

# Nowe modułowe konwertery zasilające o dużej gęstości mocy

Współczesne systemy zasilające współpracujące ze złożonymi układami cyfrowymi i sterownikami komputerowymi w telekomunikacji, w systemach medycznych oraz przemyśle zawierają coraz więcej układów ASIC, FPGA i mikroprocesorów. Są one zasilane niskim nawet 1-woltowym napięciem i pobierają prąd o natężeniu sięgającym setek amperów. Takie systemy zasilające buduje się najczęściej z wykorzystaniem elementów dyskretnych, w oparciu o sterownik scalony współpracujący z tranzystorami mocy, indukcyjnościami i kondensatorami. Niemniej rozwiązania takie za każdym razem okazują się skomplikowane od strony układowej i nierzadko mają wiele dokuczliwych ograniczeń, których na pierwszy rzut oka się nie dostrzega.

**A**rchitektura typowego rozproszonego systemu zasilającego (distributed power system) bazuje na wielu konwerterach obniżających napięcie (buck, step-down), które od strony wejścia współpracują z tzw. szyną po-

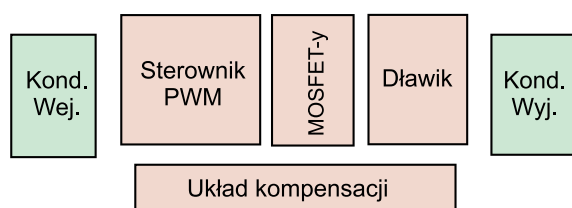
średnią, a więc linią zasilającą połączoną z wyjściem centralnego zasilacza przetwarzającego napięcie sieci na stałe napięcie pośrednie o wartości kilkunastu-kilkudziesięciu woltów, zapewniając jednocześnie jego separację galwaniczną. Jest to doskonale znana ar-

chitektura rozproszonego systemu zasilającego z zasilaczami typu POL (Point of Load), gdzie konwersja energii następuje w wielu miejscach systemu, ale zawsze w bezpośrednim sąsiedztwie odbiorników. Szyna pośrednia zasilająca poszczególne konwertery POL nie ma

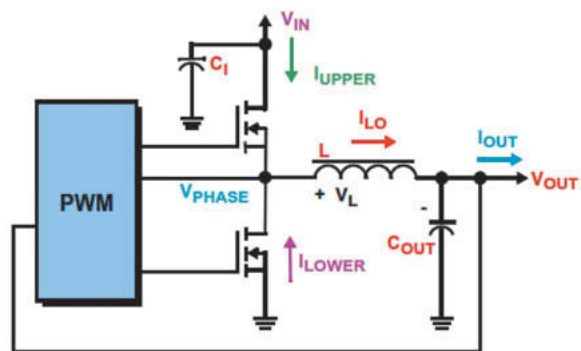
arbitralnie ustalonego napięcia znamionowego, ale w praktyce jest to jedna ze standardowych wartości pomiędzy 5 a 48 V. Liczba konwerterów POL w opisywanym systemie zasilającym także nie jest limitowana i waha się od kilku do nawet kilkudziesięciu. Niemniej w większości systemów nie ma więcej niż pięć takich konwerterów, przez co dylemat „kupić gotowy moduł zasilający czy zrobić własną przetwornicę” zawsze jest aktualny.

## Własny konwerter nieizolowany typu buck

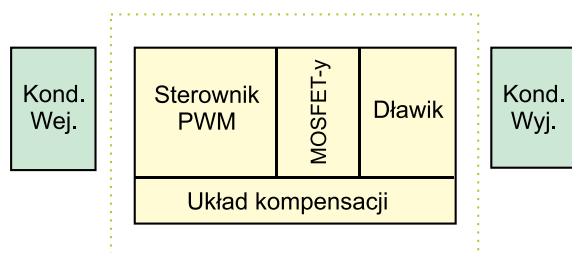
Na rysunku 1 pokazano schemat blokowy typowego konwertera obniżającego napięcie. Zawiera on nawet kilkadziesiąt elementów dyskretnych, takich jak scalony sterownik PWM, tranzystory przełączające MOSFET, diody, kondensatory elektrolityczne oraz dławik. Liczba tych elementów, ich wielkość i tym samym obszar, jaki zajmują na płycie drukowanej, waha się w zależności od mocy wyjściowej, napięcia wyjściowego, topologii (architektury) stopnia mocy, liczby wymaganych obwodów zabezpieczających, zakresu temperatur pracy i innych podobnych kryteriów. Niemniej największe znaczenie dla komplikacji układowej ma moc wyjściowa i napięcie wyjściowe i parametry te nierzadko determinują też topologię stopnia mocy. Im mniejsze napięcie tym niestety także większe skomplikowanie, bo dla osiągnięcia dużej sprawności konieczne jest



Rys. 1. Schemat blokowy tradycyjnego rozwiązania bazującego na elementach dyskretnych



Rys. 2. Uproszczony schemat stopnia mocy synchronicznego zasilacza typu buck



Rys. 3. Schemat blokowy modułu konwertera POL

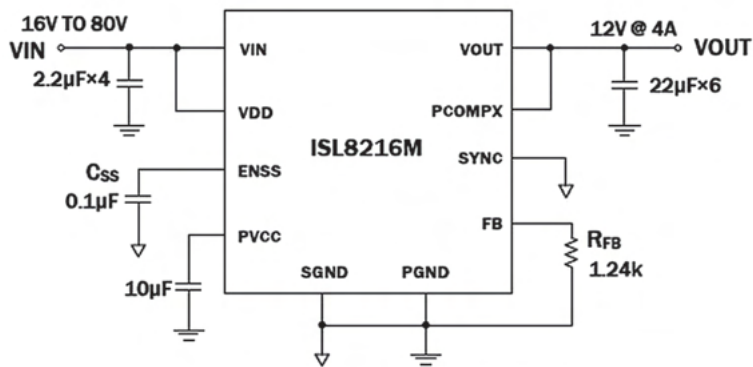
sięganie po rozbudowane konwertery z prostownikami synchronicznymi lub układy wielofazowe, takie, które są połączeniem równoległym kilku przetwornic pracujących w tandemie. Efekt jest taki, że bardzo rzadko daje się wykorzystać w jednym systemie zasilającym tę samą konstrukcję przetwornicy POL więcej niż raz bez zmian projektowych.

Doskonałym przykładem braku możliwości wykorzystania takiego samego elementu może być dławik takiego zasilacza POL, a zwłaszcza wersji pracującej synchronicznie, jak na rysunku 2. Element ten musi zostać dokładnie zaprojektowany do konkretnego przypadku i za każdym razem. Jego indukcyjność i własności magnetyczne muszą być precyzyjnie dobrane do trybu pracy (z ciągłością prądu w indukcyjności lub nie), zakresu temperaturowego, częstotliwości przełączania i wszystkich parametrów elektrycznych. Szansa na wykorzystanie tego samego dławika w dwóch różnych konwerterach typu POL jest tym samym niewielka.

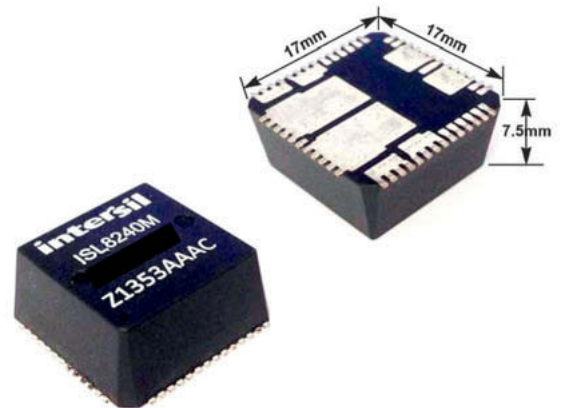
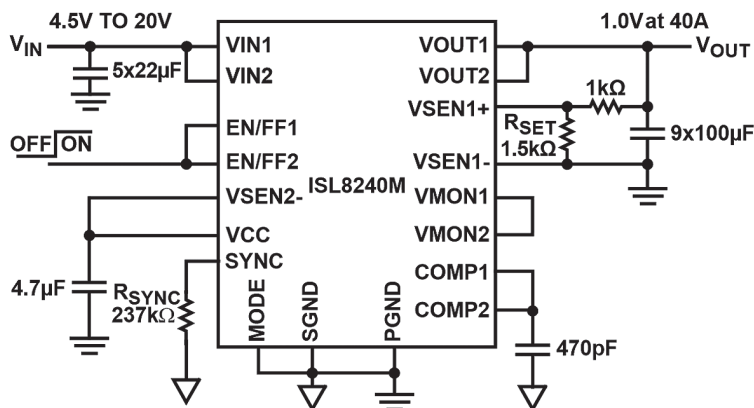
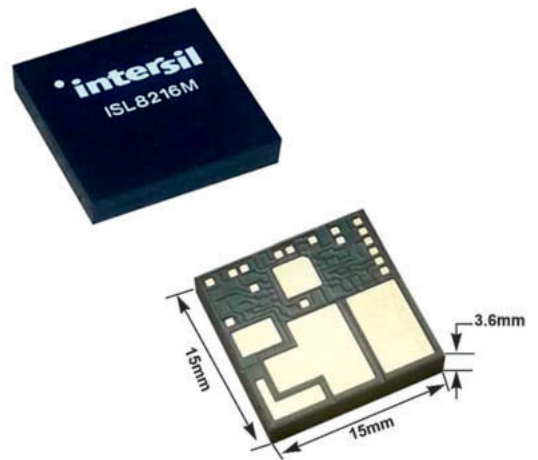
Różnice konstrukcyjne wywołują też kondensatory wyjściowe, które najczęściej przy niskich napięciach wyjściowych są używane jako kilka elementów połączonych równolegle. Zabiegi takie pozwalają utrzymać niską wartość zastępczej rezystancji szeregowej ESR i tym samym niskie tętnienia i szumy w napięciu wyjściowym. Poza tym przy dużym prądzie wyjściowym połączenie równoległe kilku kondensatorów ogranicza wartość prądu tętnień płynącego przez pojedyncze wyprowadzenia tego elementu, co poprawia żywotność i ogranicza nagrzewanie (bardzo skracające żywotność). Wysychające na skutek silnego nagrzewania kondensatory elektrolityczne potrafią być przyczyną dużych przepięć na wyjściu zasilacza i prowadzą do uszkodzeń czułych obwodów cyfrowych. Stąd konstruktorzy łączą pięć, a nawet więcej kondensatorów równoległe na wyjściu przetwornic POL o niskim napięciu wyjściowym, rzędu 1–3,3 V, po to, aby ograniczyć to ryzyko i poprawić jakość napięcia. Wiele kondensatorów podraża niestety konstrukcję zasilacza, tym bardziej, że w pewnym stopniu zależności te dotyczą także wejścia, zwłaszcza, gdy napięcie szyny pośredniej jest niewielkie. Wtedy także konieczne jest łączenie równoległe kilku elementów, najlepiej jeszcze różnych typów (kondensatory ceramiczne, elektrolityczne aluminiowe i tantalowe) po to, aby zapewnić możliwie wyrównaną wartość ESR w funkcji częstotliwości.

Podobne relacje dotyczą tranzystorów mocy MOSFET. Widać to zwłaszcza w konwerterach o niskim napięciu wyjściowym i dużym prądzie, gdzie dla zapewnienia wysokiej sprawności, łączy się po kilka takich elementów równoległe. MOSFET-y zastępują też diody, gdyż przy dużych prądach spadek napięcia rzędu 0,5 V, jakim charakteryzują się diody Schottkie'go jest nie do przyjęcia z uwagi na straty mocy. Zamiast łączenia równoległego tranzystorów stosuje się też topologie wielofazowe, gdzie pojedynczy konwerter składa się z kilku, na przykład z trzech, elementarnych przetwornic pracujących równoległe, których cykle pracy są przesunięte względem siebie tak, aby ich napięcie wyjściowe dodawało się. Takie rozwiązania zapewniają niskie tętnienia w wyjściowym napięciu zasilającym, bo w czasie, gdy jedna przetwornica „ładuje dławik” druga zasila wyjście, ale niestety ceną za dobre parametry jest znaczna komplikacja układowa i znowu konieczność indywidualnego projektowania tych zasilaczy, nierzadko za każdym razem od nowa.

Podsumowując można stwierdzić, że im niższe napięcie wyjściowe konwerterów POL oraz im większe różnice ukła-



Rys. 4. Schemat aplikacyjny dwufazowego zasilacza ISL 8216M (12V @ 4 A)



Rys. 5. Jednowyjściowy zasilacz modułowy 1 V @ 40 A z wykorzystaniem ISL8240M

dowe pomiędzy poszczególnymi przetwornicami wchodzącymi w skład całego systemu zasilającego, tym niestety od strony konstrukcyjnej wykonywanie takich jednostek samodzielnie z elementów dyskretnych jest trudniejsze i czasochłonne.

### Rozwiązanie modułowe

Gdy rozproszony system zasilający zawiera więcej niż 5 konwerterów POL lub wymagane jest wiele różnych napięć wyjściowych, tak że nie da się skorzystać z jednego projektu do budowy drugiego, warto rozważyć oparcie zasilacza na gotowych modułach. Analiza opłacalności ich użycia musi uwzględnić czas, jaki kadra inżynierska poświęca na projektowanie własnego rozwiązania, koszt prototypowania, wartości elementów wchodzących w skład obu rozwiązań, konieczność przeprowadzenia badań i kwalifikacji oraz także inne czynniki możliwie w najpełniejszy sposób oddające całkowity koszt ponoszony przez firmę związany z rozwiązaniem dyskretnym i modułowym.

Rozwiązanie modułowe charakteryzuje się tym, że większość obwodów

konwertera jest zintegrowana w obudowie i stanowi nierozdzieloną miniaturową całość. Na rysunku 3 pokazano schemat blokowy modułowego konwertera firmy Intersil, z zintegrowanym sterownikiem, tranzystorami mocy, dławikiem i obwodami kompensacji. Do pracy wymaga on dołączenia jedynie kondensatorów filtrujących na wyjściu i odsprzęgających na wejściu. Na rysunku 4 pokazano aplikację przykładowego modułu ISL 8216M o napięciu wyjściowym 12 V i mocy 50 W. Warto zauważyć, że pozwala on na zasilanie napięciem wejściowym w bardzo szerokim zakresie od 10 do 80 V, co pozwala na współpracę z szyną zasilającą o napięciu 12, 24, 36 i 48 V bez żadnych zmian układowych. Wyjściowe napięcie może być ustalone na dowolnym poziomie od 2,5 do 30 V, ale zawsze mniejszym niż  $U_{WE}$ .

Kolejne moduły tego typu o innych parametrach napięciowo-prądowych zachowują kompatybilność pinową w ramach serii. Warto też zauważyć, że są to rozwiązania bardzo zminiaturyzowane, o dużej gęstości mocy i wysokiej sprawności. Przykładowa jednostka ISL8225M zapewnia 15 A dla dwóch

wyjść lub 30 A dla wyjścia pojedynczego, moc 100 W i jest zamykana w obudowie zbliżonej do QFN o wymiarach 15×15 lub 17×17 mm.

Inne rozwiązanie ISL8240M dostarcza nawet 40 A prądu wyjściowego przy napięciu 1 V (lub 2×20 A) i ma obwód umożliwiające połączenie nawet 6 takich jednostek równolegle zapewniające równomierny podział prądu, co w sumie zapewnia nawet 240 A.

Wysoka sprawność jednostek zasilających produkowanych przez firmę Intersil pozwala na wykorzystanie ich bez konieczności instalacji wymuszonego chłodzenia lub rozbudowanych radiatorów. Konwertery modułowe mają coraz lepsze parametry użytkowe stąd coraz rzadziej konstruktor musi sięgać po własne rozwiązania, zwłaszcza, że zasilacze modułowe, jakby nie liczyć kosztów, są w ostatecznym rozrachunku tańsze.

#### SE Specjal-Electronic Polska

ul. Stępińska 22/30, lokal 209  
00-739 Warszawa, tel. 22 840 91 10  
info@specjal.pl, www.specjal.pl