

Mikroprocesorowy regulator temperatury, część 1

AVT-843

PROJEKT
Z OKŁADKI



Oszczędzanie energii jest dzisiaj koniecznością. Przemawiają za tym zarówno względy ekologiczne jak i ekonomiczne. Te pierwsze nie zawsze są rozumiane i akceptowane. Jednak wszystko, co wpływa na naszą kieszeń jest od razu zauważane i powoduje natychmiastowe działanie.

Wysokie rachunki za jeden z podstawowych rodzajów energii - energię ciepłą - świadczą o zaniedbaniach w dziedzinie jej oszczędzania. Nowoczesne technologie budowania nowych budynków i ocieplania starych pozwalają w sposób znaczący ograniczyć straty. Jednak nie jest to kres możliwości oszczędzania. Mieszkańcy bloków - nawet tych ocieplonych lub już dobrze zbudowanych - mają tropikalne warunki w swoich mieszkaniach, jeżeli w środku zimy nastąpi znaczne ocieplenie. Przyczyną takiego stanu jest brak dobrego systemu regulacji dostarczanej energii w zależności od warunków atmosferycznych. Skutek to otwarte okna i ogrzewanie (dość drogie) powietrza na zewnątrz.

Najlepszym sposobem zapobiegania, między innymi takim sytuacjom, byłoby dostarczanie takiej ilości energii, aby utrzymać w pomieszczeniu odpowiednią, zadaną temperaturę. Można też pójść dalej. W wielu pomieszczeniach, w różnych porach doby może być potrzebna różna temperatura. Jeżeli w pewnym okresie przebywają tam ludzie, to może być ustawiona temperatura pokojowa. Po jego opuszczeniu na dłuższy czas można ustawić niższą temperaturę i w ten sposób ograniczyć zużycie energii ciep-

łej. Takie rozwiązanie wydaje się odpowiednie np. dla sypialni w domkach jednorodzinnych, w sklepach, kioskach, biurach itp.

Przedstawiony tutaj mikroprocesorowy regulator temperatury umożliwia kontrolę trzech wartości temperatury w trzech strefach czasowych (w ciągu doby). Oprócz tej podstawowej funkcji spełnia też rolę termometru i zegara.

Opis układu

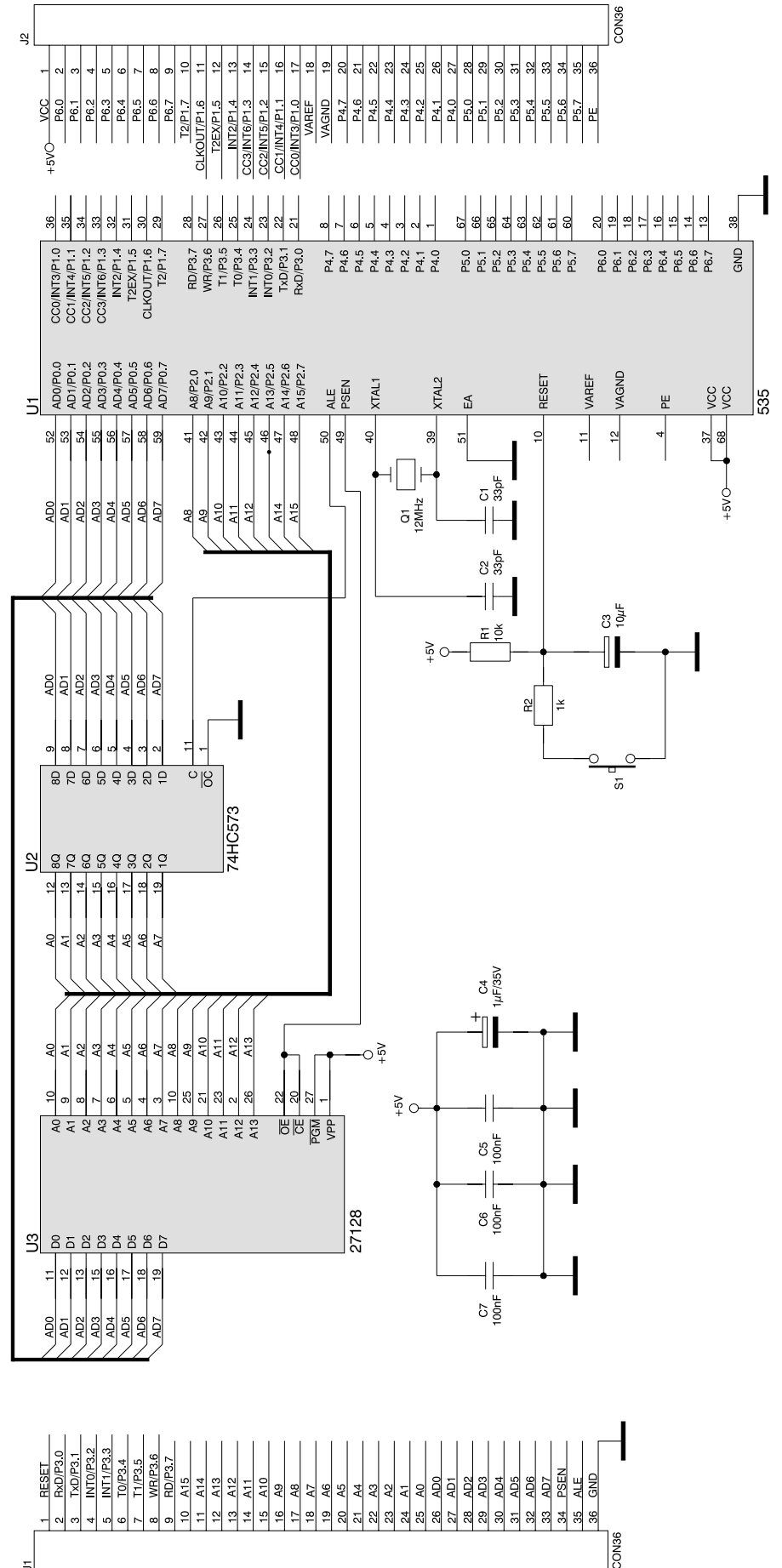
Do pomiaru i regulacji temperatury wykorzystany został układ DS1620 firmy Dallas Semiconductor. Jest to scalony cyfrowy termometr i termostat. Układ ten mierzy temperaturę w zakresie od -55 do $+125^{\circ}\text{C}$ i ma wbudowany układ termostatu. Nastawione wartości regulowane przez termostat temperatury są zapisywane w nieulotnej pamięci EEPROM. DS1620 przystosowany jest do współpracy z systemami mikroprocesorowymi. Wszystkie dane odczytywane z układu (temperatura, nastawy termostatu), jak i zapisywane do niego są przesyłane w formie cyfrowej za pomocą trójprzewodowej magistrali. Takie rozwiązanie znacznie upraszcza układy pomiaru i regulacji temperatury. Nie jest konieczne budowanie analogowych układów i ich kalibracja. Zbędny jest też przetwornik A/C.

Za pomocą cyfrowej magistrali można przesłać do termometru następujące komendy:

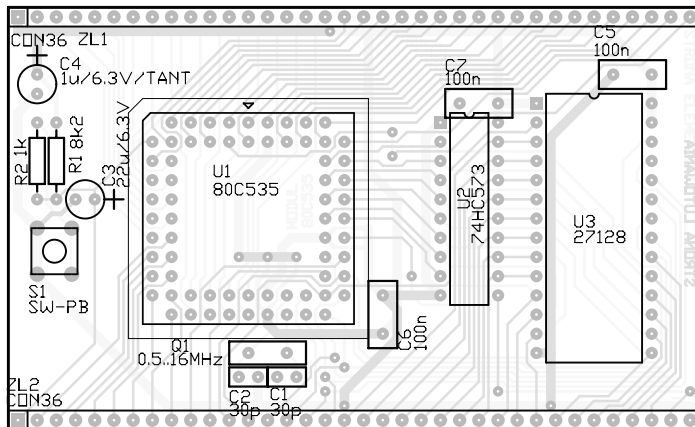
- *Odczyt temperatury.* Komenda ta jest wykorzystywana do pomiaru temperatury otoczenia. Temperatura jest przesyłana w postaci 9-bitowego słowa (kod U2) z rozdzielczością 0,5°C.
- *Zapis TH.* Komendą tą zapisuje się do rejestru górnej temperatury TH termostatu wartość ustawiąca próg przełączania wyjścia *Thigh*. Temperatura jest zapisywana w formacie 9-bitowego słowa (U2).
- *Zapis TL.* Komendą tą zapisuje się do rejestru dolnej temperatury termostatu TL wartość ustawiąca próg przełączania wyjścia *Tlow*. Format danych j.w.
- *Odczyt TH.* Komendą tą odczytuje się zawartość rejestru TH. Format danych j.w.
- *Odczyt TL.* Komendą tą odczytuje się zawartość rejestru TL. Format danych j.w.
- *Start przetwarzania.* Komenda ta rozpoczyna pomiar temperatury.
- *Zapis konfiguracji.* Komenda zapisuje rejestr konfiguracji.

W naszym rozwiązaniu w rejestrze konfiguracji przyjęto: bit CPU=1 i bit 1SHOT=0. Pomiar temperatury odbywa się w sposób ciągły i układ pracuje w trybie ciągłej współpracy z mikroprocesorem. Do sterowania elementem grzejnym zastosowano wyjście *Tcom*. Umożliwia ono regulację z pętlą histerezy określoną przez wartości rejestrów TL i TH. Jeżeli temperatura jest niższa niż TL (*Tcom* w stanie „0”) i rośnie, to po osiągnięciu wartości TH wyjście *Tcom* przechodzi w stan „1”. Jeżeli temperatura zacznie teraz spadać, to wyjście *Tcom* pozostaje nadal w stanie „1”, aż temperatura osiągnie wartość TL. Wtedy *Tcom* przejdzie znów w stan „0”. Układ DS1620 umożliwia pomiar i regulację temperatury z rozdzielczością 0,5°C. W regulatorze temperaturę można ustawić co 1°C. Program sterujący na jej podstawie odejmuje od tej temperatury 0,5°C i wpisze do TL, oraz doda do niej 0,5°C i wpisze do TH. Otrzymamy w ten sposób histerezę o wartości 1°C.

Na przykład, jeżeli ustawiona temperatura będzie miała



Rys. 1. Schemat elektryczny modułu procesora.



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej modułu procesora.

wartość $+18^{\circ}\text{C}$, to $T_L=+17,5^{\circ}\text{C}$, a $T_H=+18,5^{\circ}\text{C}$. Dla temperatury -10°C $T_L=-10,5^{\circ}\text{C}$, $T_H=-9,5^{\circ}\text{C}$. Oczywiście, można sobie wyobrazić inne sposoby ustawiania histerezy lub wykorzystanie wyjść *Tlow* i *Thigh*. Może to zależeć od przenikalności cieplnej ścian, mocy i rodzaju elementów grzejnych itp.

Jak wspomniano wyżej, układ termostatu pracuje ze sterownikiem mikroprocesorowym. Zrealizowano go w oparciu o mikrokontroler SAB80C535 firmy SIEMENS. Jest to układ kompatybilny programowo z rodziną MCS51. Posiada jednak wiele ciekawych i użytecznych rozszerzeń.

Sterowanie tymi rozszerzeniami odbywa się za pomocą nie wykorzystywanego w MCS51 obszaru pamięci SFR. Należy przy tym pamiętać, że niektóre z rejestrów SFR wykorzystywane w 8052 zmieniły swoje znaczenie i działanie.

Konstruktorzy Siemensu umieścili w nowej jednostce dwa dodatkowe dwukierunkowe porty P4 i P5 oraz jeden analogowy P6. Linie portu P6 mogą być dołączone za pomocą multiplexera do wejścia 8-bitowego przetwornika A/C. Napięcie odniesienia przetwornika można uzyskać przez programowe podzielenie zewnętrznego napięcia odniesienia podawanego na wejście VAREF (VAGND końcówka masy napięcia odniesienia). Jeżeli nie jest wykorzystywany przetwornik, to linie portu P6 mogą być też cyfrowymi liniami wejściowymi. Dla tych, którzy używają portu szeregowego wbudowano generator transmisji danych.

Umożliwia on uzyskanie dokładnej prędkości transmisji 4800bd lub 9600bd dla częstotliwości zegara równej 12MHz. Przy

okazji jeden z liczników może być zwolniony do innych celów.

Zdecydowanie został rozszerzony też system przerwań. Oprócz znanych z 8051 dodano przerwanie od przetwornika A/C oraz przerwania zewnętrzne INT2..INT6.

Z przerwaniami powiązana jest funkcjonalnie rozbudowana jednostka porównawczo-pomiarowa (CCU). Jednostka ta jest taktowana przez timer T2. Należy tutaj podkreślić, że działanie i programowanie tego timera jest zdecydowanie różne od działania T2 w 8052.

Aby ułatwić konstruktorom poznanie i wykorzystywanie wszystkich nowych możliwości, firma Siemens opracowała pakiet

Wykaz elementów - Regulator

Płytki bazowa

Rezystory

R1..R4, R10, R12, R17..R20: 3,3k Ω

R5..R8: 510 Ω

R9, R11, R16: 1k Ω

Kondensatory

C1: 1 μF /35V tantal

C2: 100nF

Półprzewodniki

U1: 7805

T1..T6: BC547

Różne

ZL1, ZL2: złącza - opis w tekście

ZL3: złącze 20pin do przewodów wstążkowych

ZL4: złącze 10pin

ZS1: złącze śrubowe

podstawka DIL40 2szt (nieprecyzyjna)

Płytki zasilacza

Rezystory

R1: 1 Ω

R2: 7,5k Ω

R3: 1k Ω

Pot1: 1k Ω

Kondensatory

C1: 2200 μF /25V

C2: 47 μF /25V

C3: 100nF/63V

Półprzewodniki

U1: L200

D1, D2: 1N4007

M1: 1A/100V

OPT: PS2401

Różne

płytki drukowane

ZS1..ZS4: ARK2 i ARK3

radiator*

Płytki klawiszy

Rezystory

POT1 4,7k Ω

Półprzewodniki

D1..D3: LED 3mm czerwona

D4: LED 3mm zielona

Różne

złącze 20-pinowe do przewodów wstążkowych

przyciski SW1-SW4 4szt

Minimoduł 535

Rezystory

R1: 10k Ω

R2: 1k Ω

Kondensatory

C1, C2: 33pF

C3: 10 μF /16V

C4: 1 μF /35V tantal

C5..C7: 100nF

Półprzewodniki

U1: SAB80C535

U2: 74HCT573

U3: 27C128 (27C64)

Różne

S1: przycisk resetu

Q1: rezonator kwarcowy 12MHz goldpiny

podstawka PLCC68

podstawka DIL20

podstawka DIL28

LCD: wyświetlacz 2x20 znaków

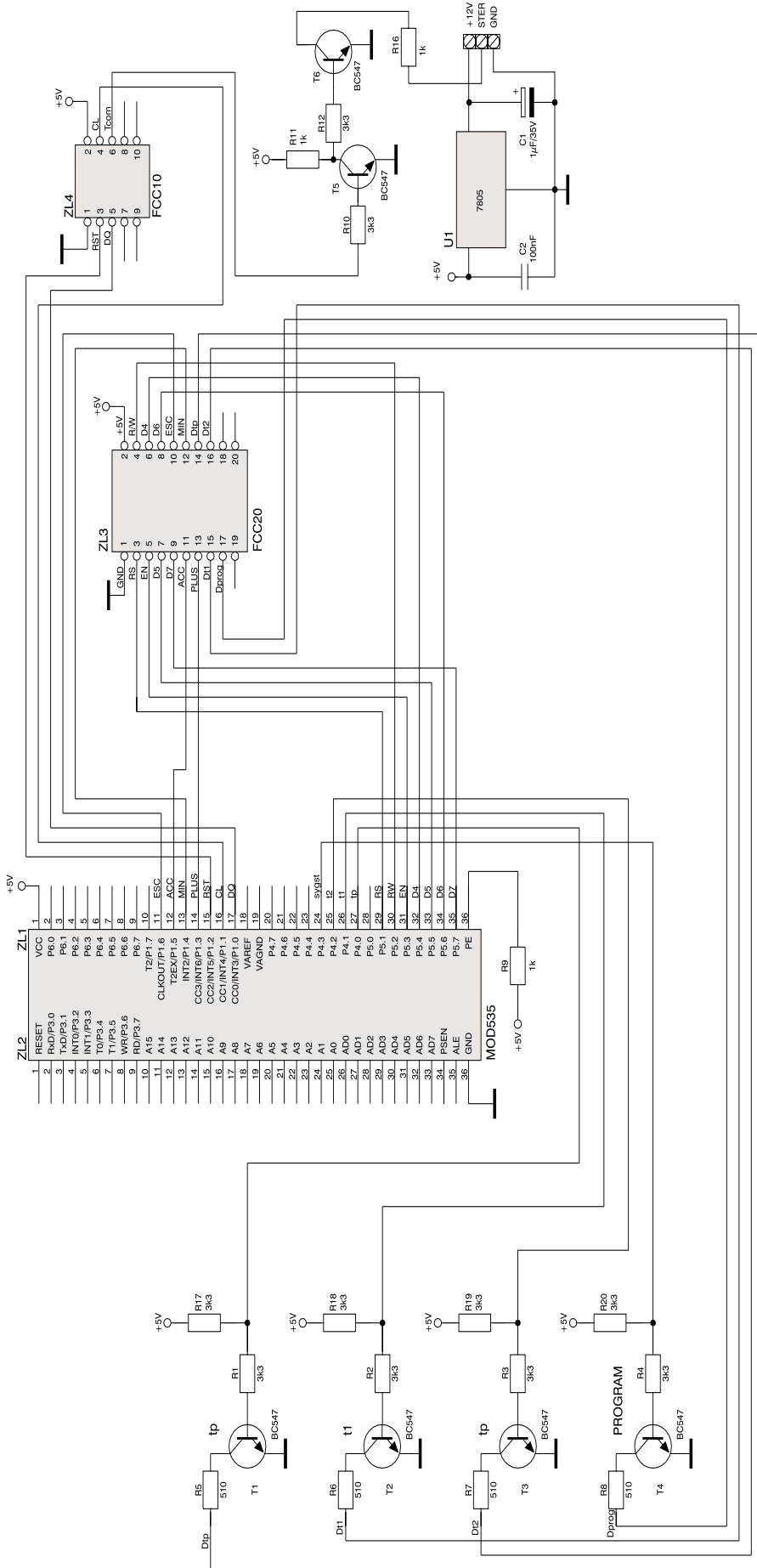
*gniazda bezpiecznikowe 2szt.

*gniazdo sieciowe

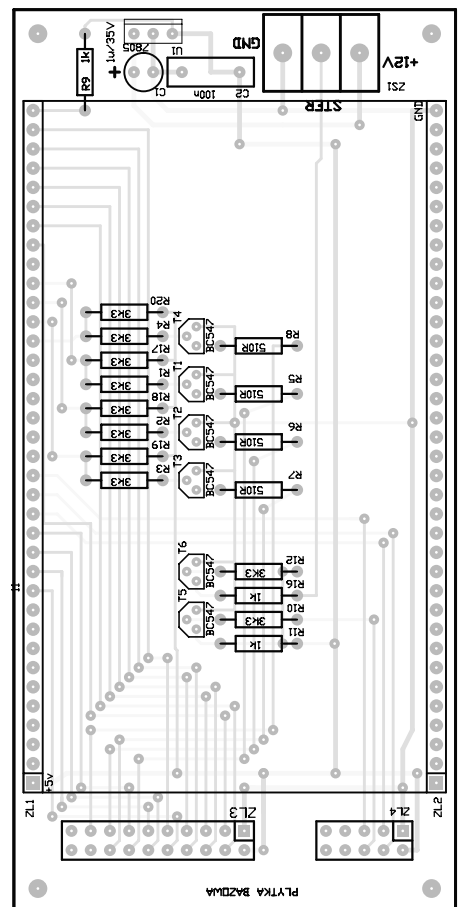
*sznur sieciowy

*obudowa plastikowa

* - nie wchodzi w skład kitu



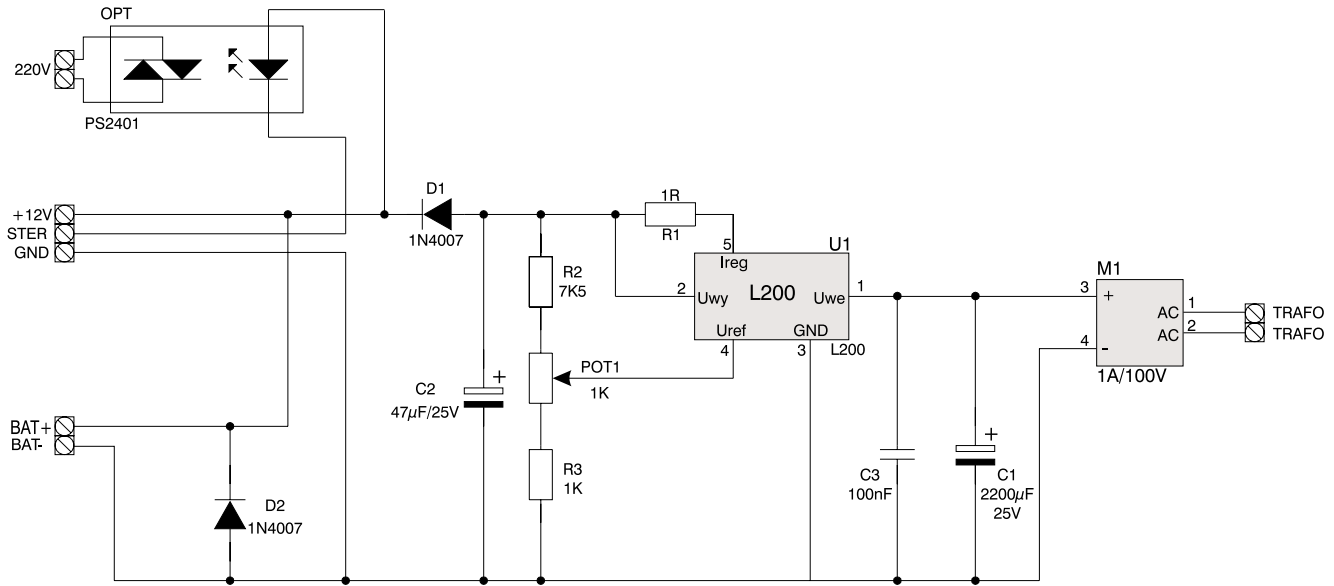
Rys. 3. Schemat elektryczny połączeń zewnętrznych.



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na bazowej płytce drukowanej.

programowy DAvE. CD-ROM z tym pakietem można było uzyskać po wypełnieniu odpowiedniego formularza na stronie WWW Siemens lub po wysłaniu faksu do siedziby firmy. DAvE umożliwia w prosty sposób zaprogramowanie timerów, przetwornika, priorytetów przerwań itp. Wynikiem działania programu są fragmenty kodu źródłowego w języku C dla kompilatora firmy Keil.

Mikrokontroler ten wydawał się na tyle atrakcyjny, że został do niego zaprojektowany minimoduł. Schemat modułu pokazano na rys. 1, a widok jego płytki z rozmieszczeniem elementów na rys. 2. Płytkę drukowaną jest oczywiście dwustronna z metalizacją otworów. Moduł zawiera niewiele elementów i montaż nie powinien nastręczać żadnych trudności. Mikrokontroler umieszczony jest w podstawce do układów w obudowach PLCC68. Trzeba pamiętać o prawidłowym włożeniu tego układu w podstawkę, gdyż wyjęcie go bez specjalnego przyrządu jest dość trudne. Wszystkie syg-



Rys. 5. Schemat elektryczny zasilacza.

nały mikrokontrolera oraz linie adresowe zostały wyprowadzone na boczne złącza. Umożliwi to łatwe podłączenie zewnętrznej pamięci RAM oraz układów peryferyjnych.

W otwory na krawędziach płytki należy wlotować pozłacane kołki wycięte ze złącz typu Cannon. Otworów jest w sumie 72 (po 36 na każdą stronę). W płycie bazowej należy wlotować w odpowiednie rozstawie rozcięte podstawki (nieprecyzyjne). Na jedną stronę wykorzystuje się jedną podstawkę DIL40: 20 pinów + 16 pinów.

Schemat płytki bazowej regulatora przedstawiony jest na rys. 3. Moduł 80535 steruje pracą wyświetlacza LCD (2x20 znaków), obsługuje klawiaturę, trójprzewodowy interfejs termometru DS1620 i układ optycznej sygnalizacji pracy programu regulacji temperatury. Linie danych oraz sterujące

wyświetlacza LCD (interfejs 4-bitowy, sterownik zgodny z HD44780) podłączone są do portu P5. Klawiatura zawiera tylko cztery klawisze: *plus* (P1.4), *minus* (P1.3), *acc* (P1.5) i *esc* (P1.6). Układ DS1620 jest sterowany za pomocą linii portu P1. Linia P1.0 to DQ, linia P1.1 to CLK, linia P1.2 to RST. Tranzystory T1..T4, rezystory R1..R8 i diody D1..D4 stanowią układ optycznej sygnalizacji włączenia lub wyłączenia programu sterującego oraz jego faz. Stan wysoki na jednej z linii portu P4.0..P4.3 powoduje świecenie odpowiedniej diody sygnalizacyjnej. Rezystory R17..R20 wymuszają stan wysoki na liniach P4.0..P4.3.

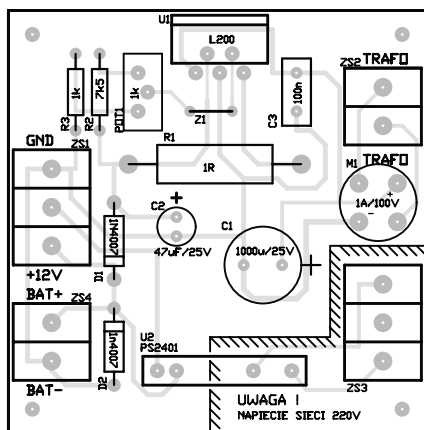
Tranzystory T5, T6 i rezystory R10..R12 to układ sterowania optotriaka. Stan niski na wyjściu *Tcom* (temperatura za niską) powoduje, że tranzystor T5 jest w stanie odcięcia. Baza tranzystora T6 jest polaryzowana przez rezystory R11 i R12. Tranzystor T6 jest w stanie nasycenia (przez diodę optotriaka płynie prąd - triak zaczyna przewodzić). Rezystor R13 ogranicza prąd diody do wartości ok. 10mA. Kiedy na *Tcom* jest stan wysoki (temperatura za wysoka), to T5 jest w stanie nasycenia i potencjał bazy T6 jest równy 0V. Tranzystor T6 jest w stanie odcięcia i przez diodę optotriaka nie płynie prąd (triak nie przewodzi).

Linie sterujące wyświetlacza, linie klawiatury oraz sygnały do

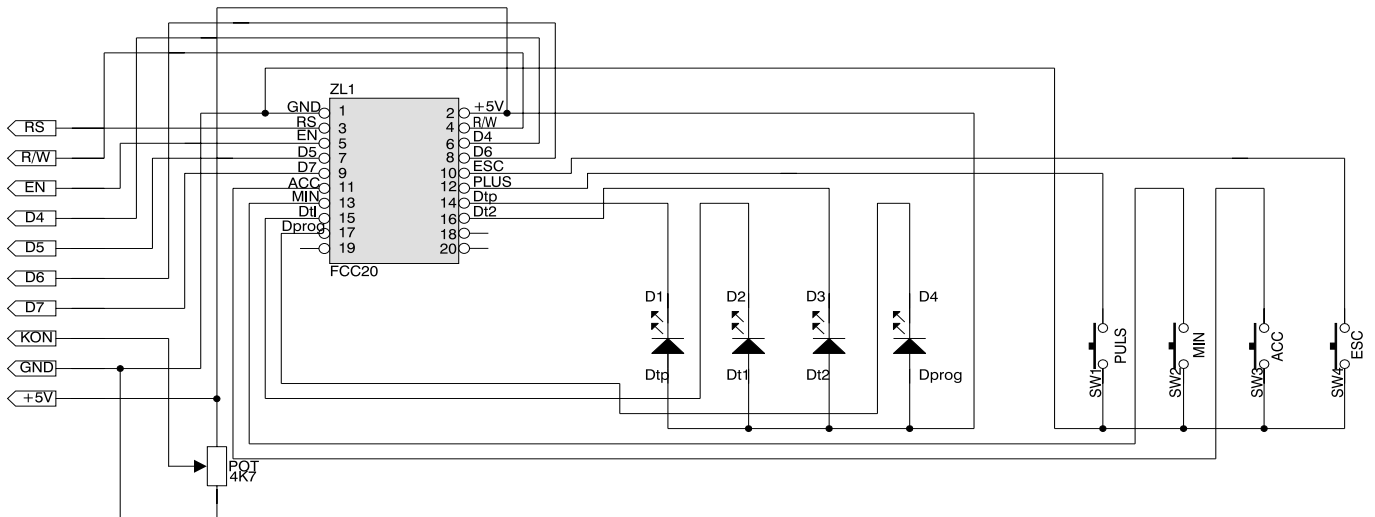
sterowania diod sygnalizacyjnych LED są wyprowadzone na złącze 20-pinowe typu IDC (zaciskane do kabli wstążkowych). Sygnały termostatu DS1620 są wyprowadzone na złącze 10-pinowe typu IDC. Na płytce bazowej umieszczony jest też stabilizator 7805 oraz złącze śrubowe do podłączenia zasilania +12V i sygnału sterującego optotriakiem. Widok płytki bazowej wraz z rozmieszczeniem elementów przedstawiono na rys. 4.

Element wykonawczy i zasilacz

Zastosowany w regulatorze optotriak PS2401 może przewodzić prąd o wartości maksymalnej 1A. Nie nadaje się więc do bezpośredniego sterowania urządzeniami grzewczymi, ponieważ mają one moc rzędu kilku kilowatów. Zasilany prąd ma wtedy wartość kilkunastu lub kilkudziesięciu amperów. Optotriak służy do załączania elementu wykonawczego dużej mocy np. stycznika. Takie rozwiązanie ma tę zaletę, że element wykonawczy może być umieszczony w dowolnym miejscu (jak najbliżej grzejnika). Załączanie dużych mocy w obudowie regulatora komplikuje też konstrukcję urządzenia (odpowiednie gniazda sieciowe i przekroje przewodów) oraz powoduje ryzyko powstawania zakłóceń elektrycznych mogących spowodować błędne działanie regulatora. Optotriak został umieszczony na płytce za-



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej zasilacza.



Rys. 7. Schemat podłączenia elementów panelu operatora.

silacza, którego schemat pokazano na rys. 5, a rozmieszczenie elementów na rys. 6.

Jeżeli chcemy, żeby regulator działał niezawodnie w każdych warunkach, należy mu zapewnić bezprzerwowe zasilanie. W czasie zaniku napięcia sieci energetycznej napięcie dostarczane jest z bezobsługowego żelowego akumulatora 12V/1,2Ah. Układ łado-

wania zrealizowany jest na stabilizatorze L200 (U1). Napięcie wyjściowe o wartości 14,5V ustawiane jest potencjometrem Pot1 (13,7V na akumulatorze plus spadek 0,8V na diodzie D1). Dioda D1 odcina przepływ prądu w kierunku stabilizatora w czasie zaniku napięcia w sieci energetycznej. Rezystor R1 ogranicza prąd wyjściowy stabilizatora do wartości ok. 450mA. Dioda D2 zabezpiecza układ przed skutkami odwrotnego podłączenia akumulatora. Akumulator powinien być połączony za pomocą kabla z bezpiecznikiem. Jeżeli nie zależy nam na bezprzerwowym zasilaniu, to można zrezygnować z akumulatora. Zanik napięcia zasilającego spowoduje utratę wszystkich ustawień regulatora. Po pojawianiu się zasilania termostat automatycznie zaprogramuje się na wartość +19°C i taka

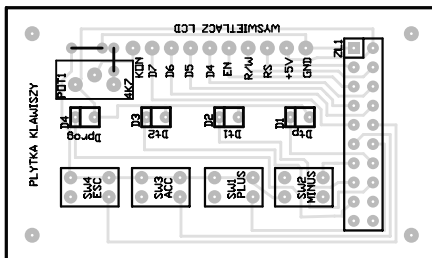
temperatura będzie się utrzymywała do ponownego zaprogramowania regulatora.

Do podłączenia napięcia wtórnego transformatora, zasilania płytki bazowej i sterowania optotriakiem, ładowania baterii oraz obwodu triaka zastosowano złącza śrubowe.

Klawiatura

Na płytce klawiatury (rys. 7) umieszczone są klawisze, diody sygnalizacyjne i potencjometr do regulacji kontrastu wyświetlacza. Płytkę tę jest połączona z płytką bazową za pomocą przewodów wstążkowych i złącz typu IDC. Wyświetlacz LCD połączony jest z płytką klawiszy przewodami włutowanymi w odpowiednie punkty lutownicze tej płytki (rys. 8).

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



Rys. 8. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej panelu operatora.