

# Regulowany termostat cyfrowy

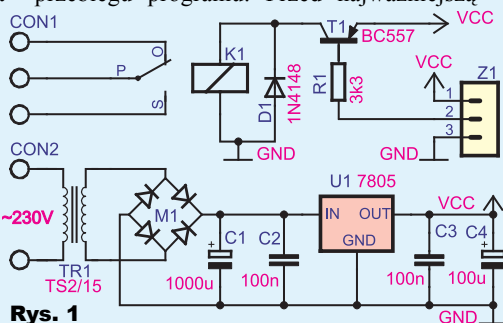
## Do czego to służy?

Prezentowany układ pełni funkcję cyfrowego termostatu z możliwością nastawy temperatury, histerezy oraz jednego z dwóch trybów pracy. Może pracować wszędzie tam, gdzie trzeba utrzymywać temperaturę na określonym poziomie. Dzięki zastosowaniu czujnika DS18B20, mającego maksymalną rozdzielczość pomiaru 12 bitów, co w przeliczeniu daje 0,0625°C, można ustawić temperaturę pracy od -50°C do +120°C z krokiem 0,5°C lub 5°C oraz histerezę od 1°C do 10°C. Termostat może pracować w trybie grzania lub chłodzenia, które w wygodny sposób można przełączyć w ustawieniach. Projekt jest wyposażony w alfanumeryczny wyświetlacz 2\*16 znaków, dzięki czemu można ciągle kontrolować aktualną, minimalną oraz maksymalną temperaturę. Dodatkowo zastosowano dwie diody LED w kolorze czerwonym oraz zielonym, które ukazują stan przekaźnika i prawidłowe działanie programu. Dzięki wprowadzeniu odczytu i zapisu nieulotnej pamięci EEPROM, termostat pamięta ostatnie nastawy, co ułatwia pracę z urządzeniem. W przypadku, gdy trzeba zmienić ostatnie nastawy, ich edycję rozpoczyna się od ostatnich, co ułatwia korektę i oszczędza czas. Z powodu bardzo ważnej roli urządzenia, program mikrokontrolera jest ciągle kontrolowany przez sprzętowy watchdog, który w razie awarii ma za zadanie zresetować mikrokontroler i zacząć pracę programu od nowa. Urządzenie potrafi wykrywać brak lub uszkodzenie czujnika, o czym informuje na wyświetlaczu oraz wyłącza wyjście mocy. Projekt składa się z dwóch płytek połączonych 3-żyłowym przewodem, co daje więcej możliwości podczas montowania go w obudowie. Układ ma wbudowany zasilacz stabilizowany, który wraz z kilkoma elementami zewnętrznymi stabilizuje oraz filtruje napięcie dla mikrokontrolera.

## Jak to działa?

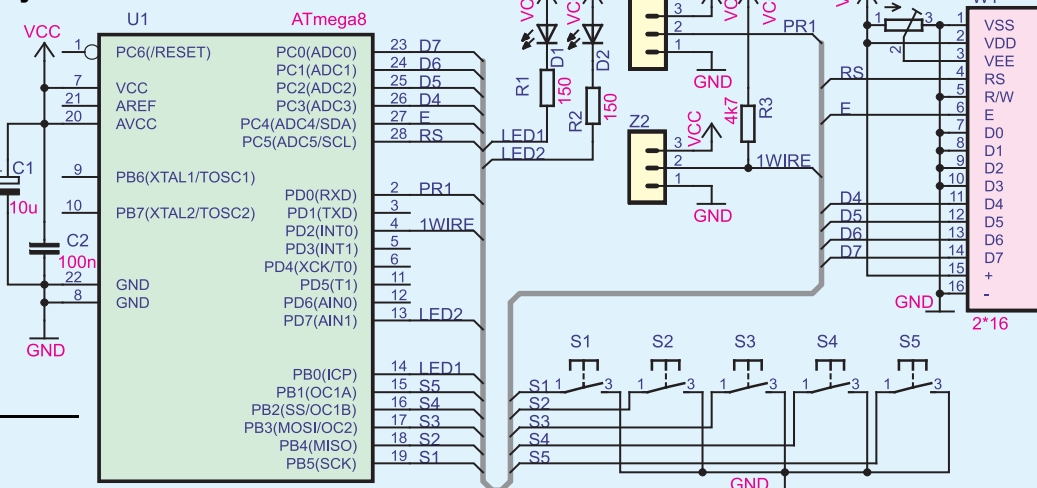
Cały układ składa się z dwóch modułów: wykonawczo-zasilającego oraz sterującego. Na **rysunku 1** przedstawiono schemat ideowy modułu wykonawczo-zasilającego. Transformator TR1 obniża napięcie do wartości 10,1V, które następnie jest prostowane, filtrowane i stabilizowane. Część wykonawcza składa się z przekaźnika mocy oraz tranzystora T1, który nim steruje. Dioda D1 zabezpiecza go przed przepięciami, jakie występują podczas wyłączenia przekaźnika. Na złącze Z1 zostały wyprowadzone: masa, napięcie zasilające VCC oraz baza tranzystora (poprzez rezystor R1 ograniczający prąd). **Rysunek 2** przedstawia schemat ideowy modułu sterującego. Układ scalony U1 to mikrokontroler ATmega8 z rodziny AVR mający 8kB pamięci Flash oraz 23 linie I/O, który pracuje na wewnętrznym oscylatorze RC o częstotliwości 1MHz. Kondensatory C1 i C2 filtrują napięcie dla mikrokontrolera, a rezystory R1 i R2 ograniczają prąd diod D1 i D2. Gniazdo czujnika DS18B20 podłączono do VCC oraz masy, natomiast sygnał czujnika do portu mikrokontrolera oraz podciągnięto rezystorem o wartości 4,7kΩ do VCC. Wyświetlacz LCD podłączono do mikrokontrolera w trybie 4-bitowym. Potencjometr PR1 reguluje kontrast wyświetlacza. Sygnał R/W jest na stałe podłączony do masy, ponieważ jest nieużywany. Podświetlenie zostało bezpośrednio podłączone do zasilania. Program sterujący mikrokontrolerem został napisany w środowisku BASCOM AVR. Na **listingu 1** przedstawiono najważniejszy fragment

programu, a mianowicie część odpowiedzialną za sterowanie wyjściem mocy. Na samym początku zostaje wykonany podprogram *Pomiar\_temperatury*, który został przedstawiony na **listingu 2**. Rozpoczyna się on resetem magistrali 1-Wire, po czym jest sprawdzana wbudowana zmienna błędów *Err*. Jeśli jej wartość będzie równać się jedynie (równoznaczne z błędem czujnika), program wejdzie w pętlę, w której będzie resetować magistralę, czekając na jego dołączenie. Główna część podprogramu to odczyt wartości z czujnika oraz przeliczenie ich osobno w przypadku temperatury dodatniej oraz ujemnej. Na samym końcu inicjalizowany jest łańcuch tekstowy, który ma zostać zaprezentowany na wyświetlaczu i przedstawia wartość mierzonej temperatury. Ostatnia instrukcja to polecenie wyjścia z podprogramu i przeniesienie się o jedną instrukcję poniżej jego wywołania. Po wyjściu z wyżej opisanej części programu (gdy temperatura została odczytana prawidłowo), włączana jest zielona dioda informująca użytkownika o prawidłowym przebiegu programu. Przed najważniejszą



Rys. 1

Rys. 2



częścią tego fragmentu programu sprawdza, jaki tryb pracy został wybrany i na tej podstawie steruje wyjściem mocy. W trybie grzania, jeżeli temperatura aktualna jest mniejsza od minimalnej, przekaźnik zostaje włączony. Natomiast jeżeli temperatura aktualna jest większa od maksymalnej, przekaźnik zostaje wyłączony. Część odpowiedzialna za tryb chłodzenia działa analogicznie. Dla pełnego zabezpieczenia programu zastosowano sprzętowy watchdog wbudowany w każdy mikrokontroler AVR. Szkielec programu reprezentujący funkcje watchdoga został ukazany na **listingu 3**. Obsługa zaczyna się od konfiguracji licznika watchdoga oraz instrukcji uruchamiającej. W omawianym programie został skonfigurowany na wartość 2048, czyli w przypadku niewyzerowania licznika reset mikrokontrolera następuje po około 2s. Instrukcje sterujące licznik umiejscowione zostały w strategicznych punktach programu: w pętli głównej, w pętli ustawień oraz w pętli oczekującej na podłączenie czujnika. W programie zastosowano dwa rodzaje odczytu naciśnięcia przycisku. Pierwszy sposób przechwytywania naciśnięcia przycisku użytego w

```
Gosub Pomiar_temperatury
Reset Dioda_zielona
If Tryb = 1 Then
  If Aktualna_temperatura < Tmin Then
    Set Przekaznik
    Set Dioda_czerwona
  End If
  If Aktualna_temperatura > Tmax Then
    Reset Przekaznik
    Reset Dioda_czerwona
  End If
Else
  If Aktualna_temperatura < Tmin Then
    Reset Przekaznik
    Reset Dioda_czerwona
  End If
  If Aktualna_temperatura > Tmax Then
    Set Przekaznik
    Set Dioda_czerwona
  End If
End If
```

**Listing 1**

```
Pomiar_temperatury:
lwrset
If Err = 1 Then
  Set Dioda_zielona
  Set Przekaznik
  Set Dioda_czerwona
Cls
Locate 1, 2
Lcd "Brak czujnika!"
Do
  lwrset
  Reset Watchdog
Loop Until Err = 0
Cls
End If
lwwrite &HCC
lwwrite &H44
Waitms 750
lwrset
lwwrite &HCC
lwwrite &HBE
Lsb = lwread()
Msb = lwread()
lwrset
Temp = Msb * 256
Temp = Temp + Lsb
If Msb.7 = 0 Then
  Aktualna_temperatura = Temp / 16
Else
  Temp = Not Temp
  Temp = Temp + 1
  Aktualna_temperatura = Temp / 16
  Aktualna_temperatura = Aktualna_temperatura * -1
End If
Wyswietlana_temperatura = Fusing(aktualna_temperatura, "###.#")
Return
```

```
If S1 = 0 Then
  Waitms 50
  If S1 = 0 Then
    Ustawienia = Ustawienia + 1
    Waitms 500
  Cls
  End If
End If
```

**Listing 4**

```
If S2 = 0 Then
  Waitms 25
  If S2 = 0 Then
    If Licznik1 = 3 Then
      Temperatura = Temperatura + 5
    Else
      Temperatura = Temperatura + 0.5
      Incr Licznik1
      If Licznik1 = 4 Then Licznik1 = 0
    End If
    Waitms 500
  End If
End If
```

**Listing 5**

```
Config Watchdog = 2048
Start Watchdog
Do
  ...
  Reset Watchdog
Loop
End

Pomiar_temperatury:
...
Do
  ...
  Reset Watchdog
Loop Until Err = 0
...
Return

Ustawienia_termostatu:
...
Reset Watchdog
Loop
...
Return
```

**Listing 3**

Następnie zostaje sprawdzona wartość zmiennej pomocniczej *Licznik1*, której wartość początkowa jest równa zero. Jeśli jej wartość jest równa 3, wówczas temperatura zostaje powiększona o 5°C, natomiast w przeciwnym razie o 0,5°C, czemu towarzyszy inkrementacja zmiennej *Licznik1*.

## Montaż i uruchomienie

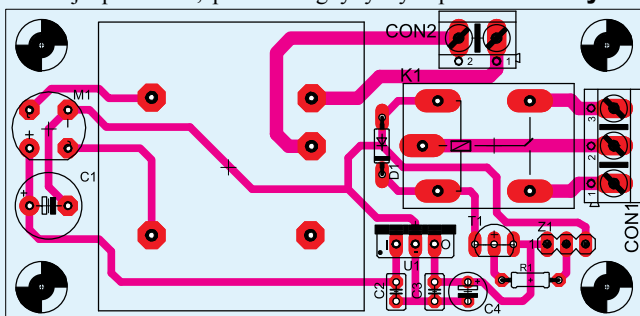
Na **rysunku 3** przedstawiono schemat montażowy modułu wykonawczo-zasilającego, natomiast **rysunek 4** – sterującego. Kolejność wlotowywania elementów nie jest ważna, ale warto zacząć od najmniejszych aż po największe. Podczas montażu należy pamiętać, aby wlotować wszystkie zworki na płytce sterującej (pod mikrokontrolerem i obok wyprowadzeń czujnika). Kondensator C1 trzeba wlotować „na leżącą”, gdyż jest on dosyć wysoki i musi się zmieścić pomiędzy wyświetlaczem a płytką.

Wysokość przycisków S1–S5 należy dobrać adekwatnie do długości pomiędzy płytką a ścianką obudowy, w której termostat będzie zamontowany. Analogicznie należy postąpić z doбором długości nóżek diod LED. Wyświetlacz powinien być połączony listwą goldpinów oraz kilkoma dystansami. Na stabilizator można założyć mały radiator. Pod mikrokontroler najlepiej zastosować podstawkę DIP28. Następnie trzeba go zaprogramować. W tym celu do pamięci FLASH mikrokontrolera należy wgrać plik *wsad.hex*, dostępny w Elportalu wśród materiałów dodatkowych tego numeru. Można to zrobić za pomocą dowolnego programatora dla mikrokontrolerów AVR, na przykład STK200/300 lub STK500. Fusebitów nie trzeba ustawiać, ponieważ układ opiera się na ustawieniach fabrycznych.

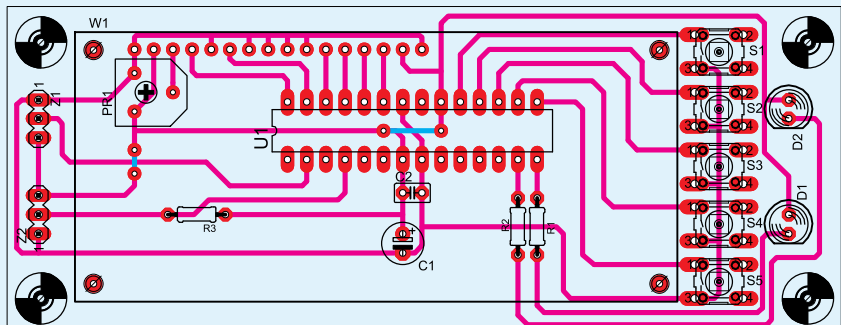
nim, wyświetlacz byłby wyczyszczony przez pół sekundy). Nie we wszystkich miejscach wykorzystano takie opóźnienie, ponieważ nie było to konieczne.

Trochę inaczej wygląda drugi sposób odczytu naciśniętego przycisku w przypadku nastawy temperatury oraz histerezy, zaprezentowany na **listingu 5**. Wówczas trzeba dodatkowo sprawdzić, czy przycisk nie został przytrzymany. Program w takim wypadku musi zmienić wartość zmiennej o 5°C. Podobnie jak w powyższym przykładzie program sprawdza warunek pojawiania się masy na wejściu mikrokontrolera, po czym czeka 25ms i ponownie go sprawdza.

**Rys. 3**



**Rys. 4**



Po zamontowaniu wszystkich elementów należy połączyć płytę zasilacza z płytą sterującą (Z1-Z1) oraz cyfrowy termometr DS18B20 z płytą sterującą (Z2) za pomocą trójżyłowych kabli. Najlepszym rozwiązaniem jest użycie trzypinowego kątownego wtyku. Na koniec wystarczy podłączyć zasilanie sieciowe do modułu wykonawczo-zasilającego. Zastosowany przekaźnik LEG-5 w razie potrzeby można zastąpić innym, ważne jest, aby miał cewkę zasilaną napięciem 5V, te same wyprowadzenia oraz wymiary.

#### Wykaz elementów

##### Moduł wykonawczo-zasilający:

R1	3,3k $\Omega$
C1	1000 $\mu$ F/16V
C2, C3	100nF
C4	100 $\mu$ F/16V
U1	LM7805
D1	1N4148
M1	mostek prostowniczy 1A
T1	BC557
K1	LEG-5
TR1	TS2/15
Z1	wtyk męski 403-03 3 pin
CON1	złącze śrubowe ARK500/3
CON2	złącze śrubowe ARK500/2

##### Moduł sterujący:

R1, R2	150 $\Omega$
R3	4,7k $\Omega$
PR1	potencjometr montażowy 10k $\Omega$
C1	10 $\mu$ F/16V
C2	100nF
D1	czerwona dioda LED 5mm
D2	zielona dioda LED 5mm
U1	ATmega8
W1	alfanumeryczny wyświetlacz LCD 2*16
S1-S5	przyciski typu microswitch
Z1, Z2	wtyk męski 403-03 kątowny 3pin
Czujnik	DS18B20

#### Komplet podzespołów z płytą

jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3025.

Przycisk	Funkcja	
	Praca	Ustawienia
S1	Wejście do ustawień	Zmiana parametru
S2	-	Zwiększenie wartości
S3	-	Zmniejszenie wartości
S4	-	Wyjście i zapis
S5	-	Wyjście

Obsługa układu nie jest skomplikowana. Do ustawień można wejść, trzymając wciśnięty przycisk podczas uruchomienia urządzenia oraz w momencie jego działania. Przy pierwszym uruchomieniu (po zaprogramowaniu), włączając układ, należy trzymać pierwszy klawisz. Po wejściu do ustawień, można za pomocą trzech pierwszych przycisków ustawić tryb pracy, temperaturę oraz histerezę. Przycisk pierwszy przełącza ustawiany parametr, przycisk drugi zwiększa ustawianą wartość o 0,5°C po pojedynczym kliknięciu, oraz o 5°C przy przytrzymaniu go, natomiast przycisk trzeci działa analogicznie, z tym że zmniejsza wartość.

Podczas ustawiania trybu pracy drugim przyciskiem można wybrać tryb grzania, natomiast trzecim – tryb chłodzenia. Za pomocą dwóch ostatnich przycisków można opuścić ustawienia, kolejno pierwszym zapisując ustawione wartości w pamięci EEPROM oraz wyjściem bez zapisu danych. Jeśli tylko podczas użytkowania zajdzie potrzeba sprawdzenia nastaw lub anulowania wprowadzonych zmian, należy kliknąć przycisk S5, natomiast jeśli użytkownik jest świadomy ustawionych parametrów, trzeba kliknąć przycisk S4. Tabela 1 dokładnie opisuje funkcje poszczególnych przycisków. Zielona dioda informuje użytkownika o poprawnym działaniu programu, natomiast czerwona odzwierciedla stan wyjścia mocy. Jeśli zostanie odłączony lub uszkodzony czujnik, wtedy zielona dioda przestanie świecić, jak również zostanie wyłączony przekaźnik oraz czerwona dioda. W przypadku

Tabela. 1

zresetowania mikrokontrolera przez watch dog, zielona dioda zostanie na chwilę wyłączona. Rysunek 5a przedstawia sygnalizację właściwej pracy termostatu. W górnej linii jest wyświetlana aktualna temperatura, natomiast pod nią maksymalna i minimalna, poza którą termostat zmienia stan wyjścia mocy. Na rysunku 5b można zauważyć tryb ustawień, w którym regulowane są wyżej wspomniane parametry. Rysunek 5c przedstawia informację o braku czujnika, która może pojawić się w przypadku uszkodzenia lub braku układu.



Rys. 5a



Rys. 5b



Rys. 5c

Krzysztof Gońka  
krzysztof.gonka@interia.pl

