

Zbuduj „żarówkę” LED

Zestaw ewaluacyjny TPS92070EVM-648

POWER LED TEMAT NUMERU

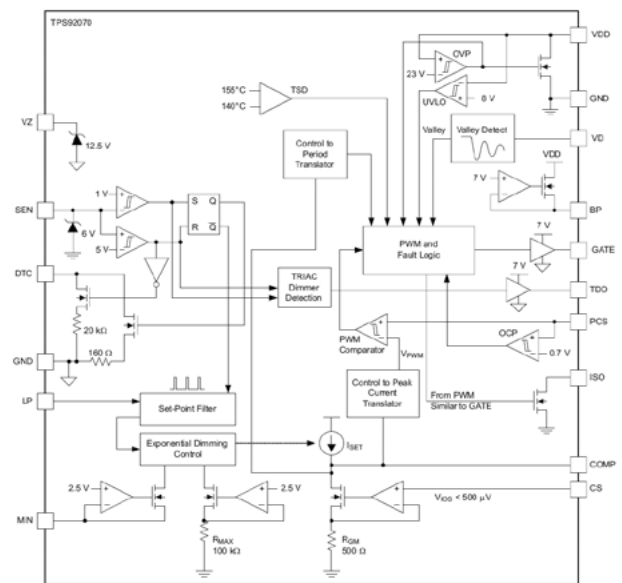
Świat staje na głowie. Patenty, które służyły ludzkości grube dziesiątki lat bezpowrotnie odchodzą do lamusa. Z taśm magnetofonowych zrezygnowaliśmy już dawno, nawet po płytce CD, przecież nie tak znowu stare, sięgamy coraz rzadziej. Za kilka lat o żarówce będzie można co najwyżej przeczytać w Wikipedii. Dzisiaj sztuczne światło zaczyna kojarzyć się przede wszystkim z diodami LED.

Klasyczna żarówka charakteryzuje się niespotykaną w innych rodzajach źródeł światła łatwością stosowania. Wystarczy doprowadzić do niej napięcie, by stała się jasność. A napięcie doprowadzić jest łatwo, gdyż większość żarówek ma odpowiedni gwint lub uchwyt dający się bardzo prosto montować niemal w każdych warunkach. Ale, ma żarówka niestety też kilka wad – i to dość uciążliwych. Pierwszą z nich jest bardzo kiepska sprawność. Oznacza to, że znaczna część doprowadzonej energii zamienia się zupełnie bez potrzeby w ciepło. Drugą wadą jest dość kłopotliwa regulacja siły świecenia. Rezystory szeregowo raczej nie wchodzi w grę ze względu na bardzo dużą moc, jaką musiałyby się charakteryzować, a co gorsze, byłaby to moc tracona. Do regulacji siły światła stosowane są więc tzw. ściemniacze tyrystorowe, a jeszcze częściej stosuje się w nich triaki. Nie można również przemilczeć względnie krótkiej żywotności żarówki, skracanej dodatkowo częstymi włączeniami i wyłączeniami.

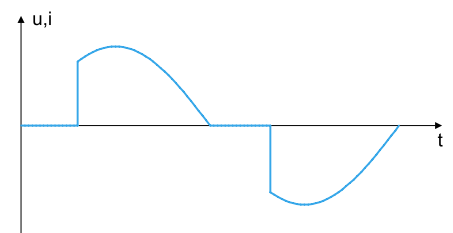
Jak w tej konfrontacji wypada oświetlenie wykorzystujące diody LED? No cóż, od strony mechanicznej lepiej nie jest, chociaż montaż tzw. żarówki LED nie różni się niczym od jej klasycznego odpowiednika. Niestety, nie wystarczy tylko doprowadzić napięcie do diody by zaświeciła, chyba że chodzi nam o całkiem niezły efekt pirotechniczny. Dioda jest elementem sterowanym prądem, w dodatku potrzebny jest do tego prąd stały, tymczasem w sieci energetycznej mamy napięcie przemiennie. Niezbędne więc okazuje się stosowanie odpowiedniego sterownika. Jego konstrukcja nie jest zresztą trywialna, i aby całe urządzenie było zwar-



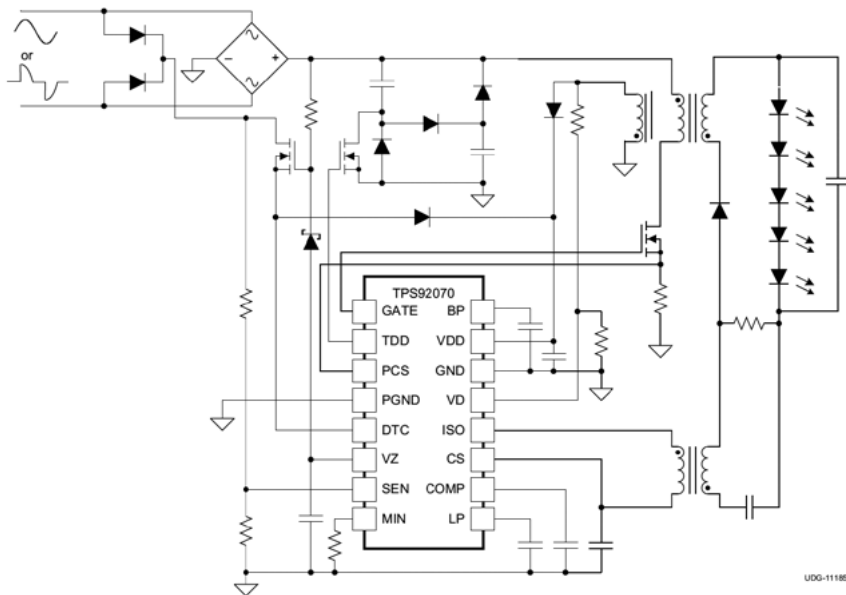
te i nie zajmowało dużo miejsca, konieczne jest wykorzystywanie do jego budowy specjalizowanych układów scalonych. Zaletą diod świecących w porównaniu z żarówkami na pewno będzie dużo większa sprawność i czas życia. Zresztą oba te parametry, i tak już niezłe, są systematycznie poprawiane w wyniku opracowywania nowych technologii produkcji diod LED. Sprawność i żywotność to parametry silnie związane z tak modną dziś ekologią. Mniejsze zapotrzebowanie na energię elektryczną to mniejsza produkcja CO₂, dłuższa żywotność natomiast to mniej odpadów. To są oczywiście slogany głoszone przez „zielonych”, a do pełnej oceny należy przede wszystkim zbilansować jeszcze energię użytą do produkcji wszystkiego, co jest potrzebne do zaświecenia LED-a oraz uwzględnić fakt, że jedna dioda nie wystarczy do uzyskania porównywalnej z żarówką siły światła. Pozostaje jeszcze kwestia barwy światła, ale nie będzie ona teraz omawiana.



Rysunek 1. Schemat blokowy układu TPS92070



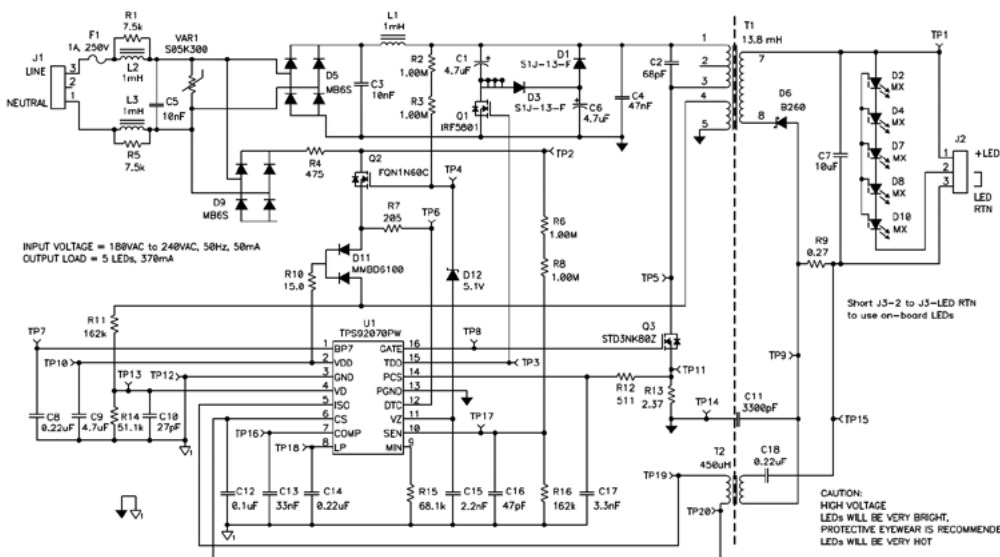
Rysunek 2. Sterowanie jasnością świecenia z wykorzystaniem regulacji kąta przepływu



Rysunek 3. Typowy schemat aplikacyjny układu TPS92070

ściemniacza przeznaczonego do zasilania diod świecących mocy. Schemat blokowy układu przedstawiono na **rysunku 1**. Jasność świecenia jest regulowana przez modulację PWM prądu zasilającego diodę (diody). Jest to technika powszechnie wykorzystywana w tego typu urządzeniach. Układ TPS92070 został jednak zaprojektowany tak, by mógł współpracować też z popularnymi ściemniaczami, jakie są wykorzystywane do regulacji świecenia typowych żarówek. W rozwiązaniach takich stosowana jest regulacja kąta przepływu, polegająca na odpowiednim do potrzeb przycinaniu każdego półokresu napięcia zasilającego żarówkę (**rysunek 2**). Sterownik TPS92070 ma wbudowany detektor takiego ściemniacza. Dzięki takiemu rozwiązaniu, lampy LED z układami TPS92070 pracujące w systemach oświetleniowych z regulacją jasności świecenia, mogą bez przeszkód zastępować zestawy z żarówkami klasycznymi. Czujnik prądu z wbudowanym wzmacniaczem

błędu zapewnia regulację jasności w bardzo szerokim zakresie. Wyeliminowano przy tym dodatkowe obwody sprzężenia optycznego spotykane w aplikacjach innych sterowników. Konstruktorzy układu TPS92070 nie zapomnieli też o różnego rodzaju zabezpieczeniach. Są to m.in.: ogranicznik wartości szczytowej prądu *cycle-by-cycle*, zabezpieczenie przeciążeniowe, zabezpieczenie przed rozwarciem obwodu diod świecących (*output overvoltage*), zabezpieczenie przed zbyt niskim napięciem zasilającym (*undervoltage lockout*), zabezpieczenia termiczne. Typowy schemat aplikacyjny zintegrowanego sterownika TPS92070 zaczerpnięty z noty katalogowej przedstawiono na **rysunku 3**. Układ jest produkowany



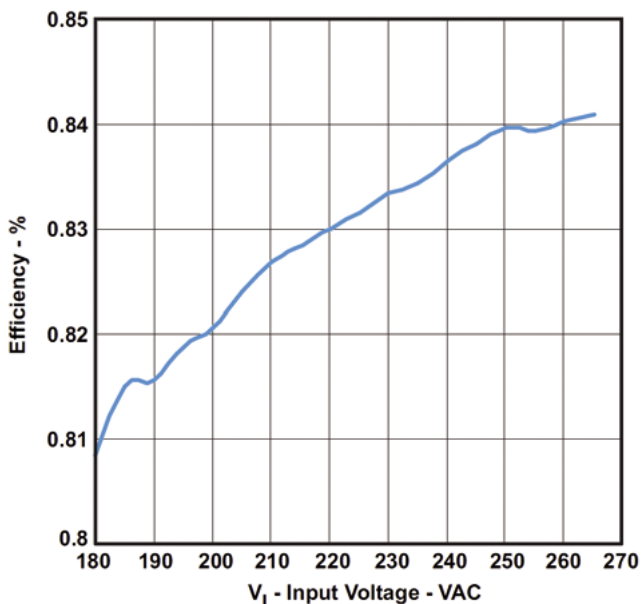
Rysunek 4. Schemat ideowy płytki TPS92070EVM-648

w obudowie TSSOP16.

Schemat wewnętrzny układu TPS92070 zawiera sporo bloków funkcjonalnych realizujących dość złożony algorytm sterowania diodami. Oprócz wymienionych już zabezpieczeń są tu m.in. detektory i komparatory różnego rodzaju sygnałów wewnętrznych i zewnętrznych, czujnik prądu diod, elementy zapewniające prawidłowy start/wyłączenie sterownika i inne. Zaimplementowany w sterowniku profil eksponencjalny nakładając się na logarytmiczną charakterystykę ludzkiego oka sprawia, że regulacja jasności świecenia staje liniowa. Sam proces zmiany jasności jest realizowany bezstratnie, mimo uderzającego podobieństwa do regulacji rezystorowej.

Płytką ewaluacyjna TPS92070EVM-648

W typowej aplikacji układu TPS92070 diody świecące mocy są zasilane przetwornicą *flyback*. Dobrym przykładem w pełni uży-

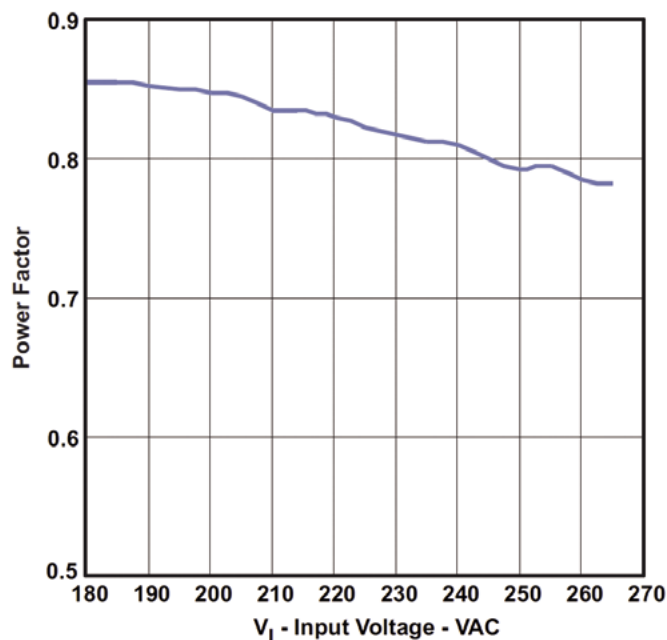


Rysunek 5. Wykres sprawności przetwornicy w funkcji napięcia zasilającego

Specjalizowany sterownik

Zajmiemy się sterownikiem diod LED. Rozpatrujemy oczywiście diody mocy przeznaczone do aplikacji oświetleniowych zasilanych z sieci energetycznej. Układy takie w postaci scalonej są wytwarzane przez kilku producentów. Należy do nich m.in. Texas Instruments.

Jednym z elementów tej grupy jest układ TPS92070, który wraz z niewielką liczbą dodatkowych elementów zewnętrznych pełni funkcję sterownika-



Rysunek 6. Wykres współczynnika mocy

tecznego rozwiązania jest schemat ideowy płytki ewaluacyjnej TPS92070EVM-648 (rysunek 4). Elementy umieszczone na płycie realizują wszystkie funkcje sterownika. Warto dokładnie przyjrzeć się temu, jak została zaprojektowana mozaika. Szczególną uwagę warto zwrócić na wyodrębnienie masy zasilania (PGND – Power Ground), która poza jednym punktem jest odseparowana od masy sygnałowej GND. Generalną zasadą w układach tego typu jest oddzielanie ścieżek wysokoprądowych od niskosygnałowych.

Na płycie TPS92070EVM-648 umieszczono szereg punktów pomiarowych, dzięki czemu możliwe jest dokładne przebadanie zachowania się przetwornicy niemal w każdym jej punkcie, w różnych stanach. Należy przy tym zachować szczególną ostrożność, ponieważ układ jest dołączony bezpośrednio do sieci energetycznej i w poszczególnych miejscach występują napięcia niebezpieczne dla człowieka. Napięcie zasilające jest doprowadzane do układu przez łączówkę śrubową. Oznaczono w niej zaciski napięciowy i neutralny. Przed przystąpieniem do pracy należy wskaźnikiem neonowym sprawdzić czy przewody zostały prawidłowo umieszczone w łączówce. Do pomiarów z użyciem przyrządów zasilanych z sieci, np. oscyloskopów, konieczne jest użycie autotransformatora. Między masą przetwornicy a neutralną linią zasilającą występuje napięcie równe połowie napięcia zasilającego, a więc połączenie masy oscyloskopu z masą płytki ewaluacyjnej grozi zwarcie. W najlepszym przypadku zadziała bezpiecznik

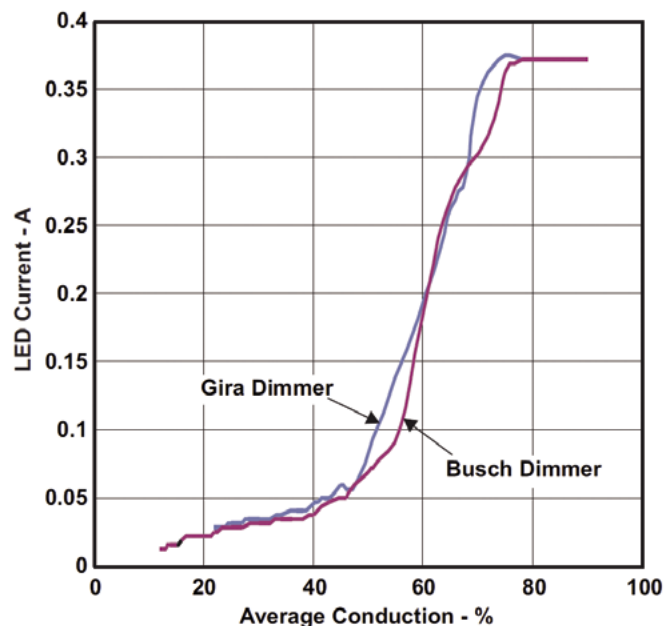
1-amperowy umieszczony na płycie, o najgorszym przypadku lepiej nie myśleć. Zestaw TPS92070EVM-648 może służyć do zasilania zewnętrznych lamp LED, ale jest też na niej zamontowany oświetlacz składający się z 5 diod świecących mocy firmy CREE. Maksymalny prąd diod jest równy 370 mA, a napięcie zasilające może się zmieniać od 180 do 240 VAC. Zewnętrzne lampy są dołączane do łączówki śrubowej. Jeśli mają być wykorzystywane własne LED-y zestawu, to do odpowiednich otworów tej łączówki musi być założona zworka.

Płytkę umożliwia przeprowadzenie pomiarów kilku parametrów przetwornicy, m.in.: sprawności w funkcji napięcia zasilającego (rysunek 5), współczynnika mocy (rysunek 6), prądu diody w funkcji średniego kąta przewodzenia przy sterowaniu zewnętrznym ściemniaczem (rysunek 7).

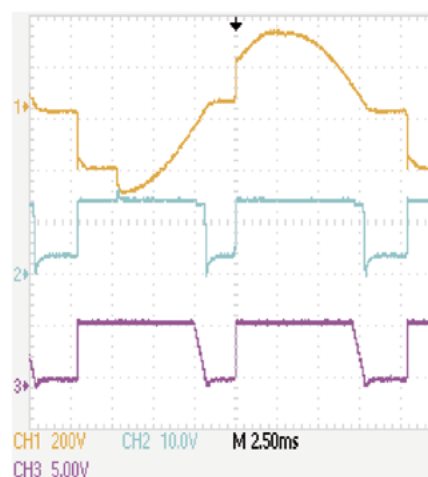
Na rysunku 8 przedstawiono oscylogramy ilustrujące działanie detektora ściemniacza zewnętrznego. Układ TPS92070 może być wykorzystywany w LED-owych zestawach oświetleniowych, w sterownikach żarówek LED, oprawach *downlight* i *wallwasher* itp.

Jarosław Doliński, EP

W artykule wykorzystano materiały firmy Texas Instruments ze strony: www.ti.com/tool/tps92070_evm-648.



Rysunek 7. Wykres prądu diody w funkcji średniego kąta przewodzenia przy sterowaniu zewnętrznym ściemniaczem



Dimmer Detection, DTC Sinks Current During AC Zero Crossing to Keep TRIAC Triggered
CH1 = VIN, CH2 = DTC, CH3 = SEN

Rysunek 8. Oscylogram ilustrujący działanie detektora ściemniacza zewnętrznego