

## ELEKTRONICZNY ZEGAR CIEMNIOWY

Praca w ciemni fotograficznej, szczególnie w warunkach amatorskich, jest uciążliwa i męcząca. Najczęściej amator urządza ciemnię, wykorzystując różnego rodzaju pomieszczenia pozbawione dopływu światła, lub w godzinach wieczornych i nocnych — zasłaniając okna zasłonami. Taka ciemnia z pewnością nie zapewni fotoamatorowi właściwych warunków pracy. Podczas wykonywania większej ilości odbitek, szybko zmęczenie wywołuje odmierzanie czasów naświetlania.

Do najczęściej stosowanych sposobów odmierzania czasu ekspozycji należą: liczenie z możliwie stałą prędkością, liczenie ilości uderzeń taktomierza lub innego urządzenia wydającego rytmiczne sygnały, używanie stopera lub zegarka lub korzystanie z wyłącznika czasowego.

Pierwszy z wymienionych sposobów jest niedokładny i powoduje duże straty papieru fotograficznego wynikłe z błędnego naświetlania. Drugi oraz trzeci z wymienionych sposobów odmierzania czasu naświetlania jest dokładny, jednak poważnie absorbuje uwagę i uniemożliwia wykonywanie innych czynności w czasie samego naświetlania pozytywu. Godnym polecenia jest sposób czwarty — używanie wszelkiego rodzaju wyłączników czasowych.

Stosowanie zegarów ciemniowych umożliwi szybkie i bezbłędne wykona-

nie całej serii pozytywów w pracowniach amatorskich, a w zawodowych laboratoriach fotograficznych jest urządzeniem wprost nieodzownym. Tego typu urządzenia produkowane są fabrycznie i czasami znajdują się w sprzedaży w sklepach ze sprzętem fotograficznym, ale są, niestety, zbyt drogie, jak na kieszeń fotoamatora. Rozwiązaniem optymalnym w tych warunkach jest samodzielna budowa urządzenia spełniającego rolę zegara ciemniowego. Urządzenie może zbudować i uruchomić każdy średnio zaawansowany majsterkowicz-elektronik.

Elementy składowe użyte do budowy elektronicznego zegara ciemniowego są dostępne w sprzedaży detalicznej.

Schemat elektryczny zegara ciemniowego przedstawiony został na rys. 1. Odmierzanie czasów naświetlania opiera się na zjawisku rozładowania kondensatora  $C_1$  przez oporność czynną  $R = R_8 + R_9 + \dots + R_{17}$ . Jeżeli kondensator  $C_1$ , naładowany do napięcia równego wielkości napięcia zasilania, będziemy rozładowywać przez oporność  $R$ , to na początku procesu, w chwili zamknięcia obwodu wyłącznikiem  $W_1$ , prąd rozładowania będzie maksymalny, a później, w miarę rozładowywania się kondensatora, napięcie na nim będzie malało i będzie zmniejszał się prąd rozładowania. Rozładowanie kondensatora trwa tym dłużej, im mniejszy jest

prąd rozładowania kondensatora, czyli im większa jest oporność  $R$  oraz im większy ładunek był zgromadzony na jego okładkach, czyli im większa jest jego pojemność.

Proces rozładowania kondensatora przebiega według tzw. krzywej wykładniczej, a wielkością charakteryzującą obwód jest stała czasowa  $= RC_1$ . Wobec tego czas rozładowania kondensatora jest proporcjonalny do iloczynu  $RC_1$ . Zmieniając oporność  $R$  lub pojemność  $C_1$  można regulować czas rozładowania kondensatora w obwodzie, a tym samym czas włączenia zegara. Ze względów praktycznych lepiej zmieniać wartość oporności  $R$ .

Schemat obwodu do regulacji czasów włączenia zegara przedstawiony jest na rys. 2. Oporniki  $R_9$  do  $R_{15}$  ustalają czasy krótkie o wielkościach: 1 s, 2 s, 4 s, 8 s, 16 s, 32 s, 64 s. Takie ustalenie czasów oraz możliwość sumowania poszczególnych wartości teoretycznie pozwala uzyskać skokową regulację co sekundę w zakresie od 1 do 127 s. Praktycznie jest to niemożliwe z powodu braku kondensatorów idealnych, pozbawionych upływności. Schemat zastępczy rzeczywistego kondensatora przedstawia się jako pojemność i równolegle przyłączona duża oporność rzeczywista. Dlatego też wartości oporników ustalających poszczególne czasy wzrastają nieco więcej niż dwukrotnie, a włączone jednocześnie czasy, np. 8 s i 16 s, dają czas około 23,5 s, a nie 24 s. Różnica pomiędzy czasami wynikającymi z sumowania a czasami rzeczywistymi powiększa się do czasów długich, tzn. gdy oporność  $R$  jest porównywalna z opornością wewnętrzną kondensatora. Wada ta nie ma jednak decydującego znaczenia w eksploatacji zegara, gdyż czasy naświetlania pozytywów są ustalane doświadczalnie.

Potencjometr  $R_{17}$  spełnia rolę płynnego regulatora czasów długich w zakresie od 1,5 do 15 min., natomiast opornik  $R_{16}$  ustala dolną granicę cza-

sów długich i powinien mieć wartość równą sumie oporników  $R_9$  do  $R_{15}$ . Odpowiedni zakres czasowy wybiera się przełącznikiem  $W_5$ .

Regulację czasów pracy zegara można też rozwiązać stosując dwa lub trzy potencjometry liniowe oraz odpowiedni przełącznik wybierający żądany zakres czasowy. Rozwiązanie takie jest nieco gorsze, ponieważ nie zapewnia dokładnej powtarzalności w nastawieniu oporności rozładowującej kondensator i wprowadza błąd czasu włączenia wynikający z niedokładności wykonania skali na pokrętle potencjometru.

W stanie wyjściowym sprężyny przełącznika  $P$  zajmują położenie, jak na rys. 1, tzn. zwarte są styki 2 i 3, przez które ładuje się kondensator  $C_1$ . Z chwilą zwarcia przycisku  $W_1$  (start), kondensator  $C_1$  zaczyna się rozładowywać przez oporność  $R$ , a tranzystor  $T_1$  zaczyna przewodzić, wytwarzając spadek napięcia na oporniku  $R_3$ , który steruje typowy przerzutnik Schmitta złożony z tranzystorów  $T_2$  i  $T_3$ . Przerzutnik Schmitta jest odmianą układu multiwibratora bistabilnego (dwa stany stabilne) o sprzężeniu zwrotnym na oporniku  $R_7$  w obwodzie emitera, wykorzystywany w układzie zegara jako przemiennik napięcia wolnozmiennego na przebiegi prostokątne.

W stanie wyjściowym tranzystor  $T_2$  jest zatkany, natomiast tranzystor  $T_3$  w stanie nasycenia. Prąd płynący, przez tranzystor  $T_3$  wytwarza na oporniku  $R_7$  spadek napięcia, który utrzymuje tranzystor  $T_2$  w stanie zatkania.

Dzielnik napięcia, złożony z oporników  $R_4$  i  $R_5$ , jest tak dobrany, że spadek napięcia mierzony na suwaku opornika  $R_5$  jest większy od spadku napięcia na oporniku  $R_7$ , o około 0,2–0,3 V, a więc tranzystor  $T_2$  znajduje się w stanie nasycenia.

W chwili, gdy napięcie na oporniku  $R_3$  zacznie rosnąć (przewodzi  $T_1$ ) i osiągnie wielkość spadku napięcia na oporniku  $R_3$ , tranzystor  $T_2$  zacznie przewo-

dzić. Napięcie na kolektorze tranzystora  $T_2$  zmaleje, co wywoła zatkanie tranzystora  $T_3$ , to znaczy zmniejszy się napięcie na oporniku  $R_7$ . Zmiana napięcia na oporniku  $R_7$  spowoduje silniejsze przewodzenie tranzystora  $T_2$ , i w wyniku tego nastąpi szybki proces przerzutu. Tranzystor  $T_3$  znajduje się w stanie zatkania, a tranzystor  $T_2$  przejdzie w stan nasycenia, co spowoduje zadziałanie przełącznika P. Wówczas sprężyny 4 i 5 spowodują włączenie powiększalnika, a sprężyny 2 i 3 dzięki ich rozwarciu odłączą kondensator  $C_1$  od zasilania, natomiast sprężyny 1 i 2 złączą przycisk  $W_1$ , który można puścić.

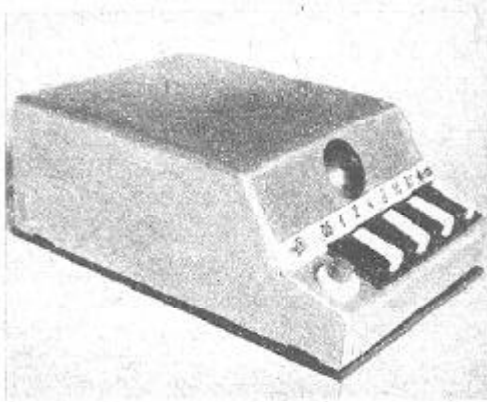
Na skutek rozładowania się kondensatora  $C_1$  prąd kolektora tranzystora  $T_1$  będzie się zmniejszał, co spowoduje zmniejszenie spadku napięcia na oporniku  $R_3$ , a przez to zmniejszenie napięcia na oporniku  $R_7$ .

Gdy napięcie na oporniku  $R_7$  osiągnie wartość napięcia na suwaku opornika  $R_9$ , tranzystor  $T_1$  zacznie przewodzić. Wówczas napięcie na oporniku  $R_7$  wzrośnie i wywoła zatkanie tranzystora  $T_3$ , w wyniku czego przełącznik P zwolni i układ powróci do stanu wyjściowego.

Dla prawidłowej pracy przerzutnika Schmitta konieczne jest, aby spadek napięcia na oporniku  $R_7$  był większy w stanie wyjściowym niż w stanie przerzutu, tzn. prąd tranzystora  $T_1$  był większy niż prąd tranzystora  $T_2$ . Próg działania przerzutnika wyznacza opornik  $R_9$ . Widać również, że napięcie na oporniku  $R_3$  potrzebne do spowodowania przerzutu układu musi być większe niż napięcie, przy którym układ powraca do stanu wyjściowego.

Zasilacz układu stanowi przerobiony transformator dzwonekowy z diodą  $D_2$  oraz kondensator  $C_2$  wygładzający napięcie pulsujące.

Dioda  $D_1$  służy do tłumienia impulsu napięcia powstającego w cewce przełącznika P w czasie zwalniania, zabezpiecza-



Zegar ciemniowy w uproszczonej wersji, bez płynnej regulacji czasów włączania

jąc tranzystor  $T_2$  przed uszkodzeniem.

Opornik  $R_2$  ogranicza pobór prądu ze źródła, zabezpieczając diodę  $D_2$  w początkowym okresie ładowania się kondensatora  $C_1$ .

Opornik  $R_{18}$  zabezpiecza kondensator  $C_1$  przed rozładowaniem zwarciovym, gdy zegar nie jest nastawiony na żaden z czasów pracy, tzn. gdy są zwarte wszystkie oporniki: od  $R_9$  do  $R_{17}$  a przypadkowo nastąpi zamknięcie przycisku  $W_1$ .

Wyłącznik  $W_2$  służy do ręcznej obsługi powiększalnika, np. podczas ustawiania kadru pozytywu lub nastawiania ostrości.

Budowę zegara ciemniowego należy rozpocząć od zgromadzenia wszystkich elementów składowych wg wykazu zamieszczonego na końcu artykułu.

Następnie wykonamy płytkę z materiału izolacyjnego (bakelit, preszpan, winidur, pleksiglas itp.) o wymiarach  $130 \times 200$  mm grubości 3 mm, stanowiącą podstawę całego urządzenia. Oczywiście, wymiary płytki mogą być też inne, zależą one od rodzaju i wielkości użytych do budowy elementów. Na wykonanej płytce należy zamocować tran-



## WYKAZ ELEMENTÓW

- Tranzystory  
 $T_1$  — BF 519  
 $T_2, T_3$  — ACP 605 (dawniej TG 5).
- Diody  
 $D_1$  — AAP 658 (dawniej DOG 58)  
 $D_2$  — AYP 601-50 (dawniej DZG 1).
- Kondensatory  
 $C_1$  — 2000  $\mu\text{F}/30\text{ V}$  elektrolityczny  
 $C_2$  — 100  $\mu\text{F}/50\text{ V}$  elektrolityczny.
- Oporniki  
 $R_1$  — 470 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_2$  — 200  $\Omega/0,25\text{ W}$   
 $R_3$  — 1 k $\Omega/0,5\text{ W}$   
 $R_4$  — 10 k $\Omega/0,25\text{ W}$   
 $R_5$  — 4,7 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_6$  — 1,2 k $\Omega/0,5\text{ W}$   
 $R_7$  — 100  $\Omega/0,5\text{ W}$   
 $R_8$  — 110  $\Omega/0,25\text{ W}$   
 $R_9, R_{10}$  — 1 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_{11}, R_{12}$  — 4,7 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_{13}$  — 10 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_{14}$  — 25 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_{15}$  — 47 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_{16}$  — 100 k $\Omega$  potencjometr montażowy  
 $R_{17}$  — 5 M $\Omega$  potencjometr montażowy.
- P — przekaźnik o oporności około 1500  $\Omega$  i prądzie zadziałania 7 mA.
- T — transformator dzwonekowy.
- W<sub>1</sub> — przycisk od młynka do kawy.
- W<sub>3</sub> — przełącznik, np. klawiszowy podwójny.
- Cztery podwójne wyłączniki od suszarki do włosów.
- Gałka radiowa.
- Sznur sieciowy z wtyczką.
- Gniazdo sieciowe.
- Dwie oprawki z żaróweczkami.
- Błacha aluminiowa 330 × 280 × 1,2 mm.
- Płytki bakelitowa 200 × 130 × 3 mm.
- Płytki z pleksiglasu 180 × 100 × 2 mm.
- Inne drobne elementy montażowe, jak wkręty, podkładki, drut miedziany, kolorowy pleksiglas (np. czerwony, żółtozielony) itp.

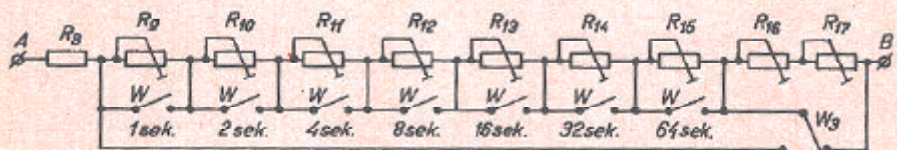
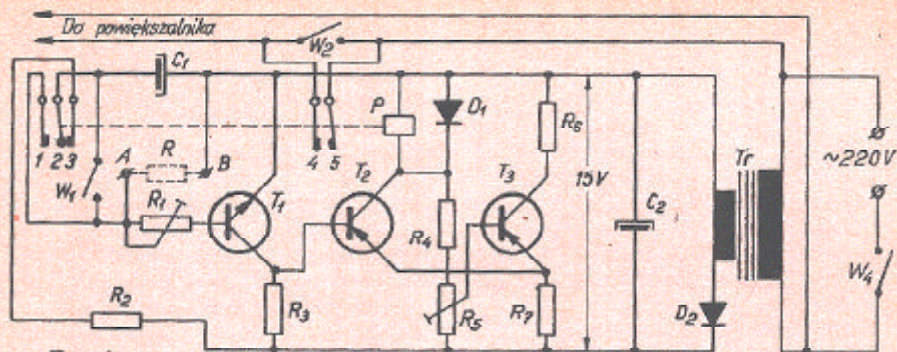
sformator Tr, przekaźnik P i kondensator  $C_1$ .

Do obniżenia napięcia sieciowego można wykorzystać przerobiony transformator dzwonekowy. Przeróbka polega na odwinięciu uzwojenia wtórnego (drut o większej średnicy) i powtórnym nawinięciu nowego uzwojenia o większej liczbie zwojów. Podczas odwijania drutu należy policzyć ilość zwojów, wynik tego liczenia pomnożyć przez 1,7, w ten sposób otrzymamy ilość zwojów nowego uzwojenia wtórnego. Sposób ten jest zalecany z uwagi na różne wykonania poszczególnych egzemplarzy transformatorów. Średnica drutu ( $\varnothing$  0,4 do 0,5) powinna być tak dobrana, aby całe uzwojenie zmieściło się w oknie rdzenia.

Po nawinięciu uzwojenia należy dołączyć nie obciążony transformator do sieci oświetleniowej na kilkadziesiąt minut. Jeśli po tym czasie nie wystąpi wyraźne rozgrzewanie się uzwojeń transformatora, możemy uważać, że transformator nie ma zwarc międzyzwojowych, a tym samym jest sprawny. Pozostaje tylko zmierzyć napięcie na końcówkach uzwojenia wtórnego, które powinno wynosić około 13 do 14 V. Następnie należy dołączyć diodę  $D_2$  i kondensator  $C_2$ .

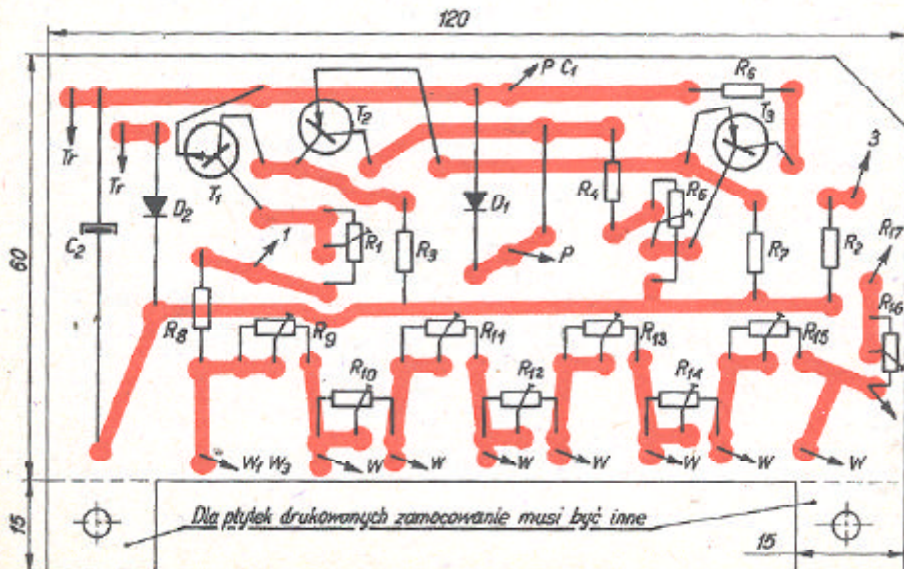
Mając gotowy zasilacz można przystąpić do montażu elektronicznej części zegara. Zalecany jest montaż próbny, tzn. wykonanie całego układu elektrycznego na prowizorycznej płytce, bez ostatecznego mechanicznego zamocowania elementów. Może to być nawet płytka z tektury, którą należy wcześniej zaopatrzyć w kilka lub kilkanaście dowolnie ułożonych pasków z cynowanej blachy. Taki montaż zapewnia łatwy dostęp do wszystkich elementów, wykonanie niezbędnych pomiarów, swobodną wymianę części składowych, jak również doświadczenia dobór elementów.

Kolejnym etapem montażu powinno być uruchomienie przerzutnika Schmitta złożonego z tranzystorów  $T_2$  i  $T_3$ . Sterowanie bazy tranzystora  $T_2$  można za-



Rys. 4

Widok od strony elementów



stąpić dzielnikiem napięcia (np. potencjometr o oporności 50 do 200 kiloomów, którego suwak przyłącza się do bazy tranzystora  $T_2$ ) obserwując działanie przekaźnika i mierząc prądy kolektorowe obydwóch tranzystorów.

Następnie należy dołączyć tranzystor  $T_1$  oraz układ  $RC_1$  określający czas włączenia zegara; oporność rozładowującą może stanowić jeden potencjometr.

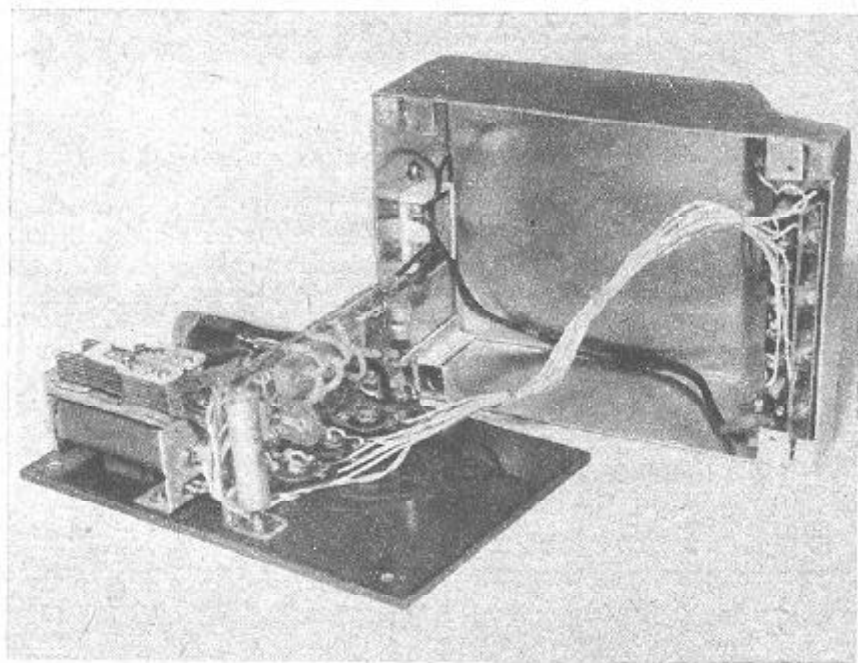
Kondensator  $C_1$  powinien być dobrej jakości, o jak najmniejszej upływności. Dlatego też należy go wcześniej uformować. Formowanie polega na włączeniu kondensatora na okres kilku godzin pod napięcie stałe o wielkości znamionowej. Dotyczy to kondensatorów składowanych dłużej niż pół roku.

Podczas montażu należy pamiętać, aby wartości poszczególnych napięć dla tranzystorów nie zostały przekroczone,

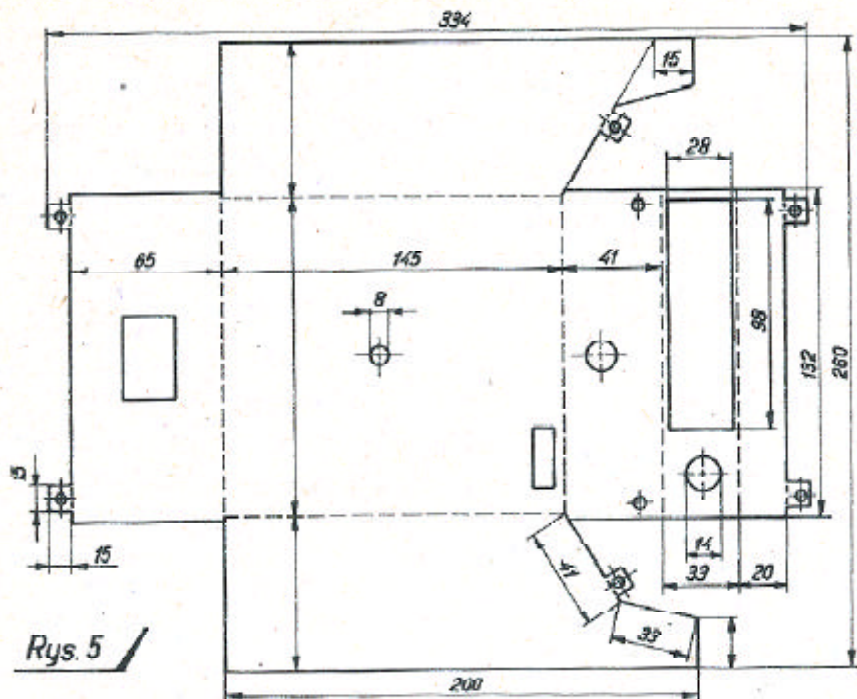
gdyż może to spowodować zniszczenie elementu, a w konsekwencji stratę materiałną. Oprócz tego należy pamiętać o właściwej kolejności włączania elektrod tranzystora pod napięcie zasilające: 1 — baza, 2 — emiter, 3 — kolektor. Kolejność przy odłączaniu jest odwrotna, tzn. 1 — kolektor, 2 — emiter, 3 — baza. Należy również unikać stanów, gdy kolektor i emiter są pod napięciem, a baza jest odłączona, jak również nie wolno lutować elektrod tranzystora będącego pod napięciem.

Uruchomienie zegara nie powinno nastąpić większych trudności. Dla ułatwienia, na rys. 3 podano wartości kolektorowych prądów tranzystorów w urządzeniu modelowym oraz pokazano wyprowadzenia elektrod tranzystorów. Naturalnie, wszystkie wielkości prądów, jak również wartości oporników należy traktować jako orientacyjne, gdyż zależą

Wnętrze zegara ciemniowego w uproszczonej wersji







Rys. 5

one od typu i jakości użytych elementów.

Po sprawdzeniu działania i dokładności elektrycznej części zegara można przystąpić do wykonania płytki montażowej, pokazanej na rys. 4, stanowiącej podstawę dla mechanicznego montażu elementów elektrycznych.

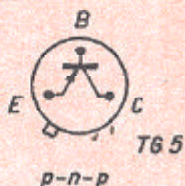
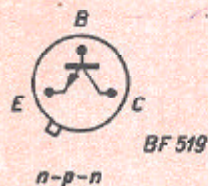
Obwody elektryczne można wykonać na płytce pokrytej folią miedzianą i wytrawić je zgodnie z rozmieszczeniem poszczególnych elementów. Można też wykonać obwód metodą pseudodrukowania na płytce z dowolnego materiału izolacyjnego. W urządzeniu modelowym płytka została zrobiona z pleksiglasu grubości 2 mm, natomiast połączenia — drutem miedzianym, pocynowanym. Po wycięciu płytki o odpowiednich wymiarach trzeba ją wygiąć na gorąco, przygotowując w ten sposób do umocowania na podstawie. Następnie musimy

zaplanować rozmieszczenie otworów na wyprowadzenie poszczególnych elementów, otwory te wywiercimy wiertłem o średnicy 0,8 mm lub wytopimy gorącym drutem. Elementy należy zamocowywać w następującej kolejności: potencjometry montażowe, oporniki, kondensatory, diody i tranzystory. Użycie pleksiglasu na płytce umożliwia trwale zamocowanie potencjometrów w pozycji prostopadłej do powierzchni płytki. Końcówki potencjometrów należy podgrzewać lutownicą i jednocześnie wciskać w wywiercone otwory, a po wystygnięciu potencjometr sztywno będzie trzymał się w płytce.

Kolejnym etapem pracy będzie wykonanie obudowy urządzenia, pokazanej (w rozwinięciu) na rys. 5. W urządzeniu modelowym obudowę wykonano z blachy aluminiowej grubości

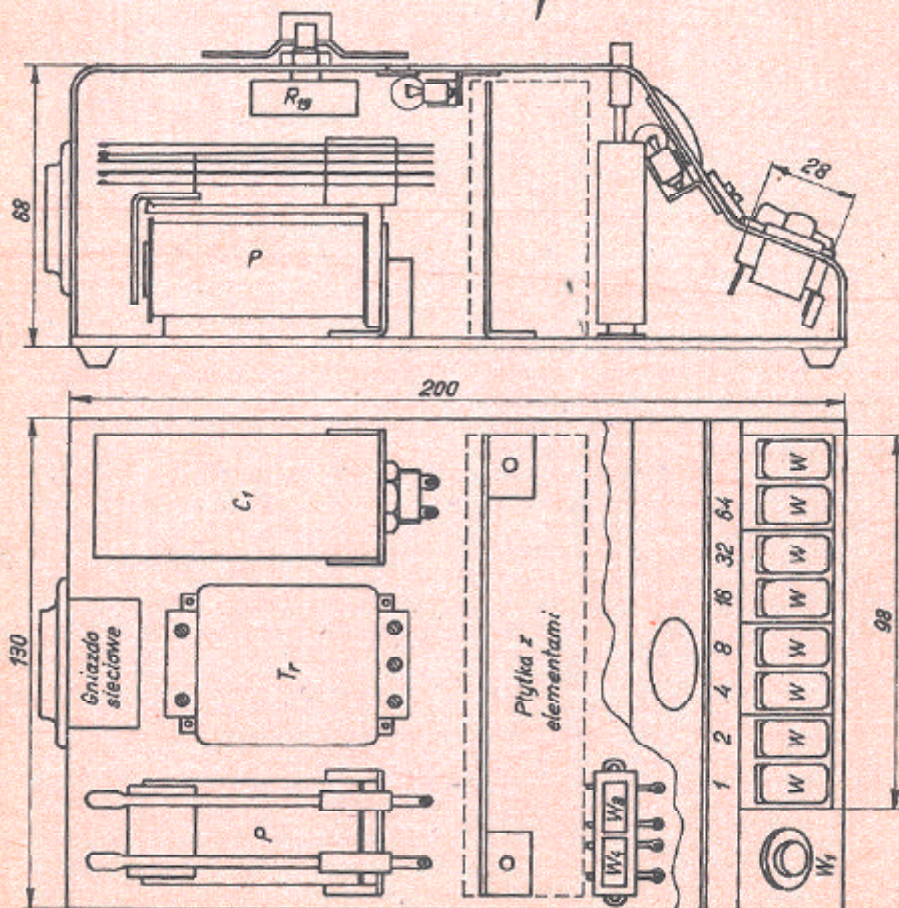


	Stan wyjściowy	Stan przerzutu
$T_1$	prąd $J_{co}$	5-6 mA
$T_2$	prąd $J_{co}$	8-9 mA
$T_3$	10-11 mA	prąd $J_{co}$



Rys.3

Rys.6



Rozmieszczenie elementów na podstawie

na obudowie

1,2 mm. Po narysowaniu siatki obudowy, wycięciu jej i wyrównaniu krawędzi, za pomocą imadła trzeba zagiąć blachę wzdłuż linii przerywanych widocznych na rysunku. Powierzchnia blachy nie powinna dotykać bezpośrednio szcęk imadła, gdyż spowoduje to powstanie głębokich zarysowań, trudnych do usunięcia w końcowym stadium obróbki powierzchniowej. Blachę mocowaną w imadle należy wkładać między deseczki z twardego drewna, a do gięcia używać młotka drewnianego lub jeszcze lepiej — gumowego. Teraz dokonamy połączenia stykających się krawędzi blachy za pomocą aluminiowych kątowników i nitów. Dokładne fazowanie otworów pod nity i staranne nitowanie po ostatecznym oszlifowaniu nie pozostawi prawie żadnych śladów.

Końcową czynnością przy wykonaniu obudowy jest obróbka powierzchniowa blachy. Szlifowanie należy rozpocząć papierem ściernym o dość grubym ziarnie i przechodzić kolejno do coraz bardziej drobnoziarnistego, w efekcie uzyskamy estetycznie wyglądającą metaliczną powierzchnię.

Jako wyłączniki poszczególnych czasów stosujemy cztery podwójne wyłączniki stosowane przy suszarkach do włosów (cena 12,50 zł), które połączymy listwą z pleksiglasu, wykorzystując jedno z trzech wyprowadzeń. Pojedynczy klawisz ostatniego wyłącznika będzie służył do ręcznej obsługi powiększalnika ( $W_2$ ).

Zewnętrzna część gniazda sieciowego musi być obrobiona na tarczy szlifierskiej tak, aby dało się je dopasować do wysokości obudowy zegara.

Skalę czasów wykonamy tuszem na białym papierze i osłonimy listwą z pleksiglasu, a całość zamocujemy nad wyłącznikami określającymi poszczególne czasy. Natomiast obrotową skalę czasów ciągłych można wykonać w postaci dwóch tarcz przezroczystych, między które należy włożyć krążek z kalki technicznej z napisami i całość przykleić do

ozdobnej galki radiowej. Znak odniesienia w postaci trójkąta wyciętego na wierzchniej części obudowy można podświetlić kolorową żaróweczką.

Należy przy tym pamiętać o właściwym doborze barwy lampek oświetlających, tzn. aby kolorowe światło nie powodowało zaczernień na papierze fotograficznym.

Na koniec wykonamy ostateczne połączenia elektryczne elementów znajdujących się na obudowie z pozostałą częścią urządzenia oraz dokonamy dokładnej regulacji oporników  $R_9$  do  $R_{17}$  odpowiadających poszczególnym czasom włączenia zegara.

Powiększanie oporności powoduje zwiększenie czasu włączenia, natomiast zmniejszenie — skracca ten czas. Skalowania tarczy potencjometru  $R_{17}$  należy dokonać za pomocą stopera lub zwykłego zegarka, zaznaczając na skali miejsca odpowiadające poszczególnym czasom włączenia. Trzeba również pamiętać, że podziałka ta nie będzie liniowa.

Przykładowe rozmieszczenie wszystkich ważniejszych elementów zegara ciemniowego pokazano na rys. 6.

Przeprowadzona próba eksploatacja zegara ciemniowego wykazała dużą niezawodność jego działania, jak również stosunkowo dużą dokładność odmierzenia czasu. Pomiary czasów zostały dokonane za pomocą stopera przy różnej intensywności pracy i wykazały, że rozrzut czasów rzeczywistych w odniesieniu do czasów nastawionych jest mniejszy niż 5%. Natomiast powtarzalność poszczególnych czasów włączenia zegara w ciągu kilkunastu minut jest lepsza od 1,5%. Tolerancja naświetlenia papierów fotograficznych wynosi około +50% do -30% od wartości czasu optymalnego. Widać więc, że proponowany elektroniczny zegar ciemniowy może spełnić doskonale swoją rolę w pracowni fotoamatora.

Mgr inż. Andrzej Dya