

Czujniki temperatur, termopary

Semestr zimowy 2014/2015, WIEiK-PK

1

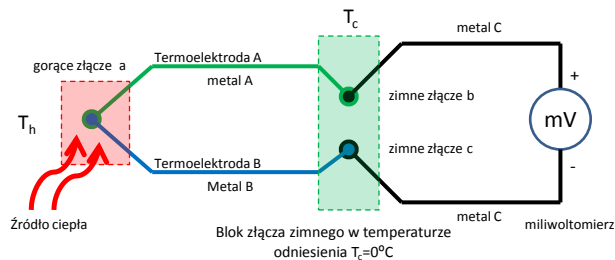
Termopara

- Czujniki termoelektryczne są to przyrządy reagujące na zmianę temperatury zmianą siły termodynamicznej wbudowanego w nie termoelementu.
- Połączone na jednym końcu dwa różne materiały; metale czyste, stopy metali lub niemetalu, tworzą „termoelement” inaczej popularną termoparę.
- Miejsce łączenia nazywa się „spoiną pomiarową” zaś pozostałe końce - zimnymi końcami.
- Przewody termoelementu nazywamy „termoelektrodami”. W tak utworzonym termoelemencie składającym się z różnych materiałów, powstaje siła termoelektryczna wtedy, gdy spoina i zimne końce utrzymywane są w różnych temperaturach. Czułość termoelementu zależy od siły termoelektrycznej materiałów, z których wykonane są termoelementy (**Seebeck effect**).
- Na termoelementy należy wybierać zestawy materiałów, które w szeregu termoelektrycznym znajdują się możliwie daleko od siebie, co zapewnia występowanie możliwie dużych sił termoelektrycznych przy określonej różnicy temperatur.

Semestr zimowy 2014/2015, WIEiK-PK

2

Termopara – zasada pomiaru temperatury



Podstawowy obwód elektryczny do pomiaru siły termoelektrycznej i wyznaczenia temperatury z uwzględnieniem zimnych końców.

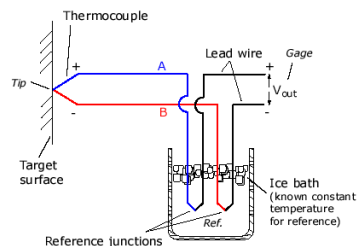
$$V_T = (S_B - S_A) * (T_H - T_C)$$

V_T – napięcie wyjściowe

S_B i S_A – współczynniki Seebeck

T_H – temperatura gorącego złącza

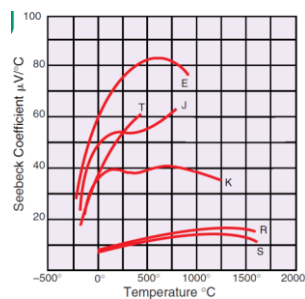
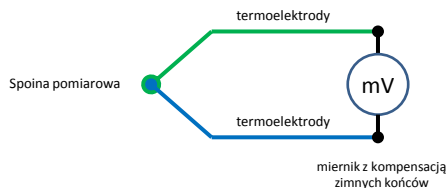
T_C – temperatura zimnego końca



Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

3

Typy termopar



Charakterystyki termoelementów są przedmiotem standaryzacji, a wartości siły termoelektrycznej dla poszczególnych materiałów, oraz dopuszczalne odchyłki zawarte są w międzynarodowej normie PN-EN 60584 oraz ITS 90

Termoelementy można podzielić na trzy grupy w zależności od zakresu pomiarowego:

- Grupa I zakres temperatur od -200 do +1200°C. Brak metali szlachetnych.
- Grupa II zakres temperatur od 0 do +1600°C. Platynowo-rodowe.
- Grupa III zakres temperatur od 0 do +2200°C. Wolframowo-rodowe.

Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

4

Typy termopar – grupa I

Grupa I: w zakresie temperatur od -200°C do $+1200^{\circ}\text{C}$, w tych termoelementach nie ma metali szlachetnych. W skład tej grupy wchodzi termoelementy:

Typ „K” - NiCr-Ni

- Stosowany w zakresie temperatur od -200 do $+1200^{\circ}\text{C}$. Zależność SEM od temperatury dla tego termoelementu jest prawie liniowa, a jego czułość wynosi $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Typ „J” oraz „E” - Fe-CuNi

- Ma on mniejsze znaczenie w przemyśle ze względu na ograniczony zakres mierzonych temperatur (od -40°C do $+750^{\circ}\text{C}$). Ich czułość wynosi $55\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Typ „E” - NiCr-CuNi

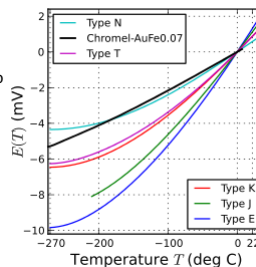
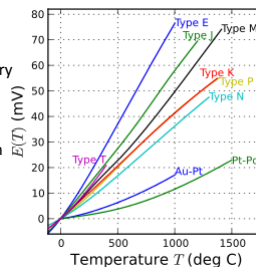
- Ze względu na wysoką czułość ($68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$), ten typ termoelementu stosowany jest przede wszystkim w zakresie niskich temperatur kriogenicznych od -200 do $+900^{\circ}\text{C}$. Jest to materiał niemagnetyczny, co może być cenną zaletą w niektórych zastosowaniach specjalnych.

Typ „N” - NiCrSi-NiSi

- Ten termoelement ma bardzo dobrą stabilność termiczną, porównywalną z termoparami platynowymi. Wykazuje także znakomitą odporność na utlenianie aż do wysokich temperatur. Jest idealnym narzędziem do dokładnych pomiarów temperatury w powietrzu do $+1200^{\circ}\text{C}$. Czułość wynosi $39\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Typ „T” - Cu-CuNi

- Jest to najrzadziej używany typ termoelementu. Jego zakres pomiarowy wynosi od -200°C do $+350^{\circ}\text{C}$ a czułość $30\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.



Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

5

Typy termopar – grupa II

Grupa II: termoelementy w zakresie od 0°C do $+1600^{\circ}\text{C}$ (platynowo-rodowe).
W skład tej grupy wchodzi termoelementy:

Typ „S” - PtRh10-Pt

- Są one używane zazwyczaj w atmosferze silnie utleniającej w zakresie wysokich temperatur do $+1600^{\circ}\text{C}$. Czułość około $10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Typ „R” - PtRh13-Pt

- Podobnie jak termoelement „S” używane w atmosferze silnie utleniającej ale posiadają większą czułość - około $14\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Typ „B” - PtRh30-PtRh6

- Umożliwiają pomiar temperatury do $+1800^{\circ}\text{C}$. Bardzo stabilny termoelement, ale mało czuły zwłaszcza w zakresie niższych temperatur.

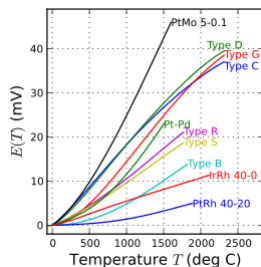
Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

6

Typy termopar – grupa III

Grupa III: termoelementy w zakresie od 0°C do +2200°C (wolframowo-renowe).

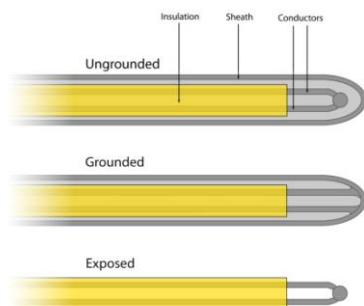
- **Typ „C” - Wolfram-Ren / 5% Wolfram**
- **Typ „D” - Wolfram- Ren / 25% Wolfram**
- Te termoelementy są używane do pomiaru bardzo wysokich temperatur do +2300°C, w atmosferze redukującej, obojętnej lub w próżni.



Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

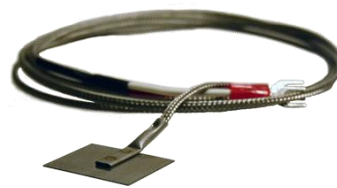
7

Obudowy termopar



http://www.phidgets.com/docs/Thermocouple_Primer

Położenie i podłączenie termopary w obudowie



Termopara do instalacji gazowych (pieców, kuchenek)

Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

8

Obudowy termopar



Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

9

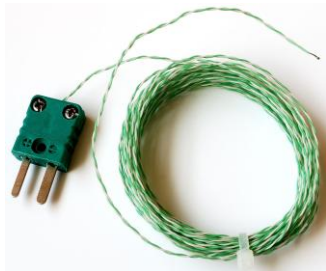
Termopara do pomiaru temperatury w układach BGA



015, WIEIK-PK

10

Termopary dla multimetrów



Termopara typu K dostarczana wraz z uniwersalnym multimetrem.





















Multimetr z możliwością pomiaru temperatury termoparą



Miernik temperatury i kalibrator termopar

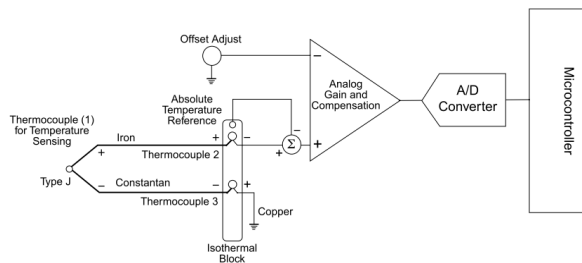
Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK 11

Parametry standardowych termopar i kolory przewodów

Type	Temperature range (°C)				Tolerance class (°C)		Color code		
	Continuous		Short term		One	Two	IEC	BS	ANSI
	Low	High	Low	High					
B	+200	+1700	0	+1820	Not available	600 – 1700: ±0.0025×T	No standard	No standard	Not defined
Chromel/AuFe	-272	+300	N/A	N/A	Reproducibility 0.2% of the voltage. Each sensor needs individual calibration.				
E	0	+800	-40	+900	-40 – 375: ±1.5 375 – 800: ±0.004×T	-40 – 333: ±2.5 333 – 900: ±0.0075×T			
J	0	+750	-180	+800	-40 – 375: ±1.5 375 – 750: ±0.004×T	-40 – 333: ±2.5 333 – 750: ±0.0075×T			
K	0	+1100	-180	+1300	-40 – 375: ±1.5 375 – 1000: ±0.004×T	-40 – 333: ±2.5 333 – 1200: ±0.0075×T			
N	0	+1100	-270	+1300	-40 – 375: ±1.5 375 – 1000: ±0.004×T	-40 – 333: ±2.5 333 – 1200: ±0.0075×T			
R	0	+1600	-50	+1700	0 – 1100: ±1.0 1100 – 1600: ±0.003×(T-767)	0 – 600: ±1.5 600 – 1600: ±0.0025×T			Not defined
S	0	+1600	-50	+1750	0 – 1100: ±1.0 1100 – 1600: ±0.003×(T-767)	0 – 600: ±1.5 600 – 1600: ±0.0025×T			Not defined
T	-185	+300	-250	+400	-40 – 125: ±0.5 125 – 350: ±0.004×T	-40 – 133: ±1.0 133 – 350: ±0.0075×T			

<http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>
Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK 12

Układ pomiarowy dla termopary

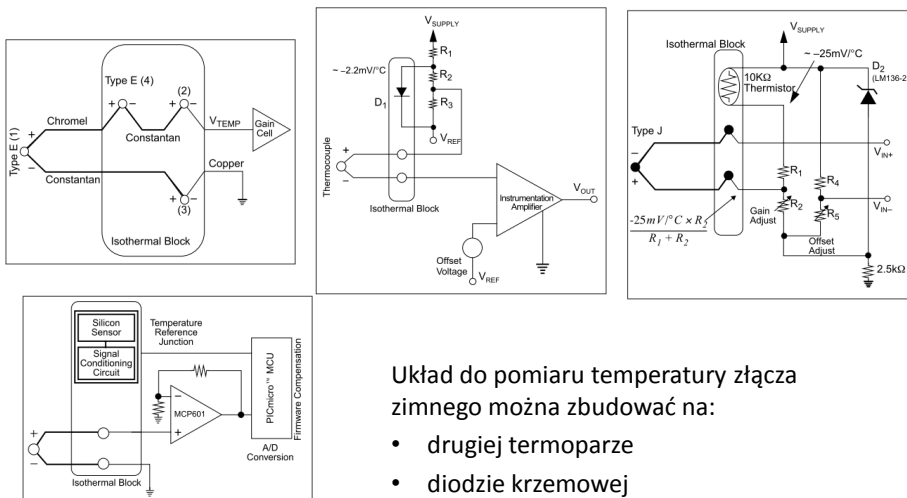


Podstawowy schemat blokowy układu pomiarowego z pomiarem zimnych końców

Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

13

Układy kompensacyjne dla termopary



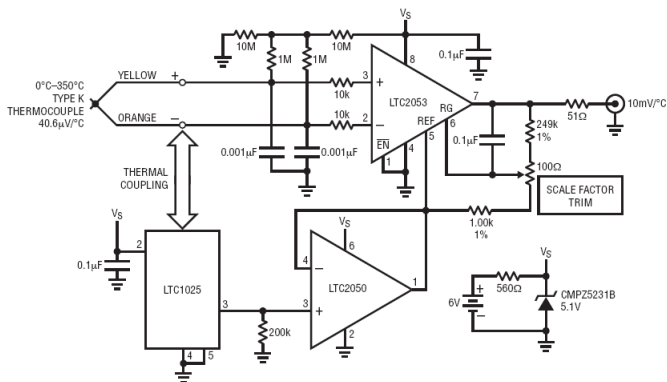
Układ do pomiaru temperatury złącza zimnego można zbudować na:

- drugiej termoparze
- diodzie krzemowej
- termistorze
- scalonym czujniku temperatury

Semestr zimowy 2014/2015, WIEIK-PK

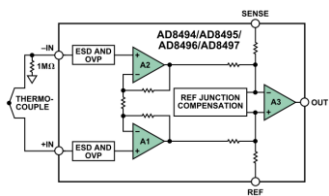
14

Obwód wejściowy pomiarowy

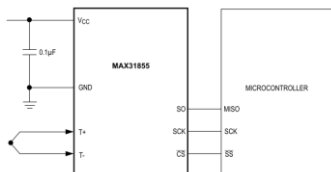
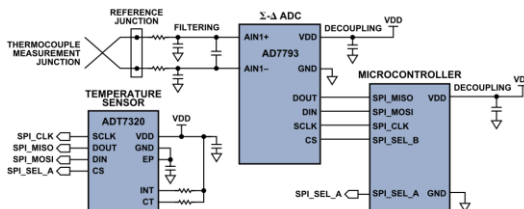


Precyzyjny wzmacniacz pomiarowy dla termopary typu K

Przykłady specjalizowanych układów scalonych dla termopar



Specjalizowany układ z firmy Analog Devices



Specjalizowany układ MAX31855 z firmy Maxim.

Podstawowe parametry:

- kompensacja zimnych końców,
- dokładność 14-bitów, 0.25°C,
- dostępny dla termopar typu K, J, N, T, S, R, E,
- wykrywanie zwarcia termopary do GND lub Vcc,
- wykrywanie przerwy w obwodzie termopary,
- prosty interfejs szeregowy SPI, tylko do odczytu.

