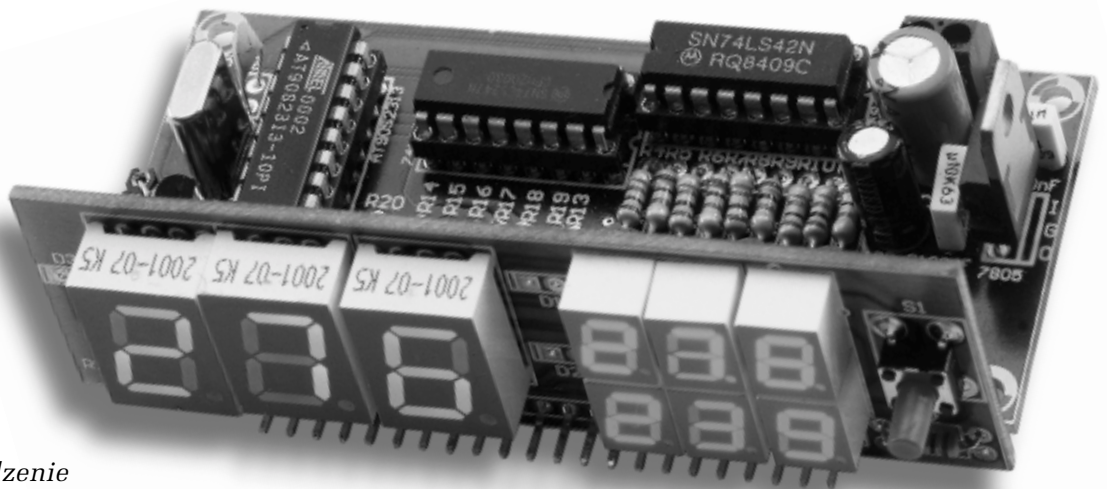


Termometr MIN-MAX

AVT-5041



Urządzenie

prezentowane w artykule powstało z myślą o nadchodzących anomaliach pogodowych, z których za najpoważniejszą uważam opady śniegu. Jest to kolejne urządzenie, którego zadaniem jest dokonywanie pomiarów temperatury. Takich układów zaprojektowano i opisano w EP bardzo wiele i tylko jakieś szczególne okoliczności mogą usprawiedliwić powrót do tego „oklepanego” tematu.

Okolicznością tą są dość nietypowe funkcje wykonywane przez nowy układ termometru.

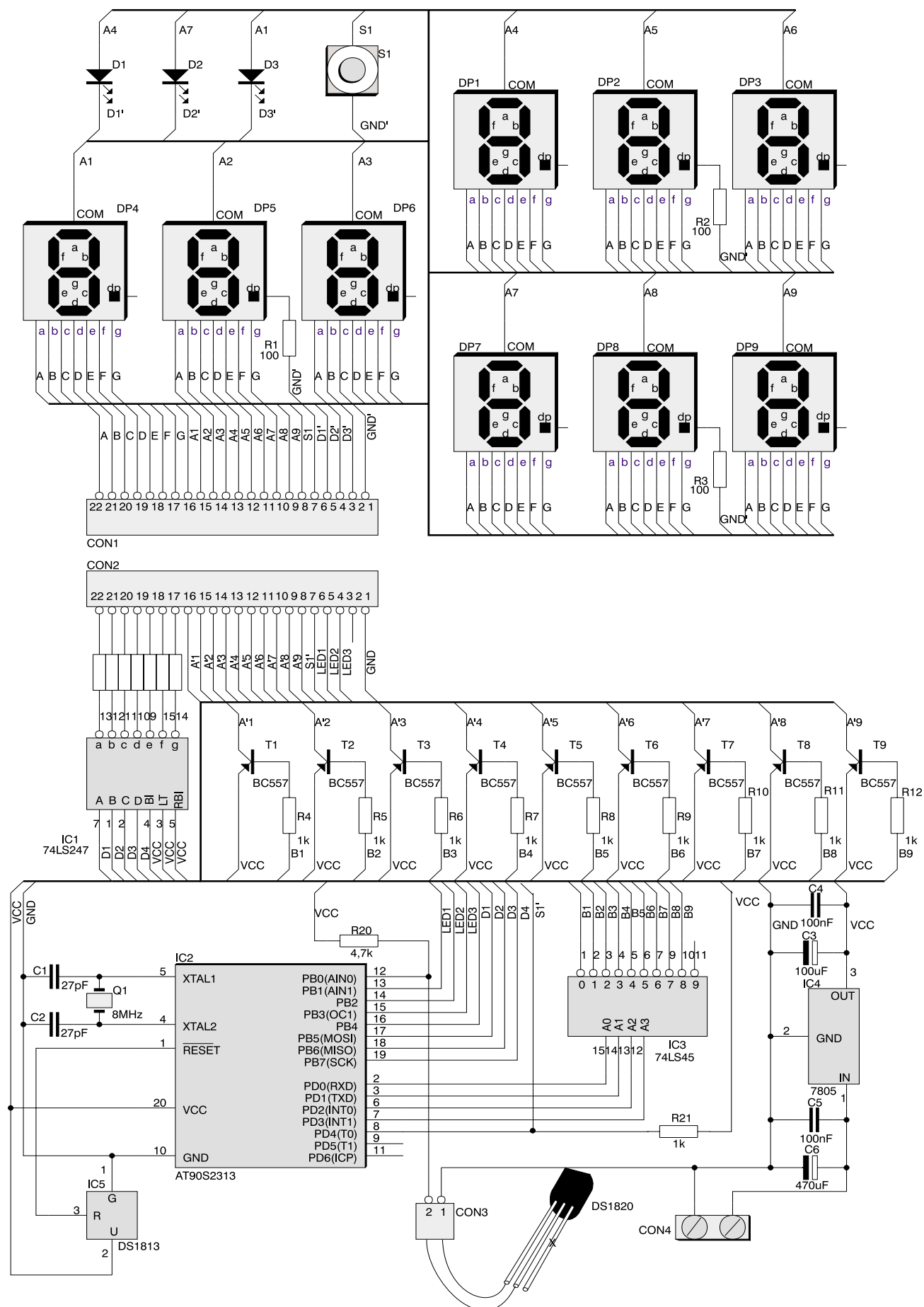
Jak widać na zdjęciu, układ został wyposażony w trzy pola odczytowe złożone z wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED, z których każde zawiera po trzy cyfry. Pierwsze pole, zbudowane z elementów o „typowych” wymiarach służy do prezentacji zmierzonej aktualnie temperatury. Dwa pozostałe pola, zbudowane z wyświetlaczy o wymiarach dwukrotnie mniejszych od wyświetlaczy pierwszego pola, służą do wyświetlania najniższej i najwyższej temperatury, jakie zostały zmierzone w okresie po ostatnim naciśnięciu przycisku zerującego termometr. Okres ten może być dowolnie długi, od sekund do wielu dni lub nawet miesięcy.

Do pomiaru temperatury wykorzystywany jest dobrze znany Czytelnikom EP cyfrowy termometr DS1820, produkowany przez firmę Dallas (w zasadzie już Maxim). Zapewnia on konwersję temperatury na postać cyfrową z rozdzielczością do $0,1^{\circ}\text{C}$ i dokładność zupełnie wystarczającą do domowych zastosowań. Zakres mierzonych temperatur wynosi od -20 do $+99,9^{\circ}\text{C}$. Zakres ten, w stosunku do możliwości układu DS1820, został nieco ograniczony „od góry”. Wydaje mi się, że pomiar temperatur większych od $99,9^{\circ}\text{C}$ jest stosunkowo rzadko potrzebny, a umożliwienie wyświetlania temperatur do ponad 120°C spowodowałoby konieczność rozbudowy układu o trzy dodatkowe wyświetlacze, lub zmniejszenia rozdzielczości do 1°C .

Pomimo pewnej komplikacji układ termometru jest stosunkowo łatwy do wykonania, a koszt potrzebnych do jego budowy elementów nie powinien okazać się zbyt wysoki.

Opis działania

Schemat elektryczny termometru pokazano na rys. 1. Schemat urządzenia został podzielony na dwie części, odpowiadające fizycznemu rozmieszczeniu elementów na dwóch, połączonych ze sobą szeregiem goldpinów płytkach obwodów drukowanych. „Sercem” układu jest zaprogramowany procesor typu AT90S2313 - pinowy odpowiednik popularnego AT89C2051. Do prezentacji wyników pomiaru zastosowano aż dziewięć wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED, pracujących w trybie wyświetlania multiplexowanego. Aby w standardowy sposób zrealizować tę funkcję potrzebne by było $7+9 = 16$ wyprowadzeń, co z kolei wymusiłoby zastosowanie procesora o minimum 21 programowanych wyprowadzeniach wyjściowych, czyli w praktyce układu AT90S4433. Pociągnęłoby to za sobą zupełnie niepotrzebny wzrost kosztów i dlatego zdecydowałem się na zastosowanie dwóch tanich i powszechnie dostępnych układów dodatkowych z rodziny TTL: 74LS247 - dekodera BCD na kod wyświetlacza 7-segmentowego i 74LS45 - dekodera BCD na kod „1 z 10”. Jak widać, nie tylko udało się



Rys. 1. Schemat elektryczny termometru.

List. 1.

```

Do
  Disable Timer1      'zawieś chwilowo obsługę przerwania timer1
  lwrite &HCC         'połączenie ignorowania numeru seryjnego układu DS1820
  lwrite &H44         'start pomiaru temperatury
  Enable Timer1       'przywróć obsługę przerwania timer1
  Set Portd.4         'spróbuj ustawić stan wysoki na końcówce przycisku S1
  If Pind.4 = 0 Then  'jeżeli próba nieudana (przycisk naciśnięty), to:
    T_max = T_cur     'zmienna określająca maksymalną temperaturę staje się równa
                    'temperaturze bieżącej
    T_min = T_cur     'zmienna określająca minimalną temperaturę staje się równa
                    'temperaturze bieżącej
  End If

  Wait 1             'zaczekaj 1 sekundę na koniec konwersji danych
  If Err = 0 Then    'jeżeli na magistrali 1WIRE jest termometr DS1820, to:
    Read1820        'odczytaj wynik pomiaru
    If T_max < T_cur Then T_max = T_cur
                    'jeżeli zmienna określająca maksymalną temperaturę jest mniejsza od temperatury
                    'aktualnie zmierzonej, to zmienna określająca maksymalną temperaturę staje się równa
                    'temperaturze bieżącej

    If T_min > T_cur Then T_min = T_cur
                    'jeżeli zmienna określająca minimalną temperaturę jest większa od temperatury aktualnie
                    'zmierzonej, to zmienna określająca minimalną temperaturę staje się równa
                    'temperaturze bieżącej
  End If

Loop
End Sub

```

w ten sposób „zmieścić się“ w ilości dostępnych wyprowadzeń procesora '2313, ale jeszcze pozostały nam trzy wolne wyprowadzenia, które mogą posłużyć do ewentualnej rozbudowy układu.

Procesor sterujący pracą termometru ma przed sobą dwa podstawowe zadania do wykonania: musi cyklicznie odczytywać dane o aktualnej temperaturze pobierane z cyfrowego termometru DS1820, a następnie prezentować otrzymane wyniki na trzech grupach wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED. Wyświetlacze DP4...DP6 służą do wyświetlania aktualnej temperatury, DP1...DP3 do prezentacji najwyższej zmierzonej temperatury od momentu naciśnięcia przycisku S1, a wyświetlacze DP7...DP9 pokazywać będą najniższą temperaturę, jaka wystąpiła w tym czasie. Ponadto, procesor musi stale nadzorować stan przycisku S1 i po stwierdzeniu że został on naciśnięty sprwadzać wartość najwyższej i najniższej temperatury do wartości temperatury aktualnie zmierzonej.

Odczyt danych z termometru DS1820 jest sprawą banalnie prostą, a wykorzystywany do tego podprogram był już kilkakrotnie omawiany na łamach Elektroniki Praktycznej. Natomiast pewne obawy budził we mnie problem wyświetlania wyników pomiarów. Mamy tu do czynienia z obsługą rekordowej liczby 9 wyświetlaczy i zachodziła obawa, że przy zastosowaniu wyświetlania multipleksowanego świecenie wyświetlaczy, z których każdy pracuje tylko przez 1/9 cyklu może okazać się zbyt słabe. Na szczęście, obawy

te okazały się nieuzasadnione i wyświetlacze widoczne są nawet przy stosunkowo silnym oświetleniu zewnętrznym. Oczywiście, poprawne działanie wyświetlaczy uwarunkowane jest zastosowaniem elementów o wysokiej jakości, produkowanych przez renomowaną firmę, np. Kingbright.

Po włączeniu zasilania program sterujący pracą termometru ustala parametry sprzętowe układu, a następnie rozpoczyna pracę w niekończącej się pętli głównego podprogramu, przedstawionego na list. 1. Wszystkie czynności związane z obsługą wyświetlaczy realizowane są przez dwa podprogramy wywoływane przez przerwanie pochodzące od *timer1*.

Sposób skonfigurowania *timer1* oraz czynności wykonywane po wystąpieniu przerwania pokazane są na list. 2 i 3. Niestety, pomimo usilnych starań nie udało mi się zlikwidować pewnego nieprzyjemnego zjawiska występującego podczas wyświetlania wyników pomiarów. Otóż, okazało się konieczne zawieszanie obsługi przerwania *timer1* podczas przesyłania informacji przez magistralę 1WIRE, ponieważ występowały przerwy podczas transmisji powodowało błędy podczas przekazywania danych. Szczególnie odczytywanie rejestrów układu DS1820 (list. 4) trwa wystarczająco długo, aby wstrzymanie multipleksowania objawiało się bardzo krótkim, ale widocznym „miganiem“ wyświetlaczy. Zjawisko to, występujące co sekundę nie jest jednak zbyt dokuczliwe i po pewnym czasie można się do niego przyzwyczaić.

Podczas pracy w niekończącej się pętli program wykonuje jeszcze jedną, bardzo ważną czynność: sprawdza stan przycisku S1. Jeżeli przycisk ten został naciśnięty, to program wykonuje instrukcje: $T_{max} = T_{cur}$ oraz $T_{min} = T_{cur}$, które powodują nadanie zmiennym określającym wartość minimalną temperaturę wartości równe aktualnemu wynikowi pomiarów.

List. 2.

```

'.....
'Konfigurowanie timer1 i obsługi jego przerwania
Config Timer1 = Timer, Prescale = 1
On Timer1 Multiplexing
Start Timer1
Enable Timer1
Enable Interrupts
'.....

Multiplexing:
Incr Digit_number      'zwiększ o 1 zmienną określającą aktualnie wyświetlaną cyfrę

If Digit_number = 9 Then Digit_number = 0
'jeżeli zmienna określająca aktualnie wyświetlaną cyfrę osiągnęła wartość 9,
'to staje się ona równa 0.

Portd = Digit_number   'podaj wartość zmiennej Digit_number na wejścia dekodera 74LS42

Select Case Digit_number 'w zależności od numeru aktualnie wyświetlanej cyfry oblicz jej wartość
  Case 0:                'jeżeli jest to pierwsza cyfra, to:
    Temp = T_cur / 100   'oblicz wartość dziesiątek aktualnej temperatury
  Case 1:                'jeżeli jest to druga cyfra, to:
    Temp = T_cur / 10    'oblicz wartość jednostek aktualnej temperatury
    Temp2 = Temp / 10
    Temp2 = Temp2 * 10
    Temp = Temp - Temp2
  Case 2:                'jeżeli jest to trzecia cyfra, to:
    Temp = T_cur / 10    'oblicz wartość dziesiątych części stopnia aktualnej temperatury
    Temp = Temp * 10
    Temp = T_cur - Temp
  Case 3:                'jeżeli jest to czwarta cyfra, to:
    Temp = T_max / 100   'oblicz wartość dziesiątek najwyższej zmierzonej temperatury
'.....
'wyświetlanie dalszych cyfr
'.....

End Select
_bcd                      'wywołaj podprogram wysyłający obliczoną wartość na wejścia
                          'dekodera 74LS247 (Listing 3)
Timer1 = 50000           'załaduj do rejestru timer1 wartość 50000, co daje
                          'częstotliwość multipleksowania ok. 400Hz
Return

```

```

List. 3.
' Podprogram sterowania dekoderek BCD
' wyświetlacz siedmiosegmentowy
Sub _bcd
  Set Portb.4: Set Portb.5: Set Portb.6
  Set Portb.7

  Select Case Temp
    Case 0:
      Reset Portb.4: Reset Portb.5
      Reset Portb.6: Reset Portb.7
    Case 1:
      Reset Portb.5: Reset Portb.6
      Reset Portb.7
    Case 2:
      Reset Portb.4: Reset Portb.6
      Reset Portb.7
    Case 3:
      .....
      'Wyświetlanie kolejnych cyfr
      .....
  End Select
End Sub
    
```

Montaż i uruchomienie

Na rys. 2 pokazano rozmieszczenie elementów na dwóch płytkach drukowanych wykonanych na laminacie dwustronnym z metalizacją. Montaż rozpoczniemy od wlutowania w płytkę wyjątkowo licznych - jak na układ mikroprocesorowy - rezystorów, następnie podstawek pod układy scalone i innych niskoprofilowych elementów. Po wlutowaniu w płytki wszystkich podzespołów należy połączyć je ze sobą za pomocą szeregu kątowych goldpinów. Taki sposób montażu gwarantuje nie tylko dużą stabilność mechaniczną konstrukcji, ale także połączenie płytek dokładnie pod kątem 90 stopni.

Termometr DS1820 dołączamy do złącza CON3 w sposób poka-

zany na rys. 1. Długość przewodu łączącego układ z czujnikiem jest praktycznie nieograniczona, ponieważ trudno sobie wyobrazić, aby ktokolwiek chciał dokonywać pomiarów z odległości większej niż 100...200m.

Układ termometru zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga jakiegokolwiek uruchamiania i działa natychmiast poprawnie, niemniej po pierwszym włączeniu zasilania warto przeprowadzić prosty test, którego zadaniem jest dodatkowe sprawdzenie pracy urządzenia.

Po uruchomieniu termometru na wszystkich wyświetlaczach ukazać się identyczne wartości temperatury i dopiero w miarę upływu czasu i zmian zachodzących w monitorowanym środowisku mogą pojawić się zmierzone wartości temperatury minimalnej i maksymalnej. Możemy ten proces znacząco przyspieszyć, wykonując prosty eksperyment. Zaczniemy podgrzewać czujnik DS1820, np. za pomocą suszarki do włosów, przez cały czas obserwując wskazania wyświetlaczy. Zauważymy, że zmienia się tylko odczyt temperatury bieżącej i maksymalnej, a wartość temperatury minimalnej zgodnie z logiką pozostaje stała. W momencie kiedy wartość temperatury osiągnie np. 50°C naciśniemy na przycisk zerowania układu. W tym momencie nastąpi wyrównanie wszystkich trzech odczytów, a dalsze podgrzewanie czujnika będzie znowu powodować zwiększanie się wartości temperatury bieżącej i maksymalnej. Ogrzewanie czujnika przerwujemy, powiedzmy przy temperaturze 100°C. Od tego momentu wartość temperatury maksymalnej przestanie się zmieniać, a po osiągnięciu przez stygnący czujnik temperatury, w której układ został uprzednio wyzerowany, zacznie się zmniejszać wartość odczyt temperatury minimalnej.

Jeżeli opisane zjawiska zaszły zgodnie z opisem, to możemy uznać nasz układ za sprawny i przekazać go do eksploatacji.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R2, R3: 100Ω
- R4...R12, R21: 1kΩ
- R13...R19: 22Ω
- R20: 4,7kΩ

Kondensatory

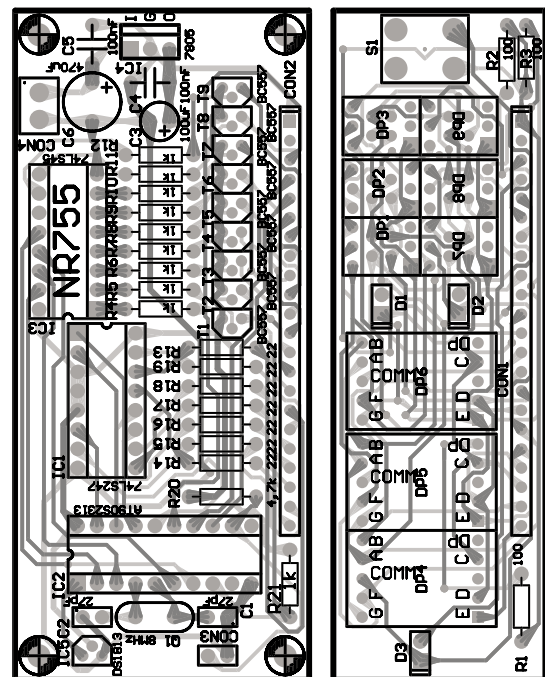
- C1, C2: 27pF
- C3: 100μF/16V
- C4, C5: 100nF
- C6: 470μF/16V

Półprzewodniki

- D1: dioda LED 2x7mm żółta
- D2: dioda LED 2x7mm czerwona
- D3: dioda LED 2x7mm zielona
- DP1, DP2, DP3: miniaturowy wyświetlacz siedmiosegmentowy LED wsp. anoda, czerwony
- DP4, DP5, DP6: wyświetlacz siedmiosegmentowy LED wsp. anoda, żółty
- DP7, DP8, DP9: miniaturowy wyświetlacz siedmiosegmentowy LED wsp. anoda, zielony
- IC1: 74LS247
- IC2: AT90S2313
- IC3: 74LS45
- IC4: 7805
- IC5: DS1813
- T1...T9: BC557
- Czujnik temperatury DS1820

Różne

- CON1 + CON2 szereg goldpinów kątowych 22 pin
- CON3: 2xgoldpin
- CON4: ARK2 (3,5mm)
- Q1: rezonator kwarcowy 8MHz
- S1: microswitch



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

Układ termometru powinien być zasilany napięciem stałym o wartości 8...16VDC, niekoniecznie stabilizowanym.

Andrzej Gawryluk, AVT

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/listopad01.htm> oraz na płycie CD-EP11/2001B w katalogu PCB.

```

List. 4.
Disable Interrupts
'zawieś obsługę przerwań

lwreset
'inicjalizacja magistrali 1WIRE

lwwrite &HCC
'polecenie ignorowania numeru seryjnego DS1820

lwwrite &HBE
'polecenie odczytania zawartości rejestrów

Bd(1) = lwread(9) 'odczytywanie rejestrów

Enable Interrupts 'ponowne udzielenie
'zezwoienia na obsługę przerwań
    
```