

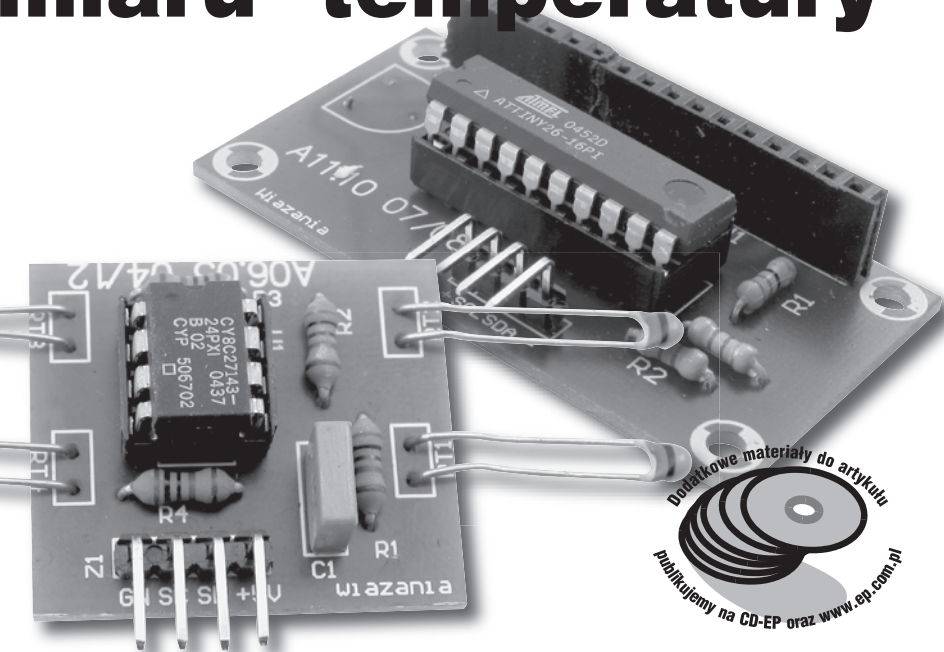
# Moduł pomiaru temperatury AVT-957

Gdy konieczny jest pomiar temperatury jednocześnie w kilku punktach musimy sięgać po rozwiązania nietypowe.

Dysponując popularnymi czujnikami temperatury, jakimi są termistory NTC oraz niezastąpionym w takich aplikacjach mikrokontrolerem PsoC można niewielkim nakładem sił wykonać stosowny moduł pomiarowy. Bez problemu poradzimy sobie przy tym z niezbędną linearyzacją charakterystyki termistora.

## Rekomendacje:

Proponowany moduł pomiaru temperatury znajdzie miejsce tam, gdzie potrzebny jest pomiar temperatury w wielu punktach jednocześnie



Opisany niżej moduł został zaprojektowany z myślą o pomiarze temperatury w czterech różnych miejscach. Odczyt temperatury z poszczególnych czujników jest realizowany poprzez interfejs I<sup>2</sup>C. Moduł pomiaru temperatury jest widoczny na magistrali I<sup>2</sup>C jako układ Slave.

Dokładność pomiaru temperatury przez czujniki termistorowe zależy w dużej mierze od użytego termistora oraz tolerancji rezystora referencyjnego. Opisany moduł można stosować wszędzie tam, gdzie potrzebny jest pomiar temperatury w kilku punktach i gdzie nie jest wymagana duża dokładność pomiaru (dopuszcza się błąd rzędu 1...2°C). Program sterujący modulem został przygotowany w sposób graficzny za pomocą darmowego narzędzia PSoC Express, nadającego się znakomicie do szybkiego opracowywania podobnych aplikacji na mikrokontrolery PSoC. W artykule zostanie pokazany przykład odczytywania z modułu temperatury z 4 czujników i wyświetlenia ich na wyświetlaczu LCD. Do tego celu został wykorzystany mikrokontroler AVR z oprogramowaniem napisanym w Bascom AVR.

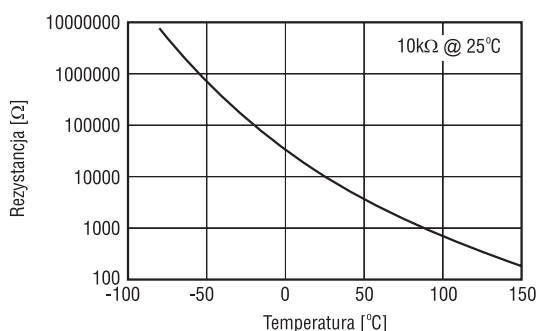
## Termistory NTC

Termistor NTC jest w istocie nieliniowym rezystorem, którego rezystancja jest silnie zależna od

temperatury materiału oporowego. Jak wskazuje nazwa NTC, termistor posiada ujemny współczynnik temperaturowy, co oznacza, że jego rezystancja maleje ze wzrostem temperatury. Termistory takie są zbudowane z polikrystalicznych półprzewodników – związków chromu, manganu, żelaza, kobaltu i niklu. Są zmieszane z plastycznym środkiem wiążącym. Do obliczenia temperatury na podstawie rezystancji termistora można zastosować poniższy wzór:

$$1/T = A + B(\ln(R)) + C(\ln(R))^3$$

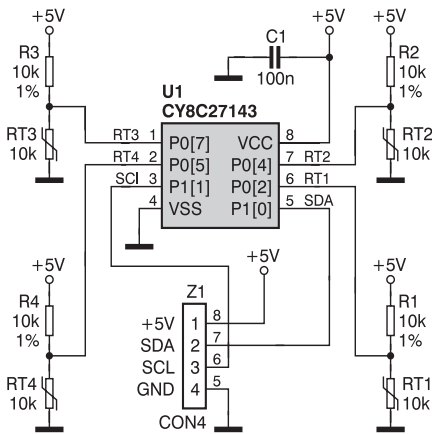
gdzie: R to rezystancja termistora, a A, B, C to współczynniki zazwyczaj podawane w dokumentacji termistora. Linearyzację charakterystyki termistora można przeprowadzić obliczając temperaturę z powyższego wzoru, wykorzystując wzmacniacz operacyjny lub poprzez tablicowanie. Zastosowane w module termistory przy temperaturze 25°C posiadają rezystancję 10 kΩ. Na rys. 1 pokazano charak-



Rys. 1. Charakterystyka termistora RTC

### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 29x25mm moduł pomiarowy, 55x29mm (wyświetlacz)
- Zasilanie +5 V
- Zakres mierzonych temperatur: -30...+125°C
- Liczba czujników: 4
- Interfejs: I<sup>2</sup>C
- Adres modułu: 8 (dec)



Rys. 2. Schemat elektryczny

terystykę termistora NTC. Dostępne są termistory o różnych tolerancjach.

### Opis działania układu

Na rys. 2 przedstawiono schemat ideowy modułu pomiaru temperatury. Jest on bardzo prosty dzięki wykorzystaniu mikrokontrolera PSoC (U1). W tym przypadku jest to CY8C27143. Jest to mikrokontroler

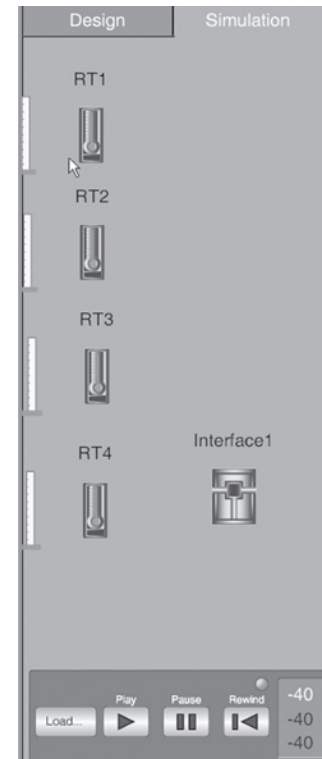
**Tab. 1. Mapa rejestrów modułu temperatury**

Rejestr	Nazwa	READ/WRITE
0	RT1	RO
2	RT2	RO
4	RT3	RO
6	RT4	RO

ler w obudowie DIP-8, posiadający rdzeń M8C, pamięć Flash i RAM. Posiada dosyć dużą liczbę uniwersalnych, rekonfigurowalnych bloków cyfrowych oraz analogowych. Wykorzystano wszystkie linie portów małego mikrokontrolera. Czujnikami temperatury w module są termistory RT1...RT4, które wraz z rezystorami R1...R4 tworzą dzielniki napięciowe. W celu zachowania dobrej dokładności pomiaru, rezystory R1...R4 powinny mieć tolerancję 1%. To samo dotyczy tolerancji termistorów. Na złącze Z3 zostały wyprowadzone sygnały magistrali I<sup>2</sup>C wraz z liniami zasilającymi. Kondensator C1 filtruje napięcie zasilające moduł pomiaru temperatury.

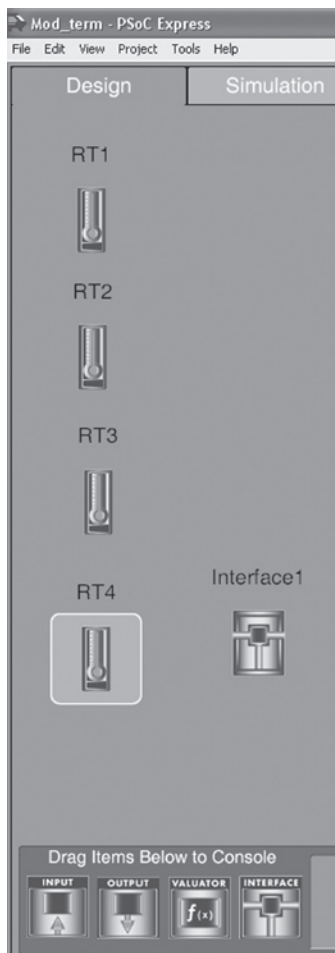
### Opis graficzny działania programu

Na rys. 3 pokazano wygląd graficznego programu dla modułu temperatury. Składa się on z 4 bloków pomiaru temperatury przez termistor (RT1...RT4) oraz bloku interfejsu I<sup>2</sup>C. Moduł RTx realizuje odczyt wartości napięcia z termistora oraz linearyzację jego charakterystyki. Na rys. 4 pokazano widok okna parametrów bloku RT1. Możliwa jest w nim konfiguracja współczynników A, B i C, na podstawie których obliczana jest temperatura ze wzoru podanego wyżej.

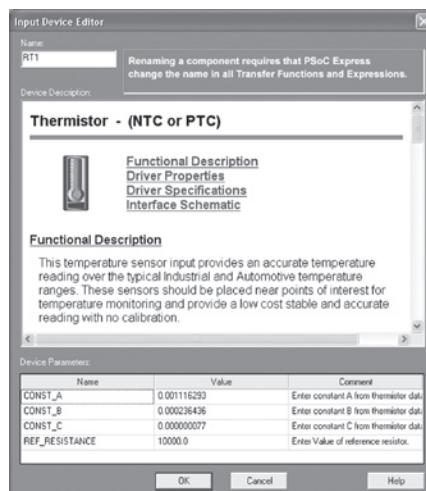


Rys. 6. Symulator działania programu

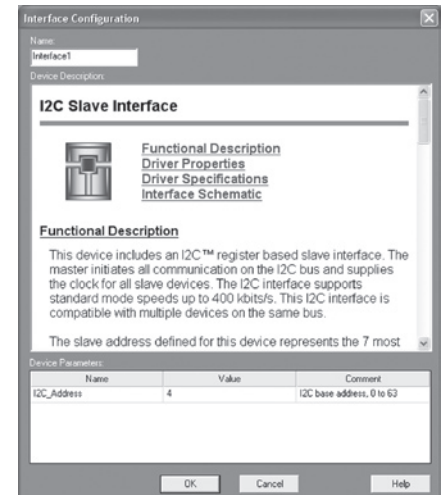
Współczynniki będą zależały od typu zastosowanego termistora i można je znaleźć zazwyczaj w jego dokumentacji. W celu obliczenia poprawnej wartości temperatury należy jeszcze podać wartość rezystora referencyjnego (w module temperatury są to rezystory R1...R4). Temperatura jest obliczana w stopniach Celsjusza, a jej wartość jest typu Integer. Jest więc ona zapisywana do dwóch rejestrów 8-bitowych. Na przykład wartość 521, będzie oznaczała temperaturę 52,1°C. Identycznie wyglądają pozostałe bloki RT. Interface1 to moduł interfejsu I<sup>2</sup>C, mogącego pracować z częstotliwością



Rys. 3. Okno programu współpracującego z modułem



Rys. 4. Widok okna parametrów bloku RT1



Rys. 5. Widok okna konfiguracji interfejsu I<sup>2</sup>C

List. 1. Procedura odczytu rejestru z modułu pomiaru temperatury

```
Sub Odczyt_m(byval Address As Byte, Adres As Byte) ,procedura odczytu danych z modułu temperatury
I2cstart ,start i2c
I2cwbyte Address ,adres modułu
I2cwbyte Adres ,adres komórki
I2cstart ,ponowny start
Incr Address ,zwiększenie adresu o 1 (adres odczytu)
I2cwbyte Address ,zapis adresu
I2crbyte Value , Nack ,odczyt zaadresowanej komórki
I2cstop ,stop i2c
End Sub ,koniec procedury
```

List. 2. Przykład odczytu rejestrów temperatury oraz prawidłowego przeliczenia temperatury

```
Sub Odczyt_t(byval Term As Byte) ,procedura odczytu temperatury
Adres = 2 * Term ,obliczenie adresu czujnika tempera-
tura ,odczyt pierwszej komórki z zapisana
Call Odczyt_m(address , Adres ) ,odczyt pierwszej komórki z zapisana
Temp = Value ,zapis odczytanej wartości do Temp
Shift Temp , Left , 8 ,przesunięcie wartości 8 pozycji
w lewo
Incr Adres ,zwiększenie o 1 adresu komórki
Call Odczyt_m(address , Adres ) ,odczyt drugiej komórki z zapisana
tempuratura ,obliczenie temperatury
Temp = Temp + Value ,zaokrąglenie temperatury do dziesią-
tek
Temp = Temp / 10 ,koniec procedury
End Sub
```

400 kHz, którego okno konfiguracyjne pokazano na rys. 5. Można w nim skonfigurować jedynie adres układu w magistrali I<sup>2</sup>C.

Program sterujący modułem temperatury jest bardzo prosty i po skompilowaniu (przycisk *Build*) można go załadować do mikrokontrolera dowolnym programatorem dostępnym np. na stronie [www.psoc.prv.pl](http://www.psoc.prv.pl). Oprogramowanie *PSoc Express* umożliwia dodatkowo symulację tak przygotowanego programu (rys. 6), a nawet automatyczne generowanie schematu wraz z wartościami elementów (rys. 7).

### Montaż i uruchomienie

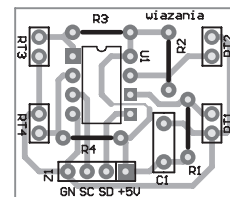
Schemat montażowy modułu temperatury pokazano na rys. 8. Montaż zaczynamy od elementów najmniejszych. Należy zwrócić uwagę na prawidłowość dołączenia za-

silania. Przekroczenie wartości napięcia zasilającego powyżej +5 V lub zmiana polaryzacji spowoduje uszkodzenie mikrokontrolera modułu. Termistory można dołączyć do modułu dowolnymi przewodami. W przypadku termistorów o innej rezystancji niż podana, wymagana będzie zmiana współczynników termistorów i rekompilacja programu. W dalszej części artykułu zostanie pokazany sposób dołączenia modułu pomiaru temperatury do układu nadrzędnego z wyświetlaczem LCD.

### Przykład dołączenia wyświetlacza LCD

Poniżej zostanie przedstawiony prosty przykład komunikacji układu nadrzędnego z modułem temperatury za pośrednictwem magistrali I<sup>2</sup>C. Zmierzona temperatura

czujników będzie wyświetlana na wyświetlaczu LCD. Schemat ideowy przykładowego wyświetlacza LCD pokazano na rys. 9, a jego schemat montażowy na rys. 10. Rezystor R1 ogranicza prąd podświetlenia wyświetlacza LCD, natomiast rezystory R2, R3 podciągają linie magistrali I<sup>2</sup>C do plusa zasilania. Potencjometr P1 umożliwia regulację kontrastu wyświetlacza. Do sterowania wyświetlaczem zastosowano mikrokontroler ATtiny26, dla którego przykładowy program został napisany w Bascom AVR. Adres modułu pomiaru temperatury został skonfigurowany na wartość 8(dec). W tab. 1 pokazano mapę rejestrów modułu pomiaru temperatury, które możliwe są do odczytania przez magistralę I<sup>2</sup>C. Zmierzona temperatura jest zapisywana w dwóch rejestrach. Program sterujący mikrokontrolerem ATtiny26 został dołączony do projektu. Na list. 1 pokazano procedurę odczytu rejestru z modułu pomiaru temperatury.



Rys. 8. Schemat montażowy czujnika

**WYKAZ ELEMENTÓW**  
**Moduł temperatury**

**Rezystory**  
R1...R4: 10 kΩ 1%  
RT1...RT4: termistor 10 kΩ

**Kondensatory**  
C1: 100 nF

**Półprzewodniki**  
U1: CY8C27143 (DIP-8)

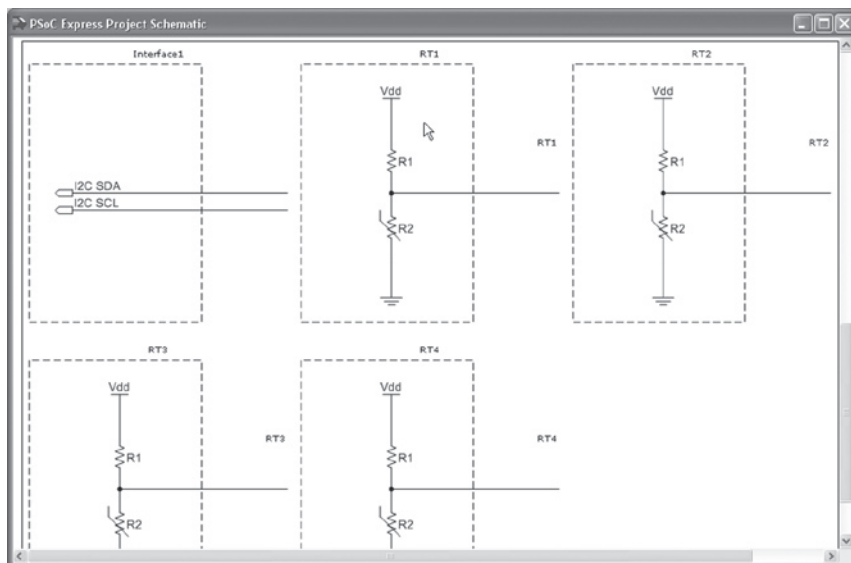
**Inne**  
Z1: Goldpin 1x4

**Wyświetlacz LCD**

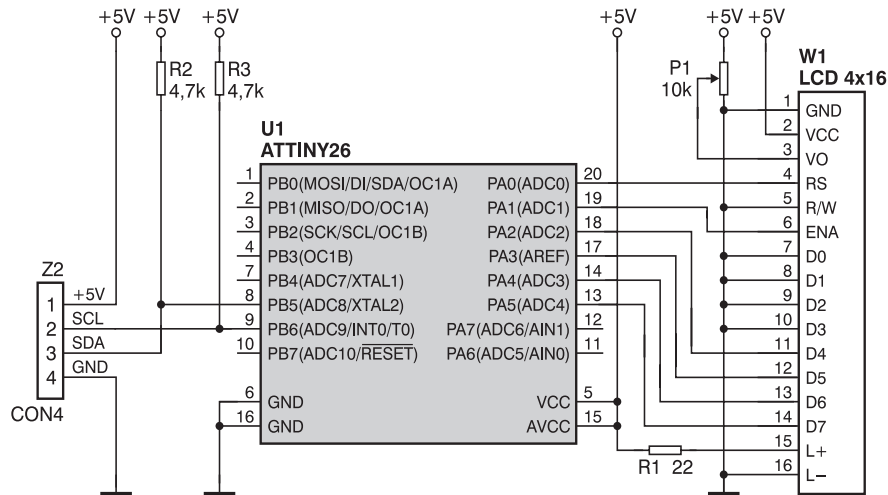
**Rezystory**  
R1: 10 Ω  
R5: 4,7 kΩ  
P1: 10 kΩ potencjometr montażowy leżący mały

**Półprzewodniki**  
U1: ATtiny26  
W1: wyświetlacz LCD 2x16 znaków

**Inne**  
Z2: Goldpin 1x4  
W1G: gniazdo + goldpin 1x16



Rys. 7. Efektem działania PSoC Designera są także wartości elementów dzielników pomiarów

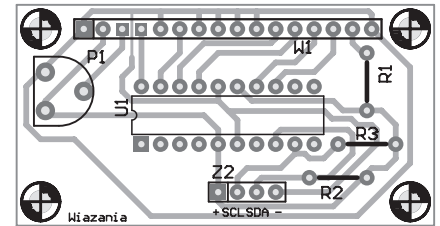


Rys. 9. Schemat elektryczny bloku wyświetlacza LCD

Zmienna *Address* przechowuje adres modułu (8dec), natomiast zmienna *Adres* przechowuje adres odczytywanej komórki. Zawartość odczytanej komórki jest zapisywana w zmiennej *Value*. Warto zauważyć, że po zapisie adresu rejestru, adres modułu sterownika jest zwiększany o 1, aby uzyskać adres do odczytu. Na **list. 2** pokazano przykład od-

czytu z rejestrów temperatury oraz prawidłowego jej przeliczenia.

Odczytana wartość temperatury z dwóch rejestrów jest składana w jedną wartość, która po podziale przez 10 jest wyświetlana na wyświetlaczu LCD (podział przez 10 powoduje konwersję temperatury do jednostek całkowitych, gdyż mierzona jest temperatura do jed-



Rys. 10. Schemat montażowy modułu LCD

nego miejsca po przecinku). Pokazany przykład wykorzystania modułu pomiaru temperatury tylko do wyświetlenia ich wyników na wyświetlaczu LCD, jest tylko jednym z wielu możliwych zastosowań. Moduł można łatwo uatrakcyjnić np. poprzez dodanie funkcji termostatu.

Dodatkowe informacje na temat mikrokontrolerów PSoC, narzędziach, programatorach znajdują się na stronach: [www.cypress.com](http://www.cypress.com) i [www.psoc.prv.pl](http://www.psoc.prv.pl)

**Marcin Wiązania, EP**  
**[marcin.wiazania@ep.com.pl](mailto:marcin.wiazania@ep.com.pl)**

## STALEWSKI i RESZCZYK

SPÓŁKA KOMANDYTOWA

### Usługi kontraktowej produkcji elektronicznej

- Małe, jak i duże serie oraz prototypy
- Krótkie terminy realizacji
- Najwyższa jakość wykonania
- Technika bezołowiowa
  - montaż powierzchniowy SMT
  - montaż przewlekany THT
  - lakierowanie płytek
  - testowanie funkcjonalne
  - linia do montażu urządzeń elektronicznych

### Usługi formowania wtryskowego tworzyw sztucznych

- Cztery wtryskarki poj. wtrysku od max 180 cm<sup>3</sup> do max 820 cm<sup>3</sup>, waga wypraski od max.162 g do max 738 g, siła zwarcia od max 1200 KN do max 2680 KN.
  - produkcja z formy Klienta
  - doradztwo w zakresie konstrukcji i wykonywania oprzyrządowania form wtryskowych
  - doradztwo w zakresie doboru materiału
  - obróbka powierzchni form wtryskowych

ul. Okrężna 1 b, 19-300 Etka, Tel/fax: +48 87 6201630, E-mail: [z.holdyk@rscm.pl](mailto:z.holdyk@rscm.pl), [www.rscm.pl](http://www.rscm.pl)