



# Zegar „uniwersalny” DCF

kit  
2760  
AVT

## Do czego to służy?

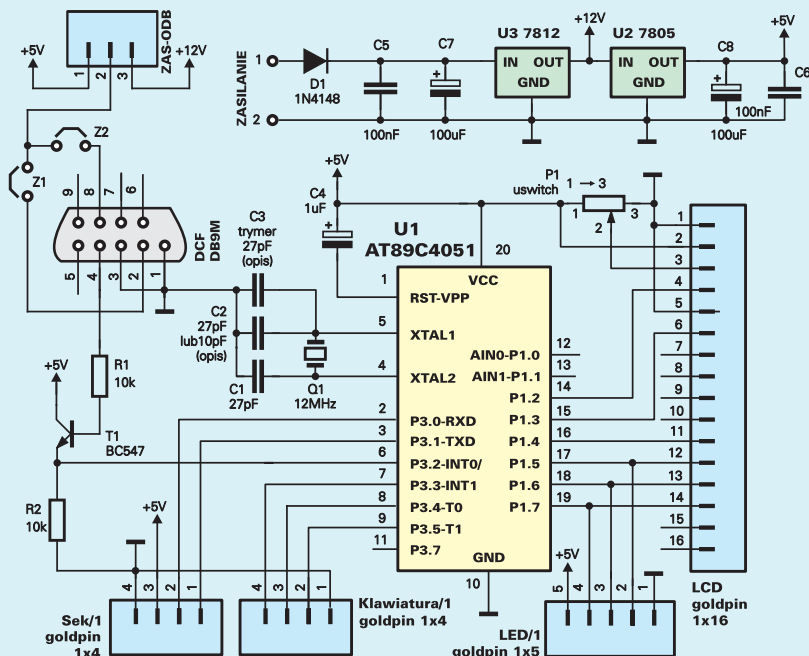
Prezentowane urządzenie jest najwzyczajniejszym w świecie zegarem. To jednak, co wyróżnia go spośród innych opisywanych już na łamach EdW, to fakt, iż potrafi sam się ustawić, wykorzystując do tego radiowy sygnał czasu DCF77. Sygnał ten nadawany jest z terenu Niemiec, a zasięg nadajnika to obszar o promieniu 2500km. Dodatkowo możliwa jest prezentacja bieżącego czasu na jednym z dwóch typów wyświetlaczy: LED i LCD – wystarczy załadować odpowiedni program. Wskazywany czas jest „uniwersalny” na terenie całej UE, a imponujący zasięg nadajnika przemawia za skorzystaniem z jego dobrodziejstw! Projekt wspomniany jest kompilatorem BASCOM-8051.

## Jak to działa?

Schemat ideowy zegara przedstawiono na rysunku 1. Całe urządzenie oparto o tani mikroprocesor rodziny '51 - AT89C4051, którego program sterujący pozwala na odbiór i dekodowanie sygnału DCF, obsługę wyświetlacza i komunikację z użytkownikiem za pomocą trójprzyciskowej klawiatury. Można wyróżnić kilka bloków głównej części projektu: jednostka centralna (mikroprocesor z oprogramowaniem), zasilacz, obwód doprowadzający sygnał DCF z odbiornika do procesora i złącza dla sekundnika, klawiatury oraz sterownika wyświetlaczy LED. Obwód rezonansowy składa się z rezonatora kwarcowego Q1 i trzech kondensatorów C1-C3. Rezonator stabilizuje częstotliwość pracy mikroprocesora

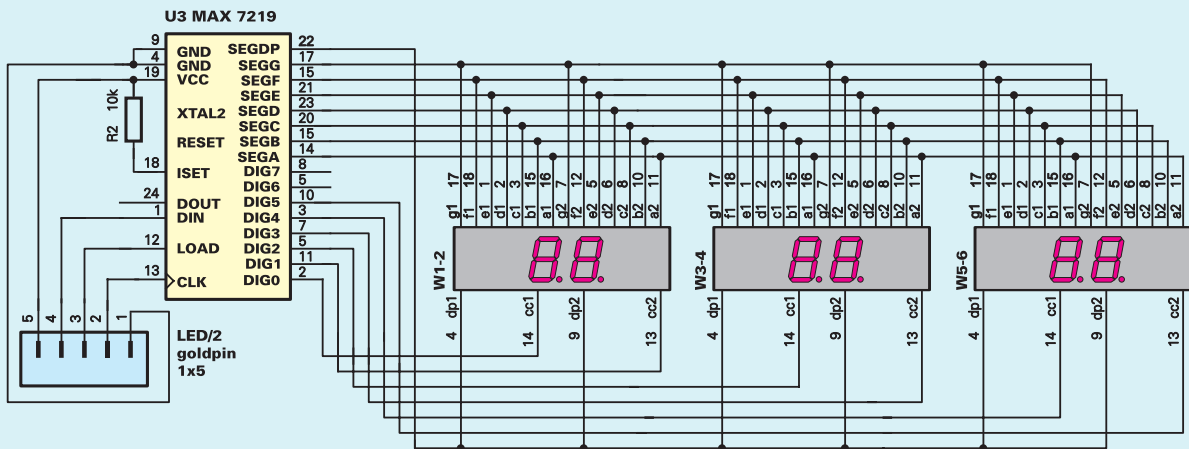
na poziomie 12MHz. Element C3 zaznaczony na schemacie jako kondensator to w rzeczywistości trymer 27pF. Służy on do dokładnego dostrojenia obwodu rezonansowego, od którego zależy dokładność generowania podstawy czasu. Ma to duże znaczenie w przypadku, gdy nie jest odbierany sygnał DCF, nie jest wykonywana okresowa synchronizacja i zegarek przez dłuższy czas musi pracować według własnego wzorca. Jego stosowanie jest zalecane tylko w przypadku, gdy zależy nam na dużej dokładności zegara, który na przykład nie posiada odbiornika DCF. Dokładnego dostrojenia można dokonać za pomocą miernika lub „na oko” poprzez delikatne przekręcanie trymera C3 i obserwację zachowań zegara w przeciągu dłuższego czasu. W przypadku montażu C3, C2 powinien być o wartości 10pF. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, by trymera C3 w ogóle nie montować i zastosować kondensatory C1, C2 o pojemności 27pF. Wówczas częstotliwość generatora będzie uzależniona od rozrzutu parametrów konkretnego egzemplarza kwarcu i w niewielkim stopniu od pojemności C1, C2. Przy częstej synchronizacji zegara ze wzorcem nie będzie to miało znaczącego wpływu na jego działanie. Zasilacz wykonany jest w oparciu o standardową aplikację stabilizatorów 7812 i 7805 dostarcza napięcie: +12V do zasilania odbiornika DCF i +5V do zasilania samego zegara. Dioda D1 służy zabezpieczeniu układu w przypadku nieprawidłowej polaryzacji napięcia zasilającego, którego wartość powinna wynosić około 15-18V. Kondensatory C5-C8 dodatkowo filtrują obwód zasilania. Sygnał DCF77 z odbiornika dociera do procesora, poprzez złącze DCF i układ dopasowujący złożony z elementów T1, R1, R2. Obecność tego obwodu jest związana z dopasowaniem sygnału z wyjścia odbiornika, bowiem niektóre ich typy, współpracujące bezpośrednio z portami COM komputerów, podają sygnał wyjściowy o amplitudzie

Rys. 1 Schemat ideowy zegara



wyższej niż zasilanie elektroniki zegara. W projekcie przyjmuje się za „1” logiczną (sygnału DCF pojawiającego się na 6. nóżce mikroprocesora) napięcie o wartości blisko +5V, natomiast logiczne „0” to napięcie bliskie 0V. Gdy impulsy o długości 100-200ms mają, po stronie odbiornika, wartość logicznej „1”, to montaż elementów T1, R1, R2 jest zbędny i należy połączyć zworą pin 2 złącza DCF z pinem 6 mikrokontrolera. W przeciwnym wypadku elementy te należy zamontować. Złącze DCF ma także wyprowadzone sygnały zasilania dla przyłączanego odbiornika. W przypadku, gdy jest on zasilany z innego źródła, należy obwód jego masy dołączyć do końcówki 1 złącza DCF, zaś końcówkę 8 pozostawić niepodłączoną. Dodatkowo należy zadbać, by sygnał wyjściowy odbiornika mieścił się w zakresie 0V do +12V (bez napięć ujemnych). Połączenie końcówek 3 i 1, oraz 2 i 9 złącza DCF jest celowe i służy poprawnemu zasilaniu odbiorników przystosowanych do współpracy z komputerowymi portami COM (np. firmy AMART Logic). Ze względu na możliwość wykorzystania odbiorników o różnych napięciach pracy, dostępna jest zwora ZAS-ODB, którą można decydować czy odbiornik zasilimy napięciem +5V, czy +12V. Gdy korzystamy z odbiornika pracującego przy napięciu +5V, możemy nie montować stabilizatora U3, a napięcie zasilające obniżyć do poziomu 8-12V. Jednocześnie należy zapewnić połączenie pomiędzy katodą D1 a wejściem U2 i odpowiednio ustawić zworę ZAS-ODB. W przypadku całkowitej rezygnacji z odbiornika DCF nie montujemy także T1, R1 i R2. Kondensator C4 włączony w obwód zerowania mikrokontrolera wymusza jego poprawny start po włączeniu zasilania. Złącze LED/1 służy do podłączania sześciocyfrowego modułu LED, zaś złącze LCD przewidziane jest dla wyświetlacza ciekłokrystalicznego o organizacji 2\*16 znaków. Potencjometr P1 umożliwia regulację kontrastu LCD i w przypadku rezygnacji z tego typu wyświetlacza P1 nie trzeba montować. Złącze

Rys. 2



SEK/1 jest przewidziane do sterowania sekundnikiem „telexpressowym” własnej konstrukcji, złożonym z 59 diod świecących, pracującym na zasadzie licznika (opis w dalszej części artykułu).

O ile sterowanie wyświetlaczem LCD odbywa się w pełni na poziomie programowym, o tyle sterowanie modułem LED jest warte opisanie. Do sterowania popularnych świecących ósemek wykorzystany jest doskonały układ MAX7219, który potrafi obsłużyć do ośmiu takich wyświetlaczy ze wspólną katodą w trybie multiplexowania. Schemat ideowy modułu LED przedstawiony jest na rysunku 2. Rezystor R2 ogranicza prąd świecących wyświetlaczy. Wykorzystanie układu specjalizowanego jest tu uzasadnione, gdyż nie trzeba pisać zawilego programu obsługi wyświetlania, a liczba linii sterujących jest ograniczona do trzech. Warto wspomnieć, że układ MAX7219 „przemiatą” wyświetlacz z częstotliwością ponad 1kHz, przy czym jasność jest wysoka i może być regulowana tak programowo, jak i sprzętowo (rezystor R2 i rejestr Intensity). Sterowanie układem MAX7219 przypomina pracę z pamięcią, której wysyła się pod odpowiedni adres odpowiednią daną. Procedura konfiguracji układu MAX7219 przedstawiona jest na listingu 1, zaś jego obsługi na listingu 2, gdzie zmienna Adres przechowuje adres rejestru, pod który ma zostać wysłana wartość znajdująca się w zmiennej Dana. Rejestry, w kolejności tak

Listing 1

```

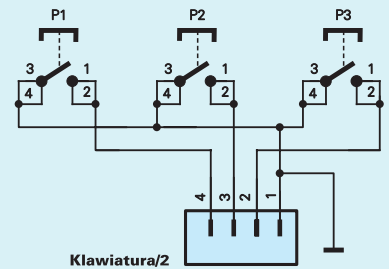
Adres = &H09           'rejestr dekodera
Dana = &H3F             'pozycje dekodowane -> 0-5 -> 3F
Call Wyslij_dane
Adres = &H0A           'rejestr intensity register
Dana = &H04             'jasnosc (0-F)
Call Wyslij_dane
Adres = &H0B           'rejestr scan-limit
Dana = &H05             'pozycje wyswietlane 0-5
Call Wyslij_dane
Adres = &H0F           'rejestr display-test
Dana = &H00             'tryb normalny
Call Wyslij_dane
Adres = &H0C           'rejestr shutdown
Dana = &H01             'wyswietlacz wlaczony
Call Wyslij_dane
    
```

Listing 2

```

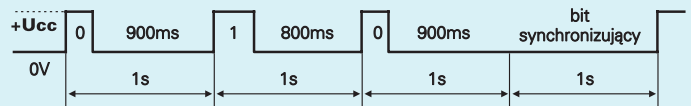
Sub Wyslij_dane
Clk = 0
Load_cs = 0           'start transmisji
For Licznik = 7 Downto 0 'adres od MSB do LSB
  Din = Adres.licznik
  Clk = 1
  Clk = 0
Next Licznik
For Licznik = 7 Downto 0 'dana od MSB do LSB
  Din = Dana.licznik
  Clk = 1
  Clk = 0
Next Licznik
Load_cs = 1           'koniec transmisji
End Sub
    
```

jak na listingu 1, oznaczają: które pozycje interpretują Daną jako kod BCD, jak jasno mają świecić segmenty, ile pozycji będzie multiplexowanych, jak ma się zachowywać



Rys. 3

Rys. 4





sterownik (normalna praca lub wszystkie segmenty zapalone) i czy włączyć wyświetlacz.

Do złącza LCD przypina się wprost moduł LCD, oparty o sterownik HD44780, zaś do złącza KLAWIATURA/1 - 3 przyciski zwierne chwilowe – mikroswitche. Ich zadaniem jest zwieranie do masy końcówek P3.3-P3.5.

Schemat budowy klawiatury przedstawiony jest na **rysunku 3**.

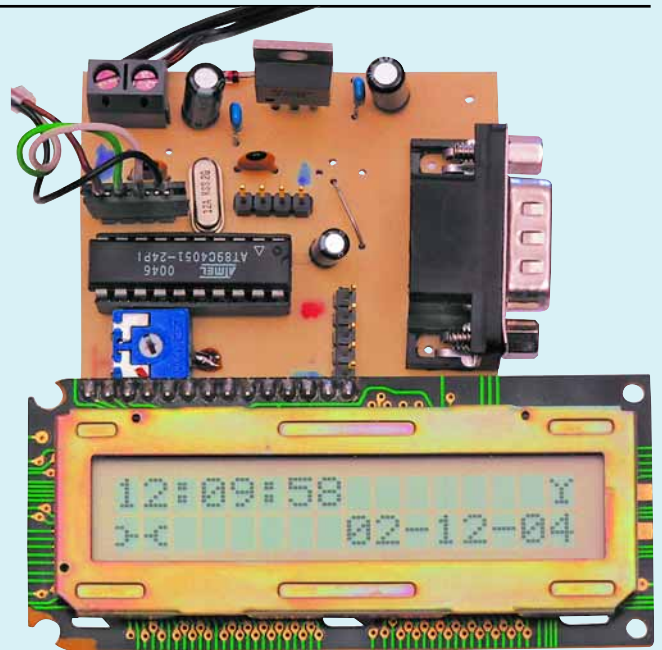
Program sterujący odbiera dane z odbiornika. Dane przesyłane są szeregowo i ułożone w następujący sposób: znak synchronizacyjny (brak sygnału), bit startu (o wartości „0”) i 58 bitów danych. Pojedynczy bit przesyłany jest w ciągu 1s, przy czym brak sygnału oznacza, że przez sekundę występuje stan logiczny niski, reprezentacją bitu danych o wartości zero jest impuls o długości 100ms plus 900ms niskiego stanu logicznego, zaś bitu danych o wartości jeden: impuls o czasie trwania 200ms plus 800ms stanu logicznego „0”. Ilustruje to **rysunek 4**. Oprogramowanie jest odporne na zakłócenia, reagując ignorowaniem odbieranej ramki danych. Pełna transmisja trwa dokładnie jedną minutę. Po zakończeniu odbierania danych następuje sprawdzanie sum kontrolnych, zabezpieczających transmisję i gdy wszystko jest w porządku, nastawa zegara zostaje skorygowana. Moment korekcji to dodatnie zbocze impulsu bitu 0, następnej, po odebraniu, ramki danych. Przy dobrym dostrojeniu obwodu rezonansowego moment korekcji nie powinien być zauważalny (przeskoki sekund, ew. minut). Możliwe jest, że jeszcze podczas transmisji procesor zrezygnuje z dalszego odbioru. Przyczyną może być stwierdzenie uzyskiwania nieprawidłowych danych, podczas gdy ich wartości są znane, bowiem w sygnale DCF występują pewne charakterystyczne i niezmiennicze bity. I tak: bity 0-14 mają zawsze wartość 0, zaś bit 20 ma wartość 1. Oprogramowanie dopuszcza, w pewnych granicach, niezgodność czasów trwania poszczególnych części odbieranego sygnału. Po ich przekroczeniu traktowane jest to jako zbyt duże zniekształcenie, co oczywiście oznacza błąd. Wykrycie błędu powoduje wstrzymanie odbioru do najbliższego znaku synchronizacyjnego oraz wygaszenie znaku informującego o odbieraniu danych.

W zależności od tego, jaki typ wyświetlacza został wybrany przez użytkownika do pamięci mikroprocesora, musi zostać załadowany odpowiedni program. Jako że zarówno zegar z wyświetlaczem LCD, jak i LED prezentują się odmiennie, oba rozwiązania mają nieco inną funkcjonalność. Bierze się to stąd, że wyświetlanie oparte o wyświetlacz LED nadaje się bardziej do prezentowania głównie godziny (np. w miejscach publicznych lub tam, gdzie zależy nam na dużej jasności), a po dodaniu „teleexpressowego” sekundnika zastosowanie wydaje się jeszcze bardziej użyteczne tam, gdzie obserwujemy wpływający lub dobiegający czas. Może studio nagraniu

we? Wyświetlacz LCD ze swej natury jest przystosowany do ukazywania większej ilości informacji. W artykule opisuję jednocześnie zachowanie obu typów. Organizacja wyświetlacza ciekłokrystalicznego jest następująca: w pierwszej linii bieżąca godzina GG:MM:SS plus graficzny znak odbioru sygnału (antenka), w drugiej linii znaczek opcji (kluczyk) i data DD-MM-RR. Organizacja wyświetlacza LED jest następująca: GG:MM:SS z tym, że dwukropek pomiędzy minutami a sekundami to znak odbioru sygnału z odbiornika.

Układ klawiatury dla wersji LCD powinien być taki, żeby przyciski P1-P3 znajdowały się kolejno: z lewej, w środku i z prawej strony pod wyświetlaczem. Umożliwi to bardzo intuicyjne poruszanie się po menu. Wciśnięcie przycisku P1 powoduje wejście w tryb ręcznej nastawy zegara. Opcja ta umożliwi pracę zegara nawet wtedy, gdy nie posiadamy odbiornika DCF77 lub z różnych względów odbiór nie jest możliwy. W wersji LCD przyciski P1 i P3 służą do przechodzenia pomiędzy sekcjami godziny i daty, a przycisk P2 powoduje inkrementację nastawy wybranej sekcji. Sekcje owe na wyświetlaczu są oznaczone pojawiającymi się strzałkami. Zakończenie nastawy następuje po wciśnięciu P2, podczas gdy na wyświetlaczu widnieje napis „KONIEC NASTAWY”. W wersji z wyświetlaczem LED po wejściu w tryb nastawy zegara przyciski P1 i P2 zwiększają wartość kolejno: godzin i minut. Wciśnięcie P3 kończy proces nastawy. Zegar w wersji LED podaje jedynie bieżący czas, więc nie ma możliwości nastawy daty. Podczas normalnej pracy wciśnięcie P2 powoduje podanie czasu i daty ostatniej synchronizacji naszego zegara ze wzorcem (oba typy). Gdy wyświetlany jest bieżący czas, przy próbie wejścia w tryb nastawy czasu lub wyświetlenia informacji o ostatniej korekcie reakcja na wciśnięty przycisk może wynieść, w najgorszym przypadku, 1s. Bierze się to stąd, iż stan klawiatury badany jest przy okazji każdorazowego odświeżania zawartości wyświetlacza, co ze zrozumiałych względów odbywa się cyklicznie co 1s.

Po włączeniu zasilania zegar zostaje ustawiony na godzinę 12:00:00 i datę 1 stycznia 2000 roku (LCD). Gdy rozpocznie się odbiór sygnału DCF (po znaku synchronizacji), zapali się dioda informująca, w przypadku LED, lub pojawi się antenka, w przypadku LCD. Po poprawnym odebraniu i zdekodowaniu da-



nych następuje korekta. Znak odbioru DCF zostaje wygaszony, a cykl odbioru rozpoczyna się od nowa.

## Program sterujący

Omawiane programy dla obu wersji zegara są dostępne w postaci źródłowej na stronie internetowej EdW w dziale *Download*. Są one dość wyraźnie skomentowane, więc w artykule tylko z grubsza opiszę ich strukturę. Na początku garść informacji dla kompilatora, konfiguracji sprzętowej mikrokontrolera i wyświetlaczy, deklaracji zmiennych i podprogramów. Następnie ustalane są warunki początkowe i następuje główna pętla programu. Timer T0 pracuje w trybie 2, co oznacza, że przy każdym przepełnieniu się jego 8-bitowego licznika następuje wywołanie przerwania i automatyczne załadowanie wartości początkowej (która znajduje się w drugiej 8-bitowej połowie 16-bitowego rejestru T0 pracującej tu jako pamięć). Wczytywanie wartości 56 przy kwarcu 12MHz powoduje cykliczne wywoływanie przerwania od T0 co 200us. Zliczanie tych zdarzeń pozwala na obliczanie części sekund, sekund i dalej upływającego czasu. Dzieje się to w programie obsługi omawianego przerwania: *co\_200\_us*. W momencie zliczenia kolejnej sekundy ustawiana jest flaga *zmiana\_sekundy*, która jest wykorzystywana do określania momentu odświeżania wskazań wyświetlacza. Taka realizacja obciąża procesor, który w międzyczasie wykonuje inne zadania i tylko raz na sekundę musi zająć się aktualizacją zawartości wyświetlacza. Gdyby nie takie podejście do sprawy, mogłoby się okazać, że przy odbiorze sygnału DCF występowałyby błędy. Konstrukcja programu wymusza jego przejście do podprogramu *synchronizacja*, który wyszukuje początek transmisji nowej ramki danych DCF. Działą to na zasadzie badania czasu trwania niskiego stanu logicznego na końcówce

P3.2. Gdy stan ten utrzymywał się w przedziale 1,7-2s, to program uznaje, że jest to znak początku transmisji i przechodzi do podprogramu odbierającego dane. W przypadku niemieszczenia się w zadanych granicach czasowych, program uznaje to za błąd i ostatecznie ponownie próbuje znaleźć poszukiwany sygnał synchronizacyjny. Po udanej próbie synchronizacji na podobnej zasadzie następuje odbiór poszczególnych bitów danych. Różnica jednak polega na tym, że tu mierzone są długości obu stanów logicznych. Wartości czasów akceptowane przez program to: dla bitu danych „0” impuls -> 80-120ms, dla bitu danych „1” impuls -> 180-220ms oraz stan niski (dla uproszczenia programu w obu przypadkach) < 950ms. Gdy wszystkie odbierane dane mieszczą się w sensownych przedziałach, są następnie za pomocą podprogramu *przelicz\_dane* przeliczane i umieszczane w odpowiednich zmiennych. Konstrukcja tej części uwalnia procesor od potrzeby każdorazowego zerowania zmiennych przed rozpoczęciem odbioru. Odbiór pierwszego, najmniej znaczącego bitu każdej zmiennej powoduje nadpisanie poprzedniej wartości. Po zakończeniu odbierania 58. bitu następuje porównanie wartości bitów parzystości zabezpieczających transmisję z wartościami obliczonymi na podstawie odebranych danych. Polega to na sprawdzeniu, czy w bloku danych zabezpieczanym przez jeden z trzech bitów parzystości występuje parzystość, czy też nie (liczba jedynek (w systemie dwójkowym)). Gdy dane są spójne, jest to równoznaczne z poprawnym odebraniem danych. Teraz zegar oczekuje (co najmniej 1,8s) na narastające zbocze sygnału z odbiornika (bit 0) i następuje korekta zegara. Te 1,8s związane jest ze stanem logicznym niskim bitu 59 i synchronizacją. Cały cykl rozpoczyna się od nowa. Pomimo że impuls znajduje się na początku transmitowanego znaku, program odbierający dane, ze względu na swoją pierwotną postać, najpierw oblicza czas logicznego „0” z poprzedniego bitu, po czym czas trwania logicznej „1” bieżącego bitu. Na podstawie długości logicznej „1” określa, jaki aktualnie transmitowany jest znak, zaś pomiar długości logicznego „0” z poprzedniego bitu wykazuje, czy

sygnał nie jest zniekształcony. Nie ma to jednak większego znaczenia, jeśli chodzi o sam odbiór danych.

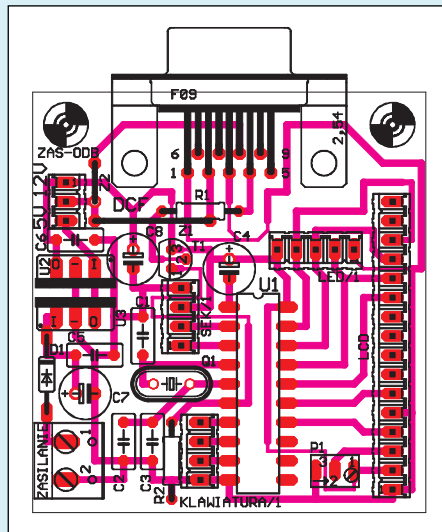
## „Teleekspresowy” sekundnik

Koncepcja sekundnika jest prosta. Jego budowa polega na wykonaniu licznika zliczającego dodatnie impulsy z linii P3.0. Każdy z nich powinien zaświecać o jedną diodę LED więcej. Diody mają być ułożone wokół wyświetlacza. Impuls z P3.1 powinien wygasić wszystkie diody. Nie podaję tu konkretnego schematu, gdyż to zależy już od możliwości i fantazji wykonawcy. Można zrealizować to poprzez kaskadowe połączenie liczników lub też rejestrów (np. '164).

## Montaż i uruchomienie

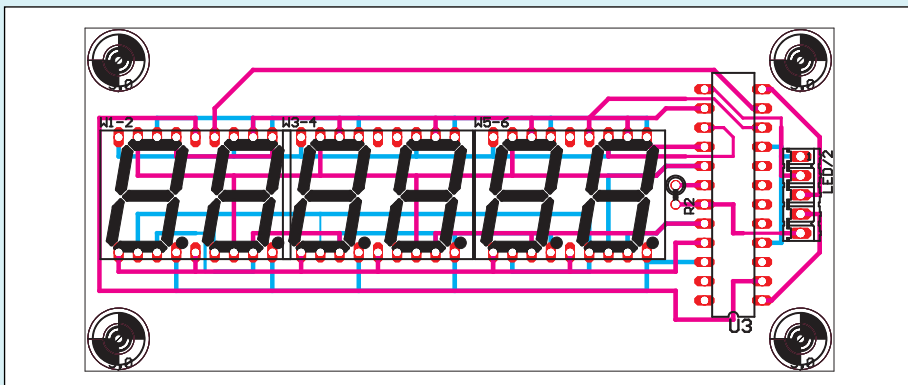
Mozaikę ścieżek płytki drukowanej sterownika przedstawia **rysunek 5**, a płytki wyświetlacza – **rysunek 6**. Płytki zostały zaprojektowane w programie Eagle 4.03.

Montaż nie jest trudny, a gęstość upakowania elementów na płytce nie jest wysoka. To, na co należy zwrócić uwagę, to kolejność przewodów łączących główny sterownik



Rys. 5 Schemat montażowy sterownika

Rys. 6 Schemat montażowy wyświetlacza



z peryferiami. Układ zmontowany ze sprawnych elementów pracuje od razu poprawnie. Jedynej korekcie podlega częstotliwość obwodu rezonansowego za pomocą C3. Dla wersji LCD nie trzeba montować złącz: SEK/1, LED/1 i wykonywać modułu LED. Dla wersji LED nie trzeba montować złącza LCD i potencjometru P1. Płytki drukowane dla klawiatury, modułu LED i sekundnika należy wykonać we własnym zakresie, gdyż ilu będzie wykonawców tej wersji układu, tyle pomysłów na wielkość, kształt i budowę tych peryferii.

## Możliwości zmian

Jako że dostępne są wersje źródłowe obu programów, niektórzy z Czytelników będą chcieli dokonać pewnych zmian lub modyfikacji. Każdy z programów można „odchudzić”, usuwając z niego procedury ręcznej nastawy i obsługi przycisków. Daje to w pełni autonomiczny zegar, lecz podatny na przerwy w odbiorze sygnału DCF77. Takie odchudzenie programu w wersji LED spowoduje, że z pewnością zmieści się we wnętrzu procesora z 2KB pamięci (AT89C2051). Sygnał docierający z odbiornika nieprzypadkowo dociera na wejście INTO. Daje to w przyszłości możliwość napisania oprogramowania w oparciu o procedury przerwań.

Grzegorz Kaczmarek  
ky3orr@poczta.onet.pl

## Wykaz elementów

<b>Rezystory</b>	
R1, R2	1KΩ
P1	potencjometr 50kΩ
<b>Kondensatory</b>	
C1	27pF
C2	27pF lub 10pF (patrz opis)
C3	trymer 27pF (patrz opis)
C4	1μF
C5, C6	100nF
C7, C8	100μF
<b>Półprzewodniki</b>	
D1	1N4148
T1	BC547
U1	AT89C4051
U2	7805
U3	MAX7219
W1-W6	wyświetlacze LED (WC)
<b>Inne</b>	
Q1	kwarc 12MHz
Wyświetlacz LCD 2X16	
P1-P3	μswitch
DCF	DB9M
SEK/1/2, KLAWIATURA/1/2	listwa goldpin 1X4
ZAS-ODB	listwa goldpin 1X3
LED/1/2	listwa goldpin 1X5
LCD	listwa goldpin 1X16
ZASILANIE	ARK2

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2760. AVT-2760/1 - wersja z wyświetlaczem LCD AVT-2760/2 - wersja z wyświetlaczem LED