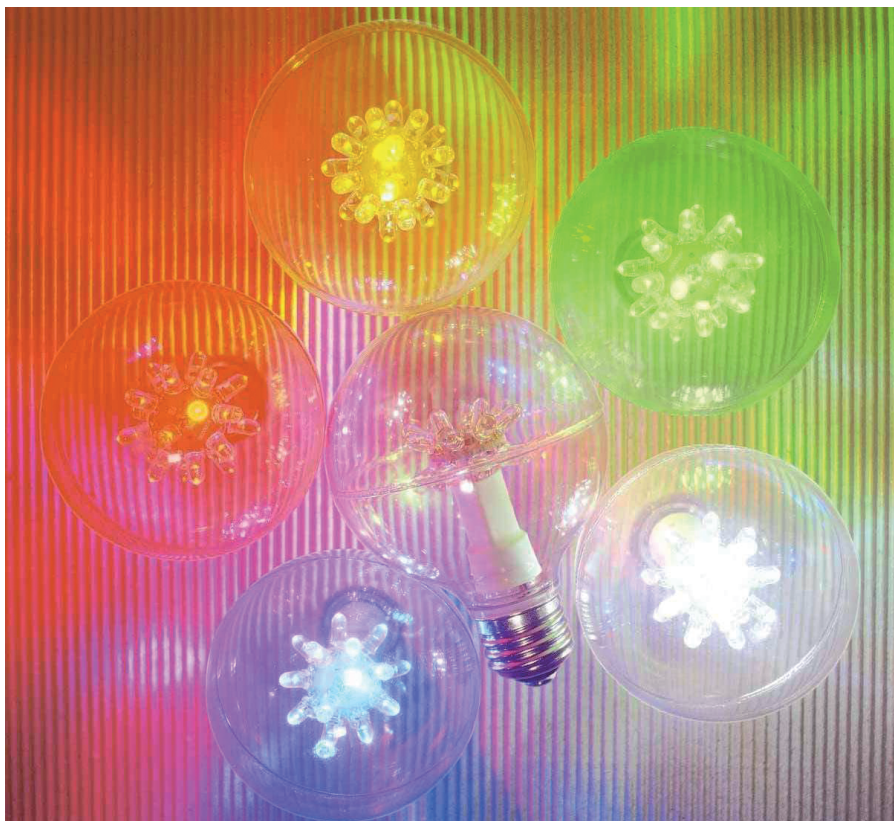


*Sprawność świetlna tradycyjnych żarówek żarnikowych jest bardzo niska, przy czym większość energii jest bezpowrotnie tracona.*

*W rezultacie przetwarzają one tylko około 10% otrzymanej energii na światło, a reszta zostaje zamieniona na ciepło. Efektywność tradycyjnej żarówki zawiera się w przedziale 14...17,5 lumenów na wat (standardowy pomiar współczynnika sprawności) przy 1000 godzinnej żywotności, gdy w przypadku żarówek LED otrzymuje się 74 lumeny z wata przy 45000 godzinach świecenia.*



# Nowoczesna przetwornica do LED zasilanych z sieci 230 VAC

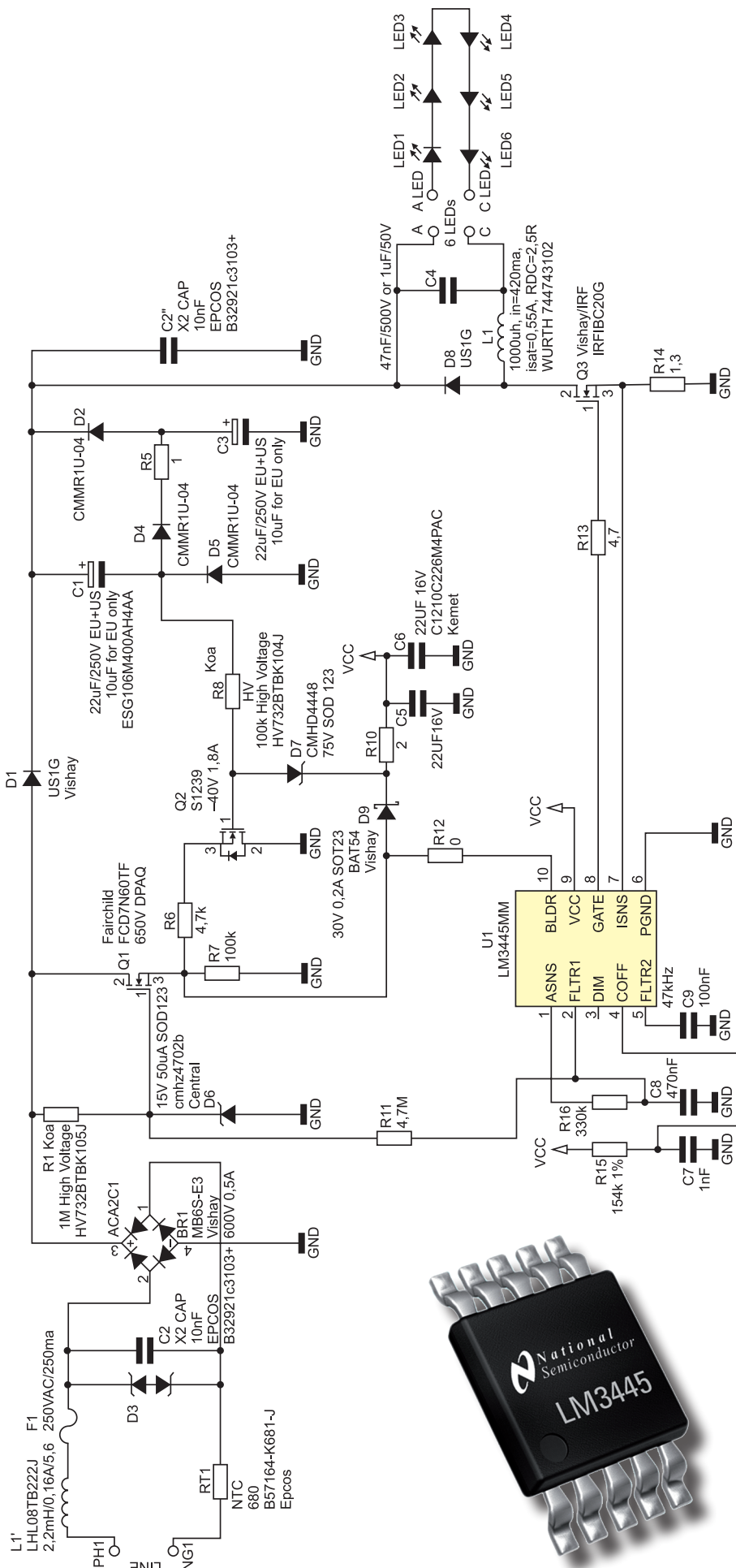
Współczesne diody LED mogą być z powodzeniem zasilane z sieci 230 VAC przy użyciu przetwornic prądu stałego obniżających napięcie, wykonanych w topologii typu *flyback*. Dla 100% zgodności ze standardową żarówką, oświetlenie LED powinno też dać się regulować za pomocą standardowych układów regulacyjnych wykorzystujących triaki, popularnie zwanych ściemniaczami. Niestety, w przypadku stosowania typowych ściemniaczy pojawia się zjawisko migotania żarówek LED. Przyczyną jest brak bezwładności diod LED, których natężenie światła zmienia się natychmiast po zmianie płynącego prądu. Typowy ściemniacz zmienia czas trwania połówek sinusoidy (oczywiście nie zmieniając okresu przebiegu), a więc odstępy pomiędzy poszczególnymi załączeniami LED-ów zmieniają się. Powoduje to tym mocniejsze ich migotanie, im bardziej powinno być przyćmione światło żarówki.

Firma National Semiconductor opracowała układ LM3445, który zapobiega migotaniu powodowanemu przez ściemniacze działające „w przód” (załączające fazę na określony czas po jej przejściu przez zero) lub „wstecz” (symetrycznie załączające fazę przed osiągnięciem zera i wyłączające po przejściu przez zero). Problem rozwiązano dzięki przekształceniu sygnału wytwarzanego przez ściemniacz na sygnał DIM, a następnie na stałoprądowy. Dzięki temu prąd LED jest regulowany liniowo zależnie od sygnału ze ściemniacza.

Publikacja ta opisuje rozwiązanie źródła LED zużywające 8,5 W, które dostarcza 450 lumenów, co jest porównywalne z tradycyjną żarówką o mocy 40 W, którą dostarcza około 500 lumenów. Aplikacja steruje 6 diodami LED wysokiej jasności oraz pozwala na regulację natężenia ich

świecenia przy użyciu typowego regulatora zbudowanego na triaku.

Jednym z głównych zadań układu LM jest detekcja kąta załączenia fazy oraz zależne od niego sterowanie blokiem DIM, aby proporcjonalnie do punktów załączenia i wyłączenia fazy regulować natężenie wyjściowego prądu stałego. Sterownik LED LM3445 integruje większość funkcji koniecznych do konwersji kąta włączania triaka na średnią wartość prądu płynącego przez pewną liczbę diod LED. Na **rys. 1** pokazano schemat zasilacza LED. W jego lewym górnym rogu umieszczono zaciski wejściowe. Prąd przemienny jest prostowany w diodowym mostku Graetza MB6-E3, a następnie po obniżeniu napięcia w układzie dzielnika, zbudowanego z R1, R2, Q1 i D6, jest doprowadzony do nóżki BLDR układu LM3445. Główną funkcją R7 jest zapewnienie minimalnej wartości prądu obciążenia, przy



Rys. 1. Schemat zasilacza LED z układem LM3445 National Semiconductor



którym triak regulatora nadal jest w stanie przewodzenia.

Gdy obwód wyrównujący napięcie (*valley-fill*), zbudowany z elementów C1, C3, D2, D4, D5 i R5, pobiera prąd z sieci (ładuje szeregowo połączone kondensatory), to pobierany z zasilania prąd podtrzymuje stan załączenia triaka. Kiedy skończy się ładowanie, to moc wyjściowa (prąd diod LED) dostarczana jest z kondensatorów, a prąd płynący przez triak staje się bardzo mały. Aby oddać zgromadzoną w pojemnościach energię, gdy przewodzą diody D2 i D5, używany jest nieskomplikowany obwód utworzony z R6, Q2, D7 i R8. Ten prosty zabieg redukuje straty energii gromadzonej przez obwód tranzystora Q1 i dzięki temu podnosi sprawność całego układu. Na rys. 2 kanał Ch3 oscyloskopu pokazuje przebieg napięcia na bramce tranzystora Q2 oraz napięcia drenu tranzystora Q3 w trakcie, gdy połączone równolegle kondensatory C1 i C3 rozładują się przez LED i diody D2, D5.

Obwód wyrównujący napięcie używany jest również po to, aby uniknąć przepływu dużego prądu podczas ładowania kondensatora na wejściu. Duży prąd wejściowy generuje w sieci zasilającej 230 VAC duże zniekształcenia harmoniczne, co może być przeszkodą na drodze do spełnienia wymogów standardu EN 61000-3-2 klasa C.

Aby być w zgodzie z wymogami standardu bezpieczeństwa UL, zastosowano po stronie pierwotnej warystor zabezpieczający, którego zadaniem jest absorbowanie przepięć. Napięcie wejściowe ładuje kondensatory na wejściu prądem o ograniczonej amplitudzie dzięki zastosowaniu ogranicznika termistorowego RT1.

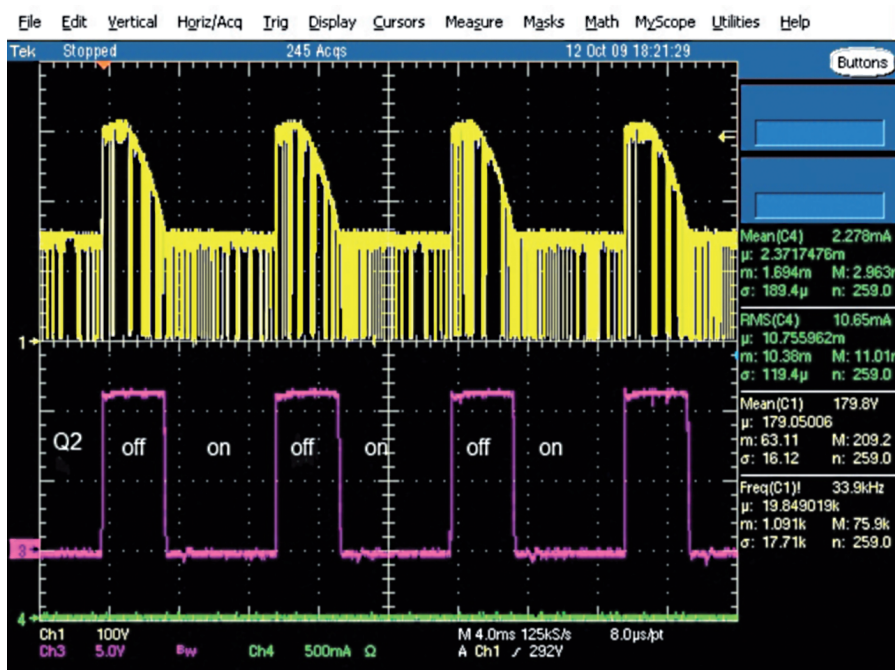
Cykl po cyklu ogranicznik prądowy kontroluje moc maksymalną, zabezpieczając układ przed zwarcieniem lub przeciążeniem. Jeżeli napięcie na rezystorze R14 wzrośnie powyżej 1,27 V, PWM dokona wyłączenia tranzystora MOSFET Q3. Następnie układ opóźniający przez 180 μs nie pozwoli na rozpoczęcie kolejnego cyklu.

W przypadku rozwarcia zacisków wyjściowych (odłączenia LED), napięcie na C4 może znacznie wzrosnąć, a czasami nawet przekroczyć napięcie wejściowe. Z tego powodu kondensator użyty jako filtr wyjściowy musi wytrzymywać napięcia rzędu 500 V.

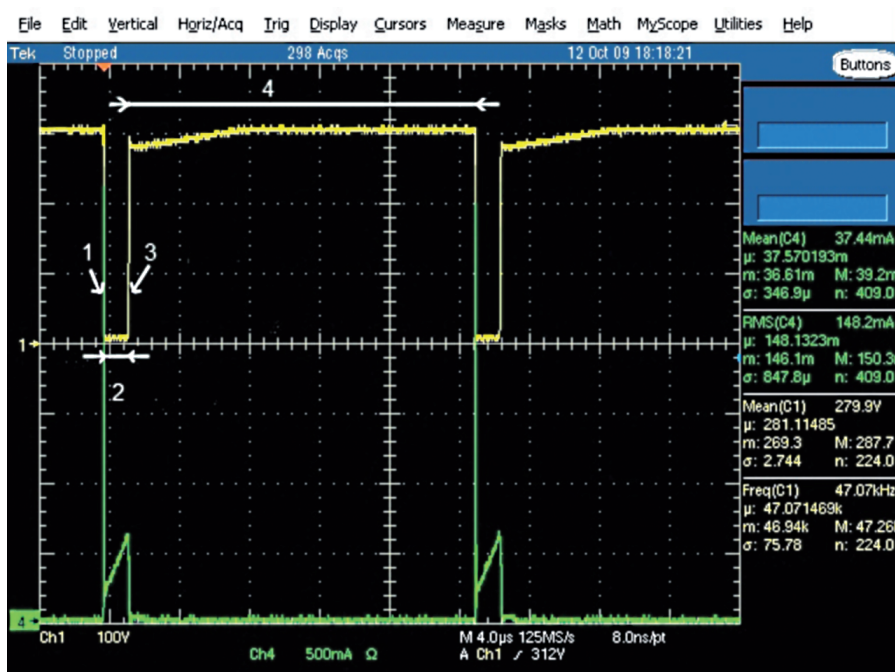
Główny filtr jest umieszczony na wejściu i składa się z elementów L1 i C2. Dzięki jego zastosowaniu układ spełnia normę EN 55022. Jest on również konieczny w celu minimalizacji wpływu zakłóceń pochodzących z sieci energetycznej na zasilacz i odwrotnie. Częstotliwość próbkowania jest zbliżona do 50 kHz, co znacznie upraszcza konstrukcję filtra.

Przebieg na rys. 3 przedstawia szczegółowo zmiany napięcia na zaciskach dren-źródło, a także prądu tranzystora Q3 w trakcie





Rys. 2. Prąd zasilania. Przebiegi napięcia drenu Q3 (Ch2) oraz bramki Q2 (Ch3)



Rys. 3. Kompletny cykl. Przebiegi napięcia drenu Q3 (Ch1) oraz prądu drenu Q3 (Ch3)



Fot. 4. Przykładowa aplikacja LM3445 do umieszczenia w obudowie żarówki E27

jednego, pełnego cyklu pracy. Cykl ten można podzielić na poszczególne fazy:

1. Faza włączania,
2. Faza przewodzenia,
3. Faza wyłączenia,
4. Wyłączenie i przekazanie energii do obciążenia.

Konwerter pracuje w trybie ciągłego przewodzenia przy świeceniu LED pełną mocą i w trybie przerywanym przy zredukowanym natężeniu świecenia LED podczas ściemniania oświetlenia. Aby wyeliminować szpilki prądowe pojawiające się na dławiku, można równolegle do C4 dołączyć kondensator o pojemności 1  $\mu$ F.

Do regulacji prądu płynącego przez połączone diody LED sterownik wykorzystuje metodę kontroli stałej czasowej. Rezystor R15 i kondensator C7 tworzą krzywą przebiegu prądu stałego, która jest doprowadzona do wejścia Coff układu LM. Na jej podstawie jest generowany czas Toff. Kiedy tranzystor Q3 przewodzi, prąd LED płynący przez indukcyjność wzrasta aż do poziomu FLTR2 ustalonego przez ściemniacz. Po osiągnięciu szczytu natężenia prądu MOSFET Q3 zostaje wyłączony, a dioda D8 zaczyna przewodzić przez czas Toff. Oznacza to, że zmiany wartości napięcia na wejściu FLTR2 (napięcie odniesienia) wpływają na prąd wyjściowy płynący przez diody LED, co pozwala na realizację funkcji regulacji jasności ich świecenia.

Na fot. 4 pokazano przykładową konstrukcję opisywanego zasilacza. Mieści się on w typowej obudowie żarówki E27. Główne elementy składowe to: LM3445MM, kondensator elektrolityczny Nichicon lub Arcotronic, dławik 744743102 produkcji Wuerth, tranzystor MOSFET FCD7N60TF firmy Fairchild, tranzystor IRFIBC20G produkcji IRF, ultraszybka dioda Vishay, CMMR1U-04 produkcji Central Semiconductor Corp., ceramiczny kondensator firmy Kemet oraz wysokonapięciowy rezystor Koa.

### Podsumowanie

Sześć diod LED wysokiej jasności zasilanych przez LM3445 dostarcza w przybliżeniu tej samej ilości światła, co tradycyjna żarówka 40 W, jednak w przypadku LED pobór mocy wynosi jedynie 8,5 W. Odkąd oświetlenie w gospodarstwie domowym stało się największym pożeraczem energii, wymiana tradycyjnych żarówek na oświetlenie typu LED jest korzystną alternatywą prowadzącą do znaczących oszczędności. Pomimo wyższej ceny należy wziąć pod uwagę fakt, że żarówki LED są ponad 40-krotnie trwalsze od tradycyjnych.

Artykuł udostępniony przez Farnell we współpracy z National Semiconductor.

tłum. Arkadiusz Pędzisz

Dodatkowe informacje:  
<http://www.farnell.com/pl/>