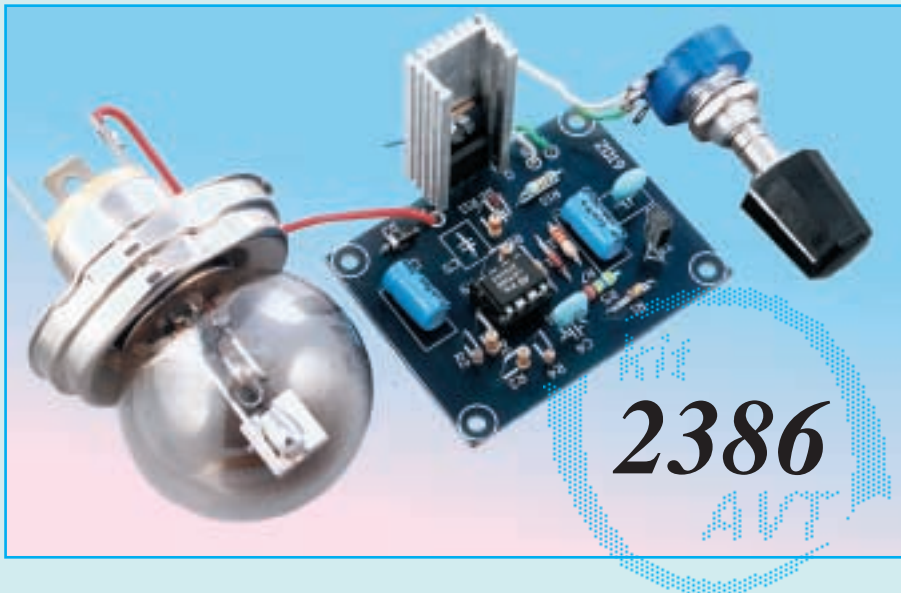




Prosty układ do Twojego samochodu

1. płynnie wygasza żarówki w ciągu ustalonego czasu
2. dodatkowo pozwala płynnie regulować jasność świateł mijania - steruje żarówkami o mocach ponad 100W



Impulsowy ściemniacz dużej mocy

Do czego to służy?

W EdW 5/99 opisany był prościutki ściemniacz żarówki 12V. Ściemniacze takie często znajdują zastosowanie do płynnego wygaszania oświetlenia wnętrza samochodu, pozostawiając po zamknięciu drzwi czas na spokojne trafienie kluczykiem do stacyjki.

Wielu posiadaczy samochodów chętnie zastosowałoby w swoich pojazdach podobny regulator, współpracujący z lampami świateł mijania (tzw. krótkie), których moc wynosi w sumie 80...140W (dwa włókna lamp przednich i dwa tylne pozycyjne). Taki opóźniacz pozwoliłby na przykład po wyłączeniu silnika w ciemnym garażu spokojnie wyjść, zamknąć auto i włączyć oświetlenie garażu. Poza tym, dla wielu byłby to atrakcyjny "bajer", gdy po każdym wyłączeniu świateł lub po wyłączeniu silnika, lampy samochodu gasłyby stopniowo w ciągu kilkunastu czy kilkudziesięciu sekund.

Opisany układ może też pracować jako regulator pozwalający za pomocą potencjometru dowolnie regulować jasność lamp.

Prosty układ płynnego opóźnionego wygaszania z szeregowym tranzystorem regulacyjnym przedstawiony w EdW 5/99 dobrze nadaje się do współpracy z żarówkami o stosunkowo małych mocach, do około 10W. Ograniczeniem jest ilość ciepła wydzielającego się w tranzystorze regulacyjnym w czasie, gdy żarówka świeci słabszym światłem. Przy mocach rzędu 100W zastosowanie regulacji polegającej na płynnym zatykaniu tranzystora nie wchodzi w grę, ponieważ w czasie wygaszania moc strat wydzielająca się w tranzystorze sięgnęłaby nawet 80...90W (biorąc pod uwagę nieliniowe

zmiany rezystancji włókna żarówki). Takiej mocy strat nie znieś żaden typowy popularny tranzystor, a nawet w przypadku równoległego połączenia kilku tranzystorów mocy potrzebny byłby duży radiator, zwłaszcza przy czasach wygaszania rzędu kilkudziesięciu sekund i dłuższych.

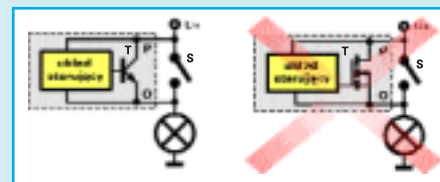
Nie ulega wątpliwości, że przy większych mocach konieczne jest zastosowanie regulacji impulsowej. Wtedy tranzystor regulacyjny albo jest całkowicie zatkany, albo w pełni otwarty, co radykalnie zmniejsza moc strat. Regulacja jasności świecenia polega na zmianie stosunku czasu zwarcia do czasu przerwy.

Jak to działa?

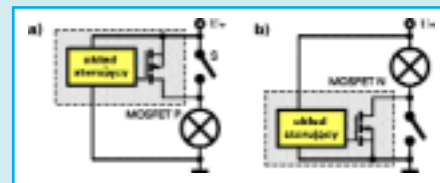
Uproszczony schemat liniowego ściemniacza żarówek przedstawiony jest na **rysunku 1**. Po rozwarciu wyłącznika S, żarówka nadal świeci, bowiem prąd przepływa przez otwarty tranzystor T. Tranzystor ten stopniowo się zatyka - żarówka świeci coraz słabiej. Napięcie na żarówce maleje, na ściemniaczu rośnie. Idea jest prosta i może się wydawać, że zamiast tranzystora bipolarnego lepiej zastosować tranzystor MOSFET, który jest nieporównanie łatwiejszy do sterowania, niż tranzystor bipolarny (obwód bramki nie pobiera prądu). Jednak to nie przypadek, że rysunek z tranzystorem MOSFET jest przekreślony. Prosty, liniowy ściemniacz nie może zawierać tranzystora MOSFET. Należy pamiętać, że do pełnego otwarcia typowego tranzystora MOSFET mocy potrzebne jest napięcie wynoszące co najmniej 7...9V. Tymczasem już z zasady działania prostego ściemniacza liniowego wynika, że na początku procesu ściemniania dostępne napięcie jest zdecydowanie mniejsze, i na pewno nie wystar-

czyłoby do otwarcia MOSFET-a. Rozwiązaniem wydaje się zasilanie układu sterującego pełnym napięciem akumulatora, jednak wtedy ściemniacz musi mieć trzy wyprowadzenia i nie jest obojętne, czy żarówka jest dołączona "od góry", jak na **rysunku 2a**, czy "od dołu", jak na **rysunku 2b**.

Aby wykorzystać zalety tranzystora MOSFET, a jednocześnie nie rezygnować z wygodnego impulsowego regulatora



Rys. 1 Ściemniacz liniowy



Rys. 2 Ściemniacze trzykońcówkowe

dwukońcówkowego, należy tak zaprojektować obwody zasilania, by wykorzystywać pełne napięcie akumulatora, występujące na regulatorze w chwilach, gdy żarówka nie świeci. Schemat blokowy takiego regulatora i przebiegi pokazane są na **rysunku 3**. Kluczową rolę grają tu dioda D i kondensator magazynujący C1. Gdy przełącznik S jest zwarty, żarówka świeci pełną jasnością, a napięcie na regulatorze jest równe zero. W chwili rozwarcia przełącznika S, w pierwszej chwili żarówka gaśnie, a na regulatorze pojawia

się praktycznie pełne napięcie zasilania. Kondensator magazynujący C1 szybko ładuje się przez diodę niemal do pełnego napięcia zasilającego, a układ sterujący zaczyna pracę, włączając okresowo tranzystor. Częstotliwość włączania (t1) wynosi kilkadziesiąt herców, by żarówka nie migotała. Współczynnik wypełnienia na początku wynosi około 90...95%, a potem stopniowo maleje do zera. Żarówka powoli gaśnie w czasie t2.

Co bardzo istotne, nawet na początku pracy ściemniacza tranzystor MOSFET nie może zostać na stałe otwarty - jeśliby tranzystor MOSFET przez dłuższy czas przewodził, napięcie na ściemniaczu (między punktami P, O) byłoby równe zeru i kondensator magazynujący C1 szybko by się rozładował. Przeciwnie kondensator ten jest ładowany w chwilach, gdy tranzystor nie przewodzi.

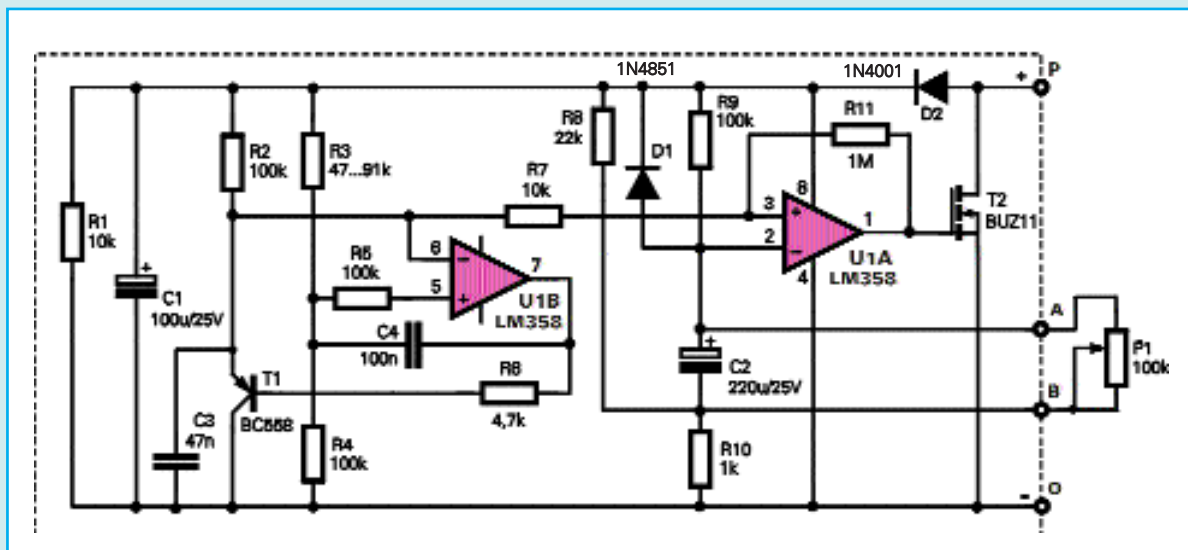
Szczegółowy schemat układu realizującego takie zadanie jest pokazany na **rysunku 4**. Dioda D2 i kondensator C1 gwarantują, że podczas pracy układu, napięcie zasilania cały czas jest jednokowe. Kondensator C3, tranzystor T1 i układ U1B tworzą generator przebiegu podobnego do piły. Generator ten pracuje przez cały czas, gdy na kon-

densatorze C1 występuje napięcie zasilania. Przebieg piłokształtny z tego generatora jest porównywany z napięciem kondensatora C2 przez komparator z układem U1A (opcjonalny potencjometr P1 nie jest dołączony). Ponieważ po włączeniu zasilania napięcie na kondensatorze C2 stopniowo rośnie, współczynnik wypełnienia impulsów sterujących tranzystor T2 zmniejsza się powoli do zera. A oto szczegóły.

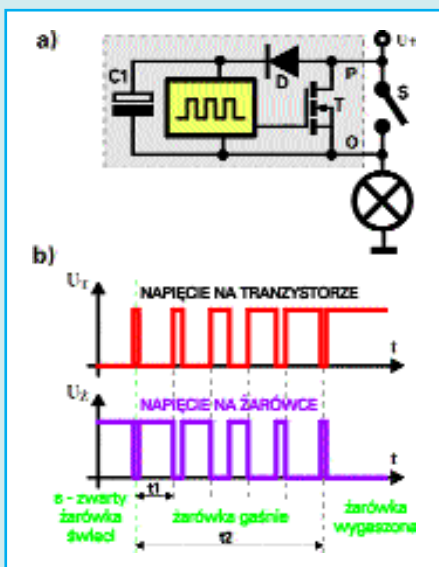
Po pojawieniu się na C1 napięcia zasilającego, kondensator C3 zaczyna się ładować przez rezystor R2. Napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego U1B jest bliskie dodatniemu napięciu zasilania. Nie wchodząc w drobiazgi można uznać, że tranzystor T1 jest zatkany. Gdy napięcie na kondensatorze C3 wzrośnie powyżej napięcia wyznaczonego przez

sterowaniem tranzystora T1 - w każdym razie układ działa.)

Uwaga! Przy wykorzystaniu układu jako ściemniacza, potencjometr P1 nie jest dołączony! Pojawienie się napięcia na C1 rozpoczyna także ładowanie kondensatora C2 przez rezystor R9. Przebieg ten zaznaczono na rysunku 5a kolorem czerwonym. Stała czasowa R9C2 wyznacza czas gaśnięcia żarówek (t₂ z rysunku 3) i wynosi kilkanaście do kilkudziesięciu sekund. Układ U1A porównuje chwilowe napięcie na C2 z napięciem na kondensatorze C3, a na wyjściu U1A pojawiają się impulsy o malejącym wypełnieniu, jak pokazuje **rysunek 5b**. Rezystory R7, R11 wprowadzają niezbędną histerezę, co zapewnia pewne przełączanie U1A i "czyste" impulsy na bramce T2. Istotną rolę pełni także dzielnik R8, R10 - jak wspomniano, nawet



Rys. 4 Schemat ideowy

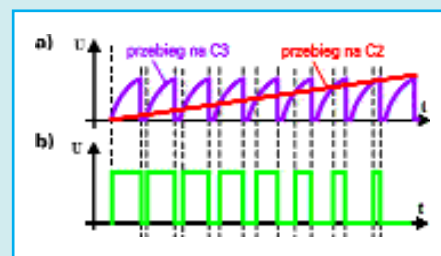


Rys. 3 Przebiegi i schemat blokowy ściemniacza impulsowego

dzielnik R3, R4, na wyjściu U1B pojawia się napięcie bliskie ujemnego napięcia zasilającego. Otwiera to tranzystor T1, który szybko rozładowuje C3. Dodatkowo kondensator C4 włączony w gałęzi dodatniego sprzężenia zwrotnego ma za zadanie przedłużyć ten ujemny impuls. Daje to pewność, że kondensator C3 zostanie rozładowany. W rezultacie na kondensatorze C3 pojawia się przebieg wyglądający mniej więcej tak, jak na **rysunku 5a**. Częstotliwość przebiegu wynosi kilkanaście do kilkudziesięciu herców i można ją zmieniać zmieniając pojemność C3. Częstotliwość ta nie powinna być zbyt mała, bo w trakcie wygaszania żarówki będą migać. Nie powinna też być za duża, bo niepotrzebnie zwiększą się straty przełączania tranzystora T2. Rezystor R5 został dodany jako ochrona wejścia przed ujemnym napięciem pojawiającym się na wejściu nieodwracającym podczas ujemnego impulsu na wyjściu U1B. (Dociekliwi zaawansowani Czytelnicy mogą zastanawiać się nad rolą R5 oraz nietypowym

na samym początku pracy ściemniacza, tranzystor T2 nie może być otwarty w sposób ciągły. Zapewnia to dzielnik R8, R10, który ustala wstępne napięcie na kondensatorze C2. Ten dzielnik, oraz kondensator C4 w generatorze wyznaczają maksymalny współczynnik wypełnienia impulsów tuż po włączeniu ściemniacza (90...95%). Ten współczynnik można korygować według potrzeb, zmieniając wartość R10, ewentualnie także C4.

Dioda D1 umożliwia stosunkowo szybkie rozładowanie kondensatora C2 po wyłączeniu zasilania układu (w prakty-



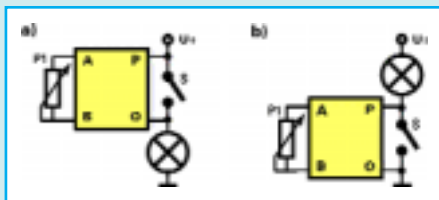
Rys. 5 Przebiegi w układzie

ce po zwarceniu przełącznika S - rysunek 3a). Aby szybciej rozładować zarówno C2, jak i C1 dodano również rezystor R1. Sprawa rozładowania tych pojemności jest ważna. Bez tych obwodów, zwarcie przełącznika S na krótko (kilkadziesiąt sekund), nie gwarantowałyby ich rozładowania, i układ ściemniacza nie zacząłby pracy po ponownym rozwarciu S. Przy podanych wartościach C1, C2, R1 czas potrzeby na rozładowanie wynosi 3...4 sekundy. Na taki minimalny czas trzeba zewrzeć S, by ściemniacz po rozwarciu pracował poprawnie.

Analiza rysunków 4 i 5 pokazuje, że układ z powodzeniem może być także wykorzystany w roli ręcznego regulatora jasności żarówek. W takim przypadku nie jest potrzebny kondensator C2 (oraz D1), a za to trzeba dołączyć potencjometr P1. Współczynnik wypełnienia będzie wtedy zależał od napięcia na nóżce 2 układu U1A, czyli od pozycji suwaka potencjometru P1. Układ może być włączony na dwa sposoby pokazane na **rysunkach 6a, 6b**. W takim przypadku maksymalny współczynnik wypełnienia nie może być większy niż 95%. Można też podłączyć układ jak pokazuje **rysunek 2b**, usuwając diodę D2. Wtedy tranzystor T2 może być włączony na stałe (zewrzeć R10, usunąć R8).

Montaż i uruchomienie

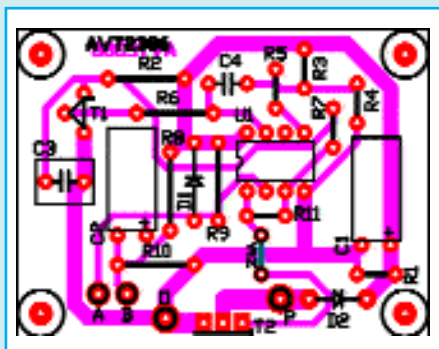
Układ można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na **rysunku 7**. Montaż nie powinien nikomu sprawić trudności. W pierwszej kolejności należy



Rys. 6 Praca w roli regulatora

zmontować rezystory i kondensatory, później półprzewodniki.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga uruchamiania i od razu będzie działał poprawnie. Warto go sprawdzić w warsztacie w układzie jak na rysunku 3a, stosując żarówkę o mocy



Rys. 7 Schemat montażowy

10...45W i odpowiedni zasilacz (12...15V, 1...4A). Uwaga! Przy pracy w roli ściemniacza nie podłączać potencjometru P1!

Dzięki pracy impulsowej, straty w tranzystorze T2 są niewielkie. Przy zastosowaniu układu w roli ściemniacza wystarczy niewielki radiator, może nawet mniejszy od pokazanego na fotografii, i to nawet przy mocy żarówek rzędu 100W. Jedynie przy długich czasach ściemniania (kilkadziesiąt sekund) oraz przy pracy w roli regulatora radiator może być bardzo gorący (temperatura ponad +100°C) i być może trzeba go będzie wymienić na większy. Okaże się to po wykonaniu i uruchomieniu układu.

Moc strat tranzystora T2 zależy nie tylko od mocy żarówek, ale także od częstotliwości generatora (czyli mniejsza częstotliwość - tym lepiej). Przepływ prądu 10A (żarówki 120...140W) przez rezystancję w pełni otwartego tranzystora BUZ11 (40...55mΩ) daje moc strat nie przekraczającą 5W. Jeśli chodzi o częstotliwość generatora, to próby wykazały, że przy współpracy z typowymi żarówkami 12V/21W dopiero pojemność C3 równa 47nF całkowicie likwiduje efekt migotania. Przy pojemnościach C3 większych niż 100nF migotanie występuje w zauważalnym stopniu. Jedynie przy żarówkach lamp przednich o większej mocy i większej bezwładności cieplnej można zwiększyć C3 do 220nF, co zmniejszy częstotliwość i straty przełączania T2.

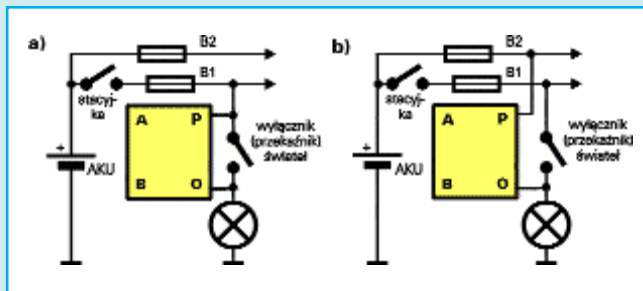
Ostateczny sposób włączenia ściemniacza w samochodzie należy starannie przemyśleć. Jak wiadomo, w instalacji samochodowej można odróżnić dwa rodzaje obwodów:

- te, w których napięcie pojawia się po przekręceniu kluczyka w stacyjce,
- te, w których napięcie występuje cały czas.

Jeśli ściemniacz dołączony byłby według **rysunku 8a**, zaświecałby na krótko żarówka po każdym przekręceniu kluczyka w stacyjce, także gdy włącznik (przełącznik) świateł byłby rozarty. Ściemniacz mógłby poprawnie spełniać swoją rolę jedynie wtedy, gdy kluczyk byłby przekręcony, a światła zostałyby wyłączone. Nie zadziałałby natomiast przy wyłączeniu stacyjki.

Sposób z rysunku 8a można uznać za niezbyt fortunny, jednak nie wszystkie samochody mają tak rozwiązane obwody sterowania światła - w niektórych wyłączenie stacyjki nie gasi światła. W każdym razie warto wziąć pod rozwagę układ połączeń według **rysunku 8b**, gdzie

punkt P ściemniacza jest dołączony do obwodu, gdzie zawsze występuje napięcie akumulatora (ale wtedy w czasie ściemniania prąd płynie przez bezpiecznik B2).



Rys. 8 Podłączenie w samochodzie

Pomimo pracy impulsowej, układ nie powinien wprowadzać zakłóceń. Jeśli by jednak takie wystąpiły, należy układ umieścić w metalowym pudełku (z blachy stalowej), połączonym z masą pojazdu i zastosować typowy samochodowy filtr przeciwzakłóceńowy o odpowiednim prądzie.

Umieszczając układ w samochodzie należy zadbać z jednej strony o zabezpieczenie przed wilgocią (załać silikonem), a z drugiej strony o odpowiednie warunki pracy radiatora. Dobrze byłoby umieścić płytkę w pudełku zlanym silikonem, a zebrowany radiator powinien wystawać poza pudełko. Mocowanie powinno być solidne, by wstrząsy nie spowodowały obierania końcówek i kabli.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Wykaz elementów

Rezystory

R1, R7	.....	.10kΩ
R2, R4, R5, R9	.....	.100kΩ
R3	.....	(47k...91kΩ)
R6	.....	.4,7kΩ
R8	.....	.22kΩ
R10	.....	.1kΩ
R11	.....	.1MΩ
P1	.....	potencjometr 100kΩ

Kondensatory

C1	.....	.100uF/25V
C2	.....	.220uF/25V
C3	.....	.47nF (47...220nF)
C4	.....	.100nF

Półprzewodniki

D1	.....	.1N4148
D2	.....	.1N4001
T1	.....	.BC558
T2	.....	.BUZ11
U1	.....	.LM358

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit AVT-2386