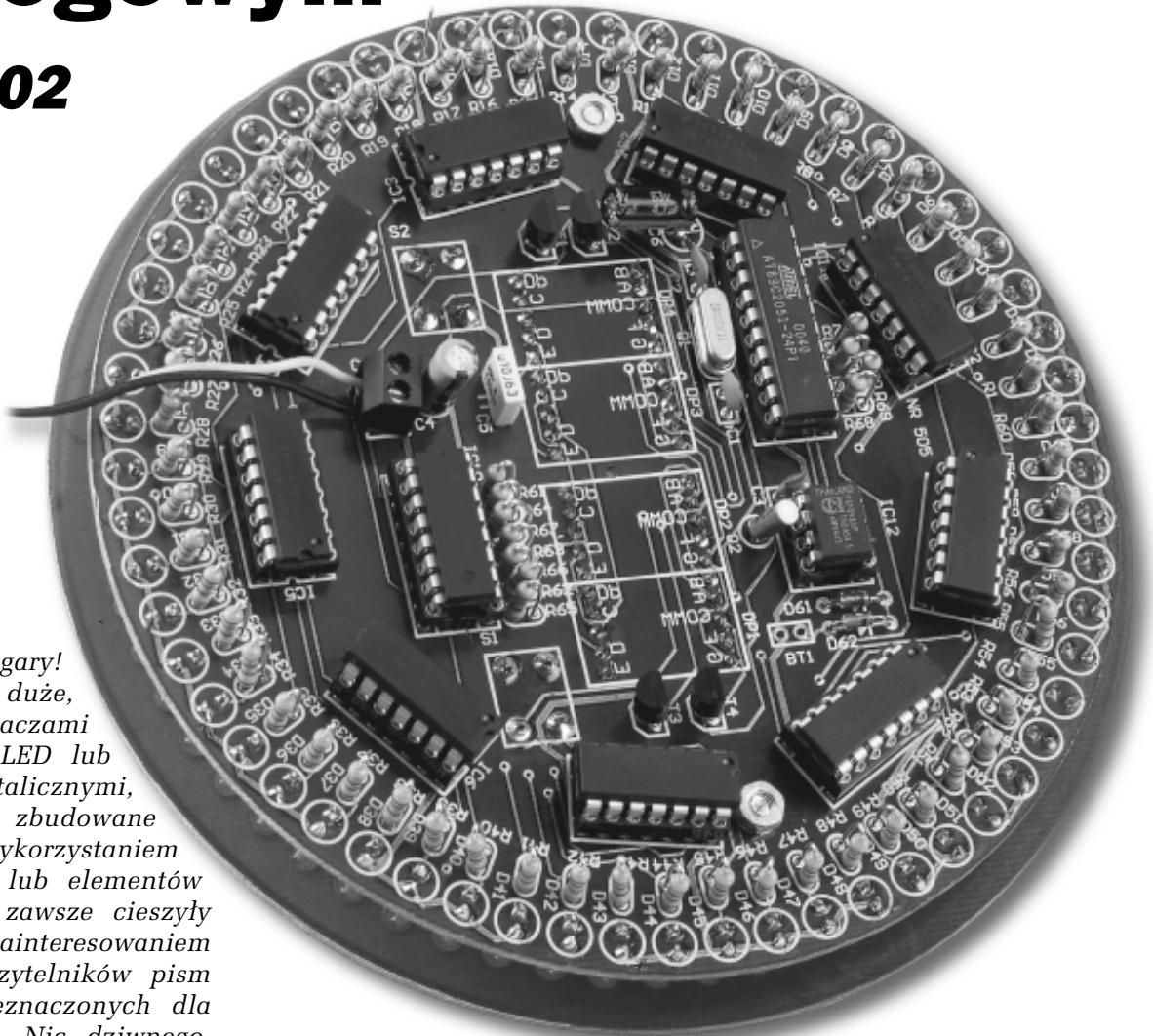


# Zegar cyfrowy z wyświetlaczem analogowym

## AVT-5002



*Zegary!  
Małe, duże,  
z wyświetlaczami  
LED lub  
ciekłokrystalicznymi,  
zbudowane  
z wykorzystaniem  
procesorów lub elementów  
dyskretnych, zawsze cieszyły  
się wielkim zainteresowaniem  
Czytelników pism  
przeznaczonych dla  
elektroników. Nic dziwnego,  
ponieważ budowanie zegara  
nawet o znakomitych  
parametrach nie jest  
zadaniem trudnym i nie  
przekracza możliwości choćby  
niezbyt zaawansowanych  
hobbystów. Ładnie wykonany  
zegar dobrze świadczy  
o swoim konstruktorze.*

Jest coś fascynującego w budowie i działaniu urządzenia odmierzającego czas, czyli żywiołu, którego natury właściwie nie znamy. Chyba każdy z nas przyłapał się już niejednokrotnie na wpatrywaniu się w przesuwające się wskazówki zegara mechanicznego lub cyfry sekundnika wyświetlane przez zegar cyfrowy. Czy kiedykolwiek będziemy umieli wpływać na bieg czasu, spowalniać go lub dowolnie przyspieszać?

Co spowodowało, że postanowiłem zbudować kolejny zegar elektroniczny i zaprezentować go Czytelnikom Elektroniki Praktycz-

nej? Postanowiłem skonstruować efektowny zegar, który powieszony na ścianie mógłby wzbudzić podziw odwiedzających nasze mieszkanie gości. Sadzę, że udało mi się zrealizować postawione zadanie.

Większość zegarów elektronicznych konstruowanych przez amatorów wyposażona jest w różną liczbę wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED lub, znacznie rzadziej, w wyświetlacze LCD. Wynika to z powszechnej dostępności i niskiej ceny takich wyświetlaczy oraz z faktu, że do takich właśnie wyświetlaczy do-

## Zegar cyfrowy z wyświetlaczem analogowym

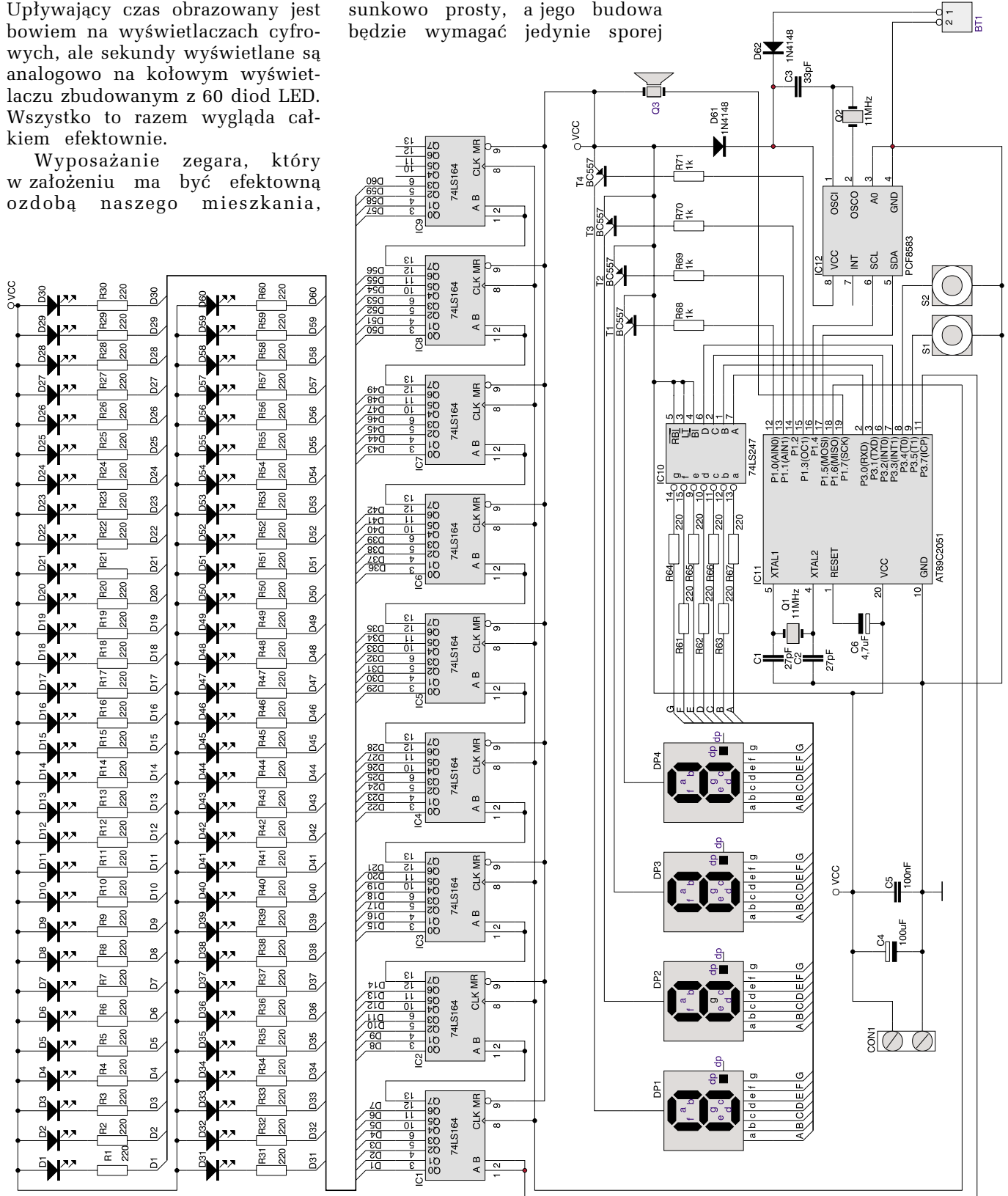
stosowane są prawie wszystkie „zegarowe“ układy scalone. Proponowany przeze mnie zegar łączy w sobie, w pewnym stopniu, cechy klasycznego zegara wskazówkowego z wyglądem współczesnego zegara cyfrowego. Upiływający czas obrazowany jest bowiem na wyświetlaczach cyfrowych, ale sekundy wyświetlane są analogowo na kołowym wyświetlaczu zbudowanym z 60 diod LED. Wszystko to razem wygląda całkiem efektownie.

Wyposażenie zegara, który w założeniu ma być efektowną ozdobą naszego mieszkania,

w skomplikowane funkcje nie wydawało mi się celowe. Dlatego też jedynym dodatkiem do podstawowej funkcji wyświetlania godzin, minut i sekund jest w naszym zegarze prosty budzik.

Proponowany układ jest stosunkowo prosty, a jego budowa będzie wymagać jedynie sporej

cierpliwości, niezbędnej do wlotowania w płytkę 60 diod LED i 60 rezystorów ograniczających płynący przez nie prąd. Elementy użyte do jego budowy są bardzo łatwo dostępne i relatywnie tanie.



Rys. 1. Schemat elektryczny zegara.

## List. 1.

```

Sub Main_loop
Reset Ab 'ustaw stan niski na wejściach danych pierwszego rejestru
Waitms 255 'zaczekaj 255ms
Do
  Sseconds = Seconds 'zmienna pomocnicza SSECOND przyjmuje wartość równą aktualnej wartości sekund
  Call Gettime 'podprogram odczytujący aktualny czas z rejestrów RTC
  Set S1 'spróbuj ustawić stan wysoki na wejściu S1 procesora
  If S1 = 0 Then 'jeżeli próba nieudana (zwarły styk S1), to:
    Call Setting_hours 'podprogram ustawiania godziny i minuty
  End If
Loop
End Sub

```

Procesor sterujący pracą zegara także należy do najpopularniejszych w swojej klasie. Program napisany został w języku MCS BASIC stosowanym w tak popularnym ostatnio pakiecie narzędziowym BASCOM8051 produkcji holenderskiej firmy MCS Electronics. Wykorzystując wersję BASCOM-a Special Edition for Elektronika Praktyczna (dostępny na stronie [www.ep.com.pl](http://www.ep.com.pl)), każdy będzie mógł dowolnie zmodyfikować kod źródłowy programu i dostosować go do własnych potrzeb.

## Opis działania układu

Schemat elektryczny zegara przedstawiono na rys. 1. Sercem układu jest zaprogramowany procesor typu AT89C2051. Ponieważ jednak liczba wyprowadzeń tego procesora jest za mała do wystawienia aż 60 diod LED i czterech wyświetlaczy siedmiosegmentowych, zastosowałem w układzie dodatkowe elementy pomocnicze: rejestry szeregowo typu 74LS146, bezpośrednio sterujące diodami LED.

Ciężar odmierzenia wpływającego czasu, tj. zliczania sekund, minut i godzin został przerzucony na „dyżurny“ układ RTC - PCF8583. Układ ten posiada jedną, bardzo istotną dla konstruktorów zegarów cechę: może poprawnie pracować jeszcze przy napięciu nie mniejszym od 1,5V, pobierając wtedy znikomo mały prąd, rzędu mikroamperów. Rozwiązuje to wszelkie problemy związane z podtrzymaniem wskaźników zegara przy zaniku napięcia zasilającego: układ RTC zasilany może być dodatkowo z baterii 1,5..3V dołączonej do złącza BT1. Wprawdzie podczas przerwy w zasilaniu wyświetlacze i diody LED zostaną wyłączone, a procesor przerwie swoją pracę, to po powtórny włączeniu zasilania informacja o bieżącym czasie zostanie ponownie odczytana z układu PCF8583.

W zegarze sekundy wyświetlane są w sposób analogowy, a upływ minut i godzin pokazywany jest na wyświetlaczach siedmiosegmentowych. Do obsługi rejestrów szeregowych musimy wykorzystać dwa wyprowadzenia procesora, tworzące magistralę I<sup>2</sup>C, poprzez którą procesor będzie komunikował się z układem RTC. Wymaga to dwóch kolejnych wyprowadzeń. Pozostało nam zatem tylko 11 wolnych pinów procesora, czyli trochę za mało do zrealizowania multipleksowanego wyświetlania czterech cyfr, obsługi przycisków sterujących i głośniczka sygnalizacyjnego. Zatem postanowiłem dodać do układu jeszcze jeden element pomocniczy: dekodery kodu BCD na kod wyświetlacza siedmiosegmentowego, popularny 74LS247. Katody segmentów wyświetlaczy zasilane będą z wyprowadzeń układu IC10, natomiast wspólne anody wyświetlaczy dołączane będą do plusa zasilania za pośrednictwem tranzystorów T1..T4, ste-

rowanych bezpośrednio z procesora. Pozostałe elementy układu to dwa przyciski służące do ustawiania czasu i budzika (S1 i S2) oraz przetwornik piezoelektryczny Q3.

Program sterujący pracą zegara ma do wykonywania dwie czynności, które muszą być realizowane symultanicznie: obsługę sekundnika, polegającą na „zapełnianiu rejestrów szeregowych zerami“ i wyświetlaniu bieżącego czasu na wyświetlaczach siedmiosegmentowych. Dodatkowym utrudnieniem jest to, że nie wszystkie wyjścia rejestrów zostały wykorzystane do sterowania diodami LED. Wyjścia Q7 pierwszych ośmiu rejestrów służą do przekazywania informacji do następnego rejestru i w związku z tym zachodzi potrzeba generowania dodatkowego impulsu zegarowego po upływie każdego siedmiu sekund. Program pracuje w pętli pokazanej na list. 1, a na list. 2 możemy zobaczyć, jak sobie radzi z tym i innymi problemami.

Dodatkowego komentarza wymaga tylko podprogram zerujący rejestry sekund, a właściwie opóźnienie 5ms wstawione wewnątrz pętli NEXT..FOR. Nie jest ono konieczne do poprawnej pracy programu, ale zapewnia uzyskanie dodatkowego efektu. Bez opóźnienia rejestry zerowane są niez-

## List. 2.

```

Sub Gettime
I2Cstart 'inicjalizacja magistrali I2C
I2Cwbyte &HA0 'podanie adresu bazowego układu RTC
I2Cwbyte 2 'podanie adresu rejestru sekund
I2Cstart 'ponowna inicjalizacja magistrali I2C
I2Cwbyte &HA1 'żądanie podania danych do odczytu
I2Crbyte Seconds, Ack 'odczyt sekund
I2Crbyte Minutes, Ack 'odczyt minut
I2Crbyte Hours, Nack 'odczyt godzin
I2Cstop
Disp1 = Makedec(hours) 'konwersja odczytanych minut na postać dziesiętną
Disp2 = Makedec(minutes) 'konwersja odczytanych godzin na postać dziesiętną
If Sseconds <> Seconds Then 'jeżeli upłynęła kolejna sekunda, to:
  Temp2 = Makedec(seconds) 'przetwórz odczytaną wartość z kodu BCD na postać dziesiętną
  Select Case Temp2 'w zależności od wartości sekund:
    Case 6: Call Clock_impulse 'jeżeli stan sekund = 6, to wygeneruj dodatkowy impuls zegarowy
    Case 13: Call Clock_impulse
    Case 20: Call Clock_impulse
    Case 27: Call Clock_impulse
    Case 34: Call Clock_impulse
    Case 41: Call Clock_impulse
    Case 48: Call Clock_impulse
    Case 55: Call Clock_impulse
    Case 0: Call Leds_off 'jeżeli stan sekund = zero, to zerowanie sekundnika
  End Select
Call Clock_impulse 'wygeneruj impuls zegarowy
End If
'-----
Sub Clock_impulse 'podprogram generujący impuls zegarowy
Set Clock
Reset Clock
End Sub
'-----
Sub Leds_off 'podprogram zerujący sekundnik
Set Ab 'ustaw stan wysoki na wejściach rejestru sekund
For Temp = 1 To 60
  Call Clock_impulse 'wygeneruj impuls zegarowy
  Waitms 5 'zaczekaj 5 ms (patrz dodatkowy komentarz)
Next Temp
Reset Ab 'ustaw ponownie stan niski na wejściach rejestru sekund
End Sub

```

## List. 3.

```

Sub Setting_hours          'podprogram korekty wskazań godzin
  Change_time_flag = 0    'zmienna pomocnicza sygnalizująca poczynienie zmian w ustawieniach
                           'zegara przyjmuje wstępnie wartość 0
  Displ = 88: Disp2 = 88  'wyświetl na wyświetlaczach "88", co jest sygnałem przejścia w
tryb ustawiania godzin
  Waitms 255: Waitms 255  'zaczekaj ok. 0,5 sekundy
  Call Gettime            'powróć do wyświetlania aktualnego czasu

Do
  Set S2                  'spróbuj ustawić stan wysoki na wejściu S2 procesora
  If S2 = 0 Then          'jeżeli próba nieudana (przycisk S2 zwarty), to:
    Incr Displ            'zwiększ zmienną pomocniczą decydującą o wyświetlanej wartości godzin
    Change_time_flag = 1  'zmień wartość zmiennej pomocniczej CHANGE_TIME_FLAG
    If Displ = 24 Then    'jeżeli zmienna określająca ustawianą wartość godzin stała się równa 24, to
      Displ = 0           'zmienna ta przyjmuje wartość 0
    End If
    Waitms 255           'zaczekaj 255 ms
  End If
  Set S1                  'spróbuj ustawić stan wysoki na wejściu S1 procesora
  If S1 = 0 Then          'jeżeli próba nieudana, to:
    If Change_time_flag = 1 Then 'jeżeli wartość godzin została zmieniona, to:
      Hours = Makebcd(displ)    'przekształć zmodyfikowaną wartość na postać kodu BCD
      Call Settime              'zapisz wartość godzin w rejestrze RTC
    End If
    Call Setting_minutes       'podprogram ustawiania minut
  End If
Loop
End Sub

Sub Setting_minutes
'-----
  Set S1
  If S1 = 0 Then
    If Change_time_flag = 1 Then 'jeżeli bieżący czas został zmieniony, to:
      Seconds = 0                'wyzeruj rejestr sekund RTC
      Minutes = Makebcd(displ2)  'przekształć zmodyfikowaną wartość minut na kod BCD
      Call Settime              'zapisz wartość minut w rejestrze RTC
      Call Leds_off             'wyzeruj sekundnik zegara
    End If
    Call Setting_alarm         'ustawianie czasu budzenia
  End If
Loop
End Sub
'-----

```

## WYKAZ ELEMENTÓW

## Rezystory

R1..R67: 220..330Ω

R68..R71: 1kΩ

## Kondensatory

C1, C2: 27pF

C3: 33pF

C4: 100μF/10V

C5: 100nF

C6: 4,7μF/10V

## Półprzewodniki

DP1..DP4: wyświetlacz siedmioseg-  
mentowy LED wsp. anoda

D1..D60: LED φ3mm

D61, D62: 1N4148

IC1..IC9: 74LS164

IC10: 74LS247

IC11: AT89C2051

IC12: PCF8583

T1..T4: BC557

## Różne

CON1: ARK2 (3,5mm)

Q1: rezonator kwarcowy  
11,059MHz

Q2: rezonator kwarcowy 32768Hz

Q3: przetwornik piezo z generato-  
rem

S1, S2: mikroprzełączniki

uważalnie: po prostu wszystkie diody nagle gasną. Po wstawieniu opóźnienia wygaszanie diod odbywa się stopniowo, w czasie ok. 0,3 sekundy. Wygląda to naprawdę bardzo ładnie!

Kolejnym zadaniem wykonywanym przez program sterujący pracą zegara jest wyświetlanie aktualnej godziny i minuty na wyświetlaczach siedmiosegmentowych LED. Funkcja ta realizowana jest przez podprogram obsługi przerwania pochodzącego od Timera 0, pracującego w trybie timera z zegarem wewnętrznym i rejestrem szesnastobitowym.

Każdy zegar, a nasz nie jest tu wyjątkiem, wymaga wstępnego ustawiania aktualnego czasu, a także jego ewentualnej korekty. Przyjrzyjmy się więc fragmentowi listingu podprogramu ustawiania aktualnego czasu oraz godziny i minuty budzenia. Przeanalizujemy jedynie fragment podprogramu realizujący ustawianie godzin, ponieważ ustawianie pozostałych wartości zrealizowane jest prawie identycznie (list. 3).

## Montaż i uruchomienie

Na rys. 2 przedstawiono rozmieszczenie elementów na płytce obwodu drukowanego wykonanego na laminacie dwustronnym z metalizacją. Jeżeli celem było

zbudowanie zegara o jak najbardziej efektywnej i bajeranckiej konstrukcji, to nie widziałem powodu, aby w takim samym stylu nie wykonać płytki obwodu drukowanego. Może rozmieszczenie rejestrów na obwodzie koła wpisanego w obrys płytki niczemu nie służy, ale... chyba fajnie wygląda!

Montaż zegara wykonujemy tympowo, z jednym wyjątkiem: następujące elementy muszą być przyłutowane od strony ścieżek (umownej w przypadku płytki dwustronnej):

1. Wyświetlacze siedmiosegmentowe LED.

2. Przyciski S1 i S2.

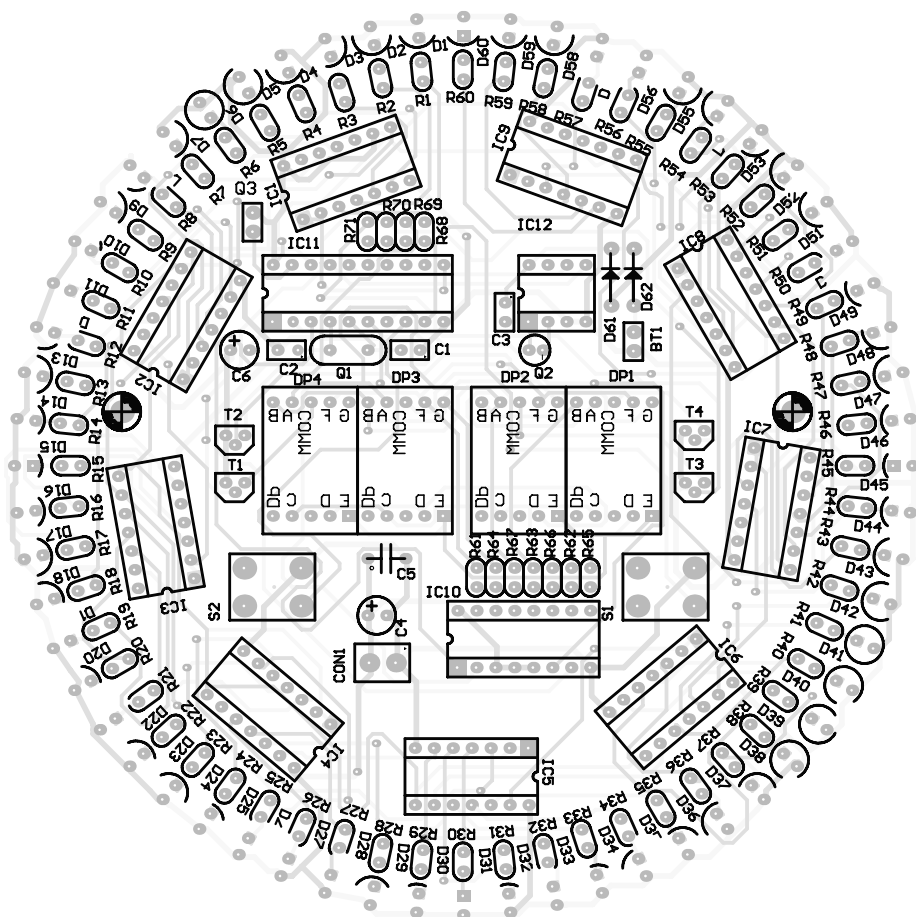
3. Diody sekundnika D1..D60.

W pierwszym etapie pracy montujemy wszystkie elementy, z wyjątkiem diod sekundnika. Ze względu na chęć ograniczenia rozmiarów płytki obwodu drukowanego odstąpiłem od sztywno dotychczas przestrzeganych przez mnie zasad i rezystory ograniczające prąd płynący przez diody są wyjątkowo montowane w pozycji pionowej. Nie wygląda to najlepiej, ale pozwala na zaoszczędzenie sporej powierzchni. Tu pora na małą uwagę dotyczącą rezystorów R1..R60, których wartość została dobrana do tanich diod LED o nie najwyższej jakości.

ci. W przypadku zastosowania lepszych diod, wartość tych rezystorów należy niekiedy znacznie zwiększyć, czasami nawet do 1,5kΩ! W każdym przypadku, przed wlutowaniem rezystorów radziłbym przeprowadzić próbę i doświadczalnie ustalić ich optymalną wartość. Pamiętajmy, że multipleksowane wyświetlacze nie będą świecić zbyt jasno i światło emitowane przez diody nie powinno utrudniać odczytu cyfr na wyświetlaczach siedmiosegmentowych.

Wlutowanie w płytkę wszystkich elementów, z wyjątkiem diod LED, nie powinno nikomu sprawić większego kłopotu. Inaczej może mieć się sprawa z równym zamontowaniem 60 diod, ale na szczęście została przygotowana jeszcze jedna płytka, pełniąca funkcję w miarę efektywnej płyty czołowej zegara, a także mogąca posłużyć jako matryca ułatwiająca idealnie równe wlutowanie diod. Kolejność postępowania powinna być następująca:

1. Wkładamy wszystkie diody LED w przeznaczone dla nich otwory w punktach lutowniczych.



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej.

2. Skręcamy ze sobą płytę główną zegara i płytę czołową. Do skręcenia płyt możemy użyć śrubek i tulejek dystansowych odpowiedniej długości lub, w ostateczności trzech śrub o średnicy 3mm wyposażonych w trzy nakrętki.

3. Tak utworzony pakiet kładziemy na gładkiej powierzchni, płytą czołową w dół.

4. Wsuwamy wszystkie diody w otwory w płycie czołowej. Płyta czołowa odsunięta jest od płaszczyzny, na której leży na odległość ok. 2mm przez wystające łebki śrub, tak że diody będą trochę wystawać ponad jej powierzchnię.

5. Lutujemy wszystkie diody LED, mając absolutną pewność, że zostały one rozmieszczone idealnie równo.

Ostatnią czynnością będzie dołączenie do złącza BT1 baterii o napięciu 3V. Mogą to być np. dwie baterie typu AA połączone szeregowo. Baterie te będą wykorzystywane jedynie sporadycznie, a być może nigdy, jeżeli nie na-

stąpi przerwa w zasilaniu zegara. Jeżeli zatem zastosujemy baterie alkaliczne dobrego producenta, to powinny one wystarczyć na kilka lat pracy zegara. Dlatego też nie przewidziałem żadnych elementów mocujących awaryjne źródło zasilania i baterie można po prostu przykleić do płytki zegara, tak jak zostało to uczynione w układzie prototypowym.

Układ zegara zmontowany ze sprawdzonych elementów nie wymaga po zmontowaniu jakichkolwiek czynności uruchomieniowych i działa natychmiast po włożeniu zaprogramowanego procesora w podstawkę.

Na zakończenie należy jeszcze omówić sposób ustawiania aktualnej godziny i minut oraz czasu budzenia. Przejście do trybu ustawiania inicjowane jest krótkim naciśnięciem przycisku S1 (z lewej strony płyty czołowej). Odebranie przez procesor tego sygnału kwitowane jest krótkotrwałym włączeniem wszystkich segmentów wyświetlaczy LED, po czym możemy

przełączyć do ustawiania bieżącej godziny za pomocą przycisku S2. Po wykonaniu tej czynności naciskamy ponownie S1 i po dwukrotnym włączeniu wszystkich segmentów wyświetlaczy możemy ustawić minuty aktualnego czasu. Kolejne naciśnięcie S1 spowoduje zapisanie podanego czasu w rejestrach układu RTC, wyzerowanie rejestru sekund i przejście do trybu ustawiania czasu budzenia, co zostanie zasygnalizowane krótki sygnałem dźwiękowym. Czas budzenia ustawimy identycznie jak czas bieżący.

Podczas normalnej pracy zegara przycisk S2 służy do naprzemiennego włączania i wyłączania budzika. Włączenie alarmu sygnalizowane jest dwoma sygnałami akustycznymi, a wyłączenie jednym.

**Andrzej Gawryluk**

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/marzec01.htm> oraz na płycie CD-EP03/2001B w katalogu PCB.