

Webench w projektowaniu zasilaczy

Jeszcze nigdy projektowanie przetwornicy nie było takie proste

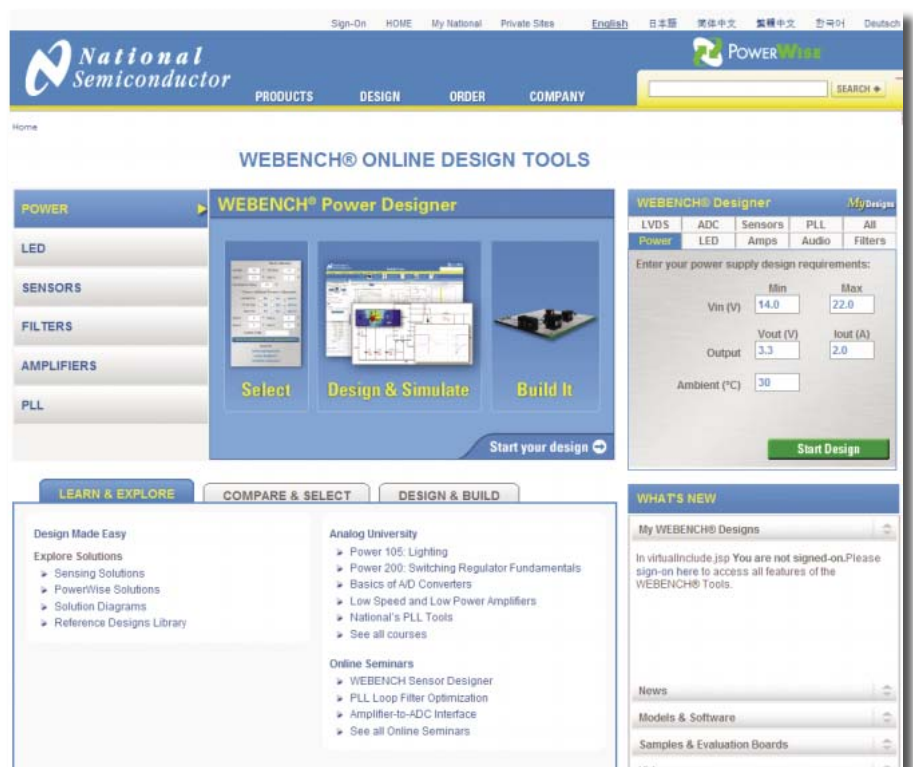
Współcześnie, dzięki Internetowi, rodzi się nowa klasa programów dostępnych za pomocą przeglądarki internetowej. Są to nie tylko popularne programy dla użytkowników domowych, ale również wspomagające projektowanie. Mają one tę ogromną zaletę, że użytkownik zawsze ma dostęp do najnowszej wersji, aktualizowanej na bieżąco przez producenta.

Tego typu programem jest produkt udostępniany za darmo szerokiemu gronu użytkowników przez firmę National Semiconductor a wspomagający projektowanie zasilaczy (w tym również do diod LED), wzmacniaczy, sensorów, filtrów i pętli PLL. Tu zaprezentujemy zastosowanie tego jakże interesującego narzędzia do projektowania impulsowych zasilaczy niskiego napięcia.

Wprowadzenie

Temat przetwornicy impulsowych jest dla pewnego grona elektroników bardzo trudny. Postrzegają oni budowę tego typu zasilaczy jako bardzo skomplikowaną, gdzie trzeba, po pierwsze, samodzielnie wykonać element indukcyjny, a po drugie, walczyć z zakłóceniami impulsowymi generowanymi przez ten układ. Z tego też powodu stosują oni stabilizatory liniowe, które są bardzo proste w użyciu, ale charakteryzują się niską sprawnością i dużymi stratami mocy.

Nie jest to problemem, gdy zasilany obwód pobiera mały prąd i różnica pomiędzy napięciami wejściowym i wyjściowym jest niewielka.



Wówczas relatywnie małe straty dają się rozprzyszczyć chociażby z wykorzystaniem miedzi na płycie drukowanej. Jednak w innych przypadkach trzeba stosować odpowiedni radiator i liczyć się z tym, że stabilizator będzie mocno podgrzewał elementy w swoim otoczeniu i znacząco wpływał na ich żywotność. Wad tych w większości przypadków nie mają stabilizatory impulsowe. Owszem, wymagają one zastosowania większej liczby elementów, jednak zalety tego typu rozwiązania są ogromne, a za pomocą narzędzia o nazwie Webench udostępnianego przez firmę National Semiconductor na stronie internetowej pod adresem www.national.com/analog/webench jeszcze nigdy ich projektowanie nie było tak proste. I nie ma w tych słowach ani cienia przesady.

Webench to program umożliwiający zaprojektowanie zasilacza (w tym również do diod LED), sensora, wzmacniacza, filtra i pętli PLL. Jest to narzędzie o tyle uniwersalne, że umożliwia zaprojektowanie układu o zadanych parametrach, natomiast komponenty półprzewodnikowe do-

bierane są z oferty National Semiconductor. Jeśli chodzi o pozostałe elementy bierne, to program proponuje i producenta, i symbol, ale jednocześnie podaje parametry elementu umożliwiające jego dobór z oferty dowolnej firmy. W przypadku zasilaczy z przetwarzaniem, wymagających zastosowania transformatora, program podaje rodzaj rdzenia, jego przenikalność magnetyczną oraz średnicę drutu nawojowego i liczbę zwojów, które trzeba nawinać. W większości prostych przetwornic proponowane są jednak komponenty, które można bez większych problemów kupić u dystrybutorów jako gotowe.

Program, a może raczej gotowy projekt wykonany z jego użyciem, jest także źródłem bezcennej wiedzy na temat komponentów, ponieważ przeciętnemu konstruktorowi trudno jest ogarnąć ofertę tak wielkich producentów, jakim jest National Semiconductor i dobrać odpowiednie układy do aplikacji. Tymczasem program podpowiada typy układów i podaje ich podstawowe parametry, dzięki czemu można na przykład zauważyć, że współczesne zasilacze im-



Rys. 1. Okno menu wyboru



Rys. 2. Okno parametrów zasilacza

pulsowe wykorzystują nawet częstotliwości około 3 MHz lub że oferują sprawność rzędu 98%. Mało tego – częstotliwość przetwarzania nie jest ustawiona na stałe, dzięki czemu można ją zmienić w zależności od wymagań stawianych przez zasilany obwód. Można się również przekonać, że układy scalone zajmujące powierzchnię około

30 mm² są zdolne do przewodzenia prądów rzędu 3 A, nie wymagając przy tym żadnego radiatora oprócz płytki, na której są zamontowane. Ich doprowadzenia są przy tym tak drobne, że trzeba je zwierać cyną przy lutowaniu po to, aby mogły przewodzić tak duży prąd.

Zaprojektuj sobie przetwornicę

Program wymaga stworzenia przez każdego użytkownika unikatowego konta. Rejestrację przeprowadza się w typowy sposób, podając nazwę użytkownika, hasło i adres e-mail. Od tego momentu zarejestrowana osoba dysponuje własnym profilem umożliwiającym, po pierwsze, dostęp do programu, a po drugie, archiwizację danych wykonywanych projektów łącznie z przeprowadzonymi symulacjami.

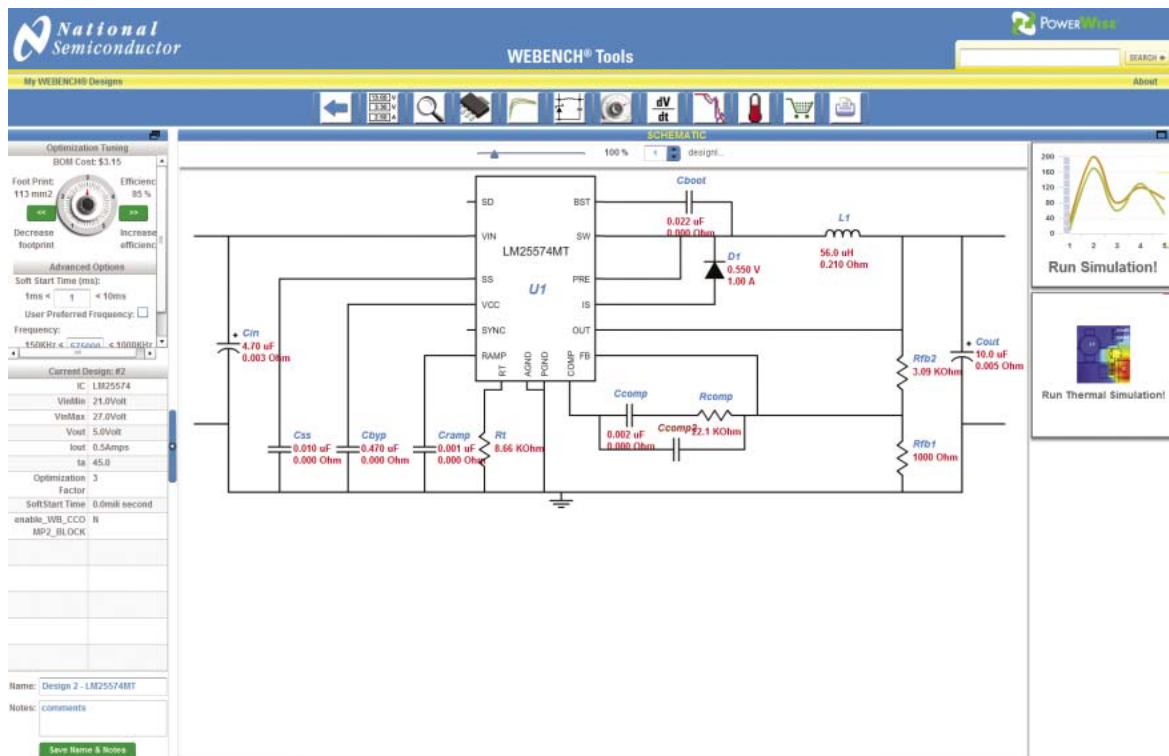
Jak łatwo się domyślić, projektowanie zasilacza rozpoczyna się od wskazania w głównym oknie menu opcji Power (rys. 1). Po prawej stronie ekranu pojawi się okienko, które umożliwi wpisanie parametrów projektowanego zasilacza. Należy pamiętać o tym, że rolę separatora dziesiętnego spełnia znak kropki, czyli prąd o wartości 500 mA należy wpisać jako 0.5 A. Identycznie dla napięć (np. 3.3 V). Okienko wprowadzania parametrów pojawia się w wersji uproszczonej, w której możliwe jest podanie zakresu napięć wejściowych, napięcia

i prądu wyjściowego oraz temperatury otoczenia, w którym będzie pracowała przetwornica. Po wskazaniu małego znaku plus w obrębie okna opisanego jako *View advanced options* ukażą się pola umożliwiające wprowadzenie dodatkowych parametrów (rys. 2). Mają one zastosowanie dla przetwornic wielonapięciowych. Jest to jedna z zalet stosowania przetwornic – pojedynczy układ scalony może generować kilka napięć, przy czym najczęściej jedno traktowane jest jako główne i kontrolowane. Co do reszty zakłada się, że skoro napięcie główne jest poprawne, a do generowania używany jest ten sam mechanizm, to napięcia niekontrolowane również będą poprawne. Oczywiście nie zawsze musi to być prawdą, dlatego często stosuje się stabilizatory liniowe załączone na wyjściach przetwornicy spełniające rolę dodatkowych układów kontrolnych. W programie Webench napięciem głównym jest to opisane jako *Output*. Konstruktor przetwornicy o wielu wyjściach powinien zatem zawsze rozważyć hierarchię napięć i zdecydować, które z nich będzie wpływać na pętlę sprzężenia zwrotnego.

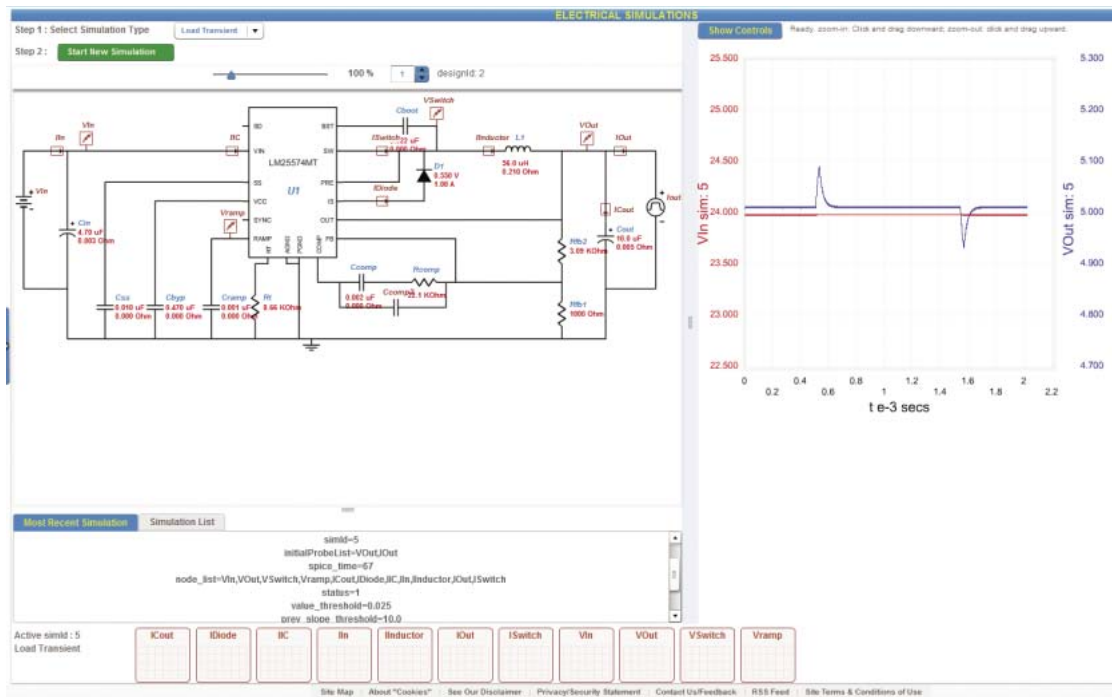
Webench umożliwia projektowanie przetwornic o maksymalnie trzech napięciach wyjściowych. Wprowadzenie wartości prądów i napięć w polach Output2 i Output3 jest równoważne z uruchomieniem projektu zasilacza dwu- lub trój-napięciowego. Oprócz tego można wybrać, czy zasilacz ma być wyposażony w wejście włączające (On/Off Pin), czy ma sygnalizować przeciążenie (Error Flag) i czy ma być synchronizowany za pomocą sygnału zewnętrznego (Sync Pin). Proste odpowiedzi Yes (tak), No (nie), Ignore (ignorowane tj. nieważne) udzielone przez zaznaczenie odpowiedniego pola załączają lub wyłączają od-

Switching Regulator LM25574		Switching Regulator LM22674-5.0		Switching Regulator LM3103	
Design Note	Fast Transient Res...	Design Note	Low Part Count	Design Note	High Efficiency
Topology	Back	Topology	Back	Topology	Back
Max Current	0.50A	Max Current	0.50A	Max Current	0.75A
Typical Efficiency	90%	Typical Efficiency	92%	Typical Efficiency	97%
Max Freq	1MHz	Max Freq	500kHz	Max Freq	1MHz
Price	\$1.35	Price	\$1.30	Price	\$2.00

Rys. 3. Układy scalone proponowane przez program do przetwornicy



Rys. 4. Efekt działania programu Webench w postaci schematu przetwornicy



Rys. 5. Analiza Load Transient i przykładowy wykres $U_{WE}(t)$ i $U_{WV}(t)$ nałożone na siebie (tętnienia U_{WV} ok. 100 mV)

Tab. 1. Topologie przetwornic

Buck lub **Step down** – przetwornica obniżająca napięcie, element indukcyjny to dławik
Boost lub **Step up** – przetwornica podnosząca napięcie, element indukcyjny to dławik
Inverting – przetwornica odwracająca polaryzację napięcia wejściowego wykonywana z użyciem pojemności lub wyposażona w dławik
Flyback – przetwornica przeciwbieżna, najczęściej proponowana w zasilaczach mających wiele napięć wyjściowych, wówczas wymaga zastosowania transformatora

powiednie opcje. Pola pełnią rolę swego rodzaju filtra zawężającego wybór układów.

Po wpisaniu parametrów i wskazaniu opcji Start Design uruchamiany jest projekt przetwornicy. W trakcie pisania artykułu dostępne były dwie wersje programu: nowa (beta) napisana z użyciem Adobe Flash oraz stara, wykorzystująca język Java Script. Ten opis dotyczy wersji nowej.

Przykładowy projekt zasilacza wykonano po wprowadzeniu następujących parametrów roboczych:

- zasilanie od 21 do 27 VDC;
- pojedyncze napięcie wyjściowe 5 V przy prądzie 0,5 A;
- temperatura otoczenia 45°C;
- brak sygnalizacji błędów i synchronizacji, ale z wejściem umożliwiającym załączenie/wyłączenie.

Po wybraniu Start Design na środku ekranu pojawia się okno z układami proponowanymi do projektu. Na samej górze wyświetlane są kryteria wyboru danego komponentu, nieco niżej jego podstawowe parametry (wraz z konfiguracją, w której będzie pracować przetwornica – tab. 1). Na samym dole umieszczona jest cena układu scalonego do przetwornicy. Należy ją traktować jako orientacyjną, ponieważ jest to koszt zakupu układu u producenta, po spełnieniu pewnych warunków. Ponowne wybranie Start Design już przy nazwie wybranego komponentu uruchamia właściwy projekt przetwornicy (rys. 3). Oczywiście, jak każdy dobry program, tak i Webench zawsze umożliwia użytkownikowi nie tylko wybór „w przód”, ale również cofnięcie się i zmianę parametrów, elementów i kryteriów wyboru.

Użytkownik może, ale nie musi kierować się sugestiami producenta. Może na przykład stwierdzić: „Mam w magazynie LM5000 i to właśnie tego układu chcę użyć”. Jeśli tylko znajduje się on na liście proponowanych na samym dole komponentów, wystarczy go odszukać i wskazać – wówczas to właśnie ten układ zostanie użyty w projekcie. Można napotkać jednak tę trudność, że posiadany układ wymieniony jest na liście, ale przy jego nazwie brak jest opcji wyboru. W takiej sytuacji powodem najczęściej są zadane parametry graniczne związane bądź z mocą dostarczaną do obciążenia, bądź z wartością napięcia wejściowego lub innymi. Jednym słowem: układ raczej nie nadaje się do projektowanego zasilacza. Jeśli brak go na liście, wówczas nie nadaje się z całą pewnością. Na potrzeby projektowanej przetwornicy wybrano układ LM25574 sugerowany przez program, kierując się jego odpornością na krótkie, impulsowe zakłócenia napięcia wejściowego.

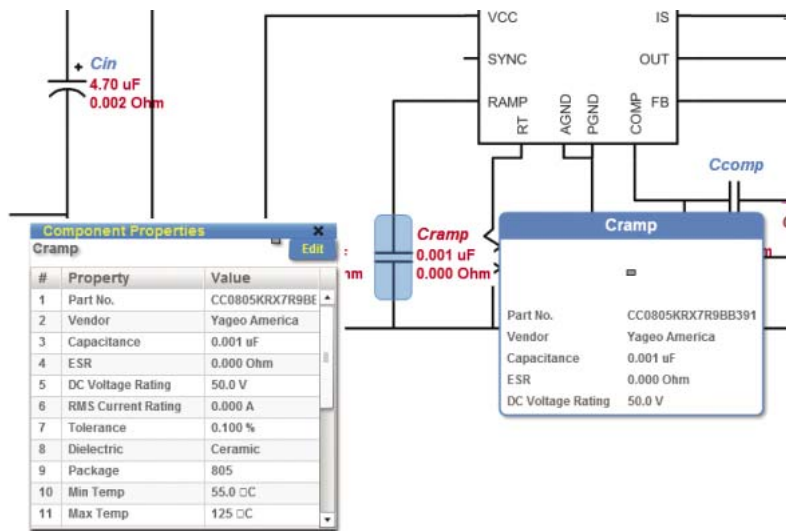
Kolejny obraz wyświetlany przez program to już schemat gotowej przetwornicy (rys. 4). Na górze ekranu umieszczono pasek menu (tab. 2) umożliwiający użytkownikowi łatwe poruszanie się w obrębie programu, zmianę projektowanego układu, a na końcu odsyłającego użytkownika do opcji zakupu, w której można nabyć zarówno gotową, zaprojektowaną przetwornicę w postaci układu ewaluacyjnego, jak i komponenty półprzewodnikowe produkcji National Semiconductor lub zamówić ich próbki.

W zasadzie w tym momencie można by było już opis zakończyć. Wielokrotnie wypróbowałem, że można zaufać podpowiadanemu schematowi i zbudować na jego podstawie funkcjonalną przetwornicę. Niemniej jednak aktualna wersja programu ma różne ciekawe opcje dla dociekliwych, którzy chcą sprawdzić, jak ich układ będzie zachowywał się w zależności od parametrów zastosowanych komponentów. Wybranie opcji symulacji elektrycznej układu umożliwia przesłanie szeregu charakterystyk i przebiegów tak, jakby do funkcjonującego układu dołączono oscyloskop lub wykonano szereg pomiarów i na tej podstawie wykreślono odpowiednie charakterystyki. Przy obliczaniu niektórych charakterystyk trzeba uzbroić się w cierpliwość, ponieważ trwa około 3...5 minut (np. Load Transient tj. przebiegi napięć i prądów związanych z obciążeniem). Obliczenia wykonywane są przez serwer, natomiast użytkownik otrzymuje ich wyniki. Dzięki temu szybkość pracy programu nie jest zależna od ja-

Tab. 2. Opcje menu programu Webench



Od lewej: 1) powrót do początku projektu, 2) wprowadzenie lub modyfikacja parametrów przetwornicy, 3) przegląd listy układów, 4) przegląd proponowanych projektów, 5) wybór projektu, 6) tworzenie schematu przetwornicy, 7) zmiana parametrów przetwornicy (sprawność, częstotliwość pracy itp.), 8) wyświetlenie komponentów z wymaganiami dotyczącymi ich parametrów, 9) uruchomienie symulacji elektrycznej, 10) uruchomienie symulacji termicznej, 11) zakup komponentów lub zamówienie próbek, 12) drukowanie opracowanej konstrukcji.



Rys. 6. Modyfikacja parametrów kondensatora

kości komputera, na którym go uruchomiono, i systemu operacyjnego, pod którego kontrolą pracuje. Uzyskane przebiegi są wyskalowane i dzięki temu można estymować spodziewane wartości (rys. 5). Oprócz tego wykresy można nakładać na siebie, obserwując napięcia i prądy zależne w różnych punktach obwodu. Można również modyfikować parametry komponentów i obserwować, jak wpływają one na jakość pracy przetwornicy. Listę parametrów uzyskuje się po dwukrotnym kliknięciu na symbolu ele-

mentu. Wybranie klawisza *Edit* pozwala na ich zmianę (rys. 6).

Oczywiście charakterystyki wykreślane są na podstawie matematycznych modeli elementów. Symulacja przypomina trochę tę wykonywaną przez popularny program PSpice. Zupełną nowością w programie jest projekt płytki drukowanej, który dostępny jest dla niektórych przetwornic w formacie Altium Designer. Użyteczność takiego projektu w większości przypadków ogranicza się co prawda do podejrzenia, jak należy wyko-

nać połączenia we własnym urządzeniu, ponieważ przetwornica raczej znajdować się będzie na płytce drukowanej wraz z innymi komponentami. Jednak jest jeszcze jedna bardzo ważna symulacja, dla której niezmiernie istotny jest projekt płytki. Jest to symulacja termiczna.

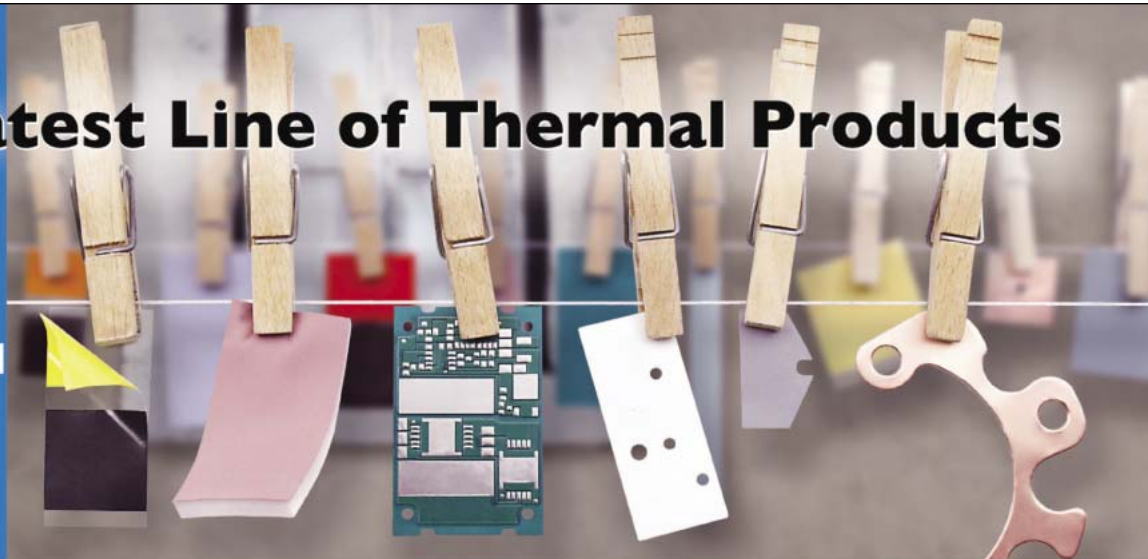
Program, uwzględniając zadane parametry, przeprowadza symulację termiczną, wyświetlając estymowane, maksymalne temperatury komponentów przy maksymalnym prądzie obciążenia. Symulacja umożliwi konstruktorowi elektronikowi ostateczną ocenę zaprojektowanej przetwornicy. Po prawej stronie ekranu umieszczono szereg różnych opcji umożliwiających określenie warunków pracy przetwornicy, to jest orientacji płytki (*Board Orientation*), temperatury od spodu (*Ambient Temperature On Bottom*) i od góry (...*On Top*), sposobu, w jaki przepływa powietrze chłodzące płytkę i jaką ma prędkość (pole *Air Flow*) oraz temperatury krawędzie (pole *Edge Temperatures*) dla przypadków, w których płytką umieszczoną jest blisko rozgrzewających się obwodów.

Można także w prosty i tani sposób przekonać się, jak wpływa w czasie pracy na temperaturę układu chociażby grubość miedzi na zastosowanym laminacie (rys. 7 i 8, opcja *Copper Weight*) czy wybrana częstotliwość przetwarzania. Można wreszcie sprawdzić, jak uzyskuje się wyższą sprawność przetwornicy bez zmiany samego układu scalonego, jakie parametry ulegną zmianie i czy można zbudować przetwornicę z tych

R E K L A M A

The Greatest Line of Thermal Products

No matter where you hang out



Bergquist: where innovation meets choice

Whether you're taking an existing component and squeezing into smaller space, or working with a new high speed microchip, our products won't let you down.

Bergquist is a world leader in thermal management products with the best-known brands in the business. Brands like Sil-Pad[®] thermally-conductive interface materials, Gap Pad[®] electrically insulating and non-insulating gap fillers, Hi-Flow[®] "phase change" grease replacement materials and Thermal Clad[®] insulated metal substrate for high power surface-mount applications.

Over 200 thermal solutions and growing

- 5 major thermal lines to select from
- 42 available thermal conductivity levels
- 247 different thicknesses
- 1000's of die-cut configurations

If you don't find an existing product our engineers can customize a new solution to meet you specific application needs.

Call +31 (0) 35 5380684, visit us online at: www.bergquistcompany.com/master or email info@bergquist-europe.com



European Headquarters - The Netherlands. Tel: EU +31 (0) 35 5380684 • D +49-4101-803-230 • UK +44-1908-263663

Thermal Products • Membrane Switches • Touch Screens • Electronic Components

samych komponentów biernych, oraz czy zmienia się w związku z tym temperatura jej pracy?

Przykład takiej symulacji wykonanej dla przetwornicy o sprawności 84% (rys. 9) i 89% (rys. 10) przedstawiono na kolejnych rysunkach. Łatwo zaobserwować, że mniejsza sprawność to w przypadku projektowanej przetwornicy także mniejsze jej wymiary, jednak rośnie częstotliwość przetwarzania (ze 150 kHz do 787,5 kHz) i jednocześnie wzrasta temperatura, do której rozgrzewają się komponenty. Na przykład dioda Schottky-ego w czasie pracy rozgrzeje się aż do blisko 70°C (przy założonej wcześniej temperaturze otoczenia 45°C). Może to być przyczynkiem do rozważenia sposobu jej montażu oraz rodzaju stosowanego w ostatecznym produkcie komponentu. Rosną też straty w rdzeniu, ale może on być mniejszy. Przy jeszcze wyższych częstotliwościach bardzo często rezygnuje się z rdzenia ferrytowego na rzecz cewki

powietrznej, wykonywanej częstokroć jako nadruk na płycie wielowarstwowej.

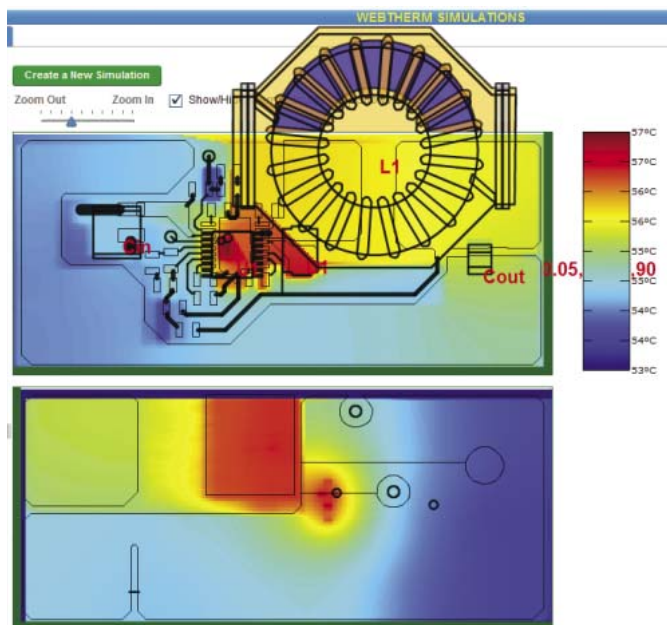
Wyższa sprawność proponowanego rozwiązania wiąże się z obniżeniem temperatury pracy, ale jednocześnie trzeba użyć dławika o dużo większych rozmiarach. Układ zajmie więcej miejsca, ale prawdopodobnie lepiej nadaje się do zastosowań profesjonalnych, ponieważ układ scalony przetwornicy rozgrzewa się w czasie pracy do niespełna 56°C, a temperatura reszty komponentów jest zbliżona do temperatury otoczenia.

Podsumowanie

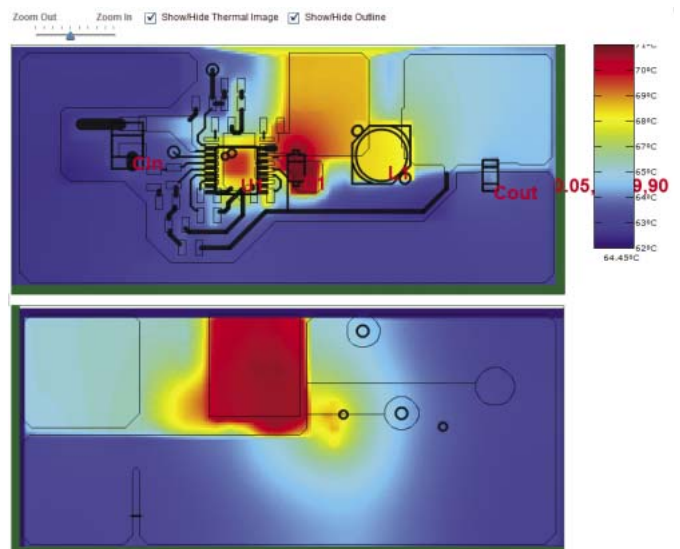
Nie sposób w ramach tej krótkiej prezentacji zawrzeć opisu wszystkich funkcji programu Webench. Zachęcam do samodzielnych eksperymentów, do budowy różnych, chociażby wirtualnych przetwornic na próbę. Jest to pouczająca lekcja elektroniki, dzięki której można zaznajomić się nie

wprawdzie tylko z ofertą nowoczesnych komponentów i sprawdzić, co piszczy w trawie, ale również obserwować, nie ponosząc praktycznie żadnych wydatków, jak parametry komponentów rzutują na pracę całego układu. Oscylogramy, wykresy, charakterystyki są naprawdę wartościowym źródłem informacji zwłaszcza, że jak stwierdziłem w praktyce, przy zachowaniu zaleceń odnośnie do sposobu wykonania płytki drukowanej, wyświetlane na podstawie modeli parametry nie odbiegają od rezultatów pomiarów rzeczywistego, funkcjonującego układu. Myślę, że w ten sposób łatwiej będzie również podjąć decyzję, czy zastosować gotową przetwornicę z bogatej oferty rynkowej, czy też zbudować własną, mając solidne podstawy w postaci wykazu elementów i wyników symulacji, które można skonfrontować z ofertą rynkową. Mnie Webench umożliwił bezbolesne wejście w świat samodzielnie budowanych zasilaczy impulsowych. To coś zupełnie innego niż bezduszna nota aplikacyjna wydrukowana na kartce papieru.

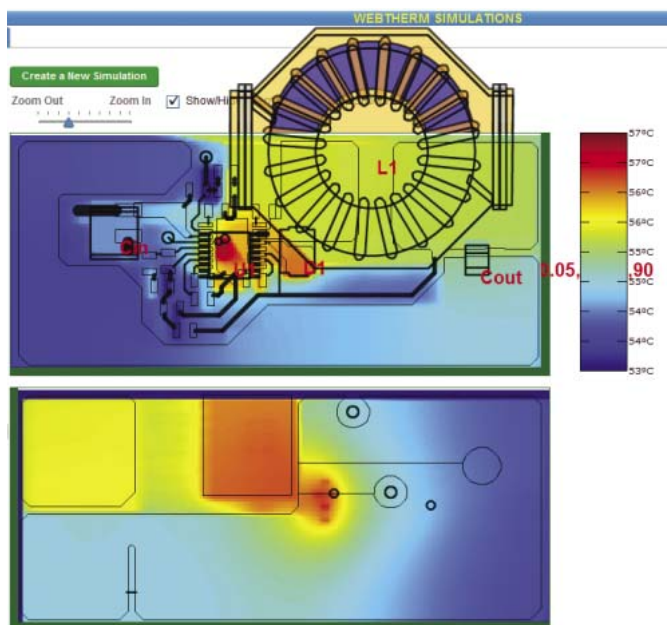
Jacek Bogusz, EP
 jacek.bogusz@ep.com.pl



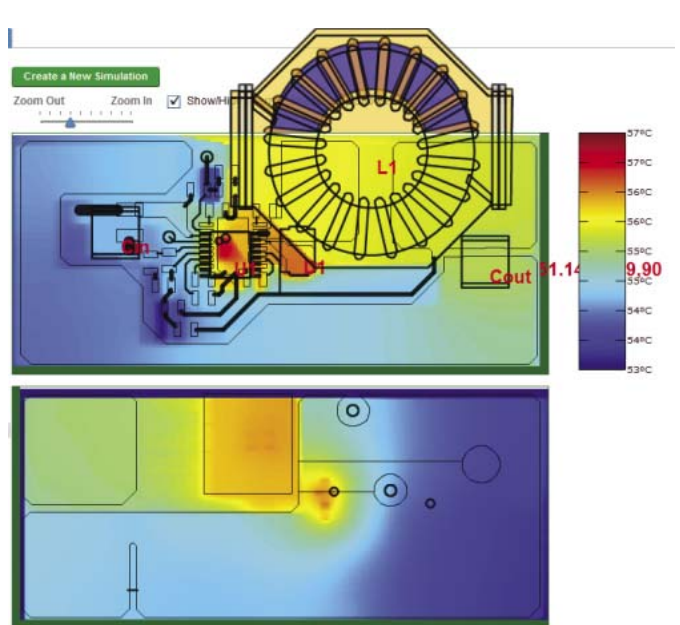
Rys. 7. Symulacja termiczna, grubość miedzi 0,07 mm



Rys. 9. Przetwornica o sprawności 84%



Rys. 8. Symulacja termiczna, grubość miedzi 0,14 mm



Rys. 10. Przetwornica o sprawności 89%