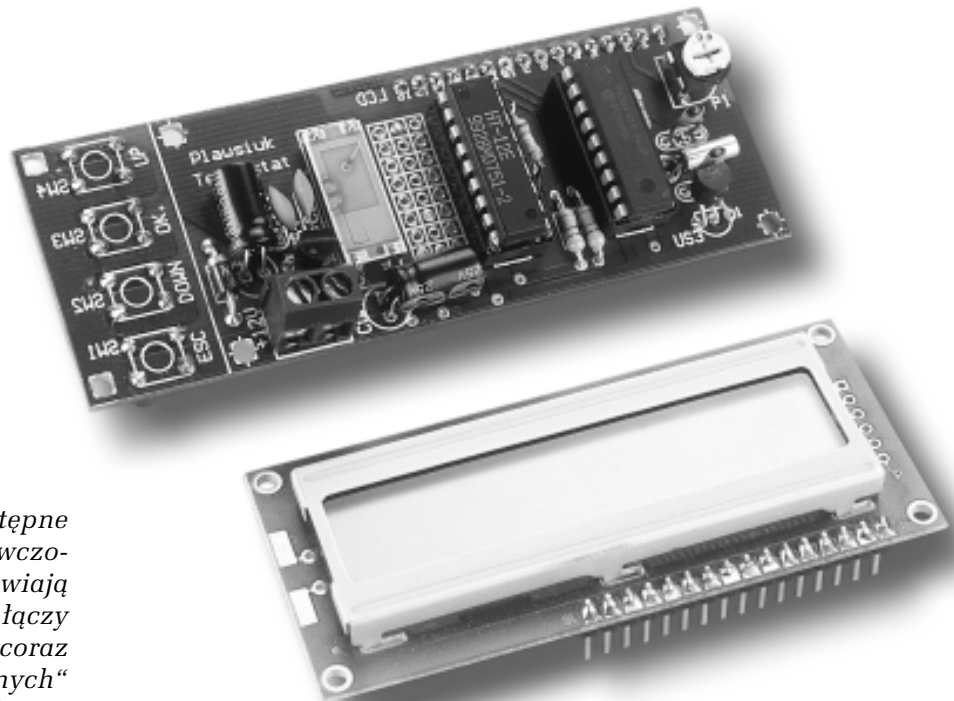


Bezprzewodowy regulator temperatury, część 1

AVT-5094



Powszechnie dostępne radiowe moduły nadawczo-odbiorcze umożliwiają stosowanie łącz bezprzewodowych w coraz bardziej „przyziemnych” aplikacjach. Do niedawna bardzo „udrutowane” były układy do regulacji temperatury. Do niedawna, bo w prezentowanym projekcie proponujemy zastosowanie bezprzewodowego modułu wykonawczego.

Rekomendacje: układ może zastąpić przestarzałe regulatory temperatury z wyjściami przekaźnikowymi. Może być z powodzeniem stosowany do sterowania ogrzewaniem elektrycznym lub wodnym w domach.

Układ kontrolujący temperaturę można wykonać w różny sposób.

Najprostszy, elektromechaniczny jest stosowany na przykład w żelazku. Jest wykonany z bimetalu, który pod wpływem temperatury odkształca się i zwiera lub rozwiera styk.

Kolejną grupą stanowią termoregulatory elektroniczne. Temperatura jest regulowana za pomocą potencjometru, a komparator termostatu porównuje wartość zadaną z napięciem na czujniku temperatury i w zależności od różnicy tych napięć steruje układem wykonawczym w postaci triaka lub przekaźnika.

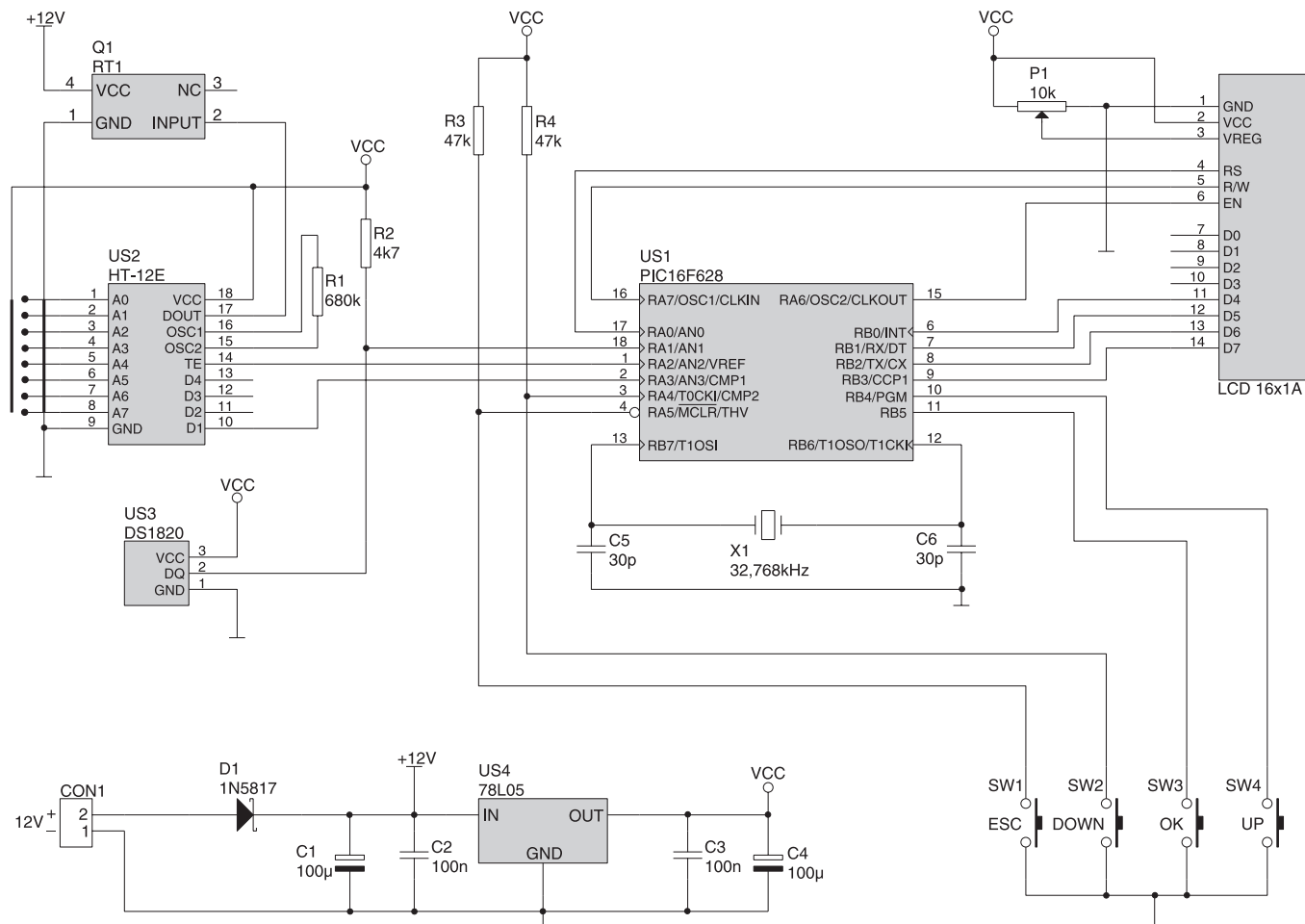
Najbardziej zaawansowane konstrukcyjnie, ale jednocześnie dające największe możliwości, są termostaty sterowane przez mikroprocesor. Umożliwiają one regulowanie temperatury zgodnie z potrzebami użytkownika - wartość kontrolowanej temperatury może być automatycznie zmieniana w zależności od pory dnia, daty itp.

Opis takiego termostatu przedstawiono w artykule. Ma on wbudowany zegar, a więc możliwe jest kontrolowanie różnej temperatury dla dnia i dla nocy. Pora dnia jest definiowana przez użytkownika przez podanie początkowej i końcowej godziny, pora nocy jest automatycznie obliczana przez mikrokontroler.

Pomiar temperatury odbywa się z rozdzielczością 0,1°C, a temperatura zadana może być ustawiana z dokładnością 1°C w zakresie od 0°C do 99°C.

Oprócz regulacji automatycznej jest możliwa praca ręczna. W tym trybie termostat nie reaguje na zmiany temperatury, a zmiana stanu przekaźnika (włączenie/wyłączenie) jest wykonywane za pomocą jednego klawisza.

Układ sterowania został oddzielony od układu wykonawczego, dzięki czemu obsługa sterownika jest całkowicie bezpieczna, gdyż jest on zasilany bezpiecznym napięciem równym 12 V. Do komunikacji między modułami zastosowano transmisję radiową. Uzyskano w ten sposób



Rys. 1. Schemat elektryczny modułu sterownika regulatora

pełne odizolowanie układu sterującego od układu wykonawczego. Umożliwia to również dowolne umiejscowienie obydwu układów. Rozdzielenie układu sterującego i wykonawczego umożliwia usytuowanie czujnika temperatury w dowolnym miejscu pomieszczenia i osiągnięcie żądanej temperatury właśnie w tym miejscu spowoduje wyłączenie grzejnika.

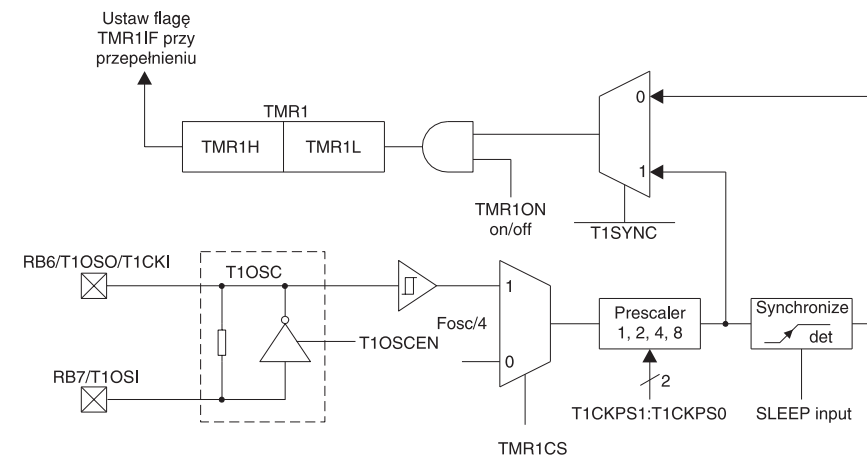
Układ może także sterować pompą centralnego ogrzewania. W tym przypadku sterownik jest umieszczony w pomieszczeniu, a układ wykonawczy przy piecu centralnego ogrzewania. W zależności od temperatury termoregulator może załączać lub wyłączać pompę wspomagającą obieg wody.

Zastosowany przekaźnik w układzie wykonawczym umożliwia załączanie prądu o natężeniu do 16 A, co daje moc rzędu 3,5 kW. Jest to więc wartość wystarczająca dla sterowania różnymi typami grzejników.

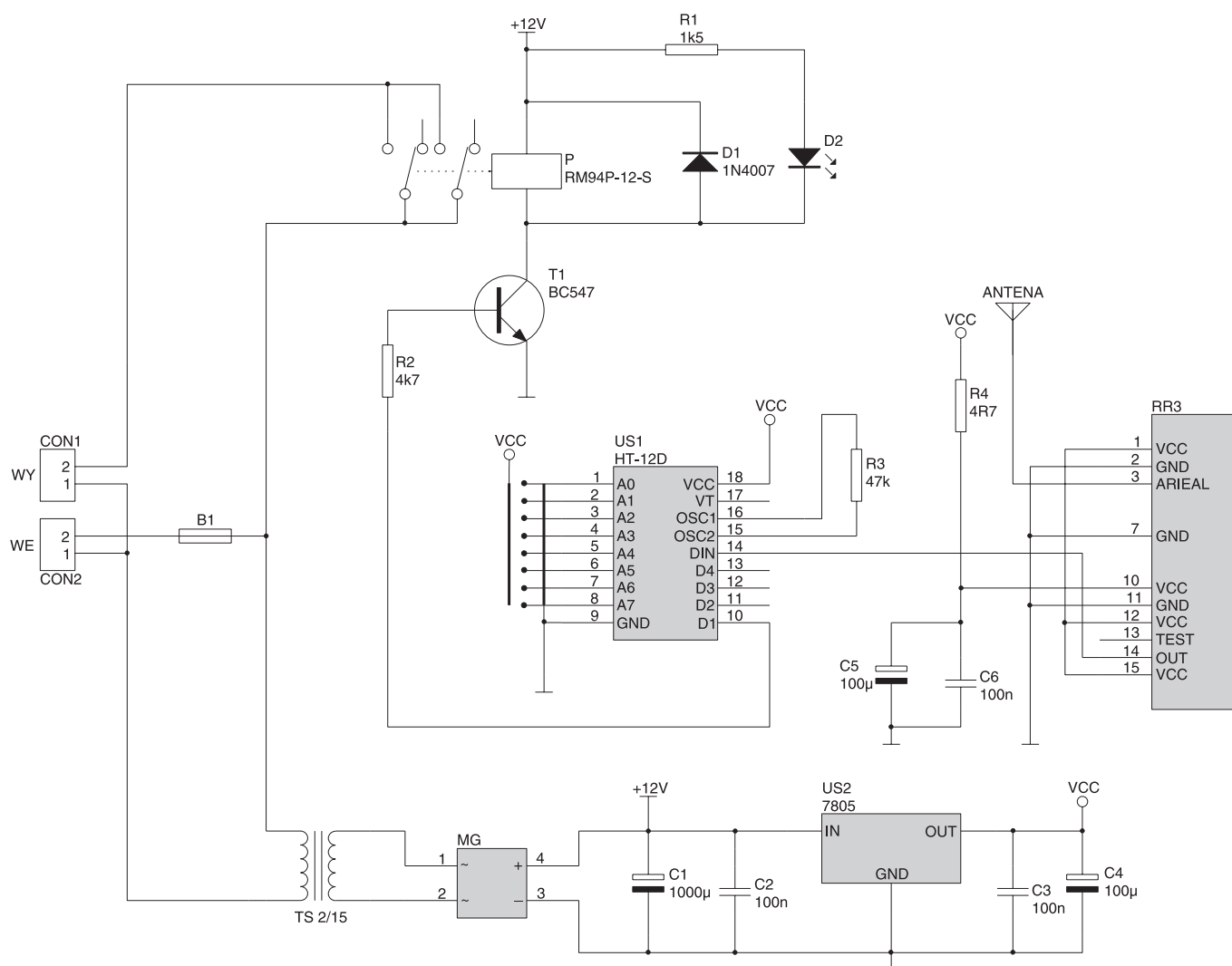
Opis i zasada działania

Na rys. 1. przedstawiono schemat elektryczny modułu sterującego. Głównym elementem jest mikroprocesor PIC16F628 zawierający 2 kół pamięci programu, 128 B pamięci EEPROM, 224 B pamięci RAM. Pracuje on w dość nietypowej konfiguracji, gdyż wyprowadzenia służące do dołączenia rezonatora kwarcowego (OSC1,

OSC2) zostały wykorzystane do sterowania wyświetlaczem LCD. Także wyprowadzenie zerowania procesora, lecz do obsługi klawiatury. Takie wykorzystanie tych wyprowadzeń jest możliwe dzięki możliwości bardzo elastycznego konfigurowania wyprowadzeń procesora. Niemal każde jego wyprowadzenie, w zależności od po-



Rys. 2. Budowa wewnętrzna timera TMR1



Rys. 3. Schemat elektryczny modułu wykonawczego

trzeba, może pełnić kilka funkcji. I tak wyprowadzenia oscylatora (OSC1, OSC2) mogą być użyte jako standardowe linie wejścia-wyjścia. W tym przypadku sygnał zegarowy jest wytwarzany przez wewnętrzny generator RC. Częstotliwość tego generatora może wynosić 4 MHz lub 37 kHz, w zależności od stanu bitu OSCF w rejestrze PCON (szczegóły w nocie aplikacyjnej dostępnej na stronie www.microchip.com). Jeśli bit ten jest ustawiony, to częstotliwość wynosi około 4 MHz, w przeciwnym przypadku wewnętrzny generator pracuje z częstotliwością wynoszącą około 37 kHz.

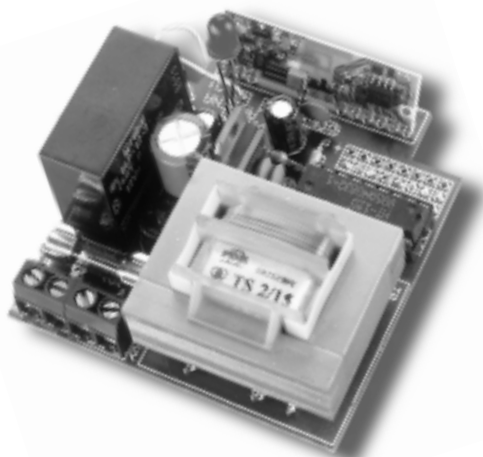
Ważną zaletą jest możliwość dokonania zmiany częstotliwości taktowania podczas pracy mikrokontrolera, dzięki czemu oprogramowanie może regulować częstotliwość generatora, a co za tym idzie wartość pobieranego prądu. Funkcja ta jest szczególnie przy-

datna przy zasilaniu bateryjnym. W czasie wykonywania nieskomplikowanych operacji układ może pracować z mniejszą prędkością, a w czasie „poważniejszych“ operacji można przyspieszyć procesor, aby skrócić czas wykonania zadania.

Wyprowadzenie MCLR może pełnić funkcję zewnętrznego wejścia zerującego. Wówczas podanie stanu 0 powoduje zerowanie procesora. Do tego wyprowadzenia jest również doprowadzane napięcie programujące podczas programowania. Wyprowadzenie to może być także użyte jako standardowe wejście. Sposób wykorzystania tego wejścia ustala się podczas programowania. Jeśli wyprowadzenie to jest wykorzystane jako wejście, to sygnał MCLR jest wewnętrznie podciągany do plusa zasilania, a sygnał zerujący jest generowany przez wewnętrzny moduł. Wewnętrzny sygnał zer-

jący jest generowany, gdy napięcie zasilające obniży się poniżej wartości około 4 V. Także po włączeniu zasilania mikrokontroler rozpocznie pracę dopiero przy napięciu zasilającym o wartości wyższej od 4V. Dzięki tym zabiegom uzyskuje się dodatkowe trzy wyprowadzenia procesora. Stosując mikrokontroler w obudowie 18-nóżkowej, mamy do dyspozycji dwa pełne porty ośmiobitowe, czyli 16 wyprowadzeń I/O.

Wewnętrzny generator RC nie generuje sygnału o bardzo stabilnej częstotliwości, co jest wymagane do precyzyjnego odliczania czasu. Dlatego do pracy zegara wykorzystano zewnętrzny rezonator kwarcowy. Jego częstotliwość, jak i sposób podłączenia jest nietypowy, ale dzięki kolejnym udogodnieniom oferowanym przez zastosowany mikrokontroler, pomiar czasu odbywa się w bardzo prosty sposób.



Do odliczania odcinków jednosekundowych potrzebnych do pracy zegara wykorzystano timer TMR1. Jego schemat blokowy przedstawiono na rys. 2. Timer składa się z 16-bitowego licznika oraz 3-bitowego preskalera, dzięki czemu maksymalna liczba zliczanych impulsów wynosi 524288 ($65536 * TMR1L$ i $TMR1H * 8$ (preskaler) = 524288). Timer TMR1 umożliwia zliczanie wewnętrznych impulsów oscylatora, jak również impulsy doprowadzone do wejścia T1CKI. Timer TMR1 jest wyposażony w wewnętrzny oscylator umożliwiający dołączenie do niego zewnętrznego rezonatora kwarcowego. Rezonator kwarcowy jest dołączany do wyprowadzeń portu RB6 i RB7. Dzięki temu można utworzyć stabilny generator, niezależny od generatora „napędzającego” procesor.

Ta możliwość timera została wykorzystana w przedstawionym układzie. Do wyprowadzeń oscylatora timera TMR1 został dołączony rezonator kwarcowy o częstotliwości równej 32,768kHz. Timer TMR1 dzieli tę częstotliwość przez 32768 i w efekcie przerwania są generowane dokładnie co jedną sekundę. Procedura odliczania polega jedynie na zliczaniu sekund, minut i godzin.

Do wyświetlania komunikatów oraz wartości nastawianych parametrów zastosowano wyświetlacz alfanumeryczny o organizacji 1*16 znaków. Wyświetlacz jest obsługiwany w trybie czterobitowym, co jest podyktowane małą liczbą dostępnych wyprowadzeń procesora sterującego.

Obsługa jest dokonywana za pomocą czterech klawiszy SW1...SW4. Wyprowadzenia por-

tu RA4 i RA5 wymagają zastosowania zewnętrznych rezystorów podciągających. Klawisze podłączone do portu RB nie wymagają takich rezystorów, gdyż port ten ma wewnętrzne rezystory *pull-up*.

Pomiar temperatury jest dokonywany przez specjalizowany czujnik półprzewodnikowy DS1820, dzięki czemu wartości zmierzonej temperatury są odczytywane przez procesor (w postaci cyfrowej) za pomocą jednoprzewodowej magistrali *1-Wire*.

Układ DS1820 umożliwia pomiar temperatury z rozdzielczością 0,5°C, jednakże udostępnia on rejestry pomocnicze wykorzystywane w czasie pomiaru temperatury, dzięki którym poprzez wykonanie odpowiednich obliczeń możliwe jest uzyskanie rozdzielczości 0,1°C. W regulatorze ta właściwość została wykorzystana.

Do komunikacji z modułem wykonawczym zastosowano hybrydowy nadajnik radiowy o częstotliwości 433 MHz. Nadajnik ten jest zasilany napięciem wyższym niż pozostałe układy, gdyż największą moc emitowanego sygnału uzyskuje przy napięciu zasilania równym około 12 V, maksymalnie 14 V. Aby ograniczyć wpływ zakłóceń na transmitowane sygnały, są one kodowane za pomocą układu US2. Układ ten koduje wysyłane dane pochodzące z wejść adresowych A0...A8 oraz z wejść danych D1...D4. Układ HT-12E posiada wejście zezwolenia na nadawanie TE. Podanie na to wejście zera logicznego powoduje, że dane są wysyłane do nadajnika radiowego. W zależności od tego czy przekaźnik w module wykonawczym ma być włączony, czy wyłączony, na wejście danych D1 układu kodera jest podawany odpowiedni stan, który

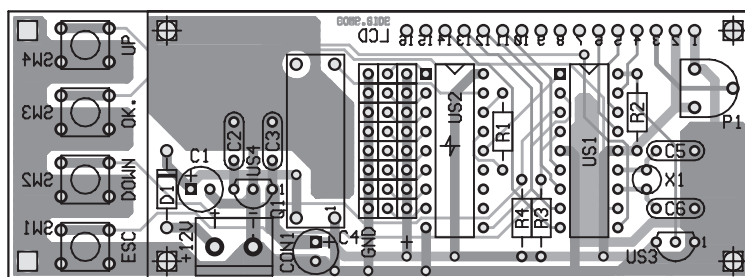
jest wysyłany tylko wtedy, gdy na wejściu TE panuje poziom niski.

Do zasilania układów modułu sterującego zastosowano stabilizator typu LM78L05 o wydajności prądowej 100 mA oraz kondensatory wygładzające napięcie C1...C4. W celu zabezpieczenia układu przed nieprawidłową polaryzacją napięcia zasilającego zastosowano diodę D1.

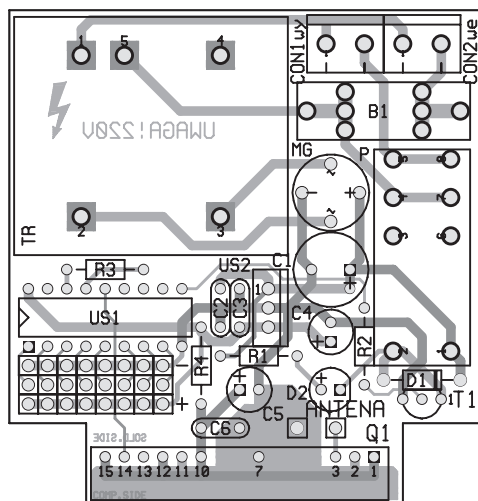
Na rys. 3 przedstawiono schemat modułu wykonawczego termoregulatora. Składa się on z odbiornika radiowego, dekodera, zasilacza oraz przekaźnika wykonawczego.

Odbiornik radiowy RR3 odbiera sygnały radiowe i przetwarza je do postaci cyfrowej. Sygnał cyfrowy jest następnie podawany na wejście DIN układu dekodera US1. W przypadku pojawienia się danych (adresu) zgodnych z zaprogramowanym kodem ustawionym za pomocą wejść adresowych, układ HT-12D przepisuje odebrane dane na wyjścia D1...D4. Stany wyjść D1...D4 są zatrzaskiwane i mogą być zmienione dopiero po wysłaniu przez nadajnik innych danych. Zanik transmisji nadajnika nie powoduje zmiany stanów tych wyjść.

W układzie generatora potrzebnego do pracy układu dekodera zastosowano rezystor R3. Z wyjścia D1 sygnał jest kierowany na bazę tranzystora T1. Jeśli na tym wyjściu występuje poziom wysoki, to przekaźnik jest załączony i podawane jest napięcie 220 V na złącze CON1. W przeciwnym przypadku styki przekaźnika są rozwarne. Dioda D1 zabezpiecza tranzystor przed uszkodzeniem wysokim napięciem indukowanym w cewce przekaźnika w momencie jego wyłączenia, zaś dioda świecąca sygnalizuje stan przekaźnika - jeśli jest załączony, to świeci.



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej układu sterującego



Rys. 5. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej układu wykonawczego

Układ jest zasilany z sieci 220 V. Do obniżenia tego napięcia zastosowano transformator TR1. Z wyjścia tego transformatora napięcie przemiennie jest podawane na mostek prostowniczy MG. Kondensatory C1 i C2 filtrują napięcie. Napięcie o wartości około 12 V jest wykorzystane do zasilania cewki przekaźnika P. Napięcie to jest również podawane na wejście stabilizatora US2. Na wyjściu stabilizatora otrzymujemy napięcie o wartości 5 V niezbędne do pracy dekodera US1 oraz odbiornika radiowego.

Montaż i uruchomienie

Montaż rozpoczynamy od płytki sterownika (schemat montażowy pokazano na rys. 4), montując najpierw rezystory, następnie podstawki pod układy scalone. W kolejnym etapie montujemy nadajnik radiowy i kondensatory. W celu zmniejszenia wysokości płytki kondensatory elektrolityczne można zamontować na leżąco. Przyciski SW1...SW4 oraz wyświetlacz LCD montujemy od strony lutowania. Wyświetlacz można wlutować dwojako: jeśli nie mamy pewności, czy wszystkie elementy zostały zamontowane prawidłowo, bezpieczniej będzie zastosować gniazdo *goldpin* 1x16, co umożliwi swobodny demontaż wyświetlacza LCD i dostęp do pół lutowniczych w przypadku nieprawidłowego montażu elementów. W tym przypadku po umieszczeniu całego układu w obudowie

konieczne będzie przedłużenie klawiszy SW1...SW4, aby były wyższe od zamontowanego wyświetlacza.

Jeżeli jednak jesteśmy pewni jakości montażu, wygodniej jest wlutować wyświetlacz bezpośrednio w płytke. Wtedy przyciski będą wystawały nad wyświetlacz, umożliwiając swobodny montaż w obudowie. Wejścia kodujące A0...A7 układu US2 należy zewrzeć do masy lub do plusa zasilania, ustalając w ten sposób jego kod.

Jeśli wszystkie elementy zostały wlutowane, to możemy uruchomić sterownik. W tym celu należy włożyć układy scalone w podstawki, a do złącza CON1 doprowadzić napięcie zasilania o wartości około 12V. Po włączeniu zasilania na wyświetlaczu pojawi się czas oraz temperatura, przykładowy wygląd wyświetlacza jest następujący:

0:00 T=24.2°C

Montaż układu wykonawczego (schemat montażowy pokazano na rys. 5) wykonujemy tak samo jak w przypadku płytki sterownika. W zależności od spodziewanego obciążenia należy zastosować odpowiedni bezpiecznik. Dla dużych mocy pobieranych przez odbiornik wszystkie połączenia ścieżek pomiędzy złączami CON1 i CON2 oraz stykami przekaźnika należy wzmocnić poprzez dolutowanie do nich drutu miedzianego o średnicy około 1mm, co pozwoli uniknąć przepalenia ścieżek przy dużych prądach. Płytkę modułu wykonawczego została dopasowana do obudowy typu Z27, która jest wyposażona we wtyczkę oraz gniazdo 220V, co umożliwi wygodne podłączenie odbiornika. Ze względu na styczność układu z napięciem 220 V należy zachować szczególną ostrożność, zarówno w czasie montażu, jak i użytkowania. Jeśli wszystkie elementy zostały wlutowane, to należy jeszcze ustalić kod odbiornika. W tym celu na wejściach kodujących A0...A7, należy ustawić odpowiednie stany, zwierając je do masy lub plusa. Ustawione stany muszą być identyczne jak w module nadajnika. Do punktu lutowniczego oznaczonego jako Antena

WYKAZ ELEMENTÓW

Moduł sterownika

Rezystory

R1: 680kΩ
R2: 4,7kΩ
R3, R4: 47kΩ
P1: potencjometr montażowy 10kΩ

Kondensatory

C1, C4: 100μF/16V
C2, C3: 100nF
C5, C6: 30pF

Półprzewodniki

D1: 1N5817
US1: PIC16F628 zaprogramowany
US2: HT-12E
US3: DS1820
US4: LM78L05
Różne
CON1: ARK2(3,5mm)
SW1...SW4: mikrowłazcznik h=10mm
Q1: nadajnik radiowy RT1
Wyświetlacz alfanumeryczny LCD 16*1A (STC1C16DRG_
X1: 32,768kHz

Moduł wykonawczy

Rezystory

R1: 1,5kΩ
R2, R4: 4,7kΩ
R3: 47kΩ

Kondensatory

C1: 1000μF/16V
C2, C3, C6: 100nF
C4, C5: 100μF/16V

Półprzewodniki

D1: 1N4007
D2: dioda LED 5mm czerwona
US1: HT-12D
US2: LM7805

Różne

CON1, CON2: ARK2(5mm)
B1: bezpiecznik
Gniazdo bezpiecznika do druku
Moduł radiowy - odbiornik RR3
Transformator TS2/15

należy przylutować odcinek przewodu o długości około 10cm, który będzie pełnił rolę anteny odbiorczej. Oprogramowanie sterujące termoregulatorem przedstawimy za miesiąc, w drugiej części artykułu.

Krzysztof Plawsiuk, AVT
krzysztof.plawsiuk@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/styczen03.htm> oraz na płycie CD-EP1/2003B w katalogu PCB.