

Minitermometr uniwersalny

Do czego służy?

Opisywany układ jest uniwersalnym termometrem dwukanałowym. Pracuje on w zakresie temperatur od $-50,0$ do $+99,9^{\circ}\text{C}$. Układ został zaprojektowany do mierzenia temperatury w domu i na dworze, ale z powodzeniem można dla niego znaleźć wiele innych zastosowań. Zmiany wyświetlanej aktualnie temperatury dokonuje się za pomocą dwóch przycisków. Po zmianie oprogramowania urządzenie może pełnić funkcję prostego termostatu lub bardziej złożonego regulatora temperatury. Został zbudowany w oparciu o popularny, często stosowany czujnik/czujniki DS18B20 i mikrokontroler, co znacznie uprościło jego konstrukcję i zmniejszyło wymiary. Układ udało się tak skompresować, że prawie wszystkie elementy mieszczą się pod typowym wyświetlaczem 3-cyfrowym o wysokości cyfry 15mm. Projekt jest rozwinięciem układu dostępnego pod adresem http://mirley.firlej.org/termometr_uniwersalny, z tym że prawie wszystkie elementy zostały zmienione na komponenty SMD. Oczywiście można było bardziej upakować elementy przewlekane, jednak w dobie miniaturyzacji lepiej zrobić jeden krok dalej, budując układ o możliwie najmniejszych wymiarach. Daje to możliwość zamontowania gotowego modułu termometru lub prostego termostatu w już istniejące urządzenie. W wersji podstawowej termometr potrafi mierzyć dwie temperatury, wykorzystując dwa czujniki podłączone do niezależnych magistralach.

Jak to działa?

Na rysunku 1 został przedstawiony schemat ideowy termometru. Sercem urządzenia jest mikrokontroler ATtiny2313, który pracuje z wewnętrznym oscylatorem, bez dzielnika częstotliwości (8MHz). Brak rezonatora kwarcowego pozwolił zmniejszyć płytkę i wykorzystać wolny pin XTAL, jako port wejściowy PA0, do którego dołączony jest przycisk S2.

Prostota układu wynika z zastosowanego czujnika

temperatury, którym tym przypadku jest DS18B20, w typowym ustawieniu 12-bitowy termometr cyfrowy, mogący pracować w zakresie -55 do $+125^{\circ}\text{C}$. Czas przetwarzania (konwersji) temperatury do wartości binarnej (liczby) trwa nie dłużej niż 750ms. Łączność z mikrokontrolerem zapewnia popularna magistrala 1-Wire.

Do prezentacji temperatury wykorzystywany jest trzycyfrowy wyświetlacz LED (AT5636BMR-B) wewnętrznie połączony do multipleksowania, co znakomicie ułatwia proces projektowania płytki. Rezystory R4–R11 ograniczają prąd wyświetlacza LED do wartości maksymalnej rzędu 10–12mA (na segment). Średni prąd będzie jednak mniejszy ze względu na multipleksowanie. Zaświecanie cyfr na kolejnych wyświetlaczach odbywa się poprzez cykliczne podawanie stanu niskiego na bazę jednego z

tranzystorów T1–T3. W tej samej chwili na porcie B mikrokontrolera powinna pojawić się zakodowana wartość odzwierciedlająca wyświetlany znak.

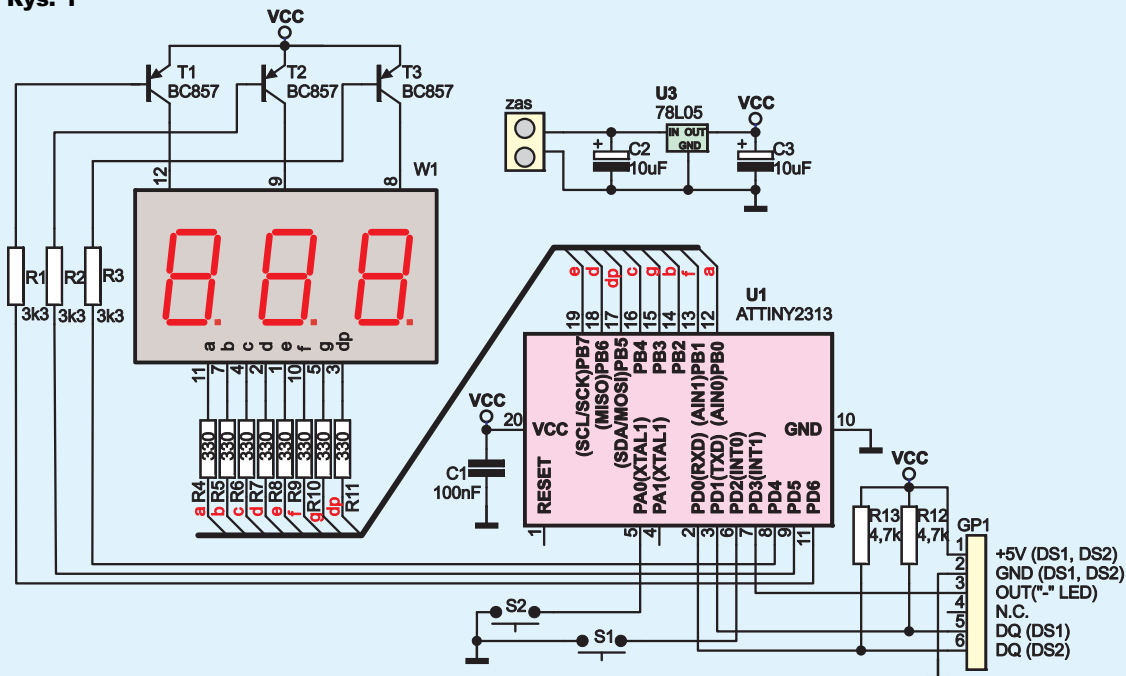
Złącze GP1 umożliwia łatwe podłączenie czujników oraz może być wyjściem sterowania (w przypadku budowy termostatu). Nie trzeba tutaj montować złącza goldpin, jak w projekcie modelowym, wystarczy wlutować przewody bezpośrednio w płytkę. W programie termometru na wyjściu sterowania OUT pojawia się stan niski, gdy temperatura jest ujemna. Wystarczy dołączyć diodę LED z szeregowym rezystorem 470Ω między to wyjście a $+5\text{V}$, aby mieć sygnalizację znaku „-”.

Czujniki temperatury należy podłączyć trójprzewodowo, wykorzystując zasilanie, masę i linie sygnałowe 5 i 6. Linia danych czujnika pierwszego ma zostać podłączona do pinu 5, a drugiego do pinu 6 złącza GP1.

Program sterujący

Program sterujący został napisany w BASCOM AVR i można go ściągnąć z Elportalu. Zajmuje on około 70% dostępnej pamięci mikrokontrolera i może być z powo-

Rys. 1



dzeniem kompilowany w wersji demo BASCOM-a. Działanie programu: cały czas procesor kręci się w nieskończonej pętli Do Loop, czekając na ustawienie jednej z flag taktujących w przetwarzaniu. Za odpowiednie taktowanie odpowiada Timer0. Co około 4ms wywoływana jest procedura multipleksowania wyświetlacza, z której w odpowiednim momencie następuje skok do odczytu temperatury. Procedura obsługi przerwania Timera0 widoczna jest na **listingu 1**.

Na początku do licznika timera ładowana jest wartość 131, daje

```
Przerwanie0:
Timer0 = 131
Set F4ms
Incr Dziel(1)
If Dziel(1) = 25 Then
Dziel(1) = 0
Set F100ms
Incr Dziel(2)
If Dziel(2) = 10 Then
Dziel(2) = 0
Set Fls
End If
End If
Return
```

Listing 1

```
Do
If F4ms = 1 Then
Reset F4ms
Wysw = T
Gosub Wyświetl_zmierz
End If
If F100ms = 1 Then
Reset F100ms
If Pind.2 = 0 Then Kanal = 1
If Pina.0 = 0 Then Kanal = 0
End If
Loop
```

Listing 2

```
Wyświetl_zmierz:
Incr Mux
If Mux = 5 Then Mux = 0
Portd.3 = Not Minus
For I = 1 To 3
Wysw_pomoc = Wysw Mod 10
Ww = Wysw_pomoc
W(i) = Lookup(Ww, Tabela)
Wysw = Wysw / 10
Next I
If W(3) = 40 Then W(3) = 255 'wygaszenie zera wiodącego
Select Case Mux
Case 0:
Portb = W(3)
Reset Portd.6
Case 1:
Set Portd.6
Portb = W(2) And &B11011111
Reset Portd.5
Case 2:
Set Portd.5
Portb = W(1)
Reset Portd.4
Case 3:
Set Portd.4
Portb = 255
Gosub Temp
Case 4:
End Select
Return
Tabela:
Data 40, 235, 50, 162, 225, 164, 36, 234, 32, 160
```

Listing 3

to przerwanie po odliczeniu 125 impulsów (256-131). Timer pracuje z dzielnikiem sprzętowym przez 256, co przy częstotliwości taktowania 8MHz daje przerwanie co 4ms. Bezpośrednio po wystąpieniu przerwania ustawiana jest flaga F4ms. Zmienne

```
Temp:
If Fls = 1 Then
Reset Fls
lwreset Pind, Kanal
lwwrite &HCC, 1, Pind, Kanal
lwwrite &HBE, 1, Pind, Kanal
T = lwwread(2, Pind, Kanal):
Minus = T.15
T = Abs(T)
T = T * 10
T = T / 16
lwreset Pind, Kanal
lwwrite &HCC, 1, Pind, Kanal
lwwrite &H44, 1, Pind, Kanal
End If
Return
```

Listing 4

ście do odczytu drugiego czujnika, natomiast naciśnięcie S2 przechodzi do czytania czujnika pierwszego. Procedura obsługi wyświetlacza i pomiaru temperatury widoczna jest na **listingu 3**.

Działanie składa się z 5 kroków, zależnych od stanu zmiennej pomocniczej Mux. Przyjmuje ona wartości od 0 do 4 i zmienia się cyklicznie z kolejnym wywołaniem procedury. Na wyjście sterowania (Portd.3) przepisywana jest zanegowana wartość zmiennej Minus. Gdy mierzona temperatura jest ujemna, na porcie PD.3 mikrokontrolera pojawia się stan niski. W dalszej kolejności, dzięki pętli for, zmienna Wysw, zawierająca wartość do wyświetlenia, dzielona jest na trzy pojedyncze cyfry. Następnie są one zamieniane na kody wyświetlacza LED za pomocą polecenia Lookup (z wykorzystaniem tabeli przeliczeniowej). Po wyjściu z pętli for uzyskuje się tablicę W(n) z zadanymi wartościami, gdzie n = 1...3 indeksuje kolejne

znaki wyświetlacza.

Dalsza część procedury zależy od zmiennej Mux. Dla wartości 0 do 2 zaświecane są kolejne cyfry poprzez wyłączenie poprzedniej anody, wystawienie na Portb wartości kolejnego znaku i włączenie odpowiadającej mu anody. Wyjątkiem jest tutaj znak W(2), gdzie dodatkowa operacja (And &B11011111) zapewnia dodanie kropki dziesiętnej po drugim znaku. Dla wartości Mux = 3 wywoływana jest procedura pomiaru temperatury, a stan Mux = 4 jest fazą oczekiwania na spokojne zakończenie pomiaru temperatury. Procedura pomiaru temperatury widoczna jest na **listingu 4**.

Procedura ta wywoływana jest co około 20ms, jednak wykonywanie pomiaru odbywa się co 1s dzięki sprawdzaniu stanu flagi Fls. Występuje tutaj typowa obsługa magistrali 1-Wire dla przypadku obecności tylko jednego układu na magistrali. Wszystkie rozkazy 1-Wire wywoływane są z parametrem Kanal, który odpowiada za to, z której magistrali temperatura ma być odczytana (pind.0 czy pind.1). Po wykonaniu resetu następuje wysłanie rozkazu pominięcia sprawdzania ROM oraz wysłanie rozkazu odczytu rejestru DS18B20. Następnie odczytywane są dwa bajty temperatury do zmiennej T (integer), określany jest znak temperatury i wykonywane są proste przeliczenia. W efekcie zmienna T przyjmuje postać temperatury w stopniach pomnożonej przez 10 (np. 13 to 1.3 stopnia). Na samym końcu wysyłany jest rozkaz kon-

Dziel(1) i Dziel(2) stanowią dzielnik częstotliwości. Pierwsza odpowiada za podział przez 25 i po przepełnieniu licznika ustawiana jest flaga F100ms (następuje to co 100ms). Druga zmienna jest licznikiem do 10 i zapewnia ustawianie flagi Fls co 1s. Pętla główna widoczna jest na **listingu 2**.

Działanie jest bardzo proste i zależne tylko od flag: F4ms i F100ms. Co 4ms wywoływana jest procedura obsługująca wyświetlacz i pomiar temperatury, natomiast co 100ms odczytywane są stany klawiszy. W podstawowej wersji programu wystarczy prosta obsługa klawiatury poprzez bezpośredni odczyt stanu pinów wejściowych. Naciśnięcie S1 powoduje prze-

wersji temperatury, aby w kolejnym odczyście uzyskać aktualną jej wartość.

Fusebity mikrokontrolera powinny być ustawione na pracę z wewnętrznym oscylatorem RC o częstotliwości 8MHz, co w praktyce sprowadzi się do wyłączenia jedynie dzielnika sprzętowego (bit CKDIV).

Montaż i uruchomienie

Schemat montażowy termometru przedstawiony jest na **rysunku 2**. Płytkę została zaprojektowana jako jednostronna, a

prawie wszystkie elementy są typu SMD. Wyjątek stanowią tu wyświetlacz, przyciski i złącza. Montaż nie jest skomplikowany, ale wymaga niewielkiej wprawy w lutowanie SMD. Na samym początku dobrze jest przylutować właśnie te elementy, ponieważ brak wystających części z drugiej strony ułatwi montaż. Należy zwrócić uwagę, że obwód masy przechodzi w jednym miejscu przez zworę, jaką tworzy przycisk (przycisk ma 4 wyprowadzenia parami zwarte). Gdyby zaszła konieczność rezygnacji z przycisków, wtedy zamiast S1 należy wlutować zworę po stronie masy (kolor niebieski). Wadą małej płytki jest brak wyprowadzonego złącza programującego procesora, więc gdyby zaszła konieczność zmiany programu, będzie trzeba przylutować kabelek programujący do pinów mikrokontrolera. W roli złącza zasilania podobnie jak w przypadku GP1 dobrze sprawdzają się kabelki przylutowane bezpośrednio do płytki.

Układ termometru zasilany jest napięciem z przedziału 7–12V, dzięki obecności stabilizatora 78L05. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby pominąć stabilizator, a napięcie zasilania 5V podać bezpośrednio na termometr.

Układ da się przerobić na termostat niewielkim nakładem pracy. Rezygnujemy wtedy z dwukanałowego pomiaru temperatury oraz ujemnych temperatur na koszt sterowania wyjściem. Do wyjścia sterowania (Portd.3) można dołączyć optotriak i triak sterujący dowolnym odbiornikiem prądu przemiennego lub można dołączyć tranzystor MOSFET sterujący odbiornikiem prądu stałego. W pętli głównej trzeba będzie wprowadzić modyfikacje widoczne na **listingu 5**.

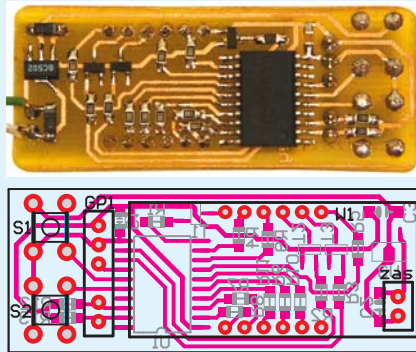
Taki kod wymaga zadeklarowania zmiennych Tu, H oraz L jako Integer oraz Ust jako Bit i Autoret jako Byte, na początku programu. Dodatkowo zmien-

na Tu powinna mieć wartość początkową, gdyż stanowi wartość temperatury ustawianej. W procedurze wyświetlania i mierzenia należy usunąć linijkę odpowiedzialną za sygnalizację ujemnych temperatur, gdyż portd.3 służy teraz jako wyjście sterowania. Przedstawione rozwiązanie nie jest idealne, nie ma żadnego ograniczenia na ustawiane wartości ani nie potrafi zapisywać ustawień do pamięci EEPROM, ale w wielu sytuacjach zna-

komicie się sprawdzi. Może działać z powodzeniem jako termostat do trawiarki po ustawieniu domyślnej wartości Tu na 40 stopni. Przykładowy program termostatu dostępny jest także na stronie www.elportal.pl.

Mirosław Firlej
elektronika@firlej.org
<http://mirley.firlej.org>

Rys. 2



```

If F4ms = 1 Then
  Reset F4ms
  If Ust = 0 Then Wysw = T Else Wysw = Tu
  Gosub Wyświetl_zmierz
End If
If F100ms = 1 Then
  Reset F100ms
  If Pind.2 = 0 Then
    Incr Tu
    Autoret = 20
  End If
  If Pina.0 = 0 Then
    Decr Tu
    Autoret = 20
  End If
  If Autoret > 0 Then
    Ust = 1
    Decr Autoret
  Else
    Ust = 0
  End If
  H = Tu + 10
  L = Tu - 10
  If T > H Then Set Portd.3
  If T < L Then Reset Portd.3
End If

```

Listing 5

Wykaz elementów

Rezystory

R1-R3 3,3kΩ 0805
R4-R11 330kΩ 0805
R12,R13 4,7kΩ 0805

Kondensatory

C1 100nF 0805
C2,C3 10μF 3216A tantalowy

Półprzewodniki

T1-T3 BC857
U3 78L05 SOT89
U1 ATtiny2313 SO20
W1 LED-AT5636BMR (wyświetlacz potrójny)

Pozostałe

S1,S2 uSwitch

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2985.