



# Zegar nixie z sekundami

Opisywany projekt to zegar retro, który może ozdobić każde wnętrze. Oprócz godzin i minut wyświetla dodatkowo sekundy, co czyni go bardziej użytecznym i atrakcyjniejszym. Zegar ten może być zasilany wtyczkowym zasilaczem 12V o wydajności prądowej minimum 150mA, a pomocnicza bateria litowa zapewnia pracę układu RTC, kiedy pozostała część urządzenia nie jest zasilana.

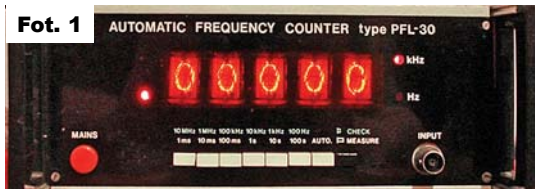
Lampy nixie należą do grupy lamp gazowych wypełnionych gazem szlachetnym, zazwyczaj neonem. Najczęściej w ich skład wchodzi 10 katod w kształcie cyfr od 0 do 9 oraz anoda w postaci kubka i siatki lub samej siatki, otaczającej warstwę katod. Pojawienie się odpowiednio dużego napięcia między anodą i jedną z katod powoduje zapłon wyładowania jarzeniowego i pojawienie się poświaty w pobliżu katody odwzorowującej kształt czynnej elektrody. Po zjonizowaniu gazu, napięcie między anodą i katodą spada do niższej wartości, zwanej napięciem pracy (co związane jest z obszarem o ujemnej dynamicznej rezystancji), dlatego w szereg z anodą włącza się rezystor ograniczający prąd. Zbyt duży prąd anodowy może znacznie zmniejszyć żywotność, a nawet uszkodzić lampę. Po obniżeniu napięcia poniżej napięcia gaśnięcia gaz zostaje zdejonizowany i znika poświata przy katodzie.

Wyróżnia się lampy z odczytem czołowym, w których katody są ustawione równolegle do cokołu lampy oraz lampy z odczytem bocznym, w których katody są ustawione prostopadłe do cokołu. Oprócz lamp nixie zawierających 10 katod w kształcie cyfr często spotyka się lampy zawierające dodatkowo przecinek z lewej lub prawej strony albo z dwóch stron jednocześnie. Istnieją również tzw. lampy znaku, w których katody są w kształcie liter bądź znaków (+ - ~ μA °C). Lampy nixie były w latach 60.–80. stosowane w różnego rodzaju sprzęcie. Na **fotografii**

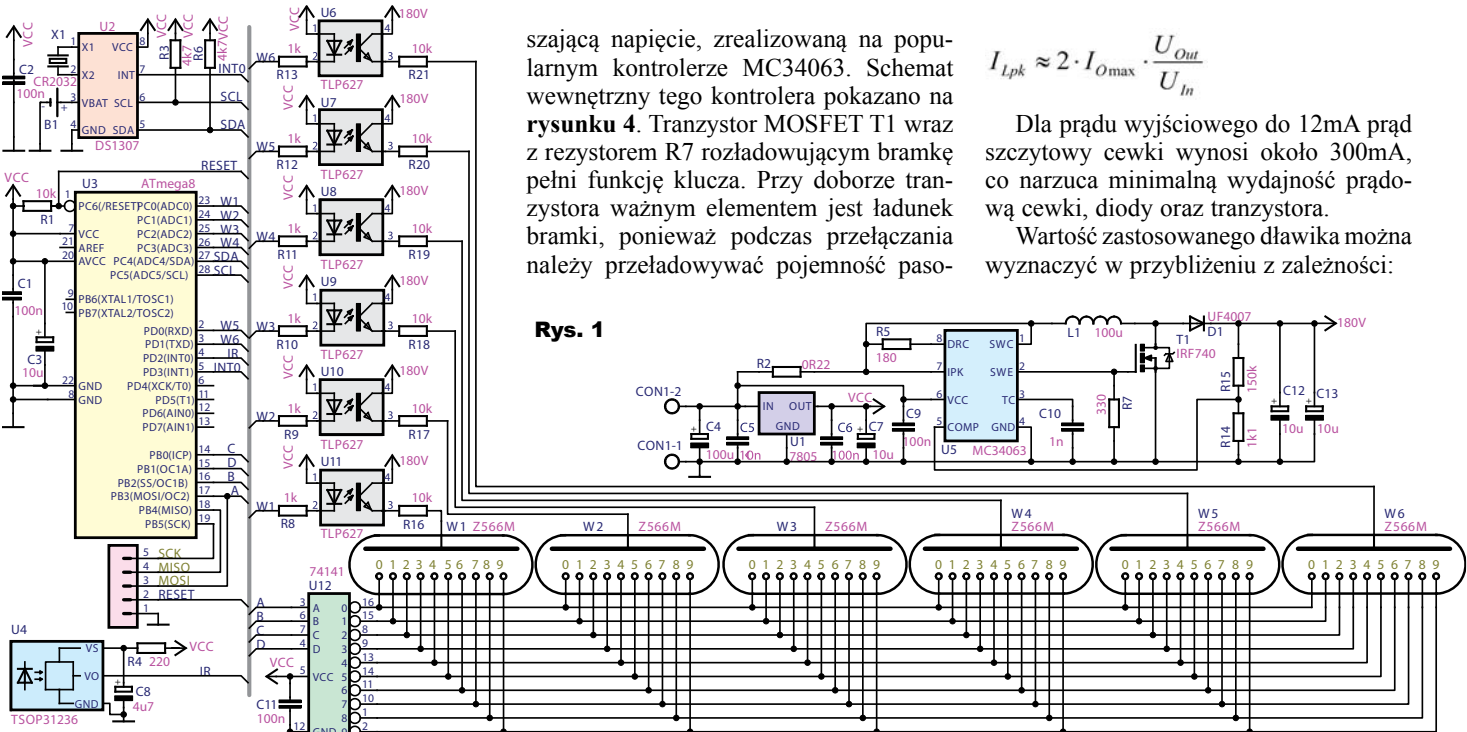
**1** przedstawiono polski częstotliwościomierz PFL30 zawierający lampy Z573M z odczytem bocznym, natomiast na **fotografii 2** woltomierz cyfrowy polskiej firmy MeraTronik zawierający cztery lampy Z566M oraz lampę znaku Z567M. Żywotność lamp nixie w prawidłowych warunkach pracy jest duża, mieści się w przedziale 5000–100000 godzin, zależnie od producenta. Pierwszymi objawami zużycia lampy jest efekt zatrucia katody objawiający się niepełnym świeceniem cyfry (efekt ten pokazano na **fotografii 3**). Efekt ten można zniwelować zwiększając prąd anodowy przez zmniejszenie wartości rezystora anodowego, jednak jest to tylko usunięcie skutków, ponieważ przyczyna tego procesu jest niestety nieodwracalna.

## Opis układu

Na **rysunku 1** zamieszczony jest schemat ideowy modułu zegara. Najważniejszym elementem układu jest mikrokontroler ATmega8 pracujący na wewnętrznym oscylatorze RC o częstotliwości 1MHz. Rezystor R1 o wartości 10kΩ podciąga wyprowadzenie Reset do Vcc, aby mikrokontroler nie został zresetowany przez zakłócenia podczas pracy. Do odmierzania czasu zastosowano układ RTC DS1307 z interfejsem komunikacyjnym I2C. Układ RTC wykorzystuje popularny rezonator kwarcowy 32,768kHz, dlatego dokładność zegara wynika bezpośrednio z jakości zastosowanego rezonatora. Wyjścia układu są typu otwarty kolektor, dlatego linie sygnałowe SCL i SDA zostały podciągnięte do VCC przez rezystory 4,7kΩ. Na wyjściu SQW (nóżka 7) jest generowany sygnał prostokątny o częstotliwości 1Hz, służący do synchronizacji odczytywania i wyświetlania danych. Do podtrzymywania



napięcia układu RTC służy bateria CR2032. Układ U1 wraz z zestawem elementów zewnętrznych stabilizuje napięcie 5V do zasilania części cyfrowej zegara. Scalony odbiornik podczuwieni TSOP31236 wzmacnia i demoduluje falę nośną o częstotliwości 36kHz. Rezystor R4 oraz kondensator C8 filtrują napięcie zasilania odbiornika U4, co w konsekwencji przekłada się na zmniejszenie zakłóceń, których duże ilości produkują m.in. popularne świetlówki. Standard RC5 opiera się o kodowanie bifazowe zwane także kodowaniem Manchester. **Rysunek 2** przedstawia strukturę ramki standardu RC5. Logicznej jedynie odpowiada przejście ze stanu niskiego na wysoki, a logicznemu zeru przejście z poziomu wysokiego na niski. W każdym bicie czas trwania stanu wysokiego i niskiego wynosi 889μs, a więc czas trwania jednego bitu wynosi 1,778ms. Pierwsze dwa bity to bity startu, które



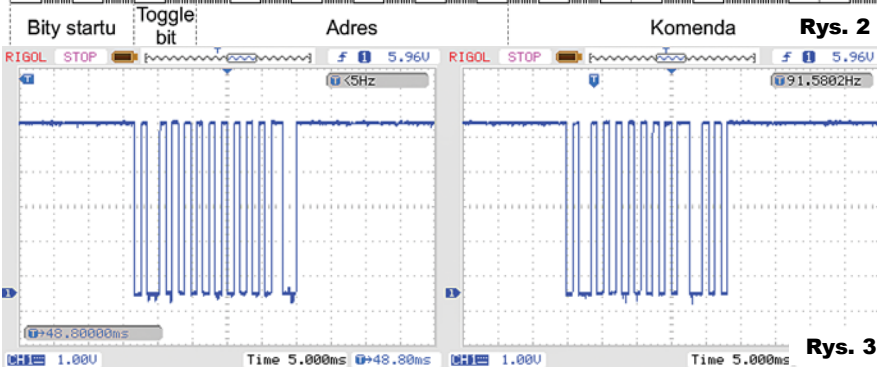
szającą napięcie, zrealizowaną na popularnym kontrolerze MC34063. Schemat wewnętrzny tego kontrolera pokazano na rysunku 4. Tranzystor MOSFET T1 wraz z rezystorem R7 rozładowujący bramkę pełni funkcję klucza. Przy doborze tranzystora ważnym elementem jest ładunek bramki, ponieważ podczas przełączania należy przeladowywać pojemność pas-

$$I_{Lpk} \approx 2 \cdot I_{Omax} \cdot \frac{U_{Out}}{U_{In}}$$

Dla prądu wyjściowego do 12mA prąd szczytowy cewki wynosi około 300mA, co narzuca minimalną wydajność prądową cewki, diody oraz tranzystora.

Wartość zastosowanego dławika można wyznaczyć w przybliżeniu z zależności:

Rys. 1

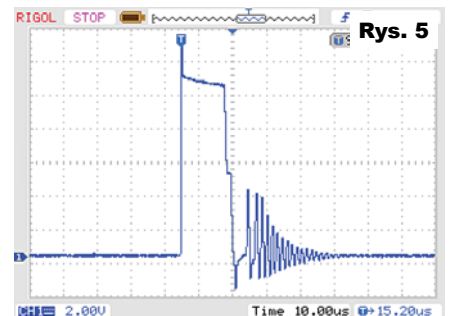


$$L \approx \frac{1}{f} \cdot \left(1 - \frac{U_{In}}{U_{Out}}\right) \cdot \frac{U_{In}}{I_{Lpk}}$$

W czasie  $t_{ON}$  przewodzenia tranzystora dioda D1 jest spolaryzowana zaporowo, zabezpieczając kondensatory C12 i C13 przed rozładowaniem. Po otwarciu tranzystora w cewce indukuje się napięcie dodające się do napięcia zasilania, na skutek czego dioda zaczyna przewodzić, doładowując kondensator do napięcia wyższego niż wyjściowe. Dzielnik napięcia R14, R15 tworzy pętlę sprzężenia zwrotnego, dzięki której układ utrzymuje stabilnie napięcie wyjściowe. Wzmacniacz operacyjny wewnętrzny kontrolera U5 stara się utrzymać na dzielniku napięcie odniesienia 1,25V, dlatego wzór na napięcie wyjściowe przetwornicy można zapisać następująco:

$$U_{wy} = U_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R15}{R14}\right) = 1,25 \cdot \left(1 + \frac{R15}{R14}\right)$$

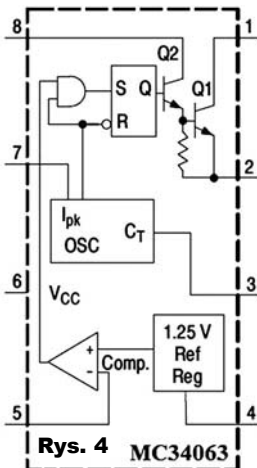
Dla zastosowanych wartości rezystorów napięcie wyjściowe przetwornicy wynosi około 170V. Kontroler MC34063 nie jest sterownikiem PWM, a PFM (generowane

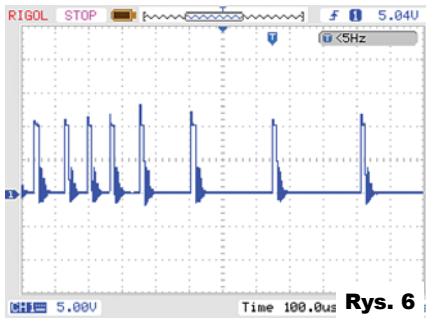


zawsze przyjmują wartość jeden. Trzeci bit to tzw. togglebit, który zmienia wartość na przeciwną po każdym wciśnięciu przycisku. Kolejne pięć bitów zawiera adres, a ostatnie sześć komendę. Na rysunku 3 przedstawiono dwa przykładowe przebiegi na wyjściu odbiornika podczerwieni (po lewej komenda 2 a po prawej komenda 8) zmierzone oscyloskopem wraz z odczytanym adresem, komendą oraz togglebitem. Jak łatwo zauważyć, na wyjściu odbiornika podczerwieni poziomy logiczne są odwrócone.

Ze względu na wysokie napięcie zapłonu lampy zastosowano przetwornice zaporową podwyż-

żytniczą  $C_{gd}$ . Na rysunku 5 przedstawiono moment włączenia i wyłączenia tranzystora na czas odpowiednio:  $t_{on}$  i  $t_{off}$ . Jak łatwo zauważyć, przetwornica przy obciążeniu lampą nie pracuje w trybie nieciągłym DCM. Przy włączaniu tranzystora występuje krótka szpilka, a w przypadku wyłączenia występują gasnące oscylacje, wynikające z odpowiedniego zestawienia elementów RLC, jednak nie są one szkodliwe. Podczas przewodzenia tranzystora w dławiku L1 narasta liniowo prąd, magazynując energię w postaci pola magnetycznego, aż osiągnie wartość maksymalną  $I_{Lpk}$  szacowaną jako:

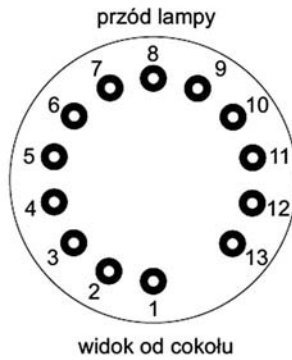




są paczki impulsów o zmiennej częstotliwości jak na rysunku 6), dlatego podczas doboru indukcyjności rozważono przedział zmian częstotliwości pracy przetwornicy. Sprawność przetwornicy wynosi około 50%, co nie jest zbyt dobrym rezultatem, jednak przy małym prądzie pracy zastosowanych lamp sprawność nie jest krytyczna.

Wykorzystano lampy z odczytem bocznym Z566M (TGL24823). Na rysunku 7 zamieszczono opis cokołu wykorzystanej lampy, a na fotografii 4 wygląd nowej lampy. Napięcie zapłonu lampy wynosi 170V, typowe napięcie pracy 140V, a prąd 4,5mA. Sterowanie lamp zostało zrealizowane w sposób dynamiczny z użyciem dedykowanych sterowników 74141 (zawierających dekodery BCD/1 z 10 oraz tranzystory wysokonapięciowe) oraz transoptorów wysokonapięciowych przełączających lampy. Rezystory R8–R13 ograniczają prąd diody LED transoptora, a rezystory R16–R21 pełnią funkcję rezystorów anodowych ograniczających prąd anodowy lamp. Multipleksowanie zostało zrealizowane z częstotliwością 300Hz (1MHz/256/208/2), co daje 50Hz na pojedynczą lampę.

**Oprogramowanie.** Program dla mikrokontrolera został napisany w języku BASCOM AVR. Kod źródłowy został zamieszczony w Elportalu wraz z pozostałą dokumentacją (płytką drukowaną). W przypadku dynamicznego sterowania lampami nixie często można zauważyć efekt tzw. duchów, czyli lekko świecących cyfr, które w danej chwili powinny być wyłączone (na fotografii 5 przedstawiono opisywany efekt). W większości przypadków wina leży po stronie błędnie napisanego programu. Niezerowy czas dejonizacji lamp nixie oraz opóźnienia włączenia i wyłączenia wyświetlaczy spowodowane zastosowanymi transoptorami TLP627 w przypadku tradycyjnej realizacji multipleksowania (tj. wyłączenie poprzedniej lampy, ustawienie odpowiedniej cyfry i włączenie kolejnej w jednym podprogramie przerwania) spowodowałyby bardzo nieprzyjemny efekt. W celu

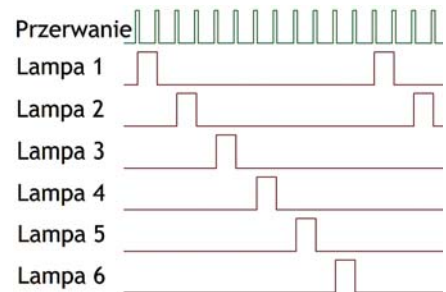


Rys. 7

uniknięcia powyżej opisywanego efektu zwiększono dwukrotnie częstotliwość wywoływania podprogramu przerwania odpowiedzialnego za multipleksowanie, jednocześnie ustawiając i włączając lampę w nieparzystych cyklach, a wyłączając w parzystych. Na rysunku 8 widać wykres czasowy przedstawiający ideę sterowania. Na rysunku 9 pokazano rejestr układu DS1307. Przerwanie INT1 jest wywoływane na narastającym zboczu sygnału generowanego przez układ RTC. W podprogramie przerwania ustawiana jest jedynie flaga pozwalająca na odczyt i konwersję danych z układu w programie głównym. Takie rozwiązanie synchronizuje odczyt i wyświetlanie aktualnego czasu, a dodatkowo eliminuje ryzyko nachodzenia na siebie przerwań, co skutkowało migotaniem lamp (przerwanie zewnętrzne od INTO ma wyższy priorytet niż przerwanie od TIMER2 w hierarchii przerwań). Każdorazowo przy zaniku zasilania układu mikrokontroler konfiguruje zegar RTC, ustawiając układ na generowanie sygnału prostokątnego o częstotliwości 1Hz w rejestrze pod adresem 07h oraz zerując bit CH pod adresem 00h.

Wyjście odbiornika podczerwieni zostało podłączone do wejścia INTO, dzięki czemu odbiór wciś-

Rys. 8



Rys. 9

Adres	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	Funkcja	Zakres
00h	CH	10 Sekund			Sekundy				Sekundy	00–59
01h	0	10 Minut			Minuty				Minuty	00–59
02h	0	12	10 Godzin	10 Godzin	Godziny				Godziny	1–12 +AM/PM
		24	PM/AM							00–23
03h	0	0	0	0	0	Dzień tygodnia		Dzień tyg	01–07	
04h	0	0	10 Dnia		Dzień			Dzień	01–31	
05h	0	0	0	10 Miesiąca	Miesiąc			Miesiąc	01–12	
06h	10 Roku			Rok				Rok	00–99	
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Sterowanie	—
08h–3Fh									RAM 56 x 8	00h–FFh

niętego przycisku oparto na przerwaniach. Listing 1 ukazuje podprogram przerwania INTO, które zostaje wywołane stanem niskim na wyjściu odbiornika. Na samym początku zablokowane zostają zewnętrzne przerwania INTO tudzież INT1, aby nie zostały wywołane do czasu przetworzenia odebranej ramki. Kolejne instrukcje odblokowują globalny system przerwań i wywołują funkcję Getrc5, która używa przerwania od licznika Timer0 do generowania opóźnień podczas próbkowania sygnału.



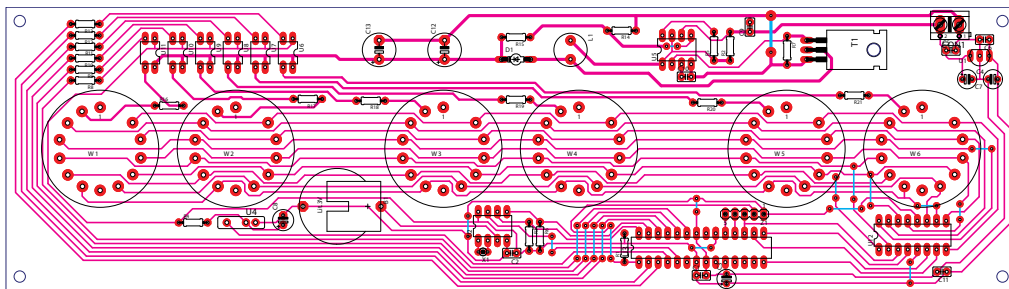
```

Listing 1
Odbior_rc5:
  Disable Int0
  Disable Int1
  Enable Interrupts
  Getrc5(odebrany_adres , Odebrana_komenda)
  Togglebit = Odebrana_komenda.7
  Odebrana_komenda = Odebrana_komenda And &B01111111
  If Odebrany_adres <> 255 And Odebrana_komenda <> 127 Then
    Set Odebr_kod
    Adres = Odebrany_adres
    Komenda = Odebrana_komenda
  End If
  Enable Int0
  Enable Int1
Return
    
```

Togglebit, który jest zwracany przez funkcję w najstarszym bicie zmiennej *Odebrana\_komenda*, zostaje przypisany do osobnej zmiennej i wyzerowany. Następne instrukcje sprawdzają, czy ramka została dobrze zdekodowana. Po poprawnym odebraniu ramki ustawiana jest flaga *Odebr\_kod*, przepisywane są odebrane dane oraz odblokowywane przerwania zewnętrzne. Proces ustawiania zegara jest realizowany w pętli głównej po wciśnięciu odpowiedniego przycisku. Przyciski wchodzenia do ustawień minut i godzin zostały przypisane na stałe, jednak nic nie stoi na przeszkodzie, aby zmodyfikować program i ustawić swoje własne. Odczyt czasu z zegara RTC następuje w głównej pętli po ustawieniu flagi *Pozwolenie*, a więc synchronicznie do zbrocza narastającego na sygnale synchronizacyjnym.

## Montaż i uruchomienie

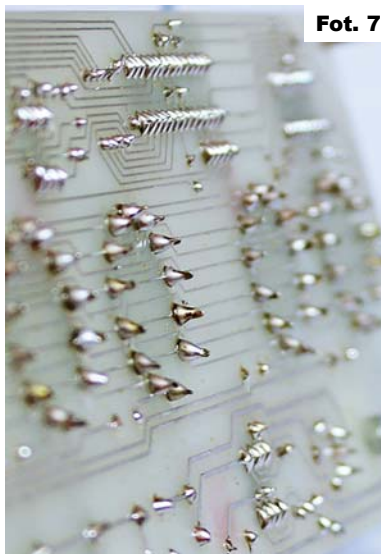
Schemat montażowy zegara przedstawiono na **rysunku 10** (skala 50%). Kolejność wlotowywania elementów nie jest krytyczna, ale warto zacząć od najmniejszych aż po największe. Podczas montażu należy pamiętać, aby wlotować wszystkie zworki. Pod mikrokontroler i pod pozostałe układy scalone najlepiej zastosować odpowiednie podstawki. Na **fotografii 6** pokazano zmontowany układ od strony elementów, a na **fotografii 7** od strony ścieżek. Aby zaprogramować mikrokontroler, należy wgrać plik *wsad.hex* do pamięci FLASH mikrokontrolera za pomocą dowolnego programatora dla mikrokontrolerów AVR na przykład STK200/300 lub STK500. Mikrokontroler może zostać zaprogramowany w układzie dzięki wprowadzonym sygnałom na złącze Z1 (na **rysunku 11** jest opis złącza). Fusebitów nie trzeba ustawiać,



Rys. 10 Skala 50%



Fot. 6

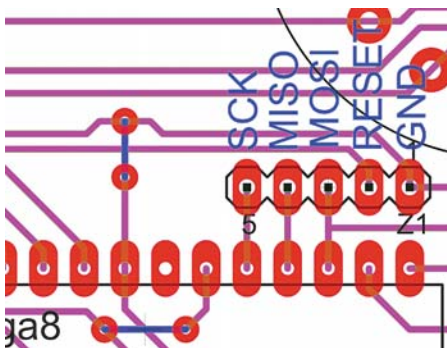


Fot. 7

74141 można zastosować łatwiej dostępny radziecki odpowiednik K155ID1 (ros. K155ИД1). Nie należy wlotowywać lamp bezpośrednio do płytki. Dobrym sposobem jest wykorzystanie podstawek, w których były oryginalnie montowane. W przypadku, gdy nie ma możliwości zakupu oryginalnych podstawek, można jako podstawki użyć specjalnych połączalnych pinów (**fotografia 8**). W prezentowanym układzie użyto dawnej produkcji, ale nieużywanych lamp nixie (tzn. NOS – *New Old Stock*), dlatego prąd, jaki jest potrze-

jest mniejszy. Stosując lampy używane, można zauważyć efekt zatrucia katody spowodowany częściowym zużyciem lamp. Aby zniwelować ten efekt, wystarczy zwiększyć prąd anodowy, zmniejszając rezystancję rezystorów anodowych.

Układ po złożeniu nie wymaga kalibracji i jest gotowy do pracy.



Rys. 11



Fot. 8

ponieważ układ opiera się na ustawieniach fabrycznych. Należy pamiętać, aby użyć metalizowanego rezystora jako zabezpieczenia przed przekroczeniem prądu szczytowego  $I_{pk}$  przetwornicy (tj. rezystor R2). Kondensatory C3 i C8 najlepiej wlotować „na leżaco”, aby nie były wyższe niż początek lampy. Na tranzystor T1 (TO-220) należy koniecznie zastosować radiator. Zamiast układu

### Wykaz elementów

C12, C13	.....	10μF/250V
R1	.....	10kΩ
R2	.....	0,22Ω
R3, R6	.....	4,7kΩ
R4	.....	220Ω
R5	.....	180Ω
R7	.....	330Ω
R8-R13	.....	1kΩ
R14	.....	1,1kΩ
R15	.....	150kΩ
R16-R21	.....	10kΩ
C1, C2, C5, C6, C9, C11	.....	100nF
C3, C7	.....	10μF/16V
C4	.....	100μF/16V
C8	.....	4,7μF/16V
C10	.....	1nF
L1	.....	100μH/0,8A
D1	.....	UF4007
T1	.....	IRF740
U1	.....	LM78L05
U2	.....	DS1307
U3	.....	ATmega8
U4	.....	TSOP31236
U5	.....	MC34063
U6-U11	.....	TLP627
U12	.....	74141
B1	.....	podstawka pod CR2032
CON1	.....	złącze śrub. ARK500/2
Z1	.....	listwa goldpin 5 pin
X1	.....	32,768kHz
W1-W6	.....	Lampy nixie Z566M

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3141.

Fot. 9



Fot. 10



Powinien być zasilany stałym napięciem około 12V. Po uruchomieniu urządzenia trzeba na początku ustawić aktualny czas.

W tym celu należy wcisnąć pierwszy przycisk 1 (komenda 1), aby wejść do ustawień. Przyciskiem o komendzie 2

zwiększa się liczbę godzin, a przyciskiem o komendzie 3 liczbę minut. W celu wyjścia z ustawień należy powtórnie wcisnąć przycisk 1. Zegar pracuje w trybie 24-godzinnym, dlatego przekraczając wartość 23, ustawia się godzina 00 oznaczająca północ. Wyjściu z ustawień towarzyszy zapis danych do układu RTC oraz wyzerowanie sekund, dlatego aby dokładnie ustawić zegar, należy poczekać na wyzerowanie sekund w zegarze wzorcowym. Układ jest wyposażony w baterię CR2032 podtrzymującą zasilanie układu RTC, dlatego nawet po długim wyłączeniu zasilania zegar będzie działał prawidłowo. Zegar bardzo dobrze komponuje się w drewnianej obudowie. Na **fotografiach 9 i 10** przedstawiono oryginalny wygląd zegara.



**Uwaga! W układzie występują wysokie napięcia niebezpieczne dla życia i zdrowia, dlatego podczas uruchamiania należy być ostrożnym.**

**Krzysztof Gońka**  
krzysztof.gonka@interia.pl

R E K L A M A