

Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji. Prosimy o nadsyłanie własnych projektów z modelami (do zwrotu). Do artykułu należy dołączyć podpisane oświadczenie, że artykuł jest własnym opracowaniem autora i nie był dotychczas nigdzie publikowany. Honorarium za publikację w tym dziale wynosi 250,- zł (brutto) za 1 stronę w EP. Przyniesionych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

Rewolucyjny zegar

Projekt
191

Metodę pomiaru czasu dobowego w systemie 24-godzinnym prawdopodobnie zawdzięczamy starożytnym Sumerom i Babilończykom. W czasach Rewolucji Francuskiej, w dobie rozwoju nauk przyrodniczych, próbowano zastąpić ją zegarem wskazującym czas w systemie dziesiętnym, ale ta metoda nie przyjęła się. Dziś, dla celów pomiarów czasów trwania wielu zjawisk fizycznych zegar dziesiętny byłby wygodniejszy, ale jego przyjęcie do użytku wymagałoby zmiany przyzwyczajeń. Prezentowany zegarek odmierza czas wyświetlając go w systemach tradycyjnym, 10- i 20-godzinnym.



Założeniem przyjętym przy konstruowaniu zegara był podział doby na 10 godzin umownych, godziny umownej na 100 minut umownych, minuty umownej na 100 sekund umownych. Doba zostaje w ten sposób podzielona na 100000 umownych jednostek, co znacznie ułatwia rejestrację czasu trwania różnych zjawisk i procesów.

Rozważania na temat wzorca czasu

Liczba 100000 umownych jednostek kojarzy się z biologiczną skalą czasu wyznaczaną rytmem pracy serca ludzkiego. Na **rysunku 1** pokazano fragment wykresu EKG, którego osią poziomą jest oś czasu. Podręczniki medycyny podają, że odległość pomiędzy wierzchołkami dwóch kolejnych załamków R jest wyrazem czasu trwania jednego cyklu pracy serca. Przeciętne serce pracuje w rytmie od 60 do 80 cykli na minutę, czyli wykonuje od 86400 do 115200 cykli w ciągu doby.

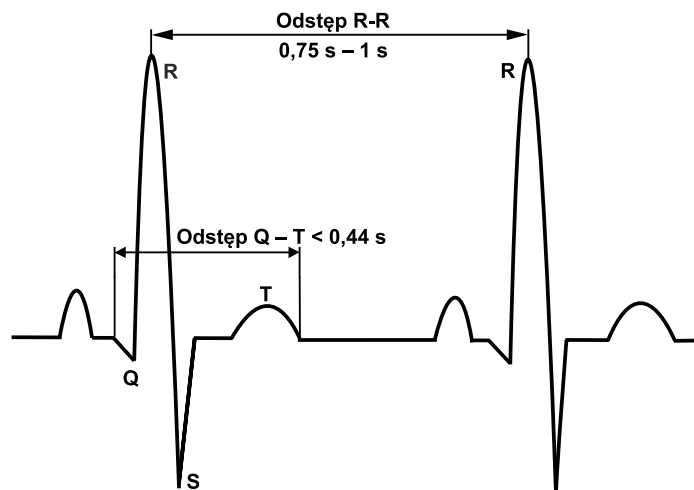
Przy założonej liczbie 100000 cykli, czas trwania jednego cyklu wyniesie 1/100000 część doby.

Do realizacji zegara biologicznego (10-cio godzinnego) za jednostkę umowną przyjęta została *sekunda10* równa 1/100 000 doby. Odstęp Q-T na wykresie EKG mie-

rzony od początku zespołu QRS do końca załamka T jest określane w medycynie jako czas trwania potencjału czynnościowego komór sercowych. Czas ten nie powinien przekraczać 0,44 s. Jest zatem bardzo zbliżony do połowy czasu trwania pełnego cyklu pracy serca i z założenia wyniesie 1/200000 część doby. Do realizacji zegara 20-godzinnego za jednostkę umowną przyjęta została *sekunda20* równa 1/200 000 doby. Zegar

ten musi być zatem dwukrotnie szybszy od zegara 10-godzinnego. Za to ma dwukrotnie wyższą rozdzielczość. Jest ona w zakresie godzin zbliżona do rozdzielczości zegara 24-godzinnego.

Daje się jednak zauważyć, że zdefiniowanie jednostek *sekunda10* i *sekunda20* w oparciu o biologiczną skalę czasu jest nieprecyzyjne. Tak rytm pracy serca, jak i długość doby słonecznej zmieniają się.



Rysunek 1. Wykres EKG z zaznaczonymi czasami charakterystycznymi

W oparciu o czas astronomiczny *sekunda10* i *sekunda20* są odpowiednio:

$1/36\ 524\ 218,966980$ i $1/73\ 048\ 437,933960$ częścią roku zwrotnikowego 2000.

Też niedobrze. Przeliczanie tak zdefiniowanych jednostek byłoby „astronomicznie” kłopotliwe.

Najbardziej odpowiednie wydaje się zdefiniowanie jednostek czasu *sekunda10* i *sekunda20* w oparciu o czas atomowy wzorując się na Międzynarodowym Układzie Jednostek Miar SI.

Doba zegarowa liczy 86400 s. *Sekunda10* to 1/100000 część doby, czyli 0,864 s. *Sekunda* to czas równy 9162631770 okresów promieniowania atomu cezu. Zatem *sekunda10*

jest to czas równy 7916513849,28 okresów promieniowania. Dla uniknięcia niecałkowitej liczby okresów, za jednostkę podstawową należałoby tu uznać 100-krotnie większą *minutę10*. *Sekunda10* byłaby wtedy jej jednostką pochodną – *centyminutę10*. Identycznie byłoby w przypadku *sekundy20*.

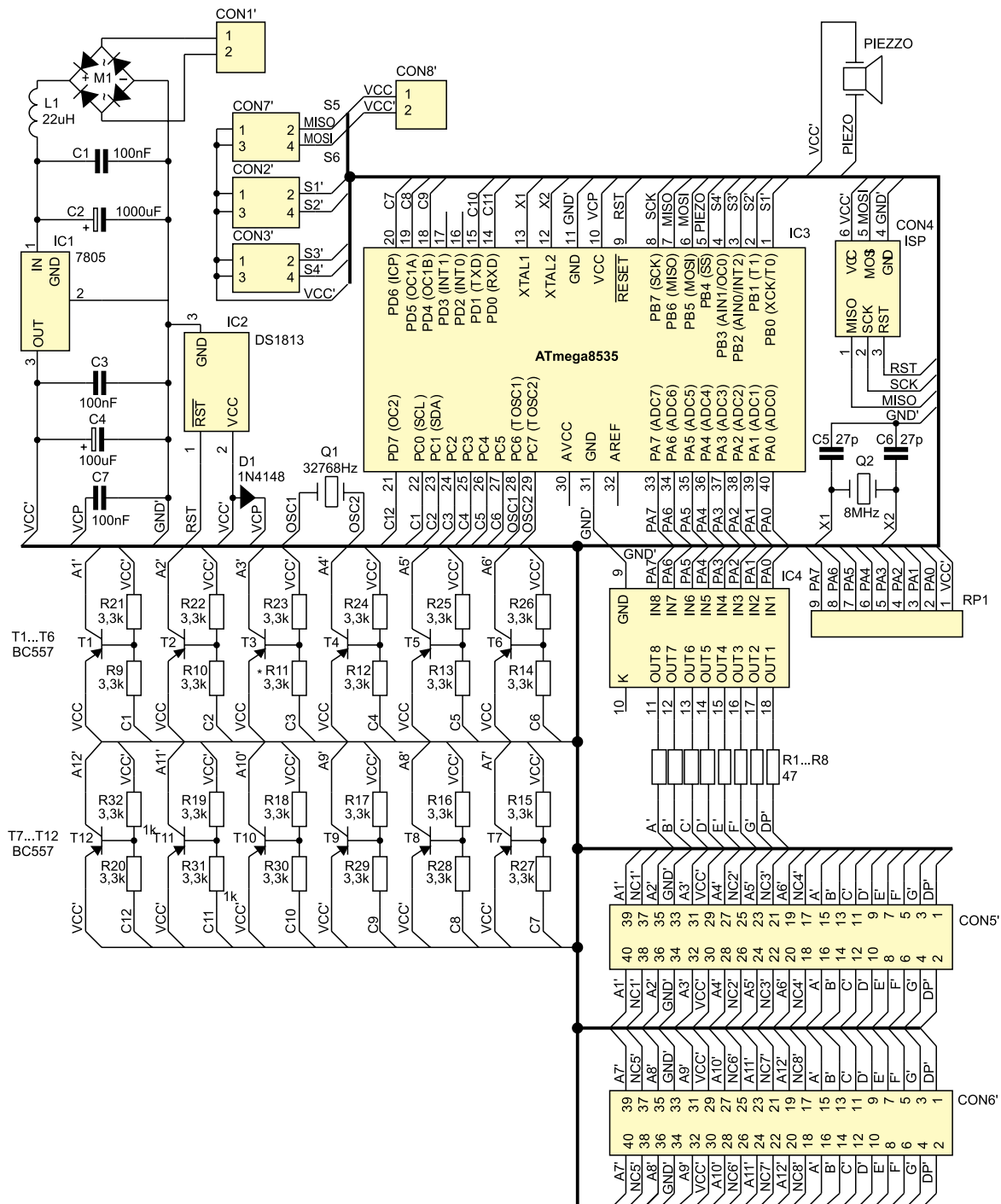
Ostatecznie przyjęto, że *minuta10* to czas równy 791 651 384 928 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu ¹³³Cs (cezu 133). *Minuta20* to czas równy 395825692464 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu ¹³³Cs (cezu 133).

Z powyższych definicji oraz definicji sekundy w układzie SI wynika, że $cMin10=0,864$ s, a $cMin20=0,432$ s. Albo inaczej: $Sec10=864$ ms, $Sec20=432$ ms. Kapitalną właściwością tych zależności jest możliwość ich przedstawienia w postaci nieskracalnych ułamków właściwych, co podczas dokonywania konwersji pomiędzy jednostkami umożliwia wykonywanie działań na liczbach całkowitych (0,864=108/125; 0,432=54/125).

Opis działania zegara

Zegar odmierza czas dobowy jednocześnie w trzech systemach jednocześnie:

10-godzinnym, 20-godzinnym oraz 24-godzinnym. W dalszej części opisu



Rysunek 2. Schemat ideowy sterownika zegara

określone są one skrótowo jako **czas10**, **czas20** i **czas24**. Jednocześnie wskazywany jest czas w dwóch systemach: 24-godzinnym i w jednym z pozostałych. Jako wskaźniki służą dwa 6-cyfrowe wyświetlacze LED.

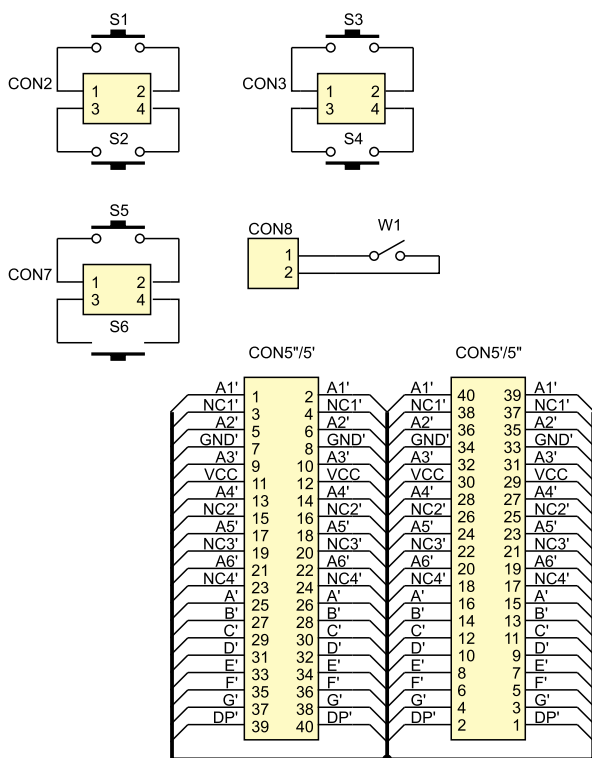
Mniejszy, pomocniczy, jest nazwany „wyświetlaczem A”, natomiast większy, główny „wyświetlaczem B”. Wyświetlacz A może być w każdej chwili wyłączony lub włączony. Takie rozwiązanie stwarza możliwość wskazywania czasów aż w siedmiu trybach: 24/10, 24/20, 10/24, 20/24, -/10, -/20, -/24 (pierwsza liczba to czas wskazywany przez wyświetlacz A, druga przez wyświetlacz B).

Czas wskazywany na wyświetlaczu B można skorygować ręcznie. Korekcie podlegają godziny i minuty, sekundy są zerowane. Pozostałe dwa czasy są w tym przypadku przeliczane.

Potwierdzenie przez użytkownika dokonanych nastaw powoduje, że od tego momentu wszystkie trzy czasy ponownie będą niezależnie. Czasy mogą być ustawiane w każdym trybie. Oto przykłady:

- ustawiony w trybie 10/24 czas24=8:08:00 odpowiada czas10 =3:38:89 i czas20 =6:77:78,
- ustawiony w trybie 24/10 czas10=5:69:00 odpowiada czas20 =11:38:00 i czas24 =13:39:22,
- ustawiony w trybie -/20 czas20=19:95:00 odpowiada czas10 =9:97:50 i czas24 =23:56:24,

Schemat elektryczny zegara pokazano na **rysunku 2**. Jego głównym elementem jest



Rysunek 3. Schemat kabli połączeniowych pomiędzy modułami zegara

Wykaz elementów Sterownik

- Rezystory:**
 R1...R8: 47 Ω
 R9...R32: 3,3 kΩ
 RP1: drabinka rezystorowa 8×10 kΩ
- Kondensatory:**
 C1, C3, C7: 100 nF
 C2: 1000 μF/25 V
 C4: 100 μF/10 V
 C5, C6: 27 pF
- Półprzewodniki:**
 D1: 1N4148
 IC1: 7805
 IC2: DS1813
 IC3: ATMEGA8335
 IC4: ULN2803
 T1...T12: BC557
- Inne:**
 CON1': ARK3
 CON2', CON3', CON7': 2×2 goldpin
 CON4: 2×3 goldpin
 CON5': BH-40S (Z-WS40G) wtyk męski 2×20-prosty do druku
 CON6': PBD-40S (Z-BL20/2G) gniazdo żeńskie 2×20, proste, do druku
 CON8': 1×2 goldpin
 L1: dławik 22 μH
 M1: mostek prostowniczy 2 A
 Q1: rezonator kwarcowy 32,768 kHz
 Q2: rezonator kwarcowy 8 MHz
 PIEZZO: przetwornik piezoelektryczny z generatorem

Wyświetlacz A

- Rezystory:**
 R33: wg opisu
- Półprzewodniki:**
 D2, D3: LED 2 mm w kolorze wyświetlaczy

- DS1...2: DA36 (Kingbright) wyświetlacz 7-segmentowy, podwójny, 9 mm – wspólna anoda
 DS3-4, DS5-6: DA56 (Kingbright) wyświetlacz 7-segmentowy, podwójny, 14 mm – wspólna anoda
- Inne:**
 CON5'': BH-40S (Z-WS40G) wtyk męski 2×20 – prosty do druku

Wyświetlacz B

- Rezystory:**
 R34: wg opisu
- Półprzewodniki:**
 D4, D5: LED 3 mm w kolorze wyświetlaczy
 DS7-8: DA56 (Kingbright), wyświetlacz 7-segmentowy, podwójny, 14 mm – wspólna anoda
 DS9, DS10, DS11, DS12: SA08 (Kingbright) wyświetlacz 7-segmentowy, 20 mm – wspólna anoda
- Inne:**
 CON6'': BH-40R (Z-WS40W) wtyk męski 2×20 – kątowny do druku
 CON2, CON3, CON7: BLD-04 gniazdo żeńskie 2×2 z przewodami
 CON5'5'', CON5'5': IDC-40pin (Z-FC40) gniazda żeńskie 2×20 do zaciskania na taśmie
 CON8: BLD-02 gniazdo żeńskie 1×2 z przewodami
 S1, S2, S3, S4, S5, S6: przycisk zwierny (monostabilny)
 W1: przycisk włącz/wyłącz (bistabilny)
 Obudowa Z-2A + filtr w kolorze wyświetlaczy
 Taśma 40-to żyłowa: odcinek ok. 100 mm
 Elementy do montażu mechanicznego: wg opisu i rysunku

mikrokontroler ATmega8535, a konstrukcja raczej nie odbiega od podobnych tego typu. Podstawowa różnica polega na tym, że procesor odmierza dodatkowo odcinki czasu o długości 432 ms i 864 ms oraz multipleksuje nie 4 czy 6, ale 12 wyświetlaczy siedmiosegmentowych LED ze wspólną anodą.

O wyborze typu mikrokontrolera zdecydowały liczba dostępnych linii I/O, 3 liczniki, asynchroniczny RTC, możliwość programowania go na płytce układu docelowego (ISP) oraz 8 kB dostępnej pamięci Flash.

Widoczne na schemacie złącza: CON2', CON3', CON7' i CON8' służą do dołączenia płytki sterownika do panelu sterowania zegarem. Panel jest złożony z 5 przycisków programowych: S1, S2, S3, S5, S6 (S4 niewykorzystany) oraz sprzętowe go W1. Przyciski połączone są z liniami portu PB procesora. Schematy połączeń po-

między poszczególnymi modułami zegara pokazano na **rysunku 3**, natomiast wygląd panelu z przyciskami na **rysunku 4**.

Sterowanie segmentami i punktami dziesiętnymi wyświetlaczy odbywa się za pomocą portu PA procesora. Ponieważ wszystkie linie tego portu są dodatkowo wejściami analogowymi procesora, musiały one zostać podciągnięte do plusa zasilania. Sterowanie segmentami cyfr i przecinkiem dziesiętnym odbywa się za pośrednictwem driverów mocy układu IC4 (ULN2803). Wspólnymi anodami wyświetlacza A sterują linie portu PC, anodami wyświetlacza B linie portu PD. Zasilanie anod jest włączane poprzez tranzystory T1...T12.

Mikrokontroler jest taktowany przebiegiem uzyskiwanym na bazie rezonatora kwarcowego Q2 (8 MHz). Rezonator Q1 (32,768 kHz) stabilizuje częstotliwość dodatkowego oscylatora RTC. Brzęczyk PIEZZO jest połączony z PB4. CON4 to złącze służące do programowania procesora w systemie. Złącza CON5' i CON6' służą do połączenia sterownika z wyświetlaczami A i B. Każdy z nich zmontowany jest na odrębnej płytce. Schematy wyświetlaczy pokazują **rysunek 5** (wyświetlacz A) i **rysunek 6** (wyświetlacz B).

Na CD: karty katalogowe i noty aplikacyjne elementów oznaczonych w wykazie elementów kolorem czerwonym



Diody LED D2...D5 spełniają rolę dwukropków oddzielających godziny od minut. Wartości rezystorów R33 i R34 należy tak dobrać, aby jasności tych diod i cyfr wyświetlaczy były wyrównane. Złącza CON5" i CON6" służą do połączenia wyświetlaczy A i B ze sterownikiem.

Wewnętrzne układy zegara są zasilane napięciem 5 V. Do złącza zasilania zewnętrznego CON1' należy dołączyć zasilacz 7...10 V (AC lub DC) i obciążalności 150 mA. Dioda D1 służy do obniżenia napięcia zasilania samego procesora do ok. 4,4 V. Okazało się to niezbędne do prawidłowego działania układu zegara RTC z oscylatorem Q1. Dławik L1 został zamontowany już po uruchomieniu zegara, kiedy okazało się, że podczas wyłączania lampki na biurku, zegar restartuje się. Rozwiązało to częściowo problem, którego w ogóle nie było, gdy zegar i lampka były zasilane z innych gniazdek sieci 230 V.

Montaż

Schemat montażowy sterownika pokazano na **rysunku 7**, wyświetlacza A na **rysunku 8**, natomiast wyświetlacza B na **rysunku 9**.

Elementy zegara rozmieszczone zostały na trzech dwustronnych płytkach drukowanych bez metalizacji otworów. Po stronie elementów ścieżki są tak zaprojektowane, aby płytki można było wykonać na laminacie jednostronnym zastępując te ścieżki zworami.



Rysunek 4. Wygląd panelu sterowania z przyciskami

My wiemy **kto** wie...



www.automatyka.pl

Serwis branżowy www.automatyka.pl gromadzi informacje o produktach i usługach z branży automatyki przemysłowej. Zasoby Serwisu tworzone są samodzielnie przez zarejestrowane firmy. Każda z nich wprowadza informacje o własnej ofercie, produktach, usługach, wydarzeniach. Dzięki temu Serwis prezentuje żywy, stale aktualny obraz branży. Jest szybkim i skutecznym środkiem komunikacji pomiędzy uczestnikami rynku.

www.automatyka.pl – cała branża w zasięgu ręki

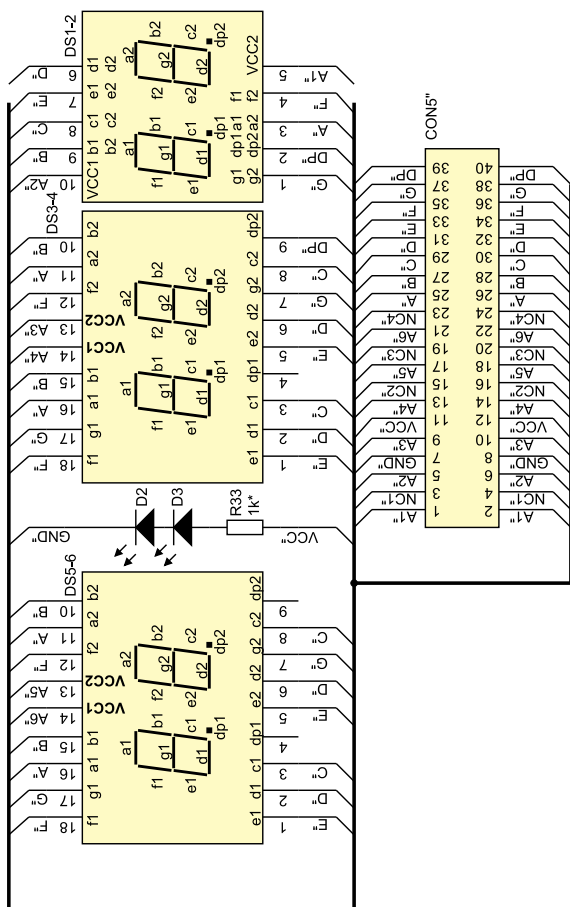
Płytkę sterownika montujemy w sposób klasyczny: najpierw przelotki lub zworki, potem kolejno rezystory, podstawki DIP, złącza i gniazda, tranzystory, diode, kondensatory zwykłe i elektroliyczne oraz pozostałe elementy. Rezonatory Q1 i Q2 były umieszczone w podstawkach. Stabilizator napięcia IC1 przy zasilaniu napięciem powyżej 9 V grzeje się i dobrze jest zaopatrzyć go w radiator.

Większej uwagi wymaga montaż płytek wyświetlaczy A i B. W zegarze umieszczone są one względem siebie kaskadowo i połączone mechanicznie czterema odcinkami miedzianego drutu 2 mm oraz tulejkami o długości 5 mm. Odcinki drutu lutowane są do płytki B od strony elementów. Miejsca lutowania znajdują się pod wyświetlaczami DS9 i DS12, dlatego konieczne należy wlotować druty przed wlutowaniem w płytkę B obu tych wyświetlaczy.

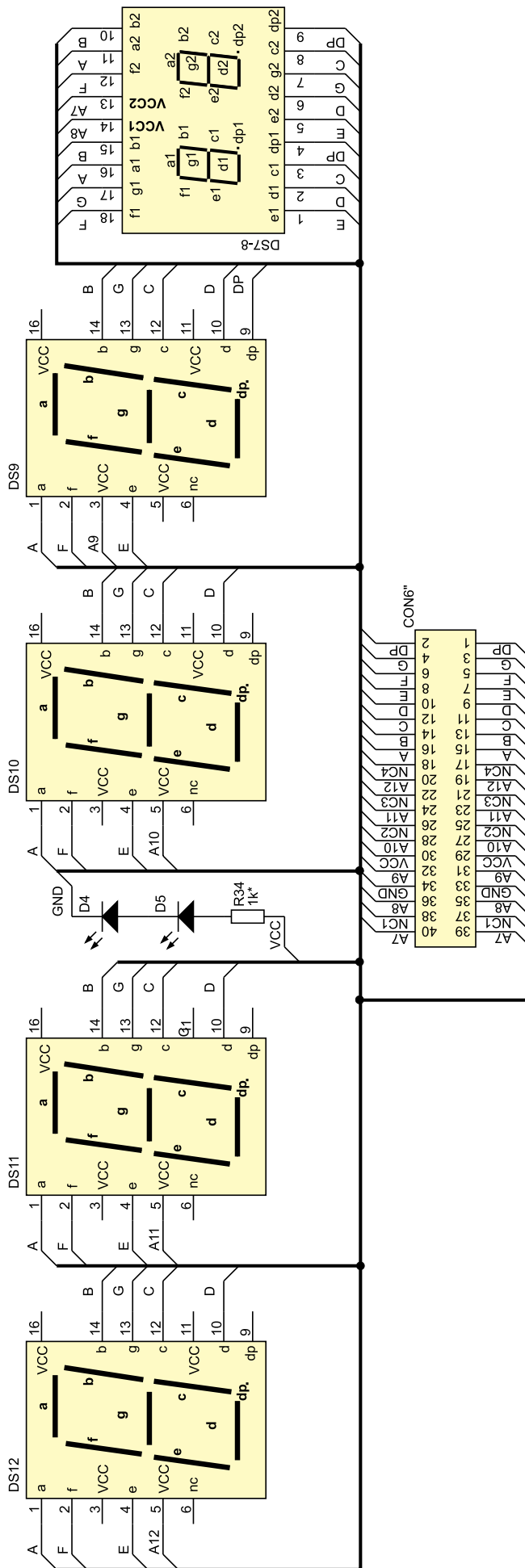
Do płytki B wyświetlacze lutuje się bezpośrednio. Aby czoła wszystkich wyświetlaczy po połączeniu obu płytek znalazły się w jednej płaszczyźnie, wyświetlacze na płytce A muszą być od tej płytki odsunięte. W miejscu wyświetlaczy na płytce A należy wlutować odpowiednio przycięte fragmenty zwykłych podstawek DIP, umieścić w nich odcinki podstawek precyzyjnych, a dopiero w nich wyświetlacze.

Złącze CON5” musi być wmontowane w płytkę A od strony lutowania. Wymusza to taki sposób lutowania przelotek między warstwami, aby znalazły się one poza obrysem złącza, co zostało przewidziane podczas projektowania płytki. Po zmontowaniu obu płytek wyświetlaczy na wystające z płytki B końce drutów należy nałożyć tulejki dystansowe, następnie płytkę A lutować do niej druty, nadmiar drutów odciąć. Tak zmontowany zespół wyświetlaczy łączy się z płytką sterownika poprzez kątowe złącze płytki B. Dla wzmocnienia tego połączenia do płytek zostały przykręcone dwa wsporniki z twardego drewna.

Sposób montażu mechanicznego pokazano na **rysunku 10**. Płytkę A połączona została ze sterownikiem odcinkiem taśmy 40-



Rysunek 5. Schemat ideowy wyświetlacza A



Rysunek 6. Schemat ideowy wyświetlacza B

to przewodowej. Wtyki CON5'/5" i CON5"/5' należy zacisnąć na obu końcach taśmy zachowując odwrotne kierunki pinów tych wtyków.

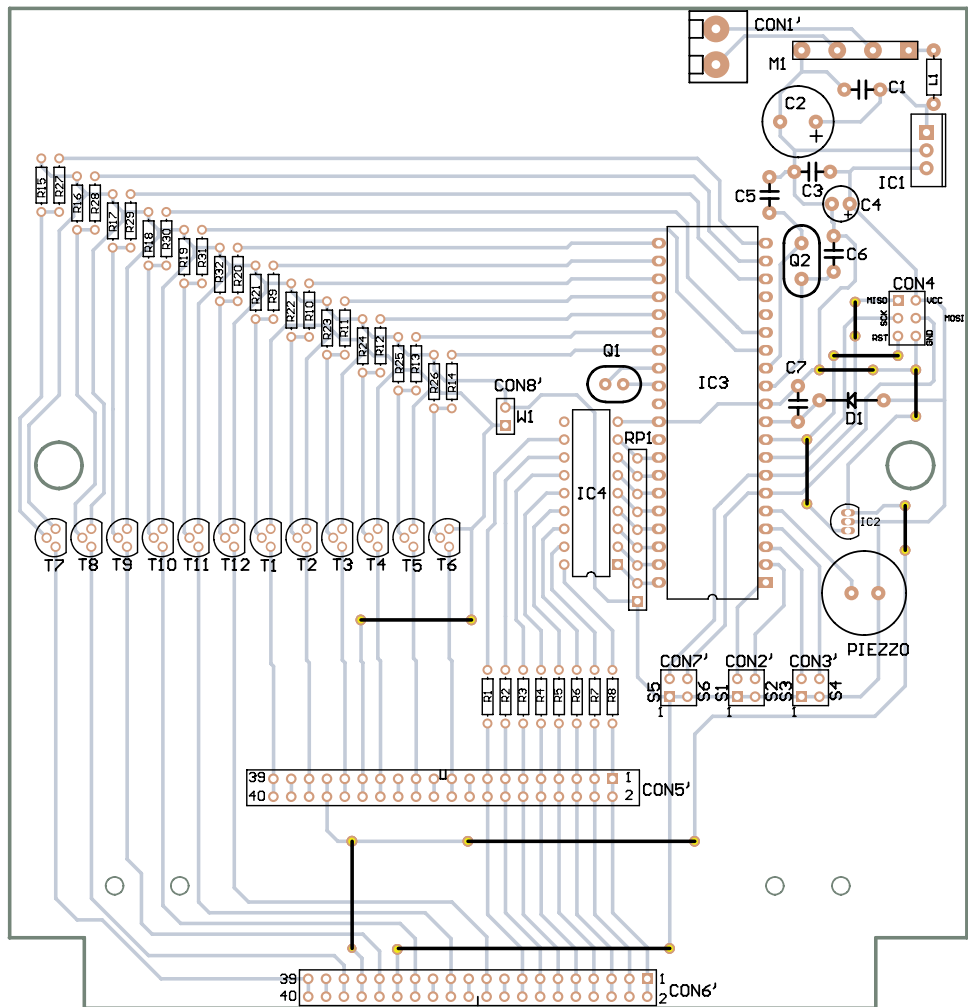
Całość zamontowana została w obudowie typu Z2 bez dystansowania od dna obudowy. Sześć przycisków sterujących zamocowanych zostało bezpośrednio w pokrywie obudowy i połączonych z płytką sterownika za pomocą przewodów z wtykami.

W obudowie pozostaje wystarczająca ilość miejsca na zamontowanie transformatora sieciowego, którym można uzupełnić układ zasilania zegara.

Oprogramowanie

Program obsługi zegara napisano w języku BascomAVR i zajmuje on 6,3 kB pamięci Flash. Do odmierzania czasu24 wykorzystano wewnętrzny zegar RTC, którego działanie oparte jest na przerwanach generowanych przez Timera2.

Instrukcja *Config Clock = Soft* powoduje automatycznie wygenerowanie zmiennych `_sec`, `_min` i `_hour`, co praktycznie wyczerpuje zagadnienie. Do konwersji czasu24 w obu kierun-



Rysunek 7. Schemat montażowy sterownika

R E K L A M A



Konstruuje, zastosuj
specjalizowane układy scalone

www.wg.com.pl

Szybkie μC 8051 „mixed-signal”

Układy modemowe, ethernet, USB, CAN, ...

Komunikacja przewodowa i bezprzewodowa

Komunikacja po liniach energetycznych

Precyzyjne układy zegarowe i oscylatory

Rozwiązania audio / video

Zasilanie sieciowe i bateryjne, PoE

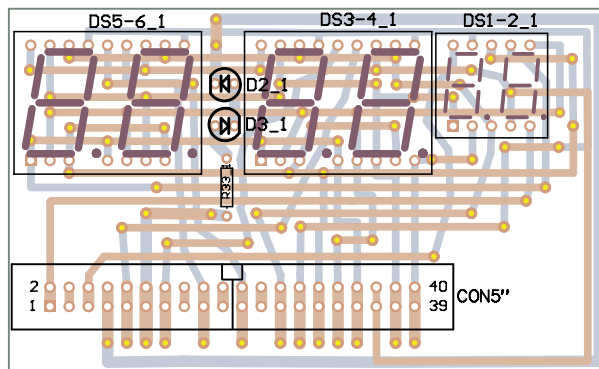
Sterowanie LED i LCD

Zabezpieczenia, izolatory



kach wykorzystane zostały przy tym funkcje *Secofday()* i *Time()*. Timer0 odmierza czas10 i czas20. Generuje on przerwania z częstotliwością 125 Hz. Zliczenie 54 takich przerwań to 432 ms, czyli sekunda20, 108 przerwań to 864 ms, czyli sekunda10.

Timer1 steruje multipleksowaniem 12 wyświetlaczy 7-segmentowych. Przerwania generowane są w tym przypadku z częstotliwością ok. 760 Hz. Pojedynczy wyświetlacz jest odświeżany z częstotliwością ponad 63 Hz.



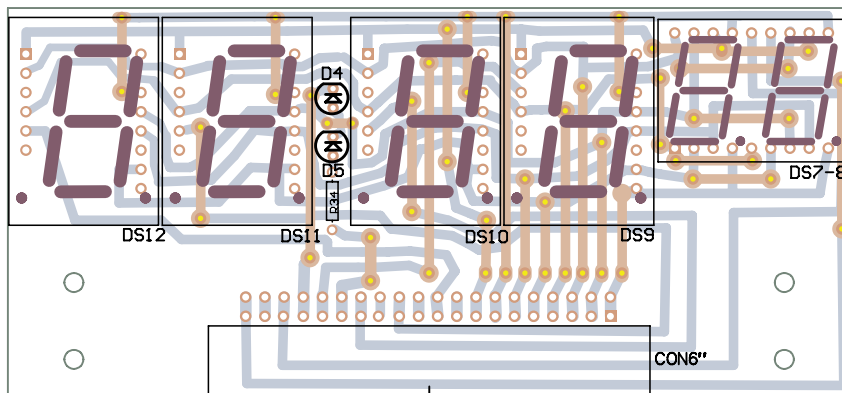
Rysunek 8. Schemat montażowy wyświetlacza A

Obsługa zegara

Po włączeniu zasilania wszystkie czasy zostają wyzerowane. Wyświetlacz A pokazuje czas24, wyświetlacz B – czas10. W przypadku braku wskazań na wyświetlaczu A należy nacisnąć W1, którym można ten wyświetlacz włączać i wyłączać. Przyciskiem S1 dokonuje się zmiany trybu wyświetlania.

Po naciśnięciu S3 zegar przechodzi w tryb ręcznego ustawiania czasu wskazywanego przez wyświetlacz B, co jest sygnalizowane trzykrotnym sygnałem akustycznym. Ustawiania dokonuje się przyciskami S5 (godziny) i S6 (minuty), sekundy są zerowane automatycznie. Po zakończeniu ustawiania należy wyjść z tego trybu naciskając S2. W tym momencie sekundy ustawianego czasu ponownie się zerują, wszystkie czasy są synchronizowane i zegar przechodzi w tryb wyświetlania.

Należy pamiętać, że liczniki sekund cały czas pracują i w przypadku ich przepelnienia przed wyjściem z trybu ustawiania, do ustawionego czasu zostanie dodana



Rysunek 9. Schemat montażowy wyświetlacza B

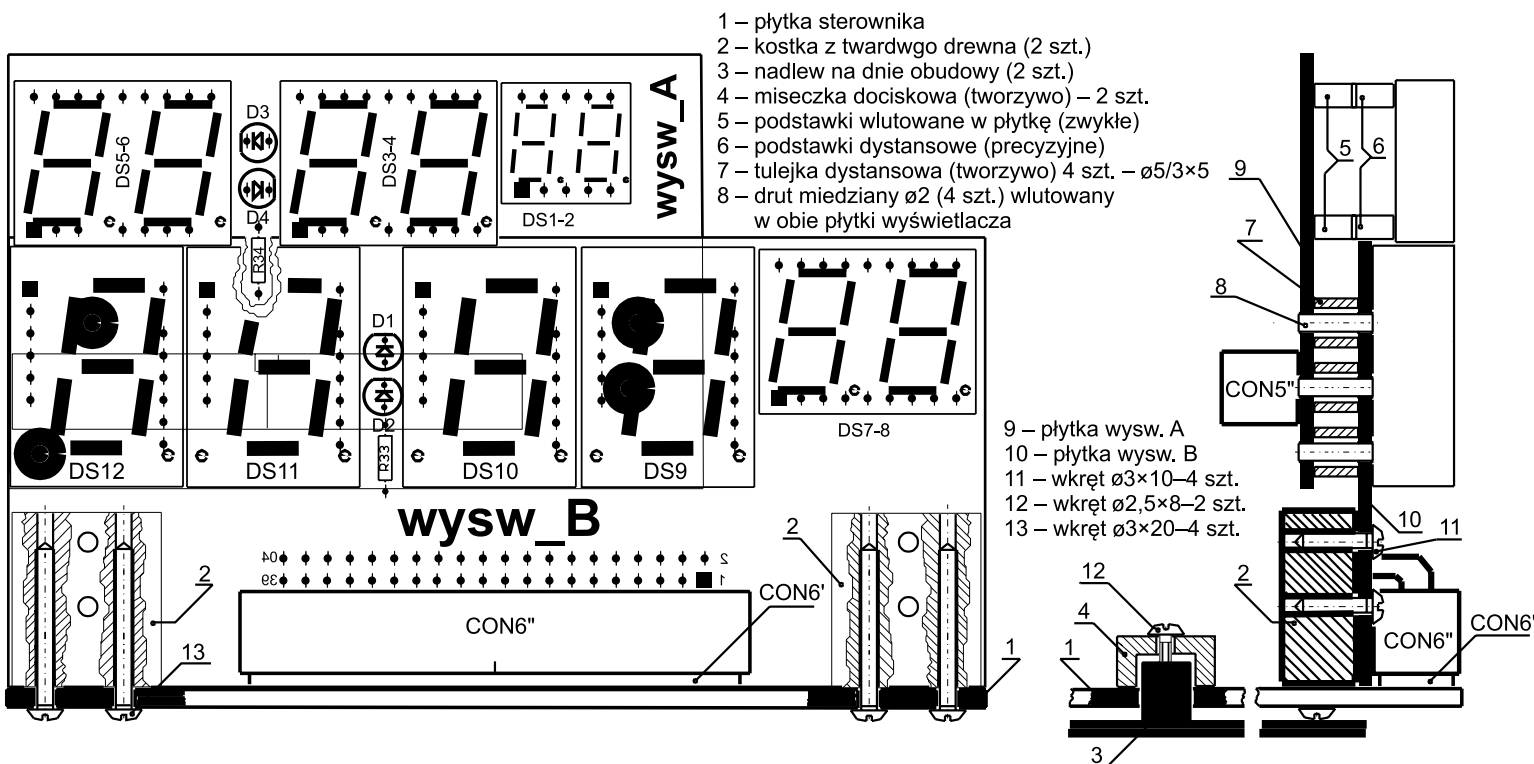
minuta. Gdyby przypadkowo ustawionych było wtedy 99 lub 59 minut, to dodana zostanie godzina.

W takich przypadkach podczas ustawiania uwzględniać należy poprawki. Stąd też przyjęta została zasada zerowania sekund po wejściu w tryb ustawiania. Daje to minutowy zapas czasu na dokonanie ustawień. Zerowanie sekund przy wyjściu ma

na celu wystartowanie ustawionego czasu z początkiem kolejnej minuty.

Stan pracy zegara wskazywany jest przez układ kropek dziesiętnych przy cyfrach wyświetlaczy. Znaczenie tych kropek pokazuje tabela 1.

Marek A. Kulczycki
marus4@poczta.wp.pl



Rysunek 10. Sposób montażu mechanicznego zegara