

Nietypowe metody zasilania diod LED

Postęp techniczny i nowe regulacje silnie zmieniają rynek oświetleniowy. Potrzeba zastąpienia tradycyjnych żarówek czy świetlówek ich półprzewodnikowym odpowiednikiem stawia konstruktorom wiele wyzwań, z których dwa największe: odprowadzanie wytwarzanego ciepła i wielkość układu zasilającego. Kolejne innowacyjne projekty biją rekordy parametrów technicznych. Są jednak aplikacje, w których lepiej sprawdzają się proste, ale nietypowe rozwiązania. Prezentujemy kilka takich niesztympowych układów.

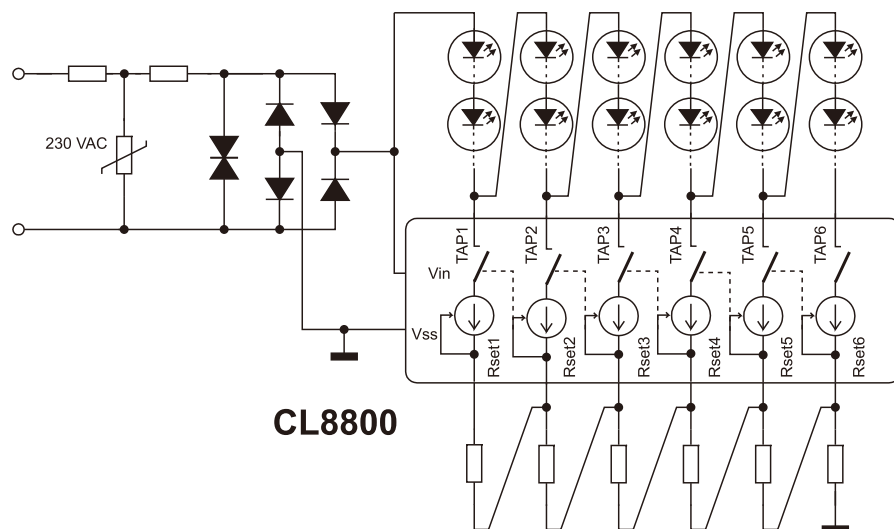
Spora część niskobudżetowych aplikacji oświetleniowych, to nieskomplikowane układy, w których stosuje się dużą liczbę małych diod LED i uproszczoną regulację prądu. Taka budowa jest efektem kompromisu pomiędzy ceną a parametrami użytkowymi, takimi jak sprawność energetyczna i jakość światła. Diody LED o małym prądzie pracy są bardziej odporne na niewłaściwe sterowanie od diod o dużej jasności, co wykorzystują producenci żarówek diodowych drastycznie upraszczając układy zasilania. O ile nieskomplikowany zasilacz – nawet taki z wykorzystaniem szeregowej rezystancji lub reaktancji pojemnościowej – nie zagraża żywotności struktury półprzewodnikowej, to jakość uzyskiwanego światła, z racji zauważalnego efektu stroboskopowego, bywa niewystarczająca. Praktyka wymaga tu kompromisu: im mniej efektu stroboskopowego, tym mniejsza sprawność energetyczna. Ponadto, współczynnik mocy takiego układu wynosi ok. 0,4...0,5. Nie stoi to w sprzecz-

ności z regulacjami prawnymi, ale wartość ta jest stanowczo za niska, by uzyskać np. etykietę Energy Star.

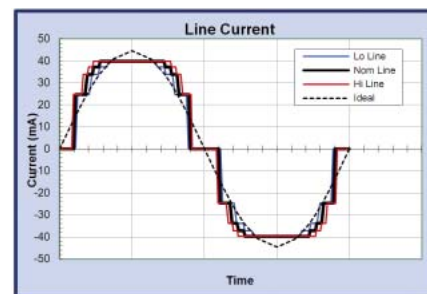
Pod względem stabilności strumienia światła (choć niekoniecznie poprawy współczynnika mocy), lepiej sprawdzają się przetwornice impulsowe, jednak ani ich cena, ani tym bardziej czas funkcjonowania ograniczony trwałością kondensatorów elektrolitycznych, nie są satysfakcjonujące.

„Szybki”, szeregowy regulator prądu

W niskonapięciowych aplikacjach z diodami LED o małej mocy znakomicie sprawdzają się szeregowy regulatory prądu. Nie przeszkadza im niska sprawność energetyczna rekompensowana przez małe wymiary i łatwość stosowania. Intuicja podpowiada jednak, że podobne rozwiązanie nie sprawdzi się w wysokonapięciowym układzie zasilanym z napięcia zmiennego. Gdyby jednak łańcuch diod (np. 100 białych diod LED) podzielić na odcinki



Rysunek 1. Schemat aplikacyjny układu CL8800



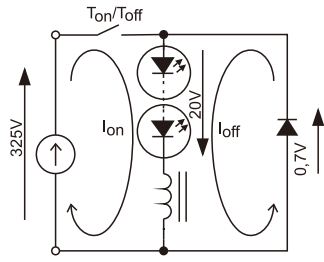
Rysunek 2. Przebieg prądu pracy łańcucha diod LED (na podstawie materiałów Supertex Inc.)

i spowodować, by zawsze świeciło ich z grubsza tyle, na ile wystarczy chwilowej wartości napięcia sieciowego, sytuacja mogłaby wyglądać lepiej. Napięcie o wartości 125 V wystarczy do zaświecenia 40 diod, przy 310 V można zaświecić wszystkie 100 sztuk. Straty mocy na regulatorze prądu są przy tym niewielkie, sprawność energetyczna zadowalająca (nawet do 90%), a efekt stroboskopowy nieznaczny.

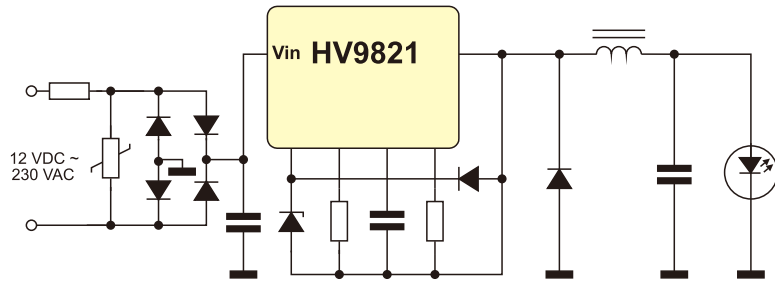
Powyższy pomysł wykorzystano przy projektowaniu sekwencyjnych, liniowych stabilizatorów prądu CL8800/CL8801. Przyjrzymy się im bliżej. Układ jest przeznaczony do pracy w sieci prądu zmiennego o napięciu 230 V i pozwala na podzielenie łańcucha diod na 6 odcinków.

W strukturze układu zawarto sześć regulatorów prądu, z których każdy włącza się w innym przedziale wartości napięcia zasilania. Pierwszy odcinek (TAP1) zaświeca się, gdy napięcie wejściowe przewyższy napięcie przewodzenia umieszczonych w nim diod LED. Gdy wartość napięcia pozwala na zaświecenie kolejnego odcinka, pierwszy regulator wyłącza się, a sterowanie odcinków 1 i 2 przejmuje regulator TAP2, dodatkowo podwyższając prąd obciążenia. Wraz ze wzrostem napięcia włączają się kolejne regulatory, a ich poprzednicy wyłączają się. W konsekwencji przełączenia zmienia się „długość” aktywnej części łańcucha diod LED. Każdy z regulatorów ma przy tym niezależną regulację prądu obciążenia (od 40 mA dla TAP1 do 115 mA dla TAP3...TAP6). O wartości prądu decyduje rezystancja Rset.

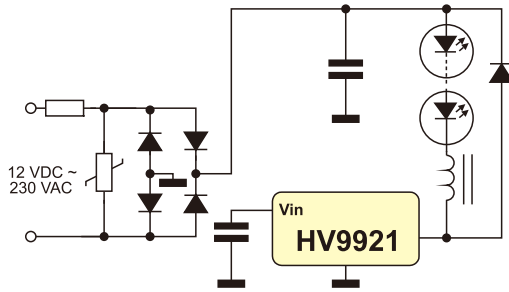
Niezależna regulacja prądu źródeł pozwala na kształtowanie charakterystyki napięciowo-prądowej całego układu (rysunek 2), zarówno w celu ograniczenia mocy



Rysunek 3. Schemat zastępczy impulsowego stabilizatora obniżającego napięcie



Rysunek 5. Schemat aplikacyjny wysokonapięciowego stabilizatora obniżającego do b. małych mocy



Rysunek 4. Schemat aplikacyjny wysokonapięciowego stabilizatora obniżającego ze stabilizacją prądu

strat w układzie, jak i dla regulacji wartości współczynnika mocy. Wartość każdego z tych parametrów ma duże znaczenie, bo układ potrafi dostarczyć do obciążenia moc sięgająca 13 W.

Możliwe jest uzyskanie współczynnika mocy ok. 0.9 i współczynnika zawartości harmonicznych THD < 10%. Takie wartości wystarczają do uzyskania etykiety Energy Star. Układ jest produkowany w małej obudowie QFN wyposażonej w radiator. Największym elementem obwodu zasilacza jest filtr przeciwzakłócenia. O ile nie ma przymusu używania w nim kondensatorów lub diod zabezpieczających do zabezpieczenia przed przepięciami.

Źródła światła małej mocy

Małe źródło światła, jak np. stosowana w automatyce lampka kontrolna, wymaga specyficznego, bardzo zwartego układu zasilającego, ale nie potrzebuje za to dużej mocy. Jest pomocne, jeśli lampka może pracować w szerokim zakresie napięcia wejściowego. Jedynie zastosowanie stabilizatora impulsowego pozwala na zbudowanie aplikacji wystarczająco kompaktowej i zdolnej do utrzymania stałej jasności świecenia w szerokim zakresie napięcia. Jednak układy impulsowe rzadko działają dobrze przy tak małym obciążeniu.

Wykonanie sieciowego stabilizatora impulsowego dla 1 lub 2 diod LED jest o tyle utrudnione, że napięcia nie można obniżyć w nieskończoność. Typowy stabilizator obniżający z pojedynczą cewką pozwala na kilka-kilkunastokrotne obniżenie napięcia

(zasada ta nie dotyczy przetwornic wyposażonych w więcej niż jedno uzwojenie robocze). Wynika to ze specyfiki pracy klucza półprzewodnikowego, a dokładnie zależy od czasów otwarcia i zamknięcia klucza.

Za przykład posłuży wysokonapięciowy stabilizator impulsowy HV9921. Może on pracować z napięciem wejściowym $U_{IN} < 500 V$ i dostarcza stabilizowany prąd wyjściowy o nieregulowanej wartości $I_{OUT} = 30 mA$. Co ważne, pracuje ze stałą wartością czasu otwarcia klucza T_{OFF} . HV9921 ma następujące parametry pracy klucza:

- czas zamknięcia $T_{OFF} = 10,5 \mu s$,
- minimalny czas otwarcia $T_{ONmin} = 650 ns$.

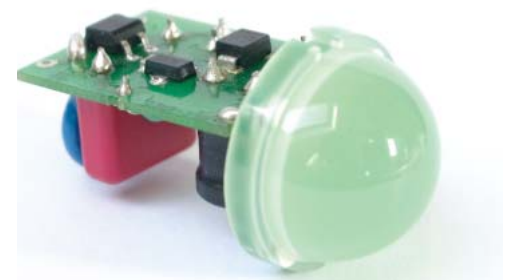
Wartość minimalnego czasu otwarcia klucza wynika z kilku czynników – np. szybkości reakcji komparatora w układzie sprzężenia zwrotnego i obecności filtra wygładzającego zakłócenia pojawiające się w momencie włączenia klucza, które mogą zafałszować wynik pomiaru wartości prądu.

W fazie włączenia klucza następuje szybki przyrost prądu cewki roboczej wynikający z wysokiej wartości napięcia wejściowego U_{IN} , a postępującego według zależności $di = dU \times dt / L$. W fazie otwarcia klucza prąd cewki spada z szybkością zależną od napięcia, jakie indukuje się na obciążeniu, którym są diody LED i dioda prostownicza (rysunek 3). Im większa jest różnica pomiędzy U_{IN} i U_{OUT} tym większa dysproporcja pomiędzy szybkością zmiany prądu w każdym ze stanów.

Jeśli $dU = L \times di/dt$, to przy napięciu zasilania (przyjmujemy najtrudniejszy przypadek, czyli maksymalną wartość chwilową wyprostowanego napięcia sieciowego, tj. $U_{INmax} = 325 V$, choć w rzeczywistości jest ona niższa i ma wartość napięcia przewodzenia łańcucha diod LED) i przy założeniu braku strat energetycznych minimalne napięcie wyjściowe wynosi:

$$U_{OUTmin} = U_{INmax} \times T_{ONmin} / T_{OFF} = 325 V \times 650 ns / 10,5 \mu s \approx 20 V$$

Uzyskana wartości napięcia to wartość dobra dla lampki kontrolnej, gdzie stosuje się kilka diod LED połączonych szeregowo.



Fotografia 6. Lampka kontrolna z układem HV992x

Jednak drobne punkty świetlne (np. dyskretne podświetlenie panelu kontrolnego) może wymagać jeszcze mniejszej mocy (napięcia).

W stabilizatorze HV9821 wprowadzono zmiany, które pozwalają zasilać pojedynczą diodę LED z napięcia sieciowego 230V AC. W układ wbudowano pośredni liniowy stabilizator napięcia, który zasilą stopień impulsowy. O napięciu wyjściowym stabilizatora liniowego decyduje napięcie znamionowe zewnętrznej diody Zenera (U_{DZ}). W zakresie napięcia wejściowego $10 V \dots U_{DZ}$ stabilizator pracuje jak typowy stabilizator impulsowy obniżający napięcie. Po przekroczeniu napięcia diody Zenera, wyjściowy stopień impulsowy kluczuje napięcie o wartości U_{DZ} . Układ ma możliwość regulacji kilku parametrów pracy, w tym prądu wyjściowego w zakresie do 50 mA i czasu wyłączenia klucza T_{OFF} . Przy $T_{OFF} = 20 \mu s$ minimalne napięcie wyjściowe redukuje się do 3 V i jest odpowiednie do zasilania pojedynczego złącza kolorowej diody LED (rysunek 5).

Aplikacja jest niewielka i nie sprawia kłopotów z uruchomieniem. Przykładowe wykonanie lampki kontrolnej z układem HV9921 przedstawiono na fotografii 6. Autor dziękuje firmie Elplast Sp. z o.o. ze Świdnicy za udostępnienie modelu. Największym elementem układu (poza zespoloną diodą LED) jest cewka o objętości ok. $0,7 cm^3$.

Mariusz Kaczor
Contrans TI
support@contrans.pl
71 325 26 21