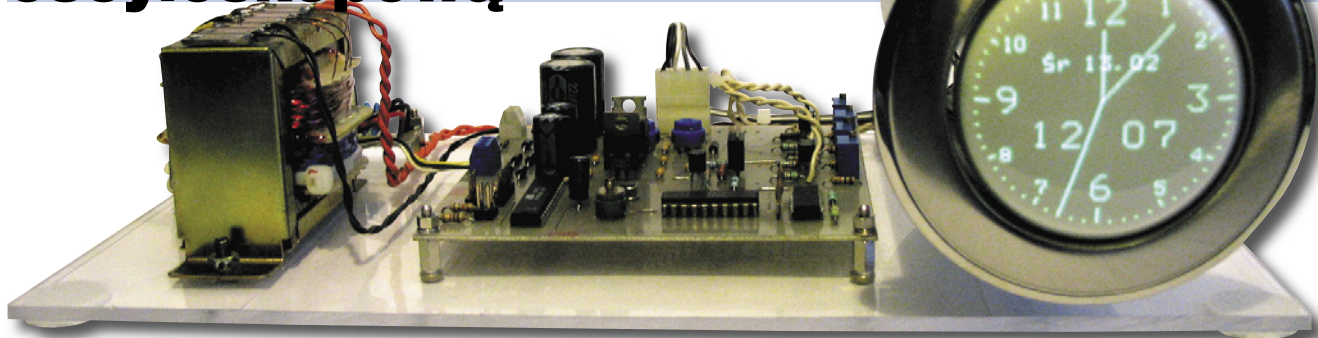


Dział „Projekty Czytelników” zawiera opisy projektów nadesłanych do redakcji EP przez Czytelników. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za prawidłowe działanie opisywanych układów, gdyż nie testujemy ich laboratoryjnie, chociaż sprawdzamy poprawność konstrukcji.

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. Przesyłanych tekstów nie zwracamy. Redakcja zastrzega sobie prawo do dokonywania skrótów.

## Zegar z lampą oscyloskopową



Na pewno każdy konstruktor myślał kiedyś o zaprojektowaniu jakiegoś nietypowego urządzenia.

Takie urządzenie, jeśli tylko będzie działało zgodnie z założeniami autora, dostarczy mu sporej satysfakcji a nawet dumy. Będzie ona tym większa im większą przydatnością praktyczną będzie się owo urządzenie charakteryzowało.

### Rekomendacje:

naprawdę bardzo efektywny zegar, będzie ozdobą każdego mieszkania, a nawet gabinetu służbowego.

Projekt  
161

### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Płytko o wymiarach 112x113 mm
- Zasilanie 230 VAC
- Dokładność zegara: DCF77 (ok. 6  $\mu$ s/rok), w przypadku braku sygnału DCF stabilizacja kwarcem

W artykule zostanie opisany zegar, w którym informacje o aktualnym czasie i dacie wyświetlane są na ekranie lampy oscyloskopowej. Są one widoczne zarówno w postaci analogowej, jak i cyfrowej. W urządzeniu została zastosowana popularna wiele lat temu, ale i obecnie stosunkowo łatwo dostępna, lampa oscyloskopowa typu B6S1 firmy RFT. Na lampie tego typu można w bardzo czytelny sposób wyświetlać niemal wszystko. Dla zachowania prostoty, układ elektroniczny został zredukowany do niezbędnego minimum. W celu zapewnienia dobrej dokładności wskazań zegara zastosowano odbiornik atomowego wzorca czasu – DCF77.

Budowa zegara rozpoczęła się od zakupu lampy B6S1, choć nie jest to jedyny typ lampy, jaki można tu zastosować. Użycie innych typów może jednak wymagać dokonania drobnych zmian w projekcie.

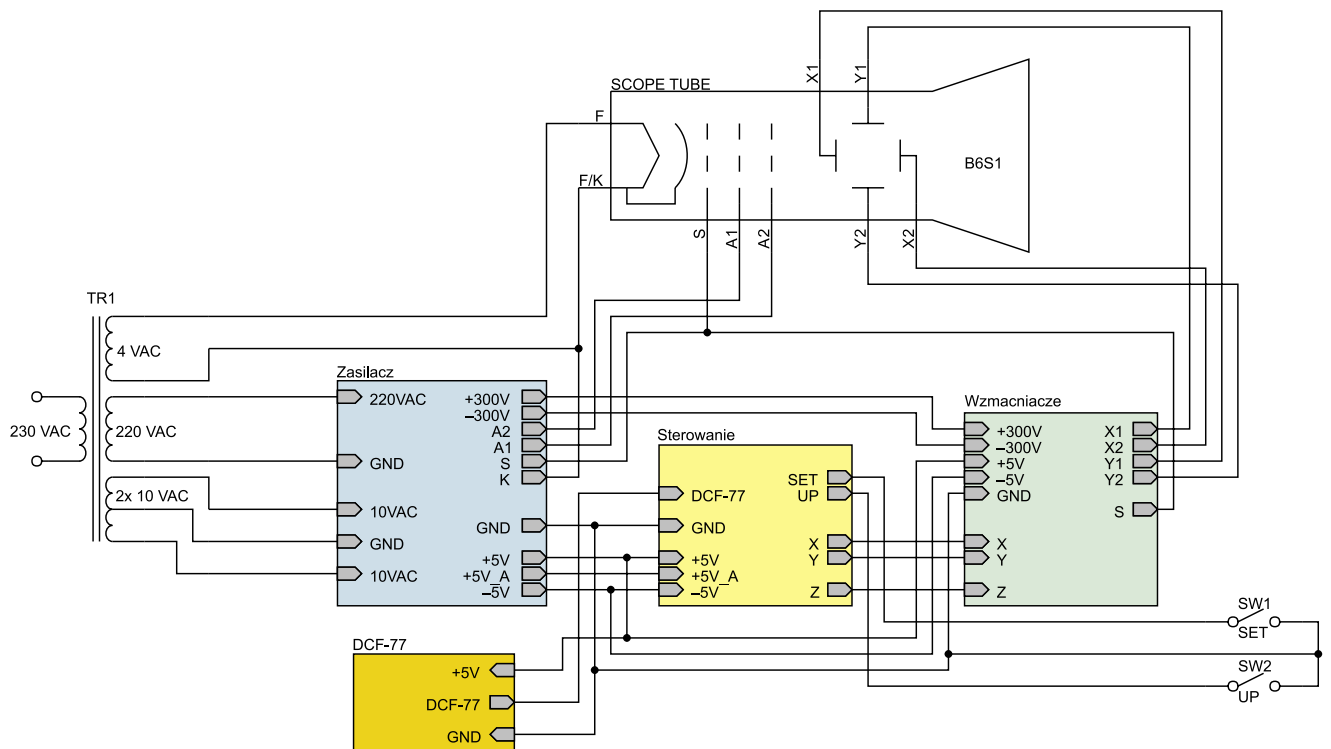
Układ zegara można podzielić na cztery zasadnicze bloki: blok zasilacza dostarczający wszystkich niezbędnych napięć, blok wzmacniaczy zapewniający odpowiednią amplitudę impulsów sterujących płytkami odchylającymi strumień elektronów w lampie i jego odpowiednie wygaszanie oraz blok cyfrowo-analogowy odpowiedzialny za pomiar czasu i wytwarzający wszystkie niezbędne impulsy potrzebne do jego wyświetlania na ekranie lampy oscyloskopowej.

### Opis działania

Schemat blokowy zegara przedstawiono na rys. 1. Można na nim wyróżnić: blok zasilacza; blok

wzmacniaczy zapewniający odpowiednią amplitudę impulsów podawanych na płytki odchylające, a także realizujący wygaszanie plamki, blok sterowania oraz blok cyfrowo-analogowy odpowiedzialny za pomiar czasu i jego wyświetlanie na ekranie lampy oscyloskopowej.

**Zasilacz.** W zasilaczu (rys. 2) został zastosowany przezwojony fabryczny transformator sieciowy o mocy ok. 20 W. Odwinięte zostały uzwojenia wtórne i w ich miejsce nawinięto trzy nowe uzwojenia dostarczające napięcia: 4 V, 2\*10 V oraz 220 V. Napięcie zmienne 4 V służy do żarzenia lampy oscyloskopowej. Symetryczne napięcie zmienne 2\*10 V po wyprostowaniu i wygładzeniu zostało wykorzystane do otrzymania napięć +5 V i -5 V, które zasilają procesor, przetwornik cyfrowo-analogowy i współpracujący z nim wzmacniacz operacyjny. Dodatkowo jedno z napięć (-5 V) zostało wykorzystane jako pomocnicze napięcie potrzebne do prawidłowego działania wzmacniaczy odchylających. W skład tej części zasilacza wchodzi: diody prostownika (D3... D6) i kondensatory filtru (C6, C7), na których występuje napięcie ok.  $\pm 14$  V. Napięcia te są podawane na dwa stabilizatory (US1 i US2), na wyjściu których otrzymuje się symetryczne napięcie  $\pm 5$  V. Dodatkowo w obwodzie zasilania przetwornika i wzmacniacza operacyjnego zastosowano filtr dolnoprzepustowy (cewka L1 i kondensator C14), którego rolą jest tłumienie zakłóceń pochodzących od pozostałych obwodów zegara.



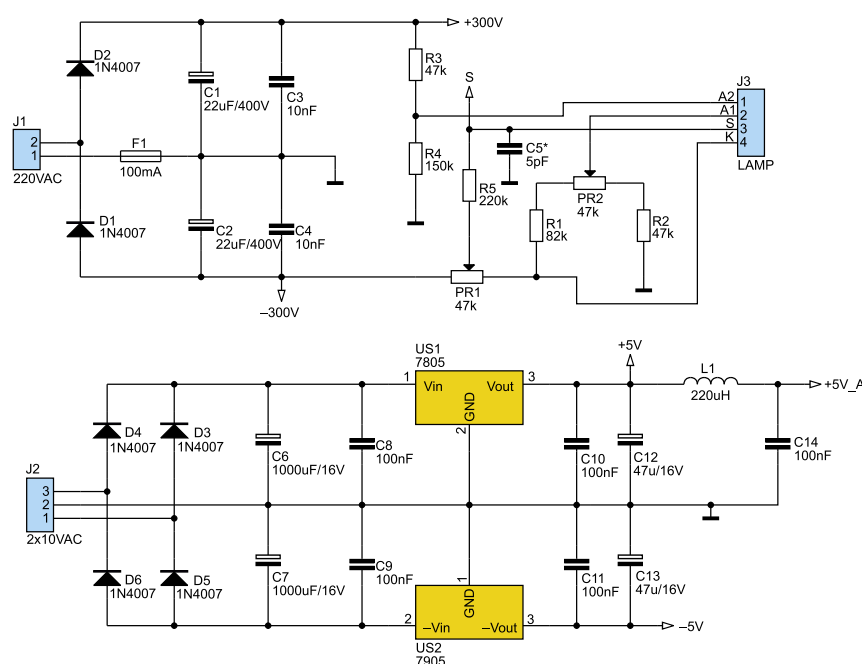
Rys. 1. Schemat blokowy zegara

Ostatnie uzwojenie transformatora, dostarczające napięcie 220 V, zostało wykorzystane do otrzymania wszystkich napięć potrzebnych do prawidłowego funkcjonowania lampy oraz do zasilania wzmacniaczy odchyłających. Ta część zasilacza składa się z podwójnego napięcia (zrealizowanego na elementach

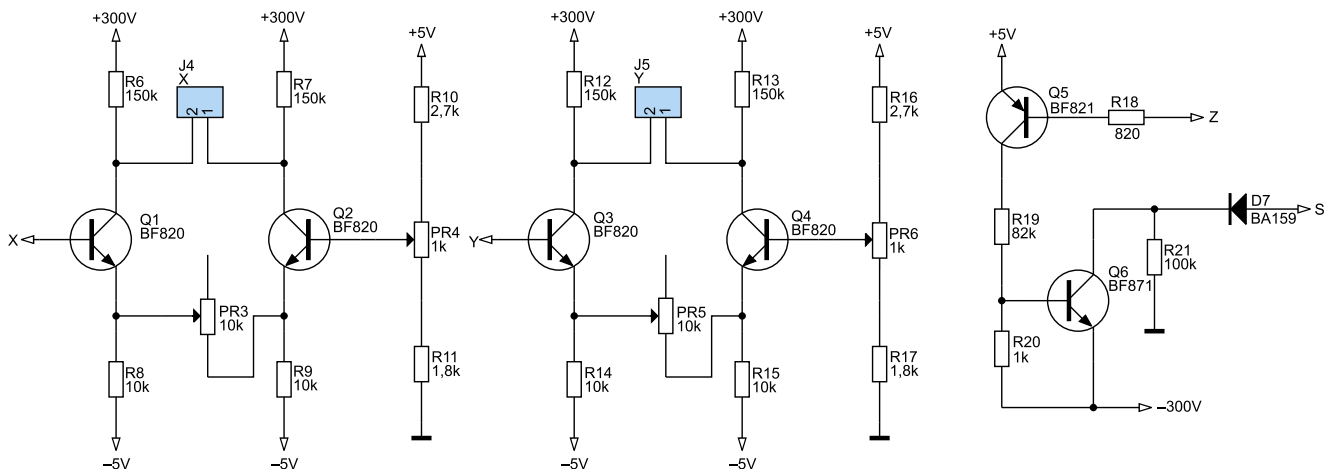
D1, D2 C1 i C2), na wyjściu którego otrzymywane są symetryczne napięcia stałe o wartości  $\pm 300$  V, z których to napięć poprzez odpowiednie dzielniki uzyskuje się napięcia potrzebne do pracy lampy. Ujemne napięcie siatki lampy otrzymano przez włączenie katody lampy za potencjometrem PR1, któ-

ry wraz z potencjometrem PR2 oraz rezystorami R1 i R2 tworzy dzielnik napięcia. Na potencjometrze PR1 odkłada się napięcie o wartości ok.  $-60$  V względem katody lampy, a suwak tego potencjometru jest połączony przez rezystor R5 z siatką, tworząc obwód pozwalający regulować jasność wyświetlanego na ekranie lampy obrazu. Napięcie anodowe jest pobierane z dzielnika, jaki tworzą rezystory R3 i R4. Katalogowo napięcie to powinno co prawda wynosić 500 V, jednak podczas prób okazało się, że przy tej wartości występuje spory astygmatyzm wyświetlanego na ekranie lampy obrazu i konieczne stało się jego indywidualne dobranie (dla posiadanego przeze mnie egzemplarza lampy wyniosło ono 450 V).

**Wzmacniacze X, Y oraz układ wygaszania płamki.** Schemat ideowy wzmacniaczy i układu wygaszania przedstawiono na rys. 3. Założone rozmiary obrazu wyświetlanego na ekranie lampy oscyloskopowej uzyskuje się przez doprowadzenie do płytek odchyłających sygnałów o odpowiednio dużych amplitudach. Na wyjściu układu wytwarzającego sygnały sterujące amplituda tych sygnałów dochodzi do ok. 3,5 V, co jest wartością zbyt niską do prawidłowegoysterowania lampy



Rys. 2. Schemat elektryczny zasilacza



Rys. 3. Schemat elektryczny wzmacniaczy i układu wygaszania

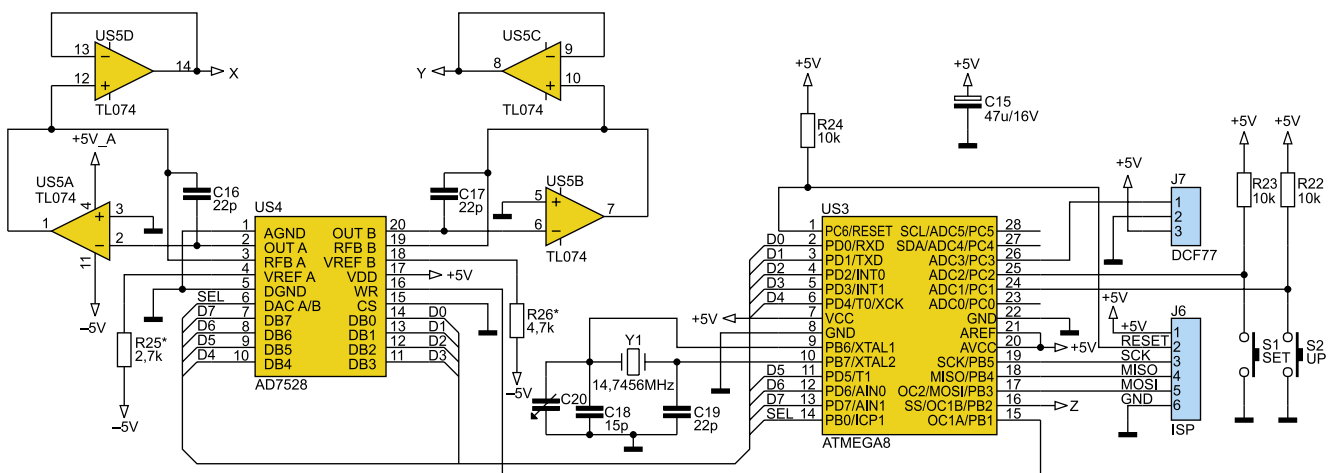
B6S1. Z tego powodu w układzie zegara zastosowano dwa identyczne wzmacniacze odchylające oraz wzmacniacz sygnału wygaszającego strumień elektronów w lampie. Rolę wzmacniaczy odchylających pełnią tranzystory Q1 i Q2 w torze odchylenia X oraz Q3 i Q4 w torze odchylenia Y, połączone w układy wzmacniaczy różnicowych. Obciążeniem dla tranzystorów są rezystory R6 i R7 (tor X) oraz R12 i R13 (tor Y). Regulację wzmacnienia (regulację wielkości obrazu w płaszczyźnie X i Y) dokonuje się precyzyjnymi potencjometrami PR3 i PR5, natomiast potencjometry PR4 i PR6 umożliwiają przesuwanie obrazu w płaszczyźnie pionowej (X) i poziomej (Y). Rezystory R10, R11, R16 i R17 ograniczają zakres regulacji przesuwu obrazu, czyniąc regulację bardziej precyzyjną. Tranzystory Q5 i Q6, wraz z elementami towarzyszącymi, pełnią rolę wzmacniacza

układu kształtowania impulsu wygaszającego płamkę. Sygnał z tego układu oddziałuje na napięcie siatki pierwszej, która jest odpowiedzialna za jasność wyświetlanego na ekranie lampy obrazu. W układzie zastosowano popularne i łatwo dostępne tranzystory typu BF820, choć ze względu na wartość napięcia zasilania (+300 V), można by użyć tranzystorów o większym dopuszczalnym napięciu  $U_{CE}$ . Mimo to modelowy zegar działa już bezawaryjnie od ponad pół roku.

**Blok sterowania.** W bloku sterowania, którego schemat ideowy przedstawiono na rys. 4 zastosowano bardzo popularny i łatwo dostępny mikrokontroler ATmega8 (US3). Jest on bezpośrednio sprzęgnięty z przetwornikiem analogowo-cyfrowym US4, który posiada dwa kanały, każdy o rozdzielczości 8 bitów. Do przetwornika podłączony jest poczwórny wzmacniacz opera-

cyjny (US5). Pierwsza para wzmacniaczy jest niezbędna do prawidłowej pracy przetwornika. Następne dwa wzmacniacze pracują jako wtórniki napięciowe i ich zadaniem jest przynajmniej częściowe zabezpieczenie przetwornika cyfrowo-analogowego przed uszkodzeniem w razie awarii. Ze względu na to, że cały tor jest zasilany symetrycznym napięciem  $\pm 5$  V, konieczna jest ograniczenie wartość napięcia wyjściowego do ok. 3,5 V, aby nie przesterować wzmacniaczy operacyjnych. Służą do tego rezystory R25 i R26, które z uwagi na fakt, że producent dla różnych wersji przetwornika podaje różne ich wartości, należy dobrać indywidualnie.

Do taktowania mikrokontrolera wykorzystano rezonator kwarcowy X1 (14,7456 MHz), którego częstotliwość można precyzyjnie dobrać trymerem C30. Jest to ważne, gdyż w przypadku braku synchronizacji



Rys. 4. Schemat elektryczny układu sterowania

Tab. 1. Parametry lampy B6S1

Parametr	Wartość	Uwagi
Napięcie żarzenia	4 V	jedno z wyprowadzeń grzejnika połączone wewnątrz z wyprowadzeniem katody
Napięcie siatki pierwszej	od 0 do -65 V	cylicnderek Wehnelta
Napięcie anody pierwszej	od 120 V do 200 V	anoda skupiająca
Napięcie anody drugiej	500 V	
Czułość płytek odchylenia X i Y	odpowiednio 3,57 V/mm i 5,26 V/mm	

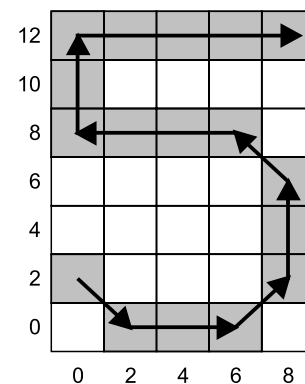
radiowej DCF77, o dokładności zegara decyduje generator kwarcowy. Złącze J7 zostało przewidziane do podłączenia zewnętrznego odbiornika sygnału DCF77. Osobiście użyłem odbiornika wymontowanego z fabrycznego zegara kupionego za kilkadziesiąt złotych. Moduł taki po odpowiedniej przeróbce przystosowującej go do pracy przy napięciu 5 V, idealnie nadaje się do tego celu.

Warto jeszcze wspomnieć o samej lampie oscyloskopowej, jaką zastosowano w projekcie. Jest to lampa obrazowa z elektrostatycznym odchyleniem wiązki elektronowej typu B6S1. W jej skład wchodzi wyrzutnia elektronowa składająca się z pośrednio podgrzewanej katody tenkowej, która emituje elektrony w wyniku termoemisji. Elektrony przechodzą następnie przez cylinderek Wehnelta, którego zadaniem jest sterowanie natężeniem wiązki (ilością elektronów w wiązce). Tak sformowana wiązka elektronów przechodzi dalej przez kolejny cylinderek (pierwszą anodę), który odpowiada za jej skupienie. Kolejna elektroda (anoda druga) nadaje elektronom w wiązce odpowiednią energię. Odpowiednio rozpędzona wiązka elektronów przechodzi jeszcze w pobliżu dwóch par płytek odchyłających ją w prostokątnych płaszczyznach X i Y i pada na ekran pokryty luminoforem, powodując jego świecenie. Elektrony padające na ekran wybijają z niego elektrony wtórne zbierane przez elektrodę pokrywającą wewnętrzną stronę bańki, zwaną kolektorem. Gdy do płytek przyłożą się napięcia, strumień odchyli się, przez co plamka na ekranie ulegnie przemieszczeniu od położenia centralnego. Przemieszczenie plamki jest wprost proporcjonalne do różnicy potencjałów na płytkach odchyłających. Na lampę mogą jednak działać również zewnętrzne pola magnetyczne, co może powodować odchylenie wiązki elektronów.

Z tego względu lampa elektronowa musi być umieszczona w ekranie magnetycznym (rurze z materiału magnetycznie miękkiego). Parametry lampy B6S1 zestawiono w tab. 1.

### Program sterujący

Z punktu widzenia mikrokontrolera lampa oscyloskopowa jest wyświetlaczem graficznym o rozdzielczości 256x256 punktów. W porównaniu z wyświetlaczami graficznymi, lampa oscyloskopowa nie pamięta wyświetlanego obrazu, więc by zmniejszyć efekt migotania, obraz ten jest wyświetlany kilkadziesiąt razy w ciągu każdej sekundy, podobnie jak na ekranie odbiornika telewizyjnego. Przy tak dużej częstotliwości oko ludzkie zapewnia złudzenie ciągłości rysowanego obrazu. Żeby zapewnić od-



Rys. 5. Rysowanie znaków na przykładzie cyfry 5

powiednią częstotliwością, procedury rysowania obrazu umieszczone są w głównej pętli programu, a resztę odpowiedzialną za liczenie czasu, obsługę klawiszy i dekodera sygnału DCF77 umieszczono w przerwaniu timera 0. Elementy zegara, takie jak wskazówki i pozostałe znaki są rysowane wektorowo. Procesor wylicza ich początek i koniec wykorzystując szybki algorytm Bresenhama. Odcinki rysowane tą metodą tworzą na ekranie lampy poszczególne cyfry i znaki (rys. 5). Wszystkie źródła programu zostały umieszczone

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1, R19: 82 kΩ  
 R2, R3: 47 kΩ  
 R4, R6, R7, R12, R13: 150 kΩ  
 R5: 220 kΩ  
 R8, R9, R14, R15, R22...R24: 10 kΩ  
 R10, R16: 2,7 kΩ  
 R11, R17: 1,8 kΩ  
 R18: 820 Ω  
 R20: 1 kΩ  
 R21: 100 kΩ  
 R25\*, R26\*: opis w tekście  
 PR1, PR2: potencjometr montażowy 47 kΩ  
 PR3, PR5: potencjometr montażowy 10-obrotowy 10 kΩ  
 PR4, PR6: potencjometr montażowy 10-obrotowy 1 kΩ

#### Kondensatory

C1, C2: 22 μF/400 V  
 C3, C4: 10 nF/400 V  
 C5\*: opis w tekście  
 C6, C7: 1000 μF/16 V  
 C8...C11, C14: 100 nF  
 C12, C13, C15: 47 μF/16 V  
 C16, C17, C19: 22 pF

C18: 15 pF  
 C20: trymer 5...25 pF

#### Półprzewodniki

D1...D6: 1N4007  
 D7: BA159  
 Q1...Q4: BF820  
 Q5: BF821  
 Q6: BF871  
 US1: 7805  
 US2: 7905  
 US3: ATmega8  
 US4: AD7528  
 US5: TL074

#### Inne

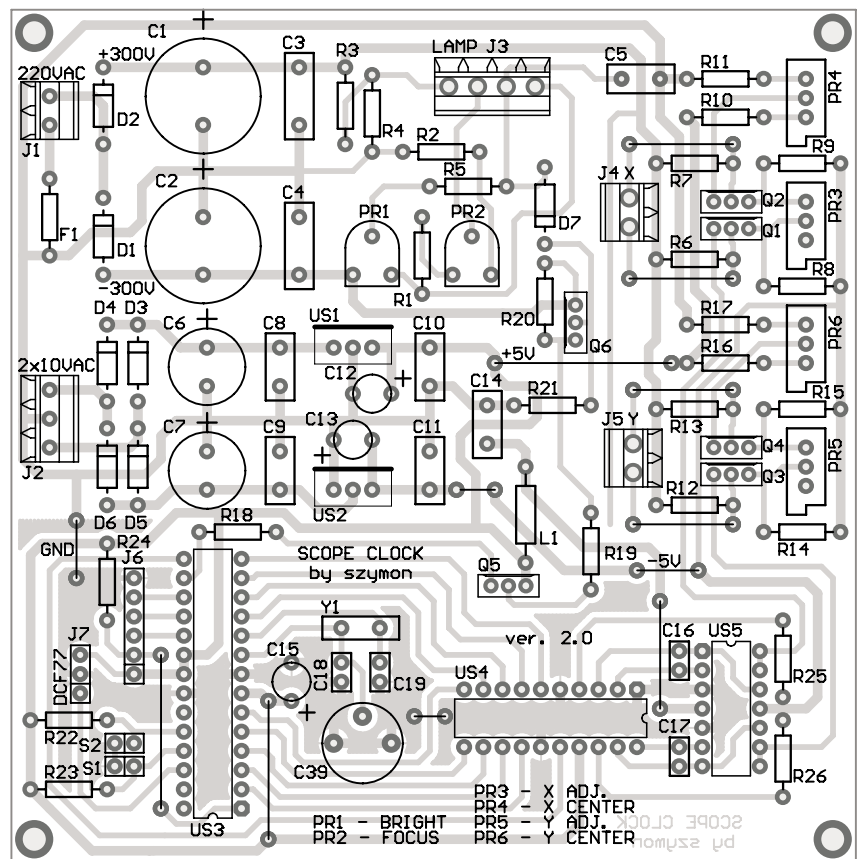
L1: 220 μH  
 J1: ARK2  
 J2: ARK3  
 J3: złącze MX 4 pin  
 J4, J5: złącza MX 2 pin  
 J6: goldpin 1x6  
 J7: goldpin 1x3  
 X1: rezonator kwarcowy 14,7456 MHz  
 F1: bezpiecznik 100 mA  
 S1, S2: mikrowłóczniki  
 Lampa oscyloskopowa B6S1PR5



na płytce CD-EPxx/2008B. Są one bogato komentowane, co powinno ułatwić zrozumienie działania poszczególnych funkcji.

### Montaż i uruchomienie

Montaż i uruchomienie należy rozpocząć od części zasilacza dostarczającej napięcie do bloku sterującego. Schemat montażowy przedstawiono na **rys. 6**. Po wmontowaniu elementów powinniśmy otrzymać na kondensatorach filtrów C6 i C7 napięcia o wartościach ok.  $\pm 8$  V, a na wyjściach stabilizatorów US1 i US2 napięcia stabilizowane o wartościach  $\pm 5$  V. Na tym etapie uruchamiania układu można już przystąpić do programowania mikrokontrolera, do czego zostało przewidziane specjalne złącze ISP oznaczone na schemacie jako J6. Po zaprogramowaniu układu należy jeszcze sprawdzić wartość amplitudy na wyjściach przetwornika i ewentualnie skorygować wartości rezystorów dla uzyskania maksymalnej amplitudy równej ok. 3,5 V. W celu ułatwienia tej operacji, podczas włączania zasilania należy przytrzymać wciśnięty przycisk UP, co spowoduje, że na wyjściach przetworników zostanie ustawione maksymalne napięcie. Następnie należy wlotować elementy zasilacza odpowiedzialne za dostarczanie napięć podawanych na lampę oscyloskopową i wzmacniacze odchylenia. Na kondensatorach C1 i C2 powinny występować napięcia o wartościach ok.  $\pm 300$  V. Jeżeli napięcia są poprawne, można przystąpić do podłączenia lampy oscyloskopowej. Po włączeniu zasilania w lampie powinno być widoczne żarzenie się grzejnika, a po chwili na ekranie powinniśmy uzyskać obraz. Jeżeli obraz się nie wyświetli należy skorygować jasność potencjometrem PR1, ostrość potencjometrem PR2, pozycję wyświetlanego obrazu potencjometrami PR4 i PR6 oraz jego gabaryty potencjometrami PR4 i PR5.



Rys. 6. Schemat montażowy zegara

Dla ułatwienia tych regulacji można wywołać specjalny obraz kontrolny, który pojawi się na ekranie po włączeniu zegara do sieci przy naciśniętym przycisku SET. Przy problemach z wygaszaniem plamki (zależnym w pewnym stopniu od pojemności przewodów łączących elektronikę z lampą oscyloskopową) może się okazać konieczne dodanie pojemności C5, której wartość (kilka pF) należy dobrać doświadczalnie dla zapewnienia najlepszej jakości obrazu. Jeżeli wszystko działa poprawnie, można przystąpić do podłączenia odbiornika sygnału DCF77. Jeżeli sygnał jest dobry, zegar powinien się ustawić w przeciągu 2 mi-

nut, a postęp synchronizacji możemy śledzić na ekranie lampy. Zostało do tego przewidziane specjalne logo pojawiające się obok daty po poprawnym odebraniu przez zegar pierwszego impulsu synchronizującego. Jeśli jednak nie posiadamy odbiornika DCF77, należy zewrzeć ze sobą pin 1 i 2 w złączu J7, a do ręcznego ustawienia zegara posłużyć się przyciskami SET i UP. Pierwszym z nich wybieramy pozycję, którą chcemy zmieniać, a drugim zwiększamy jej wartość. Wybrana pozycja jest sygnalizowana poprzez jej miganie.

**Marek Szymczak**  
szymon16@tlen.pl