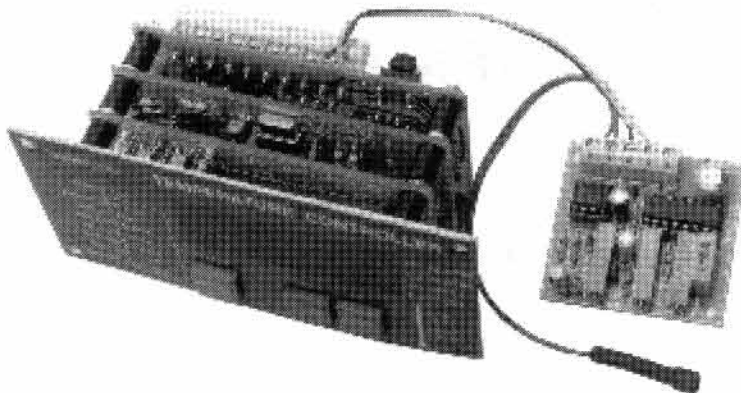


Rosnąca popularność kitów Vellemana zachęciła nas do rozpoczęcia publikowania cyklu artykułów "Raport EP", w których będziemy szczegółowo opisywać konstrukcje wybranych zestawów (na podstawie oryginalnych instrukcji). Przedstawimy także Czytelnikom wrażenia z montażu i uruchomienia każdego opisywanego kitu. "Raport EP" jest z założenia rubryką ewoluującą, tak więc z czasem pojawią się w niej także opisy kitów innych producentów.

Wszystkie przedstawiane w "Raporcie EP" urządzenia były zmontowane i uruchomione w laboratorium EP przez doświadczonych konstruktorów.

Rozpoczynając prezentację wybranych kitów VELLEMAN'a przedstawiamy układ, który może stanowić bardzo funkcjonalne rozwiązanie nowoczesnego termostatu do sterowania urządzeniami grzewczo-chłodzącymi. Zastosowanie mikroprocesora umożliwiło zredukowanie ilości elementów do minimum i umożliwiło zastosowanie systemu „przyjaznego” menu, ułatwiającego sterowanie pracą kontrolera.

Mikroprocesorowy kontroler ze zdalnym czujnikiem temperatury kit VELLEMAN K6001 i K6002



Pierwsze wrażenie

Kit zapakowany jest w estetyczne pudełko, wykonane z przezroczystego tworzywa. Widoczne przez nie elementy elektroniczne, profesjonalnie wykonane płytki drukowane oraz komplet elementów mechanicznych upewniają, że nie powinno być problemów z montażem. I tak w rzeczywistości jest. Załączona instrukcja montażu w czterech językach, nie zawiera niestety wersji polskiej, lecz średnio doświadczony elektronik posługując się oryginalną dokumentacją z łatwością zmontuje układ. Niestety po przestudiowaniu instrukcji, zwróciłem uwagę na brak nieco bardziej szczegółowej części opisowej, wyjaśniającej działanie poszczególnych modułów urządzenia. Takie podejście do nabywcy, elektronika-amatora, z jednej strony zmusza tych ciekawskich i bardziej doświadczonych do „rozgryzienia” schematu, natomiast tych mniej doświadczonych pozbawia możliwości dokładnego poznania zasady działania kitu, a przy okazji nauczenia się „czegoś nowego”.

W instrukcji zamieszczono dokładne rysunki montażowe oraz schematy ideowe. Te ostatnie, w zależności od złożoności ukła-

du są mniej lub bardziej czytelne. Producent po prostu starał się „na siłę” zmieścić wszystkie schematy w całości na formacie A6 (połowa kartki w zeszytce szkolnym), w którym wykonana jest instrukcja montażu. Niemniej jednak rysunki montażowe są dokładne. Zamieszczono także schematy podłączenia kontrolera z urządzeniami wykonawczymi, oraz opcjonalne rozwiązania zasilania poszczególnych modułów.

Płytki drukowane wykonano jako jednostronne z opisem elementów. Strona lutowania zabezpieczona jest „soldermaską”, co zwiększa trwałość urządzenia, a dobrze pocynowane punkty lutownicze ułatwiają lutowanie mniej wprawionym amatorom.

Elementy elektroniczne i mechaniczne umieszczono w odseparowanych „foremkach”, co ułatwia ich znalezienie podczas montażu i przyspiesza identyfikację. Na szczególną uwagę zasługują rezystory. Wszystkie w zestawie są metalizowane z tolerancją 1% i 2%. Krajowi producenci kitów powinni brać z tego przykład, bowiem wiele polskich firm produkujących kity załącza rezystory „takie jakie są akurat pod ręką”. Z pozoru te „błaha” elemen-

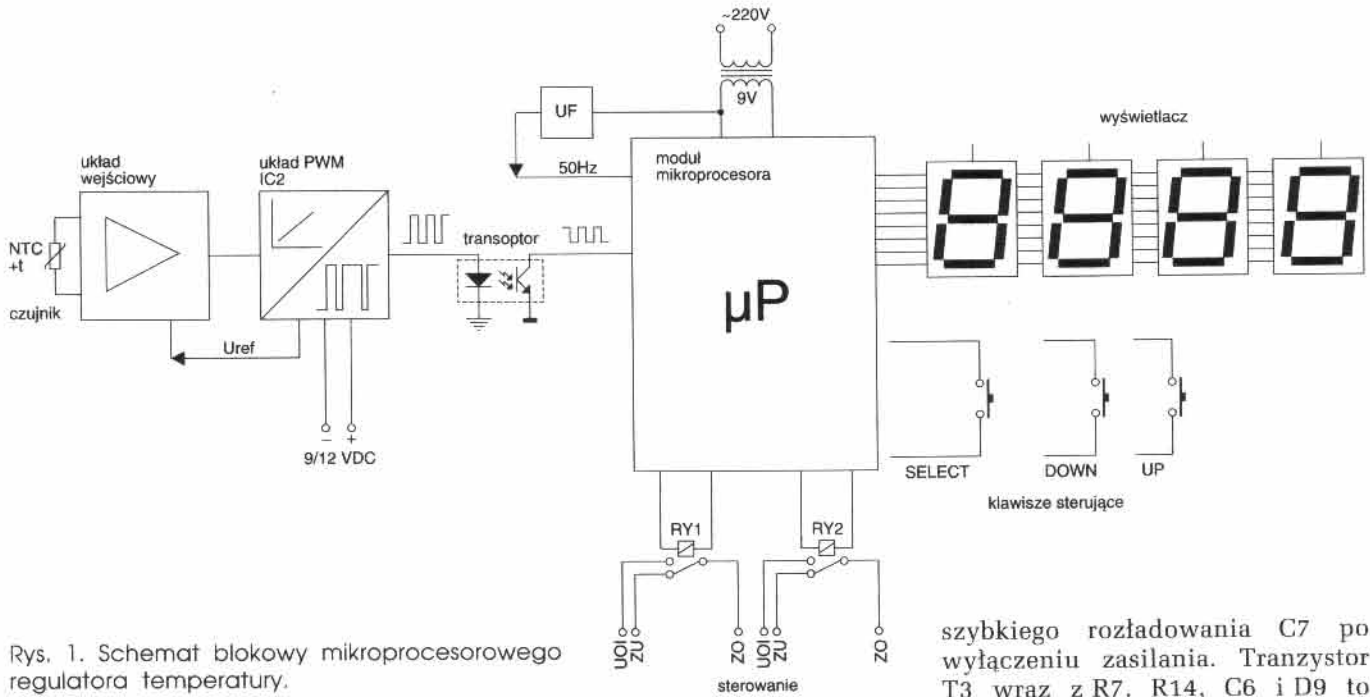
ty, często w przypadku niewłaściwej wartości, uniemożliwiają poprawną pracę układu. Wszystkie rezystory umieszczone są „na taśmie”, dodatkowo w kolejności ich symboli. Zwracają uwagę dodatkowe zwory ze srebrzanki, wykorzystywane przy montażu kitu, a rozdzielające dodatkowo, zestaw rezystorów modułu czujnika temperatury i mikroprocesorowego kontrolera.

Opis układu

Jak wcześniej wspomniałem kit składa się z dwóch modułów: czujnika temperatury oraz kontrolera. Obie części połączone są poprzez transoptor, co zapewnia izolację galwaniczną. Na rys. 1 pokazany jest schemat blokowy urządzenia.

Ogólna zasada działania polega na pomiarze spadku napięcia na termistorze, porównanie go z napięciem odniesienia, przetworzeniu tej różnicy na falę prostokątną o zmiennym wypełnieniu (stosunku trwania 0 do 1, przy stałej częstotliwości przebiegu) i wyświetleniu przez mikroprocesor odpowiadającej temu wypełnieniu temperatury.

Ustawienia żądanych parametrów dokonuje się za pomocą



Rys. 1. Schemat blokowy mikroprocesorowego regulatora temperatury.

3 przycisków: SELECT-wyboru funkcji, oraz UP-góra i DOWN-dół. Do pracy kontrolera potrzebny jest także przebieg o częstotliwości 50Hz (steruje zegarem - dodatkową funkcją kontrolera). Sygnał ten otrzymywany jest z sieci poprzez układ formujący UF. Obydwa moduły, czujnika i kontrolera, zasilane są oddzielnie. Transformator zasilający moduł sterownika oraz zasilacz niestabilizowany zasilający moduł czujnika nie wchodzi w skład kitu.

Jako czujnik zastosowano termistor. Napięcie z dzielnika R7-R3, SENSOR jest porównywane przez IC1 z napięciem z suwaka RV1. Na wyjściu wzmacniacza operacyjnego otrzymujemy sygnał proporcjonalny do temperatury, który dalej wysterowuje układ IC2. Układ ten jest kompletnym układem PWM, czyli zamieniającym napięcie wejściowe na falę prostokątną o zmiennej, zależnej od niego wypełnieniu. Układ ten charakteryzuje się dobrą liniowością (typ. 0,2%), posiada wewnętrzny układ napięcia referencyjnego (wypr. 16), wbudowany oscylator i kilka dodatkowych bloków. Poprzez tranzystor ciąg impulsów dostaje się do modułu mikroprocesora, który na podstawie tego wyświetla informację o temperaturze na wyświetlaczu i steruje przekaźnikami włączającymi-wyłączającymi urządzenia zewnętrzne.

Rezystor R1 wraz z RV2 oraz kondensator C3 to elementy zewnętrzne oscylatora układu IC2, RV2 służy do kalibracji dolnego zakresu temperatur. Końcówki 13 i 12 układu to kolektory wewnętrznych tranzystorów, których emiterzy wykorzystano jako wyjście (końcówki 14 i 11). Rezystor R8 ogranicza prąd płynący przez te tranzystory. Jak widać ze schematu (rys. 2) do zasilania mostka z czujnikiem wykorzystano napięcie referencyjne z układu IC2. Napięcie to ustalone jest wewnętrznie i wynosi 5V. Dioda D1 zabezpiecza układ przed odwróceniem polaryzacji zasilania, a kondensator C7 dodatkowo filtruje napięcie zasilające. Potencjometr RV3 służy do ustalenia górnego zakresu temperatury podczas kalibracji.

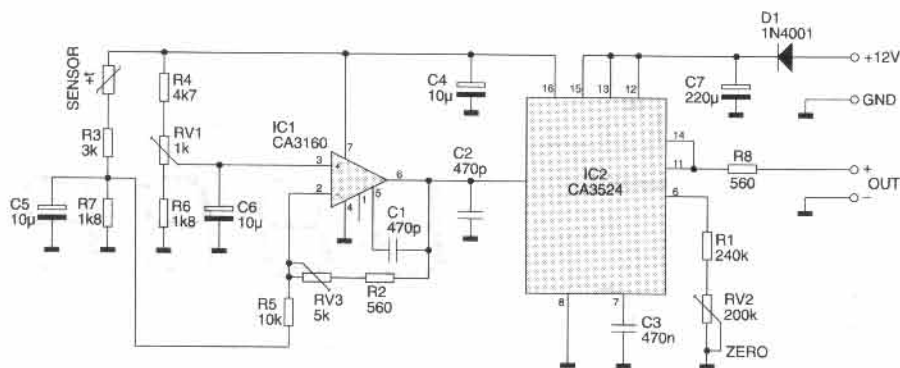
Sygnał PWM wyprowadzony na wyjście OUT układu trafia poprzez tranzystor IC1 do mikroprocesora IC2 w module kontrolera (K6002). Schemat ideowy tej części układu przedstawia rys. 4. Jako procesor wykorzystano ciągle jeszcze u nas mało popularny PIC16C55 (lub 16C57).

Rezonator X1 oraz kondensatory C1 i C2 stanowią układ oscylatora procesora. Rezystor R9 z kondensatorem C7, to układ gwarantujący poprawny start procesora po włączeniu napięcia zasilającego. Dioda D8 służy do

szybkiego rozładowania C7 po wyłączeniu zasilania. Tranzystor T3 wraz z R7, R14, C6 i D9 to układ formujący impulsy o częstotliwości sieci 50Hz, służące do wysterowania licznika-timera mikroprocesora IC2. Na tej podstawie odliczany jest czas - funkcja zegara. Napięcie zmienne z transformatora zasilającego w postaci sinusoidy jest filtrowane i prostowane na tych elementach a następnie poprzez T3 dostaje się na nóżkę timera procesora. Ktoś może zapytać, dlaczego nie wykorzystano wewnętrznej, bardziej dokładnej częstotliwości zegarowej do zliczania czasu. Otóż procesory PIC nie posiadają możliwości generowania przerwań, co za tym idzie procesor aby stwierdzić np. zmianę stanu na końcówce I/O bądź przepelnienie licznika, musi w pewnych odstępach czasu sprawdzać stany odpowiednich bitów w rejestrach sterujących. Metoda ta znana jako „poiling“, czyli „odpytywanie“ jest

PARAMETRY CZUJNIKA TEMPERATURY:

- zakres mierzonych temperatur:
 - 40°C...150°C
- współczynnik zmiany szerokości impulsu: 200µs/°C
- szerokość impulsu:
 - w temp. 40°C
 - 2ms (±500µs regulowany)
 - w temp. 150°C
 - 40ms(±2500µs regulowany)
- liniowość w zakresie temp. -10°C...50°C lepsza niż 0,5%
- liniowość w całym zakresie: lepsza niż 2%
- wyjście: prądowe 15mA
- maksymalna odległość czujnik-kontroler: 50m
- zasilanie: 12VDC (±2V)/20mA max.



Rys. 2. Schemat elektryczny czujnika.

jedynym sposobem stwierdzenia zajścia zdarzenia w przypadku procesorów PIC. Gdyby konstruktor kitu wykorzystał częstotliwość z układu wewnętrznego oscylatora, musiałby „odpytywać” licznik tak często że, nie starczyło by mu czasu na inne czynności, związane chociażby z obsługą wyświetlacza i klawiszy, nie mówiąc o pomiarze temperatury. Przy zastosowanym rezonatorze kwarcowym 4,194MHz, minimalna częstotliwość przepełnienia licznika wynosi około 3,9 kHz. Zastosowane w układzie rozwiązanie zmniejsza częstotliwość „odpytywania” do ok. 100Hz.

Tranzystory T14...T17 poprzez końcówki RA0...RA3 sterują anodami wyświetlaczy, załączając je kolejno, tak że w każdej chwili pali się tylko jedna cyfra. W tym czasie na końcówkach 11...19 procesora ustalane są poziomy logiczne, które poprzez tranzystory T4...T13 sterują segmentami danej cyfry oraz dodatkowo diodami LED LD1...LD4. Przy częstotliwości multipleksowania kilkuset Hz, odczyt jest wyraźny i brak jest efektu migotania wyświetlaczy.

Przełączniki RY1 i RY2 sterowane są poprzez tranzystory T1 i T2 z końcówek RC4, RC6 procesora. Diody D1 i D2 zabezpieczają ich kolektory przed przepięciami powstającymi podczas wyłączania cewki przełącznika.

Montaż układu

Montaż poparty szczegółową instrukcją producenta nie powinien sprawić problemu nawet średnio doświadczonemu amatorowi. W instrukcji podane są nawet kolory pasków poszczególnych rezystorów, tak aby ułatwić ich identyfikację. Podane są opisy czterech pasków oznaczających

wartość rezystancji, ale zapomniano o pasku tolerancji, który w przypadku zastosowanych rezystorów 1 i 2% ma kolor brązowy i czerwony. Mało doświadczonym elektronikom może to przysporzyć nieco kłopotów. Tak więc krok po kroku montujemy najpierw moduł czujnika temperatury, najpierw zwory, elementy bierne, podstawki, a na końcu elementy czynne. Pewnych wątpliwości może przysporzyć montaż złącza wyjściowego. W instrukcji i na rysunku zastosowano złącze 6-stykowe, a na płytce 5-stykowe. Sygnał masy wyprowadzono jako wspólny dla zasilania modułu i wyjścia sygnałowego.

Montaż modułu kontrolera rozpoczynamy od zmontowania płytki zasilania, następnie składamy płytkę procesora i wyświetlacza. Wszystkie układy scalone umieszczono w podstawkach, co zmniejsza ryzyko uszkodzenia, szczególnie drogiego procesora podczas lutowania.

Kolejną czynnością jest połączenie zmontowanych płytek kontrolera wraz z płytą czołową w całość. Moduł został skonstruowany tak, że płytki umieszczone są jedna za drugą. Połączenia elektryczne wykonane są po prostu odcinkami srebrzanki, które „przechodzą” prostopadle przez odpowiednie otwory płytkach drukowanych. Producent kolejno wskazuje jakie elementy i połączenia należy wykonać. Jednak według mnie połączenie wszystkich płytek zworami „na stałe”, tzn. przylutowanie zworek z obu stron, w przypadku awarii urządzenia mogłoby przysporzyć sporo kłopotów. Dlatego „zabezpieczyłem się” przed tym przylutowując zworki tylko z jednej strony, z drugiej zaś zamontowałem popularne „listwy

precyzyjne”. W ten sposób bez konieczności używania lutownicy, mogłem rozbierać zmontowany moduł kontrolera. Sposób montażu przedstawia rys. 4. Ten sposób pozwolił mi także uniknąć lutowania punktów bezpośrednio połączonych z wyprowadzeniami procesora IC2, co mogłoby uszkodzić ten układ. Niestety postępując według instrukcji montażu kitu, nie mógłbym włożyć procesora do podstawki, po zmontowaniu całego modułu, należało to zrobić przed rozpoczęciem lutowania zwór łączących płytki. Stąd moje obawy co do sposobu łączenia poszczególnych bloków urządzenia i konieczność zastosowania dodatkowych listew połączeniowych.

Przed połączeniem płytek warto skontrolować napięcie na wyjściu stabilizatora VR1, podłączając napięcie zmienne zasilające do złącza płytki zasilania modułu kontrolera. Powinno ono wynosić 5V +/-5%.

Uruchomienie układu

Po włączeniu zasilania kontrolera na wyświetlaczach powinien pojawić się (wg. instrukcji) napis „FAIL”, procesor tym sygnalizuje przerwę w zasilaniu. W układzie modelowym nic takiego nie wystąpiło. Zaniepokoiło mnie to, sięgnąłem więc po oscyloskop i rozpocząłem sprawdzanie poszczególnych bloków układu. Ostatecznie stwierdziłem iż wadliwy jest procesor PIC IC2. Układ nie generował żadnych sygnałów sterujących chociażby pracą wyświetlaczy, stwierdziłem brak wzbudzenia się obwodu rezonatora kwarcowego. Wymiana elementów X1, C1, C2 nie dała rezultatu, sprawdziłem więc układ resetowania procesora - elementy R9, D8, C7. Po zaczerpnięciu informacji katalogowych o procesorze PIC upewniłem się, iż układ zerowania jest właściwy i działa poprawnie.

Tak więc pomimo zachowania zasad obchodzenia się z układami CMOS (których większość obecnie jest odporna na uszkodzenie ładunkami elektrostatycznymi), zasad ich montażu (bez lutowania), sprawdzenia poprawności działania pozostałych układów, drogi mikroprocesor po prostu był

PARAMETRY KONTROLERA:

- niskie i wysokie wyjście alarmu (przekroczenia zakresu) z sygnalizacją LED,
- parametry wyjść przekaźników: 220VAC/5A,
- odczyt temperatury w stopniach Celsjusza,
- dokładność: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$,
- zakres mierzonych temperatur: $-40^{\circ}\text{C}..+150^{\circ}\text{C}$ (z czujnikiem K6001),
- 24-godzinny zegar (podstawa czasu - 50Hz z sieci zasilającej),
- zakresy alarmu: $-50^{\circ}\text{C}..+154^{\circ}\text{C}$,
- histereza ustalana zależnie od nastawy alarmu,
- wejście z optyczną separacją (dla K6001),
- zasilanie: 9VAC/300mA, co umożliwia bezpośrednią współpracę z modulem czujnika temperatury K6001.

wadliwy. Trudno jest mi określić w jakich okolicznościach nastąpiło uszkodzenie. Układ przed zamontowaniem w podstawce był umieszczony w "przewodzącej gąbce", która zapewnia zwarcie wszystkich jego końcówek podczas przechowywania i transportu. W tym miejscu ktoś na moim miejscu zapewne bardzo by się zdenerwował tym niepowodzeniem. Nie wiem czy to pech, lecz prawa Murphy'ego działają wszędzie. Po rozmontowaniu modułu

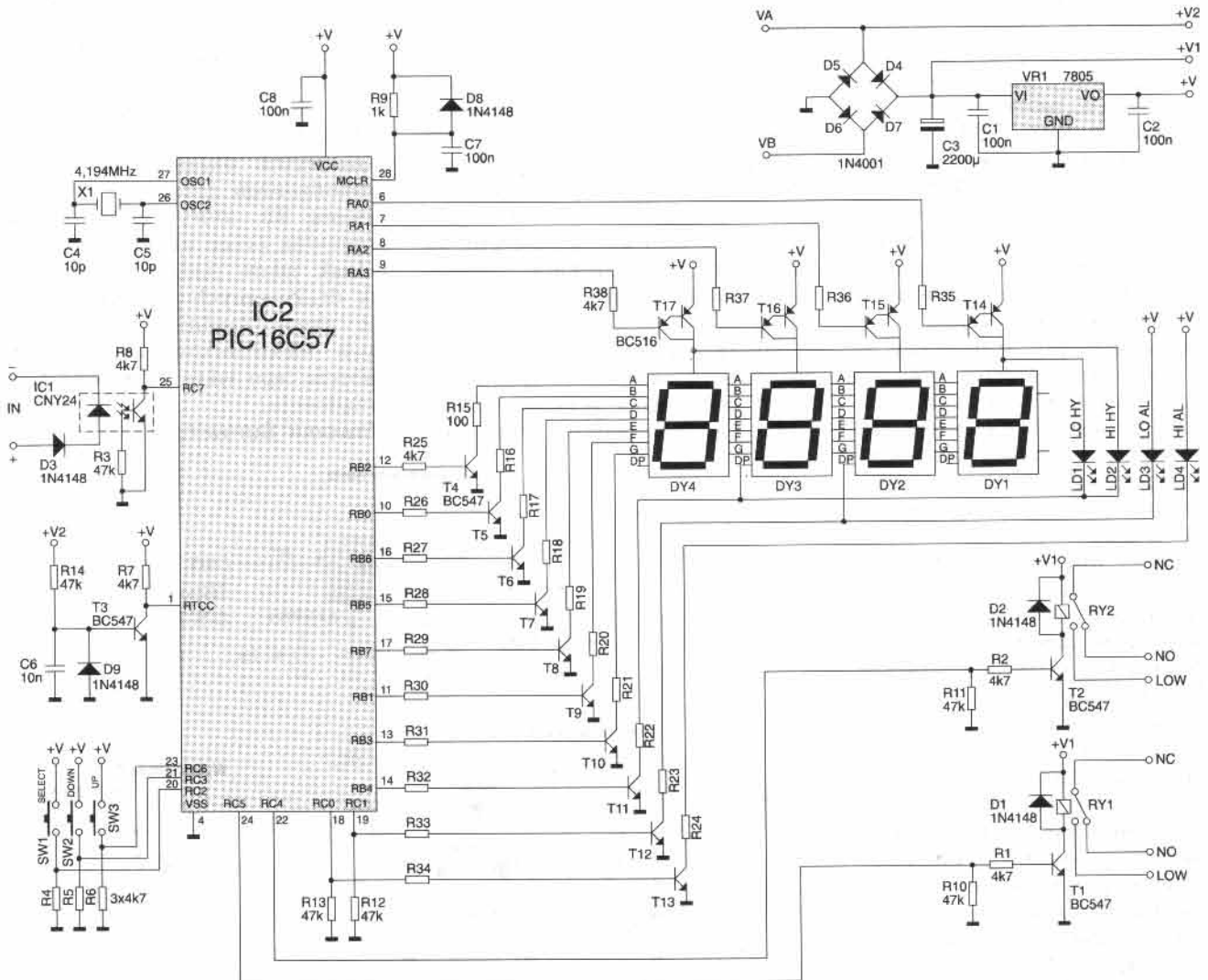
kontrolera (użycie dodatkowych listew precyzyjnych okazało się doskonałym ułatwieniem) i zamontowaniu drugiego egzemplarza procesora układ „ruszył” od razu.

Na wyświetlaczu pojawił się długo oczekiwany komunikat. Teraz należało podłączyć moduł czujnika, zasilając go uprzednio niezależnym napięciem niestabilizowanym. Przed tą czynnością sprawdziłem czy na wyjściu tego modułu istotnie pojawia się fala

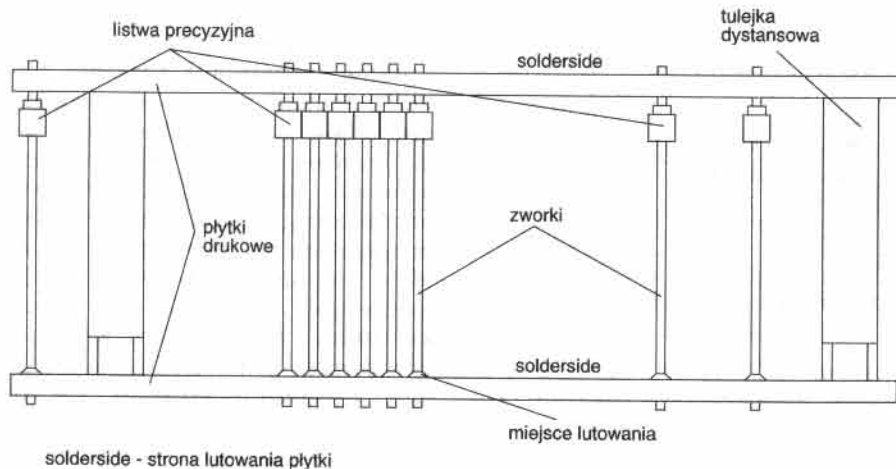
prostokątna, tak też było. Niestety po połączeniu obydwu modułów i próbie wybrania klawiszem SELECT funkcji z menu sterownika, nie udało mi się uruchomić jakiegokolwiek z nich. W instrukcji montażu przeczytałem, iż brak podłączonego modułu czujnika temperatury (a więc co za tym idzie impulsów na wejściu RC7 procesora), uniemożliwia pracę kontrolera. Sprawdziłem więc oscyloskopem przebieg fali na nóżce RC7 procesora. Okazało się że amplituda sygnału po stronie wtórnej transoptora wynosi około 0,5 V, co oczywiście jest za mało abyysterować procesor. Usunięcie rezystora R3 zlikwidowało problem i w końcu mogłem przystąpić do kalibracji przyrządu.

Kalibracja

Rozpoczynamy ją od umieszczenia sondy czujnika w szklance z topniejącym lodem. Przy pomo-



Rys. 3. Schemat elektryczny jednostki centralnej.



Rys. 4. Zalecany sposób montażu płytek kontrolera.

cy potencjometru RV1 (OFFSET) należy ustawić napięcie możliwie bliskie 0V między wyprowadzeniami R2 i R7, zaznaczonymi na płytce drukowanej modułu czujnika. Następnie potencjometrem RV2 (ZERO) regulujemy wskazania temperatury na wyświetlaczu na 00.0, czekając chwilę do ustabilizowania się wyniku. W przypadku użycia czujnika do regulacji temperatury powietrza w pomieszczeniach, należy ustawić potencjometrem RV3 (GAIN), właściwe wskazania temperatury, porównując wynik ze wskazaniami termometru laboratoryjnego. Tak podaje instrukcja, moim zdaniem prościej byłoby po prostu włożyć czujnik „pod pachę” i odczekać kilka minut, po czym ustawić wskazania na 36,6 (pod warunkiem że nasz konstruktor-amator nie jest chory). Jeżeli przyrząd będzie służył do pomiaru temperatury cieczy, warto tę czynność powtórzyć dla temperatury 100°C, ustawiając wskazania jak poprzednio na 100.0 z czujnikiem zanurzonym w gotującej wodzie. Procedurę kalibracji należy przeprowadzić przynajmniej jeszcze raz.

Uwagi końcowe

Do zestawu załączono estetycznie wykonaną płytę czołową z okienkiem zaopatrzonym w filtr dla modułu wyświetlaczy. Całość zmontowana i uruchomiona prezentuje się bardzo dobrze, konstrukcja umożliwia umieszczenie urządzenia w obudowie, lub wnętrzu innego przyrządu, np. układu sterowania. Prostota obsługi kontrolera, czytelne wskazania, oraz dobre parametry techniczne umożliwiają zastosowanie go w profes-

jonalnym regulatorze temperatury. Dodatkowa funkcja zegara pozwala na kontrolę aktualnego czasu. Aby wyeliminować błąd pomiaru czasu można pokusić się o dołączenie dodatkowego generatora 50Hz opartego na rezonatorze kwarcowym, co poprawi dokładność zegarka. Pewną niedogodnością jest brak możliwości pamiętania nastaw alarmów i histerezy podczas przerw w zasilaniu kontrolera. Dlatego układ powinien być wyposażony w układ podtrzymujący napięcie zasilające (9VAC). Ten z pozoru błahy problem, w przypadku zastosowania kontrolera jako np. termostatu do akwarium, w warunkach domowych może okazać się problemem.

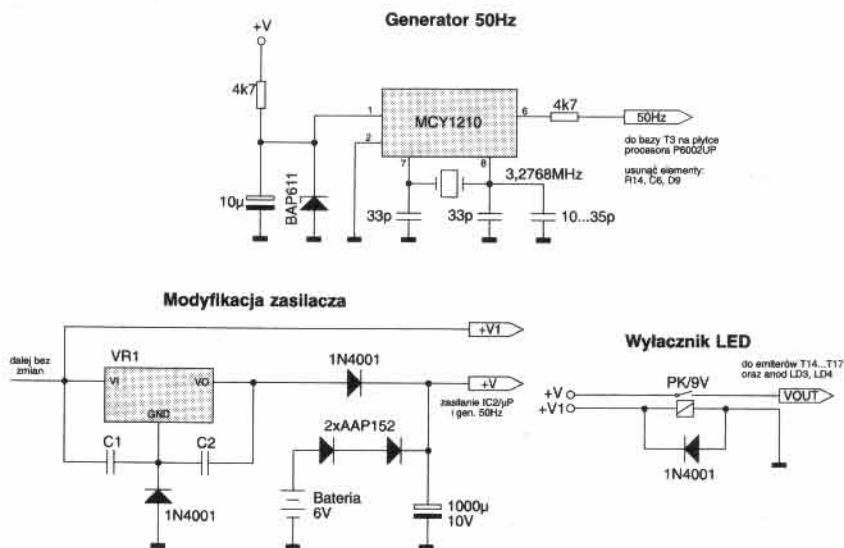
Dlatego proponuję wszystkim zainteresowanym dodatkowy układ integrujący generator 50Hz wraz z podtrzymaniem napięcia,

patrz rys. 5. Generator 50Hz zbudowano z wykorzystaniem polskiego układu, stosowanego niegdyś do budowy „kwarcowych budzików”, MC1210. Układ zasilania kontrolera zmodyfikowano tak, że podczas braku zasilania sieciowego, dodatkowy przełącznik odłącza wyświetlacze DY1...DY4 oraz cewki przełączników RY1 i RY2, co w znacznym stopniu zmniejsza pobór prądu przez układ i umożliwia zasilanie z baterii. Moduł czujnika temperatury nie jest wtedy zasilany, bo nie zachodzi taka konieczność.

Podsumowanie

Reasumując muszę stwierdzić iż układ kontrolera temperatury jest ciekawy i łatwy w montażu, prostota obsługi i konstrukcja podnosi jego walory użytkowe. Niestety podczas uruchamiania, mniej doświadczonemu elektronikowi niezbędny może okazać się szczegółowy opis działania układu, którego pozbawiona jest instrukcja. Producent powinien też postarać się o umieszczanie bardziej złożonych schematów na większym formacie, tak aby analiza układu była łatwiejsza. Nieco kontrowersyjna okazała się sprawa uszkodzonego procesora, oraz rezystora R3, który uniemożliwiał poprawną pracę układu. Niemniej jednak jakość podzespołów i płytek drukowanych powinna zachęcić nawet średnio zaawansowanych elektroników-amatorów do nabycia tego jakże funkcjonalnego urządzenia.

Sławomir Surowiński



Rys. 5. Proponowane modyfikacje układu