

TOPSwitch - nowoczesne rozwiązania zasilaczy

Nie posmarujesz - nie pojedziesz. Po przeczytaniu takiego stwierdzenia zapewne u większości Czytelników powstały dość jednoznaczne skojarzenia z tym, o czym się głośno ostatnio mówi w radiu i telewizji. Ale nie, nie będziemy pisać o przekrętach i machlojkach naszych polityków. To nie ta gazeta...



Projektowanie zasilaczy jest dość nieprzyjemnym – w moim mniemaniu – zajęciem projektowym, jeśli nie ogranicza się do zastosowania „gotowca” w postaci zasilacza wtyczkowego i stabilizatora 7805 lub podobnego. No, może trochę przesadziłem. Umówmy się: użycie gotowego stabilizatora nie jest w ogóle zajęciem projektowym. Prawdziwi konstruktorzy mogliby się poczuć obrażeni. Tymczasem odnoszę wrażenie, że większość elektroników, w szczególności speców od „cyfrowki”, omija temat zasilacza szerokim łukiem, co w wielu przypadkach jest możliwe, ale do czasu. Gdy w końcu stanimy przed koniecznością samodzielnego opracowania całkowicie autonomicznego urządzenia, niestety zasilacz będzie jednym z wielu bloków funkcjonalnych, nad którymi będziemy musieli trochę posiedzieć.

Wiadomo nie od dziś, że tym, czego elektrolicy nie lubią najbardziej jest przykręcanie śrubek, wiercenie otworów i wykonywanie wszelkich elementów indukcyjnych. Niestety, póki co, w każdym zasilaczu co najmniej jeden taki element wystąpić musi. Jest nim transformator, a nierzadko dochodzą również dławiki przeciwzakłóceniuowe, itp. W klasycznych zasilaczach transformatorowych z regulatorami szeregowymi pojawia się także problem odprowadzania ciepła z elementu wykonawczego, a więc obliczenie lub co najmniej empiryczne dopasowanie odpowiedniego radiatora. Jest to związane z nienajwyższą sprawnością takich konstrukcji. Parametr ten staje się istotny, gdy chcemy opracować urządzenie odpowiadające modnym ostatnio wymogom proekologicznym. Tu musimy praktycznie zapamiętać o starych, tradycyjnych konfiguracjach. Pora sięgnąć po najnowsze konstrukcje.

Flyback

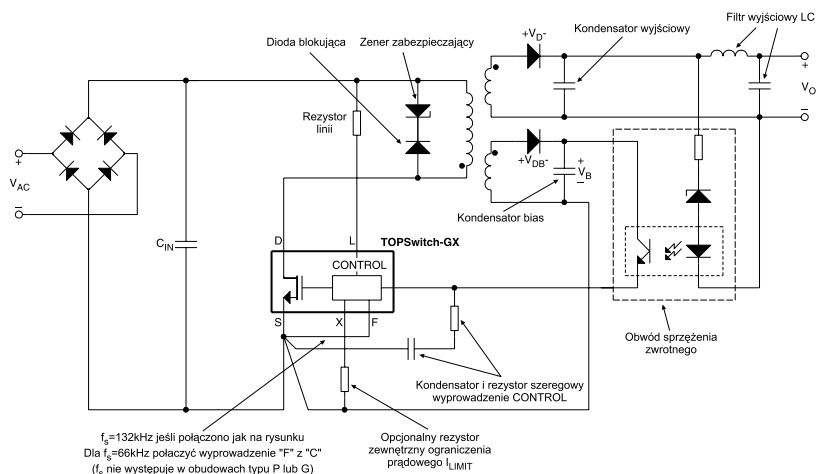
Rozwiązaniem godnym polecenia będą na pewno zasilacze typu *flyback*. Wbrew temu, co było powiedziane wcześniej, nie jest to wynalazek ostatnich lat. Podobna konfiguracja jest znana od niepamiętnych czasów, przy czym do niedawna zakres zastosowań nie wykraczał poza zasilacze wysokiego napięcia stosowane w monitorach. Okazuje się jednak, że takie rozwiązanie układowe z powodzeniem może być wykorzystywane w większości współczesnych urządzeń zarówno profesjonalnych, jak i amatorskich. Nie do pogardzenia są bardzo korzystne parametry elektryczne i funkcjonalne *flybacków*. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- szeroki dopuszczalny zakres wejściowego napięcia przemiennego,
- praca zarówno w sieci 50 Hz jak i 60 Hz,
- stosunkowo niewielka liczba elementów,
- praca bez radiatora w aplikacjach o mocy do 30 W,
- miękki start zapobiegający powstawaniu przeciążeń i przepięć,
- automatyczne wznowienie pracy po wystąpieniu zwarcia (oczywi-

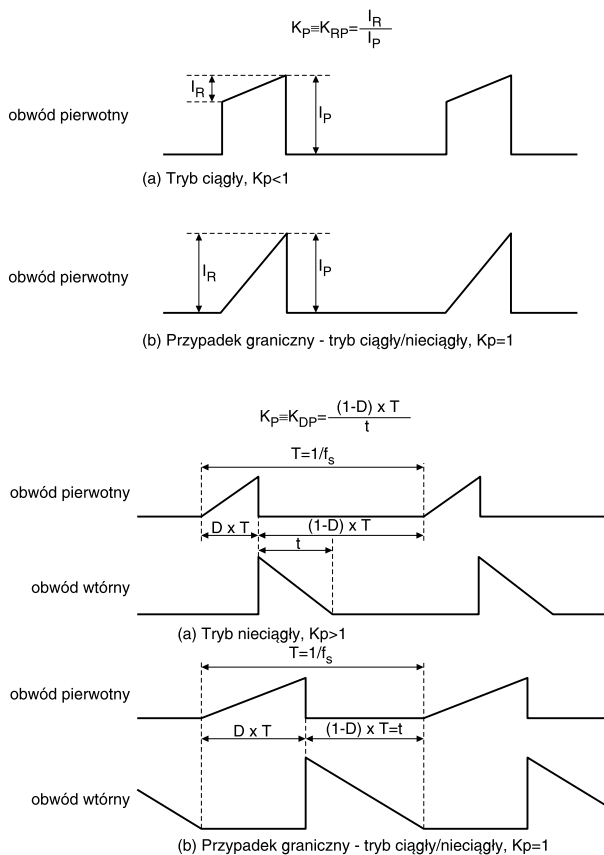
ście po usunięciu przyczyny),

- programowanie ograniczenia prądowego,
- niewielkie wartości pojemności wejściowych kondensatorów filtrujących,
- niewielkie wymiary transformatora, a co za tym idzie również całego zasilacza,
- proste wejściowe filtry EMI,
- wysoka sprawność (>75%),
- niewielka moc strat w stanie *standby*.

Niestety, jak to zwykle bywa, oprócz zalet są i wady. Do najważniejszych należy zaliczyć dość skomplikowaną budowę transformatora, co ma szczególne znaczenie w przypadku podjęcia decyzji o samodzielnym jego wykonaniu. Drugą niedogodnością, z jaką może się spotkać projektant, jest dość rozbudowany algorytm obliczania poszczególnych elementów składowych zasilacza. Na szczęście producenci podzespołów wykorzystywanych w tych zasilaczach najczęściej oferują odpowiednie oprogramowanie w znacznym stopniu automatyzujące ten etap tworzenia projektu. Jeśli nawet ktoś zdecyduje się na ręczne wykonanie obliczeń, to udostępnione w



Rys. 1. Podstawowa konfiguracja zasilacza *flyback*



Rys. 2. Przebiegi prądowe w wybranych punktach zasilacza flyback występujące w różnych trybach pracy

notach aplikacyjnych algorytmy pozwolą na w miarę bezstresowe przebrnięcie przez tę fazę projektu. Aby - jak to nasi dziadowie mawiali - po próżnicy nie gadać, prześledzimy poniżej tok obliczeniowy przykładowego zasilacza flyback. Z przyczyn obiektywnych nie będziemy zbyt głęboko wchodzić w szczegóły, a w razie konieczności należy ich szukać w notach katalogowych i aplikacyjnych.

Przykładowe obliczenia zasilacza flyback wykorzystującego elementy TOPSwitch-GX firmy Power

Integrations

Jednym z wiodących producentów podzespołów przeznaczonych do budowy zasilaczy impulsowych jest istniejąca od 1988 roku firma Power Integrations. W jej ofercie można znaleźć układy serii LinkSwitch, DPA-Switch, TinySwitch i TOPSwitch. Każda nich została opracowana pod kątem zróżnicowanych zastosowań, takich jak: ładowarki, popularne zasilacze wtyczkowe, zamienniki klasycznych regulatorów liniowych do zastosowań domowych i profesjonalnych, przetwornice DC-DC, energooszczędne, tanie zasilacze do zastosowań uniwersalnych. Na-

szą uwagę skupimy na układach TOPSwitch, dla których został opracowany specjalny zestaw ewaluacyjny, testowany w naszej redakcji. Jak już wiemy, projektowanie zasilacza pracującego w konfiguracji flyback nie jest zajęciem łatwym, dysponując jednak sprawdzonym algorytmem obliczeniowym z problemem tym można sobie jakoś poradzić nawet nie będąc ekspertem w tej dziedzinie. A na pomoc eksperta możemy w każdej chwili liczyć. Będzie to jednak tylko program PIEexpert (wraz z PIDesignerem), który można pobrać ze strony <http://www.powersint.com/designsoftware.htm>. Programy te są również dostarczane na CDROM-ie w zestawie ewaluacyjnym. Nie rozwiążą one naszych wszystkich wątpliwości. Rzadko kiedy bowiem udaje się, nawet przy ich użyciu, zaprojektować zasilacz spełniający nasze założenia wstępne tak, by nie były zgłaszane uwagi modułu optymalizującego. Wtedy musimy jednak skorzystać z nabytej gdzieś wiedzy na temat zasilaczy flyback i umiejętnie dopasować parametry końcowe projektu.

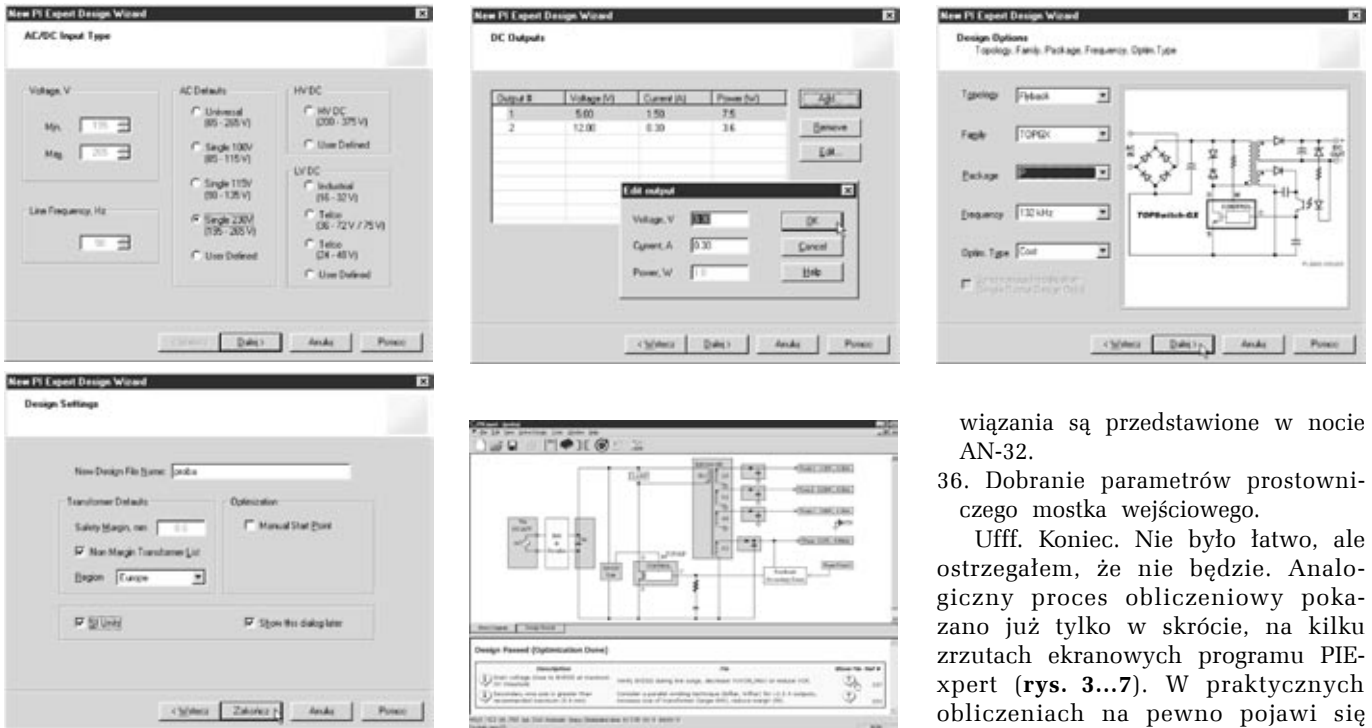
Spróbujmy teraz zobaczyć jak trudne jest projektowanie zasilacza flyback.

Podstawową konfigurację takiego zasilacza przedstawiono na rys. 1. A oto kolejne etapy obliczeń:

1. Określenie parametrów wejściowych: V_{ACMAX} , V_{ACMIN} - minimalna i maksymalna wartość wejściowego napięcia przemiennego [V], f_L - częstotliwość sieci (50 lub 60 Hz), V_0 - napięcie wyjściowe [V], P_0 - moc wyjściowa [W], η - sprawność zasilacza, Z - współczynnik tzw. *loss allocation factor*.
2. Wybranie typu sprzężenia zwrotnego i napięcia V_B (*bias voltage*). Parametry te dobiera się na podstawie odpowiedniej tabeli udostępnianej w notach aplikacyjnych (np. AN-32). Typ sprzężenia zależy od przeznaczenia zasilacza, zakładanych kosztów i mocy wyjściowej. Najprostsze obwody mogą się

składać z rezystora i diody Zenera, bardziej skomplikowane wymagają transoptorów lub zalecanych przez producenta typów optycznych układów sprzęgających.

3. Określenie minimalnego i maksymalnego napięcia stałego V_{MIN} , V_{MAX} oraz pojemności kondensatora wejściowego C_{IN} na podstawie napięcia wejściowego i mocy wyjściowej. Pojemność dobiera się na podstawie tabeli, napięcia zaś oblicza się z podanych w notach aplikacyjnych wzorów.
4. Określenie napięcia V_{OR} i parametrów diody zabezpieczającej V_{CLO} . Przyjmuje się, że dla zasilacza z wieloma wyjściami $V_{OR} = 100$ V, natomiast dla pojedynczego wyjścia $V_{OR} = 120$ V. W przypadku stosowania układów TOPSwitch-GX maksymalną moc uzyskuje się dla $V_{OR} = 135$ V.
5. Ustalenie parametru K_p określającego kształt impulsów prądowych. Układ może pracować w trybie tzw. ciągłym lub nieciągłym (rys. 2). Obliczenia prowadzi się w ogólnym przypadku na podstawie podanego wzoru. Dla typowego napięcia zasilającego 230 VAC i trybu ciągłego można przyjąć: $K_p = 0,6$. Współczynnik ten nie może przekraczać wartości podanych w specjalnej tabeli.
6. Określenie współczynnika D_{MAX} na podstawie V_{MIN} i V_{OR} . Obliczenia na podstawie podanych wzorów.
7. Obliczenie wartości szczytowej prądu pierwotnego I_p . Obliczenia na podstawie podanych wzorów.
8. Obliczenie wartości RMS prądu pierwotnego I_{RMS} . Obliczenia na podstawie podanych wzorów.
9. Dobranie typu układu TOPSwitch-GX na podstawie wejściowego napięcia przemiennego, napięcia wyjściowego i mocy wyjściowej, bazując na charakterystykach zamieszczonych w nocie AN-29. Ze względów ekonomicznych należy wybrać minimalną wersję układu spełniającą założone parametry.
10. Ustalenie wartości I_{LIMIT} oraz współczynnika K_I dla zewnętrznego ograniczenia prądu I_{LIMIT} . Obliczenia na podstawie wzorów i wskazówek podanych w nocie aplikacyjnej.
11. Weryfikacja typu układu poprzez sprawdzenie wartości prądu I_p i ponownie I_{LIMIT} .
12. Obliczenie indukcyjności uzwojenia pierwotnego. Obliczenia na podstawie podanych wzorów.
13. Dobór parametrów rdzenia i karasku transformatora na podstawie



Rys. 3...7. Zrzuty ekranowe programu PIExpert

- częstotliwości kluczowania f_s oraz mocy P_0 . W zamieszczonej w nocie AN-32 tabeli znajdują się typowe rdzenie zalecane do współpracy z układami TOPSwitch.
14. Ustalenie liczby warstw uzwojenia pierwotnego L oraz liczby zwojów uzwojenia wtórnego N_s . Obliczenia wykonuje się iteracyjnie.
 15. Obliczenie liczby zwojów uzwojenia pierwotnego N_p oraz liczby zwojów uzwojenia *bias* N_B .
 16. Określenie parametrów mechanicznych uzwojenia pierwotnego.
 - 17...22. Sprawdzenie parametrów B_M , C_{MA} i L_g . Może się okazać konieczne iteracyjne wykonanie obliczeń dla różnych wartości parametrów L i N_s oraz parametrów rdzenia i karkasu. Obliczenia prowadzi się na podstawie podanych wzorów, tabel i zaleceń.
 23. Sprawdzenie, czy $B_p \leq 4200$. Jeśli się okaże konieczne, to należy zmniejszyć I_{LIMIT} i K_p . Ograniczenie indukcji w rdzeniu do wartości $0,42 \cdot T$ jest konieczne dla zapewnienia, aby rdzeń transformatora się nie nasycał.
 24. Obliczenie wartości szczytowej prądu uzwojenia wtórnego I_{SP} .
 25. Obliczenie wartości RMS prądu uzwojenia wtórnego I_{SRMS} .
 26. Określenie parametrów mechanicznych uzwojenia wtórnego.
 27. Obliczenie prądu tętnień konden-

- satora wyjściowego I_{RIPPLE} .
28. Obliczenie szczytowej wartości napięcia inwersyjnego dla uzwojenia pierwotnego i *bias* - PIV_s , PIV_B .
 29. Dobranie diody zabezpieczającej na podstawie napięcia V_{OR} oraz typu wyjścia. Preferowane typy zawarte są w tabeli zamieszczonej w nocie aplikacyjnej AN-32.
 30. Dobranie wyjściowej diody prostowniczej. Doboru dokonuje się na podstawie parametrów podzespołów zawartych w tabeli zamieszczonej w nocie aplikacyjnej AN-32.
 31. Dobranie kondensatora wyjściowego. W zależności od napięć i prądów wyjściowych zalecane są pojemności 330 μF oraz 1000 μF proponowanych producentów.
 32. Określenie parametrów L i C filtru wyjściowego. Wartość indukcyjności mieści się w przedziale od 2,2 μH do 4,7 μH .
 33. Dobranie prostownika obwodu *bias* na podstawie tabeli.
 33. Dobranie kondensatora obwodu *bias*. Praktycznie zawsze stosuje się kondensator ceramiczny 0,1 $\mu F / 50 V$.
 34. Dobranie kondensatora i rezystora szeregowego wyprowadzenia CONTROL. W praktyce stosuje się kondensator elektrolityczny 47 $\mu F / 10 V$ i rezystor 6,8 $\Omega / 0,25 W$.
 35. Dobranie konfiguracji obwodu sprzężenia zwrotnego. Zalecane roz-

wiązania są przedstawione w nocie AN-32.

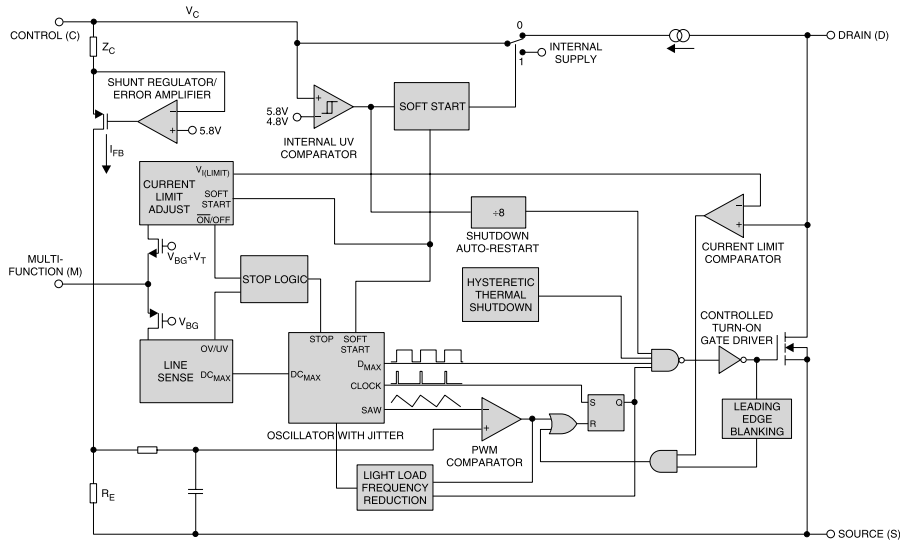
36. Dobranie parametrów prostowniczego mostka wejściowego.

Ufff. Koniec. Nie było łatwo, ale ostrzegąłem, że nie będzie. Analogiczny proces obliczeniowy pokazano już tylko w skrócie, na kilku zrzutach ekranowych programu PIExpert (rys. 3...7). W praktycznych obliczeniach na pewno pojawi się mnóstwo dodatkowych wątpliwości. Już po wstępnym zapoznaniu się z dokumentacją widać, że nasze obawy może wzbudzać transformator, w szczególności jego praktyczna realizacja. Pomocą dla konstruktora będzie nota aplikacyjna wyjaśniająca szczegóły projektowania tego podzespołu. Nota ta jest dostępna pod adresem: <http://www.powerint.com/PDFFiles/an18.pdf>. Gdyby okazało się, że zadanie to przekracza jednak zdolności wykonawcze (co jest wysoce prawdopodobne), można skorzystać z gotowych produktów oferowanych przez wielu producentów. Prawdę mówiąc, najczęściej będzie to najrozsądniejsza decyzja, tym bardziej, że gotowe podzespoły są dostępne nawet u polskich dystrybutorów, np. <http://www.feryster.com.pl/polski/loader.html>.

Przed rozpoczęciem poważnego stosowania zasilaczy *flyback* bazujących na elementach TOPSwitch-GX na pewno warto się z nimi zapoznać praktycznie. Najlepszą metodą będą próby prowadzone w oparciu

Dodatkowe informacje

Nazwa *flyback* stosowana w odniesieniu do topologii zasilaczy prawdopodobnie pochodzi od nazwy transformatorów wysokiego napięcia wykorzystywanych niegdyś w monitorach. W transformatorach takich wysokie napięcie ładujące pojemność CRT jest generowane przez gwałtowny zanik pola magnetycznego w rdzeniu podczas szybkiego powrotu płamki. Wiązka elektronów powraca (*fly back*) na pozycję początkową nowej linii. Do pracy w takich warunkach wymagane są transformatory specjalnej konstrukcji - zupełnie nie nadają się do tego rozwiązania klasyczne.



Rys. 8. Schemat blokowy układu TOPSwitch-GX I jako ewentualna ciekawostka

o zestaw ewaluacyjny. Wraz z gotowym do pracy zasilaczem otrzymujemy „czystą” płytkę drukowaną oraz próbki (2 szt.) układów TOP245P, dzięki którym możemy łatwo zrealizować własną wersję projektu. Na wyróżnienie zasługuje bardzo starannie i dokładnie opracowana dokumentacja techniczna. Oprócz wiedzy ogólnej uzyskujemy z niej również bardzo konkretną pomoc w pracach obliczeniowych, a własne koncepcje możemy weryfikować analizując bar-

dzo liczne gotowe aplikacje - ładowarki akumulatorów, przetwornice, zasilacze dla odtwarzaczy DVD, itp.

Czym właściwie jest TOPSwitch-GX?

No ładnie, potrafimy już niemal samodzielnie projektować zasilacze pracujące w konfiguracji *flyback*, a nie wiemy, co się kryje wewnątrz niepozornie wyglądającego układu TOPSwitch-GX. Dogłębna wiedza na ten temat właściwie nie jest nam specjalnie potrzebna, ale z czystej ciekawości odkryjemy wieczo układu i przeszlifujemy jego strukturę. Budowa wewnętrzna TOPSwitcha jest przedstawiona na schemacie blokowym (rys. 8). Najważniejszym elementem jest wysokonapięciowy

tranzystor mocy MOSFET. Jest też blok sterowania PWM współpracujący z układem miękkiego startu oraz blokiem regulacji i ograniczenia prądu oraz obwodem wykrywającym napięcie wejściowe. Pracą poszczególnych bloków steruje odpowiednio opracowana część cyfrowa układu TOPSwitch-GX. Tranzystor mocy, komparatory analogowe, przerzutniki, bramki, wzmacniacze operacyjne, a więc sporo elementów zasadniczo różniących się funkcjonalnością, a nawet technologią. Wszystko w jednej strukturze. Myślę, że opracowanie takiego układu było sporym wyzwaniem dla inżynierów firmy Power Integrations.

Czy skórka warta jest wyprawki? Nie ukrywam, że po pierwszych swoich próbach z układami TOPSwitch daleki jestem od nazwania się specjalistą w dziedzinie projektowania zasilaczy *flyback*, ale nie o to przecież chodzi. Wszystko jest kwestią tylko sporej praktyki, którą nabywa się w czasie. Nie trzeba jednak być wybitnym znawcą, żeby zauważyć niezaprzeczone zalety tego typu rozwiązań. Może *flybacki* nie zainteresują amatorów, ale zdziwiłbym się, gdyby przeszli obok nich obojętnie specjaliści, szczególnie zaangażowani w produkcję różnego typu urządzeń elektronicznych. A wiadomo przecież nie od dziś, że każdy sprzęt elektroniczny będzie działał lepiej, jeśli zostanie włączony do zasilania.

Jarosław Doliński, EP
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

Dodatkowe informacje

Zestaw ewaluacyjny dla układów TOPSwitch-GX udostępniła redakcji firma Memec - autoryzowany dystrybutor Power Integrations. Informacje: Memec Polska Sp. z o.o., 44-101 Gilwice, ul. Sowińskiego 5, tel. (032) 238-03-60

ACSELEKTRONIK

Szydłowiec 26-500 ul.Kolejowa 11 e-mail: acs@acs.ats.pl
 Tel/fax 0486176000, tel 0600332061

OSCYSKOPIY CYFROWE

www.acs.ats.pl

PROGRAMATORY PAMIĘCI

Uniwersalne programatory Vi-LAB, ERICA, Ps32

- ✓ Vi-LAB wirtualne laboratorium
- ✓ programator 1400 układów, ZIF 48Pin 0,3"-0,6"
- ✓ tester TTL, CMOS, PLD
- ✓ emulator czasu rzeczywistego (8MB-16Bit 27xxx, 62xxx, 24Cxx, 33Cxx, 25/95xxx)
- ✓ komunikacja port drukarkowy ECP
- ✓ samodzielne dodawanie nowych algorytmów język ISPA



Profesjonalne programatory XELTEK



- SuperPRO 8000, 2000, 680, V, LX, 280, Z**
- ✓ obsługa ponad 8000 układów
 - ✓ modele z LCD pracujące bez komputera
 - ✓ programatory wielokrotnie o wydajności 1000 układów/h
 - ✓ praca z układami większymi niż 100końcówek

ADS 220 2x60MHz 200MSPS



- ✓ pasmo 2x60MHz
- ✓ rozdzielczość 8bitów/kanal
- ✓ próbkowanie 2x200MSPS, 3.3 x pasmo
- ✓ zakres 5mV-5V/DIV (1:1)
- ✓ zewnętrzny kanał wyzwalania EXT
- ✓ analiza FFT
- ✓ interpolacja przebiegów sin(x)/x
- ✓ autokalibracja 24bitowa
- ✓ wyjście kompensacji sond pomiarowych
- ✓ impedancja wejściowa 1M, pojemność 20pF
- ✓ połączenie z komputerem IEEE1284-ECP
- ✓ pełny resampling przebiegu (możliwość zmiany czasu i wzmocnienia na zatrzymanym przebiegu)
- ✓ automatyczne pomiary: częstotliwość, okres, peak to peak, RMS, wartość średnia
- ✓ symulacja wirtualnej płyty czołowej oscyloskopu
- ✓ oparty na układach AnalogDevices, Burr-Brown, Xilinx
- ✓ w połączeniu z komputerem notebook - idealne stanowisko pomiarowe