

LAMPY I TRANZYSTOROWE UKŁADY IMPULSUJĄCE

W nowoczesnej technice telewizyjnej, radiolokacyjnej, obliczeniowej, w technice i wielu innych dziedzinach techniki spotykamy na każdym kroku różne typy generatorów, multiwibratorów, triggerów itd.

Zasady pracy tych urządzeń są powszechnie znane, lecz na ogół rzadko ogląda się generowane przebiegi elektryczne na własne oczy, podczas pracy generatora, bez potrzeby posługiwania się kosztowną aparaturą.

Okazuje się jednak, że oglądanie przebiegów jest możliwe przy pomocy zupełnie prostych układów montowanych z elementów posiadanych przez radioamatorów.

Modele generatorów mogą być wykorzystane do różnych celów sygnalizacyjnych (np. wskazywanie zajęcia pomieszczeń), dekoracyjnych, ostrzegawczych itp.

Możliwości zastosowania tych urządzeń jest znacznie więcej, ale z konieczności ograniczymy się do najbardziej znanych, które mogą być zastosowane w sygnalizacji domowej.

Układy modelowe do optycznego demonstrowania przebiegów w generatorze mogą być zbudowane na popularnych wskaźnikach dostrojenia typu EM 80, EM 81, EM 84, EM 87, 6E1P i innych. Schematy połączeń wewnętrznych różnych wskaźników dostrojenia przedstawione zostały na rys. 1.

Praktyczne układy generatorów przeznaczonych do sygnalizacji mogą być wykonywane jako lampowe lub tranzystorowe, w zależności od potrzeby i możliwości konstrukcyjnych.

Lampowy multiwibrator symetryczny

Multiwibrator jest urządzeniem elektrycznym, które nie wykazuje jakiegoś stanu stałego, lecz samoczynnie przechodzi z jednego stanu w drugi z częstotliwością zależną od parametrów elementów układu.

Jak z tego wynika, multiwibrator lampowy (rys. 2) może znajdować się w dwóch zasadniczych stanach. W pierwszym stanie lampa L1 będzie przewodziła prąd elektryczny przy niewielkim potencjale anody i ekranu wskaźnika, wskutek czego wskaźnik nie będzie świecił. W tym samym czasie lampa L2 znajduje się w stanie zaporowym (nie przewodzi prądu elektrycznego), potencjał anody triody i ekranu będzie wysoki, więc paski ekranu będą świeciły.

W drugim stanie sytuacja jest odwrotna i lampa L1 znajduje się w stanie zaporowym, podczas gdy L2 przewodzi prąd.

Czas trwania stanów poszczególnych lamp jest uwarunkowany czasem rozładowania kondensatora C1 przez opornik R2 (potencjometr) (lub C2 — przez R4) i jest tym większy, im większy jest iloczyn C·R.

Multiwibrator zachowuje swą symetrię elektryczną, kiedy elementy R i C spełniają warunek: $C1 = C2$ i $R2 = R4$, i tylko wtedy czasy stanów poszczególnych lamp są jednakowe.

Jak z powyższych stwierdzeń wynika, czas poszczególnych stanów może być regulowany przez dobieranie odpowiednich wartości dla R i C w obu układach lampowych.

Przy wartościach R i C przedstawionych na schemacie (rys. 2) czas ten wynosi 0,63 s (około 95 zmian na sekundę).

Jako oporniki R2 i R4 można stosować potencjometry montażowe, które umożliwią regulację częstotliwości poszczególnych stanów lamp.

Taki multiwibrator można określić jako urządzenie elektroniczne z dwoma niestabilnymi (astabilnymi) systemami wskaźnikowymi.

Multiwibratory tego typu są bardzo szeroko stosowane jako generatory wytwarzające drgania akustyczne i ponaddźwiękowe, jako dzielniki częstotliwości, elementy składowe instrumentów muzycznych (elektronicznych) itd.

Układ multiwibratora jest zasilany prądem stałym o napięciu około 250 V otrzymywanym z zasilacza sieciowego (rys. 3).

Transformator sieciowy został nawinięty na rdzeniu od transformatora głośnikowego o przekroju poprzecznym kolumny środkowej około 5 cm², a poszczególne uzwojenia mają następującą ilość zwojów: uzwojenie sieciowe — 1880 zwojów DNE Ø 0,22 mm, uzwojenie żarzenia — 57 zwojów DNE Ø 0,6 mm.

Uzwojenie anodowe jest zbędne, ponieważ napięcie sieci jest bezpośrednio doprowadzone do prostownika.

W modelu multiwibratora (patrz fotografia) zastosowany został prostownik selenowy w układzie mostkowym, typu SPS 250/50, który może być zastąpiony innym prostownikiem półprzewodnikowym lub lampą prostowniczą.

Zależnie od pojemności pierwszego kondensatora filtru wygładzającego zasilacza (prądu tętniącego otrzymywanego z prostownika) zajdzie potrzeba zastosowania tzw. opornika uderzeniowego, który powinien być włączony w obwód sieciowy, tuż przed prostownikiem (na rys. 3 — zaznaczony linią przerywaną).

Przy pojemności kondensatora C1 = 32 µF opornik uderzeniowy R1u = 120 Ω, przy 16 µF = 50 Ω, przy 8 µF = 5 Ω.

Należy dodać, że do poprawnej pracy multiwibratora nie jest wymagana dokładna filtracja wyprostowanego prądu i z tego powodu kondensatory wygładzające C1 i C2 mogą mieć pojemność nawet od 2 mikrofaradów wwyż (dostosowane oczywiście do napięcia pracy nie niższego niż 350 V).

Zasilacz wykonany zgodnie ze schematem może być wykorzystywany jako osobny element układu lub stanowi konstrukcyjną całość razem z multiwibratorem.

Jeżeli przewidujemy przeprowadzanie pomiarów podczas pracy multiwibratora, to w punktach a, b i c (rys. 2) należy umieścić zaciski lub gniazdka radiowe, które posłużą do przyłączenia przyrządu pomiarowego i odczytywania napięć występujących podczas pracy urządzenia.

Ponieważ jednak napięcia te dochodzą do 250 V, należy zachować ostrożność zwłaszcza przy wykonywaniu pomiarów.

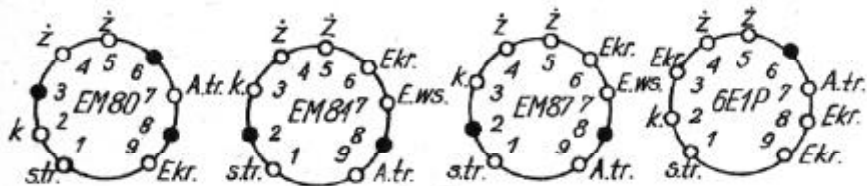
Podstawki lampowe typu noval powinny być ustawione na podstawie urządzenia w ten sposób, aby ekrany lamp znajdowały się w jednej płaszczyźnie.

Lampowy multiwibrator niesymetryczny

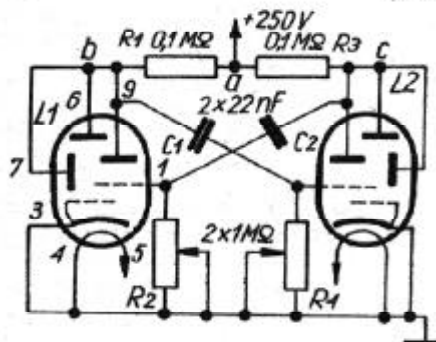
Niesymetryczny multiwibrator lampowy (rys. 4) stanowi odmianę astabilnego multiwibratora symetrycznego, a do jego wykonania będzie potrzebna tylko jedna lampa np. typu EM 84.

Obie odmiany multiwibratorów można umieścić na jednym chassis i zasilac z jednego zasilacza, dodając do układu przedstawionego na rys. 2 jeszcze jedną podstawkę lampową z odpowiednimi elementami montażowymi C i R tak, aby w układzie symetrycznym pracowały lampy L1 i L2, a w układzie niesymetrycznym tylko jedna lampa wetknięta w podstawkę oznaczoną jako L3, podczas gdy podstawki L1 i L2 pozostaną puste.

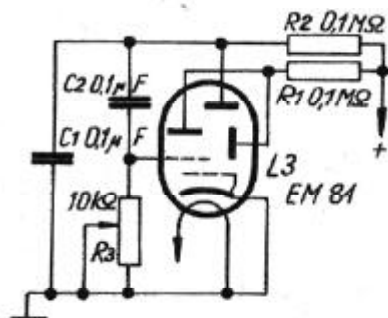
• -nóżki, do których nie wolno lutować
żadnych elementów montażowych



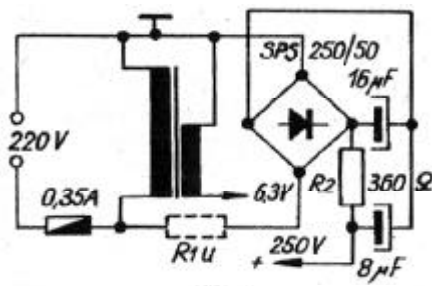
Rys. 1



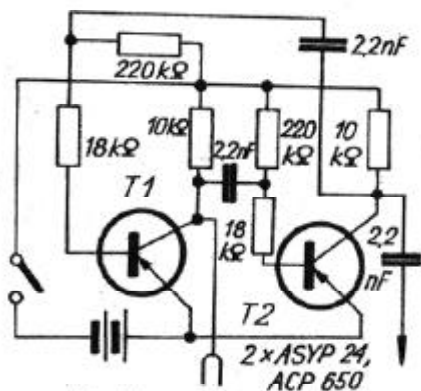
Rys. 2



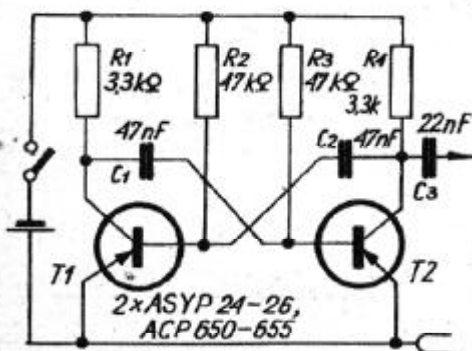
Rys. 4



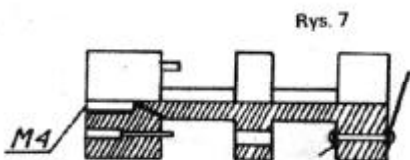
Rys. 3



Rys. 6



Rys. 5



Rys. 7

Inne rozwiązanie połączeń układu może polegać na tym, że wyboru załączanego układu będzie się dokonywać za pomocą przełącznika doprowadzającego napięcie anodowe raz do jednego a drugi raz do drugiego zespołu.

Nie nie stoi jednak na przeszkodzie, aby obok multiwibratora symetrycznego pracował jednocześnie multiwibrator niesymetryczny zasilany z jednego wspólnego zasilacza.

W pierwszym stopniu układu pracuje triodowy system lampy EM 84, natomiast w drugim stopniu — część wskaźnikowa tej samej lampy.

Jak wynika ze schematu połączeń wewnętrznych lampy EM 84, między jej dwoma systemami istnieje połączenie galwaniczne (część wskaźnikowa jest bezpośrednio połączona wewnątrz balonu lampy z anodą systemu triodowego).

Sprężenie zwrotne tworzy kondensator C2 i opornik R3.

Gdy system triodowy lampy zostanie zablokowany, wysoki potencjał, panujący na anodzie triody i elektrodzie wskaźnika, spowoduje świecenie ekranu na całej długości pasków.

W stanie przewodzenia triody potencjał na anodzie i elektrodzie wskaźnika zmniejsza się i paski świecące znacznie się zmniejszą.

Czas trwania stanu świecenia będzie uzależniony od czasu rozładowania się kondensatora C2 przez opornik R3, a czas trwania drugiego stanu — ciemnego, od czasu ładowania kondensatora C2 przez opornik R2.

Gdy oporność $R2 \ll R3$, to stan ciemny będzie trwał bardzo krótko, a okres powtarzania się przebiegów będzie w przybliżeniu proporcjonalny do iloczynu $C2 \cdot R3$.

Asymetria elektryczna będzie powodowała niejednakowy czas trwania poszczególnych stanów.

Multiwibratory tego typu są często stosowane w układach telewizyjnych, oscylografach, instrumentach muzycznych i wielu innych urządzeniach.

Sposób wykonania multiwibratora, podobnie jak i zasilacza, nie wymaga specjalnych wyjaśnień. Po wyłączeniu napięcia zasilającego przy sprawnych „elektrolitach” można obserwować zanikanie drgań przy coraz większej częstotliwości i coraz mniejszej amplitudzie drgań.

Multiwibratory tranzystorowe

Podobne układy multiwibratorów można wykonać na tranzystorach, co pozwoli na znaczne uproszczenie konstrukcji modelu, ale niestety uniemożliwi bezpośrednie obserwacje przebiegów.

Tego rodzaju układy mogą być wykorzystane jako generatory małych i wielkich częstotliwości, układy taktujące, do sygnalizatorów różnych typów przeznaczonych dla jednostek będących w ruchu, zmieniających położenie, do wskazywania zajęcia pomieszczeń, zmian kierunku itd.

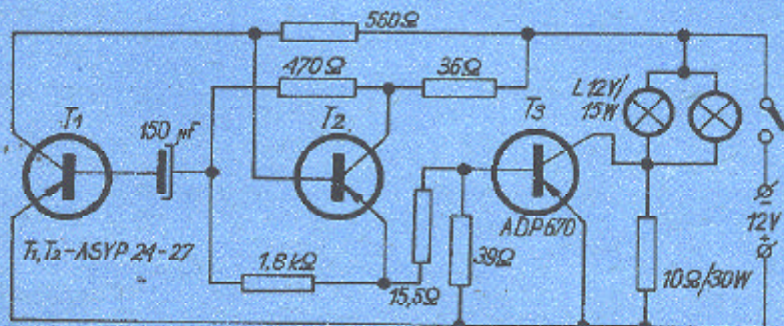
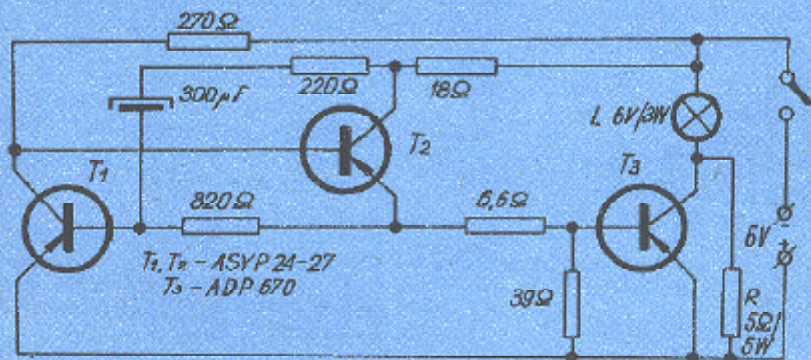
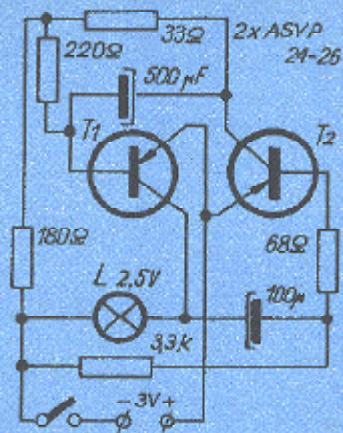
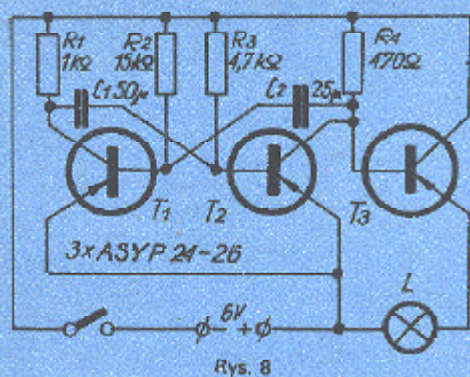
Jeden z prostszych układów multiwibratora — próbnika przeznaczonego do sprawdzania odbiorników lampowych i tranzystorowych — pokazano na rys. 5.

Jest on właściwie wzmacniaczem małej częstotliwości, zbudowanym na tranzystorach T1 i T2. Pomiędzy wyjściem i wejściem układu przewidziane zostało dodatnie sprzężenie zwrotne, dzięki któremu wzmacniacz staje się generatorem drgań.

Napięcie wytworzonego sygnału pobiera się z opornika R4 stanowiącego obciążenie tranzystora T2 i przez kondensator C3 (rozdzielający) podaje się do wejścia badanego odbiornika lub wzmacniacza m. cz.

Jeśli odbiornik będzie sprawny, to na jego wyjściu, w głośniku, będzie słyszalny dźwięk odpowiadający częstotliwości tonu generowanego.

Wartości oporników R1 — R4 i kondensatorów C1, C2 oznaczone na schemacie zostały tak dobrane, by generator pracował przy częstotliwości około



1 kHz (druga harmoniczna będzie wynosiła w tym przypadku 2 kHz, trzecia 3 kHz itd.).

Powiększanie pojemności kondensatorów C1 i C2 zmniejsza częstotliwość drgań własnych generatora i ich harmoniczne, i odwrotnie — z chwilą zmniejszenia wartości C1, C2 — zwiększenie częstotliwości.

Do zasilania urządzenia stosuje się jedno ogniwo 1,5 V, przy poborze prądu przez generator nie większym niż 2 mA.

Tranzystory T1 i T2 są dowolnymi tranzystorami małej mocy i m.cz., np. typu TG 4, TG 5, MP 39, MP 42, GT 108, lub inne, względnie wielkiej częstotliwości, np. P 401, P 403, P 420, AF 514, AF 515 itd.

Generator można zmontować na płycie pertinaksowej lub z innego materiału izolacyjnego o wymiarach 50×70 mm.

Przewód „masy” sondy i jednocześnie generatora jest zakończony krokodylkiem umożliwiającym szybkie i pewne łączenie z masą badanego urządzenia.

Inny typ multiwibratora, również przeznaczony do lokalizacji uszkodzeń w odbiornikach, wzmacniaczach i magnetofonach, został przedstawiony na rys. 6.

Jest on zbudowany na dwóch dowolnych tranzystorach i zasilany z dwóch ogniw, po 1,5 V każde ($2 \times R6$).

Przy wartościach elementów montażowych podanych na schemacie częstotliwość generatora wynosi około 2 kHz.

Kształt impulsu napięcia wyjściowego jest zbliżony do prostokątnego, podobnie jak i w poprzednio opisanych układach.

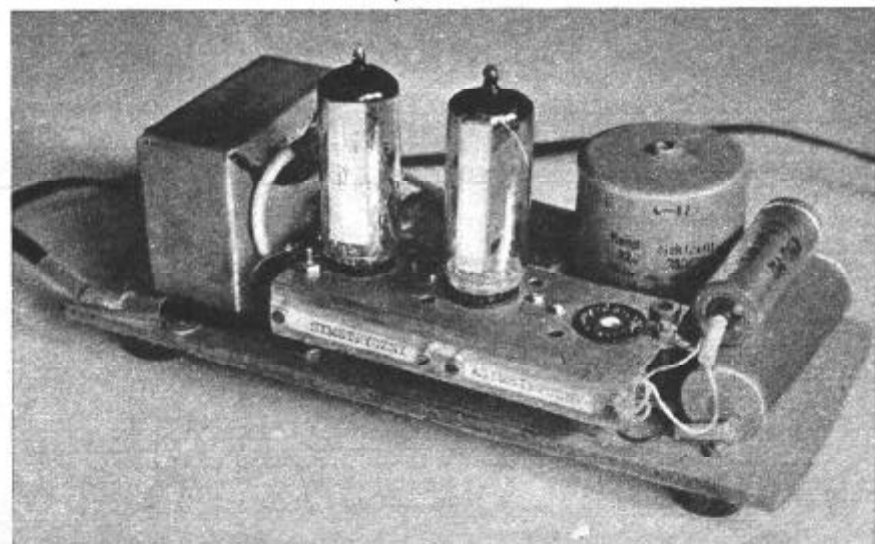
Obudowę generatora może stanowić dowolna rurka metalowa o średnicy około 15 mm lub kubek po starym „elektrolicie”, lub też obudowa od filtru pośredniej częstotliwości.

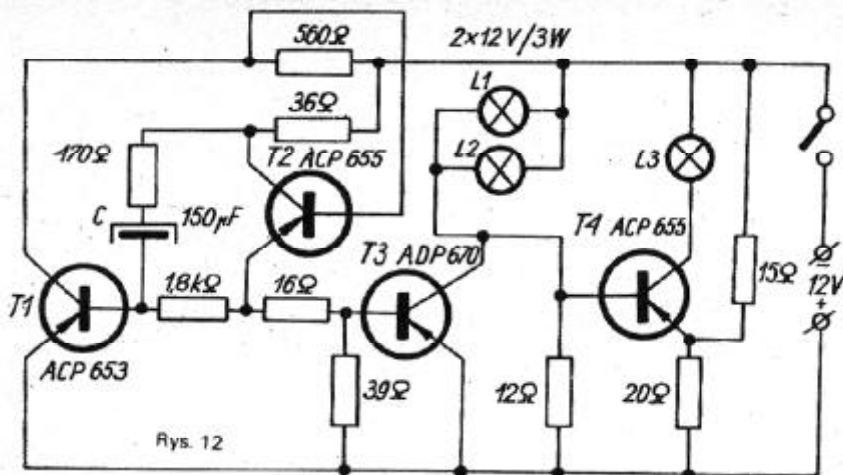
Chassis generatora może być wytoczone z jednego kawałka materiału izolacyjnego lub sklejone z części (rys. 7).

Multiwibratorów tranzystorowych można używać do układów sygnalizacyjnych. Jeden z najprostszycy sygnalizatorów pokazano na rys. 8.

Jest to dwutranzystorowy, astabilny, symetryczny multiwibrator składający się z tranzystorów T1 i T2, kondensatorów C1 i C2 oraz oporników R1, R2, R3 i R4, współpracujący z tranzystorem pomocniczym T3.

Lampowe multiwibratory — symetryczny i niesymetryczny — zmontowane na wspólnej podstawie





Rys. 12

Jeżeli tranzystor T1 znajdzie się w stanie przewodzenia, to w obwodzie kolektora tego tranzystora wystąpi zmiana potencjału w kierunku wartości dodatnich i dalej, przy współudziale kondensatora C2 nastąpi zmiana napięcia na bazie tranzystora T2, powodująca jego zablokowanie. Kondensator C2 rozładuje się przez opornik R3. W momencie zmiany kierunku napięcia do bazy tranzystora T2 dopływa napięcie ujemne, powodujące przewodzenie tranzystora.

W tym czasie następuje ponowna zmiana napięcia na dodatnie. Zmiany te są przenoszone przez kondensator C1 do bazy tranzystora T1 i powodują jego zablokowanie.

W czasie, kiedy tranzystor nie przewodzi, przez opornik R2 następuje rozładowanie kondensatora C1 i jeśli po stronie kondensatora C1 napięcie zacznie się zmieniać na ujemne, to tranzystor T1 zostanie szybko odblokowany i cały przebieg rozpocznie się od nowa.

Gdy do tego układu dołączymy jeszcze jeden tranzystor (T3), to baza tego tranzystora będzie sterowana impulsami napięcia wyjściowego multiwibratora.

Tranzystor T3 powoduje zapalenie i gaszenie żarówki *L (4–6 V/0,1 A) włączonej w obwód kolektora, odpowiednio do częstotliwości zmian stanów multiwibratora. Przy podanych na sche-

macie wartościach częstotliwość wynosi od 90 do 110 zmian na minutę.

Multiwibrator pracuje prawidłowo w temperaturze do 40 °C i przy napięciu zasilającym 6 V.

Tranzystory T1 i T2 mogą być typu TG 4 lub TG 5, tranzystor T3 — typu TG 50–55.

Następny układ, przedstawiony na rys. 9, jest zasilany z dwóch ogniwo po 1,5 V. Wytwarza on impulsy o częstotliwości 100 do 120 na minutę w temperaturze od –10° do +40° C.

Układ ten zapewnia jednakowy czas trwania impulsu świecenia żarówki i czas przerwy w świeceniu.

Żarówka L jest bezpośrednio włączona do obwodu astabilnego multiwibratora z tranzystorami T1 i T2.

Włączanie i wyłączanie żarówki następuje w rytm pracy tranzystora T1.

Układ jest szczególnie przydatny do sygnalizacji w mieszkaniu, w garażu, względnie w innych pomieszczeniach.

Na rys. 10 przedstawiono układ impulsujący, w którym jako taktownika użyto niesymetrycznego multiwibratora.

Oba tranzystory T1 i T2 powodują powstawanie napięcia prostokątnego sterującego trzeci tranzystor mocy — T3, który powoduje włączanie i wyłączanie żarówki o mocy zależnej od zastosowanego tranzystora.

Po włączeniu napięcia zasilającego, układ multiwibratora powoduje samoczynne ustalenie się następujących stanów: podczas gdy tranzystor T 1 będzie znajdował się w stanie przewodzenia, tranzystor T 2 znajdzie się w stanie zaporowym, gdyż kondensator C 3 będzie rozładowany. Jeśli prąd ładujący kondensator C 3 zmaleje tak, że tranzystor T 1 „wyjdzie” ze stanu przesterowania, to nastąpi zmniejszenie prądu kolektora, a jednocześnie rozpocznie się przebieg spowodowany działaniem sprężenia zwrotnego. Dzięki niemu tranzystor T1 zostanie zablokowany, a tranzystor T2 znajdzie się w stanie przewodzenia.

Równocześnie w stanie przewodzenia znajdzie się tranzystor T3 i żarówka będzie zasilana prądem z obwodu kolektora.

Kondensator C 3 rozładowuje się do momentu, gdy spadek potencjału na bazie tranzystora T1 spowoduje ponowne przepuszczenie prądu przez tranzystor. Dalsze przebiegi elektryczne odbywają się w analogiczny sposób.

Dla układu impulsującego, przedstawionego na rys. 10, czas świecenia żarówki L wynosi około 0,35 s, a przerwa w świeceniu trwa około 0,4 s. W ten sposób otrzymuje się świecenie przerywane w granicach 80—90 przerw na minutę.

Zimna żarówka ma niewielki opór wewnętrzny, w związku z czym pobiera ona znacznie większy prąd niż po nagrzaniu się. Mimo to tranzystor T 3 bez stosowania żadnych dodatkowych zabezpieczeń może podczas cyklicznego włączania i wyłączania wytrzymać przepływ kilkakrotnie większego prądu niż maksymalny prąd kolektora.

W celu zapewnienia poprawnej pracy układu, szeregowo z żarówką został przyłączony opornik (R) 5 omów.

W przedstawionym układzie szczytowy prąd w fazie przewodzenia (włączenia) wynosi dla tranzystora T3 około 3,7 A.

Przy włączeniu baterii zasilającej należy sprawdzić, czy kondensator C 3 jest w należyty sposób rozładowany, gdyż w przeciwnym razie układ taktujący rozpocznie pracę od taktu „zimnego” (ciemnego) i do czasu uruchomienia tranzystora może nastąpić wstępne rozżarzenie żarówki.

Układ przedstawiony na rys. 11 jest podobny do układu omówionego poprzednio, ale zasilany jest napięciem 12 V.

Z tego powodu musi nastąpić zmiana wartości oporników, a zamiast jednej żarówki można zastosować dwie oddzielne żarówki po 12 V o mocy uzależnionej od obciążalności użytego tranzystora.

Układ wyposażony został w opornik R zabezpieczający żarówki przed przepaleniem, o mocy proporcjonalnej do zastosowanych żarówek. Ogranicza on szczytowy prąd tranzystora T3 w fazie włączania do około 4,5 A.

Jeżeli połączenie żarówki ma być sygnalizowane jakąś dodatkową żarówką kontrolną, to można wykonać układ zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 12.

Układ ten wyposażony został w jeszcze jeden dodatkowy tranzystor T4 do włączania i wyłączania żarówki kontrolnej L3. Żarówka świeci w momentach, gdy żarówki L1 i L2 są wygaszane. Zapalenie jednej z tych żarówek powoduje wzrost potencjału na bazie tranzystora T 4 do około 1 V i wskutek tego tranzystor zostaje zablokowany a żarówka kontrolna L3 przestaje świecić.

Dla tranzystora T3 należy przewidzieć blachę chłodzącą (radiator) o rozmiarach 10×10 cm, uformowaną w kształcie litery U.

Zasilacze sieciowe do wszystkich opisanych układów tranzystorowych powinny mieć na wyjściu napięcie 12 V, względnie 6 V przy wartości prądu stalego odpowiedniej dla wybranego układu i typu tranzystorów.

Inż. Jerzy Brdulak