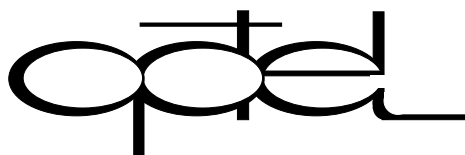


**Research & Development**  
**Ultrasonic Technology / Fingerprint recognition**



***DATA SHEETS***

**&**

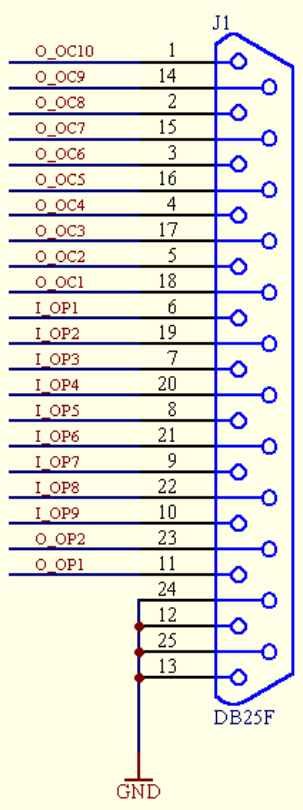
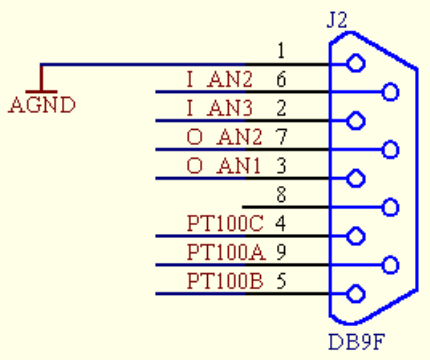
**Opis karty OPCONZ**

<http://www.optel.pl>  
email: [optel@optel.pl](mailto:optel@optel.pl)

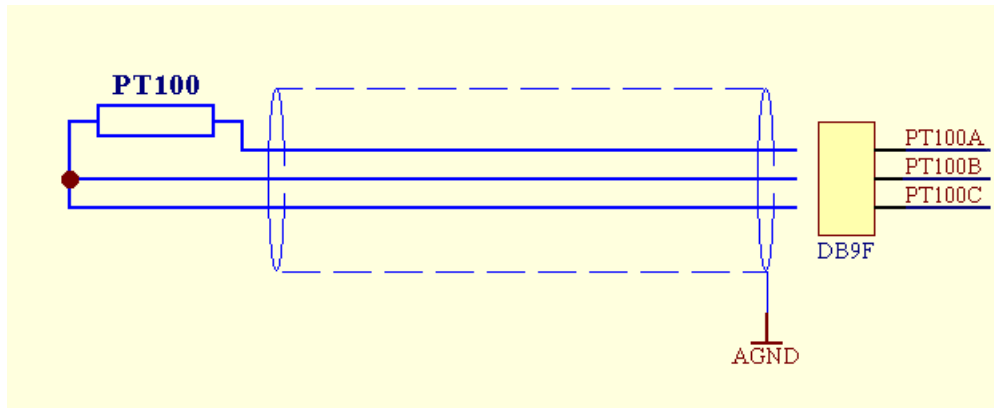
---

Przedsiębiorstwo Badawczo-Produkcyjne OPTEL Spółka z o.o.  
ul. Otwarta 10a PL-50-212 Wrocław  
phone: +48 71 329 68 53 fax: +48 71 329 68 52  
NIP: 898-10-47-033

## OPIS WYPROWADZEŃ

 <p>The diagram shows a DB25F connector with 25 pins. The pin assignments are as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pin 1: O_OC10</li> <li>Pin 2: I_OP1</li> <li>Pin 3: O_OC6</li> <li>Pin 4: O_OC4</li> <li>Pin 5: O_OC2</li> <li>Pin 6: I_OP2</li> <li>Pin 7: I_OP3</li> <li>Pin 8: I_OP5</li> <li>Pin 9: I_OP7</li> <li>Pin 10: I_OP9</li> <li>Pin 11: O_OP1</li> <li>Pin 12: GND</li> <li>Pin 13: GND</li> <li>Pin 14: O_OC9</li> <li>Pin 15: O_OC7</li> <li>Pin 16: O_OC5</li> <li>Pin 17: O_OC3</li> <li>Pin 18: O_OC1</li> <li>Pin 19: I_OP4</li> <li>Pin 20: I_OP6</li> <li>Pin 21: I_OP8</li> <li>Pin 22: I_OP9</li> <li>Pin 23: O_OP2</li> </ul>	<p>O_OC1 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC2 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC3 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC4 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC5 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC6 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC7 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC8 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC9 - wyjście typu otwarty kolektor  O_OC10 - wyjście typu otwarty kolektor</p> <p>I_OP1 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP2 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP3 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP4 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP5 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP6 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP7 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP8 - wejście cyfrowe z optoizolacją  I_OP9 - wejście cyfrowe z optoizolacją</p> <p>O_OP1 - wyjście cyfrowe z optoizolacją  O_OP2 - wyjście cyfrowe z optoizolacją</p> <p>GND – masa cyfrowa</p>
 <p>The diagram shows a DB9F connector with 9 pins. The pin assignments are as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pin 1: AGND</li> <li>Pin 2: I_AN3</li> <li>Pin 3: O_AN1</li> <li>Pin 4: PT100C</li> <li>Pin 5: PT100B</li> <li>Pin 6: I_AN2</li> <li>Pin 7: O_AN2</li> <li>Pin 8: (empty)</li> <li>Pin 9: PT100A</li> </ul>	<p>I_AN2 – wejście analogowe 0-10V  I_AN3 – wejście analogowe 0-10V</p> <p>O_AN1 – wyjście analogowe 0-10V  O_AN2 – wyjście analogowe 0-10V</p> <p>PT100A, PT100B, PT100C wejścia do podłączenia czujnika PT100 metodą trójprzewodową</p> <p>AGND masa analogowa (odniesienie dla wejść i wyjść analogowych oraz do podłączenia ekranu kabla dla czujnika PT100)</p>

Sposób podłączenia czujnika PT100 do zacisków wejściowych:



## OPIS KOMEND

Format komend:

Każda komenda rozpoczyna się znakiem `<@>`, a kończy znakiem `</>`.

Komendy składają się z 3 (bez parametru) oraz 4, 5 lub 6 (z parametrem / ami) bajtów.

Zwracane wartości składają się z czterech bajtów `<@> <Y1> <Y2> </>`

- **Wyjścia typu otwarty kolektor** `<@> <o> <value1> <value2> </>`

`<value1> [0..255]` - maska dla wyjść z otwartym kolektorem od 1 do 5

MSB								LSB
OC1	<b>OC2</b>	OC3	OC4	OC5	X	X	<b>OC2</b>	

`<value2> [0..255]` - maska dla wyjść z otwartym kolektorem od 6 do 10

OC6	<b>OC7</b>	OC8	OC9	OC10	X	X	<b>OC7</b>
-----	------------	-----	-----	------	---	---	------------

*Uwaga: Wyjścia OC2 i OC7 posiadają podwójną maskę i wynosi ona 0x41 lub 65 dziesiętnie.*

- **Wyjścia z optoizolacją** `<@> <w> <value1> </>`

`<value1> [0..3]` - maska dla dwóch wyjść z optoizolacją

X	X	X	X	X	X	OP1	OP1
						0	1

- **Wejścia z optoizolacją** `<@> <i> </>`

Zwracany łańcuch

`<@> <Y1> <Y2> </>`

`<Y1> [0..255]` - maska dla wejść z optoizolacją od 1 do 8

OP8	OP7	OP6	OP5	OP4	OP3	OP2	OP1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

`<Y2> [0,1]` - maska dla wejścia z optoizolacją numer 9

0	0	0	0	0	0	0	OP9
---	---	---	---	---	---	---	-----

• **Wejście analogowe**

<value1> [0..2]

<@> <p> <value1> </>

kanal przetwornika analogowo-cyfrowego

0 – pomiar temperatury  $temp=(Y1*256+Y2)/40.0 [^{\circ}C]$

1 – wejście analogowe 1  $1LSB=2,62 [mV]$

2 – wejście analogowe 2  $1LSB=2,62 [mV]$

Zwracany łańcuch

<@> <Y1> <Y2> </>

<Y1> [0..15]

- bardziej znaczące cztery bity przetwornika

<Y2> [0..255]

- mniej znaczące osiem bitów przetwornika

• **Wyjście analogowe**

<value1> [0,1]

<@> <d> <value1> <value2> <value3> </>

- kanał przetwornika cyfrowo-analogowego

<value2> [0..15]

- bardziej znaczące cztery bity przetwornika

<value3> [0..255]

- mniej znaczące osiem bitów przetwornika

Uwaga1:  $1LSB=2,62 [mV]$   
 $[mV]+40[mV]$

$U_{offset}=40[mV]$

$U_{wyj}=(\langle value2 \rangle * 256 + \langle value3 \rangle) * 2,62$

## OPIS UKŁADU POMIAROWEGO DLA CZUJNIKA Pt100

### POBUDZENIE CZUJNIKA

Dla pobudzenia czujnika rezystancyjnego *Pt100* należy wybrać mały prąd pobudzenia. Zapobiegnie to samonagrzewaniu się czujnika spowodowanego wydzielaniem się mocy na rezystancji czujnika. Źródło prądu zostało zrealizowane na wzmacniaczu operacyjnym w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego (tzw. źródło pływające). Wzmacniacz operacyjny dąży do wyrównania potencjałów na obu wejściach, więc prąd źródła można wyznaczyć jako:

$$I_{exciting} = \frac{U_{ref}}{R_{exciting}}$$

Rezystor  $R_{exciting}$  jest utworzony z 2 rezystorów połączonych równolegle  $R_6$  i  $R_{36}$ . Napięcie odniesienia o wartości  $1,2V$  jest wytworzone przez układ U9 MAX6120. Źródło prądu zasila dwie takie same (w stanie równowagi) gałęzie mostka, więc musi mieć wydajność 2 razy większą niż wymagana dla pobudzania czujnika. Zakładając prąd czujnika równy  $250\mu A$  źródło prądu musi mieć wydajność  $500\mu A$ .

$$I_{exciting} = \frac{U_{ref}}{R_{exciting}} \Rightarrow R_{exciting} = \frac{U_{ref}}{I_{exciting}} = \frac{1,2V}{500\mu A} = 2400\Omega$$

Rezystor  $R_{exciting}$  jest spoza szeregu więc jest utworzony przez równoległe połączenie  $R_6$  i  $R_{36}$ .

$$R_{exciting} = R_6 \parallel R_{36} = \frac{R_6 R_{36}}{R_6 + R_{36}} = 22k \parallel 2k7 = 2405\Omega,$$

co daje prąd źródła

$$I_{exciting} = \frac{U_{ref}}{R_{exciting}} = \frac{1,2V}{2405\Omega} = 499\mu A$$

Zakres przetwornika AC wbudowanego w procesor wynosi  $0-2,5V$ , więc aby uzyskać maksymalną rozdzielczość pomiarową należy tak wzmacnić napięcie z czujnika aby pokryło ono zakres napięć wejściowych przetwornika. Wymagany zakres mierzonych temperatur wynosi od  $0^\circ C$  do  $100^\circ C$ . Niech w temperaturze  $0^\circ C$  mostek będzie zrównoważony i sygnał wyjściowy równy  $0V$ . Zapewni to rezystor  $R_{33}=100\Omega$ , czyli o takiej samej wartości jak rezystancja czujnika *Pt100* w temperaturze  $0^\circ C$ . Potencjometr *POT1* służy do wprowadzenia mostka w stan równowagi w temperaturze  $0^\circ C$ , poprzez wyeliminowanie różnic w rezystorach  $R_7$  i  $R_{32}$  (będzie on też służył do eliminacji wpływu napięcia niezrównoważenia wzmacniacza pomiarowego *INA126*). W temperturze  $100^\circ C$  sygnał z mostka po wzmacnieniu powinien wynosić  $2,5V$ . Ze względu na to że wymagany jest pomiar  $100^\circ C$  włącznie sygnał powinien być nieco mniejszy od  $2,5V$  aby nieznacznie rozszerzyć w górę zakres pomiarowy.

Przyrost rezystancji czujnika *Pt100* wynosi około  $0,38\Omega/^\circ C$ . Rezystancja czujnika w temperaturze  $100^\circ C$  wynosi  $138,50\Omega$  co daje przyrost  $38,5\Omega/100^\circ C$ . Przy prądzie czujnika równym  $250\mu A$  da to przyrost napięcia jest równy:

$$\Delta U = \Delta R \cdot I_{exciting} = 38,5\Omega \cdot 250\mu A = 9,625mV$$

Wynika stąd wzmożenie wzmacniacza różnicowego (pomiarowego):

$$GAIN = \frac{U_{FS}}{\Delta U} = \frac{2,5V}{9,625mV} = 259,7 \frac{V}{V}$$

Można to wzmożenie wyznaczyć także w inny sposób, dzieląc wymagany przyrost napięcia po wzmożeniu przez przyrost napięcia na wyjściu mostka przypadające na  $1^{\circ}C$ .

$$GAIN = \frac{\Delta U_{out}}{\Delta U_{bridge}} = \frac{\Delta U_{out}}{\Delta R \cdot I_{exciting}} = \frac{25mV}{0,39\Omega \cdot 250\mu A} = 256 \frac{V}{V}$$

Przyrost napięcia na wyjściu czujnika o wartości  $25mV/^{\circ}C$  da przyrost  $2,5V$  na  $100^{\circ}C$ .

### PRZETWORNIK ANALOGOWO-CYFROWY

Przetwornik AC, który wchodzi w skład mikroprocesora *AduC812* jest przetwornikiem 12 bitowym, czyli o

$$K = 2^{12} - 1 = 4095$$

krokach kwantowania. Wewnętrzne źródło napięcia odniesienia tego układu wynosi  $2,5V$ , co daje wartość 1LSB

$$1LSB = \frac{V_{ref}}{2^N - 1} = \frac{2,5V}{4095} = 610,5\mu V$$

Można też wyznaczyć maksymalną rozdzielczość pomiarową

$$1LSB = \frac{T_{max} - T_{min}}{2^N - 1} = \frac{100^{\circ}C}{4095} = 0,02442^{\circ}C$$

Przy wykorzystaniu arytmetyki zmiennoprzecinkowej jest to rozdzielczość do zaakceptowania, jednak aby uprościć operacje arytmetyczne do operacji stałoprzecinkowych wartość 1LSB musi wynosić "okrągłą" wartość równą  $0,025^{\circ}C$ . Na  $1^{\circ}C$  będzie przypadało:

$$\frac{1^{\circ}C}{0,025^{\circ}C} = 40LSB,$$

co będzie odpowiadało

$$40LSB = 40 \cdot 610,5\mu V = 24,42mV / ^{\circ}C$$

W temperaturze  $0^{\circ}C$  napięcie na wyjściu wzmacniacza ma wynosić  $0V$ , natomiast w temperaturze  $100^{\circ}C$   $2,442V$ . Musimy więc skorygować wartość wzmożenia wzmacniacza.

$$GAIN = \frac{U_{FS}}{\Delta U} = \frac{2,442V}{9,625mV} = 253,7 \frac{V}{V}$$

Dla układu *INA126* wartość wzmacnienia wyznacza się ze wzoru

$$GAIN = 5 + \frac{80k\Omega}{R_G},$$

a stąd

$$R_G = \frac{80k\Omega}{GAIN - 5} = \frac{80k\Omega}{254 - 5} = 321\Omega$$

Rezystancja  $R_G$  decydująca o wzmacnieniu wzmacniacza pomiarowego musi być regulowana w niewielkim zakresie, aby umożliwić precyzyjne ustawienie wzmacnienia. Składają się na nią rezystory  $R_{34}=270\Omega$  oraz  $R_{35}=100\Omega$  z równoległym potencjometrem wielobrotowym  $POT2=100\Omega$ . Da to zakres regulacji wzmacnienia

$$GAIN_1 = 5 + \frac{80k\Omega}{270\Omega} = 301,2 \frac{V}{V}$$

$$GAIN_2 = 5 + \frac{80k\Omega}{270\Omega + 50\Omega} = 255,0 \frac{V}{V}$$

$$\Delta GAIN = GAIN_1 - GAIN_2 = 46,2 \frac{V}{V}$$

(W testowanym układzie zakres regulacji napięcia wyjściowego wynosił:  $2,799V - 2,395V = 0,404V$ , co było skutkiem nieznacznie mniejszego prądu płynącego przez czujnik ( $248\mu A$ ) i dokładnością rezystorów).

$$\Delta GAIN = GAIN_1' - GAIN_2' = 38 \frac{V}{V}$$

## KALIBRACJA

1. Pomiaru napięć należy dokonać w miejscu *J3 (OUT)*
2. Kalibracja dla temperatury  $0^\circ C$ .

W gałąź mostka, w miejsce czujnika *Pt100* należy wpiąć rezystor o wartości dokładnie  $100,000 \Omega$ , co symuluje czujnik *Pt100* w temperaturze  $0^\circ C$ . Można też wykorzystać czujnik *Pt100* poprzez zanurzenie go w temperaturze  $0^\circ C$  (kąpiel wody z lodem). Potencjometrem *POT1* należy ustawić napięcie na wyjściu wzmacniacza równe dokładnie  $0V$ . Sprowadzi to mostek do równowagi oraz wyeliminuje napięcie niezrównoważenia wzmacniacza pomiarowego.

3. Kalibracja dla temperatury  $100^\circ C$ .

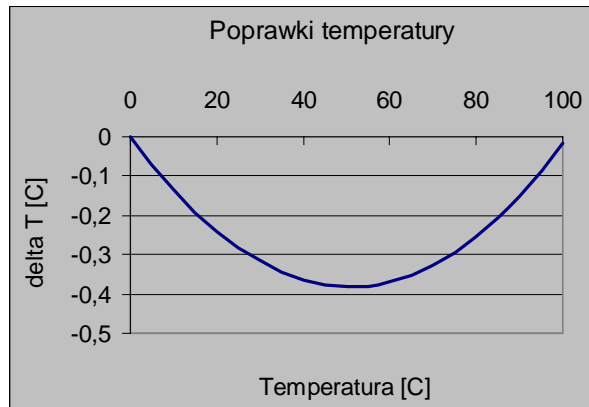
W gałąź mostka, w miejsce czujnika *Pt100* należy wpiąć rezystor o wartości dokładnie  $138,500 \Omega$ , co symuluje czujnik *Pt100* w temperaturze  $100^\circ C$ . Można też wykorzystać czujnik *Pt100* poprzez zanurzenie go w temperaturze  $100^\circ C$  (kąpiel wrzącej wody).

Potencjometrem *POT2* należy ustawić napięcie na wyjściu wzmacniacza równe dokładnie  $2,442V$ . Da to przyrost  $24,42mV/^{\circ}C$  na wyjściu wzmacniacza co będzie odpowiadało  $40LSB/^{\circ}C$  przetwornika AC. W przypadku rozbieżności napięcia odniesienia przetwornika AC od wartości  $2,5V$  może być wymagana korekta napięcia z wyjścia wzmacniacza równa

$$\frac{V_{ref}}{2,5V} = k \Rightarrow U_{out} = 2,442V \cdot k$$

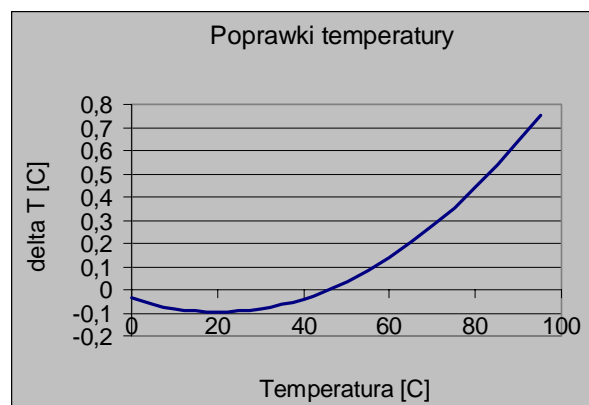
Przykładowo jeśli napięcie odniesienia dla AC  $V_{ref}=2,49V$  to wartość  $1LSB$  będzie wynosiła  $608\mu V$ . Należy ustawić napięcie na wyjściu wzmacniacza przy temperaturze  $100^{\circ}C$ .

$$U_{out} = 2,442V \cdot \frac{2,49V}{2,50V} = 2,432V$$

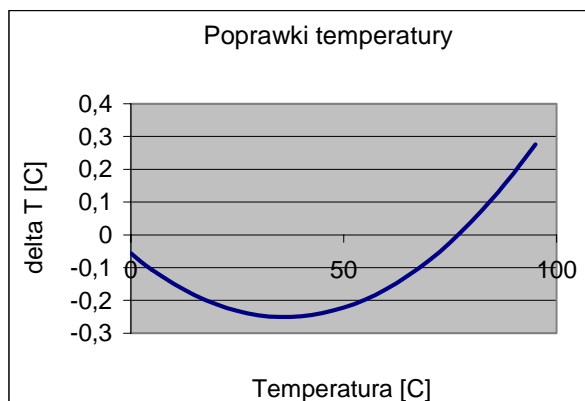


Taki dwupunktowy proces kalibracji daje w wyniku nieliniowości czujnika *Pt100* pokrycie z jego charakterystyką tylko w dwóch punktach  $0^{\circ}C$  i  $100^{\circ}C$ . Można wyznaczyć odchyłki w innych temperaturach. Odchyłka ta jest największa w temperaturze  $50^{\circ}C$  (połowa zakresu pomiędzy punktami kalibracji) i wynosi  $-0,38^{\circ}C$ . Wykres odchyłek wygląda następująco.

Można też spróbować kalibrować czujnik w temperaturze  $0$  i  $50^{\circ}C$ . Da to następujący wykres poprawek.



Podobnie dla kalibracji w temperaturze  $80^{\circ}\text{C}$ .



Najkorzystniej jest kalibrować wzmacniacz w temperaturach  $0$  i  $100^{\circ}\text{C}$  i w sposób cyfrowy uwzględnić poprawkę. W całym zakresie mierzonych temperatur ma ona ten sam znak (ujemny) (termometr wskazuje za dużo). Poprawki można wprowadzić wykorzystując tablicę poprawek dla poszczególnych przedziałów. Tabela wygląda następująco:

Temperatura [°C]	Poprawka [°C]
0	0,00
5	-0,07
10	-0,13
15	-0,19
20	-0,24
25	-0,28
30	-0,32
35	-0,34
40	-0,36
45	-0,38
50	-0,38
55	-0,38
60	-0,37
65	-0,35
70	-0,33
75	-0,29
80	-0,25
85	-0,21
90	-0,15
95	-0,09
100	-0,01

**UWAGA:**

Układ wzmacniacza jest zasilany napięciem  $+12\text{V}/-5\text{V}$ . W przypadku braku podłączonego czujnika PT100 na wejściu wzmacniacza mostek jest silnie rozrównawony i układ wzmacniacza się nasycy dając na wyjściu napięcie  $+12\text{V}$ . Aby uniemożliwić przedostanie się tak wysokiego napięcia na wejście przetwornika AC mogącego spowodować jego

uszkodzenie, należy na wyjściu wzmacniacza zastosować ogranicznik napięcia (na przykład poprzez zastosowanie diody Zenera na napięcie ok. 3V).