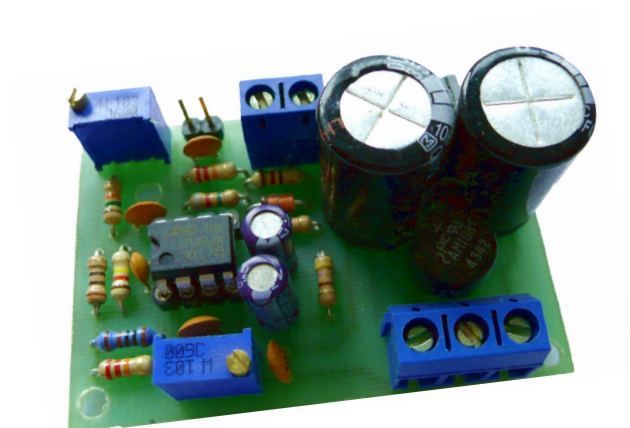




Cuprins

Prezentare Proiect	
Fișa de Asamblare	
1. Funcționare	2
2. Schema	2
3. PCB	3
4. Lista de componente	3
5, Tutorial: Termocuplul	4 - 10

AMPLIFICATOR PENTRU TERMOCUPLU

- Avantaj Pret/Calitate
- Livrare rapida
- Design Industrial
- Proiecte Modificabile
- Adaptabile cu alte module
- Module usor de asamblat
- Idei Interesante

Idei pentru afaceri

Hobby & Proiecte Educationale

Avem de măsurat o temperatură de câteva sute de grade, ne grabim însă dorim să fie un circuit mic și ieftin ? Termistorul sau dioda, deși sunt la îndemână, nu acoperă cerințele noastre. Termocuplul este soluția optimă în acest caz iar cu montajul de mai jos putem măsura temperatura iar tensiunea de ieșire o putem utiliza rapid ca intrare într-un circuit termostat.

Caracteristici:

- Tensiune de alimentare 9 - 12 Vca
- Curent alimentare 40mA max.

Funcționare

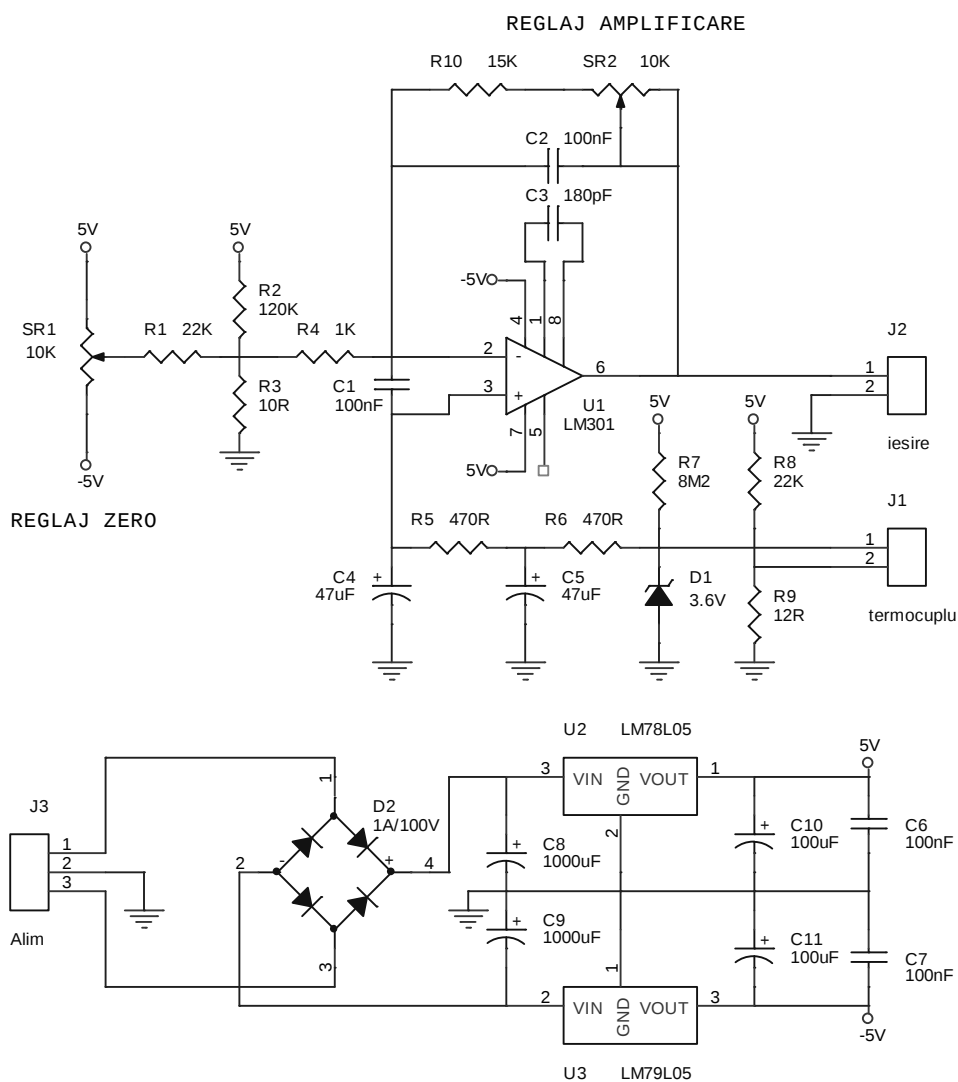
Este un circuit de măsură în punte realizată cu R2, R3, R8 și R9. Tensiunea generată de termocuplu, filtrată prin grupul C4, R5, C5 și R6 este aplicată pe intrarea neinversoare a amplificatorului operațional iar tensiunea formată de R2 și R3 se aplică pe intrarea inversoare. R7 și D1 au rolul de limitare a nivelului de tensiune ce poate apărea accidental pe intrarea amplificatorului. Din SR1 se reglează off-setul.

Semnalul este integrat cu regulatorul PI și aplicat la ieșire spre etajul următor, de prelucrare a datelor.

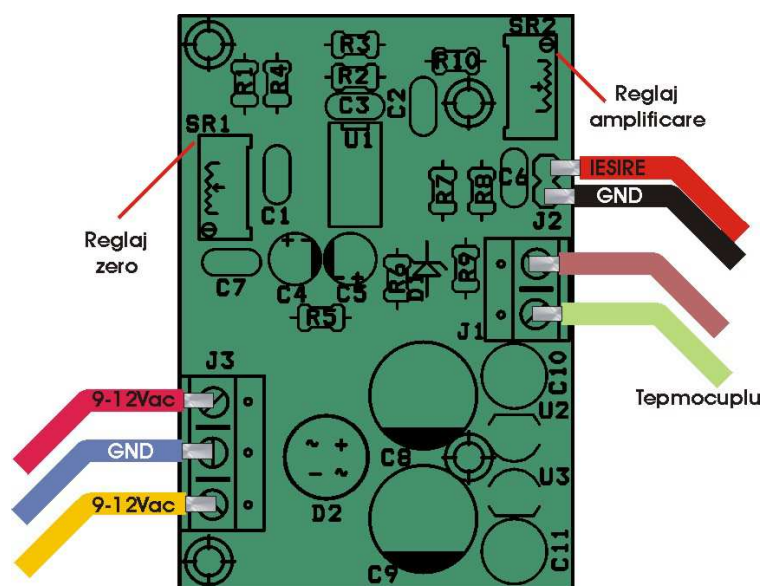
Realizarea unui termocuplu:

Două sârme de 0,5 – 1mm diametru, una din cupru și una din fier, unite la capăt și lipite la flacără autogen, realizare în cca. 30 secunde.

Interesant, nu ? Rapid și eficient.



Schema electrică



Amplasarea componentelor

Lista de componente

Nr.Crt.	Part Type	Denumire	Valoare	Cant
1	C1,C2,C6,C7	Condensator NP	100nF	4
2	C3	Condensator NP	180pF	1
3	C4,C5	Condensator POL	47μF	2
4	C8,C9	Condensator POL	1000μF	2
5	C10,C11	Condensator POL	100μF	2
6	D1	Diodă Zenner	3.6V	1
7	D2	Punte rotundă	1A/100V	1
8	J1	Conector CON2 5.08	Termocuplu	1
9	J2	Jumper CON2 2.54	Iesire	1
10	J3	Conector CON3 5.08	Alim	1
11	R8,R1	Rezistență	22KΩ	2
12	R2	Rezistență	120KΩ	1
13	R3	Rezistență	10Ω	1
14	R4	Rezistență	1KΩ	1
15	R5,R6	Rezistență	470Ω	2
16	R7	Rezistență	8,2MΩ	1
17	R9	Rezistență	12Ω	1
18	R10	Rezistență	15KΩ	1
19	SR2,SR1	Multitură	10KΩ	2
20	U1	C.I.	LM301	1
21	U2	C.I.	LM78L05	1
22	U3	C.I.	LM79L05	1

Acest produs se livrează în varianta asamblată sau în varianta circuit imprimat + componente în scopuri educaționale..

Termocuplul

Un termocuplu este un senzor pentru măsurarea temperaturii. Se compune din două metale diferite, unite la un capăt. Când joncțiunea dintre cele două metale este încălzită sau răcită este produsă o tensiune, care poate fi corelată apoi cu temperatura. Aliajele termocuplului sunt disponibile în mod obișnuit ca sârmă.

Dacă un gradient de temperatură se produce într-un conductor electric, fluxul de caldură va crea o mișcare de electroni generându-se în acea regiune o forță electromotoare.

Mărimea și direcția forței electromotoare vor depinde de mărimea și direcția gradientului de temperatură și de materialul din care este realizat conductorul. Tensiunea existentă la capetele conductorului va reprezenta suma algebrică a forțelor electromotoare generate de-a lungul conductorului. Astfel, pentru o diferență de temperatură dată T_1-T_2 , distribuțiile de gradient vor produce aceeași tensiune totală E , presupunând că pe toată lungimea conductorului caracteristicile sale termoelectrice sunt uniforme. Tensiunea de ieșire a unui singur conductor nu este în mod normal măsurabilă întrucât suma forțelor electromotoare într-un circuit închis al unui conductor uniform va fi, în orice situație a temperaturii, egală cu zero.

Într-un termocuplu, sunt combinate practic două materiale având caracteristici forța electromotoare/temperatură diferite, pentru a produce o tensiune de ieșire utilizabilă. Astfel, un termocuplu format din doi conductori A și B, diferiți ca material, într-o situație a gradientului de temperatură, va genera semnal de ieșire datorită interacțiunii gradientului de temperatură în ambii conductori A și B. Se va produce aceeași ieșire E_t pentru orice distribuție a gradientului în interiorul unei diferențe de temperatură date $T_1 - T_2$, presupunând caracteristicile termoelectrice ale conductorilor uniforme pe toată lungimea conductorului.

Tipuri de termocuplu

Un termocuplu este disponibil în diferite combinații de metale ceea ce face ca tensiunile electromotoare să fie diferite, ca atare presupun diferite etalonări. Cele mai frecvente calibrări sunt J, K, T și E. Există calibrări pentru temperaturi ridicate R, S, C și GB. Fiecare calibrare are o gamă diferită de temperatură și mediu, cu toate că temperatura maximă variază în funcție de diametrul firului utilizat în termocuplu. Deși calibrarea termocuplului dictează intervalul de temperatură măsurat, aceasta este determinată și de diametrul sârmei termocuplului.

Pentru fiecare termocuplu există un tabel de referință complet. Tabelul include coduri de culoare internaționale pentru aliaje de termocuplu, intervalul de temperatură și limitele de eroare pentru aproape orice tip de termocuplu.

Alegerea termocuplului

Pentru a măsura cu un termocuplu în domenii de temperatură, se utilizează următoarele criterii de selecție:

- Intervalul de temperatură măsurată
- Rezistența chimică a materialului termocuplu sau a tecii
- Abraziune și rezistență la vibrații
- Cerințele de instalare (să fie compatibil cu echipamentele existente, diametrul sondei)

Tipuri de joncțiune

Sondele termocuplu izolate au trei tipuri de joncțiune: cu împământare, izolate sau cu joncțiune expusă.

La sonda cu joncțiune cu împământată, firele termocuplului sunt cuplate fizic pe interiorul peretelui sondei, în vârf. Acest lucru duce la un bun transfer termic din exterior, prin peretele sondei până la joncțiunea termocuplului.

La sonda cu joncțiune izolată, joncțiunea termocuplului este izolată electric de peretele sondei. Timpul de răspuns este mai lent decât la tipul cu împământare.

Materiale pentru termocupluri

Majoritatea materialelor conductoare produc tensiune termoelectrică, dar din considerații precum ar fi domeniul de temperatură, semnalul de ieșire util, stabilitatea și liniaritatea relației temperatură/tensiune electromotoare fac ca posibilitățile practice de selecție să fie destul de limitate. Există o gamă mare de metale și aliaje sub formă de fire sau senzori compleți, acoperind domenii de temperaturi de la -250°C până la peste 2000°C .

Aceste domenii de temperatură nu pot fi acoperite cu o singură combinație de materiale. Domeniile de temperatură standardizate internațional, pentru cele mai utilizate tipuri de termocupluri, sunt date în tabelul de mai jos.

În general materialele pentru termocupluri ce au la bază platina sunt cele mai stabile. Ele au un domeniu de temperatură util pornind de la temperatura mediului ambiant până la 2000°C , deși semnalul lor de ieșire este mic comparativ cu tipurile având la baza alte metale.

Limitele superioare ale temperaturilor prezentate în tabel sunt valori nominale; ele pot fi mai mari sau mai mici în funcție de condițiile de lucru, de durata expunerii, de durata de viață și precizia cerută.

Tip	Material Pozitiv	Material Negativ	Precizie*** Clasa 2	Domeniul °C (extensie)	Observații
B	Pt, 30%Rh	Pt, 6%Rh	0.5% >800°C	50 la 1820 (1 la 100)	Bun la temperaturi ridicate, nu este necesară compensare cu jonctiune de referință.
C**	W, 5%Re	W, 26%Re	1% >425°C	0 la 2315 (0 la 870)	Utilizat la temperatură foarte ridicată
D**	W, 3%Re	W, 25%Re	1% >425°C	0 la 2315 (0 la 260)	Utilizat la temperatură foarte ridicată
E	Ni, 10%Cr	Cu, 45%Ni	0.5% sau 1.7°C	-270 la 1000 (0 la 200)	De uz general, temperaturi scăzute și medii
G**	W	W, 26%Re	1% >425°C	0 la 2315 (0 la 260)	Utilizat la temperatură foarte ridicată
J	Fe	Cu, 45%Ni	0.75% sau 2.2°C	-210 la 1200 (0 la 200)	Temperatură ridicată
K*	Ni, 10%Cr	Ni, 2%Al 2%Mn 1%Si	0.75% sau 2.2°C	-270 to 1372 (0 la 80)	De uz general la temperaturi ridicate, mediu oxidant
L**	Fe	Cu, 45%Ni	0.4% sau 1.5°C	0 la 900	Similar cu tipul J. Depășit – nerecomandat pentru modele noi
M**	Ni	Ni, 18%Mo	0.75% sau 2.2°C	-50 la 1410	.
N*	Ni, 14%Cr 1.5%Si	Ni, 4.5%Si 0.1%Mg	0.75% sau 2.2°C	-270 la 1300 (0 la 200)	Tip relativ nou ca un înlocuitor superior pentru tip K .
P**	Platinel II	Platinel II	1.0%	0 la 1395	Stabil dar scump, înlocuitor pentru tipurile K și N
R	Pt, 13%Rh	Pt	0.25% sau 1.5°C	-50 la 1768 (0 to 50)	Precizie, temperatură înaltă
S	Pt, 10%Rh	Pt	0.25% sau 1.5°C	-50 la 1768 (0 to 50)	Precizie, temperatură înaltă
T*	Cu	Cu, 45%Ni	0.75% or 1.0°C	-270 to 400 (-60 to 100)	Bun pentru uz general, temperatură scăzută, tolerant la umiditate.
U**	Cu	Cu, 45%Ni	0.4% or 1.5°C	0 to 600	Similar cu tipul T. Depășit – nerecomandat în proiecte noi

* Cele mai utilizate tipuri de termocuple, ** Tip nerecunoscut ANSI *** Vezi IEC 584-2 pentru mai multe detalii. Cod material:- Al = Aluminu, Cr = Crom, Cu = Cupru, Mg = Magneziu, Mo = Molibden, Ni = Nichel, Pt = Platină, Re = Reniu, Rh = Rodiu, Si = Siliciu, W = Tungsten

Codificare internațională	Materialul conductorului	Domeniul de temperatura (°C)
R	Pt - 13% Rh (+) Pt (-)	0 la +1600
S	Pt - 10% Rh (+) Pt (-)	0 la +1550
B	Pt - 30% Rh (+) Pt - 6% Rh (-)	+100 la +1600 intermitent +1750
K	Ni - Cr* (+) Ni - Al* (-)	0 la +1100
T	Cu* (+) Cu - Ni* (-)	-185 la +300
J	Fe (+) Cu - Ni* (-)	+20 la +700
E	Ni - Cr* (+) Cu - Ni* (-)	0 la +800

Diferite tipuri de materiale conductoare

*) Aliajele prezentate în această rubrică mai sunt cunoscute și după următoarele denumiri comerciale: Cromel (Ni - Cr), Alumel (Ni - Al), Constantan (Cu - Ni).

Pentru domeniul de temperatură specificat mai sus vom alege un element sensibil pe bază de Pt-13%Rh vs Pt de tip **R**.

Pentru temperaturi variind între 1200°C și 1400°C tensiunea electromotoare ce apare între electrozi este redată în tabelul următor:

temperatura	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
1200°	11,923	12,043	12,163	12,284	12,404	12,525	12,645	12,766	12,887	13,008
1300°	13,129	13,25	13,371	13,493	13,616	13,734	13,855	13,975	14,096	14,217
1400°	14,338									

T	Ur (mV)	U ideal	Δ	Eps (%)
1200	11.923	11.923	0,000	0,000
1210	12.046	12.043	0,003	0,143
1220	12.169	12.163	0,006	0,243
1230	12.276	12.284	0,008	0,343
1240	12.394	12.404	0,010	0,442
1250	12.513	12.525	0,012	0,542
1260	12.631	12.645	0,014	0,598
1270	12.751	12.766	0,015	0,655
1280	12.872	12.887	0,015	0,668
1290	12.992	13.008	0,016	0,681
1300	13.113	13.129	0,016	0,694
1310	13.234	13.250	0,016	0,707
1320	13.355	13.371	0,016	0,676
1330	13.478	13.493	0,015	0,646
1340	13.602	13.616	0,014	0,616
1350	13.721	13.734	0,013	0,542
1360	13.844	13.855	0,011	0,468
1370	13.967	13.975	0,008	0,351
1380	14.090	14.096	0,006	0,278
1390	14.213	14.217	0,004	0,160
1400	14.338	14.338	0,000	0,000

U_r reprezintă tensiunea măsurată (mV);

U_{ideal} reprezintă tensiunea ideală (caracteristică liniară);

Δ reprezintă diferența de tensiune; Δ=U_{ideal}-U_r

Eps reprezintă eroarea de neliniaritate.

$$U_{ideal} = U_{real}(1200) + \frac{(T - 1200)(U_{real}(1400) - U_{real}(1200))}{200}$$

$$Eps = \frac{\Delta \cdot 100}{(U_{real}(1400) - U_{real}(1200))} \%$$

Din tabel se observă că eroarea de neliniaritate maximă este 0,707% la o temperatură de 1010°C, însă cum aceasta eroare este sub 1% rezultă că **nu necesită circuit de liniarizare**.

Timpul de răspuns

O constantă timp a fost definit ca fiind timpul necesar ca un senzor sa ajungă la 63,2%, pentru o schimbare radicală a temperaturii sub un set specific de condiții. Cinci constante de timp sunt necesare pentru ca senzorul să se apropie de 100% din valoarea de schimbare pas. Un termocuplu jonctiune expusă este cu cel mai rapid răspuns. De asemenea, cu cât este mai mic diametrul mantalei sondei, cu atât este mai repede răspunsul, însă temperatura maximă poate fi mai mică. Să fie conștient, însă, că uneori învelișul sondei nu poate rezista întreaga gamă de temperatură de tip termocuplu.

Material	Temperatura maximă	Mediul de lucru			
		Oxidant	Hidrogen	Vid	Inert
304 SS	900 ° C	Foarte bun	Bun	Foarte bun	Foarte bun
Inconel 600	1148 ° C	Foarte bun	Bun	Foarte bun	Foarte bun

Conectorii, fișa cât și priza au polaritatea marcată, pentru a realiza conexiuni corecte.

Elemente de legătură și transmisie

Elementele de legatură și transmisie sunt cablurile de la senzor la unitatea de referință realizate din materiale conductoare similare celor ale senzorului. Se pot folosi conductori din materiale diferite, dar care, în combinatie, dezvoltă semnale de ieșire similare termocuplului pe un domeniu limitat de temperatură. În aceste cazuri cablurile se mai numesc și cabluri de compensare. Un exemplu evident de utilizare a cablurilor de compensare este la termocuplurile pe bază de platină unde costul materialelor este ridicat și din necesitate economica se utilizează cabluri de compensare care sunt mai ieftine. Dacă se permite însă creșterea temperaturii în cutia de borne, semnalul la capătul cablului de compensare va diferi de cel al termocuplului de platină crescând astfel eroarea de măsurare a temperaturii.

Rezistența de izolație la temperatura camerei		
Φ nominal manta	Tensiune minimă aplicată	Rezistența minimă a izolației
< de 0,90mm	50V	100MΩ
0,80-1,5mm	50V	500MΩ
> de 1,5 mm	500V	1000MΩ

Material	Temperatura maximă	Mediul de măsură			
		Oxidant	Hidrogen	Vid	Inert
304 SS	900 ° C (1650 ° F)	Foarte bun	Bun	Foarte bun	Foarte bun
Inconel 600	1148 ° C (2100 ° F)	Foarte bun	Bun	Foarte bun	Foarte bun

Domeniile de măsură pentru termocuplu și limitele de eroare

Intervale de temperatură și de precizie pentru termocupluri tip J, K, E și T.

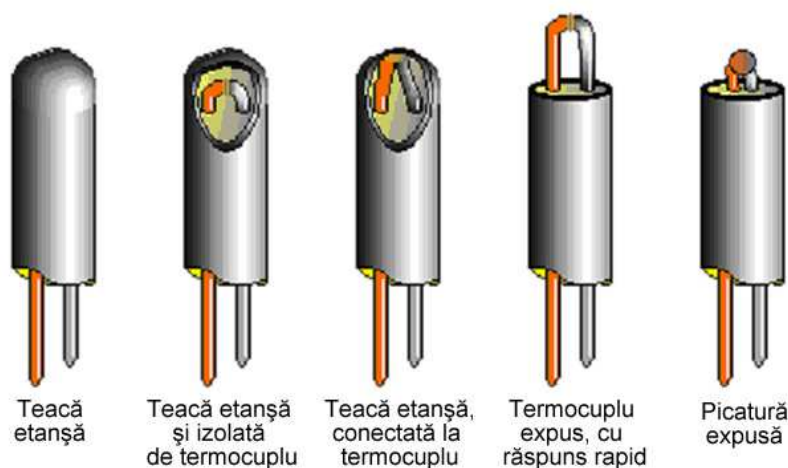
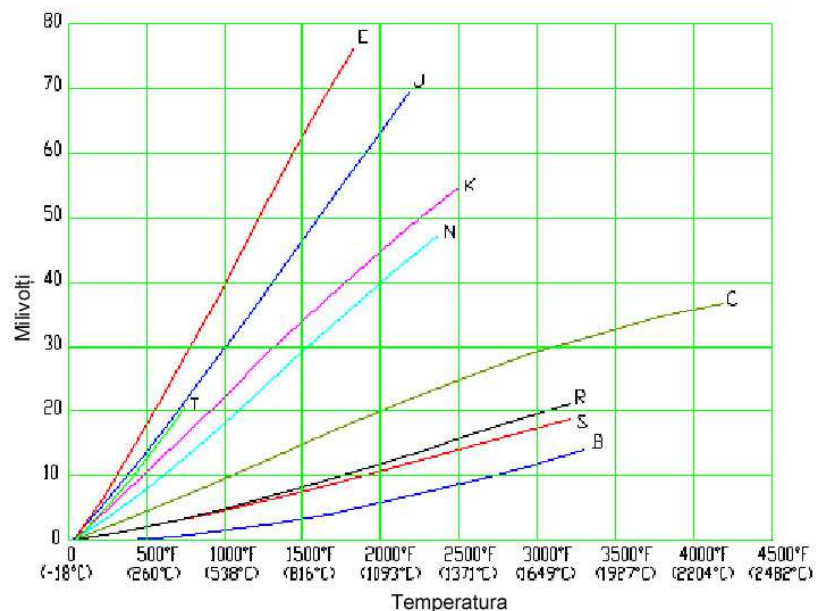
Domenii de Temperatură pentru Termocuple			
Calibrare	Domeniul de temperatură	Limită de eroare standard	Eroare specifică
J	0°C la 750°C	Max 2,2°C sau 0,75%	Max 1,1°C sau 0,4%
K	-200°C la 1250°C	Max 2,2°C sau 0,75%	Max 1,1°C sau 0,4%
E	-200°C la 900°C	Max 1,7°C sau 0,5%	Max 1,0°C sau 0,4%
T	-250°C la 350°C	Max 1,0°C sau 0,75%	Max 0,5°C sau 0,4%

Termocuplu de referință

Termocuplurile produc o tensiune de ieșire corelată cu temperatura măsurată. În fișierele din tabelul de mai jos se dau valorile de corespondență dintre tensiunea termoelectrică și temperatura corespunzătoare pentru un anumit tip de termocuplu, intervalul de temperatură măsurat de termocuplu precum și limitele de eroare.

faceți clic pe un link-ul de mai jos pentru a vedea fișa termocuplului

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Termocuplu tip B (° C)• Termocuplu tip C (° C)• Termocuplu de tip E (° C)• Termocuplu tip J (° C)• Termocuplu tip K (° C)• Termocuplu de tip N (° C)• Termocuplu de tip R (° C)• Termocuplu de tip S (° C)• Termocuplu tip T (° C)• Tungsten și Tungsten / Reniu | <ul style="list-style-type: none">• Termocuplu tip B (° F)• Termocuplu tip C (° F)• Termocuplu de tip E (° F)• Termocuplu tip J (° F)• Termocuplu tip K (° F)• Termocuplu de tip N (° F)• Termocuplu de tip R (° F)• Termocuplu de tip S (° F)• Termocuplu tip T (° F)• CHROMEKA® vs aur, 0,07 Iron Procent Atomic |
|---|---|



Variante de termocuplu în teacă

Termocuplul cu mărgele izolatoare

Un fir termocuplu cu mărgele este cea mai simplă formă de termocuplu. Se compune din două bucăți de sârmă termocuplu unite prin sudare. Datorită joncțiunii expuse a termocuplului, există mai multe limite de aplicare. Cablul termocuplu cu mărgele nu ar trebui să fie utilizat în lichide care ar putea coroda sau oxida aliajul termocuplului. În general, termocuplurile din sârmă cu mărgele sunt recomandate la măsurarea temperaturii gazelor. Datorită dimensiunilor foarte mici, ele oferă un timp de răspuns foarte rapid.



Sondă Termocuplu cu teacă

Un termocuplu constă dintr-o sârmă termocuplu amplasată în interiorul unui tub metalic. Teaca este realizată din oțel inoxidabil și Inconel. Inconel suportă domenii de temperatură mai mari decât oțelul inoxidabil, cu toate acestea, este adesea preferat oțelul inoxidabil datorită compatibilității sale chimice.

Vârful termocuplului este disponibil în trei tipuri diferite: grounded, izolat sau expus.

Tipul grounded (împământat), are vârful termocuplului în contact cu peretele mantalei, oferă un timp de răspuns rapid însă este cel mai sensibil la bucle de curent.

La tipul izolat termocuplul este separat de peretele învelișului cu un strat izolator.

La tipul expus, vârful termocuplului iese în afara peretelui mantalei. Termocuplele cu joncțiune expusă sunt cele mai recomandate pentru măsurarea aerului.

Tipuri de termocuple



Termocuplu Grounded



Termocuplu izolat



Termocuplu expus

Sondă de suprafață

Măsurarea temperaturii pe suprafață este dificilă pentru cele mai multe tipuri de senzori de temperatură. Pentru a asigura o măsurare exactă, întreaga suprafață de măsurare a senzorului trebuie să fie în contact cu suprafața. Acest lucru este dificil atunci când se lucrează cu un senzor de rigid și o suprafață rigidă. Deoarece termocuple sunt fabricate din metale moi, joncțiunea poate fi plată și subțire pentru a asigura un contact maxim cu o suprafață solidă rigidă. Aceste termocuple sunt o alegere excelentă pentru măsurarea pe suprafață. Termocuplul poate fi chiar construit într-un mecanism care se rotește, făcându-l adecvat pentru măsurarea temperaturii unei suprafețe în mișcare. Tip K este ChromelAlomega.

