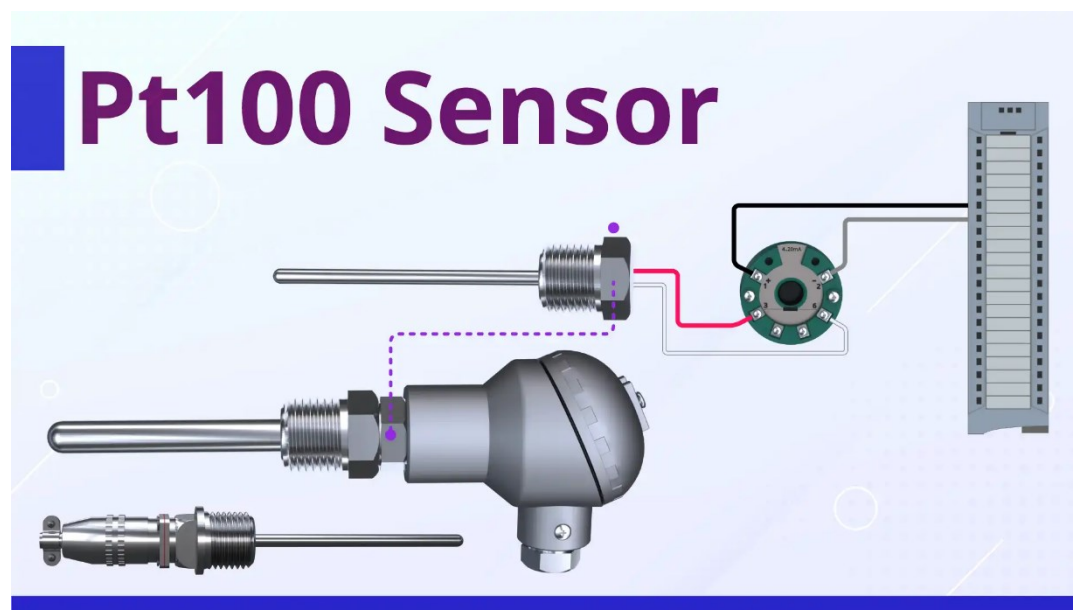


## Εξήγηση του αισθητήρα Pt100 Αρχές λειτουργίας

Μάθετε για τις αρχές λειτουργίας του Pt100 RTD και πώς χρησιμοποιείται στη βιομηχανική μέτρηση.



Οι ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης Platinum 100, ή Pt100, είναι ένα σημαντικό μέρος πολλών εγκαταστάσεων ελέγχου διεργασιών.

Η ακριβής και επαναλαμβανόμενη μέτρηση της θερμοκρασίας είναι απαραίτητη για πολλές διεργασίες, συμπεριλαμβανομένων της θέρμανσης και ψύξης, χημικών αντιδράσεων, παστερίωσης και πολλών άλλων.

Σε αυτό το μάθημα, θα:

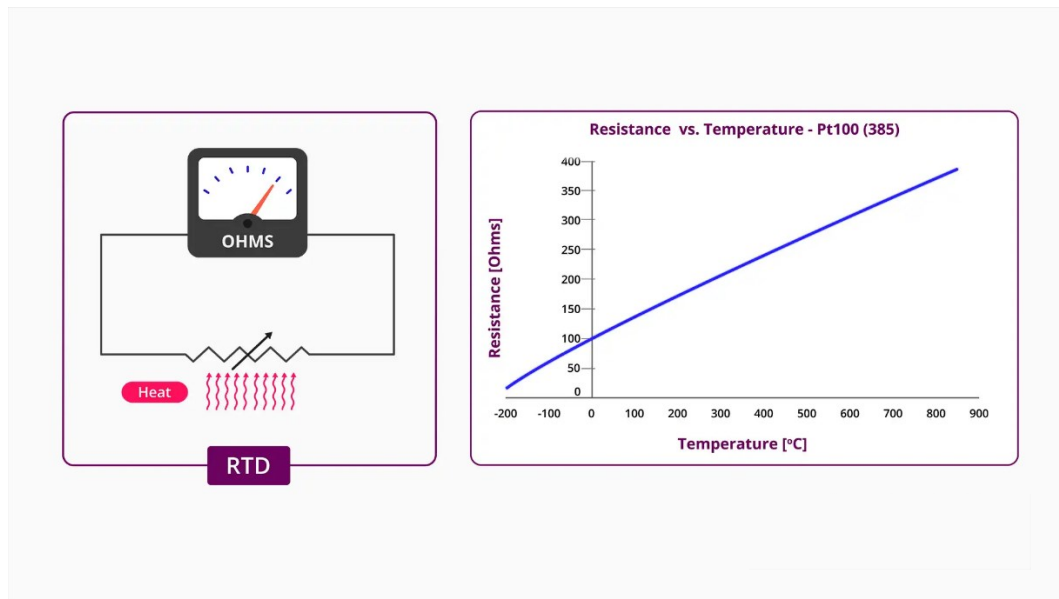
- Σας παρουσιάσουμε στις αρχές λειτουργίας ενός ανιχνευτή θερμοκρασίας αντίστασης Platinum 100,
- Περιγράψουμε τις φυσικές ιδιότητες ενός αισθητήρα Pt100 που τον καθιστούν πολύτιμο για τον έλεγχο διαδικασιών,
- Περιγράψουμε τους τρόπους ενσωμάτωσης αισθητήρων Pt100 RTD σε σύστημα μέτρησης και ελέγχου.

### Τι είναι ένας αισθητήρας Pt100;

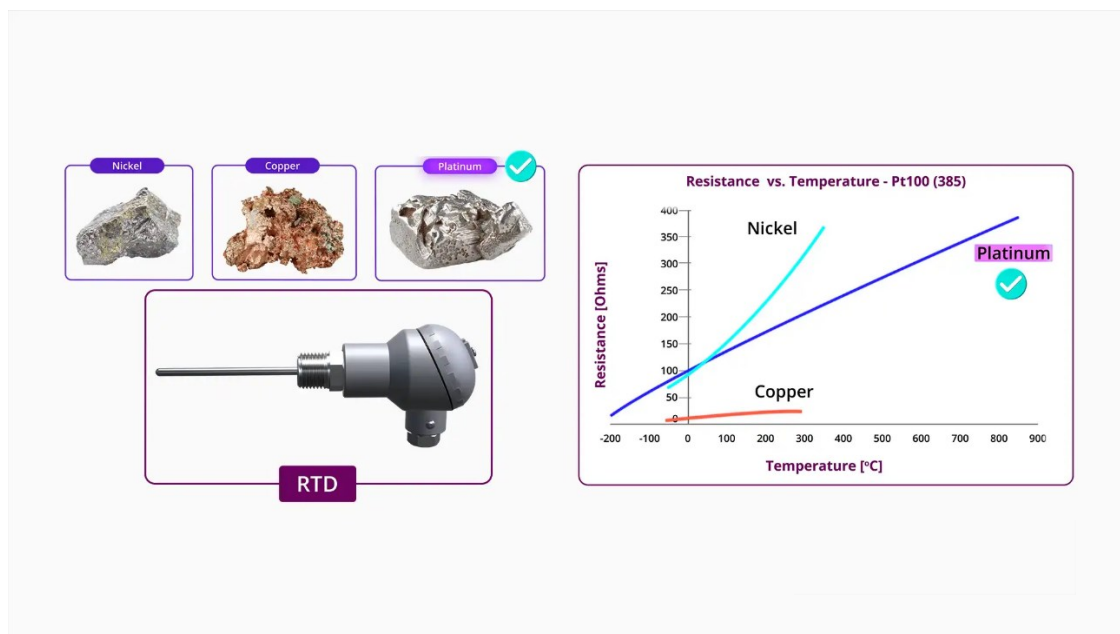
**Resistance temperature detectors**, ή RTDs, είναι μια κατηγορία αισθητήρων που αλλάζουν αντίσταση όταν η θερμοκρασία του μέσου στο οποίο είναι τοποθετημένοι αλλάζει.

Αυτή η αλλαγή της αντίστασης είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία και ποικίλλει με έναν κάπως **γραμμικό** τρόπο με τη θερμοκρασία.

Αυτό σημαίνει ότι καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η αντίσταση του RTD αυξάνεται επίσης. Έτσι, αν μπορέσουμε να μετρήσουμε την αντίσταση του RTD, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θερμοκρασία. Γιατί συμβαίνει αυτό; Οφείλεται αποκλειστικά στις φυσικές ιδιότητες του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το RTD.



Ενώ οι RTD μπορούν να κατασκευαστούν από πολλά μέταλλα, συμπεριλαμβανομένων των **νικελίου** και **χαλκού**, το **πλατίνα** παρουσιάζει φυσικές ιδιότητες που το καθιστούν ιδανικό για χρήση σε RTD **αισθητήρες θερμοκρασίας**.

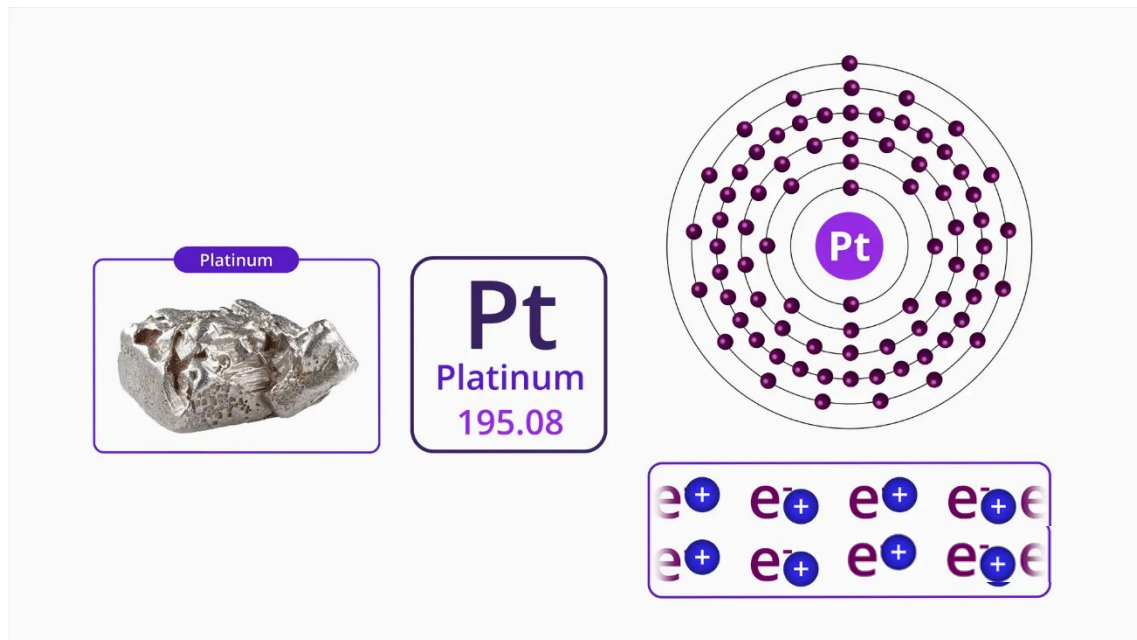


## Φυσικές ιδιότητες του πλατίνας

### 1) Βασικό στοιχείο

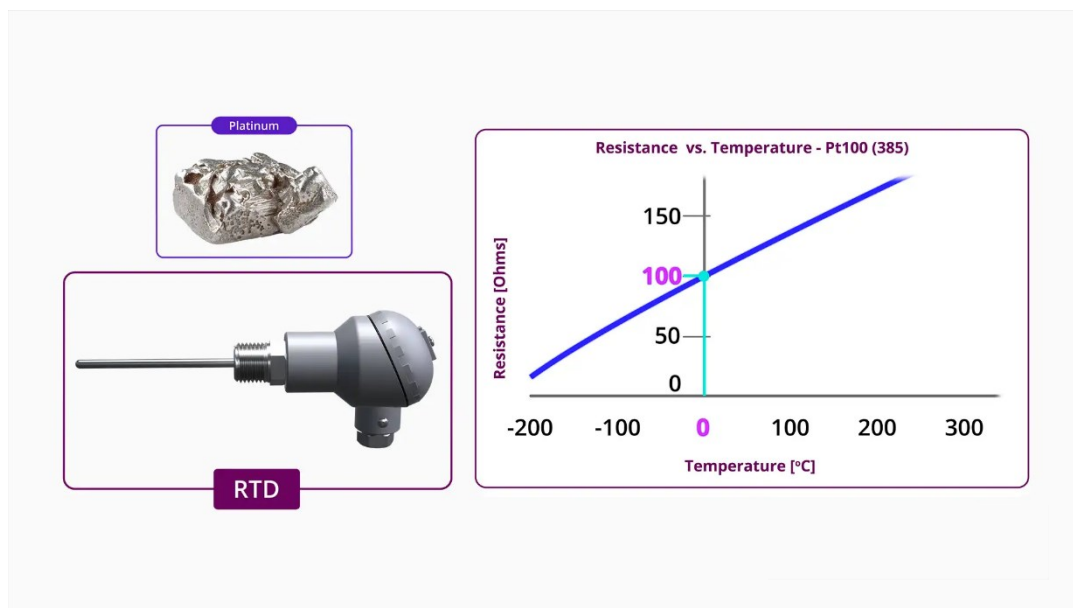
Ας ρίξουμε μια ματιά στις φυσικές ιδιότητες της πλατίνας. Πρώτον, η πλατίνα είναι ένα βασικό στοιχείο, με το χημικό σύμβολο **Pt**. Αυτό είναι το πρώτο μέρος της ονομασίας του Pt100 RTD.

Η πλατίνα έχει ατομικό βάρος 195, γεγονός που την καθιστά ένα αρκετά βαρύ μέταλλο με ελεύθερα ηλεκτρόνια που την κάνουν καλό αγωγό ηλεκτρισμού, αν και όχι τόσο καλό όσο ο χαλκός ή το ασήμι.



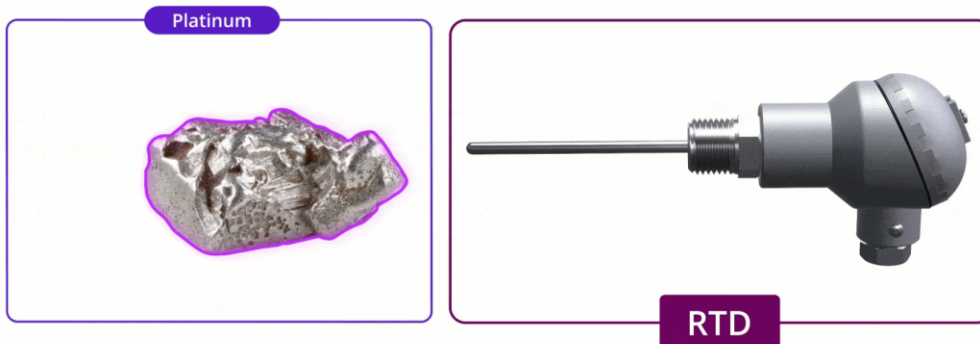
## 2) Γραμμική μορφή

Η πλατίνα παρουσιάζει μια ηλεκτρική αντίσταση που μεταβάλλεται με σχεδόν γραμμικό τρόπο με τη θερμοκρασία και έχει αντίσταση ακριβώς **100.00** ohms στους μηδέν βαθμούς Κελσίου. Από εδώ προέρχεται το δεύτερο μέρος της ονομασίας **Pt100**.



## 3) Αδρανής ιδιότητα

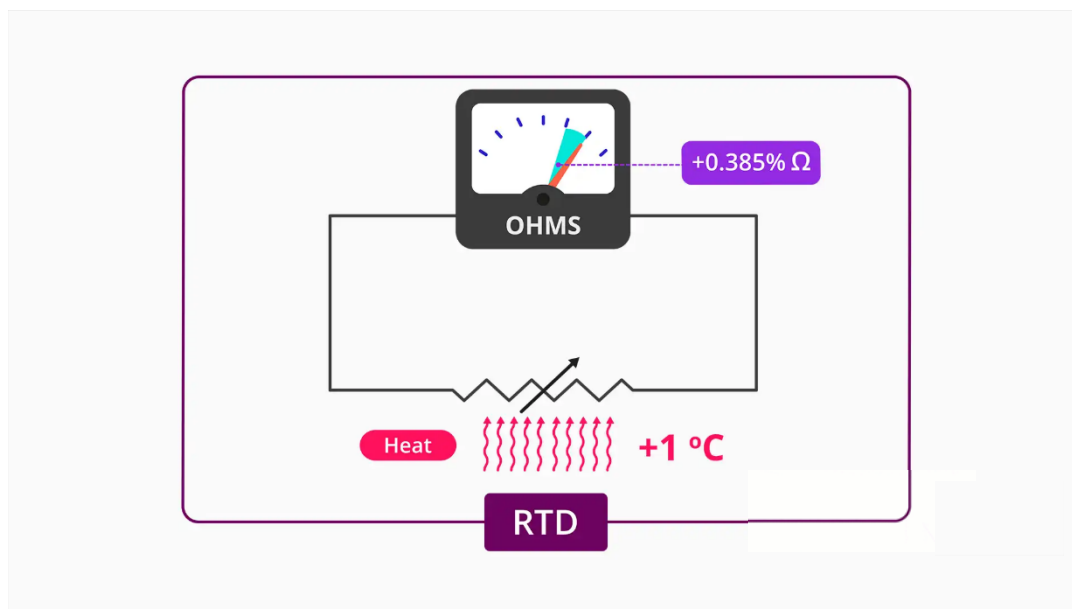
Μια άλλη ιδιότητα του πλατίνας που την καθιστά εξαιρετικά πολύτιμη για τη μέτρηση θερμοκρασίας είναι ότι είναι αρκετά αδρανής. Δεν αντιδρά με άλλες ενώσεις σε σημαντικό βαθμό.



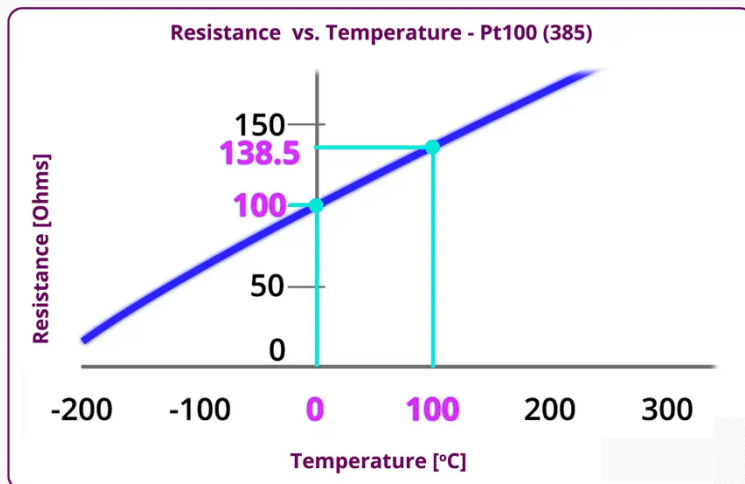
### Ο συντελεστής άλφα

Πόσο μεταβάλλεται η αντίσταση της πλατίνας με τη θερμοκρασία; Η καθαρότητα της πλατίνας που χρησιμοποιείται επηρεάζει τη μεταβολή της αντίστασης συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Ο πιο κοινός Pt100 RTD που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία είναι αυτός που αλλάζει αντίσταση με ρυθμό περίπου **0,385 Ω** για κάθε αύξηση ενός βαθμού Κελσίου στη θερμοκρασία.

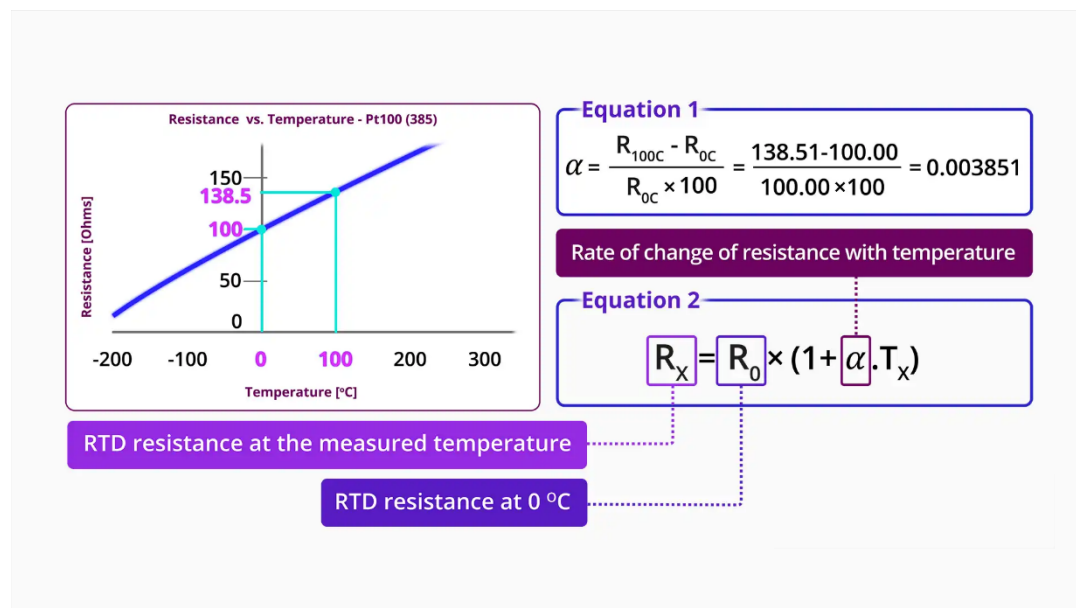


Γνωρίζουμε ότι η αντίσταση ενός αισθητήρα Pt100 στους 0 °C είναι 100 Ω, οπότε η αντίσταση στους 100 °C θα ήταν 138,5 Ω.



Ο παράγοντας **385** προέρχεται από την εξίσωση που προσεγγίζει την αντίσταση ενός RTD με βάση τις φυσικές του ιδιότητες.

Η εξίσωση σχετίζει την αντίσταση του RTD στη θερμοκρασία που μετράται με την αντίσταση στους μηδέν βαθμούς Κελσίου. Ο συντελεστής **alpha** σε αυτή την εξίσωση περιγράφει τον ρυθμό μεταβολής της αντίστασης ως προς τη θερμοκρασία.



Η εξίσωση RTD είναι:

$$R_x = R_0 \times (1 + \alpha \times T_x)$$

Όπου:

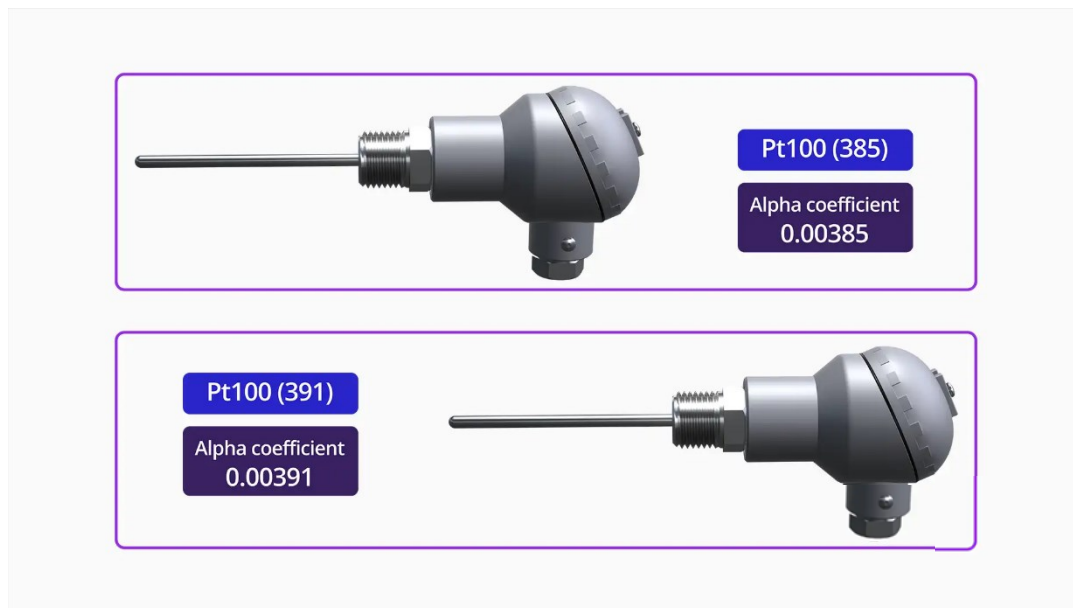
- **R<sub>0</sub>** = αντίσταση σε 0°C (για Pt100, είναι **100 Ω**)
- **α** = συντελεστής θερμοκρασίας
- **T<sub>x</sub>** = η θερμοκρασία για την οποία θέλετε να υπολογίσετε την αντίσταση

- $R_x$  = αντίσταση στη θερμοκρασία  $T_x$

Για το Pt100 RTD, έχουμε περιγράψει ότι αν αντικαταστήσουμε τις τιμές αντίστασης του Pt100 RTD σε μηδέν και σε 100 βαθμούς Κελσίου, βρίσκουμε ότι η τιμή του άλφα είναι **0.00385**.

Γνωρίζοντας το άλφα, μπορούμε να υπολογίσουμε κατά προσέγγιση την αντίσταση που θα παρουσιάσει το RTD σε οποιαδήποτε θερμοκρασία εντός του εύρους λειτουργίας του.

Ο RTD Pt100 αναφέρεται συχνά ως **Pt100 (385)** RTD. Υπάρχουν RTD από πλατίνα που εμφανίζουν διαφορετικές τιμές alpha, και αυτές θα προσδιορίζονται με τις αντίστοιχες τιμές alpha τους, όπως με τον αισθητήρα **Pt100 (391)**.



### Πίνακας προτύπου RTD Pt100 (385)

Η εξίσωση είναι μόνο κατά προσέγγιση, οπότε για να γνωρίζουμε τη ακριβή θερμοκρασία σε οποιαδήποτε μετρούμενη αντίσταση, πρέπει να συμβουλευτούμε πρότυπο πίνακα αντιστοιχίας αντίστασης-θερμοκρασίας για έναν αισθητήρα Pt100 (385), όπως αυτός που φαίνεται εδώ.

Αυτό ονομάζεται επίσης διάγραμμα RTD. Είναι ένας πίνακας αναφοράς που δείχνει τη σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της αντίστασης ενός αισθητήρα RTD.

°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	°C
-60	76.33											-60
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.12	76.73	76.33	-50
-40	84.27	83.87	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.50	81.10	80.70	80.31	-40
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	84.27	-30
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.80	89.40	89.01	88.62	88.22	-20
-10	96.09	95.69	95.30	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	92.16	-10
0	100.00	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	96.09	0
°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	°C
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	103.90	0
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40	107.79	10
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.29	111.67	20
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.15	115.54	30
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01	119.40	40
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.47	122.86	123.24	50
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69	127.08	60
70	127.08	127.46	127.84	128.22	128.61	128.99	129.37	129.75	130.13	130.52	130.90	70
80	130.90	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.57	133.95	134.33	134.71	80
90	134.71	135.09	135.47	135.85	136.23	136.61	136.99	137.37	137.75	138.13	138.51	90
100	138.51	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.78	141.16	141.54	141.91	142.29	100
110	142.29	142.67	143.05	143.43	143.80	144.18	144.56	144.94	145.31	145.69	146.07	110
120	146.07	146.44	146.82	147.20	147.57	147.95	148.33	148.70	149.08	149.46	149.83	120
130	149.83	150.21	150.58	150.96	151.33	151.71	152.08	152.46	152.83	153.21	153.58	130
140	153.58	153.96	154.33	154.71	155.08	155.46	155.83	156.20	156.58	156.96	157.33	140
150	157.33	157.70	158.07	158.45	158.82	159.19	159.56	159.94	160.31	160.68	161.05	150
160	161.05											160
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C

## Πώς να ελέγξετε τον αισθητήρα Pt100

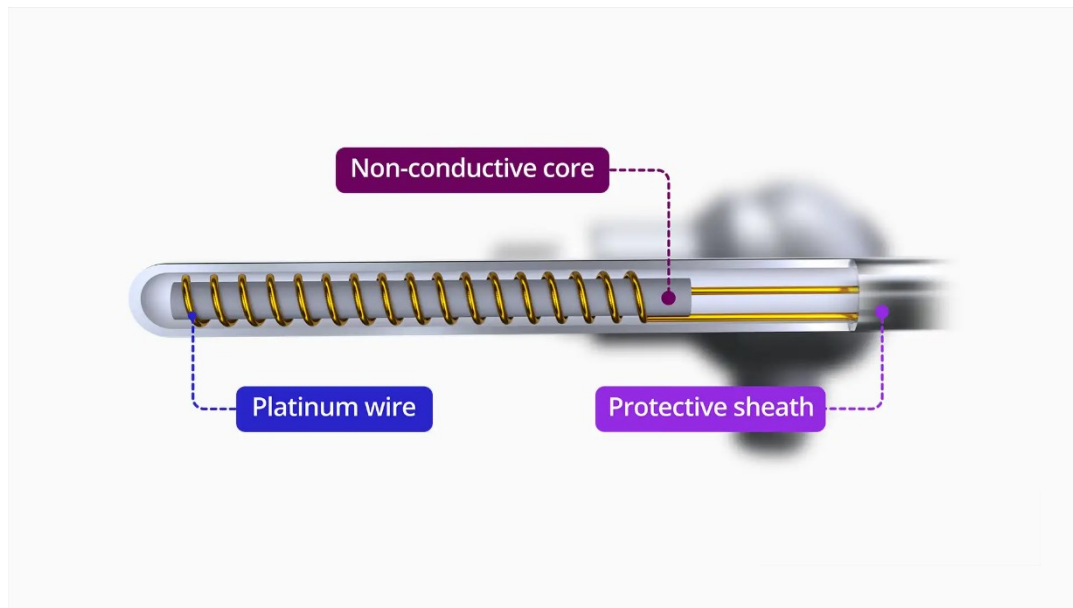
Μια απλή μέθοδος για να ελέγξετε έναν αισθητήρα Pt100 είναι να χρησιμοποιήσετε ένα πολύμετρο. Πρώτα, αποσυνδέστε το RTD από το κύκλωμα ελέγχου και αφαιρέστε τον από τη διεργασία.

Στη συνέχεια, κοιτάξτε τον πίνακα RTD, αυτόν που αναφέραμε παραπάνω ως διάγραμμα RTD ή πρότυπο πίνακα αντίστασης για έναν αισθητήρα Pt100 (385), για να προσδιορίσετε την αναμενόμενη αντίσταση ενός RTD με βάση την τρέχουσα θερμοκρασία δωματίου.

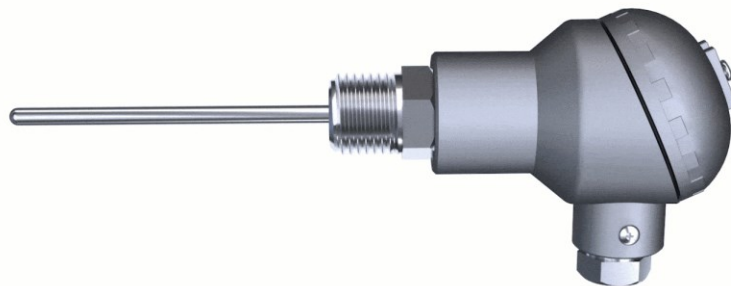
Μπορείτε να δείτε ότι στους 0°C, η αντίσταση θα πρέπει να είναι περίπου 100 Ω, ενώ σε θερμοκρασία δωματίου (≈25 °C) η αντίσταση αναμένεται κοντά στα 109,73 Ω.

Το επόμενο βήμα είναι απλώς να ρυθμίσετε το πολύμετρο σε ωμ για να μετρήσετε την αντίσταση και να συνδέσετε τους ακροδέκτες του πολύμετρου στους αγωγούς του αισθητήρα. Συγκρίνετε τη μετρημένη αντίσταση με την τυπική τιμή στον πίνακα. Αν η ένδειξη αντιστοιχεί στην αναμενόμενη τιμή του πίνακα, ο αισθητήρας Pt100 λειτουργεί κανονικά.

Ένας αισθητήρας Pt100 RTD κατασκευάζεται συνήθως με την περιτύλιξη λεπτού σύρματος πλατίνας γύρω από μη αγωγίμο πυρήνα, ο οποίος στηρίζει το λεπτό σύρμα. Ολόκληρη η διάταξη είναι εγκλεισμένη σε προστατευτική θήκη (sheath) για προστασία και μηχανική σταθερότητα.



Πώς να χρησιμοποιήσετε τον αισθητήρα θερμοκρασίας pt100; Σε βιομηχανικές εφαρμογές, οι RTDs τοποθετούνται συνήθως μέσα σε προστατευτικούς μεταλλικούς σωλήνες που ονομάζονται **θερμοθήκες (thermowells)**. Το μήκος του RTD και ο σχεδιασμός του thermowell είναι παράμετροι σχεδιασμού που καθορίζονται από τον μηχανικό οργανολογίας (instrument engineer).

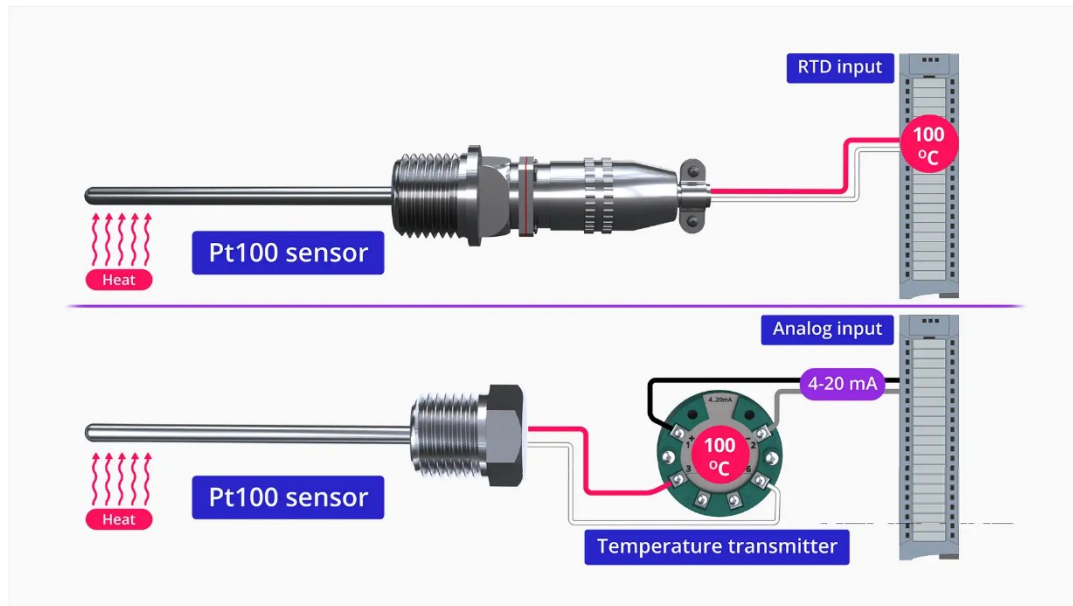


έναν αισθητήρα με δύο καλώδια.

Αυτοί οι αγωγοί μπορούν να συνδεθούν σε μια ειδική κάρτα I/O σχεδιασμένη να δέχεται εισόδους RTD, ή οι αγωγοί μπορούν να συνδεθούν σε έναν πομπό θερμοκρασίας **πομπό**, ο οποίος θα εξάγει ένα τυπικό σήμα 4-20 milliamp.

Σε κάθε περίπτωση, η κάρτα I/O ή ο πομπός θα διαθέτει ενσωματωμένο λογισμικό (firmware) που υπολογίζει τη θερμοκρασία με βάση τη μετρούμενη αντίσταση του RTD.

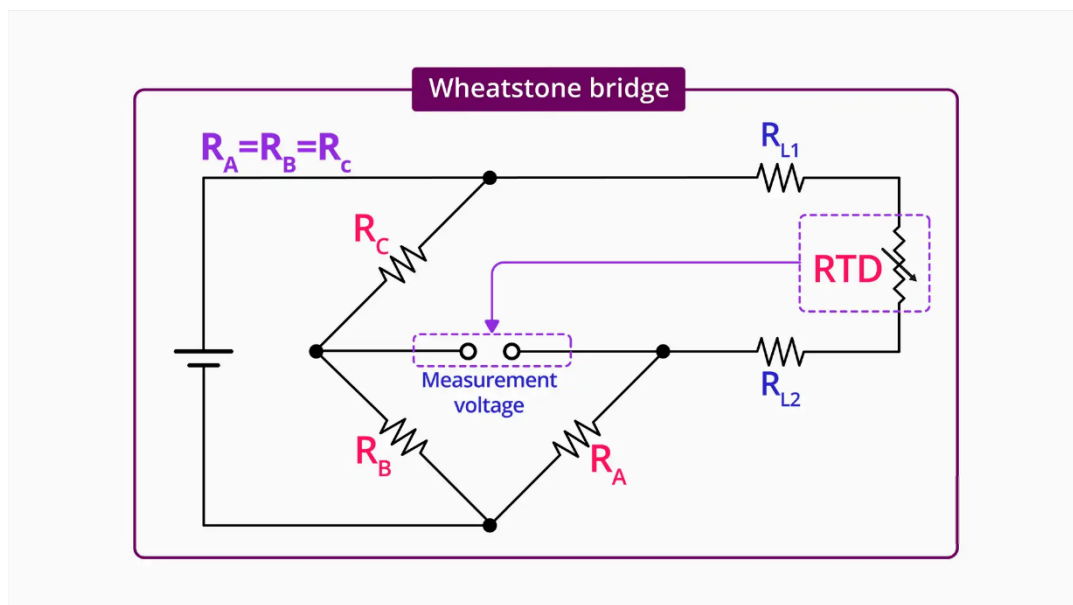
Ο πίνακας που σας δείξαμε προηγουμένως είναι προγραμματισμένος στον πομπό και στην κάρτα αναλογικής εισόδου RTD.



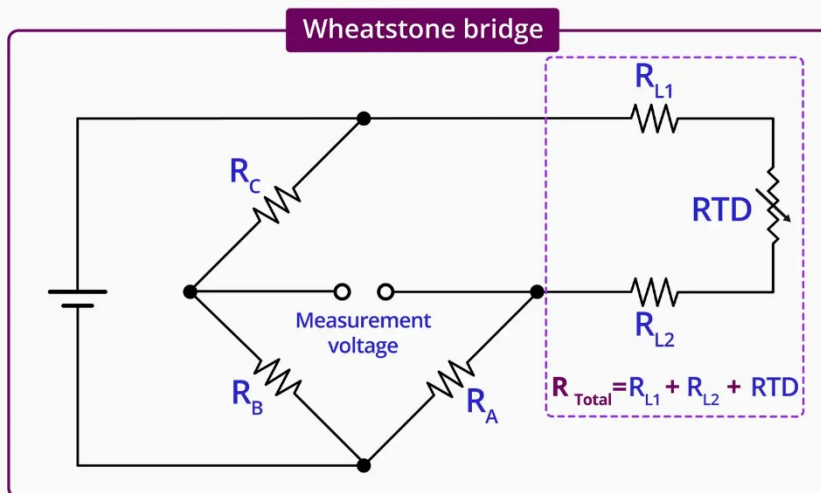
### Pt100 RTD δύο αγωγών

Για να προσδιοριστεί η αντίσταση της RTD, χρησιμοποιείται ένα ειδικό κύκλωμα γέφυρας, που ονομάζεται **γέφυρα Wheatstone**.

Σε αυτό το διάγραμμα, υπάρχουν τέσσερις αντιστάτες. Οι αντιστάτες A, B και C έχουν ίση τιμή. Ο τέταρτος αντιστάτης είναι ο ίδιος ο RTD και η αντίστασή του μπορεί να εξαχθεί από την τάση που μετράται στους δύο κλάδους της γέφυρας.



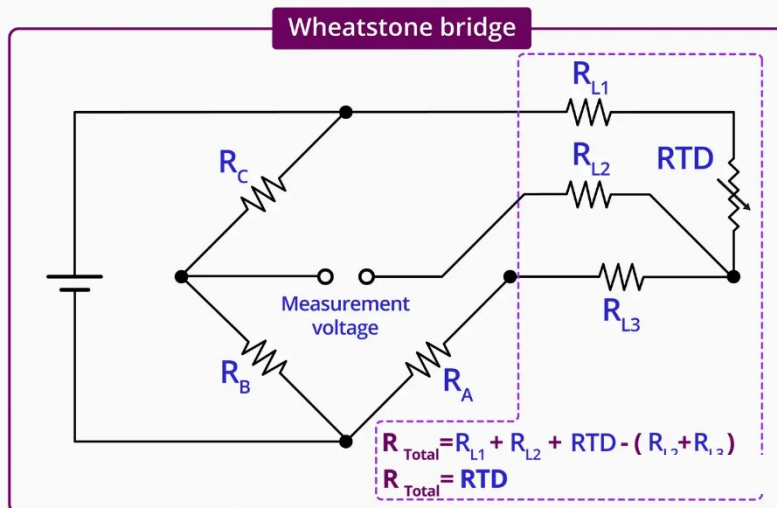
Αυτός ο σχεδιασμός RTD 2 καλωδίων δεν είναι πολύ ακριβής επειδή οι αγωγοί πλατίνας έχουν ηλεκτρική αντίσταση λόγω του μήκους του καλωδίου και των σημείων σύνδεσης, εκτός από την αντίσταση από τη θερμοκρασία που ανιχνεύεται στο σημείο μέτρησης.



### Pt100 RTD τριών αγωγών

Για να αντισταθμιστεί αυτή η πρόσθετη αντίσταση, προστίθεται ένα δεύτερο σύρμα πλατίνας στον αισθητήρα σε ένα τρίτο καλώδιο.

Αυτή η τρίτη επαφή χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει την αντίσταση της επαφής αυτής καθαυτής, και η αντίσταση αφαιρείται από τη συνολική μέτρηση αντίστασης για να δώσει την πραγματική αντίσταση λόγω της αλλαγής στη θερμοκρασία μόνο.



Τα RTD τριών αγωγών είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα στη βιομηχανία. Αν και κοστίζουν περισσότερο από ένα RTD δύο αγωγών, η προστιθέμενη σταθερότητα και ακρίβεια αξίζουν σίγουρα το επιπλέον κόστος.

### Περίληψη

Σε αυτό το μάθημα, παρουσιάσαμε τις αρχές λειτουργίας του αισθητήρα θερμοκρασίας Platinum 100, τις φυσικές του ιδιότητες και πώς χρησιμοποιούνται οι αισθητήρες Pt100 σε βιομηχανικά συστήματα μέτρησης και ελέγχου.

Δείξαμε τη γραμμική σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και αντίστασης για την πλατίνα. Αυτή η ιδιότητα των αισθητήρων Pt100 καθιστά αυτούς τους αισθητήρες αξιόπιστους, ακριβείς και προσιτούς για τις περισσότερες περιπτώσεις όπου απαιτούνται μετρήσεις θερμοκρασίας.