



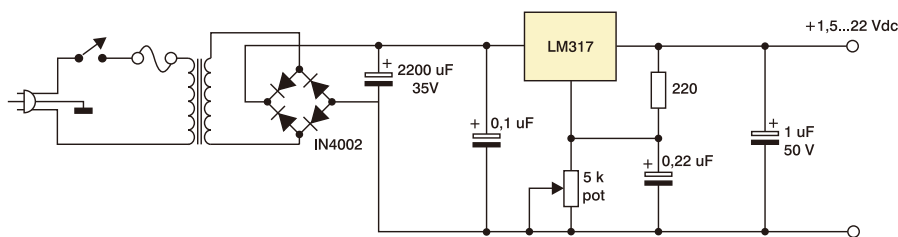
Jak optymalnie wybrać układ zasilania do urządzenia elektronicznego?

Decydując się na wybór konkretnego rozwiązania układu zasilania urządzenia elektronicznego, projektanci nie zawsze dokonują w pełni świadomego i optymalnego wyboru. Bardzo często korzysta się z rozwiązań najprostszych po to, aby nie mieć kłopotów i nie tracić cennego czasu, lub takich układów zasilaczy, które są konstruktorowi dobrze znane czy też dostępne u lokalnego dystrybutora. Nierzadko jedynym kryterium wyboru jest najniższa cena, silnie zawężająca pole wyboru. Takie podejście jest sprzeczne ze stale rosnącymi wymaganiami, jakie stawia się przed nowoczesnymi urządzeniami elektronicznymi, które muszą być niewielkich rozmiarów, zużywać niewiele szybko drożejącej energii elektrycznej oraz charakteryzować się elastyczną i uniwersalną konstrukcją. Spełnienie tych wymagań nie jest możliwe bez dokładnej analizy i precyzyjnego dopasowania układu zasilania do aplikacji.

W artykule opisano charakterystyki i właściwości popularnych układów zasilających małej mocy, skupiając się na analizie ich wad i zalet, oraz pokazano, w jaki sposób optymalnie rozwiązać konstrukcję zasilacza w powiązaniu z tym, co dziś oferuje rynek.

Mimo że co miesiąc ukazują się na rynku ponad sto nowych zasilaczy modułowych, sterowników impulsowych i stabilizatorów, w wielu konstrukcjach od lat niepodzielnie układ zasilacza opiera się o transformator sieciowy małej mocy współpracujący z prostownikiem, filtrem i scalonym liniowym stabilizatorem napięcia (rys. 1). Konstrukcja ta jest z pewnością jednym z najlepiej poznanych i popularnych układów spotykanych na rynku w wersji oddzielnej, na przykład w zasilaczach wtyczkowych, do zabudowy itp. Zasilacze takie są też chętnie integrowane na płytkach drukowanych, stając się tym samym nierozdzieloną częścią wielu aplikacji.

Trudno jednoznacznie powiedzieć, dlaczego te najprostsze układy cieszą się taką popularnością lub zawyrokować, czy są one już technicznym przeżytkiem. Z pewnością mają sporo wad. Konstrukcja bazująca na transformatorze sieciowym jest w porównaniu do innych rozwiązań duża objętościowo i ciężka, a wykorzystywany stabilizator liniowy charakteryzuje się niewielką



Rys. 1. Klasyczny zasilacz z transformatorem sieciowym i stabilizatorem liniowym

sprawnością daleką od tego, co mogą dać układy impulsowe.

Omawiany układ dostarcza najczęściej jednego lub maksymalnie dwóch napięć wyjściowych i do działania wymaga od strony wejścia podania napięcia przemiennego sieci o określonej wartości napięcia i częstotliwości. Mimo że ten ostatni czynnik wydaje się pozornie najmniej istotną wadą, to w praktyce jest odpowiedzialny za fakt, że zasilacze tego typu zniknęły z urządzeń elektroniki powszechnego użytku. W warunkach w jakich działają światowi producenci telewizorów, laptopów i telefonów komórkowych, bezproblemowe działanie w każdym kraju bez konieczności korzystania z przełączników 110/220 V okazało się bardzo ważne. Ostatnim czynnikiem wartym wymienienia jest to, że wydajność energetyczna zasilaczy z transformatorem sieciowym jest często o wiele za duża w stosunku do potrzeb nowoczesnej elektroniki, a ich moc znamionowa nie da się łatwo skalować w dół. O ile przy wzroście zapotrzebowania na energię nie ma problemu i można kupić w zasadzie każdy transformator, jakiego się tylko potrzebuje, o tyle poniżej magicznej granicy 2 W wybór transformatora staje się problematyczny. Producenci oferują transformatory sieciowe o mocy 1 W, a nawet 0,5 W, ale ich użycie jest kłopotliwe. Przeszkadza duża rezystancja wewnętrzna dodatkowo pogarszająca nie najlepszą sprawność i powodująca nagrzewanie. Wymiary takich elementów są zbyt duże, niż wynikałoby to z mocy, a uzyskanie kilku napięć wyjściowych jest już prawdziwym wyzwaniem. Takich zasilaczy nie da się też w prosty sposób zablokować lub uśpić działania tak, aby wymusić zbliżony do zera pobór mocy z sieci.

Atutem tradycyjnego zasilacza bazującego na transformatorze sieciowym jest niewątpliwie niska cena. Elementy potrzebne do budowy są popularne i szeroko dostępne na rynku u wielu dostawców, a sam rynek transformatorów sieciowych jest silnie konkurencyjny. Konstrukcja ta

jest z pewnością również niezawodna, dobrze znana, wręcz banalna układowo, nieprzynosiąca dodatkowych kłopotów z kompatybilnością elektromagnetyczną, dość odporna na przeciążenia, zwarcia, przepięcia w sieci i inne stany nieustalone. Ponieważ wielu producentów transformatorów sieciowych ma w ofercie wersje hermetyczne, w których transformator umieszcza się w plastikowej obudowie i zalewa żywicą epoksydową, również spełnienie większych wymagań środowiskowych nie jest wielkim kłopotem dla konstruktora.

Z wymienionych powodów zasilacze oparte na transformatorze sieciowym małej mocy będą nadal obecne w elektronice w przypadku wielu aplikacji stacjonarnych, które stale pobierają prąd. W wielu zastosowaniach nadal mogą być uważane za najlepszy wybór.

Modyfikacje wersji podstawowej obejmują najczęściej liniowy stabilizator. Wymiana trójkońcówkowego elementu stabilizacyjnego liniowego, takiego jak na przykład układy 78xx na prosty konwerter DC-DC z diodkiem impulsowym (rys. 2) może istotnie podnieść sprawność zasilacza i zlikwidować część ograniczeń. Na rynku jest wiele gotowych układów scalonych impulsowych stabilizatorów zawierających w sobie tranzystor mocy i diodę usprawniającą, które nadają się do takich zastosowań. Możliwe jest także zbudowanie własnego układu bazującego na elementach dyskretnych. Niemniej biorąc pod uwagę, że wiele z stabilizatorów impulsowych to podzespoły obecne na rynku od wielu lat, doskonale znane i sprawdzone, wydaje się celowe korzystanie właśnie z takich rozwiązań i unikanie składania zasilacza z starszych generacji podzespołów, takich jak układy MC33063, UC38xx, TL494, współpracujących z zewnętrznymi tranzystorami i diodami usprawniającymi, mimo że są one bardzo tanie i dostępne wszędzie. Tym bardziej że projekt wykorzystujący układ specjalizowany można oprzeć na wielu gotowych aplikacjach, można też skorzystać

z bezpłatnego oprogramowania wyliczającego parametry diodki, a nawet użyć zalecanego przez producenta projektu płytki drukowanej. W ten sposób unika się ryzyka z niestabilną pracą i podwzbudzeniami oraz korzysta z dopracowanego projektu, nad którym pracowali dziesiątki inżynierów. Dlatego układy takie jak Simple Switcher National Semiconductor i podobne, powinny być rozważane przez konstruktorów w takim przypadku, jako pierwszy wybór.

Jeśli nie transformator sieciowy, to co?

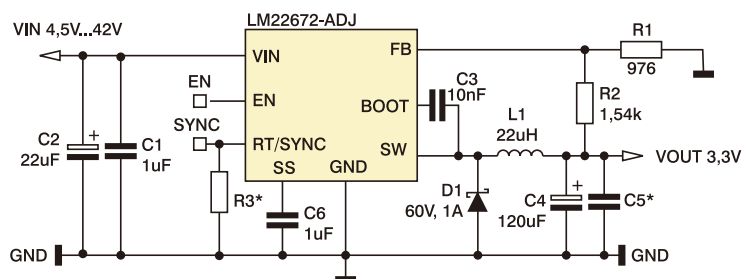
W wielu przypadkach klasyczny zasilacz transformatorowy ze stabilizatorem liniowym lub impulsowym nie jest najlepszym rozwiązaniem. Miniaturowy sprzęt przenośny, urządzenia zasilane z sieci lub także baterii i akumulatorów są najlepszym przykładem zastosowań, w których transformator sieciowy jest zbyt dużym ograniczeniem gabarytowym. To samo dotyczy systemów komputerowych zasilanych niskim napięciem i pobierającym prąd o dużej wartości, rozbudowanych systemów elektronicznych zasilanych wieloma napięciami od wartości poniżej 3 V do 12...24 V, systemów telekomunikacyjnych i wielu innych podobnych zastosowań. Konstruktorzy sięgają też po zasilacze impulsowe, chcąc poprawić sprawność energetyczną urządzenia.

Przez wiele osób, zwłaszcza tych z mniejszym doświadczeniem, zasilacze impulsowe uważane są za bardziej awaryjne, mniej pewne i generalnie jako zło konieczne, którego raczej trzeba unikać. Taki stereotyp jest pewnie zakorzeniony w początkach rynkowej ekspansji tych układów, gdy na rynku nie było jeszcze podzespołów o dobrych parametrach i trzeba było samodzielnie wykonywać elementy indukcyjne oraz brakowało szerokiego wsparcia aplikacyjnego. To jednak jest już przeszłość i dzisiaj wiedza na temat zasilania impulsowego, elementów magnetycznych i projektowania nie może być już uważana za tajemną i dostępną tylko wybrańcom. Co więcej, podzespoły do zasilaczy impulsowych są dzisiaj w ofertach ogromnej liczny producentów półprzewodników, którzy prześcigają się w ułatwianiu projektowania za pomocą wielu gotowych not aplikacyjnych, arkuszy kalkulacyjnych do obliczeń czy też wyczerpujących opisów. Powoduje to, że tematyka zasilania impulsowego szybko powszednieje.

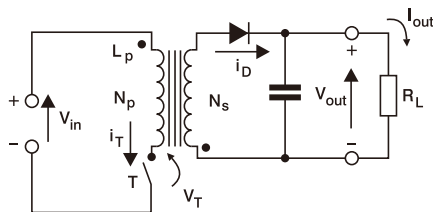
Jaki zasilacz impulsowy będzie najlepszy do mojej aplikacji?

Takie pytanie z pewnością pada na którymś z etapów tworzenia projektu urządzenia i dlatego warto omówić to zagadnienie szerzej. Trudno objąć formalnym wyborem wszystkie przypadki i warianty, w których zawsze znajdą się jakieś wyjątki, dlatego rozważania trzeba niestety prowadzić na pewnym poziomie ogólności.

Za pierwsze kryterium selekcji można uznać to, czy zasilanie ma pochodzić z sieci energetycznej, czy też z baterii, akumulatora lub innego źródła niewymagającego zapewnienia izolacji



Rys. 2. Zamiast stabilizatora liniowego można użyć jednego z popularnych układów konwerterów DC-DC obniżających napięcie



Rys. 3. Uproszczony schemat przetwornicy zaporowej

galwanicznej. To dlatego, że zasilacz współpracujący z siecią musi w ogromnej większości przypadków zapewnić ochronę przed porażeniem, a z uwagi na dużą różnicę napięć pomiędzy wejściem i wyjściem jest zdecydowanie inny od strony konstrukcyjnej od wersji niez izolowanych i przetwornic modułowych.

Zasilacze małej mocy współpracujące z siecią

Jedną z ważniejszych funkcji takich zasilaczy jest zapewnienie izolacji od sieci, co realizuje się za pomocą transformatora impulsowego zawierającego minimum dwa oddzielne uzwojenia. Jest wiele topologii zapewniających przetwarzanie energii z izolacją, niemniej w przypadku zasilaczy o małej mocy liczy się w zasadzie tylko jedna – przetwornica zaporowa (rys. 3). Topologia ta sprawdza się w układach o mocy do około 50 W, ale górna wartość jest tylko przybliżona, gdyż spotyka się też wersje oddające do obciążenia nawet dwukrotnie więcej.

Przetwornica zaporowa

Przetwornica zaporowa jest układem przekształtnika energii skonstruowanym w taki sposób, że transmisja energii z jej wejścia na wyjście realizowana jest w dwóch cyklach pracy i następuje przy wyłączonym tranzystorze. Z tego też

powodu nazywana jest również przeciwbieżną lub dwutaktową (ang. *Flyback Converter*). W pierwszym cyklu pracy następuje pobieranie energii ze źródła zasilającego przetwornicę. Przełącznik jest wówczas zamknięty, co powoduje przepływ prądu przez uzwojenie pierwotne i gromadzenie energii w polu magnetycznym dławika. Na skutek odwrótnie połączonych uzwojeń wtórnych, dioda w tym czasie nie przewodzi. W drugim cyklu pracy przełącznik jest wyłączony, a napięcie samoindukcji pojawiające się na uzwojeniu wtórnym polaryzuje diodę D w kierunku przewodzenia i energia pola magnetycznego kierowana jest do obciążenia.

Element magnetyczny przetwornicy zaporowej jest dławikiem wielouzwojeniowym, co objawia się m.in. w obecności charakterystycznej dla dławika szczeliny powietrznej w rdzeniu ferrytowym, zapobiegającej jego szybkiemu nasyceniu. Charakterystyczną cechą jest też odwrót na kolejność uzwojeń dławika, co powoduje, że możliwa staje się praca dwutaktowa.

Prosta konstrukcja oparta na jednym elemencie magnetycznym i jednym tranzystorze przełączającym zyskała popularność w najprostszyc zasilaczach impulsowych. Układ sprawdza się w przypadkach, gdy potrzebny jest zasilacz o kilku napięciach wyjściowych. Z uwagi na dwutaktowość pracy omawiana topologia jest też dość odporna na przeciążenie wyjścia, a zwarcie zacisków wyjściowych nie skutkuje automatycznie uszkodzeniem tranzystora przełączającego, co w innych rozwiązaniach zmusza do obowiązkowego uwzględnienia dodatkowych obwodów zabezpieczeń.

Robić czy kupić?

Użycie przetwornicy zaporowej we własnym projekcie może bazować na trzech scenariuszach. W pierwszym kupujemy gotowy moduł przetwornicy o wymaganej mocy i napięciu wyjściowym. Moduły takie dostępne są na rynku i mają postać niewielkiej płytki drukowanej ze zmontowanym zasilaczem typu *open-frame*, którą lutuje się do własnego projektu. W przypadku typowych wartości napięć oraz wtedy, gdy projekt obejmuje maksimum kilka sztuk produktu, kupno gotowego zasilacza może być optymalnym rozwiązaniem uwzględniającym ry-

zyko projektowe oraz czas potrzebny na wykonanie zasilacza w stosunku do ceny zakupu.

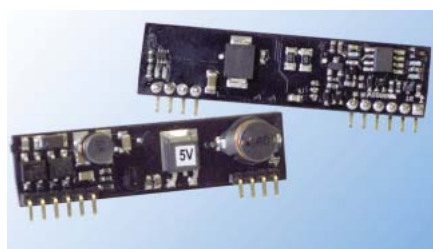
Zasilacze modułowe występują w różnych wykonaniach. Czasem jest to samodzielna płytka drukowana do wlutowania, czasem moduł na chassis, który można zamontować w obudowie i podłączyć do urządzenia za pomocą kabli i złączy *terminal-block*. Inne wykonania obejmują wersje w hermetycznej obudowie metalowej lub plastikowej, w której zasilacz jest zalany żywicą i stanowi nierozbieralny funkcjonalny blok zasilania. Taki moduł, niczym duży przekaźnik, po prostu montuje się na płytce i sprawę zasilania ma się rozwiązana. Liczba wersji wykonania jest oczywiście duża, oprócz typowych kształtów prostopadłościennych są też przetwornice montowane pionowo, przypominające układy scalone w obudowie jednorzędowej, np. produkowane przez Rohm.

Przetwornice modułowe produkuje wiele firm, dlatego rynek jest silnie konkurencyjny. Co więcej, na skutek względnej kompatybilności wyprowadzeń pozwalającej zamiennie stosować produkty od kilku producentów oraz dzięki uniwersalnemu projektowi płytki drukowanej uwzględniającemu kilka wersji, można uniknąć związania z jednym dostawcą i zapewnić sobie możliwość wyboru produktu.

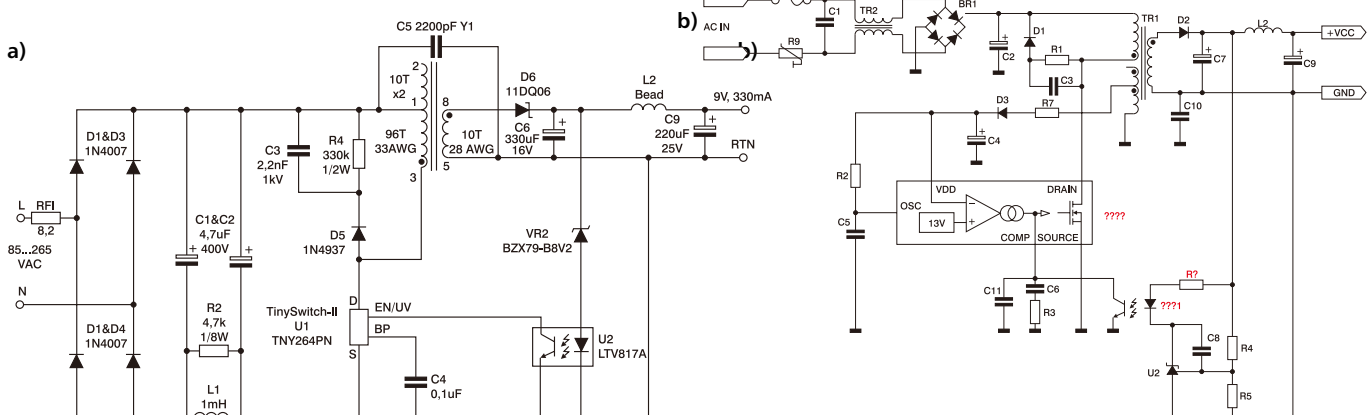
Projekt własny

Gdy urządzenie produkowany będzie w większych ilościach lub też wtedy, gdy konieczne jest zachowanie minimalnych wymiarów zasilacza, warto rozważyć własny projekt. To samo dotyczy sytuacji, kiedy skorzystanie z produktów o standardowych parametrach napotyka trudności. Wiele napięć wyjściowych, nietypowe wymagania środowiskowe lub też konieczność spełnienia dodatkowych warunków odporności izolacji na przebicie skłania konstruktora do poszukiwania własnego rozwiązania. Innym powodem może być chęć maksymalnego obniżenia ceny układu, popsucia szyków konkurencji zainteresowanej możliwością łatwego podejrzenia koncepcji układu, a nawet to, że własny zasilacz jest dla niektórych osób wyzwaniem, z którym warto się zmierzyć.

Własny zasilacz zapewnia też najkorzystniejsze parametry jakościowe dostarczanego



Proste konwertery niez izolowane DC-DC w obudowach SIP



Rys. 4. Przetwornica zaporowa z układem LinkSwitch firmy Power Integrations (a) oraz Viper firmy ST Microelectronics (b)

napięcia, pozwalając na kształtowanie pasma pętli sprzężenia zwrotnego po to, aby zapewnić szybką reakcję na zmianę stopnia obciążenia. Daje również możliwość blokowania pracy, sekwencjonowania kolejności załączania napięć wyjściowych, pozwala na minimalizację mocy pobieranej z sieci bez obciążenia, może stabilizować nie tylko dla jedno główne napięcie wyjściowe oraz spełniać inne podobne parametry i zależności.

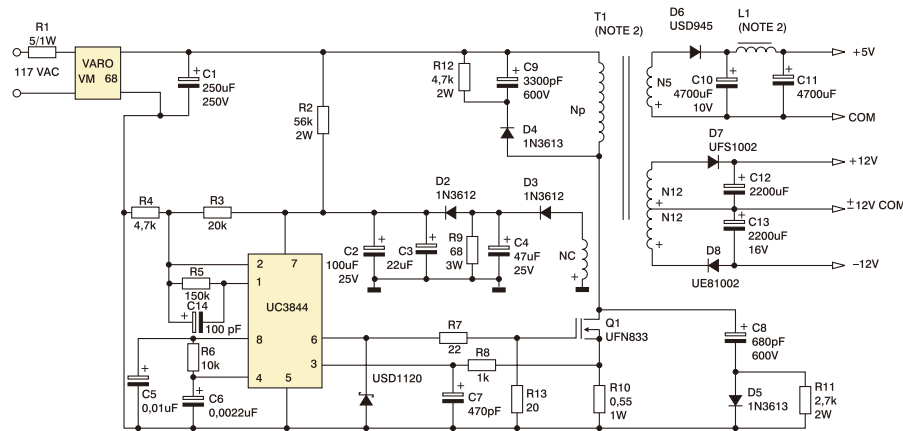
Własna konstrukcja przetwornicy zaporowej to temat otwarty i możliwy do zrealizowania na wiele sposobów. Niemniej w ostatnich latach widać coraz wyraźniej trend korzystania ze specjalnych sterowników scalonych, integrujących w ramach jednego układu sterownik scalony, wysokonapięciowy tranzystor przełączający i szereg innych układów pomocniczych niezbędnych do konstrukcji zasilacza. Układy takie produkuje wiele firm, m.in. Power Integrations lub ST Microelectronics. Na rys. 4a i 4b pokazano przykładowe schematy zasilaczy wykorzystujących układy PI oraz STM, a na rys. 5 alternatywną konstrukcją tradycyjną bazującą na starszym sterowniku scalonym UC3844 i zewnętrznym tranzystorze przełączającym. Warto zwrócić uwagę na to, że układ konwertera Link Switch z rys. 4a pozwala ograniczyć liczbę uzwojeń w transformatorze impulsowym o dodatkowe uzwojenie zasilające sterownik, co jest sporą zaletą. Im prostszy transformator, tym łatwiej jest dopasować gotowy element standardowy i uniknąć konieczności wykonywania tego elementu na zamówienie, co jest największym kłopotem w przypadku wykonywania zasilacza we własnym zakresie.

Za korzystaniem z wymienionych układów specjalizowanych przemawia jeszcze dość dobre wsparcie techniczne, w tym szereg not aplikacyjnych, zaleceń projektowych, a także dostępność oprogramowania pozwalającego na wyliczenie parametrów transformatora. Sterowniki specja-



lizowane mają ponadto zaimplementowany szereg funkcji charakterystycznych dla produktów o tym poziomie mocy, których nie ma w układach PWM ogólnego przeznaczenia. Są to na przykład obwody ograniczające pobór mocy bez

obciążenia, ograniczające szybkość narastania napięcia na tranzystorze mocy lub wręcz włączające tranzystor mocy tylko co pewien czas na krótkie chwile (*pulse skipping*). Innym przykładem są funkcje zmieniające płynnie tryb pracy



Rys. 5. Przetwornica zaporowa zbudowana w oparciu o sterownik PWM starszej generacji

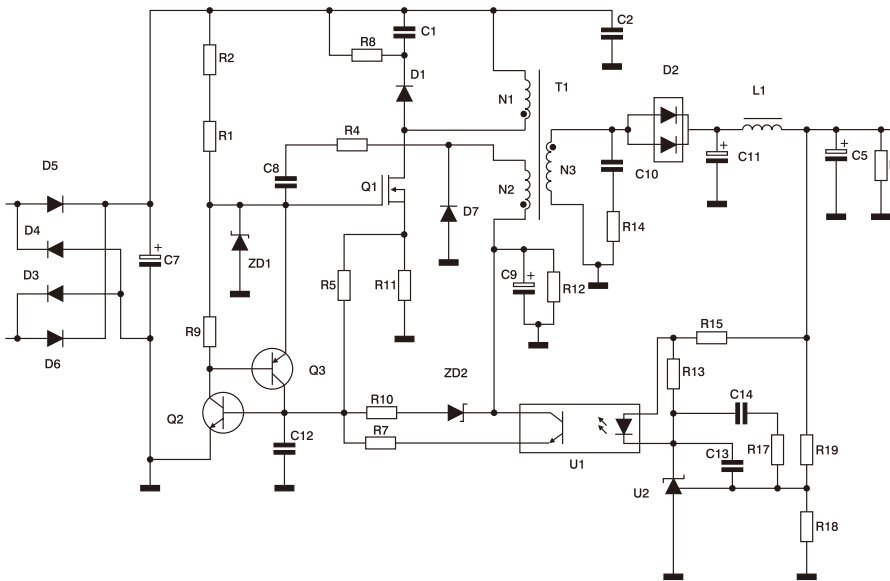
R E K L A M A

Idealne połączenie

Filtr do subwoofera + Wzmacniacz mocy 70W

AVT 2449 + **AVT 2477**

www.sklep.avt.pl



Rys. 6. Najtańsza realizacja zasilacza może być wykonana bez układów scalonych. W pokazanym rozwiązaniu wykorzystano dwutranzystorowy układ zastępczy tyrystora, całkiem podobnie jak kiedyś w zasilaczu telewizora Helios

iysterowanie stopnia mocy przetwornicy. Trzeba uczciwie przyznać, że implementacja tak wielu funkcji zasilających za pomocą elementów standardowych raczej nie miałaby sensu, dlatego prostsze konstrukcje nigdy nie są tak funkcjonalne.

Producenci podzespołów indukcyjnych wspierają takie specjalizowane sterowniki impulsowe ofertą transformatorów dostępnych z katalogu, co uwalnia od wielu kłopotów z wykonaniem na zamówienie. Właściwe wykonanie transformatora impulsowego nie zawsze bywa łatwe, szczególnie dla wersji o małej mocy wyjściowej. Trzeba mieć świadomość, że ten element do zasilacza o mocy 2 W ma wymiary niewiele większe od sześcianu o boku 10 mm i wymaga nawinięcia dwóch izolowanych od siebie uzwojeń, z czego jedno może mieć nawet 100 zwojów i kilka warstw. Niedokładne wykonanie uzwojenia lub złożenie rdzenia może spowodować niekontrolowany wzrost indukcyjności rozproszenia powodujący powstanie przepięcia na elemencie przełączającym i jego uszkodzenie, dlatego celowe wydaje się takie projektowanie układu zasilacza, aby jak najczęściej korzystać z gotowych i dostępnych w handlu elementów indukcyjnych.

Projekt zasilacza bez specjalizowanych sterowników

W ogólnym przypadku przetwornica zaporowa może zostać wykonana z wykorzystaniem wielu sterowników PWM dostępnych na rynku. Rozwiązanie takie opiera się najczęściej na jednym układzie scalonym obudowanym dodatkowymi elementami zabezpieczającymi, kontrolnymi i sterującymi. W efekcie taki projekt jest od strony funkcjonalnej zbliżony do tego, co udaje się zrobić na sterowniku specjalizowanym, a różnica sprowadza się do niższej ceny konstrukcji. Układy scalone PWM starszej generacji, takie jak na przykład UC3844, można na rynku kupić

bardzo tanio, za około 70 groszy. Z kolei układ Viper12 STM kosztuje około 5 zł, zaś TinySwitch PI 4...6 zł, a więc siedmiokrotnie więcej. W zależności od konstrukcji i kosztach parametrów można zbudować tańszy zasilacz na starszych podzespołach w stosunku do rozwiązania nowoczesnego. Niektórzy tani producenci idą dalej i budują zasilacze impulsowe bez układów scalonych, w oparciu o kilka tranzystorów i transformator zawierający kilka uzwojeń (rys. 6). Przy produkcji masowej pozwala to jeszcze bardziej ograniczyć koszt rozwiązania, niemniej trudno taki układ uznać za nowoczesny. Jednak jeśli najważniejszym kryterium jest cena, to trzeba mieć świadomość, że da się zbudować zasilacz impulsowy na 3 tranzystorach i kilkunastu elementach biernych. Innym pomysłem jest zbudowanie sterownika przetwornicy na mikrokontrolerze. Ceny najprostszych układów 8-bitowych są tak niskie, że można próbować sobie wyobrazić użycie procesora także w tym miejscu.

Reasumując, sterownik przetwornicy zaporowej oparty na jednym z kontrolerów PWM i elementach dyskretnych wydaje się być propozycją godną rozważenia w przypadku układów wrażliwych na cenę i produkowanych w większych seriach. Budowa takiego układu może być bardziej pracochłonna, uruchamianie trudniejsze, a transformator bardziej skomplikowany i niemożliwy do kupienia w postaci gotowej, jednak przy dużej skali produkcji taki projekt może być tańszy.

Częstotliwość pracy przetwornic zaporowych w miarę upływu lat stopniowo rośnie, niemniej nie da się powiedzieć, że jest to jakiś wzrost gwałtowny. Ograniczeniem są głównie materiały magnetyczne, dla których rosną straty w funkcji częstotliwości, maleje też indukcja nasycenia i straty w miedzi na prądy wirowe. Dlatego, mimo że był w elektronice okres fascynacji konwerterami pracującymi na częstotliwościach megahercowych, w przypadku zasilaczy

małej mocy taki wzrost nie jest niczym uzasadniony. Większość przetwornic pracuje o obszarze 40...100 kHz, co tworzy z pewnością jakiś przyzwyczajony kompromis pomiędzy miniaturyzacją transformatora a kłopotami na skutek efektów pasywnych.

Zasilacze medyczne

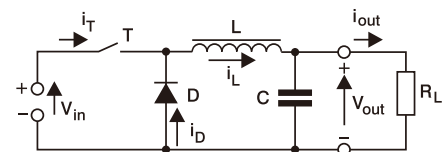
Terminem tym określa się grupę produktów, w których położono nacisk na wysoką jakość izolacji pomiędzy stroną pierwotną zasilacza dołączaną do sieci energetycznej a stroną wtórną. Wiadomo, że każda izolacja ma skończoną wartość rezystancji i odporność na przebicie. W efekcie każdy zasilacz dołączony do sieci charakteryzuje się niewielkim prądem upływu wpływającym do zacisków wyjściowych. W wielu standardowych konstrukcjach, pomiędzy stroną pierwotną i wtórną, montowane są warystory i kondensatory zapewniające ochronę przed przepięciami, dające stabilną pracę pętli sprzężenia zwrotnego i brak pływającego potencjału przy braku obciążenia zacisków wyjściowych (np. C5 na rys. 4a lub C10 na rys. 4b). Elementy te pogarszają jednak wartość prądu upływu, gdyż od strony elektrycznej dołączane są równolegle z rezystancją izolacji transformatora.

W przypadku, gdy ważne są prądy upływu i tym samym potencjał, jaki może wystąpić na nieobciążonych zaciskach wyjściowych zasilacza, trzeba użyć zasilacza medycznego. Charakteryzuje się on bardzo niską wartością prądu upływu tak, że bardzo strona może być dołączana do ciała ludzkiego (w zależności od klasy wykonania). Oczywiście za luksus niskiej upływności i spełnienie surowych norm medycznych trzeba ponieść wyższe koszty zakupu.

Nieizolowane konwertery DC-DC

Urządzenia zasilane z baterii, a więc sprzęt przenośny, systemy telekomunikacyjne, motoryzacyjne, moduły i mniejsze jednostki funkcjonalne, które wchodzi w skład większej całości i systemów, zwykle zasilają się napięciem stałym. W takim przypadku realizacja zasilania następuje przede wszystkim za pomocą konwerterów DC-DC bez izolacji galwanicznej wykorzystujących jako element indukcyjny dławik.

Zasilacze te tworzą grupę najpopularniejszych na rynku przetworników, które wchodzi w skład wielu systemów zasilających, a w szczególności są podstawą zasilaczy o architekturze rozproszonej (Distributed Power Systems). W układach takich wykorzystuje się jeden zasilacz izolowany, który przetwarza napięcie przemienne sieci na pośrednie napięcie stałe



Rys. 7. Topologia konwertera DC-DC obniżającego napięcie

o wartości np. 48 V, które następnie doprowadzane jest do konwerterów DC-DC umieszczonych w sąsiedztwie zasilanych obwodów (POL – Point of Load). Dlatego zasilacze te dostępne są w bardzo szerokim asortymencie wersji napięciowo-prądowych. Dodatkowo porozumienie dwóch znaczących producentów takich zasilaczy doprowadziło do ukształtowania się dwóch standardów mechanicznych (POLA i DO-SA), dzięki czemu istnieje możliwość wybierania komponentów od różnych producentów, gdyż mają one takie same wymiary i rozkład wyprowadzeń.

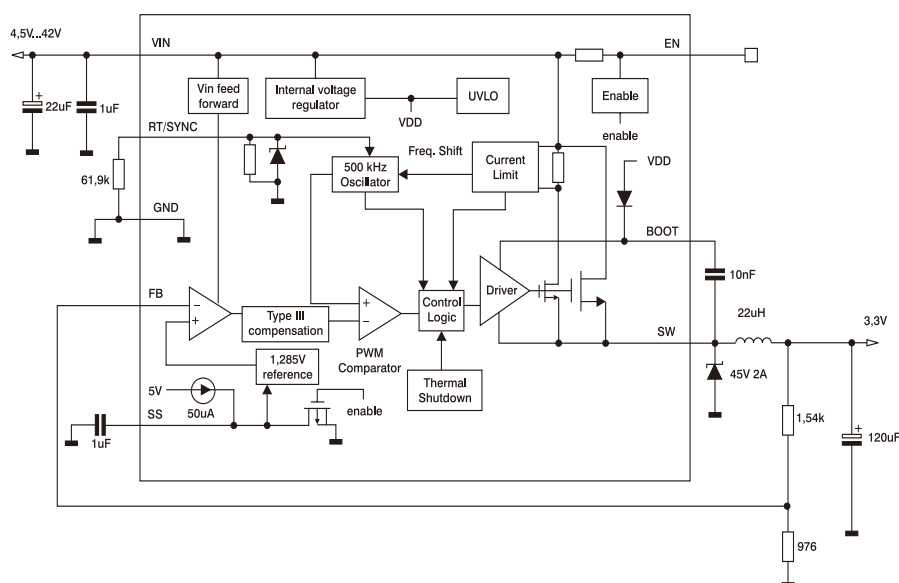
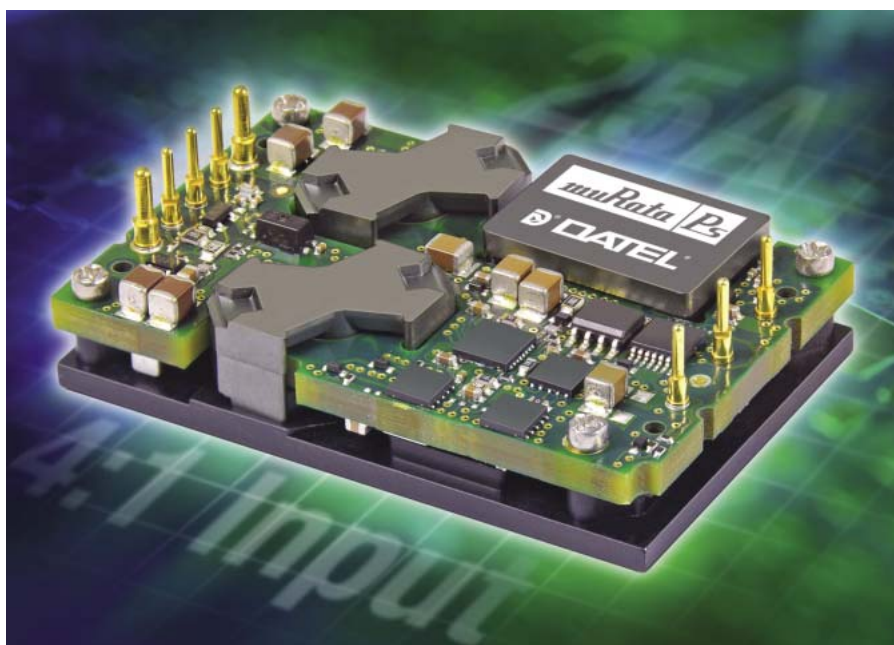
Nieizolowane konwertery DC-DC wykonywane są w jednej z czterech topologii:

- obniżającej napięcie wejściowe, w terminologii angielszczyzny nazywanymi *step-down* lub *buck*,
- podwyższającej napięcie wejściowe (*step-up* lub *boost*),
- dostarczających napięcia o przeciwnej polaryzacji, zwykle napięcia ujemnego przy zasilaniu na wejściu napięciem dodatnim względem masy (*inverting converter*),
- o napięciu niższym lub wyższym od napięcia wejściowego (*step-up/step-down* lub *buck-boost*) pracującymi w topologii SEPIC lub Cuka.

Budowa nieizolowanych konwerterów DC-DC

Uproszczony schemat wewnętrzny konwertera obniżającego pokazano na rys. 7. Obwody konwersji mocy zawierają przełącznik, czyli w typowym rozwiązaniu tranzystor MOSFET, sterowany prostokątnym sygnałem o regulowanym wypełnieniu impulsów PWM i stałej częstotliwości, dławik, diodę usprawniającą oraz kondensator wyjściowy. Wytworzone napięcie prostokątne uśredniane jest w wyjściowym filtrze LC i dostarczane do obciążenia. Cykl pracy obejmuje dwa okresy. W pierwszym tranzystor przewodzi, co powoduje dostarczenie energii do obciążenia oraz jej gromadzenie w polu magnetycznym dławika. W cyklu drugim tranzystor nie przewodzi, a zgromadzona wcześniej w dławiku energia przekazywana jest do obciążenia za pomocą diody usprawniającej, która w tym okresie jest spolaryzowana w kierunku przewodzenia. Budowa konwertera podwyższającego napięcie i inwertera jest podobna. Wykorzystywane są te same elementy podstawowe, a zmienia się jedynie ich topologia, czyli system połączeń elementów odpowiedzialnych za transmisję mocy.

Bardzo ważną częścią konwerterów DC-DC jest sterownik tranzystora przełączającego. Oprócz generacji sygnału PWM zawiera on obwody zabezpieczające oraz kontrolne odpowiadające za stabilizację napięcia (wzmacniacz napięcia błędów i źródło napięcia odniesienia). Producenci przykładają wiele uwagi do konstrukcji tego elementu – przykład, ile funkcji można zintegrować w jednej strukturze, pokazany jest na rys. 8. Wyzwaniem jest zapewnić



Rys. 8. Przykładowy schemat nieizolowanego konwertera modułowego DC-DC

nie stabilnej pracy konwertera bez obciążenia i ograniczenie poboru mocy przez sam zasilacz w trybie *standby*. Szczególnie ta druga kwestia jest dzisiaj przedmiotem troski firm producentów elementów półprzewodnikowych, co wiąże się z globalnym nastawieniem na oszczędność energii.

Podstawowe konfiguracje stopnia mocy, takie jak pokazano na rys. 7, w realnych układach są przez producentów często modyfikowane. Dotyczy to zwłaszcza wersji pracujących przy niskim napięciu wejściowym lub wyjściowym i dużym prądzie obciążenia. Wówczas duży spadek napięcia na diodzie usprawniającej degraduje ich sprawność. W miejsce diody zwykłej lub Schottky'ego lepiej sprawdza się tranzystor MOSFET, który tworzy prostownik synchroniczny sterowany za pomocą dodatkowego sygnału generowanego w sterowniku zasilacza. Wersje, w których konieczne jest osiągnięcie wyższych niż typowe napięć, wyposaża się w dławiki dwuuzwojeniowe lub też wersje z odczepem na

R E K L A M A

3x4 CD

Programy narzędziowe | Dokumentacja | Prezentacje firm | Kalkulatory transformatorów | Noty aplikacyjne | Katalogi

Wydanie specjalne 2/2008

ELEKTRONIKA PRAKTYCZNA plus

Magazyn Praktyczny dla elektroników konstruktorów

POWER SUPPLY

Przetwornice impulsowe – topologie i ich właściwości

– topologie i ich właściwości wprowadzanie

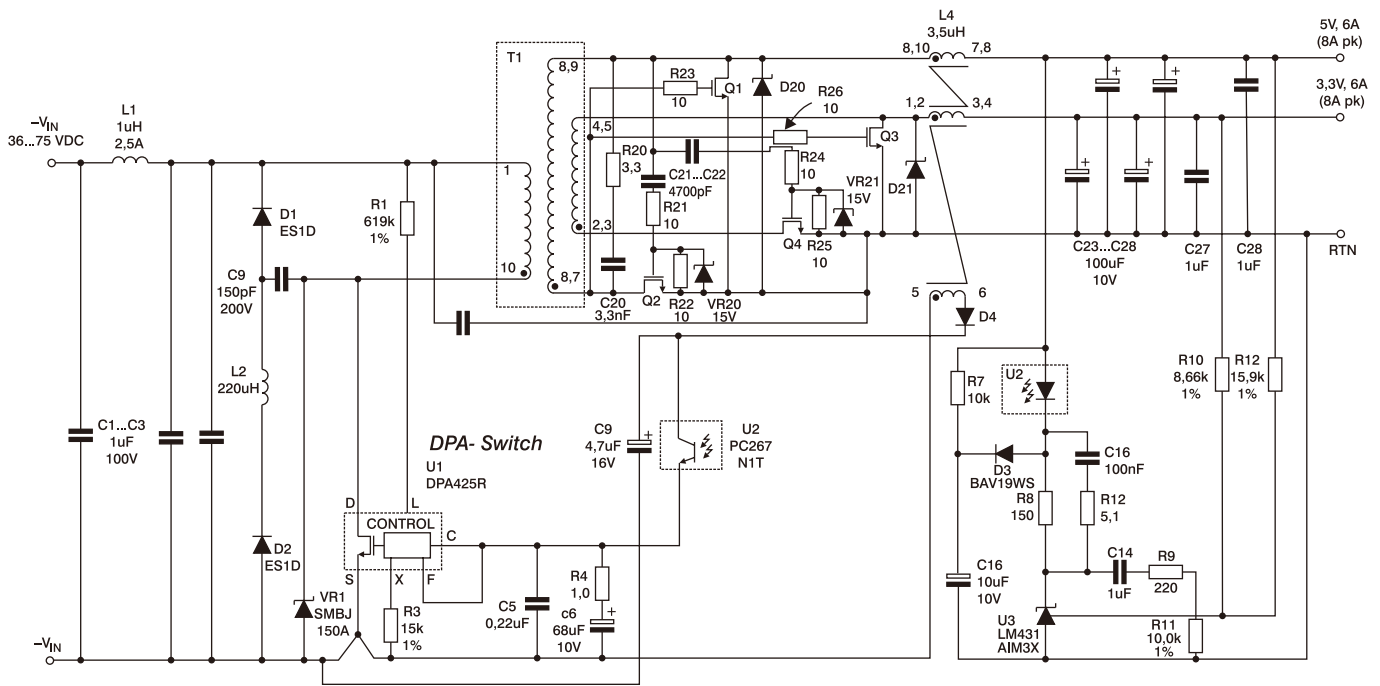
Jak odróżnić dobry zasilacz impulsowy od przeciętnego

technologia

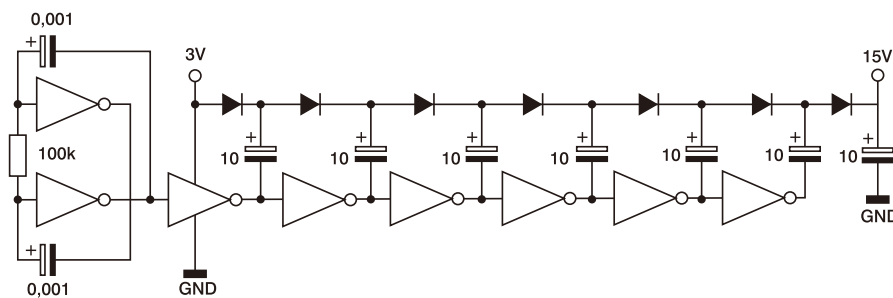
Wydanie specjalne 2/2008

Cena 25,00 zł (ok. 10% DTL wot) Nakład: 14 000 egz

ISSN 1644-0043



Rys. 9. Izolowany konwerter modułowy DC-DC od środka. Mimo wykorzystania specjalizowanego sterownika, układ jest dość złożony



Rys. 10. Przykładowa realizacja zasilacza z pompą ładunku

dławiku, które działają podobnie jak autotransformatory. Takie modyfikacje pozwalają ograniczyć wpływ niekorzystnych zjawisk związanych z pojemnościami pasozytniczymi oraz znacząco poprawić sprawność.

Izolowane konwertery DC-DC

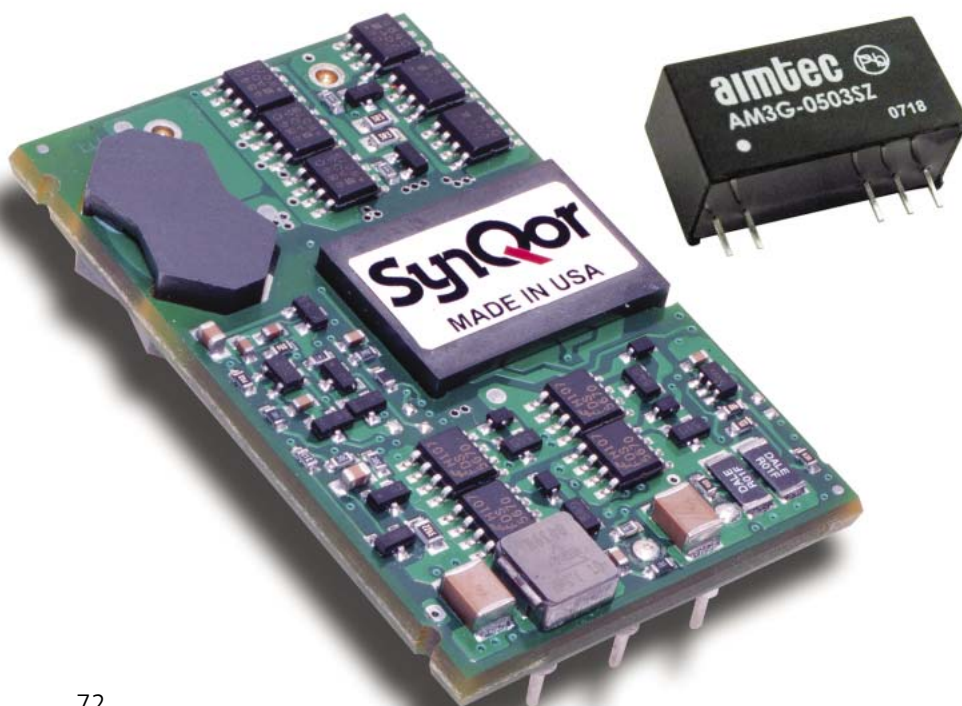
Kosztom niewielkiej dodatkowej komplikacji układowej sprowadzającej się praktycznie tylko do innego transformatora można stworzyć przetwornicę DC-DC z izolacją. Z pewno-

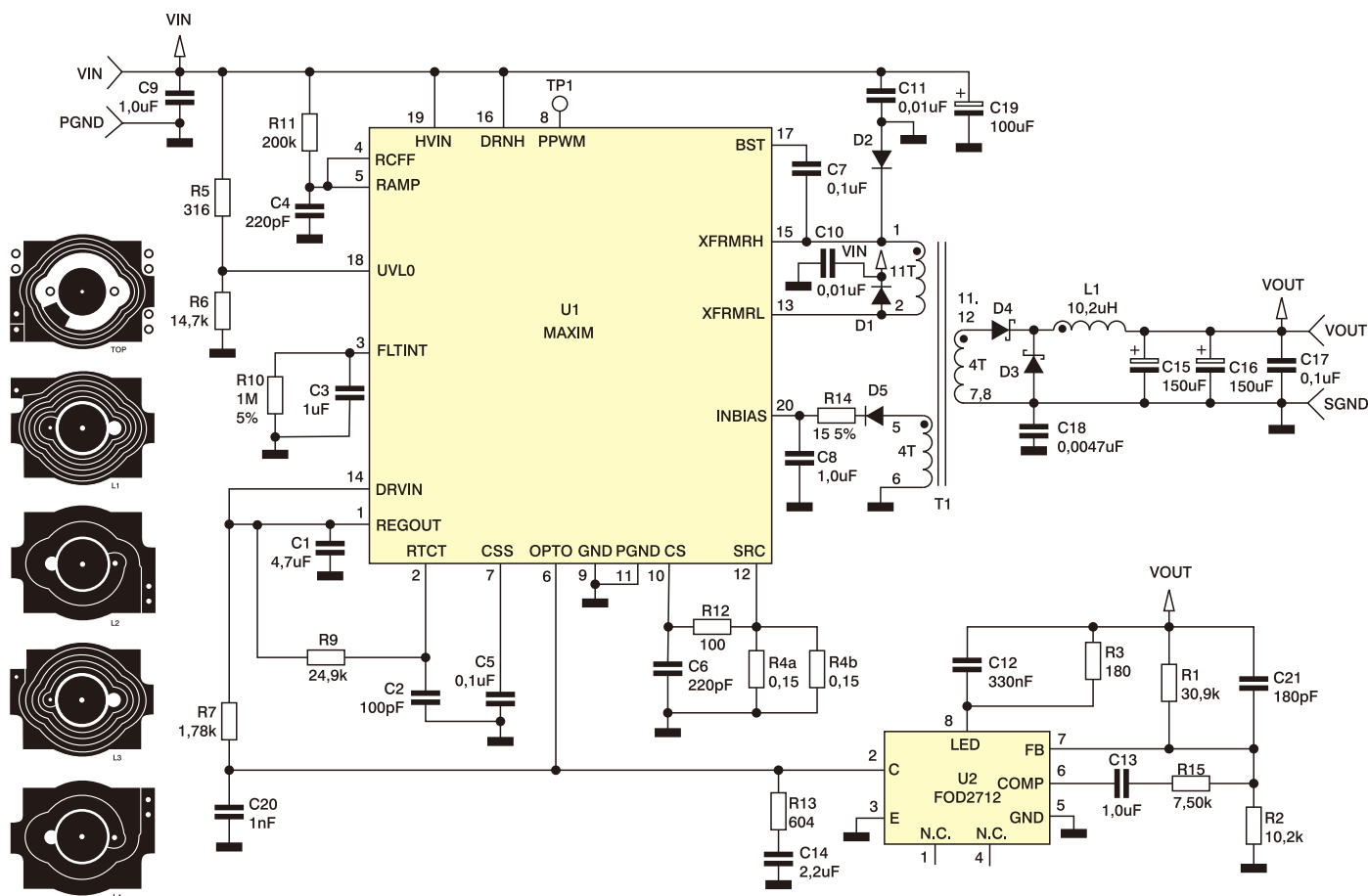
ścią jest ona bardziej uniwersalna od wersji nieizolowanej. Pozwala też na uzyskanie kilku napięć wyjściowych. Izolowany konwerter modułowy zamknięty w obudowie DIL to jedno z najpopularniejszych rozwiązań układu zasilania (rys. 9).

W zależności od mocy wyjściowej i napięć znamionowych stosuje się różne topologie pracy konwerterów. Bezwzględna rywalizacja producentów prowadzi do dość dużej komplikacji układu, który w niczym nie przypomina prostej przetwornicy zaporowej. Stosuje się topologie przepustowe konwersji mocy pozwalające na redukcję wymiarów transformatora impulsowego, układy z prostownikiem synchronicznym na wyjściu, co ogranicza straty w prostowniku oraz w większości korzysta z dwóch tranzystorów przełączających, co obniża poziom napięcia tętnień na wyjściu zasilacza. Walka o każdy procent sprawności i miniaturowe wymiary prowadzi do wzrostu skomplikowania układu elektrycznego. Bardzo często miniaturowe konwertery modułowe są nawet bardziej skomplikowane od strony elektrycznej od „zwykłych” zasilaczy niemodułowych.

Możliwości produktów dostępnych na rynku

Podstawowe parametry modułowych konwerterów DC-DC definiowane są przez napięcie wejściowe i wyjściowe, moc wyjściową, sprawność i obudowę. Trzeba przyznać, że gęstość upakowana elementów wewnątrz przetwornic jest dość duża, bo nawet kiluwatowe zasilacze są niewiele większe od obudów typowych układów scalonych w obudowach DIL lub SIP. Zakres napięć wejściowych zawiera się od 3... 5 V do nawet 72 V, a wyjściowych od 1,8 V do 48 V. W przypadku wersji izolowanych dostęp-





Rys. 11. Przetwornica flyback wykorzystująca transformator wykonany w postaci ścieżek drukowanych (po lewej – wzór transformatora)

POLECANY PRODUKT

Zasilacze w ofercie firmy Amicus-AMO



Firma Amicus-AMO Sp. z o.o. powstała w 2004 roku. Od początku swojej działalności specjalizuje się w wysokiej klasy zasilaczach impulsowych. Oferta firmy skupia się na zasilaczach wtyczkowych, biurkowych (desktop), samochodowych DC/DC, modułowych oraz przeznaczonych do zabudowy (open frame).

Zasilacze serii SYS – nowoczesne zasilacze dla elektroniki

- Jedną z grup produktów w ofercie Amicus-AMO są zasilacze serii SYS. W ramach tej rodziny dostępne są modele wtyczkowe i biurkowe o następujących cechach:
- małe gabaryty, nowoczesne projekty,
 - uniwersalne napięcia wejściowe: 90-264V,
 - napięcia wyjściowe: 5-24V,
 - moce do 130W,
 - temperatury pracy zasilaczy: 0-50°C,
 - urządzenia zgodne z wymaganiami polskich i międzynarodowych norm bezpieczeństwa oraz kompatybilności elektromagnetycznej (EN 61000-3-2, EN 61204),
 - zasilacze produkowane w technologii bezołowiowej (mają znak RoHS),
 - jakość potwierdzona certyfikatami.

Amicus-AMO Sp.z.o.o.

Amicus-Amo Sp. z o.o.
02-676 Warszawa, ul. Postępu 12
tel. 022 847 73 55, faks 022 624 85 80
www.amicus-amo.pl, amicus@amicus-amo.pl

ne są także przetwornice o wyjściu symetrycznym od ± 3 V do ± 24 V, co pokrywa większość typowych zastosowań w elektronice. Moc wyjściowa nie jest parametrem krytycznym, gdyż najmniejsze produkty oferują około 2 W, a górna granica dla wersji modułowych sięga 10...15 W (w zależności od obudowy). Elementy w obudowach „scalonych” potrafią dostarczyć do 5 W mocy, co jest niezłym wynikiem, biorąc pod uwagę, że sprawność przetwarzania wynosi 80...90%.

Warto zwrócić uwagę na to, że dla wielu omawianych produktów zakres napięć wejściowych jest szeroki i definiowany stosunkiem napięć od 2:1 do 4:1. Zasilacze tego typu przeznaczone są do systemów zasilania rozproszonego takich, w których istnieje szyna zasilająca dostarczająca napięcia o wartości pośredniej i do której dołączane są konwertery o różnych napięciach wyjściowych zasilające poszczególne bloki. Podany stosunek określa zakres dopuszczalnych napięć wejściowych, np. 9...18 V lub 18...26 V (2:1) albo 9...36 V (4:1). Im szerszy zakres dopuszczalnych napięć wejściowych, tym łatwiej można tworzyć kaskadowe układy zasilania i tym mniejsze wymagania nakładane są na jakość stabilizacji napięcia magistrali pośredniej.

Oferta rynku w zakresie przetwornic DC-DC jest z pewnością ogromna. Dotyczy to również stopnia stabilizacji napięcia wyjściowego, które może być stabilizowane dokładnie, z grubie (±10%) lub wcale. Ta ostatnia możliwość dotyczy złożonych systemów zasilających wykorzystujących wiele stopni konwersji mocy pracujących kaskadowo. W takim przypadku nie ma sensu stabilizować napięcia na każdym z etapów pośrednich – wystarczy, że dokładną stabilizację zapewni ostatni stopień dostarczający napięcie do obciążenia.

Gorszy stopień stabilizacji przekłada się na prostszą konstrukcję konwertera. O ile dokładna stabilizacja wymaga w przypadku wersji pracującej z izolacją budowy pełnej pętli sprzężenia zwrotnego z transoptorem, wzmacniaczem napięcia błędów i obwodami kompensacji częstotliwości, to już wersja o mniej dokładnej stabilizacji może wykorzystywać silnie sprzężone uzwojenia transformatora. W takim przypadku pomiar napięcia po stronie wtórnej realizuje się z drugiej strony, czyli próbując przy wyłączonym tranzystorze przełączającym napięcie na uzwojeniu pierwotnym. Metoda ta nie jest zbyt dokładna, ale za to na tyle prosta, że możliwe jest zrezygnowanie z wielu podzespołów.

Własny projekt czy gotowa przetwornica

W przypadku konwertera DC-DC z izolacją trudno znaleźć rozsądne argumenty przemawiające za własnym projektem. Wyjątkiem może być tylko produkt masowy, wytwarzany w ogromnych ilościach, jak na przykład płyta główna peceta. W mniejszej skali produkcji korzystanie z gotowych i przetestowanych konstrukcji konwerterów DC-DC pozwala zaoszczędzić mnóstwo czasu i ryzyka projektowego. Szeroka oferta zasilaczy u wielu producentów i dystrybutorów pozwala dopasować produkt do tworzonej aplikacji nie tylko pod względem parametrów technicznych, ale również marki i ceny.

W przypadku konwerterów DC-DC bez izolacji wybór pomiędzy kupnem zasilacza gotowego a tworzeniem własnej konstrukcji nie jest już tak jednoznaczny. Na rynku jest wiele interesujących układów scalonych, które są specjalizowanymi przetwornicami o wysokich parametrach technicznych. Stworzenie za pomocą układów National Semiconductor, Linear Technology lub Maxim konwertera w praktyce polega na wybraniu układu z listy i uzupełnieniu go o dławiki i kondensatory filtrujące. Wszystkie inne elementy znajdują się zwykle wewnątrz struktury scalonej, dzięki czemu projektowanie jest banalne.

Nie wszystkie układy scalone konwerterów DC-DC oferują tak wysoki stopień integracji – mniej liczba elementów, które trzeba ze sobą połączyć, zwykle daje się policzyć na palcach jednej ręki. Problemem nie jest też dławik, gdyż obecnie można kupić gotowe elementy tego typu, w tym także w wersjach SMT, i wykonywanie indukcyjności na zamówienie jest niepotrzebne. Omawiane zasilacze pracują z częstotliwością kluczkowania 100...200 kHz, więc wymiary elementów indukcyjnych i kondensatorów filtrujących zredukowano do minimum. Coraz częściej pozwala to na użycie zamiast dławików z rdzeniem ferrytowym cewek powietrznych i pracę z częstotliwością megahercową, gdyż potrzebna indukcyjność nie przekracza mikrohenra. Eliminuje to problemy z nagrzewaniem się ferrytu przy dużych częstotliwościach i nasycaniem się rdzenia przy dużym prądzie. W efekcie konwerter o mocy kilku watów składa się z kilku małych elementów SMD i zajmuje na płytce niewiele miejsca.

W takiej sytuacji wielu konstruktorów decyduje się na własny projekt i należy uznać taki wybór za słuszny. Użycie gotowej przetwornicy modułowej należy raczej zostawić do projektów jednostkowych, takich, w których istotny jest

czas realizacji, specjalistycznych (przemysłowych, wojskowych, medycznych). Za taką decyzją przemawia ogromny wybór sterowników do układów zasilających, gotowych scalonych konwerterów jaki ma w ofertach wielu producentów półprzewodników.

Konwertery DC-DC bez indukcyjności

Ostatnią grupę zasilaczy małej mocy stanowią układy bazujące na pompie ładunku. Ich cechą jest to, że nie zawierają indukcyjności, a napięcie wyjściowe może przyjmować dowolną wartość w stosunku do napięcia wejściowego. Cechą konwertera tego typu jest niewielka obciążalność prądowa i moc wyjściowa w typowym przypadku ograniczona jest do kilkuset miliwatów. Zasilacze z pompą ładunku wykorzystywane są najczęściej do wytwarzania napięcia polaryzacji, na przykład dla interfejsów, czujników lub też używa się ich do zasilania układów, w których potrzebne jest pomocnicze napięcie ujemne.

Zasilacze z pompą ładunku zawierają generator impulsów prostokątnych pracujący na częstotliwości rzędu kilkudziesięciu lub kilkuset kiloherców. Wytwarzane napięcie zmienne podawane jest następnie na układ powielacza diodowo-kondensatorowego, za pomocą którego uzyskuje się pożądane napięcie wyjściowe. W ten sposób działa przetwornica w znanym układzie typu MAX232 wykorzystywanym w interfejsie RS232 oraz cały szereg przetwornic scalonych. Główną zaletą takich zasilaczy jest brak indukcyjności, dzięki czemu mogą one być zamknięte w obudowie układu scalonego. Niemniej sprawność przetwarzania jest niska, wartość napięcia wyjściowego silnie zależy od obciążenia, co sprawia kłopot z jego stabilizacją i zmusza do rozbudowy układu. Ostatnio konwertery z pompą ładunku pojawiają się przy okazji zasilaczy do jasnych diod LED.

Podsumowanie

Wybór układu zasilacza do projektowanej aplikacji jest kompromisem techniczno-ekonomicznym, którego prawidłowe rozwiązanie wymaga od konstruktora posiadania wiedzy na temat topologii i stosowanych metod konwersji energii elektrycznej, oferty rynku w zakresie półprzewodników i elementów indukcyjnych oraz cen gotowych zasilaczy modułowych. Z pewnością jest to zadanie niełatwe, jednak wysiłek włożony w analizę z pewnością się opłaca i jest podstawą projektowania nowoczesnych systemów zasilających.

Robert Kamiński

R
E
K
L
A
M
A

AVT924 Programowany sterownik świateł

Dostępne wersje:
 A - płytką drukowaną: 22zł
 B - komplet elementów: 35zł
 C - układ zmontowany: 55zł

www.sklep.avt.pl

