

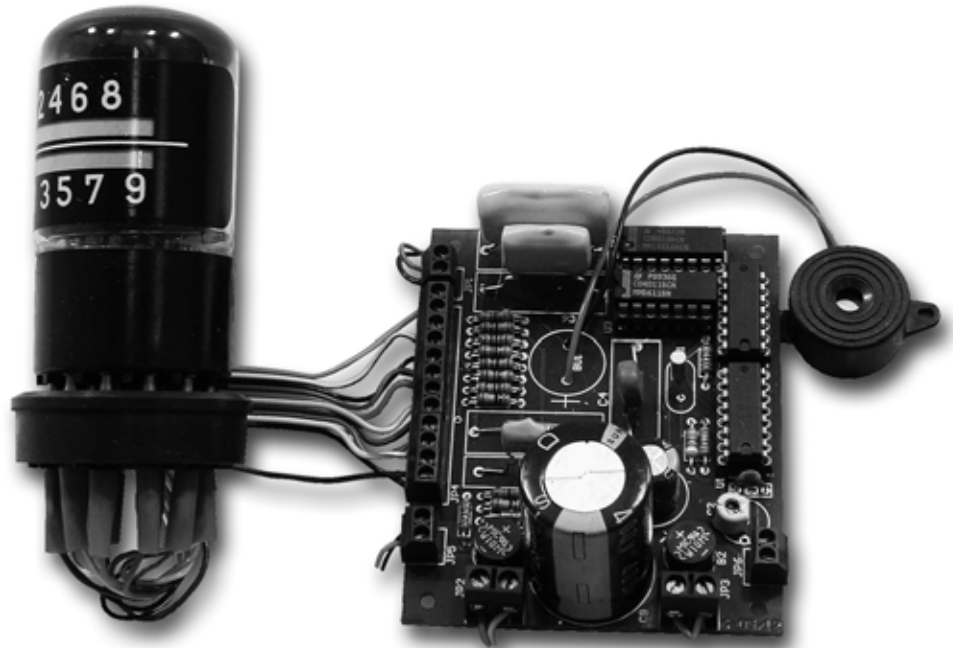
Niezwykły minutnik do jaj

Kolejny timer-minutnik do jaj? Przecież było ich wiele w EP! Na czym więc polega niezwykłość tego układu?

Otóż zliczanie czasu powierzmy lampie. Większość Czytelników w pierwszej chwili pomyśli: żadna nowość, pewnie kolejny układ z lampami Nixie.

Nic z tych rzeczy!

Rekomendacje: projekt z gatunku vintage electronics, czyli poznajemy dawniejszą, klasyczną elektronikę przez całkiem współczesne zastosowania!



W niejednym „skarbcu“ elektronika zalegają elementy, których zastosowanie wydaje się problematyczne. Wiele lamp wyszło z użycia, bo trudno znaleźć dla nich jakiegokolwiek zastosowanie. Ale jest to możliwe i wystarczy chwila zastanowienia, trochę dobrych chęci i cierpliwości. Jednymi z takich lamp „na wygnaniu“ są dekadowe lampy zliczające.

Dawne lata

Rozwój takich dziedzin nauki, jak m.in. fizyki atomowej, który nastąpił w latach 40. ubiegłego

stulecia doprowadził do skonstruowania elektronicznych urządzeń cyfrowych. Stało się to możliwe właśnie dzięki lampom elektronowym. Aby budowa maszyny cyfrowej była możliwie prosta, skonstruowano lampy liczące. Jeszcze nieco ponad 40 lat temu królowały one w cyfrowym sprzęcie pomiarowym. Do tej grupy lamp należą dekatrony, trochotrony i pewnego rodzaju tyratrony (lampy spustowe).

Zajmiemy się bliżej jednym typem lampy liczącej - elektronowo-promieniową lampą liczącą E1T. Została ona skonstruowana w 1953 roku przez Van Overbecka i była produkowana przez Philipsa i Valvo. Później wytwarzano te lampy także w Polsce pod oznaczeniem ELW1. Taka lampa jest w istocie bardzo podobna do lampy oscyloskopowej i oka magicznego.

Na rys. 1 przedstawiono przekrój poprzeczny lampy i jej symbol graficzny. Samo działanie lampy jest dość skomplikowane, toteż opowiem o tym pobieżnie.

Katoda (K), umieszczony przed nią metalowy ekran (E1), siatka pierwsza (S1), siatka druga (S2) i elektrody prętowe za siatką pierwszą spełniają rolę wyrzutni wiązki elektronów. Wiązka nie ma przekroju kołowego, lecz prostokątnego.

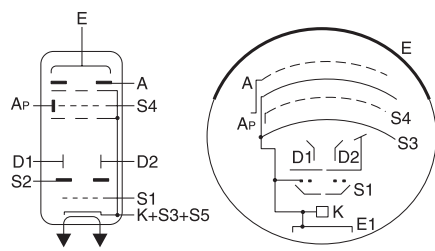
Zastosowania lamp liczących

Wbrew pozorom lampy liczące służyły nie tylko do budowania różnego rodzaju przyrządów pomiarowych (liczących), lecz budowano na nich także kompletne komputery. Jednym z najpopularniejszych (zbudowany na dekatronach) był komputer WITCH (akronim od Wolverhampton Instrument for Teaching Computing from Harwell), zbudowany w 1948 roku.

Nie był zbyt szybki.

Dodawanie dwóch liczb wykonywał w 2 sekundy, mnożenie zajmowało mu ok. 5 sekund, a dzielenie dwóch liczb mogło trwać nawet 15 sekund. Pamięć programu miała oszalałającą pojemność 90 komórek...





- Ż - żarzenie (1, 12)
- K+S3+S5 - katoda i siatki hamujące (3)
- S1 - siatka pierwsza (2)
- S2 - siatka druga (10)
- D1 - pierwsza elektroda odchyłająca (9)
- D2 - druga elektroda odchyłająca (4)
- S4 - siatka czwarta (6)
- AP - anoda przepełnienia (8)
- A - anoda (5)
- E - świecący ekran (7)

Rys. 1. Symbol schematowy i opis wprowadzeń lampy liczącej E1T

kątny. Ma to na celu zmniejszenie wymiarów lampy (krótsza ogniskowa soczewki elektronowej) i uproszczenie jej budowy. Siatki trzecia i piąta wyłapują elektrony, które powstają wskutek emisji wtórnej. Z siatki czwartej (S4) i anody (A) mogą być bowiem wybijane elektrony wtórne wskutek uderzeń rozprzeczonych elektronów z katody. Jest to zjawisko niepożądane, bo pogarsza się zbieżność wiązki. W lampie E1T można uzyskać tylko dziesięć stabilnych pozycji strumienia elektronów. Prostokątne otwory w elektrodach S4 i A umożliwiają uzyskanie dziesięciu znaków na ekranie lampy.

Lampa jest wyposażona w ekran (E) pokryty luminoforem. Na zewnętrznej powierzchni lampy są namalowane cyfry od 0 do 9 (fot. 2). Wiązka elektronów, która pada



Pole odczytowe lampy (cyfry od 0 do 9)

Fot. 2. Liczba zliczonych impulsów jest wskazywana na ekranie fluorescencyjnym, podobnym do stosowanych w lampach oscyloskopowych

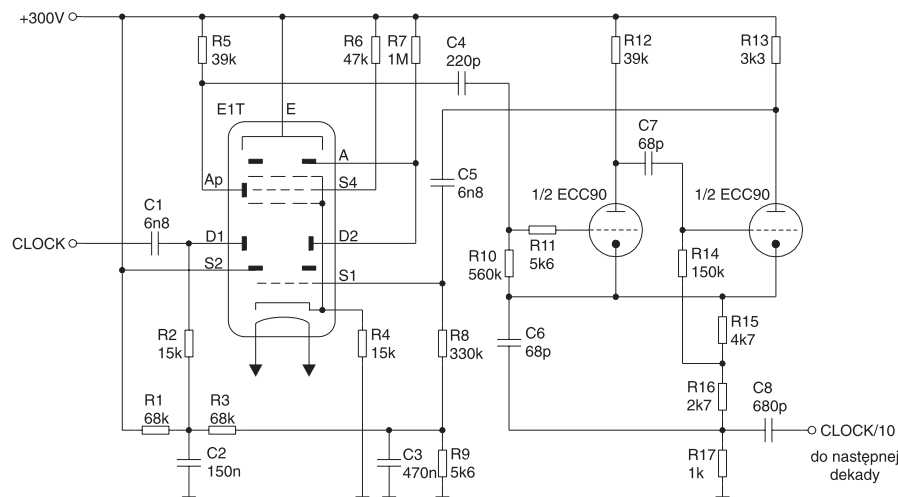
na ekran, powoduje świecenie luminoforu w pobliżu odpowiedniej cyfry. Dla uzyskania ostrego znaku na ekranie jest wymagane napięcie przyspieszające o wartości 300 V. Nie jest to dużo, zważywszy, że w lampach oscyloskopowych wymagane napięcie jest z reguły większe od 500 V. Lampa E1T ma płytki odchyłające D1 i D2, podobnie do lampy oscyloskopowej. Podstawowy układ pracy licznika na lampie E1T przedstawiono na rys. 3. Napięcie zasilające i wartości elementów są tak dobrane, że po włączeniu lampy wiązka elektronów pada na ekran w pobliżu cyfry „0“.

Widzimy, że płytka odchyłająca D2 jest połączona z anodą A. Elektrody te są zasilane przez rezystor R7 o dużej oporności (ok. 1 MΩ). Elektrody D2 i A mają pewną pojemność pasożytniczą niezaznaczoną na schemacie. Przez kondensator C1 są doprowadzane impulsy zegarowe do elektrody D1 lampy liczącej. Nie mogą to być jednak impulsy prostokątne, do jakich przywykliśmy w układach cyfrowych. Impuls zegarowy musi mieć kształt pokazany na rys. 4. W przeciwnym razie lampa nie będzie liczyć lub będzie liczyć nieprawidłowo.

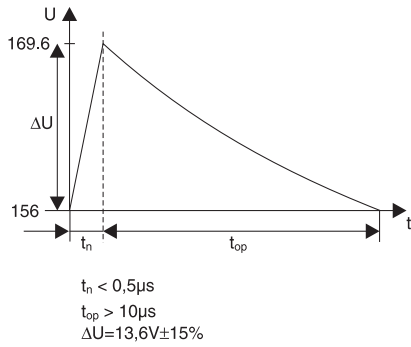
Jeśli do elektrody D1 zostanie doprowadzony prawidłowy impuls zegarowy, to indukujący się przeciwny potencjał na elektrodzie D2 nie nadaża za zmianami na D1 wskutek znacznej stałej czasowej R7 i wspomnianej pojemności pasożytniczej. Nastąpi więc odchylenie wiązki elektronów do kolejnej stabilnej pozycji - zaświeci się znak w okolicy cyfry

„1“. Aby nie nastąpiło cofnięcie wiązki, impuls zegarowy musi opadać względnie wolno - dłużej niż 10 μs. Zmiany potencjału na D2 nadążają podczas opadania impulsu za zmianami na D1.

Teraz jest jasne, dlaczego prostokątny przebieg zegarowy nie jest odpowiedni - nie następowaloby przejście wiązki do kolejnej stabilnej pozycji. Przejście do kolejnych stabilnych pozycji następuje podobnie, aż do wskazania cyfry „9“ włącznie. Po kolejnym impulsie zegarowym następuje przesunięcie wiązki na anodę przepełnienia AP. Nastąpi więc przepływ prądu przez opornik R5. Oznacza to przepełnienie licznika. Jeśli trzeba połączyć kaskadowo kilka lamp w licznik o większej pojemności, należy odpowiednio uformować impuls z anody przepełnienia i wyzerować dekadę. W tym celu jest potrzebny układ formujący - lampowy przerzutnik monostabilny (rys. 3). Doprowadza on do siatki S1 lampy liczącej krótki ujemny impuls kaskadowy, a do lampy liczącej następnej dekady odpowiedni impuls zegarowy. Działanie tego przerzutnika jest następujące. Lewa trioda w stanie stabilnym przewodzi, bo jej siatka nie jest zablokowana ujemnym potencjałem. Prawa trioda jest zaś zatkana ujemnym potencjałem na oporniku R15. Gdy z anody przepełnienia pojawi się na siatce lewej triody ujemny impuls (przez kondensator C4), zostanie ona zatkana. Anoda tej lampy stanie się przeto „bardziej“ dodatnia i ten dodatni impuls za pośrednictwem kondensatora C7 odblokuje siatkę



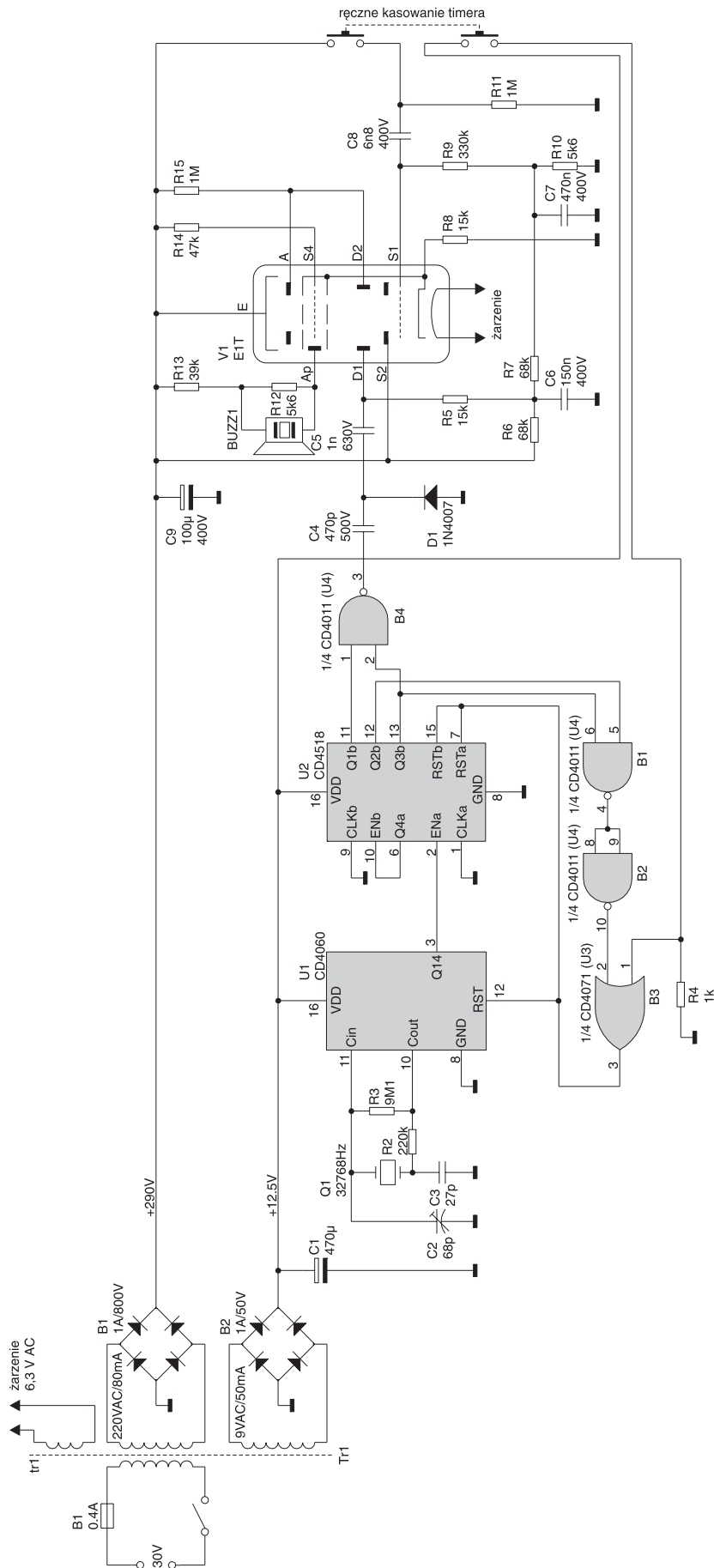
Rys. 3. Typowy schemat aplikacyjny lampy E1T



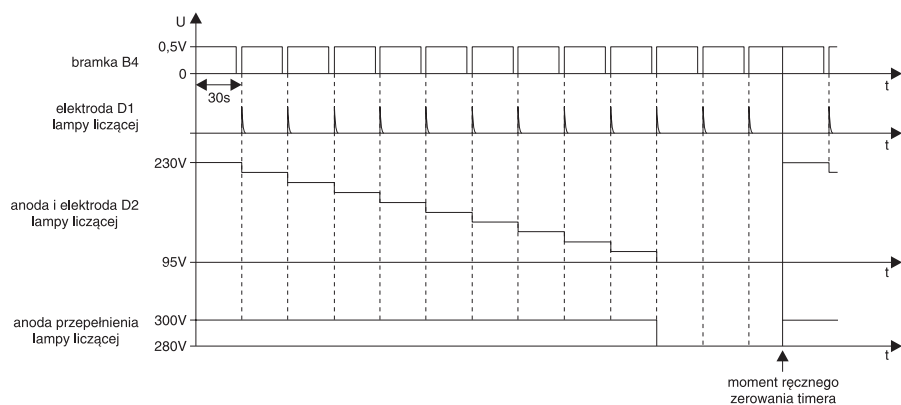
Rys. 4. Zalecany kształt impulsu "zegarowego"

prawej triody. Przez kondensator C5 do siatki S1 lampy liczącej dotrze ujemny impuls, który na chwilę spowoduje przerwę w przepływie wiązki elektronów. Spowoduje to przejście strumienia elektronów do położenia początkowego i wskazanie znaku 0. Elementy C6, C8, R15, R16 i R17 formują impulsy zegarowe dla następnej lampy liczącej. W naszym timerze samoczynne zerowanie lampy nie będzie potrzebne i zastosowanie wyżej opisanego przerywnika będzie zbędne. Należy jeszcze wspomnieć, że szybkość liczenia w opisanym wyżej układzie licznika nie przekraczała 30 kHz.

W innych układach z tą lampą (gdy np. kasowanie następowało impulsami dodatnimi na elektrodzie D2) uzyskiwano szybkość liczenia do 200 kHz. Jednak ze względu na rozrzut parametrów elementów praktyczna szybkość liczenia nie przekraczała zazwyczaj 80 kHz. Jest to relatywnie mała szybkość liczenia, w porównaniu choćby z szybkością standardowych układów TTL. Należy jednak wziąć pod uwagę, że te lampy umożliwiły skonstruowanie dość praktycznych, jak na owe czasy, układów mierników cyfrowych. W czym przejawiała się ta praktyczność? W stosunkowo łatwym odczycie wyników pomiaru. Był on bowiem wyświetlony w jednym rzędzie, a złożoność układu była stosunkowo niewielka. Jedna lampa spełniała rolę jednego licznika i jednocześnie „wyświetlacza” jego wartości. Czas życia lampy liczącej E1T jest przewidziany na 10000 godzin pracy. To dość dużo zważywszy, że niektóre z dekatronów gazowanych miały czas życia zaledwie 500 godzin pracy.



Rys. 5. Schemat elektryczny timera



Rys. 6. Przebiegi w charakterystycznych punktach timera

W wielu urządzeniach, w których wymagano dużej szybkości liczenia stosowano liczniki złożone z lampowych przerzutników dwustanowych, zwanych dawniej binadami. Aby złożyć licznik dziesiętny potrzeba 4 binad, czyli 8 lamp. Budowa takich liczników była skomplikowana - oprócz dużej liczby lamp składały się one z wielu innych elementów. Odczyt stanu licznika nie należał do najłatwiejszych. Powszechnie praktykowano dołączanie neonówek do binad. Wyświetlały one informację w kodzie dwójkowym. Aby odczytać stan licznika należało biegle posługiwać się kodem dwójkowym.

Bardziej rozbudowane maszyny były wyposażone w deszyfrator (dziś powiedzielibyśmy dekodery), który sterował albo lampy Nixie (co było szczytem wygody), albo całe kolumny neonówek. Na każdą cyfrę miernika musiało więc przypadać 10 neonówek. Ponieważ wynik nie był w takim przypadku wyświetlany w jednym rzędzie, to odczyt był utrudniony. Były budowane także mierniki cyfrowe, ale z odczytem analogowym za pomocą odpowiednio wykalibrowanego mikroamperomierza.

Konstruowane były także układy trójstanowe, tzw. triady. Nie miały one - wbrew pozorom - właściwości podobnych do współczesnych bramek trójstanowych. Jak wiadomo, w brankach trójstanowych trzeci stan odpowiada odłączeniu bramki od układu (tzw. stan wysokiej impedancji). Tymczasem w dawnych układach trójstanowych pierwszy stan oznaczał przekroczenie jakiejś wielkości,

drugi - wartość poniżej normy, trzeci - wartość w normie. Czasem budowano liczniki z połączonych triad, aby oszczędzić na liczbie lamp, ale odczyt wskazań takiego licznika był bardzo niewygodny.

Współcześnie

A dziś? Dziś możemy zastosować lampę liczącą E1T w timerze, jako nietypowy wskaźnik upływającego czasu. Spójrzmy na schemat elektryczny, który pokazano na rys. 5. Jak widać, w timerze zastosowano całkiem współczesne układy CMOS i bardzo niewspółczesną lampę E1T. Czemu tak? Otóż największą trudnością w tym projekcie jest opracowanie układu kształtującego impulsy zegarowe. Wykonanie całego układu jako

powe 4518, 4071 i 4011. Można by zbudować prymitywny układ generatora RC na jednej lampie, ale dokładność odmierzenia czasu byłaby gorsza od klepsydry piaskowej. Wszak zmiany temperatury elementów byłyby znaczne, przez co układ nie pracowałby stabilnie.

Aby odmierzyć, na przykład 5 min. podczas gotowania jajka na miękko, lampa ma zliczyć 10 impulsów. Oznacza to, że impuls zegarowy powinien się pojawiać na elektrodzie D₁ co 30 s.

W układzie U1 4060 następuje podzielenie częstotliwości kwarcu przez 16384 i na nóżce 3 tego układu uzyskujemy 2 impulsy w ciągu sekundy. Następnie w pierwszym liczniku dziesiętnym układu U2 (4518) realizowane jest dzielenie przez 10. Na nóżce 6 układu U2 otrzymujemy więc 1 impuls na 5 sekund. W drugim liczniku układu U2 następuje dzielenie przez 6. Należało w tym celu zbudować układ na brankach B1, B2 i B3, który wytwarza sygnał zerowania dla wszystkich liczników. Przyciśnięcie klawisza kasowania powoduje podanie jedynki logicznej na wejście bramki B3, co powoduje ręczne zerowanie liczników. Przycisk kasowania musi być dwusekcyjny, bo lampa wymaga innego poziomu napięcia do zerowania niż układy CMOS.

Na wyjściu bramki B4 następuje zmiana z zera na jeden dokładnie po 30 sekundach od momentu kasowania liczników. Jest to ważne, bo lampa jest wyzwalana narastającym zboczem sygnału z bramki B4. Jak pamiętamy, lampa

wymaga odpowiedniego kształtu impulsu zegarowego. Impuls ten jest formowany na elementach C4, C5, D2 i R5. Dioda D2 obcina ujemne impulsy, tworzące się podczas różniczkowania przebiegu zegarowego. Na rys. 6 przedstawiono uproszczone przebiegi w niektórych punktach układu timera.

W układach CMOS zmiana z logicznego zera na jeden odpowiada zmianie napięcia wyjściowego z około 0 V do napięcia zasilania układu. Ponieważ jest wymagane, aby wysokość impulsu zegarowego lampy wynosiła 13,6 V ±15%, układy CMOS są zasilane napięciem 12,5 V z oddzielnego uzwoje-

Dodatkowe materiały na temat lamp liczących można znaleźć m.in. pod adresami:

- <http://w1.871.telia.com/~u87127080/ind/e1t.htm>,
- <http://www.tubecollector.org/e1t.htm>,
- <http://www.electricstuff.co.uk/count.html>.

w pełni lampowego jest wprowadzić możliwe, ale zrobimy prostą kalkulację, która wykaże, że jest to niecelowe. Układ 4060 jest generatorem z czternastostopniowym licznikiem-dzielnikiem dwójkowym. Możemy go zastąpić kaskadą lampowych binad. Stosując lampy podwójne, jak np. ECC88 (zawierają dwie triody w jednej bańce) i stosując diody półprzewodnikowe, musielibyśmy użyć „zaledwie” 15 takich lamp (1 na generator kwarcowy i 14 na dzielnik). Aż boję się policzyć, jaki byłby pobór prądu z sieci takiego lampowego 4060. A przecież należałoby jeszcze zrobić lam-

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R2: 220kΩ/0,6W 1%
- R3: 9,1MΩ/0,6W 1%
- R4: 1kΩ/0,6W 1%
- R5, R8: 15kΩ/0,6W 1%
- R6, R7: 68kΩ/0,6W 1%
- R9: 330kΩ/0,6W 1%
- R10, R12: 5,6kΩ/0,6W 1%
- R11, R15: 1MΩ/0,6W 1%
- R13: 39kΩ/0,6W 1%
- R14: 47kΩ/0,6W 1%

Kondensatory

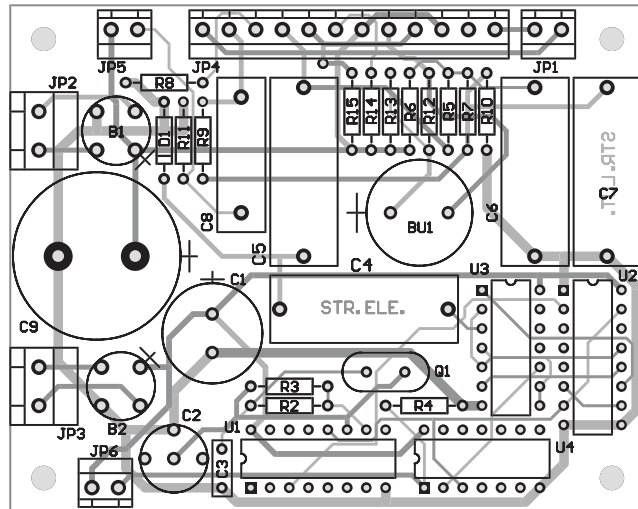
- C1: 470μF/25V
- C2: trymer 68pF
- C3: 27pF/63V
- C4: 470pF/500V
- C5: 1nF/630V
- C6: 150nF/400V
- C7: 470nF/400V
- C8: 6,8nF/400V
- C9: 100μF/400V

Półprzewodniki

- U1: CD4060
- U2: CD4518
- U3: CD4071
- U4: CD4011
- B1: mostek prostowniczy 1A/800V
- B2: mostek prostowniczy 1A/50V
- D1: dowolna dioda np. 1N4007, 1N4148

Różne

- V1: lampa E1T lub ELW1
- Buzz1: buzzer 12V
- Podstawka „duodecal” z 12 stykami
- 1 włącznik zwierny dwusekcyjny
- B1 bezpiecznik 400 mA
- Transformator według opisu



Rys. 7. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej

Napięcia zasilające układ 6,3 VAC/0,4 A dla żarzenia lampy, 9 VAC/50 mA dla układów CMOS i 220 VAC/30 mA są uzyskiwane za pomocą transformatora Tr1. Wyprostowane przez prostownik napięcie anodowe jest filtrowane za pomocą kondensatora C9.

Uruchomienie

Montaż układu nie powinien sprawić problemu i nie wymaga szerszego omówienia. Na cokole lampy przy każdej z nóżek jest wytłoczona cyfra - „pinologię” lampy pokazano na rys. 1.

Układ zmontowano na płycie drukowanej, której schemat montażowy pokazano na **rys. 7**. Ponieważ nie produkowano podstawek pod lampy E1T do druku, więc lampa została „podpięta” do płytki na przewodach. Przewody te nie powinny być jednak zbyt długie (do kilkunastu cm). Kolejność wyprowadzeń lampy pokrywa się z kolejnością wyprowadzeń na złączu krawędziowym, z tym, że przewody 4 i 9 na cokole lampy należy ze sobą zamienić miejscami. Poprawnie zmontowany układ działa zaraz po włączeniu i nagraniu się lampy, co zajmuje mniej niż 20 s. Po nagraniu powinien zaświecić się znak w okolicy cyfry „0”. Jedyną czynnością regulacyjną jest ewentualne dostrojenie generatora do częstotliwości 32768 Hz za pomocą trymera C2.

Elementy w obwodach lampy powinny być dobrej jakości - tolerancja oporników 1%, kondensatorów 5...10%. Jest to warunek stabilnej pracy lampy E1T. Tak

zalecał producent w danych katalogowych. Gdyby lampa nie chciała liczyć, należy zmienić wartości pojemności C4 i C5. Przyczyną tego mogą być też za długie przewody.

Panuje powszechne przekonanie, że układy lampowe są bardzo drogie w budowie. Nie zawsze jest to prawdą i dużo zależy od naszych zdolności organizacyjnych, cierpliwości i szczęścia. Trudno oszacować koszt tego układu, bo zależy od tego, ile trzeba będzie zapłacić za lampę. Udało mi się ją nabyć za 4 zł, a szacunkowy koszt pozostałych elementów (bez transformatora) nie przekroczył 30 zł.

Aleksander Zawada, AVT
aleksander.zawada@ep.com.pl

Wzory płytek drukowanych w formacie PDF są dostępne w Internecie pod adresem: <http://www.ep.com.pl/?pdf/wrzesien03.htm>.

nia transformatora sieciowego, prostowane (B2) i filtrowane (C1). W części cyfrowej nie można więc stosować układów TTL, bo uzyskamy za małą wysokość impulsu zegarowego dla lampy.

W obwód anody przepełnienia jest włączony brzęczyk BUZZ1. Po zliczeniu dziesiątego impulsu zegarowego następuje nieznaczne przesunięcie wiązki elektronów w lampie liczącej tak, że przez anodę przepełnienia AP popłynie prąd uruchamiający brzęczyk, ale nadal świeci się znak w pobliżu cyfry „9”. Sygnał z brzęczyka oznacza koniec odmierzenia czasu (np. gotowania). Brzęczyk nie włączy się do momentu wciśnięcia przycisku kasowania lub odłączenia zasilania układu.