

# Termostat

Projekt termostatu jest przykładem zastosowania mikrokontrolerów w codziennym życiu. Jego preferowanym użyciem jest utrzymywanie temperatury w pewnym ustalonym zakresie. Jest przystosowany do włączania urządzeń grzewczych pracujących w temperaturze powyżej 0°C. Można go również wykorzystać do sterowania urządzeniami chłodniczymi, ale wymaga to wykonania zmian w oprogramowaniu.

**Rekomendacje:** Termostat przyda się do utrzymywania temperatury w pokoju, magazynie, szklarni itd.

Schemat ideowy termostatu przedstawia **rysunek 1**. Operacje wykonywane przez urządzenie kontroluje mikrokontroler ATmega8. Jest on taktowany sygnałem z wewnętrznego oscylatora RC o częstotliwości 8 MHz. Układ jest zasilany napięciem 12 V DC. Napięcie to jest wewnętrznie obniżane i stabilizowane przez układ IC3 (LM7805). Termostat ma zworkę JP1, która po rozwarciu wyłącza urządzenie.

Za warstwę komunikacji między urządzeniem a użytkownikiem odpowiada moduł wyświetlacza LCD 2 linie×16 znaków ze sterownikiem HD44780. Głównym elementem układu jest scalony czujnik temperatury DS18B20 podłączony w trybie normalnym. Zastosowany czujnik komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu 1-Wire. Rolę układu wykonawczego odgrywa przełącznik, który może sterować zasilaniem dołączonego obciążenia. Ponadto, na płytce umieszczono kilka diod sygnalizujących stan pracy oraz cztery przyciski do sterowania termostatem.

## Zasada działania

Działanie termostatu jest nieskomplikowane. Menu użytkownika pozwala na ustawienie dwóch temperatur granicznych – dolnej oraz górnej. Gdy temperatura zmierzona za pomocą sensora DS18B20 jest mniejsza lub równa ustalonej temperaturze dolnej, wtedy włączany jest przełącznik. Natomiast gdy temperatura zmierzona osiągnie wartość równą lub większą od ustalonej temperatury górnej, wtedy przełącznik jest wyłączany.



**AVT  
5354**

## Tryby pracy

Urządzenie ma tryby pracy, które możemy wybierać, ustawiając odpowiednio zworki na złączu TRYB (piny 1–2: tryb histereza; piny 2–3: tryb niestandardowy) – **rysunek 2**. Po włączeniu urządzenia jesteśmy poinformowani o tym, jaki tryb jest ustawiony. Różnią się jedynie sposobem ustalania temperatury włączania i wyłączania przełącznika. Wprowadziłem je po to, aby każdy mógł dopasować sposób pracy termostatu do swoich potrzeb.

**Tryb pracy „Niestandardowy”.** W tym trybie temperatura górna oraz temperatura dolna są ustawiane niezależnie. Ograniczenia wynikają z zastosowanego czujnika. Czujnik ma zakres pracy od –50°C do 125°C i poza tymi granicami ustawianie temperatury zostało zablokowane. Osiągnięcie tych granic jest sygnalizowane na wyświetlaczu LCD. Kolejne, logiczne ograniczenie wynika ze sposobu działania urządzenia: ustawiona temperatura dolna nie może być większa od temperatury górnej. W przypadku, gdy ustawiając temperaturę dolną dojdziemy do wartości temperatury górnej, zostaniemy poinformowani o tym napisem GORNA oraz zostanie zablokowana możliwość dalszego zwiększania temperatury dolnej. W tym trybie pracy domyślne temperatury graniczne zostały ustawione na 25°C oraz 30°C.

**Tryb pracy „Histereza”.** Jest to tryb, za pomocą którego możemy ustawić symetrycznie granice załączania i wyłączania przełącznika w odniesieniu do ustalonej temperatury. Polega to na tym, że najpierw ustalamy temperaturę odniesienia (domyślnie 25°C), a następnie szerokość pętli histerezy (domyślnie 1°C).

### W ofercie AVT \*

AVT-5354 A  
AVT-5354 B  
AVT-5354 UK

### Podstawowe parametry:

- Mikrokontroler ATmega8, wyświetlacz LCD 16 znaków po 2 linie.
- Różne tryby pracy: Niestandardowy, Histereza.
- Popularny czujnik DS18B20.
- Zasilanie 9...12 V DC.
- Sterowanie obciążeniem (zależne od przełącznika) do 5 A/230 V AC.

### Wykaz elementów:

#### Rezystory

R1, R2, R6: 30 Ω  
R3: 3,3 kΩ  
R7: 1 kΩ  
R8: 750 Ω  
PR1: potencjometr 10 kΩ

#### Kondensatory

C1, C2: 100 nF  
C3, C4: 100 µF/25 V

#### Półprzewodniki

D3: 1N4148D035-7  
D4, LED\_PK\_ON: SFH482 (dioda LED, zielona)  
LED\_PK\_EN/DIS: SFH482 (dioda LED, czerwona)  
T1: BC547  
IC1: ATmega8  
IC2: DS18B20  
IC3: LM7805

#### Inne

DIS1: moduł wyświetlacza LCD 2 linie ×16 znaków  
JP1: goldpin 2-wypr.+zworka  
MENU, MINUS, PLUS, PK\_EN/DIS Tact Switch  
PRZEKAZNIK: CQ1-5V  
TRYB: goldpin 3-wypr.+zworka  
SUP, RELAY: złącze ARK2

### Dodatkowe materiały na CD/FTP:

<http://ep.com.pl>, user: 15505, pass: 27mdt418

- wzory płytek PCB
- karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w Wykazie elementów kolorem czerwonym

### Projekty pokrewne na CD/FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na CD)

AVT-5305 Dobowy, grzejnikowy regulator temperatury (EP 9/2011)  
AVT-5178 Termostat dwustrefowy z interfejsem RS485 (EP 3/2009)  
AVT-5152 Termostat dobowy (EP 10/2008)

#### \* Uwaga:

Zestawy AVT mogą występować w następujących wersjach: AVT xxxx UK to zaprogramowany układ. Tylko i wyłącznie. Bez elementów dodatkowych. AVT xxxx A płytka drukowana PCB (lub płytki drukowane, jeśli w opisie wyraźnie zaznaczono), bez elementów dodatkowych. AVT xxxx A+ płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlotowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf. AVT xxxx B płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlotowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf. AVT xxxx C płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlotowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf. AVT xxxx CD płytka drukowana (lub płytki) oraz komplet elementów wymienionych w załączniku pdf to nic innego jak zmontowany zestaw B, czyli elementy wlotowane w PCB. Należy mieć na uwadze, że o ile nie zaznaczono wyraźnie w opisie, zestaw ten nie ma obudowy ani elementów dodatkowych, które nie zostały wymienione w załączniku pdf.

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! (UK, A, A+, B lub C) <http://sklep.avt.pl>

Domyślnie temperatura dolna oraz górna są ustawiane programowo. Temperatura dolna jest równa temperaturze odniesienia pomniejszonej o wartość histerezy (w tym przykładzie 24°C), natomiast temperatura górna jest równa temperaturze odniesienia powiększonej o wartość histerezy (26°C). W tym trybie jedynym ograniczeniem jest zakres pracy czujnika, a osiągnięcie wartości granicznych jest sygnalizowane komunikatem na wyświetlaczu.

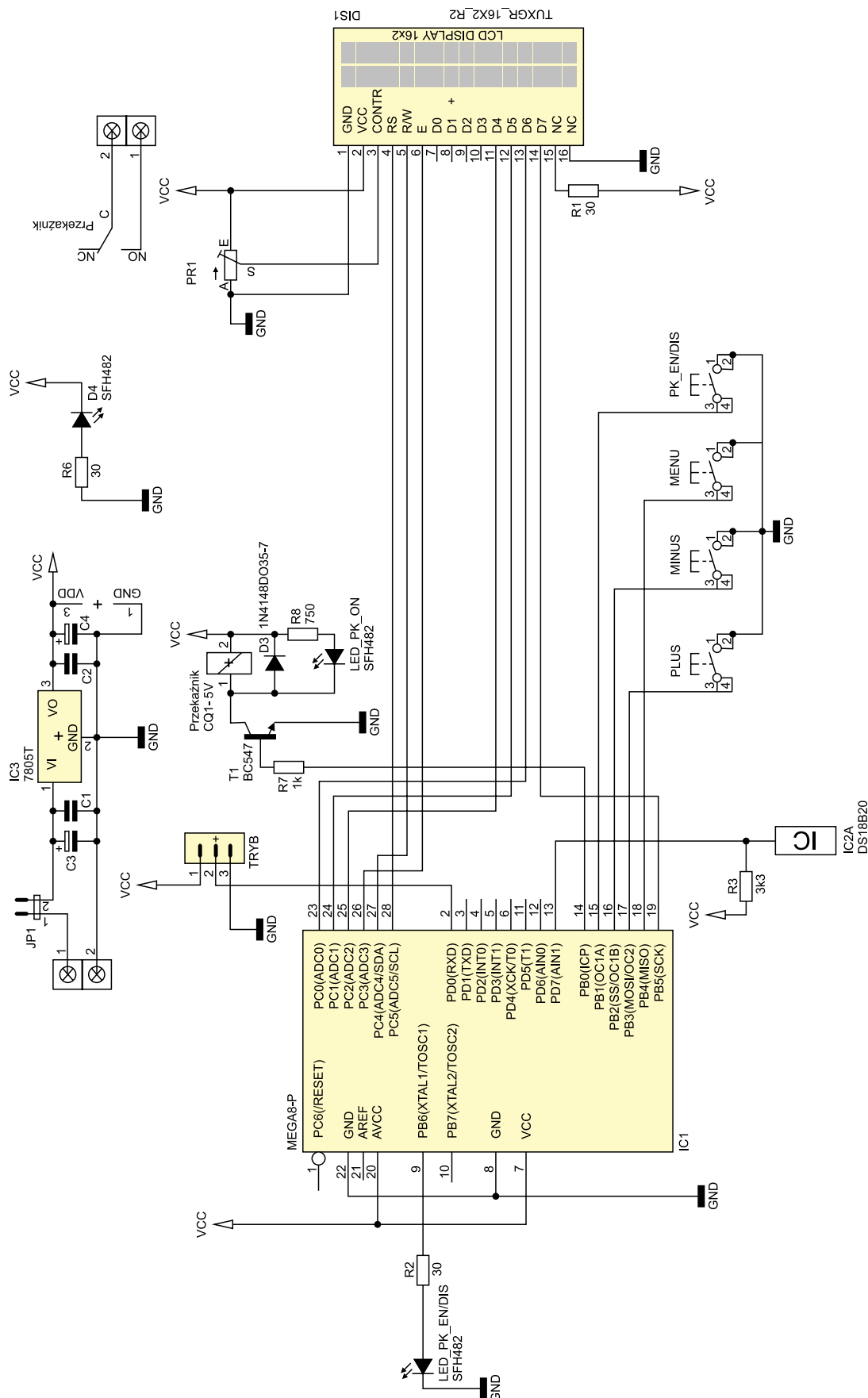
## Uruchomienie

Po włączeniu układu na LCD pojawia się informacja o wybranym trybie pracy, a następnie jest wyświetlana aktualnie zmierzona temperatura. Zaświecenie się diody oznaczonej na schemacie jako LED\_PK\_EN/DIS oznacza, że przełącznik jest w stanie wstrzymania. Stan wstrzymania przełącznika jest aktywny po każdym włączeniu układu. Zapobiega to niespodziewanemu włączeniu układu. Dzięki tej opcji użytkownik włączający układ ma pewność, że przełącznik samoistnie się nie włączy. Użytkownik ma czas na ustawienie zakresów pracy przełącznika, czyli temperatury dolnej i górnej. Aby przejść ze stanu wstrzymania do trybu aktywnego, należy nacisnąć przycisk PK\_STOP. Jeżeli w dalszej części działania termostatu, w którymkolwiek momencie wciśnięcie przycisku spowoduje bezwarunkowe wyłączenie przełącznika. Stan wstrzymania zawsze jest sygnalizowany zaświeceniem się diody LED\_PK\_STOP. Włączać lub wyłączać go możemy używając przycisku PK\_STOP.

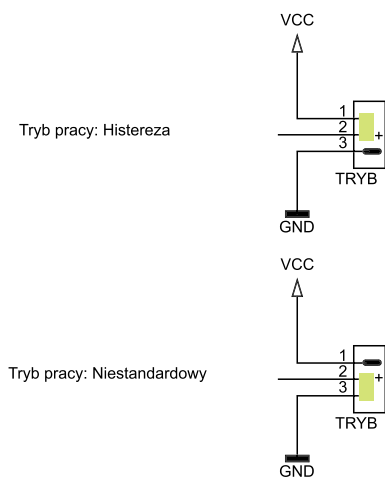
W celu zmiany temperatury dolnej lub górnej wciskamy przycisk MENU. Przycisk ten działa w pętli i po każdym naciśnięciu przechodzimy do innego menu, zależnego od trybu pracy. Dla trybu

„Niestandardowy” pozycje menu to kolejno: Aktualna temperatura -> Temperatura dolna -> Temperatura górna. Natomiast dla trybu „Histereza” pozycje menu wyglądają następująco: Aktualna temperatura -> Temperatura od-

niesienia -> Histereza. Przy ustawianiu temperatur intuicyjne są klawisze PLUS oraz MINUS, które zostały umieszczone na płytce zgodnie z oznaczeniem na LCD: koniec pierwszej linii – znak plusa, koniec drugiej linii – znak minusa.



Rysunek 1. Schemat ideowy termostatu



Rysunek 2. Przełączanie trybów pracy

Powodują one zmniejszenie lub zwiększenie aktualnej wartości temperatury. Zmiana następuje krokowo co 1°C.

W urządzeniu wprowadzono także zabezpieczenie polegające na wykrywaniu czujnika temperatury na magistrali. Jeżeli czujnik zostanie wykryty, wykonywany jest program. W przypadku braku czujnika na magistrali wyłączany jest przełącznik, a na wyświetlaczu pojawia się komunikat informujący o wykrytym braku.

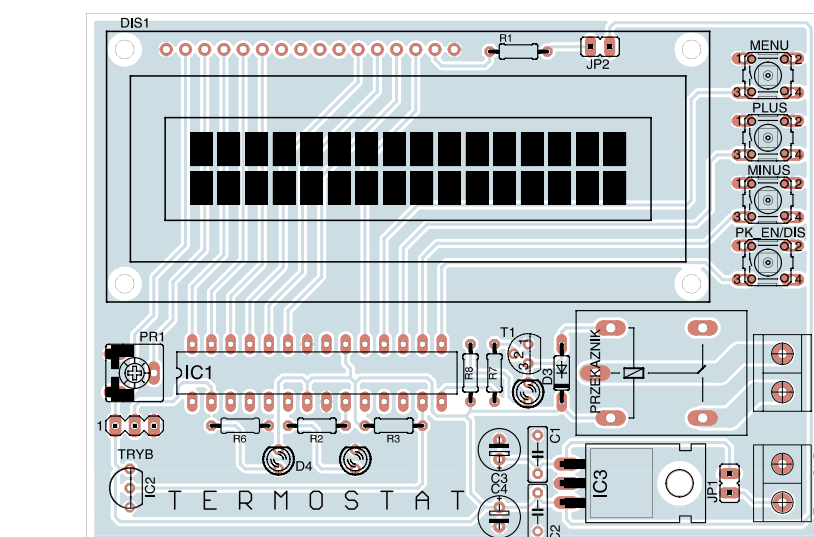
## Oprogramowanie

Program sterujący pracą termostatu został napisany w języku C. Po kompilacji zajmuje stosunkowo mało miejsca w pamięci programu mikrokontrolera, niecałe 5 kB. Do napisania programu użyto bibliotek obsługi:

- wyświetlacza LCD ze sterownikiem HD44780,
- scalonego czujnika temperatury DS18B20,
- interfejsu 1-Wire.

Definicje podłączenia elementów pod odpowiednie piny i porty kontrolera znajdują się w kilku plikach. Interfejs 1-Wire możemy skonfigurować w pliku onewire.h. Sposób dołączenia wyświetlacza LCD konfigurujemy w pliku lcd44780.h. Pozostałe elementy, takie jak diody, przyciski, przełącznik, są skonfigurowane w pliku main.c.

Program w nieskończonej pętli dokonuje pomiarów temperatury oraz wyświetla ją na ekranie LCD. Funkcje odpowiedzialne za pomiar pokazano na **listingu 1**. Funkcja DS18X20\_start\_meas() wysyła do czujnika polecenie wykonania pomiaru. Druga funkcja DS18X20\_read\_meas() odczytuje wynik pomiaru z czujnika. Zmienna subzero przechowywa informację o tym, czy zmierzona temperatura jest dodatnia, czy ujemna. W zmiennej cel przechowywana jest całkowita część temperatury, a w zmiennej cel\_fract\_bits ułamkowa część. W końcowym etapie czyszczony jest wyświetlacz LCD oraz za pomocą wcześniej zdefiniowanej funkcji displayTemp(), wyświetlana jest aktualnie zmierzona temperatura.



Rysunek 3. Schemat montażowy termostatu

### Listing 1. Główna pętla programu

```
while (1)
{
    DS18X20_start_meas(DS18X20_POWER_EXTERN, NULL);
    delay_ms(30);
    DS18X20_read_meas(gSensorIDs[0], &subzero, &cel, &cel_fract_bits);
    delay_ms(30);
    lcd_clr();
    lcd_locate(0,0);
    lcd_str_P( PSTR("Temperatura: ") );
    displayTemp();
}
```

Obsługę stanu wstrzymania zamieszczono na **listingu 2**. Program sprawdza, czy wciśnięty jest klawisz PK\_STOP. Jeśli tak, to program przełącza flagę stan\_przekaznika między stanami ENABLE i DISABLE oraz odpowiednio włącza lub wyłącza diodę stanu wstrzymania.

**Listing 3** zawiera procedurę włączania i wyłączania przełącznika. Procedura ta uwzględnia także stan wstrzymania. Odbywa się to w prosty sposób. Otóż po podjęciu decyzji, że zmierzona temperatura jest niższa od temperatury dolnej i należy włączyć przełącznik, sprawdzana jest flaga stan\_przekaznika. Jeśli flaga jest ustawiona w stan DISABLE, oznacza to, że przełącznik jest wstrzymany i nie zostanie on włączony, dopóki flaga nie zmieni stanu na ENABLE.

Przykładowa obsługa przycisków zwiększania i zmniejszania wartości temperatury

### Listing 2. Obsługa stanu wstrzymania

```
if(ButtonDown(PRZEKAZNIK_STOP))
{
    _delay_ms(80);
    if(stan_przekaznika == ENABLE)
    {
        stan_przekaznika = DISABLE;
        LED_PRZEKAZNIK_STOP_ON;
        PRZEKAZNIK_OFF;
    }
    else if(stan_przekaznika == DISABLE)
    {
        stan_przekaznika = ENABLE;
        LED_PRZEKAZNIK_STOP_OFF;
    }
}
```

tonDown() sprawdza, czy któryś z przycisków PLUS lub MINUS jest wciśnięty. Jeśli tak, to po sprawdzeniu warunków granicznych pracy czujnika odpowiednio zmniejsza lub zwiększa wartość temperatury odniesienia.

**Tomasz Piechowicz**  
tomaszpiechowicz1@gmail.com

### Listing 3. Sterowanie przełącznikiem

```
if((cel < temperatura_dolna) || ((cel <= temperatura_dolna) && (cel_fract_bits == 0)))
{
    if(stan_przekaznika == ENABLE) PRZEKAZNIK_ON;
    else PRZEKAZNIK_OFF;
}
else if((cel >= temperatura_gorna)) PRZEKAZNIK_OFF;
```

przedstawiona jest na **listingu 4**. Zmiana wartości temperatury odniesienia w trybie pracy „Histereza”: zarówno przy zmniejszaniu, jak i zwiększaniu wartości temperatury odniesienia sytuacja wygląda podobnie. Funkcja But-

### Listing 4. Obsługa przycisków zmiany temperatury

```
if(ButtonDown(PLUS))
{
    _delay_ms(80);
    if((t_odniesienia + histereza < 125) && (t_odniesienia - histereza > -50)) t_odniesienia++;
}
if(ButtonDown(MINUS))
{
    _delay_ms(80);
    if((t_odniesienia + histereza < 125) && (t_odniesienia - histereza > -50)) t_odniesienia--;
}
```