφής θα μειώνεται. Αποδεικνύεται ότι η διαφορά δυναμικού της επαφής V είναι της μορφής
 - $V = a - bT$
- όπου a, b δύο σταθερές και T η θερμοκρασία της επαφής.
- Η μεταβολή της τάσης σε μια επαφή pn, είναι περίπου $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ (αν το ρεύμα που διαρρέει την επαφή είναι $10\mu\text{A}$, η μείωση είναι $2.3\text{mV}/^\circ\text{C}$, ενώ αν το ρεύμα είναι 1mA , η μείωση είναι $2.0\text{mV}/^\circ\text{C}$). Υπάρχουν βέβαια τρανζίστορς, όπου η μείωση της τάσης στην επαφή βάσης – εκπομπού φτάνει και τα $20\text{mV}/^\circ\text{C}$, ανάλογα με τον τύπο του. Παρουσιάζουν δηλαδή μια μεγαλύτερη ευαισθησία.

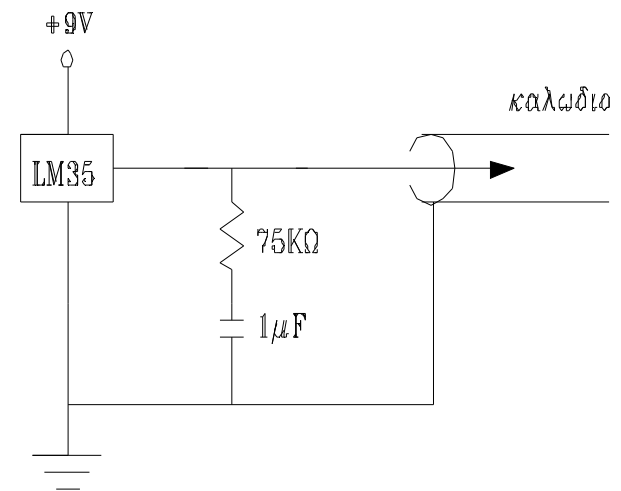
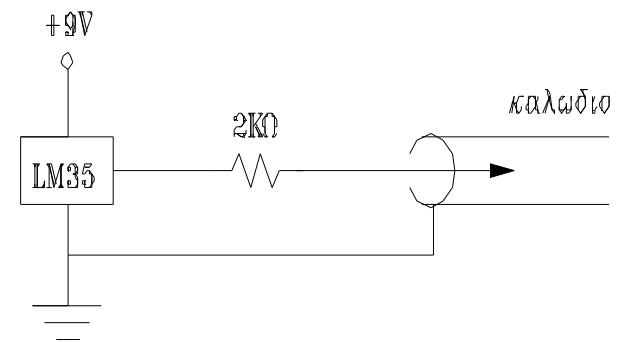
- Εκτός από τις απλές διόδους ή τα τρανζίστορ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ρη αισθητήρια θερμοκρασίας, έχουν σχεδιαστεί διάφορα ειδικά αισθητήρια, που εκμεταλλεύονται το χαρακτηριστικό αυτό της επαφής. Τέτοια είναι το MTS 102 της Motorola, τα LM 34 και 35 της National, το AD 590 της Analog Devices, κ.α. Τα αισθητήρια αυτά παρουσιάζουν απόλυτη γραμμικότητα, είναι πολύ φθηνά και εξαιρετικά εύχρηστα.

• Στο σχήμα φαίνεται η χαρακτηριστική εισόδου - εξόδου του αισθητηρίου LM35 (παρατηρείστε ότι σε αντίθεση με τις ρη επαφές των κοινών διόδων ή τρανζίστορ, η τάση αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας).

• Παρατηρούμε ότι παρουσιάζει μια ευαισθησία $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ (η κλίση της ευθείας), ενώ το σφάλμα που οφείλεται στη μη γραμμικότητα του αισθητηρίου είναι περίπου $\pm 0.1^{\circ}$.

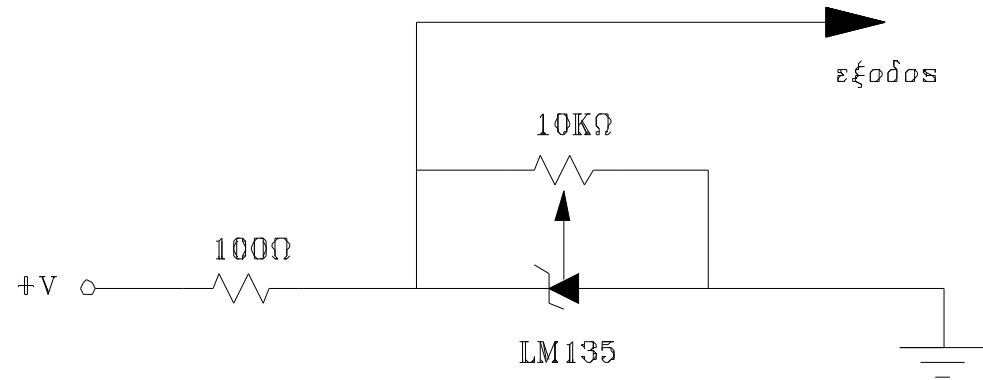


- Τα αισθητήριο συνδέεται σε καλώδιο είτε μέσω μιας αντίστασης, είτε μέσω ενός RC κυκλώματος



Κύκλωμα ρύθμισης αισθητηρίων τύπου ZENER

- Επίσης από την Motorola έχουν κατασκευαστεί και τα αισθητήρια LM135 και 334/335 που συμπεριφέρονται σαν δίοδοι Zener.
- Για την ρύθμιση των αισθητηρίων αυτών (calibration) απαιτείται η σύνδεση του σχήματος, ώστε η τάση ρύθμισης να είναι 2.98V στους 25°C.



ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

- Από τα αισθητήρια που εξετάσαμε, τα ολοκληρωμένα μονολιθικά παρουσιάζουν καλή γραμμικότητα, είναι μικρά σε μέγεθος και εξαιρετικά εύχρηστα αφού δεν χρειάζονται ειδικά κυκλώματα προσαρμογής. Η περιοχή θερμοκρασιών όμως όπου μπορούν να λειτουργήσουν είναι μικρή (-10 έως 50⁰C) γι' αυτό και χρησιμοποιούνται κυρίως σε οικιακές εφαρμογές.
- Επίσης τα θερμίστορ συνήθως δεν χρησιμοποιούνται για μέτρηση θερμοκρασίας, παρά μόνο σε διατάξεις ελέγχου, αφού παρουσιάζουν έντονη μη γραμμικότητα. Επίσης η περιοχή θερμοκρασιών τους είναι μικρή (έως 150⁰C).
- Για βιομηχανικές εφαρμογές μέτρησης και ελέγχου θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται συνήθως είτε θερμοζεύγη, είτε RTDs.

Στον πίνακα 4.5.1 βλέπουμε συνοπτικά μια σύγκριση των δύο κατηγοριών

Παράμετρος	RTD	Θερμοζεύγος
Ακρίβεια	Μεγάλη (0.1 - 1 ^ο C)	Μεσαία (0.5 - 5 ^ο C)
Περιοχή θερμοκρασιών	-200 έως 650 ^ο C	-200 έως 1750 ^ο C
Κόστος	πιο ακριβό	λιγότερο ακριβό
Ταχύτητα απόκρισης	1 - 50 sec	0.05 - 5 sec
Μέγεθος	σχετικά μεγάλο	πολύ μικρό
Κύκλωμα αναφοράς	δεν χρειάζεται	απαιτείται
Εξωτερική τροφοδοσία	απαιτείται	δεν απαιτείται
Αυτοθέρμανση	εμφανίζεται	δεν εμφανίζεται
Σταθερότητα σε διάρκεια	εξαιρετική	λιγότερο ικανοποιητική
Ευρωστία	λιγότερο κατάλληλο	περισσότερο κατάλληλο
Εξοδος	αντίσταση σε γέφυρα μεταβολή περίπου 0.4Ω / ^ο C	τάση μεταβολή περίπου 10mV / ^ο C
	σχεδόν γραμμική	μη γραμμική

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Υπάρχουν τρεις κατηγορίες αισθητηρίων θερμοκρασίας. Τα αισθητήρια μεταβλητής αντίστασης, τα θερμοζεύγη και τα αισθητήρια επαφής ρη. Αισθητήρια μεταβλητής αντίστασης είναι τα θερμίστορς και τα RTDs. Υπάρχουν δύο τύποι θερμίστορς : τα PTC όπου η αντίσταση αυξάνει όταν η θερμοκρασία αυξάνει και τα NTC όπου η αντίσταση μειώνεται.
- Στα RTDs αισθητήρια, η αντίσταση αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και παρουσιάζουν καλύτερη γραμμικότητα από τα θερμίστορ.
- Τα θερμοζεύγη παρουσιάζουν στην έξοδό τους μια τάση, που εξαρτάται από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο επαφών του. Στα κυκλώματα που χρησιμοποιούνται είναι απαραίτητο να δημιουργείται μια τάση αντιστάθμισης (της ψυχρής επαφής).
- Στα αισθητήρια επαφής ρη εμφανίζεται μια τάση, ανάλογη της θερμοκρασίας στην οποία βρίσκεται η επαφή. Τα αισθητήρια αυτά παρουσιάζουν την καλύτερη γραμμικότητα από όλα, αλλά έχουν μικρό εύρος θερμοκρασιών μέτρησης.

Ερωτήσεις

A. Να απαντήσετε συνοπτικά στις ερωτήσεις

- Αναφέρατε μερικές εφαρμογές των θερμίστορ. Γιατί δεν χρησιμοποιούνται σε διατάξεις μέτρησης θερμοκρασίας;
- Ποιους παράγοντες θα εξετάσετε για να επιλέξετε ένα αισθητήριο θερμοκρασίας που πρόκειται να χρησιμοποιείτε σε μια διάταξη μέτρησης;
- Τι είναι το φαινόμενο αυτοθέρμανσης και σε ποια αισθητήρια εμφανίζεται;
- Τι ονομάζουμε ρύθμιση (calibration) ενός αισθητηρίου;
- Ποιος είναι ο ρόλος της τάσης αντιστάθμισης στα θερμοζεύγη;
- Ποια είδη θερμοζευγών γνωρίζετε;
- Γιατί αποφεύγεται να συνδέεται ένα RTD σε όργανο μέτρησης απλά με δύο σύρματα; Πώς προτιμάται να συνδέεται;
- Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός RTD έναντι ενός θερμοζεύγους;
- Που βασίζεται η δημιουργία ρη αισθητηρίων θερμοκρασίας; Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σκοπό αυτό ένα απλό τρανζίστορ;
- Σε ποιες εφαρμογές θα προτιμήσετε να χρησιμοποιήσετε ολοκληρωμένο αισθητήριο και γιατί;

Ερωτήσεις

- *B. Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις*
- Σύμφωνα με την μέτρηση σε η μέτρηση ολοκληρώνεται, όταν παύει να υπάρχει θερμοκρασιακή μεταξύ του αντικειμένου και του μέτρησης που υπάρχει στο αισθητήριο.
- Τα θερμίστορ είναι, η τιμή των οποίων εξαρτάται από την στην οποία βρίσκονται
- Στα PTC θερμίστορ η αντίσταση ενώ η θερμοκρασία, ενώ στα NTC η αντίσταση όταν η θερμοκρασία
- Το φαινόμενο αυτοθέρμανσης οφείλεται στο που διαρρέει το αισθητήριο.
- Το αισθητήριο Pt100 είναι ένα αισθητήριο Στους 0°C παρουσιάζει αντίστασηΩ.
- Τα θερμοζεύγη είναι αισθητήρια για την μέτρηση Κατά την μεταβολή της Στα άκρα τους εμφανίζεται μια που είναι ανάλογη με την διαφορά μεταξύ της επαφής και της επαφής
- Τα αισθητήρια θερμοκρασίας παρουσιάζουν απόλυτη κατά την λειτουργία τους

Ερωτήσεις

Γ. Να επιλέξετε την σωστή απάντηση στις ερωτήσεις

- Κατά την μέτρηση με πρόβλεψη
 - i. επιτυγχάνεται θερμοκρασιακή ισορροπία
 - ii. παρακολουθείται η ταχύτητα μεταβολής της θερμοκρασίας
 - iii. μετράται η διαφορά θερμοκρασίας με το περιβάλλον
- Σε ένα αισθητήριο RTD μεταβάλλεται
 - i. η αντίσταση
 - ii. η χωρητικότητα
 - iii. η επαγωγή
- Το φαινόμενο αυτοθέρμανσης σε ένα αισθητήριο οφείλεται
 - i. στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος
 - ii. στο ηλεκτρικό ρεύμα που το διαρρέει
 - iii. σε κακή κατασκευή του αισθητηρίου
- Σε ένα θερμοζεύγος η επαφή αναφοράς
 - i. δημιουργεί την τάση μέτρησης
 - ii. δημιουργεί μια τάση που αναιρεί το φαινόμενο αυτοθέρμανσης
 - iii. δημιουργεί μια τάση που αφαιρείται από αυτή του αισθητηρίου
- Η σύνδεση ενός αισθητηρίου RTD σε γέφυρα είναι απαραίτητη γιατί
 - i. ελαχιστοποιείται ο ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος
 - ii. δημιουργείται μια δεύτερη τάση που αφαιρείται από την μετρούμενη
 - iii. αφαιρείται το σφάλμα που δημιουργούν οι αγωγοί σύνδεσης