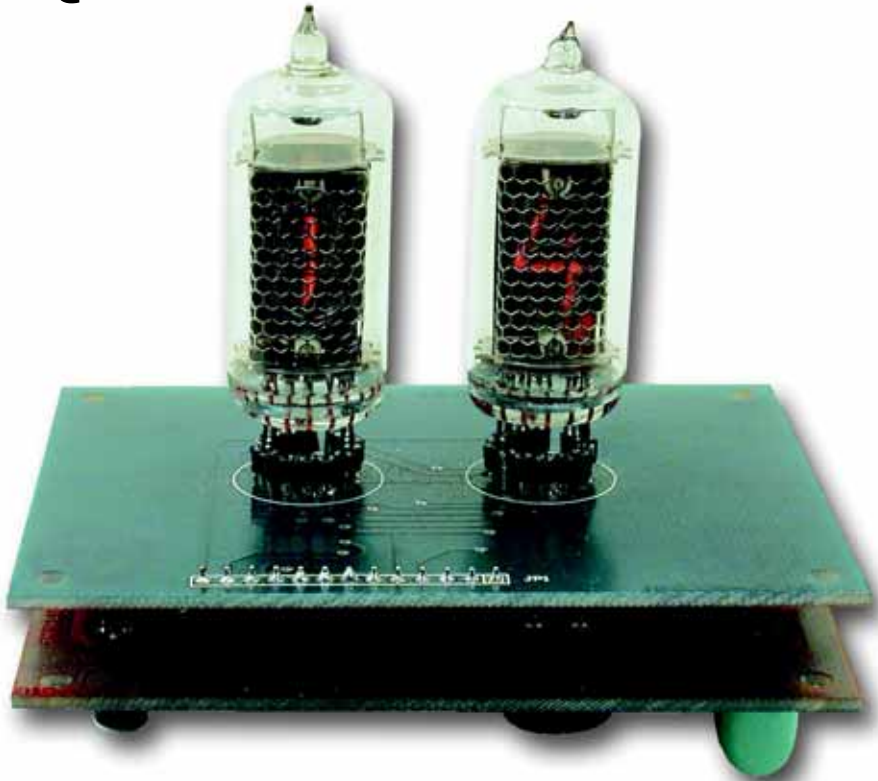


Zegar Nixie dla oszczędnych

AVT-521

Dawno temu, na początku lat 70., gdy o przenośnych komputerach osobistych można było poczytać w powieściach fantastyczno-naukowych, a wśród elektroników zaczynały krążyć wieści o tajemniczych diodach LED, do wyświetlania cyfr powszechnie stosowano wskaźniki jarzeniowe Nixie. Minęło parę lat i dziś, na kolejnej fali „powrotów do przeszłości“, znów pojawiły się urządzenia elektroniczne w stylu retro, ze szklanymi bańkami. Moda ma swoje prawa, więc ulegamy jej z nadzieją, że projekt małego zegara będzie dla młodszych Czytelników interesujący, a starszym przypomni czasy, gdy rozpoczęli swoją przygodę z elektroniką.

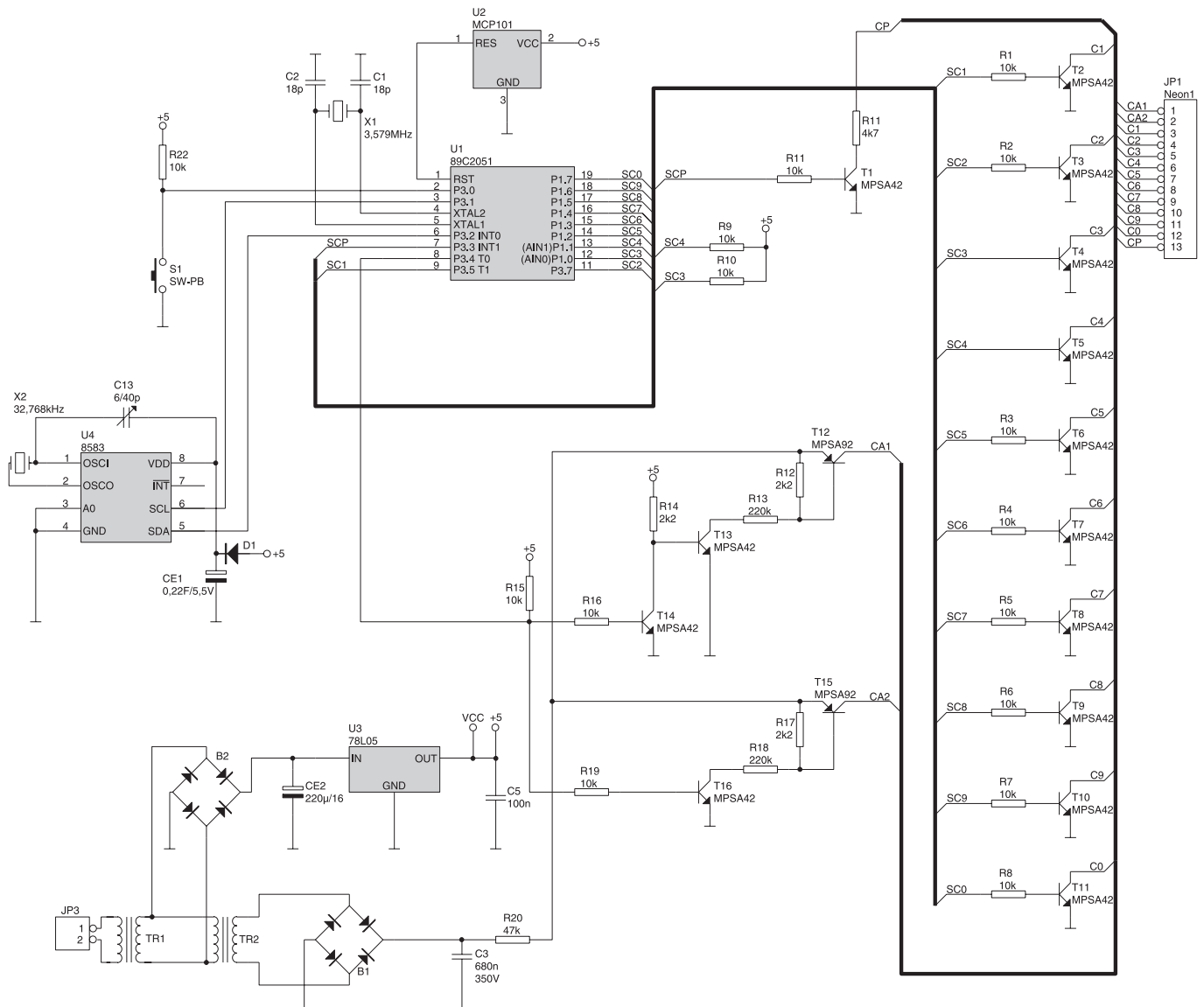


Cyfrowe wskaźniki jarzeniowe

Lampy tego rodzaju są pod względem zasady działania bliskimi kuzynami niewielkich lampek stosowanych chociażby w próbnikach napięcia - wskaźnikach jarzeniowych. Świecenie wywołuje w nich przepływ prądu pomiędzy dwiema elektrodami umieszczonymi w specjalnej atmosferze rozrzedzonego gazu, np. neonu. Napięcie zapłonu takich lamp zawiera się w granicach od kilkudziesięciu do kilkuset woltów, a po zapłonie (wyładowaniu jarzeniowym) spadek napięcia na lampie (napięcie robocze) wynosi kilkanaście woltów. Prąd, przy którym lampa zaczyna świecić po zapłonie jest bardzo mały - rzędu dziesiątek mikroamper. Szczelne szklane bańki lamp mają za zadanie utrzymanie odpowiedniego składu i ciśnienia gazu wokół elektrod.

Lampy Nixie umożliwiają najczęściej wyświetlanie cyfr dziesiętnych od 0 do 9, ale ich

budowa sprawia, że mogą służyć także do wyświetlania różnych symboli. Jest to zależne od ukształtowania katody, wokół której zjonizowane cząsteczki gazu, wskutek płynącego prądu, jarzą się czerwonym światłem. W lampach przystosowanych do wyświetlania cyfr dziesiętnych, katod jest dziesięć, a każda ma kształt odpowiedniej cyfry. Wyprowadzenia katod wtopione są w szklaną bańkę i wyprowadzone na zewnątrz oddzielnymi drutami. Anoda dla wszystkich katod jest wspólna i ma postać siatki o rzadkich oczkach, otaczając półkuliście wszystkie katody. Cyfry katod (patrzac od strony obserwatora) są montowane jedna za drugą w taki sposób, aby się ze sobą nie zwierały. W momencie podania napięcia pomiędzy anodę lampy a wybraną katodę, gaz wokół niej zaczyna świecić. Ponieważ znajdujące się przed nią katody innych wygaszonych w tym momencie cyfr są wykonane z cienkiego drutu i przysła-



Rys. 1. Schemat elektryczny sterownika zegara

nią ją tylko nieznacznie, a oczka siatki anody są duże, dla obserwatora „zapalona“ katoda prezentuje się jako jasna i czytelna cyfra świecąca w szklanej bańce lampy.

Mikrokontroler w świecie wysokich napięć

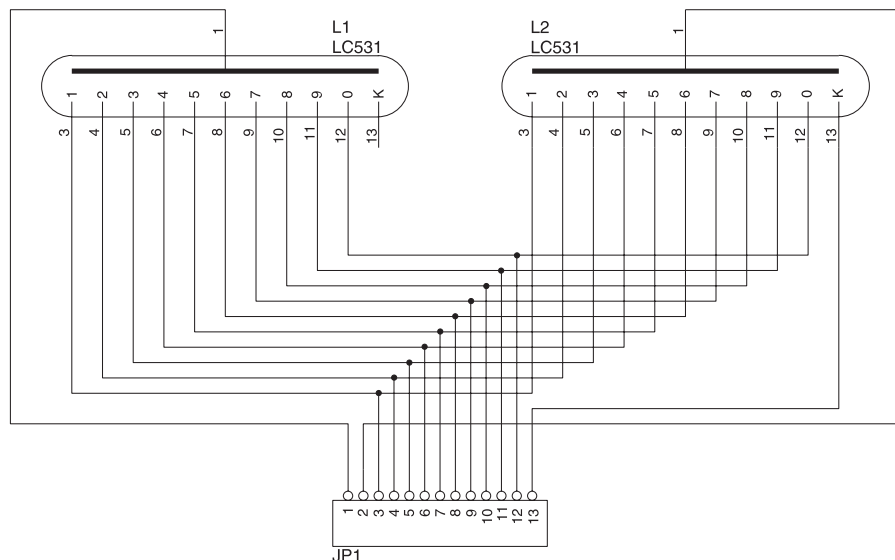
Do budowy części sterującej zegara wykorzystany został mikrokontroler jednocukładowy i układ scalony zegara czasu rzeczywistego. Z punktu widzenia elektronika budowa czasomierza jest prosta: jest to zestaw połączonych ze sobą liczników taktowanych precyzyjnym generatorem. Jednak zrobienie tego w starym stylu, chociażby z użyciem scalonych liczników cyfrowych, byłoby przesadnym utrudnieniem sobie zadania

i posłużenie się mikrokontrolerem z prostym programem sterującym wydawało się najbardziej racjonalne. Jednak jak wiadomo, mikrokontrolery zasilane są niskim napięciem i nie tolerują poziomów napięć potrzebnych do zapalenia lamp Nixie. Dzisiaj bez trudu można zdobyć elementy spełniające rolę pośredników pomiędzy niskonapięciowym światem procesorów a wysokonapięciowymi wskaźnikami jarzeniowymi. Graniczne napięcie U_{CE} tranzystorów n-p-n typu MPSA42 i p-n-p typu MPSA92 wynosi bowiem 300 V i elementy te mogą pełnić rolę interfejsu pomiędzy nisko- i wysokonapięciowymi obwodami zegara. Maksymalny prąd kolektorów tranzystorów wynosi 0,5 A, co znacznie przewyższa potrzeby

opisywanego układu. Dokładne informacje na temat tych i podobnych tranzystorów można uzyskać na stronie internetowej firmy ON Semiconductor (<http://www.onsemi.com>).

Budowa zegara i sposób działania

Schemat elektryczny sterownika zegara pokazano na rys. 1. Pomiar czasu w opisywanym zegarze zajmuje się układ U4, czyli scalony zegar czasu rzeczywistego (RTC) 8583. Nie jest to nowy układ, ale bardzo rozpracowany, ponieważ dobrze się sprawdza w różnych zastosowaniach. Może on spełniać także rolę kalendarza automatycznie ustalającego dni tygodnia, miesiące, a nawet lata przestępne,



Rys. 2. Schemat elektryczny wyświetlacza

ale w prezentowanym zastosowaniu te funkcje nie będą wykorzystane. Najważniejsze, że układ podczas normalnej pracy pobiera bardzo mało prądu (jakie to ważne, powiemy za chwilę) oraz, że komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą magistrali I²C, co oznacza, że wymaga połączenia jedynie z dwiema liniami I/O mikrokontrolera. Pozostałe wyprowadzenia mikrokontrolera wykorzystano do sterowania wyświetlaczem Nixie i obsługi przycisku S1.

Z uwagi na liczbę dostępnych portów układu U1, a także dla przedłużenia życia wyświetlaczy, nie świecą się one w sposób ciągły, lecz są multipleksowane czyli naprzemiennie zapalane. Ponieważ dzieje się to z częstotliwością większą niż 50 Hz, oko ludzkie odnosi wrażenie, że obie lampki świecą się cały czas. Za obsługę multipleksu odpowiada linia P3.4, której stan co 0,5 ms zmienia się na przeciwny. Układ zbudowany z tranzystorów T12...T16 formuje dwa sygnały w przeciwfazie, sterujące anodami dwóch lamp naprzemiennie załączane jest napięcie anodowe na jedną z lamp. Tranzystory T1...T11 pełnią rolę interfejsów pomiędzy portami mikrokontrolera, a sterowanymi 10 wyprowadzeniami katod-cyfr i kropki - dołączają te elektrody do masy. Dla przykładu: jeżeli będą przewodzić tranzystory T12 i T4 zapalona zostanie cyfra 3 lampy L1.

Układ zegara potrzebuje dwóch napięć zasilających: +5 V dla mikrokontrolera i wysokiego napięcia potrzebnego do zaświecenia lamp Nixie. Napięć dostarczają dwa transformatory TR1 i TR2 połączone kaskadowo. Problem podwójnego zasilania można było jeszcze rozwiązać na dwa co najmniej sposoby: zamiast drugiego transformatora można zastosować przetwornicę lub zasilacze lampy bezpośrednio z sieci poprzez oporniki ograniczające prąd. Pierwszy sposób jest dobry, ale ciągle cena przetwornic z napięć bezpiecznych 5/12 V na napięcie 150/200 V jest dużo wyższa niż cena małego transformatora. Drugiego sposobu nie polecam, ponieważ pojawia się wtedy groźba porażenia użytkownika prądem. Młodzi elektronicy mają zwyczaj bagatelizować to niebezpieczeństwo, jednak każdy, kto przeżył takie wydarzenie wie jakie niesie ze sobą nieprzyjemne doznania i groźne skutki. Stosując transformator separujący unikamy nieświadomego zamknięcia poprzez własne ciało obwodu pomiędzy zasilaniem z sieci a uziemieniem (kaloryfery, uziemione obudowy urządzeń itp.).

Transformator TR1 dostarcza więc napięcia zmiennego, z którego poprzez mostek B2 i stabilizator U3 wytwarzane jest napięcie +5 V. Uzwojenia wtórne obydwu transformatorów są ze sobą połączone dzięki czemu na uzwojeniu (normalnie pierwotnym) transfor-

matora TR2 pojawia się wysokie napięcie które jest prostowane i filtrowane w obwodzie z elementami B1 i C3.

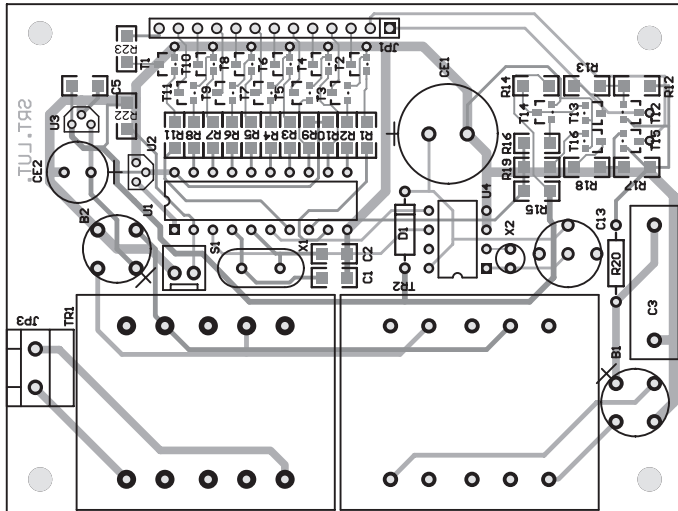
Na marginesie należy dodać, że takie połączenie dwóch transformatorów dobrze uzmysławia, jak wielkie są straty energii powstałe podczas jej przesyłania, gdy pozornie nie jest wykonywana żadna praca. Ponieważ oba transformatory są takie same, więc napięcie na wyjściu TR2 powinno być takie samo, jak na wejściu TR1, ale - jak pokazały doświadczenia - nie jest. Nawet bez obciążenia innymi układami część energii zostaje tracona w rdzeniach obydwu transformatorów na skutek działania prądów wirowych i ich oporności magnetycznej. Ta część straconej energii jest wyczuwalna jako nagrzewanie się rdzeni transformatorów.

Działanie zegara jest bardzo proste i program sterujący mikrokontrolerem może napisać nawet mało doświadczony programista. Mikrokontroler odczytuje z układu RTC za pomocą magistrali I²C informacje o aktualnym czasie. Następnie przekształca ją na sygnały sterujące zapalaniem odpowiednich katod lampek Nixie w trybie multipleksowania: odpowiednio cyfr dziesiątek godzin, jednostek godzin, dziesiątek minut i jednostek minut.

Obsługa zegara

Ponieważ są tylko 2 lampki, a trzeba wyświetlić 4 cyfry, informacje o aktualnej godzinie i minucie pojawiają się kolejno w odpowiedniej sekwencji. Najpierw na ok. 2 s zapalają się cyfry godzin, dla łatwiejszej orientacji pali się także kropka dziesiątka przy cyfrze jednostek godzin. Następnie cyfry godzin zostają wygaszone i po 0,3 s pojawiają się cyfry minut tym razem bez kropki dziesiątnej. Po 2 s cyfry minut zostają łagodnie wygaszone, co sygnalizuje zakończenie sekwencji wyświetlania czasu. Po sekundzie cały proces wraz z odczytem aktualnego czasu z zegara RTC zostaje powtórzony w kolejnym cyklu.

Ustawienie bądź skorygowanie bieżącego czasu jest bardzo proste, chociaż wykorzystywany



Rys. 3. Schemat montażowy płytki sterownika

jest do tego tylko 1 przycisk SW1. Jeżeli w czasie normalnej pracy zegara przycisk będzie naciśnięty, zegar przechodzi przez 2 sekundy, zegar przechodzi do trybu ustawiania. Na obu lampkach bez przerwy będzie wyświetlana aktualna godzina. Krótkie naciśnięcie przycisku spowodują doliczenie kolejnej godziny aż do 23, następnie jest wyświetlana oczywiście godzina 00. Naciśnięcie przycisku dłużej niż 2 s powoduje przejście do ustawiania minut, w sposób identyczny jak opisano wyżej. Kolejne długie naciśnięcie przycisku kończy ustawianie zegara i sprawia, że wraca do trybu normalnej pracy.

Montaż zegara

Przyznam, że pomysł skonstruowania takiego zegara, podpowiedziany przez redaktora naczelnego, początkowo nie wzbudził mojego entuzjazmu - kolejny zegar! Jednak „zabytkowe” lampki mają swój urok i mogą zabawnie prezentować się we współczesnych wnętrzach, więc pewnie wielu Czytelników rozważy pomysł budowy takiego czasomierza. Największy problem może być z jarzeniowymi wskaźnikami cyfrowymi. Zapobiegliwi mogą je odnaleźć w swoich szufladach. Niekiedy można takie elementy kupić na wyprzedażach, pojawiają się także na aukcjach internetowych, np. www.allegro.pl. Ja użyłem lampek LC-531 wyprodukowanych przez Dolnośląskie Zakłady Elektroniczne UNITRA-Dolam w 1982

roku, czyli w minionym wieku. Można w ich miejsce użyć dowolnych innych. Trzeba tylko zastosować przejściówkę pomiędzy otworami dla zdobytych lamp, a cokołami dostosowanymi do typu lamp użytych w projekcie. Innym wyjściem jest zrobienie nowej płytki drukarskiej z zachowaniem rozstawu i kolejności styków gniazda JP1 łączącego płytki lamp i mikrokontrolera. Lampy LC-531 miały 5 milimetrową długość wyprowadzenia, które z pewnym trudem i z pomocą kalafonii można lutować. Uznałem jednak, że ładniej i wygodniej będzie je umieścić w podstawkach. Podstawki do lamp jeszcze trudniej zdobyć niż same lampy więc swoje wykonałem wykorzystując gniazda precyzyjne do układów scalonych. Trzeba je pociąć na oddzielne piny,

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1...R10, R15, R16, R19, R22: 10kΩ SMD1206

R11: 4,7kΩ SMD 1206

R12, R14, R17: 2,2kΩ SMD1206

R13, R18: 220kΩ SMD 1206

R20: 47kΩ

Kondensatory

CE1: 0,22F/5,5V

CE2: 220μF/16V

C1, C2: 18pF SMD 1206

C3: 680nF/350

C5: 100nF SMD 1206

C13: 6/40pF

Półprzewodniki

D1: dioda Schottky'ego (np. BAT85)

T1...T11, T13, T14, T16: MPSA42 w obudowach SMD

T12, T15: MPSA92 w obudowach SMD

U1: 89C2051

U2: MCP101

U3: 78L05

U4: 8583

Różne

X1: 3,579MHz

X2: 32,768kHz

B1, B2: mostki prostownicze 250V/0,5A

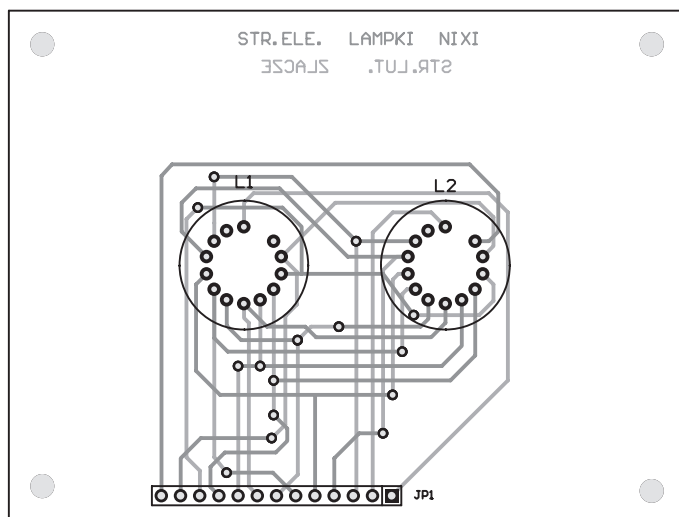
JP3: ARK2

Lampy Nixie np. LC-531 lub podobne (2 szt.)

S1: przycisk astabilny

TR1, TR2: transformatory TEZ 0,5D/6V

żeby dały się zamontować na obwodzie koła odpowiadającemu średnicy cokołu lampy. Jest z tym sporo pracy, ale potem lampę bez



Rys. 4. Schemat montażowy płytki wyświetlacza

większego trudu można w razie potrzeby wyjąć i powtórnie zamontować.

Na płytce sterownika (schemat montażowy pokazano na **rys. 3**) najwięcej trudności sprawia przylutowanie niewielkich tranzystorów przystosowanych do montażu powierzchniowego i kilkunastu oporników SMD w obudowach typu 1206. Procesor i układ zegara najlepiej umieścić w podstawkach. Opornik ograniczający prąd katodowy R20 (do maksymalnie 1,5...2 mA) jako jedyny jest rezystorem przewlekany. Opornik R21 typu SMD służy do dodatkowego ograniczenia prądu kropki, który może maksymalnie osiągnąć wartość 0,5 mA. Ograniczenie prądów do wartości zalecanych przez producenta jest konieczne, jeśli nie chce się doprowadzić do drastycznego skrócenia czasu życia lampy. Z uwagi na to, że w opisywanym zegarze nie świecą one w sposób

ciągły, ich trwałość powinna zostać wydłużona.

Zegar wyposażony został w obwód podtrzymania zasilania układu RTC na wypadek zaniku napięcia zasilania. Obwód ten składa się z diody D1 i kondensatora CE1 o dużej pojemności 0,1...0,22F. Ponieważ U4 bardzo oszczędnie zużywa energię w trybie normalnej pracy, czas będzie normalnie zliczany nawet w ciągu kilkogodzinnego zaniku napięcia sieciowego - oczywiście bez zasilania zegar niczego nie wyświetli.

Po wlutowaniu (jako ostatnich) transformatorów można przystąpić do uruchamiania zegara. Cała praca sprowadza się do sprawdzenia jeszcze raz poprawności montażu i poziomu napięć: +5V i napięcia dla lamp Nixie. Po włożeniu do podstawek układów scalonych i połączeniu ze sobą obydwu płytek (złącza płytek powinny zostać połączone

tak, aby styk 1 płytki lamp łączył się ze stykiem 1 płytki mikrokontrolera itd.) zegar powinien zadziałać, tzn. przełączać się pomiędzy wskazaniem godzin i minut. Brak wyświetlania lub stałe świecenie któregoś segmentu może oznaczać nieprawidłowe zerowanie procesora (sprawdzić U2), kłopoty z procesorem lub pomyłkę w połączeniu ze sobą obydwu płytek.

Zegar wymaga jeszcze obudowy, najlepiej takiej, aby bańki lamp były dobrze widoczne. To jednak pozostawiam inwencji i wyczuciu estetycznemu Czytelników, którzy zechcą sobie zmontować mały, lampowy zegar.

Ryszard Szymaniak, AVT
ryszard.szymaniak@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdfsierpien03.htm> oraz na płycie CD-EP8/2003B w katalogu PCB.