

Mikroprocesorowy regulator temperatury, część 2

AVT-843



W drugiej części artykułu prezentujemy szczegółowy opis obsługi mikroprocesorowego regulatora temperatury oraz sposób jego montażu i uruchomienia.

Jak już wspomniano, regulator umożliwia zaprogramowanie trzech różnych wartości temperatury, w trzech niezależnych strefach czasowych. Wyobraźmy sobie tarczę zegara 24-godzinnego (rys. 9). Na tej tarczy zaznaczamy dowolne trzy czasy: tp , $t1$ i $t2$ (muszą być różne). Czas tp jest umownym czasem początkowym. Każdemu z tych czasów przyporządkowana jest odpowiednia temperatura: Tp , $T1$ i $T2$ (nie muszą być różne).

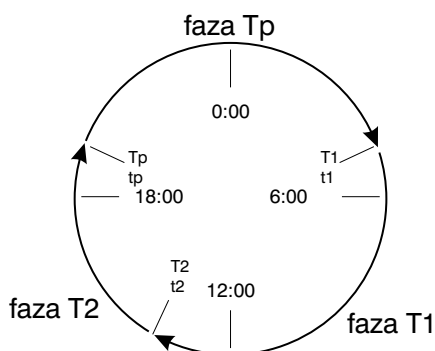
Jeżeli zaprogramowane są czasy i temperatury, ustawiony i uruchomiony jest zegar oraz wykonane polecenie startu programu, to rozpoczyna się proces regulacji temperatury. Kiedy czas wskazywany przez zegar jest równy np. czasowi $t1$, to sterownik zaprogramuje rejestry TH i TL termostatu na podstawie temperatury $T1$ tak, jak zostało to opisane powyżej (histereza 1°C). Zaświeci się wtedy dioda sygnalizacji „ $t1$ ”. Temperatura $T1$ (faza $T1$) będzie ustalana do momentu, kiedy czas wskazywany przez zegar nie będzie równy następnemu zaprogramowanemu czasowi. Wtedy ste-

rownik przeprogramuje termostat na temperaturę odpowiadającą temu czasowi i zaświeci się odpowiednia dioda.

Czasy tp , $t1$ i $t2$ nie muszą być zaprogramowane rosnąco. Można na przykład zaprogramować następującą sekwencję: $tp=18:30$ $t1=8:00$ $t2=21:30$. Trzeba tylko pamiętać, jaka wartość temperatury odpowiada danej fazie regulacji.

Czerwona dioda „PROGRAM” sygnalizuje uruchomienie programu regulacji. Jeżeli program nie jest uruchomiony w momencie, gdy zegar wskazuje którąś z zaprogramowanych nastaw czasu, termostat nie zostanie przeprogramowany i regulator pozostanie w poprzedniej fazie regulacji. Ponowne uruchomienie programu zmieni tę sytuację dopiero w chwili wskazania przez zegar następnego zaprogramowanego czasu.

W trakcie normalnej pracy świeci się któraś z zielonych diod „ tp ”, „ $t1$ ” lub „ $t2$ ” oraz czerwona dioda „PROGRAM”. Na ekranie wyświetlacza pokazywany jest czas bieżący i temperatura otoczenia. Nastawy termostatu można odczytać poprzez wywołanie funkcji „ODCZYT TERMOSTATU”.



Rys. 9. Fazy pracy regulatora.

Jeżeli chcemy wprowadzić na jakiś czas inną temperaturę niż to wynika z programu, to należy wywołać funkcję „STOP PROGRAMU”. Następnie za pomocą funkcji „PROGRAMOWANIE TERMOSTATU” można ustawić dowolne wartości TH i TL .

Program sterujący

Program regulatora został napisany w języku C i skompilowany za pomocą kompilatora firmy KEIL. Zajmuje ok. 8kB pamięci EPROM (mieści się w pamięci 2764).

Licznik $T2$ pracuje w trybie przeładowania (reload mode) i generuje przerwanie co 10ms. Jest taktowany sygnałem o częstotliwości rezonatora kwarcowego podzielonej przez 12. Mimo pozornego podobieństwa, działanie i sterowanie licznika $T2$ jest zupełnie inne niż w mikrokontrolerze 8052. Procedura obsługi przerwania od licznika $T2$ realizuje funkcję zegara czasu rzeczywistego, sprawdza uruchomienie i działanie programu regulacji oraz obsługuje klawiaturę.

Licznik $T1$ pracuje w trybie 1 i jest wykorzystywany do odliczania opóźnień. Jest on również jak licznik $T2$ taktowany sygnałem o częstotliwości rezonatora mikrokontrolera podzielonej przez 12. Licznik generuje przerwanie co 1ms. Można więc odmierzać czas z rozdzielczością 1ms. W tym przypadku działanie i sterowanie licznikiem jest dokładnie takie jak w 8051.

Wyświetlacz LCD jest sterowany poprzez 4-bitową magistralę danych. Po sygnale RESET wykonywana jest inicjalizacja programowa, która ustawia następujące parametry wyświetlacza: DL=4bit,

1/16duty, 5x7 dot matrix, I/D increment, cursor off, display on, blink off, display shift.

Program sterujący został napisany tak, żeby maksymalnie ułatwić obsługę urządzenia. W tym celu na ekranie wyświetlacza wyświetlane są symbole klawiszy i działanie jakie powodują. W przypadku złożonych funkcji, w których ustawianych jest dużo parametrów, takie rozwiązanie, niejako prowadzące za rękę, zwalnia od pamiętania znaczenia klawiszy w konkretnym kontekście.

Obsługa regulatora

Po włączeniu zasilania w górnym wierszu wyświetlacza pojawia się napis:

```
temperatura: +19.5°C
```

Przytoczona wartość temperatury jest przykładowa, bo sterownik pokaże rzeczywistą temperaturę otoczenia. W dolnym wierszu wyświetlane będą na przemian (co 2s) komunikaty:

```
Zegar nie ustawiony
```

oraz

```
Naciśnij ACC
```

Po naciśnięciu klawisza ACC urządzenie przejdzie w tryb wyboru funkcji i na ekranie pojawi się:

```
(+,-)zmiana, (ESC)wyj
```

```
Ustaw. czasu ->(ACC)<-
```

Do wyboru mamy następujące funkcje:

- *Ustawianie czasu.* Funkcja ta ustawia zegar programatora.
- *Program regulacji.* Najbardziej złożona i rozbudowana ze wszystkich funkcji. Umożliwia zaprogramowanie stref czasowych i przypisanych im temperatur.
- *Start programu.* Powoduje rozpoczęcie wykonywania programu regulacji.
- *Stop programu.* Powoduje zatrzymanie programu regulacji.
- *Programowanie termostatu.* Funkcja ta programuje układ DS1620. Jeżeli nie jest uruchomiony program regulacji sterownika, to możliwe jest ustawienie termostatu na dowolną temperaturę. Jeżeli jest uruchomiony program regulacji, to o określonej porze ustawiona przez tę funkcję wartość temperatury zostanie przyjęta przez program regulacji.

- *Odczyt termostatu.* Funkcja ta umożliwi odczyt zaprogramowanych temperatur termostatu. Można ją wykorzystywać do sprawdzenia nastaw po funkcji PROGRAMOWANIE TERMOSTATU lub prawidłowości działania programu regulacji.

Wróćmy do wybierania funkcji. Klawiszami + i - wybieramy żadaną funkcję. Klawisz ACC powoduje rozpoczęcie wykonywania funkcji, której nazwa wyświetlana jest na ekranie w dolnym wierszu. Klawisz ESC powoduje wyjście z trybu wyboru funkcji i powrót do wyświetlania temperatury i czasu (jeżeli został ustawiony funkcją *ustawianie czasu*).

Po włączeniu zasilania pierwszą funkcją, którą należy wywołać, jest funkcja *ustawianie czasu*. Po jej wywołaniu na ekranie pojawia się:

```
ustaw minuty:<00>
```

```
(+,- zmiana ACC o.k)
```

Kursor wyświetlacza ustawiony jest na jednostki minut. Klawiszami + i - należy ustawić żadaną wartość. Jednostki ustawiają się modulo 9. Po ustawieniu jednostek naciskamy klawisz ACC. Kursor przestawia się na dziesiątki minut. Klawiszami + i - ustawia się dziesiątki minut modulo 5. Naciśnięcie klawisza ACC powoduje wyświetlenie:

```
minuty [27]
```

```
ACC-ok ESC korekcja
```

Naciśnięcie klawisza ESC powoduje powrót do ustawiania minut. Klawisz ACC powoduje wyświetlenie na ekranie:

```
ustaw godziny:<00>
```

```
(+,- zmiana ACC o.k)
```

Jednostki godzin ustawia się analogicznie jak jednostki minut (modulo 9). Jednostki godzin ustawia się modulo 2. Widać, że możliwe jest np. ustawienie jednostek na wartość 9 i dziesiątek na wartość 2. Wychodzi z tego absurdalna wartość godziny 29. Jest to pewna niedogodność takiego systemu ustawiania liczb. Ma on za to taką zaletę, że można ustawić szybko dwoma klawiszami dowolną liczbę. Aby wyeliminować przedstawioną wyżej sytuację (wartość godzin większa niż 23), funkcja koryguje zbyt dużą wartość godzin do wartości 23.

Po ustawieniu i naciśnięciu klawisza ACC na ekranie pojawia się:

godzina[23]

ACC-ok ESC-korekcja

Klawisz ESC powoduje powrót do ustawiania godzin. Klawisz ACC powoduje wyświetlenie:

czas:23:17;00

dowolny klaw.-start

Przyciśnięcie dowolnego klawisza powoduje uruchomienie zegara i automatyczne przejście do poziomu wyświetlania temperatury i czasu. Po ustawieniu zegara w dolnym wierszu przestaje cyklicznie migać komunikat :

Zegar nie ustawiony

Naciśnij ACC

i jest wyświetlany czas:

czas:23:17;01 (ACC)

Naciśnięcie klawisza ACC powoduje ponowne wejście do poziomu wyboru funkcji.

Kolejną funkcję realizuje *program regulacji*. Wywołuje się go z poziomu wyboru funkcji przez naciśnięcie ACC, gdy wyświetlana jest informacja:

(+, -) zmiana, (ESC) wyj

Program reg.->(ACC)<-

Pojawia się wtedy:

ustaw tp (ACC)

Po wciśnięciu ACC:

ustaw minuty:<00>

(+, - zmiana ACC o.k)

Minuty czasu *tp* ustawia się tak samo jak w funkcji ustawiania czasu (zegara): najpierw jednostki, potem dziesiątki. Po przyciśnięciu ACC pojawia się:

minuty [21]

ACC-ok ESC-korekcja

Tak jak w ustawianiu czasu, ESC powoduje powrót do ustawiania minut, a ACC przejście do ustawiania godzin:

ustaw godziny:<00>

(+, - zmiana ACC o.k)

Godziny czasu *tp* ustawia się analogicznie jak w funkcji ustawiania zegara.

Po naciśnięciu ACC:

godzina[18]

ACC-ok ESC-korekcja

ESC powoduje powrót do ustawiania godzin. Po naciśnięciu ACC:

tp 18:21

ustaw temp.Tp (ACC)

Przyciśnięcie ACC powoduje przejście do ustawiania temperatury *Tp*. Temperatura ta zostanie zaprogramowana, kiedy zegar wskaże czas *tp*:

Temp dodatnia?

[T] (+, -, ACC)

Ustawianie temperatury odbywa się tak samo jak w przypadku funkcji programowania termostatu. Najpierw należy ustawić znak temperatury naciskając + lub - , a następnie jej wartość (patrz funkcja *programowanie termostatu*):

ustaw Tp:<+00>

(+, - zmiana ACC o.k)

Po ustawieniu temperatury i naciśnięciu ACC:

tp 18;21

Tp +19°C ESC-kor.

Naciśnięcie ESC powoduje powrót do ustawiania czasu *tp*, a następnie temperatury *Tp*. Naciśnięcie ACC powoduje przejście do ustawiania czasu *t1* i temperatury *T1*. Nastawy te programuje się tak samo jak w przypadku *tp* i *Tp*. Analogicznie też postępuje się przy ustawianiu *t2* i *T2*. Przy ustawianiu czasów należy pamiętać o tym, że ustawiane wartości czasów nie mogą być takie same (nie dotyczy to temperatur). Jeżeli np. czas *t1* jest taki sam jak *t2*, to funkcja sygnalizuje błąd:

t2=t1 błąd!!! (ACC)

Po naciśnięciu ACC następuje powrót do ostatnio ustawianego

czasu (w tym przypadku do ustawiania *t2*). Ustawienie wszystkich trzech czasów i temperatur kończy wykonywanie tej funkcji.

Z funkcją PROGRAM REGULACJI związane są dwie następne funkcje: *start programu* i *stop programu*.

Funkcja *start programu* powoduje rozpoczęcie wykonywania programu regulacji określonego w funkcji *program regulacji*. Jeżeli na ekranie w trybie wyboru funkcji wybierzemy:

(+, -) zmiana, (ESC) wyj

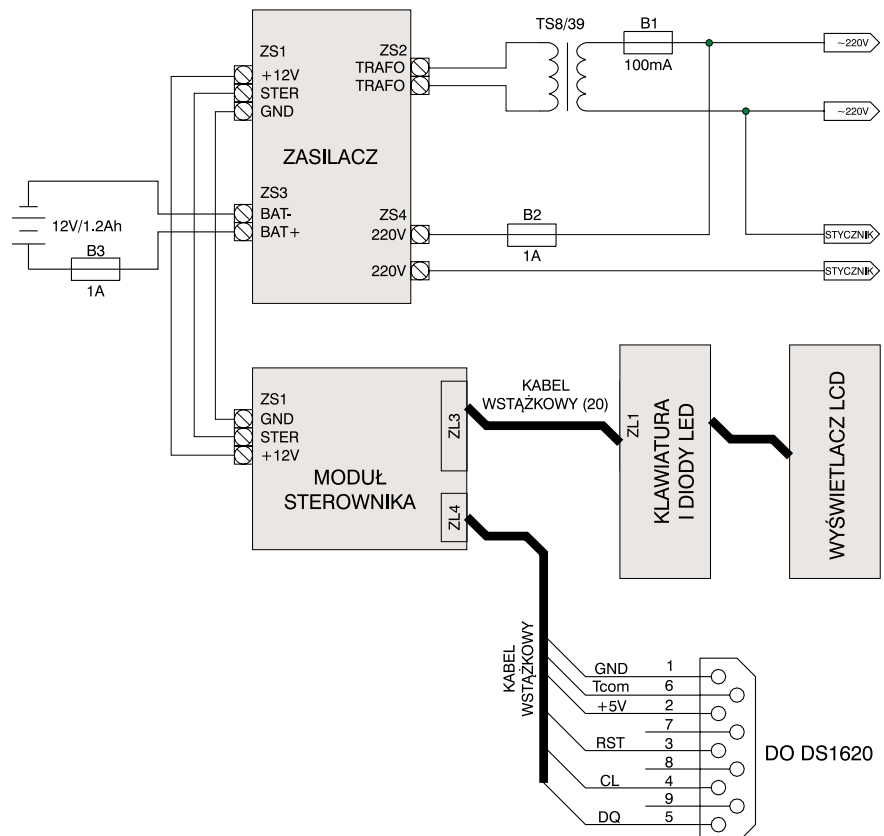
Start progr. ->(ACC)<-

i naciśniemy ACC, to nastąpi wyjście do poziomu wyświetlania czasu i temperatury oraz zacznie się wykonywać program regulacji. Sygnalizowane jest to czerwoną diodą LED „PROGRAM“. Wywołanie funkcji *start programu* przed ustawieniem parametrów programu funkcją *program regulacji* powoduje wyświetlenie komunikatu:

Nastawy regulacji

nie określone (ACC)

Po naciśnięciu klawisza ACC następuje wyjście do poziomu wyświetlania czasu i temperatury. Jeżeli zostaną ustawione pa-



Rys. 10. Połączenia międzymodułowe.

rametry regulacji, a nie jest ustawiony zegar, to po wywołaniu funkcji *start programu* nie zapali się LED „PROGRAM“ i program nie zostanie uruchomiony. Po ustawieniu zegara należy ponownie wywołać *start programu* i program zacznie się wykonywać prawidłowo.

Wywołanie funkcji *stop programu* powoduje zatrzymanie wykonywania programu regulacji (gaśnie LED „PROGRAM“). Wywołanie tej funkcji z poziomu wyboru funkcji:

```
(+,-)zmiana (ESC)wyj
Stop progr. ->(ACC)<-
```

Funkcja *programowanie termostatu* jest wywołana, kiedy na ekranie jest:

```
(+,-)zmiana,(ESC)wyj
Prog.termost.->(ACC)<-
```

i zostanie naciśnięty ACC. Na ekranie pojawia się wtedy:

```
tg dodatnia ?
```

```
[T] (+,-,ACC)
```

Jak widać wybierany jest tutaj znak temperatury górnej termostatu. Przyciskanie klawiszy + lub - powoduje cykliczne przełączanie [T] lub [N]. Ustawienie [N] powoduje, że będzie ustawiana temperatura ujemna. Po przyciśnięciu ACC:

```
ustaw tg:<+00>
(+,- zmiana ACC o.k)
```

Kursor wyświetlacza ustawiony jest na jednostki temperatury. Po ich ustawieniu klawiszami + lub - i przyciśnięciu ACC kursor ustawia się na dziesiątki temperatury. Maksymalna wartość dodatniej temperatury, którą można ustawić to +99°C. Minimalna wartość temperatury ujemnej to -55°C. Przy ustawianiu temperatur ujemnych można ustawić -59°C. Funkcja koryguje tę wartość do -55°C (minimalna wartość DS1620). Można ustawiać temperaturę z rozdzielczością do 1°C, bez możliwości ustawiania 0,5°C. Po ustawieniu znaku i wartości temperatury przeliczana jest ona na wartość akceptowaną przez DS1620 (temperatury ujemne w kodzie U2) i wysyłana do układu z kodem 01h.

Po przyciśnięciu ACC pojawia się:

```
td dodatnia ?
```

```
[T] (+,-,ACC)
```

Ustawianie znaku odbywa się analogicznie jak dla temperatury

górnjej. Po przyciśnięciu ACC pojawi się:

```
ustaw td:<+00>
(+,- zmiana ACC o.k)
```

Ustawianie temperatury jak dla tg. Po ustawieniu i naciśnięciu ACC odpowiadająca jej wartość jest wysyłana do DS1620 z kodem 02h, a na ekranie pojawiają się ustawione wartości np.:

```
tg:+19.0°C
```

```
td:+12.0°C
```

Przyciśnięcie dowolnego klawisza kończy funkcję i następuje powrót do poziomu wyboru funkcji. Zaprogramowane temperatury można odczytać za pomocą funkcji *odczyt termostatu*.

Wywołanie tej funkcji następuje po naciśnięciu klawisza ACC, kiedy na wyświetlaczu jest:

```
(+,-)zmiana,(ESC)wyj
Odczyt termo.->(ACC)<-
```

Pojawi się wtedy informacja o nastawach:

```
tg:+19.0°C
```

```
td:+12.0°C
```

Przyciśnięcie dowolnego klawisza kończy funkcję i następuje powrót do poziomu wyboru funkcji.

Uwaga! W funkcjach *ustawianie czasu*, *program regulacji* i *programowanie termostatu* można wyjść z funkcji w dowolnym momencie przez przyciśnięcie klawisza ESC. Wyjątkiem jest sytuacja, kiedy działanie tego klawisza jest opisane na ekranie (do korekcji ustawień).

Budowa urządzenia

Montaż rozpoczynamy od zlutowania wszystkich płytek. Na płytce klawiszy potencjometr Pot1 i złącze ZL1 lutuje się od strony elementów, natomiast diody LED Dtp, Dt1, Dt2 i Dprog oraz klawisze SW1-SW4 od strony ścieżek. Tak zmontowaną płytkę można przymocować do płytki czołowej obudowy za pomocą czterech wkrętów M2,5 oraz tulejek dystansowych o długości 5mm. Wcześniej należy oczywiście wywiercić w odpowiednim miejscu otwory na diody i klawisze. Następnie wycinamy otwór i mocujemy wyświetlacz LCD. Płytką czołową obudowy, z zamocowanymi wyświetlaczem i płytką klawiszy, stanowi mechaniczną całość połączoną z resztą układu za pomocą złącza ZL1 płytki klawiszy. Do płytki zasilacza przykręcony

jest za pomocą dwu kątowników radiator układu L200. Na tylnej płytce obudowy umieszczone zostały: gniazda bezpieczników B1 i B2, gniazdo sieciowe (obwód optotriaka), złącze śrubowe do podłączenia akumulatora oraz złącze szufladowe żeńskie do podłączenia układu DS1620. Jest oczywiście, że temperatura w zamkniętej obudowie, w której znajduje się radiator układu L200, transformator itp., będzie wyższa od temperatury otoczenia. Z tego powodu układ termostatu musi być umieszczony na zewnątrz obudowy. Ponieważ sygnały sterujące układem DS1620 mają poziom TTL, to kabel łączący nie może być dowolnie długi (najlepiej ok. 0,5m).

Wszystkie moduły połączone są ze sobą za pomocą złącz zaciskanych na kabel oraz złącz śrubowych. Wyjątkiem jest tutaj wyświetlacz LCD, który jest na stałe przylutowany do płytki klawiszy.

Uruchamianie rozpoczynamy oczywiście od płytki zasilacza. Po podłączeniu napięcia przemiennego z transformatora trzeba sprawdzić napięcie na wyjściu układu L200 i za pomocą potencjometru Pot1 płytki zasilacza ustawić odpowiednią jego wartość (ok. 14,5V). Następnie po sprawdzeniu napięć na złączach ZS1 i ZS4 można połączyć zasilacz z płytką bazową sterownika. W złączach płytki bazowej raczej nie powinno być w tym momencie modułu 535. Po sprawdzeniu napięcia +5V można włożyć moduł 535 z zaprogramowaną pamięcią oraz połączyć płytkę bazową z płytką klawiszy i układem termostatu, tak jak jest to pokazane na **rys. 10**.

Uwaga! Istnieje niebezpieczeństwo odwrotnego zainstalowania minimodułu 535, co spowoduje jego zniszczenie. Przy wkładaniu trzeba zwrócić uwagę na napięcia zasilające. Połączenia obwodu optotriaka (złącze ZS3) należy wykonać przewodami o odpowiedniej izolacji.

Na płytce zasilacza (obwód optotriaka) i w obwodach sterowania zewnętrznym elementem wykonawczym występuje napięcie o wartości niebezpiecznej dla

życia. Przy uruchamianiu i testowaniu tych obwodów należy zachować dużą ostrożność i postępować zgodnie z zasadami pracy z urządzeniami zasilanymi napięciem z sieci energetycznej.

Po połączeniu wszystkich elementów i włączeniu zasilania na wyświetlaczu w górnym wierszu pojawi się wartość zmierzonej temperatury, a w dolnym wierszu napis: „zegar nie ustawiony“, „naciśnij (ACC)“. Postępując tak, jak to opisano w punkcie *obsługa regulatora*, ustawiamy czas oraz wszystkie nastawy funkcji „Program regulacji“. Czasy t_p , t_1 i t_2 podczas sprawdzania najlepiej ustawić blisko czasu bieżącego,

a tempertury trochę powyżej temperatury otoczenia. Następnie uruchamiamy funkcję „Start programu“ i powinna się zapalić dioda „Program“. Jeżeli czas bieżący będzie równy np. t_p , to zapala się dioda t_p . Jeżeli wyświetlana temperatura otoczenia jest niższa od T_p , to w gniazdku sterującym powinno być napięcie 220V. Wystarczy teraz nieznacznie ogrzać układ DS1620 tak, aby temperatura wyświetlana była wyższa od T_p . W gniazdku powinno zniknąć napięcie. Analogicznie sprawdzamy sygnalizację pozostałych czasów i regulację temperatury w danych zakresach czasowych.

Po tych czynnościach sprawdzamy pozostałe funkcje.

Przedstawione tutaj urządzenie zostało zaprojektowane z myślą o ogrzewaniu elektrycznym. Grzejniki powinny mieć odpowiednią moc i małą bezwładność cieplną. Można też spróbować sterować pompą wodną w instalacji CO. Jednak w tym przypadku konieczne może okazać się zastosowanie algorytmów sterowania innymi parametrami instalacji grzewczej (sterowanie kotła).

Tomasz Jabłoński, AVT
tomasz.jablonski@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/pcb.html> oraz na płycie CD-EP01/2000 w katalogu PCB.