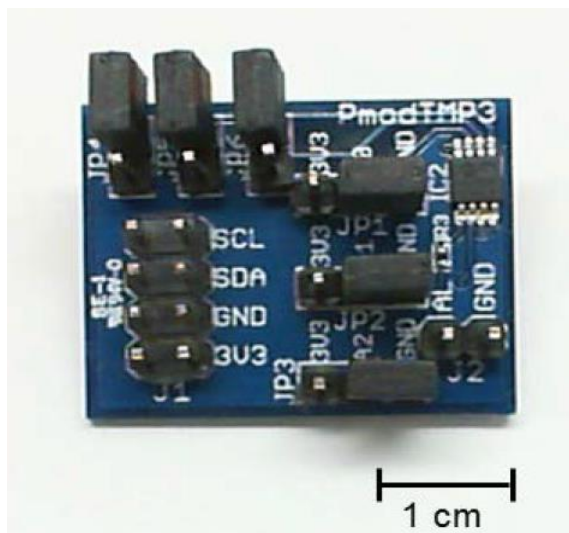


## 33. Czujnik temperatury

(Temperature Sensor)

**Wykonaj Projekt:** Czujnik temperatury.



**Rysunek 33-1:** Czujnik temperatury, z EmbeddedSystemsKit dla NiMyRio.

Czujnik temperatury stanowi przydatny składnik systemów pomiarowych dostarczając ważnych informacji o warunkach środowiskowych. Na Rysunku 33-1; pokazano czujnik temperatury z EmbeddedSystemsKit dla NiMyRio. Zbudowany na bazie układu TCN75A firmy Microchip. TCN75A korzysta z komunikacji szeregowej I<sup>2</sup>C-bus. Czujnik oferuje +/- 1°C dokładność w zakresie -40°C do + 125°C, przy rozdzielczości dziewięciu do dwunastu bitów i czasach przetwarzania od 30 ms do 240 ms. Czujnik wyposażono w wyjście, które wyzwala alarm, gdy zmierzona temperatura przekroczy regulowany limit wpisywany przez użytkownika do rejestru.

**Cele nauczania:** po starannym wykonaniu zalecanych w tym rozdziale działań z pewnością potrafisz:

- 1) Opisać tryby pracy i przetwarzania czujnika temperatury,
- 2) Skonfigurować polaryzację wyjść: ALERT, porównawcze i przerwanie,
- 3) Czytać i interpretować temperaturę otoczenia.

### 33.1. Pokazy

**Wykonaj kolejne czynności:** wiodące do pokazu prawidłowego działania wykonanego interfejsu: czujnik temperatury-NiMyRio.

**Wybierz:** ze zbioru elementów EmbeddedSystemsKit dla NiMyRio, następujące składniki interfejsu:

- Czujnik temperatury (PmodTMP3),

[http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-TMP3/PmodTMP3-rm-revA\\_1.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-TMP3/PmodTMP3-rm-revA_1.pdf)

- PP Przewody Połączeniowe F-F (5 szt.)

**Zbuduj obwód interfejsu:** Pomóż sobie schematem z Rysunku 33-2. Czujnik temperatury wymaga pięciu połączeń ze złączem B NiMyRioMXP (Rysunek A-1):

- 1) + zasilanie 3,3 V → B/+ 3,3V (pin 33)
- 2) Masa → B / GND (pin 30)
- 3) Dane szeregowe (SDA) → B/I2C.SDA (pin 34)
- 4) Zegar (SCL) → B/I2C.SCL (pin 32)

Wszystkie zworki, ustaw dokładnie tak jak pokazano na Rysunkach 33-1; i 33-2. Upewnij się, że wszystkie zworki PmodTMP3 są ustawione dokładnie tak, jak pokazano na rysunkach.

**Uruchom pokaz VI:**

- **Pobierz:** <http://www.ni.com/academic/mrio/project-guide-vis.zip>, jeśli tego nie zrobiłeś wcześniej, to rozpakuj pobraną zawartość w dogodnej lokalizacji swojego komputera.
- **Otwórz Projekt:** *Discrete LED demo.lvproj*; zawarty w podkatalogu: *Discrete LED demo*,
- **Rozwiń przycisk hierarchii:** (znak plus), dla obiektu *myRIO*, następnie podwójnym kliknięciem otwórz: *Main.vi*.
- **Upewnij się, że:** *NiMyRio* jest podłączone do komputera.
- **Uruchom VI:** klikając przycisk: *Run* na pasku narzędzi lub naciskając kombinację klawiszy: <Ctrl + R>.
- **Spodziewaj się okna:** *Deployment Process* (Proces wdrażania) w nim przed startem *VI*, zobaczysz, w jaki sposób Projekt kompiluje i instaluje (pliki do pobrania) do *NiMyRio*.

**UWAGA:** Możesz chcieć wybrać opcję:

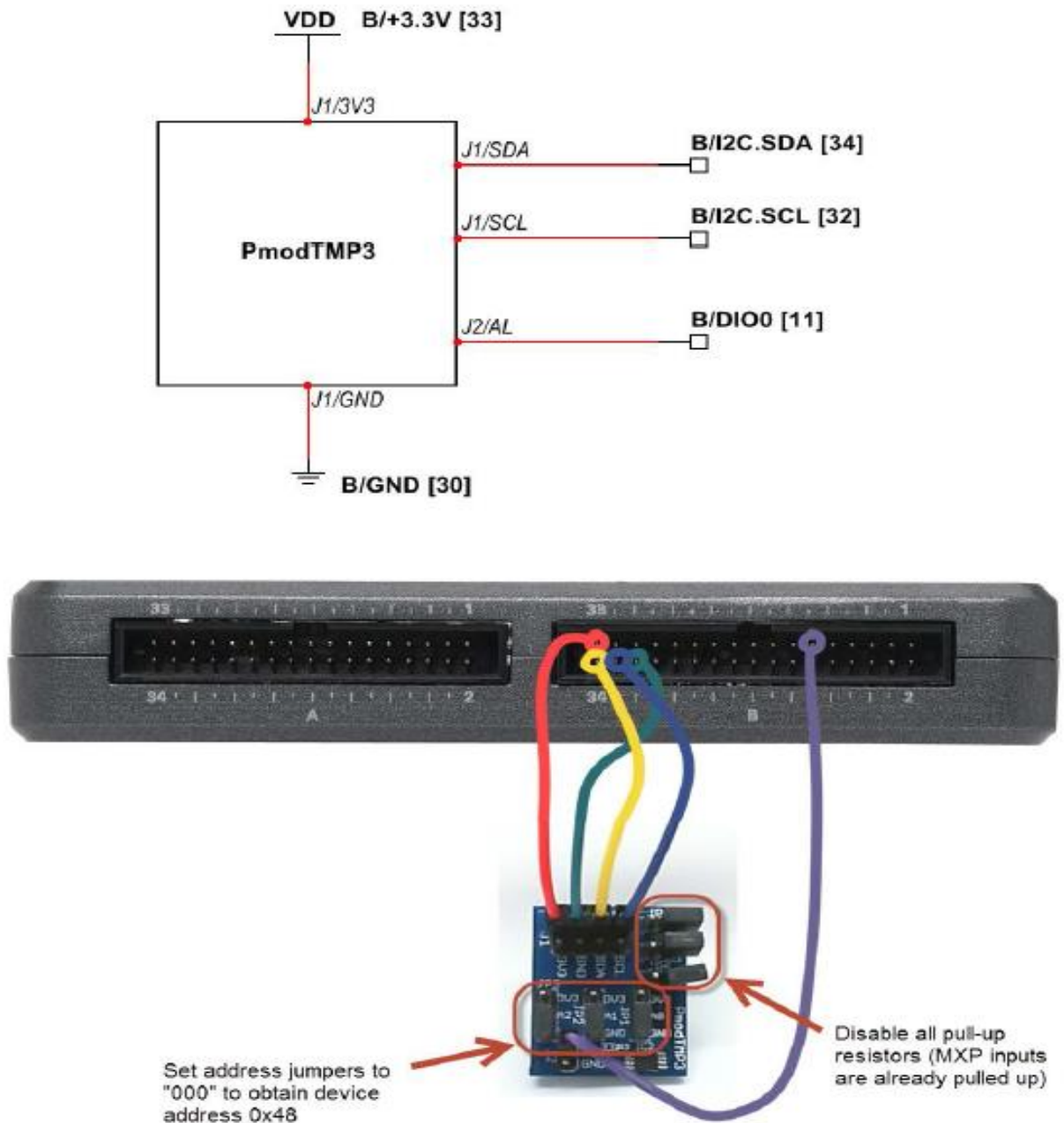
*Close on successful completion,*

*(Zamknij po ukończeniu),*

opcja ta wymusi na **VI** start automatyczny.

**Oczekiwane rezultaty:** Demo VI wyświetla temperaturę w stopniach Celsjusza mierzoną przez czujnik temperatury micro-układ TCN75A z dokładnością +/-1°C; spodziewaj się, że pierwotny odczyt temperatury to w przybliżeniu temperatura otoczenia (pokojowa).

Kliknij dwukrotnie maksymalne i minimalne wartości wskaźnika termometru, aby zmienić zakres jego wyświetlania. Spróbuj ogrzać czujnik dotknięciem palca



**Rysunek 33-2;** Układ pokazowy Projekt: Wyświetlacz znakowy LCD - UART interfejs, schemat ideowy, proponowane połączenia.

lub delikatnie dmuchaj poprzez słomkę lub ogrzewaj go suszarką do włosów, nawiewając ciepłe powietrze na czujnik. Jaka jest najwyższa temperatura, którą możesz zaobserwować?

Weź plastikową torbę śniadaniową, wypełnij ją kilkoma pokruszonymi kostkami lodu. Otocz nią czujnik temperatury (pokruszonym lodem w torbie) oczywiście czujnik ma być na zewnątrz torebki, ale nią otoczony – nie dopuść do kontaktu lodu z czujnikiem! Czy mierzona temperatura spada? Jaką najniższą temperaturę udało Ci się zaobserwować w tym eksperymencie?

Wskaźnik LED - alert - TCN75A wyświetla stan wyjścia **ALERT**. Należy zauważyć, że wskaźnik **ALERT**,

twierdzi, że temperatura przekracza 26°C a następnie wyłączy go, gdy temperatura spadnie poniżej 24,5°C +/- 1°C.

VI wyświetla zawartość czterech rejestrów TCN75A: pomiar temperatury (podstawowej) otoczenia, konfigurację, ograniczenie temperatury (aktywacja wyjścia ALERT) i histerezę temperatury, czyli dolnego i górnego limitu; należy zatrzymać VI dokonać edycji schematu blokowego, zapisać nowe dane i ponownie uruchomić go, aby zmienić wartości w trzech ostatnich rejestrach.

Rysunek 33-2; Układ pokazowy Projektu: Czujnik temperatury, schemat ideowy, proponowane połączenia do złącza B NiMyRioMXP.

**Kliknij przycisk:** *Stop* lub wybierz z klawiatury komputera przycisk `<Esc>`, aby zatrzymać **VI** i zresetować *NiMyRio*; *reset* spowoduje powrót *NiMyRio* do trybu początkowego, czyli ustawień początkowych. W stanie *reset*, do pamięci układu nie muszą być wpisane same zera lub same jedynki w rejestrach, *reset* - to powrót układu do stanu początkowego.

**Wskazówki dotyczące rozwiązywania problemów:** nie widzisz oczekiwanych rezultatów? Potwierdź prawdziwość poniższych zdarzeń:

- LED wskazująca poprawność zasilania w *NiMyRio* świeci jaskrawym światłem,
- Przycisk *Run*, na pasku narzędzi jest czarny, co oznacza, że **VI** jest w *RunMode* - trybie pracy,
- Złącze B *NiMyRio* jest prawidłowo podłączone a styki zapewniają dobry kontakt elektryczny,
- Poprawność kontaktów złącza PmodTMP3 - dwukrotnie sprawdź połączenia! Upewnij się, że jest połączenie *NiMyRio* z I<sup>2</sup>C-bus linią **SDA** do PmodTMP3 **SDA** końcówka na złączu J1 i linii **SCL** do zacisku **SCL**; również sprawdź, czy dobrze podłączono zasilanie.
- Poprawne ustawienia zworek adresowych PmodTMP3 – obszary zakreślone kolorowym owalem, na Rysunku 33-2; wymagają właściwego ustawienia.

**UWAGA:** Sprawdź dokładnie połączenia **SDA** i **SCL**, gdyby pojawił się komunikat w *NiMyRio* (lub podobny), *Błąd -36011 Write I<sup>2</sup>C.vi*; to oznacza, że *NiMyRio* nie otrzymało oczekiwanego potwierdzenia od interfejsu I<sup>2</sup>C-bus PmodTMP3.

## 33.2. Teoria interfejsu

**Obwód interfejsu:** czujnik temperatury Microchip TCN75A wykonany w pakiecie przez PmodTMP3 obsługuje interfejs szeregowy I<sup>2</sup>C-bus (oznaczany także: I2C). Dwa rejestry 8-bitowe przeznaczone są do obsługi pomiaru w stopniach Celsjusza, co 30 ms z rozdzielczością 9-bitów i co 240 ms z rozdzielczością 12-bitów; każdy dodatkowy bit podwaja czas konwersji. Wyjście ALERT zapewnia obsługę zadanej granicy temperatury, aby wskazać, kiedy temperatura przekracza limit zdefiniowany przez użytkownika.

**Uważnie przestuduj wideo:**

*Temperature Sensor Interfacing Theory (10:03)*

[youtu.be/HwzTgYp5nF0](https://youtu.be/HwzTgYp5nF0)

Dowiesz się, jak odczytywać zmierzoną temperaturę otoczenia, jak skonfigurować urządzenie, aby dostosować rozdzielczość i prawidłowe działanie wyjścia ALERT, w tym polaryzację pomiarów, zadaną graniczną temperaturę, histerezę pomiaru i kolejkę błędów (liczbę kolejnych cykli przetwarzania, dla których warunek błędu musi być *prawda* przed wystąpieniem sygnału wyjściowego ALERT, i jak skonfigurować układ w trybie wyłączenia (oszczędzania energii w stanie bezczynności uspienie – *StandBy*), funkcja z pomiaru jednorazowym - na żądanie.

**Uważnie przestuduj wideo:**

*Study Serial Communications: I<sup>2</sup>C (08:47)*

[youtu.be/7CgNF78pYQM](https://youtu.be/7CgNF78pYQM)

Zrozumiesz, jak opcje konfiguracyjne I<sup>2</sup>C Express VI wpływają na przebiegi sygnalizacyjne pomiędzy nadajnikami i odbiornikami I<sup>2</sup>C-bus:

## 33.4. Podstawowe modyfikacje

**Uważnie przestuduj wideo:**

*Temperature Sensor Walk-Through (06:25)*

<https://youtu.be/1Oib10sojds>

Poznasz zasady projektowania demo czujnika temperatury, a następnie spróbuj te zmiany wprowadzić do bloku diagramu *Main.vi*:

- 1) Zmień adres urządzenia na inną wartość. Co widzisz w oknie *ErrorMessage LabView*?
- 2) Dodaj kody dla niezbędnych obliczeń, aby wyświetlić temperaturę w stopniach Fahrenheita.
- 3) Przenieś kod rejestru konfiguracji wewnątrz pętli *while* i przetwarzaj tablice stałych *Boolean* do sterowania na *FrontPanel*; w ten sposób można łatwiej eksperymentować z opcjami konfiguracyjnymi.
- 4) Dodać sterowanie na *FrontPanel* zadanej granicznej temperatury i wartości histerezy w stopniach Celsjusza, a następnie przenieś *Associated I<sup>2</sup>C Express VI* do wnętrza *while-loop*, tak, że wartości te mogą być regulowane, podczas gdy VI jest uruchomiony. Upewnij się, że wskaźnik *Alert* zachowuje się zgodnie z oczekiwaniami po dostosowaniu tych dwóch wartości związanych z oczekiwanymi alertami. Co się dzieje, gdy wartość histerezy jest wyższa od wartości zadanej granicznej?
- 5) Dodaj wykres przebiegu zmian dla mierzonej temperatury, a następnie zmień odstęp czasu, podczas *while-loop* do znacznie większej wartości, takich jak jedna minuta. Wykreśl profil temperatury, jako zmiany długoterminowe w okresie 24-godzinny.
- 6) Powtórz poprzedni krok, modyfikując kod schematu blokowego tak, żeby czujnik temperatury działał w trybie wyłączenia i wykonywał pojedynczy krótki pomiar na żądanie. Pamiętaj, by układ miał czas niezbędny do wykonania przetwarzania przed odczytem rejestru z wartością temperatury: 30 ms dla rozdzielczości 9-bitowej, i by podwoić ten czas dla każdego dodatkowego bitu aż do 240 ms dla 12-bitowej rozdzielczości.
- 7) Dodaj możliwość zapisu minimalnej i maksymalnej temperatury i wyświetlenia jej oraz przycisk *reset* tych wartości.

## 33.4. Pomysły integracji Projektu

Teraz, gdy już wiecie, jak stosować czujnik temperatury, możecie pokusić się o zintegrowanie tego Projektu w bardziej złożone systemy, na przykład:

- Miernik ręczny (39); *Handheld Meter (39)*;

- Czujnik bezprzewodowy (40); *Wireless Sensor* (40);
- Rejestrator danych (41); *Data Logger* (41);
- Sterowanie przewodowe (43); *SteerByWire* (43)
- Termometr cyfrowy (44); *Digital Thermometer* (44);
- System sterowania włącz – wyłącz (51);  
*On-Off Control System* (51);
- Stacja pogodowa (57); *Weather Station* (57);

### 33.5. Więcej informacji...

*PmodTMP3 Reference Manual by Digilent~*

Opis i podręcznik do czujnika temperatury:

[http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-TMP3/PmodTMP3-rm-revA\\_1.pdf](http://digilentinc.com/Data/Products/PMOD-TMP3/PmodTMP3-rm-revA_1.pdf)

*PmodTMP3 Schematics by Digilent~*

Schematy czujnika temperatury:

<http://digilentinc.com/Products/Detail.cfm?NavPath=2,401,1202&Prod=PMOD-TMP3>

*TCN75A Datasheet by Microchip~*

Dane techniczne czujnika temperatury TCN75A, z dwu-przewodowym interfejsem szeregowym:

<http://www.microchip.com/TCN75A>

*UM10204 I2C-bus Specification and User Manual by NXP Semiconductors~*

Kompletna specyfikacja diagnostyki standardu I<sup>2</sup>C-bus, wraz z przebiegami czasowymi systemu Multi-Master:

[http://www.nxp.com/documents/user\\_manual/UM10204.pdf](http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf)

## NOTATKI: