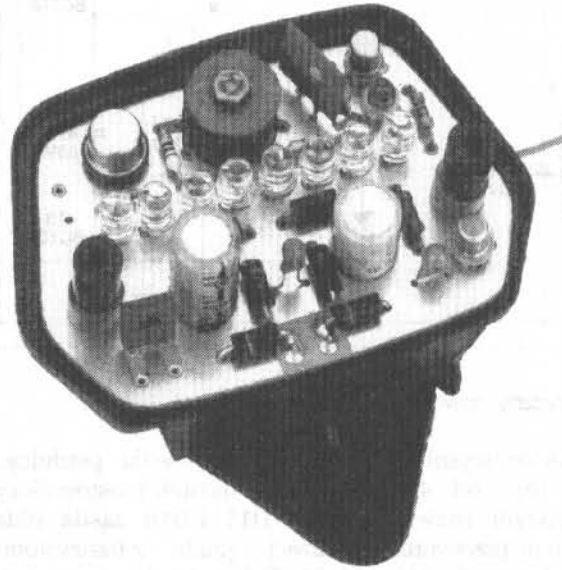
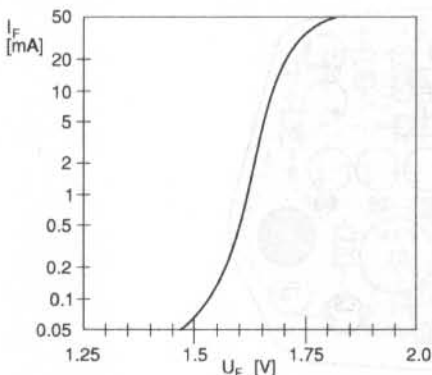


Ekonomiczna tylna lampa rowerowa

Żarówka lampy tylnej należy do najmniej trwałych i najbardziej zawodnych elementów wyposażenia roweru. Z tego względu zastąpienie jej diodami LED, proponowane w EP 9/93, wydaje się jak najbardziej celowe. Ze względu jednak na specyficzne właściwości tych elementów należy poświęcić więcej uwagi zagadnieniu ich zasilania.



Jak zapisano we wspomnianym artykule, charakterystyka I(V) żarówki jest spłaszczona, dzięki czemu moc pobierana przez żarówkę zależy od napięcia zasilającego w mniejszym stopniu niż dla rezystora liniowego. Nie dotyczy to jednak mocy użytecznej. Ta maleje dużo szybciej, gdyż ze spadkiem temperatury włókna gwałtownie spada sprawność żarówki. Tym niemniej żarówka, lepiej lub gorzej, funkcjonuje jednak w dość szerokim przedziale napięć zasilających. Natomiast w przypadku diod LED sytuacja jest bardzo niekorzystna, pomimo ich niemal stałej sprawności. Przeanalizujemy przedstawioną na **rys. 1** charakterystykę diody typu CQL103. Z wykresu charakterystyki prądowo-napięciowej diody CQL103 wynika, że dla



Rys. 1. Charakterystyka I U diody CQL103

napięcie poniżej 1,5V dioda praktycznie nie funkcjonuje. Dla napięć wyższych od 1,8V prąd narasta do wartości grożących przeciążeniem diody. Tak więc konieczne okazuje się ograniczenie zmian tego prądu.

Najprostszym rozwiązaniem jest włączenie szeregowo z zestawem diod odpowiednio dobranego rezystora. Rezultaty nie będą jednak wówczas zadowalające, bowiem zauważalne zmniejszenie zależności prądu od napięcia można uzyskać jedynie wówczas, gdy spadek napięcia na rezystorze będzie porównywalny ze spadkiem napięcia na zestawie diod. Oznacza to, że co najmniej połowa energii pobranej ze źródła musi zostać stracona na rezystorze.

Znacznie lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie źródła stałoprądowego. Źródło takie powinno jednak cechować się możliwością pracy przy małych napięciach. Przykładowe rozwiązanie przedstawiono na **rys. 2**.

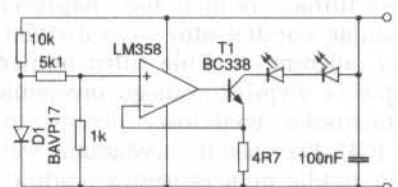
Przedstawiony na tym rysunku układ pracuje poprawnie już przy napięciu na kolektorze tranzystora T1 powyżej 0,25V. Niezbędne jest tu zastosowanie wzmacniacza operacyjnego charakteryzującego się niskim napięciem zasilania oraz możliwością pracy przy napięciach równych ujemnemu napięciu zasilania. Ten sposób zasilania diod nie jest jednak odpowiedni w przypadku korzystania oświetlenia roweru z prądnicy.

Napięcie zasilające zależy bowiem od prędkości jazdy, w związku z czym konieczny byłby niewygodny kompromis: zwiększenie liczby diod w szeregowym łańcuchu np. do trzech uniemożliwi świecenie się lampy przy mniejszych prędkościach, dla mniejszej zaś liczby diod połączonych w szereg sprawność układu byłaby zbyt niska przy normalnej prędkości jazdy.

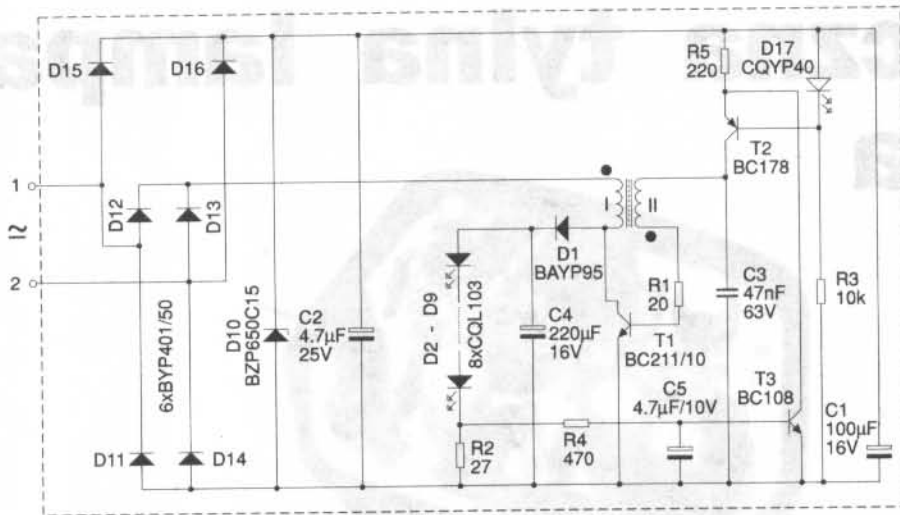
Układ zasilający diody z prądnicy powinien więc spełniać następujące wymagania:

1. Podwyższać niskie napięcie zasilające do wartości zapewniającej zaświecenie diod.
2. Stabilizować prąd diod LED przy możliwie małych stratach.

Wymagania takie spełnia impulsowa przetwornica podwyższająca (z równoległym kluczem i szeregową indukcyjnością). Istnieją wprowadzone specjalizowane układy scalone takich przetwornic, jednakże nie są one powszechnie dostępne na rynku krajowym, ponadto z reguły pracują



Rys. 2. Źródło stałoprądowe



Rys. 3. Schemat elektryczny rowerowej lampy tylnej

dopiero przy stosunkowo wysokich napięciach zasilania (np. od 4V). W tej sytuacji właściwym rozwiązaniem będzie wykonanie przetwornicy na elementach dyskretnych, której zasadniczym fragmentem będzie generator samodławny, znany już w początkowym okresie techniki układów tranzystorowych. Cechuje się on „miękką” charakterystyką prądu obciążenia w rezystancji obciążenia, pożądaną w przypadku zasilania obciążenia o małej impedancji dynamicznej, jakie stanowią diody LED. Aby uniezależnić prąd diod od napięcia zasilającego, przetwornica została objęta pętlą ujemnego prądowego sprzężenia zwrotnego.

Opis układu

W oparciu o przedstawione założenia wykonano rowerową lampę tylną, której schemat elektryczny pokazano na rys. 3.

Prąd wytwarzany przez prądnicę jest prostowany przez diody D11...D16. Tworzą one dwa mostki Graetza z połączonymi biegunami ujemnymi oraz przemiennoprądowymi. Elementami wspólnymi dla obu mostków są diody D11, D14. Diody D12, D13 dostarczają napięcia dla generatora samodławnego z tranzystorem T1. W celu uzyskania dużej sprawności prostowania zrezygnowano z filtracji tętnień tego napięcia, stosując kondensator C2 o niewielkiej pojemności. Rolę filtra tętnień napięcia wyprostowanego przejmują kondensator wyjściowy przetwornicy (C4). Przy takim rozwiązaniu wartość prądu pobieranego z prądnicy zostaje znacznie obniżona, przez co unika się nadmiernych strat w re-

zystancji uzwojenia prądnicy.

Drugi mostek prostowniczy z diodami D15 i D16 zasilą układ stabilizacji prądu z tranzystorami T2 i T3. Pobór prądu przez ten układ jest niewielki, toteż filtr pojemnościowy (C1) nie powoduje tu znaczącego wzrostu strat.

Generator samodławny z tranzystorem T1 zasilą osiem diod LED połączonych szeregowo. Baza tranzystora T1 jest zasilana z układu z tranzystorami T2 i T3, stabilizującego prąd wyjściowy przetwornicy. Jeśli prąd ten przekroczy założoną wartość, napięcie odkładające się na rezystorze R2 połączonym szeregowo z łańcuchem diod LED otworzy tranzystor T3, co spowoduje spadek prądu tranzystora T2, zasilającego obwód bazy generatora samodławnego. Tym samym dalszy wzrost prądu diod LED zostanie zahamowany.

Diody Zenera D10 zabezpiecza diody LED przed przeciążeniem w przypadku nienormalnego wzrostu na-

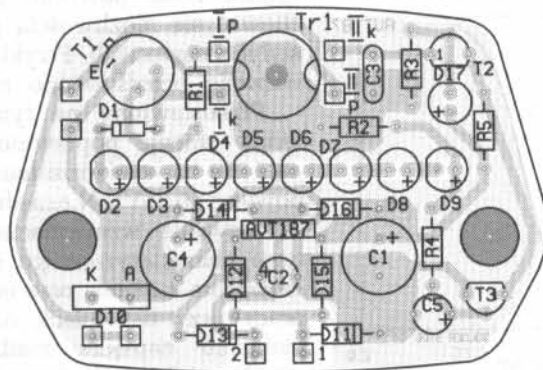
pięcia zasilającego (np. w razie przepalenia się żarówki lampy przedniej, podczas szybkiej jazdy).

Budowa urządzenia

Pracę należy rozpocząć od skompletowania niezbędnych elementów. Modelowy układ wmontowano do obudowy motorowerowej lampy tylnej o symbolu SWW 1135-42 produkcji SI „Piaś” w Gnieźnie (dostępnej w sklepach motoryzacyjnych). Obudowa ta posiada dogodny kształt, umożliwiającą jej mocowanie na błotniku tylnym (jak typowe lampy rowerowe), wymaganą przepisami powierzchnię odblaskową oraz walcową soczewkę w korzystny sposób skupiającą światło. Kształt klosza lampy zapewnia też dobrą widoczność pojazdu z boku.

Zakupioną lampę należy zdemontować. W tym celu, po odkręceniu wkrętów mocujących klosz wyjmujemy żarówkę, wiertłem $\phi 3$ rozwiercamy nity rurkowe mocujące konektory oraz uchwyty sprężynujące żarówkę, po czym usuwamy te elementy. Znajdujący się po lewej stronie wnętrza obudowy występ ścinamy ostrym nożem. Mając tak spreparowaną obudowę możemy przystąpić do wykonania płytki drukowanej. Mozaika ścieżek płytki została przedstawiona na wkładce, zaś rozmieszczenie elementów na płycie - na rys. 4.

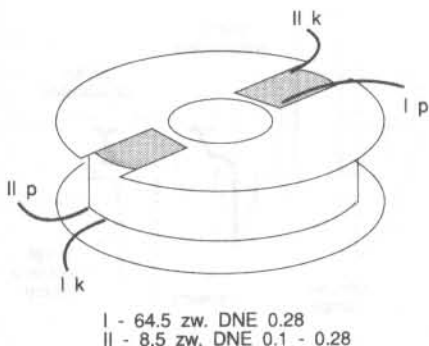
Najkorzystniejszym materiałem jest laminat papierowy dwustronny. Poczynowana lub posrebrzana warstwa miedzi od strony elementów pełni rolę odblyszniaka. Oczywiście, można też użyć laminatu jednostronnego. Laminat szkłoepoksydowy jest mniej wskazany z uwagi na trudności w obróbce. Płytkę powinna być tak dopasowana do klosza lampy,



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej

aby po jej włożeniu do obudowy możliwe było założenie klosza bez oporu, ale i bez zbędnych luzów. Podobnie, średnica otworów na kołki obudowy powinna być dokładnie dobrana. Orientacyjna średnica tych otworów wynosi 7mm, może się jednak nieco różnić w zależności od egzemplarza lampy.

Kolejnym elementem, który należy przygotować we własnym zakresie, jest transformator Tr1. Jest on nawinięty na rdzeniu M14/8 ze szczeliną powietrzną, wykonany z materiału odpowiedniego do pracy impulsowej. Wypróbowano z pozytywnym skutkiem m.in. rdzenie F201, AL 80, F1001 oraz F87. Nie zaleca się natomiast stosowania rdzeni z ferrytu F3001 z uwagi na większą stratność. Uzwojenie pierwotne liczy 64,5 zwojów przewodu DNE 0,28, nawiniętych w pięciu warstwach - zwój przy zwoju. Nie zaleca się bezładnego nawijania z uwagi na większą możliwość awarii transformatora. Nawinięte uzwojenie należy zaimpregnować przez zanurzenie karkasu do roztopionej parafiny (uważając, aby nie przegrzać karkasu), po czym odizolować jedną warstwę folii poliestrowej lub bibułki kondensatorowej. Następnie należy nawinąć uzwojenie wtórne - 8,5 zwoju przewodu DNE 0,1...0,28, po czym zabezpieczyć je przed rozsypaniem się kroplą roztopionej parafiny. Całość należy ponownie owinać warstwą materiału izolacyjnego, po czym umieścić w kubku ferrytowym, rozmieszczając wyprowadzenia tak jak pokazano na rys. 5. Pozwoli to uniknąć późniejszych niejasności podczas włączania transformatora do układu. Złożony transformator należy lekko skrócić wkrętem M3, uważając, aby przez silny docisk nakrętki nie uszkodzić kruchego rdzenia, po czym zaimpregnować cały transformator przez zanurzenie do roztopionej parafiny. Temperatura parafiny (podobnie jak podczas wcześniejszej impregnacji uzwojenia) powinna być tylko tak wysoka, aby utrzymać ją w stanie ciekłym. Niedopuszczalne jest wtapienie parafiny przez miejscowe nagrzewanie rdzenia np. lutownicą, gdyż z całą pewnością spowoduje to pęknięcie rdzenia. Gotowy transformator mocujemy do płytki wkrętem mosiężnym M3x15. Między rdzeniem a płytką należy umieścić krążek gumowy (np. wycięty ze zniszczonej dętki). Od góry

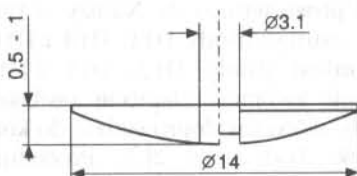


Rys. 5. Wyprowadzenia Tr1

rdzeń jest dociskany podkładką sprężynującą. W razie braku takiej podkładki można zastąpić ją wypukłą podkładką wykonaną z krążka blachy mosiężnej lub miedzianej grubości 0,2...0,3mm o średnicy 14mm (rys. 6). Podkładkę taką można łatwo wyklepać na miękkim podłożu (np. deseczce) przy pomocy stalowej kulki. Zastosowanie płaskiej podkładki jest niewskazane, grozi bowiem uszkodzeniem rdzenia. Między podkładką a rdzeniem należy umieścić krążek gumowy. W przypadku zastosowania fabrycznej podkładki sprężynującej krążek gumowy między rdzeniem a podkładką jest zbędny.

Ważnym zagadnieniem jest także dobór odpowiednich diod. Oprócz elementów zalecanych we wspomnianym już artykule (EP 9/93) można też polecić diody typu CQL103 lub CQL123 produkcji Zakładów POLAM-ELTA. Niestety, elementy te nie są łatwo dostępne poza sklepem fabrycznym, można jednak skorzystać z wysyłkowej formy sprzedaży. Zamówienia należy kierować na adres: POLAM-ELTA, ul. Karolkowa 32/44, 00-961 Warszawa.

Należy zachować ostrożność przy zakupie diod niewiadomego pochodzenia. Często diody reklamowane jako „super czerwone”, „o podwyższonej jasności” okazują się diodami GaAsP, emitującymi światło czerwono-pomarańczowe (635nm), których sprawność jest istotnie kilkakrotnie



Rys. 6. Podkładka wypukła

wyższa od sprawności czerwonych diod starszego typu w rodzaju CQYP40 lub CQP441, jednak o rząd wielkości za mała dla naszych potrzeb. Możliwe jest rozpoznanie diod przy zakupie metodą sprawdzenia biegunowości diod (np. omomierzem). Diody wykonane z GaAlAs, przydatne do naszych celów, mają anodę połączoną z metalową podstawą, tzw. ażurem. Wszystkie pozostałe typy cechują się polaryzacją przeciwną. Jeśli mamy do wyboru kilka typów diod GaAlAs, powinniśmy zwracać uwagę nie tylko na światłość (tzn. wizualną siłę świecenia), ale także na kąt rozwarcia wiązki świetlnej. Diody o ekstremalnej światłości (powyżej 1cd) są prawie zawsze diodami wąskokątnymi. Światłość diody jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu kąta rozwarcia wiązki, toteż dioda CQL 103 o parametrach $I_V \geq 120\text{mcd}$, $Q_e=20^\circ$ jest pod względem wydajności równoważna diodzie wąskokątnej o $I_V \geq 3\text{cd}$, $Q_e=4^\circ$. Można więc stwierdzić, że diody krajowe (montowane zresztą z japońskich struktur półprzewodnikowych) dorównują produktom zagranicznym.

Omówienia wymagają też diody prostownicze. Zastosowano tu najpopularniejsze diody BYP 401/50, kierując się ich niską ceną. Korzystniejsze byłoby jednak zastosowanie diod Schottky'ego z uwagi na niższe napięcie przewodzenia. Jako D11...D14 warto zastosować diody średniej mocy, np. 1N5819, jako D15 i D16 można zastosować diody małej mocy, np. BAT 43. Cena diod Schottky'iego jest jednak znaczna, a różnice w parametrach całego urządzenia są mało zauważalne, toteż decyzję o ich zastosowaniu pozostawiamy wykonawcy.

Podczas montażu elementów należy zwrócić uwagę na to, aby nie przegrzewać diod LED, gdyż łatwo ulegają uszkodzeniu z powodu małej odległości lutowania od obudowy. Diody krajowe posiadają wyprowadzenia ukształtowane w sposób ułatwiający montaż na jednakowej wysokości. W przypadku zastosowania innych diod konieczne może się okazać zastosowanie podkładek dystansowych o wysokości 3...5mm.

W podkładki dystansowe należy także wyposażyć tranzystory. Końcówki lutownicze należy wlutować od strony połączeń drukowanych.

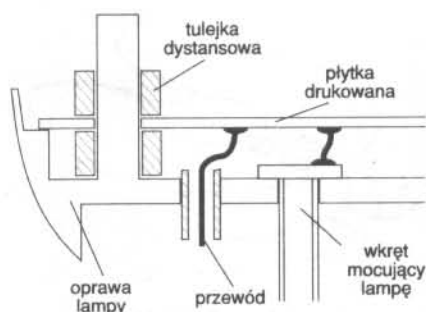
Uruchomienie układu

Uruchomienie urządzenia należy rozpocząć od dobrania wartości rezystora R5. Jego wstępną wartość ustalamy na 220Ω. Dołączamy źródło zasilania (najlepiej zasilacz regulowany) do końcówek lutowniczych płytki. Biegunowość zasilacza jest dowolna, napięcie powinno wynosić 5V. Diody LED powinny zaświecić się. Jeśli układ nie zadziała, należy natychmiast wyłączyć zasilanie, po czym sprawdzić poprawność montażu, zwracając szczególną uwagę na właściwe dołączenie końcówek transformatora - w razie wątpliwości można zamienić końcówki jednego z uzwojeń i ponowić próbę. Powodem niepowodzenia może być też uszkodzenie jednej (lub kilku) diod LED wskutek przegrzania; zdarzają się też wadliwe egzemplarze tranzystorów, które spełniając podstawowe parametry katalogowe wykazują przy tym „strefę nieczułości“ w zakresie małych prądów. Jeśli diody zaświecą się, włączamy miliamperomierz w obwód zasilania, po czym zmieniamy napięcie zasilające w zakresie od 1,5V do 7,5V. Jeśli maksymalny pobór prądu wykracza poza podane granice, należy skorygować wartość rezystora R5 zwiększając ją, jeśli maksymalny pobór prądu jest zbyt duży, lub zmniejszając w przypadku przeciwnym. Orientacyjnie można podać, że maksymalny pobór prądu występuje w zakresie napięć 3,5...5V, po czym pobór prądu maleje ze wzrostem napięcia zasilającego.

Jeśli przez dobór rezystora R5 nie udaje się uzyskać wymaganej wartości poboru prądu, powodem może być zła jakość transformatora (niewłaściwy rdzeń, niedbale nawinięte uzwojenia) ewentualnie zbyt niskie wzmocnienie prądowe tranzystora T1.

Ostatnim etapem uruchomienia jest kontrola poboru prądu przy znamionowym napięciu zasilającym 6V. Prąd ten powinien wynosić 100mA (czyli tyle, ile w przypadku typowej żarówki tylnej). Jeśli pobór prądu przy napięciu znamionowym znacznie odbiega od podanej wartości, możemy skorygować wartość rezystora R2 (pod warunkiem, że uprzednio dobraliśmy właściwą wartość R5).

Do uruchomieniu płytki przystępujemy do montażu lampy. Wcześniej jednak musimy przylutować przewód „masy“ o długości 50mm



Rys. 7. Montaż lampy

do łba wkrętu M6 mocującego lampę do pojazdu. Wkręt ten należy na czas lutowania usunąć z obudowy, gdyż jest ona wykonana z materiału termoplastycznego. Po przylutowaniu przewodu umieszczamy wkręt w obudowie, dociskając ją blaszaną nakrętką. Następnie zakładamy na kołki ustalające odcinki węża igelitowego długości ok. 7mm. Drugi koniec przewodu „masy“ lutujemy do jednej z końcówek na płycie drukowanej. Do drugiej końcówki lutujemy przewód zasilania o długości odpowiedniej dla naszego roweru. Przewód ten wyprowadzamy przez jeden z otworów pozostałych po wywierceniu nitów. Dla ochrony przewodu w ten otwór warto wcisnąć rurkę igelitową. Drugi otwór należy zaślepić np. przez zaklejenie przyklepcem. Następnie nakładamy płytkę na kołki ustalające, po czym unieruchamiamy ją przez docięnięcie założonych na kołki odcinków węża igelitowego. Szczegóły konstrukcyjne widzimy na rys. 7.

Montaż kończymy zakładając klosz wraz z nakładką odblaskową. Do kompletu wyposażenia lampy należy dołączyć jeszcze nakrętkę i podkładkę M6, które nie są sprzedawane wraz z lampą.

Uwaga: opisana lampa może być stosowana również przy zasilaniu bateryjnym. Wykazuje wówczas cenną zaletę w postaci możliwości zasilania dowolnym napięciem z zakresu 4,5...12V przy niezmiennym poziomie użytecznej. Jeśli nie przewidujemy przy tym możliwości zasilania z prądnicy, celowe jest wyeliminowanie diod prostowniczych. Należy w tym celu usunąć diody D11, D13 i D16, natomiast diody D12, D14 i D15 zastąpić zworami. Napięcie zasilające należy wówczas doprowadzić do końcówek 1(+) oraz 2(-). Procedura uruchomienia tak zmodyfikowanej lampy nie odbiega w zasadzie od

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

(wszystkie o mocy 0,125 lub 0,25W i tolerancji 5%)

- R1: 20Ω
- R2: 27Ω
- R3: 10kΩ
- R4: 470Ω
- R5: dobierany wg opisu (orientacyjnie 0,22kΩ)

Kondensatory

- C1: 100μF/16V, 04/U
- C2: 4,7μF/25V, 196/D (tantalowy)
- C3: 47nF/63V lub 25V, typu KFPm lub KFPf
- C4: 220μF/16V, 04/U
- C5: 4,7μF/10V lub 16V, 196/D

Półprzewodniki

- D1: szybka dioda impulsowa małej mocy, np. BAYP95
- D2...D9: diody LED o wysokiej wydajności (GqAlAs 660nm) φ 5mm np. typu CQL103 lub CQL123, zob. opis w tekście
- D10: dioda Zenera typu BZP650 C15 lub dwie połączone szeregowo diody BZP650 C7V5
- D11...D16: diody prostownicze, np. typu BYP401/50 lub diody Schottky'ego wg opisu
- D17: dioda LED o napięciu przewodzenia 1,6V np. typu CQP441 lub CQYP40 względnie stabilizator niskonapięciowy BAP811
- T1: tranzystor średniej mocy npn np. BC211 lub BC338 z grupy wzmocnienia 10, 16, lub 25
- T2: dowolny tranzystor pnp małej mocy, np. BC178 lub BC3408
- T3: dowolny tranzystor npn małej mocy, np. BC108 lub BC238

omówionej poprzednio, należy tylko tak dobrać wartość rezystora R5, aby przy minimalnym przewidywanym napięciu zasilającym lampa pracowała w zakresie stabilizacji mocy, co poznajemy przez wzrost poboru prądu przy nieznacznym obniżeniu napięcia zasilającego. Dioda Zenera D10 jest zbyt duża przy zasilaniu bateryjnym.

Tomasz Janiszewski

AVT oferuje płytki drukowane do opisanego urządzenia, o symbolu AVT-187.