

# Zasilanie diod LED

Diody LED, a w szczególności diody LED mocy zajmują znaczącą pozycję w technice oświetleniowej. Wieloletnie udoskonalanie technologii tych elementów zaowocowało dostępnością diod, których jasność pozwala zastąpić nimi tradycyjne źródła światła, takie jak żarówka czy lampa fluorescencyjna.

Głównymi korzyściami płynącymi z zastosowania diod LED w oświetleniu są ich duża sprawność energetyczna, małe wymiary oraz niezawodność. Jednak, aby osiągnąć takie właściwości instalacji oświetleniowej, należy zapewnić diodom LED właściwe warunki pracy.

Przy stosowaniu diod LED małej mocy, bez ukierunkowania aplikacji na dużą sprawność energetyczną, można ograniczyć zasilania przez dołączenie opornika szeregowo z diodą. Takie rozwiązanie, powszechnie stosowane w produktach małej mocy pochodzących z Chin, jest tanie i na tym kończy się lista jego zalet.

Aplikacje oświetleniowe wymagające dużej sprawności oraz niezawodności, stawiają przed elektronikiem zadanie zaprojektowania dedykowanego układu zasilania. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom rynku oświetleniowego, Infineon proponuje zastosowanie scalonych driverów LED, które pozwalają zaoszczędzić czas wymagany na zaprojektowanie bloku zasilania z niewielką liczbą komponentów.

## Zagrożenie pracy diod LED

Diody LED często pracują w zmiennej temperaturze otoczenia. W związku z tym, że złącze pn ma ujemny współczynnik

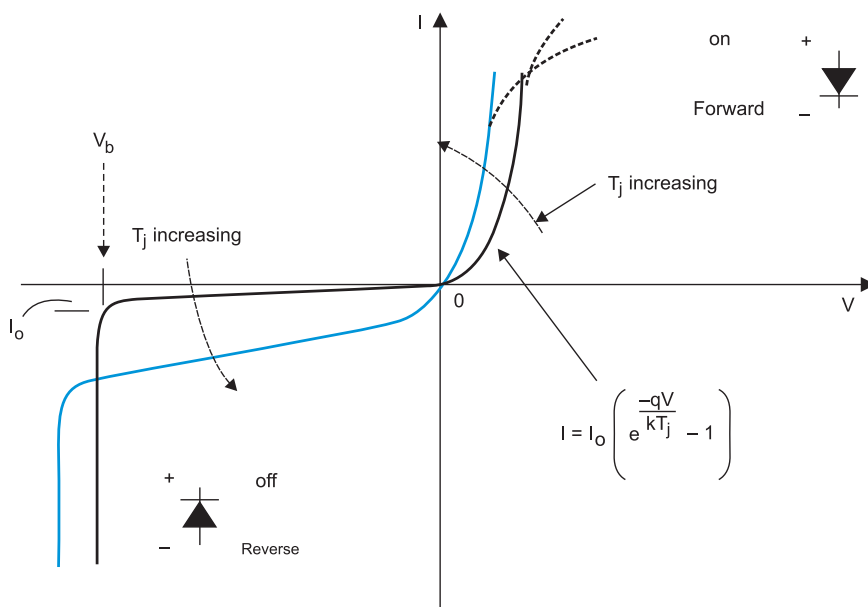
**Dodatkowe informacje:**  
[www.infineon.com/lighting](http://www.infineon.com/lighting)  
[www.infineon.com/ledcircuitdesigner](http://www.infineon.com/ledcircuitdesigner)  
[www.infineon.com/leddriverselectiontool](http://www.infineon.com/leddriverselectiontool)

temperaturowy spadku napięcia, to wzrost temperatury otoczenia powoduje zmniejszenie napięcia polaryzacji diody w kierunku przewodzenia (**rysunek 1**) i tym samym zwiększenie (zależność wykładnicza) prądu przepływającego przez diodę [2]. Jeżeli dioda pracuje z dużym zapasem mocy, zjawisko to nie stanowi dla niej większego zagrożenia, chociaż wzrosła moc tracona w diodzie.

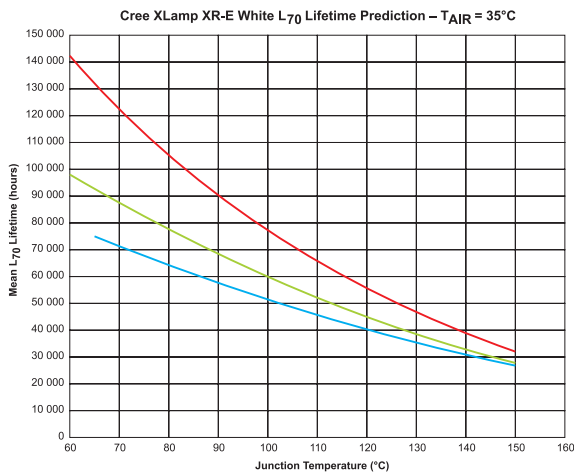
Chcąc uzyskać jak najwięcej światła emitowanego przez diodę, poprzez zwiększenie płynącego przez nią prądu, można doprowadzić do sytuacji, w której nawet przy chwilowym wzroście temperatury otoczenia, wyższy prąd płynący przez diodę spowoduje wzrost temperatury złącza diody. Złącze pn w wyższej temperaturze zacznie przewodzić większy prąd, co jeszcze bardziej je nagrzej i w ten sposób, nawet mimo ustania szkodliwego czynnika zewnętrznego, dioda wpada w stan zwiększania się temperatury prowadzący do jej uszkodzenia (*ang. thermal runaway*).

Kolejnym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę projektując zasilanie diod, jest rozrzut ich parametrów, w tym także napięcia przewodzenia  $V_F$ . Rozrzut ten oraz niezapewnienie odpowiednich warunków pracy przyczyniają się do przyspieszonej degradacji struktur pn, co skraca czas życia diod oraz powoduje zróżnicowanie ich jasności świecenia, mimo jednakowego napięcia zasilania.

Żywotność złącza pn [2] jest mocno zależna od jego temperatury oraz natężenia płynącego prądu (**rysunek 2**). Nie bez znaczenia jest też temperatura otoczenia, której wpływ zilustrowano na **rysunku 3**. Produkcenci diod LED są w stanie zagwarantować 50 tys. i więcej godzin ich pracy, ale tylko w ściśle określonych warunkach [3].



Rysunek 1. Zmiana charakterystyki złącza p-n (kolor niebieski) przy zwiększeniu temperatury złącza [2]



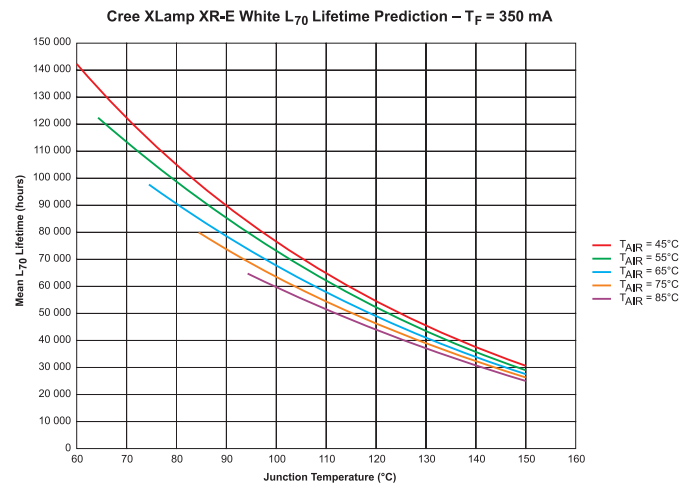
Rysunek 2. Szacunkowa żywotność diody LED, w zależności od temperatury złącza oraz prądu przewodzenia (lampa XRE, temp. Otoczenia  $35^{\circ}C$ ) [3]

Często klient końcowy, dla którego jest projektowane oświetlenie, stawia jako wymóg minimalny czas bezawaryjnej pracy. Jednak nie mając kontroli nad parametrami pracy diody, nikt nie jest w stanie powiedzieć jak długo dana aplikacja będzie pracować. Ponieważ w praktyce nie możemy uniknąć wpływu rozrzutu parametrów diod czy zmian temperatury otoczenia mających wpływ na temperaturę złącza, to najlepszym gwarantem zachowania kontroli nad diodą

LED jest zasilanie jej prądem stałym o takim współczynniku temperaturowym, który kompensuje wpływ temperatury otoczenia na temperaturę złącza LED i tym samym zabezpiecza je przed jego uszkodzeniem termicznym.

### Przegląd driverów LED

Infineon ma w swojej ofercie duży wybór driverów przeznaczonych do techniki oświetleniowej (rysunek 4).



Rysunek 3. Szacunkowa żywotność diody LED, w zależności od temperatury złącza oraz otoczenia (lampa XRE, prąd przewodzenia  $I_F = 350\text{ mA}$ ) [3]

**Liniovne drivery BCR** są układami regulowanych źródeł prądowych z kompensacją współczynnika temperaturowego diod LED. Schemat przykładowego użycia drivera pokazano na **rysunku 5**. Za pomocą układów z serii BCR40x można zasilac diody LED prądem stałym o wartości 10 mA (BCR401) lub 20 mA (BCR402). W obu układach jest także możliwość ustawienia innego prądu źródła przy użyciu zewnętrznego rezystora (rysunek 5).

R E K L A M A

## Różne źródła światła? Infineon wie jak je wszystkie zasilić!

### Układy liniowe BCR4xx

- prąd do 300 mA
- napięcie wejściowe do 40 V
- najniższa cena
- najmniejsze obudowy

### Przetwornice DC/DC

- step-down/step-up
- wysoka sprawność
- analogowa i cyfrowa regulacja prądu wyjściowego (dimming)
- możliwość użycia zewnętrznego tranzystora
- wbudowane zabezpieczenia

### Przetwornice AC/DC CoolSet

- od 10 do 240 W
- mała liczba elementów zewnętrznych
- prostota użycia

### Układy do balastów ICB1(2)FLOx

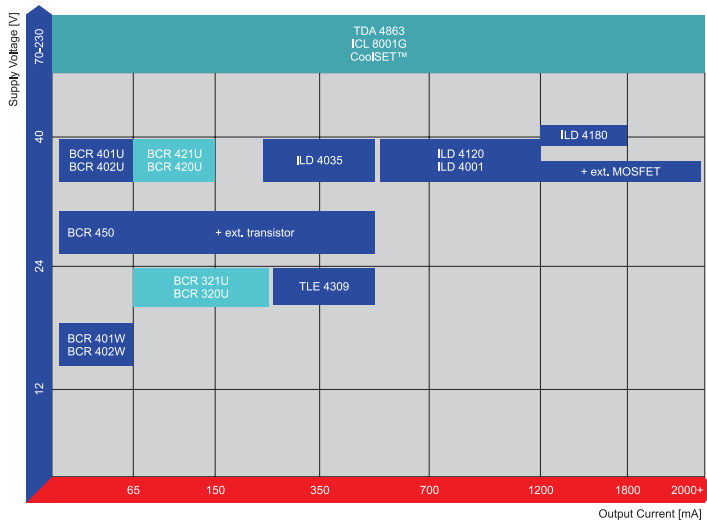
- rozwiązanie w pełni zintegrowane
- możliwość konfiguracji parametrów

### Układy samochodowe

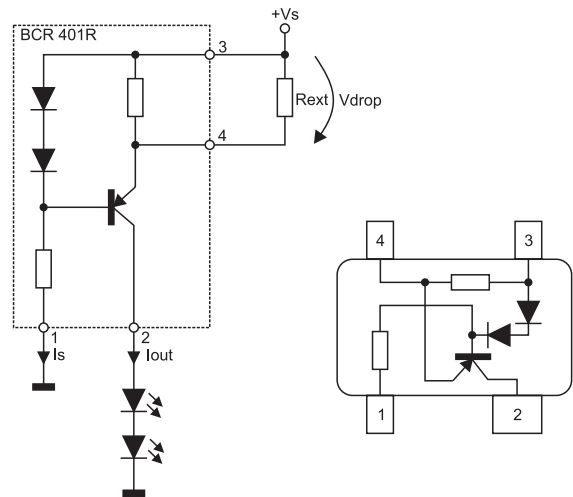
- liniowe
- impulsowe
- wielokanałowe (SPOC)

Dane katalogowe oraz noty aplikacyjne na stronie  
[www.infineon.com/lighting](http://www.infineon.com/lighting)

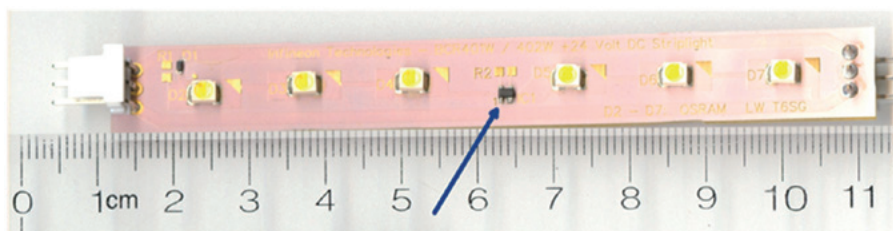




Rysunek 4. Portfolio układów Infineon przeznaczonych do aplikacji oświetleniowych [1]



Rysunek 5. Przykładowa aplikacja zasilania diod LED, do ustawienia wartości stałego prądu użyto zewnętrznego rezystora Rext [1]



Fotografia 6. Aplikacja świecącego paska LED z zaznaczonym driverem BCR [1]

Często w aplikacjach jest ważne ograniczenie powierzchni płytki drukowanej. Driver z serii BCR (2,9×2,6 mm) pokazany na **fotografii 6** charakteryzuje się wymiarami porównywalnymi z rezystorami SMD, co umożliwia użycie go wszędzie tam, gdzie do tej pory stosowano rezystor.

**Rozszerzenie możliwości BCR.** W aplikacjach sterujących dużą liczbą diod połączonych szeregowo i tym samym wymagających wysokiego napięcia zasilania, można łatwo rozszerzyć zakres napięcio-

wy pracy drivera do wartości znacznie przekraczających jego napięcie zasilania. Wystarczy włączyć układ szeregowo pomiędzy diody, jak na **rysunku 7**. Wówczas spadek napięcia na diodach pomiędzy plusem zasilania a driverem zmniejszy napięcie pracy drivera. Dzięki małemu prądowi pobieranemu przez drivery BCR (0,5 mA) różnica prądów w gałęzi nad driverem i pod nim jest tak mała, że różnice jasności świecenia diod są niewykrywalne dla ludzkiego oka.

W aplikacjach wymagających dużej wydajności prądowej Infineon proponuje użycie zewnętrznego tranzystora, jak pokazano na **rysunku 8**.

**Przetwornice DC/DC.** Infineon może poszczycić się sprawdzonymi rozwiązaniami bazującymi na przetwornicach DC/DC przeznaczonych do zasilania LED. W ofercie są układy obniżające napięcie (*buck converter*) oraz obniżająco-podwyższające (*buck-boost*), pracujące również w konfiguracji SEPIC. W **tabeli 1** zamieszczono wykaz układów wraz z ich maksymalnym natężeniem prądu obciążenia. W przypadku ILD4001 prąd zależy od maksymalnego prądu drenu użytego tranzystora zewnętrznego.

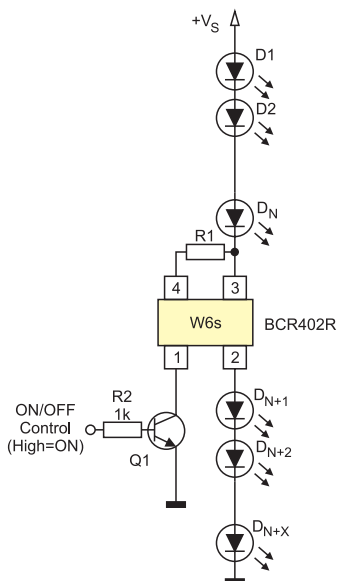
Drivery ILD4035, ILD4120 oraz ILD4001 mają oprócz PWM

Tabela 1. Rodzina przetwornic DC/DC do zastosowań oświetlenia LED

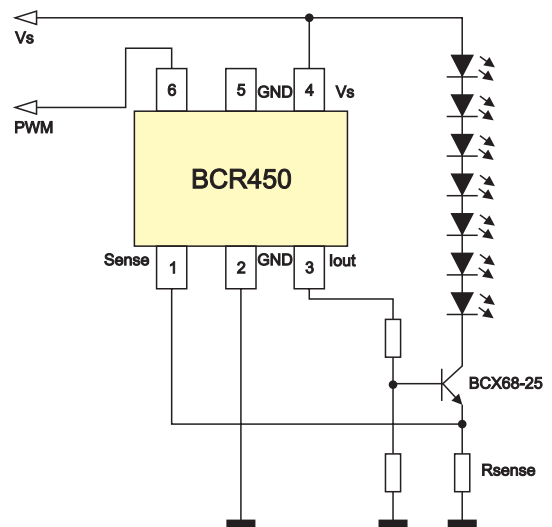
Nazwa	Maks. I <sub>wy</sub>	Rodzaj
ILD4035	350mA	Buck
ILD4120	1200mA	Buck
ILD4180	1800mA	Buck
ILD4001	zgodnie z użytym tranzystorem	Buck z wyprowadzeniem do podłączenia zewnętrznego tranzystora.
TLD5085	1800mA	Buck (motoryzacja)
TLD5095	zależne od konfiguracji pracy	Buck, Buck-Boost, SEPIC (motoryzacja)

także możliwość ściemniania za pomocą sygnału analogowego.

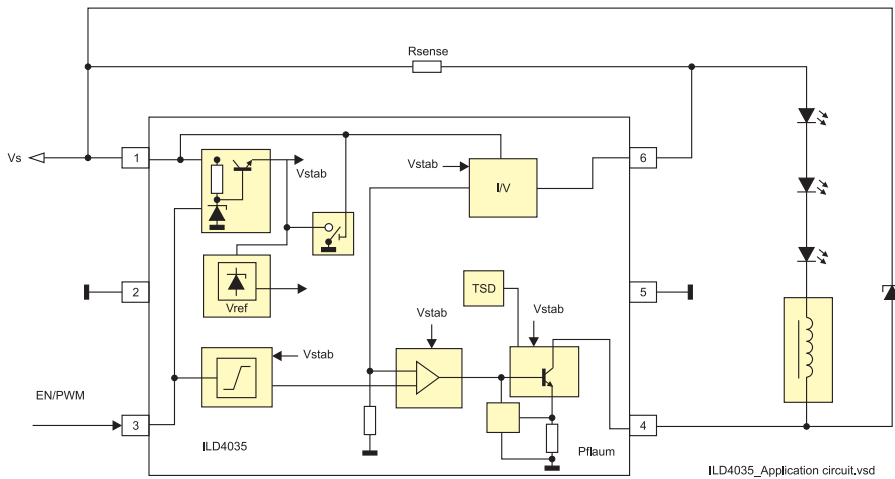
Przykładową aplikację z ILD4035 pokazano na **rysunku 9**. Ze względu na dużą częstotliwość pracy przetwornicy (do 500 kHz) tętnienia napięcia wyjściowego są niezauważalne dla oka i kondensator fil-



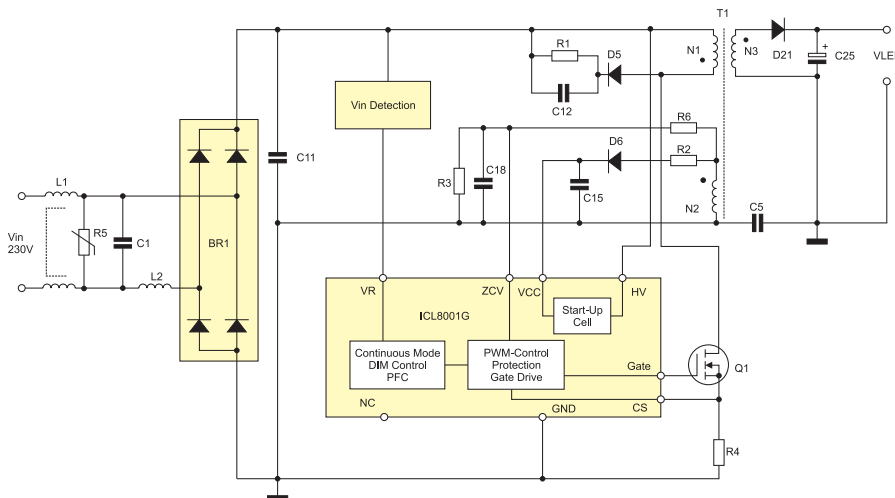
Rysunek 7. Schemat układu „obchodzącego” ograniczenie napięcia zasilania driverów BCR [1].



Rysunek 8. Schemat układu z zewnętrznym tranzystorem dla zwiększenia wydolności prądowej drivera [1]



Rysunek 9. Zastosowanie przetwornicy typu Buck – ILD 4035 [1]



Rysunek 10. Przykładowa aplikacja zamiennika żarówki z użyciem przetwornicy ICL8001G [1]

trujący w pętli zasilającej diodę LED można pominąć.

**Przetwornice AC/DC.** W ofercie Infineon'a są wysokiej jakości układy przeznaczone do zasilania LED wprost z sieci energetycznej. Większość z nich jest zasilana napięciem 90...270 VAC, dzięki czemu mogą być stosowane w różnych regionach świata. W rozwiązaniach tych często występuje blok korekcji współczynnika mocy (PFC).

Jednym z przykładów jest ICL8001G przewidziany do aplikacji wymagających separacji galwanicznej. ICL8001G jest quasi rezonansową przetwornicą typu *flyback* ze stopniem PFC. Przykład jego aplikacji pokaza-

no na **rysunku 10**. Jest to aplikacja, w której diody LED mogą zastąpić tradycyjną żarówkę. Wygląd przetwornicy pokazano na **fotografii 11**, a „żarówkę” zbudowaną z jej użyciem na **rysunku 12**. Cechą szczególną tego rozwiązania jest możliwość współpracy ze ściemniaczami. Wówczas jasność świecenia diod LED jest proporcjonalna do napięcia zasilania. Możliwy jest także dru-



Fotografia 11. Zmontowana aplikacja z ICL8001G [1]



Rysunek 12. Fizyczna realizacja zamiennika żarówki z gwintem E27 [1]

gi wariant pracy, gdy jasność świecenia jest niezależna od napięcia zasilania. Do uzyskania takiego efektu stosuje się sprzężenie za pomocą transoptora, jak pokazano na **rysunku 13**.

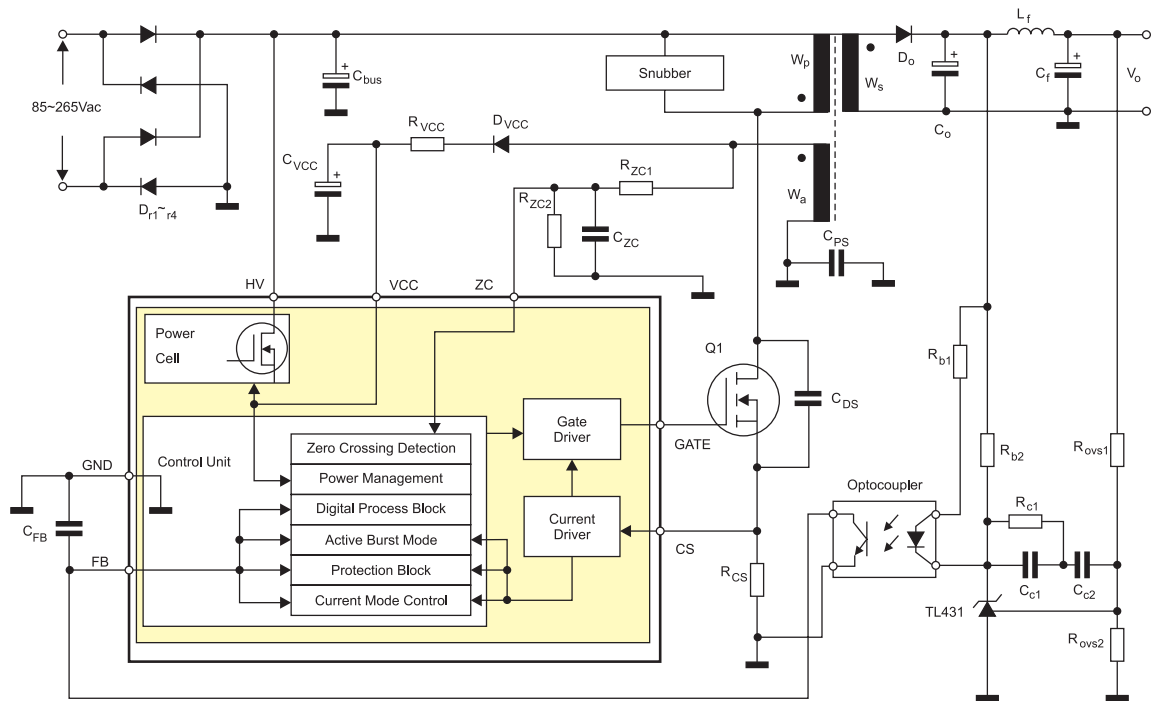
Odrębnymi są przetwornice do zasilania oświetlenia ulicznego. Dla mocy do 250 W można użyć układu *CoolMOS* (**fotografia 14**). Blok sterujący PWM i tranzystor wykonawczy MOS są oddzielone od siebie i wyprodukowane na osobnych płytkach krzemu, ponieważ taki sposób wytwarzania tych elementów pozwala na uniknięcie trudności wynikających z łączenia technologii. Dodatkowo, fizyczna separacja struktur gwarantuje większą odporność na przebicia spowodowane przez przepięcia w sieci.

Przykładową aplikację zasilacza impulsowego z *CoolSET* oraz TDA4663 (PFC) pokazano **rysunku 15**. Stopień PFC, dzięki dodatkowej indukcyjności, podnosi i utrzymuje napięcie głównej linii zasilającej do ok. 400 V. Takie rozwiązanie zwiększa efektywność działania drugiego stopnia z układem *CoolSET*.

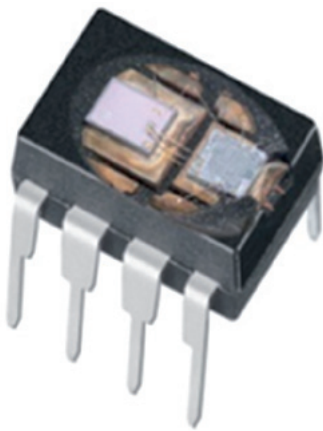
Układy *CoolSET* są dobrze zabezpieczone przed przegrzaniem, przeciążeniem i przepięciami.

### Zastosowania w motoryzacji

Oprócz układów TLD5085 i TLD5095, Infineon dla rynku samochodowego przygotował układy zabezpieczonych kluczy *SPI-DER* z interfejsem SPI (**rysunek 16**). Układy mogą sterować 8 obciążeniami, których na-



Rysunek 13. Aplikacja z użyciem sprzężenia zwrotnego dla uniezależnienia jasności świecenia diod od napięcia zasilania [1]



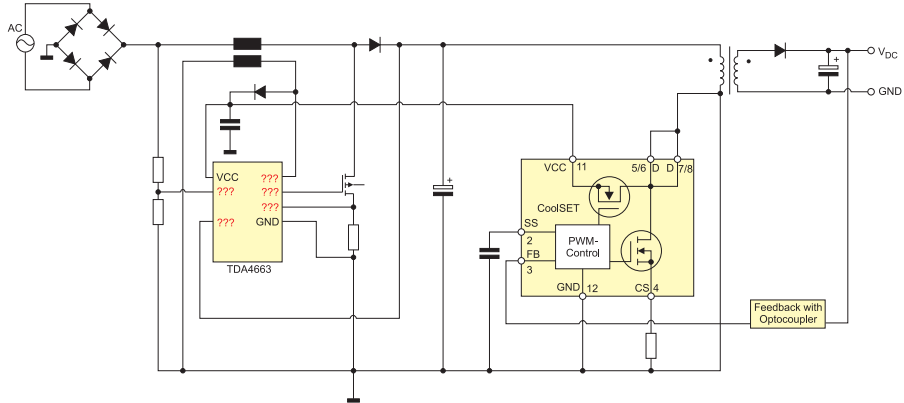
Fotografia 14. CoolSET IC – MOSFET +PWM w jednej obudowie [1]

stawy przesyła się za pomocą interfejsu SPI. Dodatkowo TLE7230R ma cztery wejścia sygnału PWM.

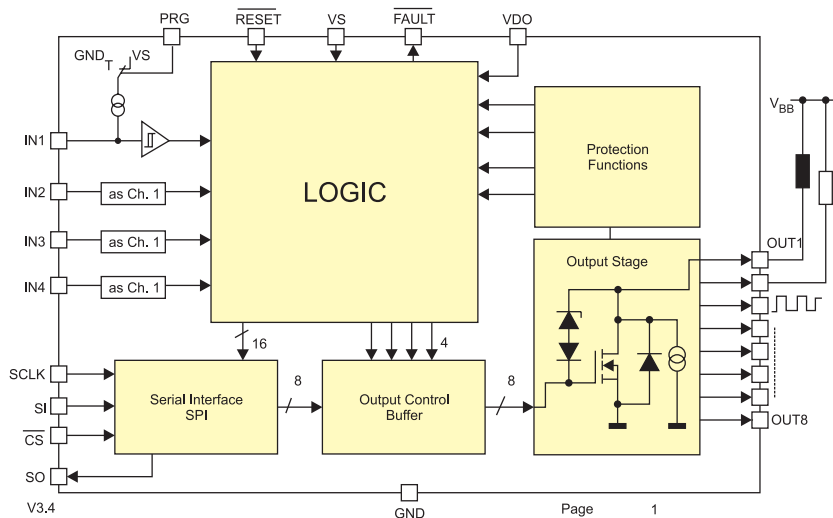
Układy SPIDER mają obwody monitorujące stopnie wyjściowe, co pozwala na sygnalizację błędów obciążenia. Rezystancja pojedynczego kanału wynosi 0,8 Ω. Stopnie wyjściowe mogą pracować z napięciami do 60 V. Układy spełniają surowe normy segmentu motoryzacyjnego oraz są zabezpieczone przeciw wyładowaniom elektrostatycznym (ESD). Szeregowo ze stopniem wyjściowym układu SPIDER można włączyć jeden z liniowych driverów produkowanych przez Infineon i uzyskać na wyjściu kluczowany prąd stały z kompensacją temperaturową złącz diod.

**Nie tylko drivery**

Poza oczywistą potrzebą użycia driverów, często aplikacje oświetleniowe nie mogą obyć się bez dodatkowych układów zabezpieczających. Jednym z takich układów



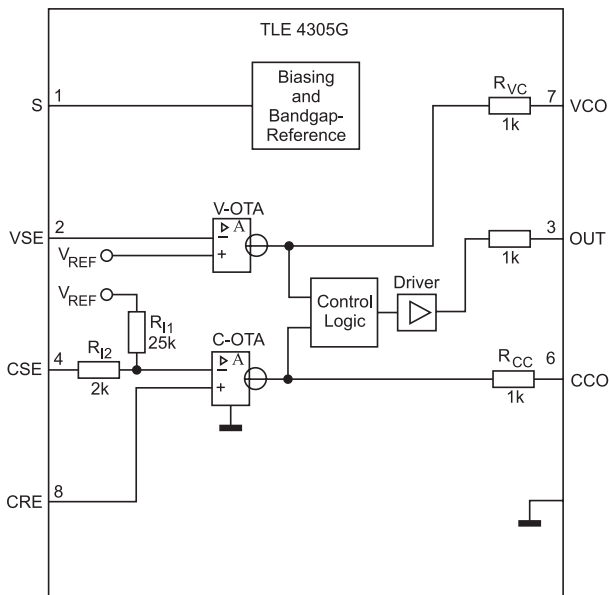
Rysunek 15. Topologia zasilacza SPMS z osobnym blokiem PFC i PWM+MOSFET [1]



Rysunek 16. Schemat blokowy układu SPIDER TLE7230R[1]

jest TLE4305G (rysunek 17), stabilizator prądu z ograniczeniem napięcia. Stosuje się go m.in. w aplikacjach wymagających izolacji galwanicznej, w których po stronie wtórnej diody LED mają być zasilane prądem stałym, ale wartość napięcia wyjściowego źródła

prądu nie może przekroczyć granicy bezpiecznej dla człowieka. Takie zabezpieczenie chroni życie i zdrowie w przypadku, gdy jedna z diod w gałęzi przepali się i wskutek tej przerwy w obwodzie nastąpi skok napięcia na wyjściu źródła prądowego.



Rysunek 17. Budowa stabilizatora napięciowo-prądowego TLE4305G [1]

Istotnym elementem uzupełniającym rodzinę driverów są diody zabezpieczające układ przed wyładowaniami ESD. Najmniejsze diody ESD Infineon mają wymiary 0,62×0,32 mm. Często zdarza się, że elementy oświetlenia są montowane ręcznie przez producenta lub klienta końcowego i tym samym są narażone na wyładowania elektrostatyczne. Stosowanie

zabezpieczeń ESD jest wręcz obowiązkowe w aplikacjach pracujących na zewnątrz, w których układ jest narażony na skutki wyładowań atmosferycznych.

Nie można również zapominać o czynniku ludzkim i omyłkowym, odwrotnym podłączeniu zasilania. W celu uniezależnienia aplikacji od kierunku polaryzacji zasilania, można użyć mostka prostowniczego Infineona, zbudowanego z diod Shottky – BAS3007. Charakteryzują go niski spadek napięcia (rzędu 1 V) oraz małe wymiary (2,9×2,4 mm).

### Podsumowanie

Rynek oświetlenia LED jest dziś spory, a prognozy

mówią, że będzie jeszcze większy. Współczesne diody LED, które mają szansę zastąpić nie tylko żarówki, ale także świetlówki, mają możliwości nie tylko oświetlenia, ale również świecenia różnymi kolorami. Daje to niespotykane dotąd możliwości aranżacji różnych systemów oświetlenia obiektów, pomieszczeń czy przedmiotów.

W związku z tak ocenianym potencjałem rynku, warto zainteresować się problemem jakości finalnych rozwiązań, ponieważ – jak pokazują to historie innych produktów – jest to główny czynnik ich naturalnej selekcji. Klienci zachowują się racjonalnie wybierając produkty trwałe i dobrej jakości. Dlatego na rynku oprócz gigantów, którzy są w stanie produkować najtaniej, pozostają także firmy, które mają klientów przywiązanych do jakości ich wyrobów.

Infineon ma ogromny wybór układów, które mogą sprostać wymogom rynku oświetlenia, w tym także LED. Dodatkowo, wszystkie noty aplikacyjne są tworzone z uwzględnieniem obowiązujących norm. Dzięki temu konstruktor używający zestawów ewaluacyjnych do oceny danego rozwiązania, może je wprost skopiować mając pewność, że finalny produkt będzie zgodny z aktualnymi normami.

**Ryszard Šoklarovski**  
ryszard.soklarovski@epcos.com

W artykule wykorzystano materiały:

- [1] Infineon Technologies
- [2] Prof. Barry Wayne Williams „The pn Junction”
- [3] Cree XLamp Long-Term Lumen Maintenance

R E K L A M

**Tektronix**  
Enabling Innovation

Oscyloskopy serii **DPO2000**  
/ **MSO2000** - skuteczność w zasięgu ręki

PRZYRZĄDY POMIAROWE | POMIARY RF | POMIARY CZĘSTOTLIWOŚCI | POMIARY TV | TELEKOMUNIKACJA



- ▶ modele 100 lub 200 MHz
- ▶ częstotliwość próbkowania do 1 GS/s w każdym kanale
- ▶ 2 lub 4 kanały
- ▶ 16 kanałów cyfrowych (MSO2000)
- ▶ rekord o długości 1 miliona próbek w każdym kanale
- ▶ maksymalna szybkość rejestracji 5000 przebiegów/s
- ▶ opcja dekodowania, analizy i wyzwalania sygnałami I2C, SPI, CAN, LIN, RS-232/422/485/UART
- ▶ szeroki kolorowy wyświetlacz LCD o przekątnej 7”
- ▶ efektywna analiza przebiegów z wykorzystaniem WaveInspector
- ▶ regulowany filtr dolnoprzepustowy FilterVu pozwalający na usunięcie niepożądanych szumów z sygnału przy jednoczesnej rejestracji zdarzeń wysokoczęstotliwościowych

**TESPOL**  
Sp. z o.o.

Siedziba Firmy: 54-413 Wrocław, ul. Klecińska 125, tel. 71 783 63 60, fax 71 783 63 61  
Biuro Handlowe: 03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 74, tel. 22 675 75 42, fax 22 675 54 47  
[tespol@tespol.com.pl](mailto:tespol@tespol.com.pl) | [www.tespol.com.pl](http://www.tespol.com.pl)

Dostępne również w sieci sprzedaży: Gdańsk - Bialł, tel. 058 322 11 91, Poznań - Merazet, tel. 061 866 86 14, Warszawa - Merserwis, tel. 022 831 42 56