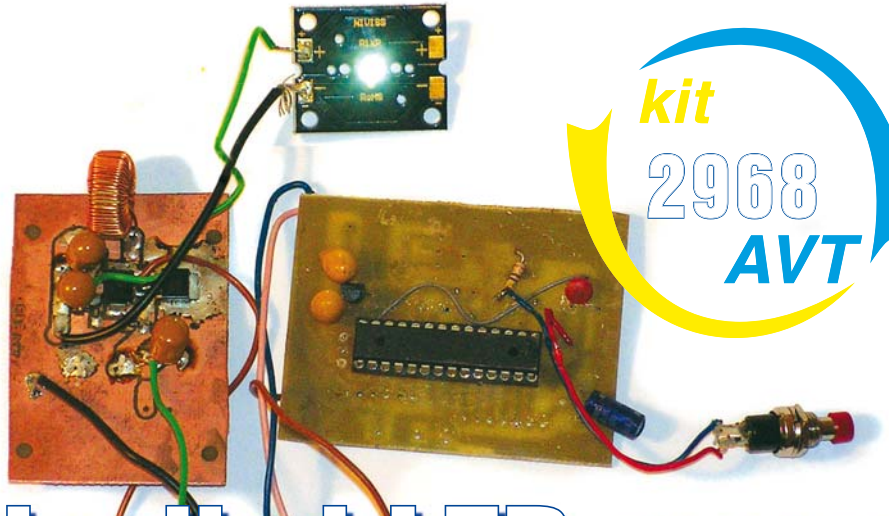




Wysoko sprawny regulator oświetlenia diod LED mocy



W Polsce najpopularniejsze i najbardziej ekonomiczne spośród wysoko efektywnych diod LED są diody firmy Cree. Najlepsze do naszych celów są diody o mocy strat ok. 1W, serii XP-G, XP-C, XP-E. Do oświetlania pomieszczeń, w których stale przebywają ludzie, najlepiej używać diod o barwie białej ciepłej. Diody o barwie białej zimnej nie powinny być stosowane w miejscach stałego przebywania ludzi m.in. ze względu na zły wskaźnik oddawania barw <80.

Bardzo ważne jest skuteczne chłodzenie diod – zwiększa czas życia diody i jej strumień świetlny. Firmy produkujące diody LED zwracają uwagę na problem prawidłowego chłodzenia diod i proponują sposób montażu w swoich kartach aplikacyjnych. Bardzo ważne jest dla początkującego, by nie kupował samych struktur diod, tylko diody zamontowane na płytkach z blachy aluminiowej (MCPCB). Niektóre fabrycznie montowane są na aluminiowych gwiazdkach (star). Zastosowanie diod zamontowanych na MCPCB bardzo ułatwia odprowadzenie ciepła ze struktury diody. Autor sam zniszczył dwie pierwsze diody bez aluminiowej wkładki. W razie potrzeby płytkę MCPCB wraz z diodą przykręcamy do radiatora (np.

plaskownika aluminiowego) z użyciem smaru termoprzewodzącego.

Układ stabilizacji prądu diod LED mocy

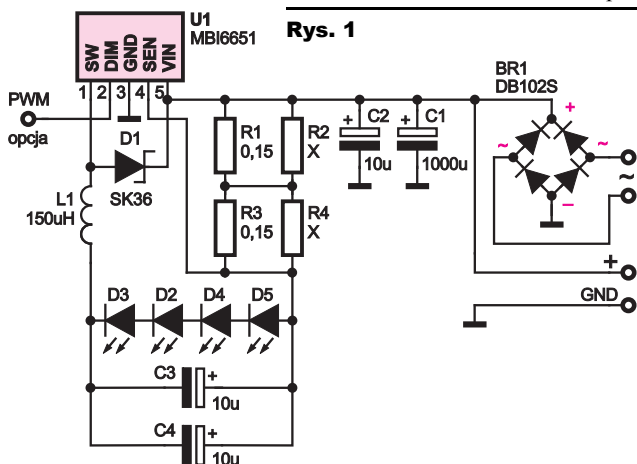
Diody LED mocy zasilamy z źródła prądowego i łączymy je szeregowo. Największą sprawność przemiany energii elektrycznej mają indukcyjne przetwornice impulsowe. Przykładem takiego układu jest przetwornica obniżająca firmy Macroblock o oznaczeniu MBI6651. MBI6651, stabilizująca prąd diod LED w zakresie do 1A, przy sprawności powyżej 95%. Schemat układu pokazany jest na **rysunku 1**, schemat montażowy na **rysunku 2**. Koszt wszystkich elementów, potrzebnych do budowy układu stabilizacji prądu, wynosi około siedmiu złotych (bez płytki). Na **fotografii tytułowej** pokazany jest sterownik LED wraz z układem regulacji natężenia oświetlenia. Napięcie zasilania MBI6651 wynosi 9–36V i musi być o około 3V wyższe od spadku napięcia na szeregowo połączonych diodach LED. Można nim zasilic do 10 białych LED mocy połączonych szeregowo. Sprawność w małym stopniu zależy od napięcia zasilania. Układ MBI6651 zawiera zabezpieczenia: przeciwzwarciowe, przeciw brakowi podłączenia diod LED i termiczne.

prądu pobieranego przez diodę LED. W przypadku zasilania napięciem stałym, mostka nie montujemy, a kondensator 1000µF możemy zastąpić mniejszym. Kable zasilające stabilizator powinny być możliwie krótkie i grube. Wymaganą wartość dławika wyliczamy za pomocą arkusza kalkulacyjnego dostępnego w Elportalu, w materiałach dodatkowych do tego numeru. Opisany arkusz można wykorzystać, gdy suma spadków napięć na szeregowo połączonych diodach LED jest większa od połowy napięcia zasilania układu. Do układu wstawiamy dławik o wartości większej niż wyliczona przez arkusz. Staramy się wybierać dławiki o najmniejszej rezystancji szeregowej, zwracając oczywiście uwagę na rozmiary. Niższą częstotliwość pracy przetwornicy uzyskujemy stosując dławik o większej indukcyjności co daje również większą sprawność układu. Większa liczba szeregowo połączonych diod mocy daje większą sprawność układu. Bardzo ważne w tym układzie jest zastosowanie kondensatorów o pojemności 10µF o wysokiej jakości, powinny to być kondensatory ceramiczne lub tantalowe (semiantalowe) renomowanych producentów. Napięcie pracy zastosowanych kondensatorów >150% Uzas, podobnie napięcie wsteczne diody Schottky'ego D1. Na opisanej płytce można stosować elementy w różnych obudowach.

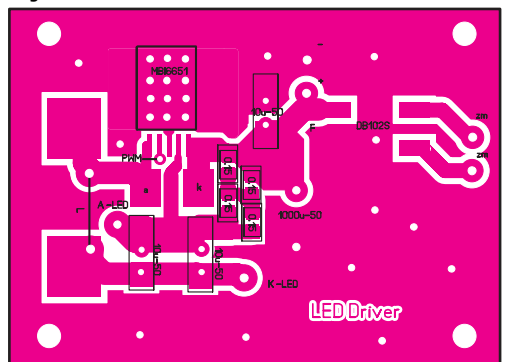
Wartość prądu stabilizowanego wyliczamy według wzoru:

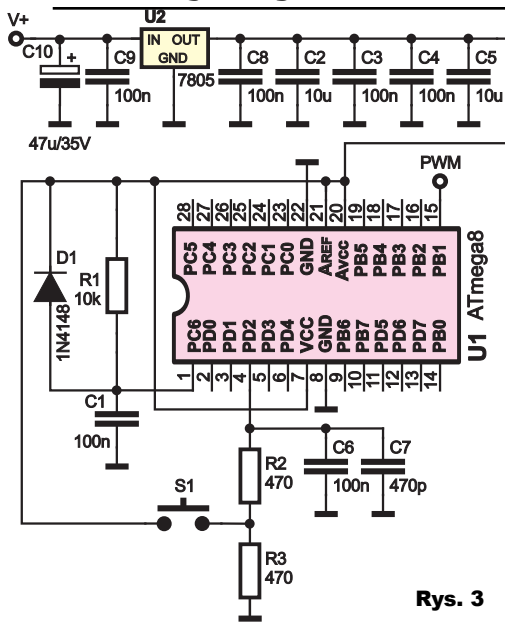
$$R = \frac{0,1}{I}$$

Rezystor ograniczający można złożyć z elementów montowanych szeregowo lub równoległe, najlepiej zastosować oporniki SMD o rozmiarze 1206. Mostek prostowniczy umożliwia zasilanie układu napięciem zmiennym. Pojemność kondensatora filtrującego (C1+C2) powinna wynosić około 2µF na każdy mA



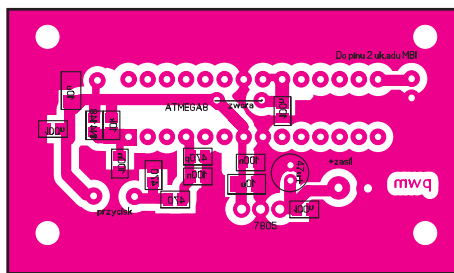
Rys. 2





Rys. 3

Jedyną trudnością dla początkujących będzie przylutowanie układu scalonego do płytki drukowanej. Problem ten jest jednak nieporównywalny do lutowania diod LED na MCPCB. Układ MBI najprościej jest przylutować, cynując wcześniej płytkę cyną w miejscu zamontowania układu, przykładając układ, podgrzewając z boku lutownicą o mocy około 50W (by roztopić cynę), a następ-



Rys. 4

nie dociskając układ tak, by metalowa część przylutowała się do płytki drukowanej.

Sterowanie jasnością (zmiana wypełnienia impulsów – PWM) odbywa się przez podanie napięcia PWM na wejście DIM (wyprowadzenie numer 2). Układ ten może być stosowany samodzielnie do stabilizacji prądu diod LED bez sterownika PWM. Układ MBI pozostaje cały czas chłodny, niezależnie od zastosowanego napięcia zasilania i obciążenia. Jedyłą czynnością, jako powinniśmy wykonać, jest kontrola prądu płynącego przez diody LED.

Sterownik cyfrowy PWM

Gdy zależy nam nie tylko na stabilizacji prądu diody LED, ale i na regulacji natężenia oświetlenia (np. w kuchni), możemy wykorzystać układ, pokazany na rysunku 3, zmontowany na płytce z rysunku 4. Zasilanie prądem stałym - można podłączyć go do kondensatora filtrującego

modułu na układzie MBI. Cała obsługa odbywa się jednym przyciskiem. Zastosowanie procesora ATmega8 jest nieco na wyrost (program zajmuje tylko 11% pamięci), jednak jest to najłatwiej dostępny procesor AVR i może być wprost zastąpiony przez procesor ATmega88 po skompilowaniu programu z odpowiednią dyrektywą. Sterownik obsługiwany jest tylko jednym przyciskiem zwiernym (chwilowym), co ułatwia przeróbkę instalacji oświetleniowej. Zastosowane R3 o małej wartości, a także obwodu R2, C6, C7, umożliwiają użycie nawet długich przewodów do przycisku S1, bez ryzyka zakłóceń. Krótkie naciśnięcie przycisku powoduje

Wykaz elementów

Moduł na układzie MBI

Rezystory

R1, R3 0,15Ω 1206 (patrz tekst)
R2, R4 (patrz tekst)

Kondensatory

C1 1000μF 50V niskoimpedancyjny (ew. 100μF, patrz tekst)
C2-C4 10μF 50V tantalowe (patrz tekst)

Półprzewodniki

BR1 DB102S (mostek 3A 60V)
D1 SK36 (3A 60V, Schotky'ego 3A 60V)
D2-D5 LED mocy (patrz tekst)
U1 MBI6651 (obudowa TO252)

Pozostałe

150μH 3A (patrz tekst)

Moduł regulatora PWM

Rezystory

R1 10kΩ (0805)
R2, R3 470Ω (0805)

Kondensatory

C1, C3, C4, C6, C8, C9 100nF (0805)
C2, C5 10μF (1206, 10V)
C7 470pF (0805, NPO)
C10 47μF/35V

Półprzewodniki

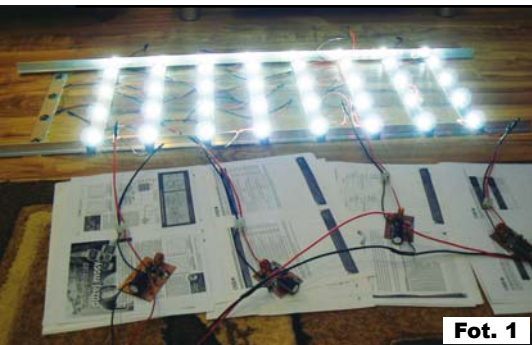
D1 1N4148 (MiniMELF)
U1 ATmega8 (DIL28)
U2 7805

Pozostałe

S1 przycisk zwierny chwilowy (typu dzwonekowego)

Płytkę drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT ja ko kit szkolny: AVT-2968/1 Moduł na układzie MBI. AVT-2968/2 Moduł regulatora PWM.

je zaświecenie lub zgaszenie oświetlenia (zależnie od stanu, w jakim układ się wcześniej znajduje). Dłuższe przytrzymanie przycisku powoduje zwiększanie lub zmniejszanie natężenia oświetlenia (zależnie od zapamiętanego kierunku zmian). Po osiągnięciu wartości maksymalnej lub minimalnej, układ zatrzymuje się na około 2 sekundy i następuje odwrócenie kierunku zmiany jasności. Po wyłączeniu i ponownym włączeniu układ pamięta ustawioną wcześniej wartość jasności i kierunku przestrajania. Każdorazowo po podaniu napięcia zasilania (ale nie po włączeniu przyciskiem sterującym) układ na około 0,5s włącza diody z pełną jasnością. Regulacja jasności odbywa się przez zmianę wypełnienia przebiegu (PWM ok. 2 kHz), podawanego na pin 2 układu MBI (masy sterownika i przetwornicy muszą być połączone). Dla uzyskania liniowej zmiany natężenia oświetlenia zmiany wypełnienia PWM muszą być wykładnicze (prawo Webera-Fechnera). Odpowiednie wartości PWM zapamiętane są w procesorze. Układ w 20 krokach (5,5...100%) reguluje czas trwania impulsu PWM. Dodatkowo jest jeszcze stan o wypełnieniu 2% – minimalne natężenie oświetlenia. Program sterujący napisany został w Bascomie i można go ściągnąć z Elportalu. Bardzo ważne jest odpowiednie ustawienie fusbiteów procesora ATmega8: bity LOW mają wartość E1, HIGH wartość D9, co wymusza pracę procesora z częstotliwością 1MHz.



Fot. 1

W przypadku, gdy nie zależy nam na regulacji natężenia oświetlenia, moduł na układzie MBI jest całkowicie niezależny i może pracować bez modułu ATmega8. W tym wypadku nóżka nr 2 układu MBI wisi w powietrzu. Podczas czyszczenia soczewek diod LED należy unikać stosowania rozpuszczalników organicznych ponieważ mogą zniszczyć soczewki kosztownych diod.

Oświetlenie akwarystyczne

Opisane moduły były z powodzeniem stosowane w oświetleniu akwarystycznym. W akwariach roślinnych wykorzystuje się diody o barwie białej zimnej, o wysokiej zawartości

światła niebieskiego, niezbędnego w procesie fotosyntezy. Dodaje się również dodatkowe diody czerwone i granatowe (royal blue) w tym samym celu. Stosuje się zwykle zasadę, że na cztery diody o barwie białej zimnej przypada jedna dioda granatowa i jedna czerwona. W przypadku stosowania diod LED w akwarium, należy szczególnie zabezpieczyć połączenia lutowane przed wpływem wilgoci, np. lakierem oraz używać cyny bezołowiowej ze względu na wysoką toksyczność ołowiu. Diody fabryczne na MCPCB są lutowane stopami bezołowiowym (ROHS).

Przykład oświetlenia akwarium o pojemności 200l (100 x 40 x 50 cm) pokazano na **fotografiach 1 i 2** – to 36 LED białych zimnych (107 lm). W układzie ma być dodanych jeszcze 8 diod czerwonych i 8 niebieskich. Poprzeczne drążki umożliwiają regulację położenia diod LED tak, by uzyskać jak największą równomierność oświetlenia oraz pełnią funkcję radiatorów –/ na jedną diodę przypada około trzydziestu centymetrów kwadratowych płaskownika aluminiowego. Położenie diod najlepiej dobrać eksperymentalnie, a w przypadku „wychodzenia” światła poza akwarium,



Fot. 2

należy zastosować odpowiednie soczewki skupiające, oferowane do praktycznie wszystkich typów diod. Więcej użytecznych informacji o oświetleniu nie tylko za pomocą diod LED zainteresowani znajdą na stronie <http://sites.google.com/site/sq4avs/led>. Na koniec chciałbym podziękować Jarkowi Karskiemu za cenne uwagi co do sposobu sterowania, a Pawłowi Orchowskiemu za zdjęcia akwarium oświetlonego za pomocą opisanych modułów.

Rafał Orodziński SQ4AVS
sq4avs@gmail.com