

TinySwitch

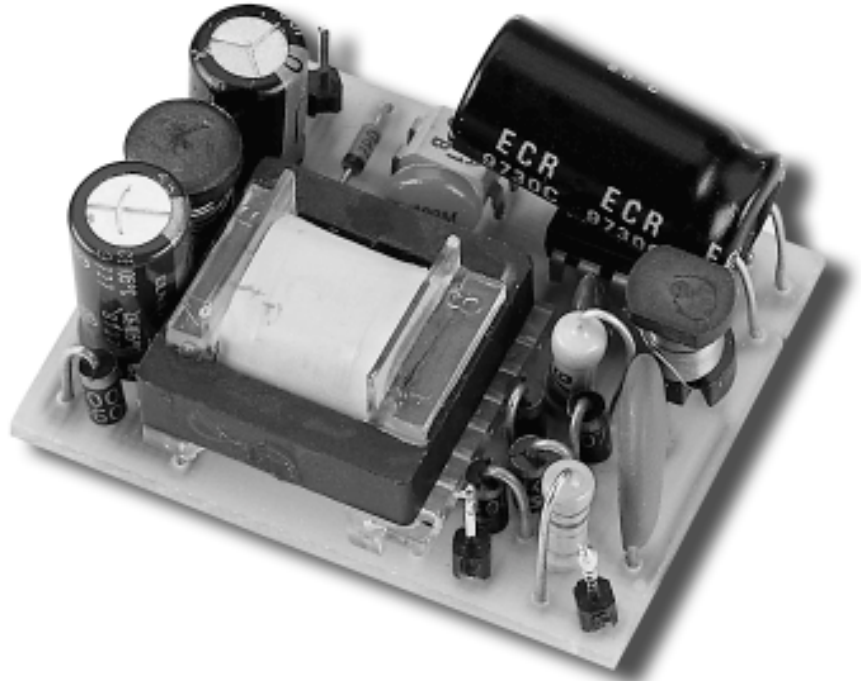
czyli zasilacz w pudełku od zapalek

AVT-822

Większość elektroników interesujących się zasilaczami impulsowymi zna zapewne popularne układy TOP-Switch umożliwiające łatwą budowę prostych zasilaczy na zakres mocy wyjściowej 5..100W.

Najnowszy produkt firmy Power Integrations - TinySwitch, jak już wskazuje nazwa, jest prostym sterownikiem zasilaczy małej mocy, maksymalnie do 10W.

Układu Tiny Switch nie uzyskano jednak przez proste przekonstruowanie „starszego brata”. Ma jedynie podobną filozofię działania, ale zastosowane rozwiązania techniczne są naprawdę nowatorskie i myślę, że może być wzorem do naśladowania dla wielu konstruktorów.

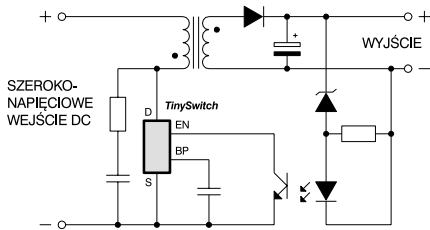


Tiny Switch jest kompletnym, monolitycznym sterownikiem zasilacza impulsowego małej mocy, pracującego w konfiguracji przetwornicy zaporowej z izolacją galwaniczną (ang. off-line flyback converter). W stosunku do wielu istniejących na rynku rozwiązań, zasilacz zbudowany w oparciu o omawiany kontroler charakteryzuje się przede wszystkim wyjątkowo małą liczbą elementów zewnętrznych (rys. 1), tak iż cenowo układ staje się konkurencyjny w porównaniu do klasycznych zasilaczy z transformatorem sieciowym. Jasne już chyba jest, iż podstawowe zastosowanie układu to miniaturowe, lekkie i wydajne zasilacze wykonane w formie wtyczki sieciowej.

W strukturze kontrolera zintegrowano w zasadzie wszystkie elementy zasilacza (rys. 2). Znajduje się tam tranzystor kluczujący MOS o maksymalnym napięciu dren-źródło 700V, wewnętrzny oscylator o stałej częstotliwości pracy, modulator PWM ze wzmacniaczem napięcia błędów, genialny układ zasilania i obwody zabezpieczeń (termiczne, zwarciovowe, nad- i podnapięciowe).

Tak duże napięcie pracy klucza pozwala na bezproblemową pracę układu przy zasilaniu go z bezpośrednio wyprostowanego napięcia sieci aż do 265VAC. Uważny Czytelnik dostrzeże jeden z najważniejszych atutów układu Tiny - do pracy nie wymaga ani rezystora startowego (włączonego pomiędzy zasilanie układu a wysokonapięciowy plus zasilania), ani pomocniczego źródła zasilania, zwykle tworzonego za pomocą dodatkowego uzwojenia transformatora impulsowego z prostownikiem. Tak naprawdę układ zasila się sam, w strukturę pomiędzy wyprowadzenie drenu klucza a wewnętrzne zasilanie układu wbudowane zostało przełączane, wysokonapięciowe źródło prądu.

Gdy klucz jest zatkany, od plusa zasilania poprzez pierwotne uzwojenie transformatora płynie niewielki prąd, a wspomniane źródło prądu ładuje do napięcia 5,8V pomocniczy kondensator dołączony do końcówki BP. W momentach, gdy tranzystor kluczujący przewodzi, źródło prądu jest zablokowane, a zasilanie układu Tiny jest podtrzymywane dzięki ładunkowi zgromadzonemu we



Rys. 1. Podstawowy schemat aplikacyjny zasilacza z układem TinySwitch.

wspomnianej pojemności.

Taki schemat zasilania jest tylko pozornie skomplikowany - wszystko i tak dzieje się w sposób niewidoczny, bo realizowane jest wewnątrz układu scalonego, a w zamian otrzymujemy prostą konstrukcję transformatora. Tylko dwa uzwojenia, w połączeniu z wysokonapięciowym kluczem wytrzymującym skoki napięcia aż do 700V, pozwoliły również na zastosowanie prostego dwójnika RC do tłumienia przepięć generowanych przez indukcyjność rozproszenia transformatora.

Drugim atutem sterownika TinySwitch jest wyjątkowo mały pobór mocy z sieci w stanie bez obciążenia. Typowe zasilacze sieciowe z transformatorem 50Hz, nawet nie obciążone, pobierają z sieci od 10 do 30% mocy nominalnej. W klasycznych zasilaczach impulsowych wartość ta jest nieco mniejsza, ale również znacząca. Nie ma to większego znaczenia w przypadku zasilaczy z wyłącznikiem, jednak zasilacze wykonywane w postaci wtyczki często nie są wyłączane z sieci nigdy, nawet gdy zasilane urządzenie (np. telefon komórkowy) nie pobiera prądu. Jeden czy też dwa waty pobieranej mocy może wydawać się kosztowo niewielkie (nie więcej niż 5zł na rok), jednak w skali globalnej są to koszty jak najbardziej istotne. Nie obciążony zasilacz z układem Tiny pobiera typowo jedynie 70..80mW z sieci. Redukcja mocy jest więc znacząca.

Podstawowe parametry zasilacza:

- Zakres napięć wejściowych: 100..240VAC
- Napięcie wyjściowe: 9V ±5%
- Moc wyjściowa: 3W
- Sprawność: ok. 75%
- Stabilizacja w funkcji obciążenia: ±2%
- Stabilizacja w funkcji zmian napięcia sieci: ±1%
- Wymiary: 45 x 35 x 17 mm

Aby zasilacz impulsowy był konkurencyjny cenowo w stosunku do tradycyjnego odpowiednika, używane do jego budowy podzespoły również nie mogą być zbyt wyszukane. W odróżnieniu od znanej rodziny sterowników Top-Switch, układy Tiny pracują typowo z częstotliwością 44kHz. Pozwala to użyć tanich i ogólnodostępnych ferrytów. Niższe wymagania stawia się też diodzie na wyjściu uzwojenia wtórnego i kondensatorom filtrującym. Dla osób potrzebujących w oparciu o układ Tiny wykonać zasilacz o możliwie dużej mocy wyjściowej (10W), Power Integrations przygotował specjalną wersję układu taktowaną z częstotliwością 130kHz. Podstawowe parametry układów serii Tiny zebrane zostały w **tab. 1**.

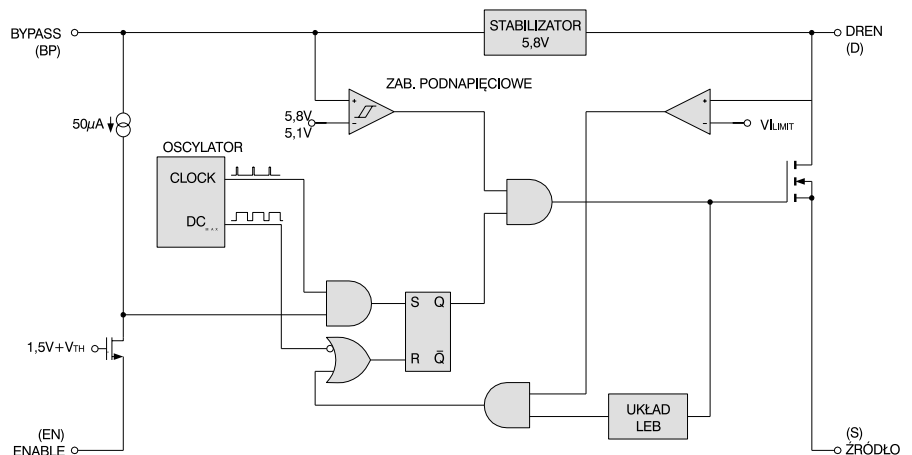
Opis układu

Schemat elektryczny zasilacza przedstawiono na **rys. 3**. Napięcie sieci, poprzez rezystor R1 pełniący funkcję zarówno bezpiecznika jak i elementu ograniczającego impuls prądu w momencie włączenia układu do sieci, jest prostowane w mostku D1..D4 i filtrowane za pomocą kondensatora elektrolitycznego C2. Z uwagi na małą moc układu pomiędzy prostownik a C2 włączony został prosty filtr LC, którego zadaniem jest niedopuszczenie do przenikania do sieci zakłóceń generowanych przez zasilacz. Z uwagi na konieczność minimalizacji zakłóceń, dobrym pomysłem jest użycie jako C2 kondensatora w wersji o obniżonej wartości rezystancji ESR. Odfiltrowane napięcie podawane jest na transformator impulsowy Tr1.

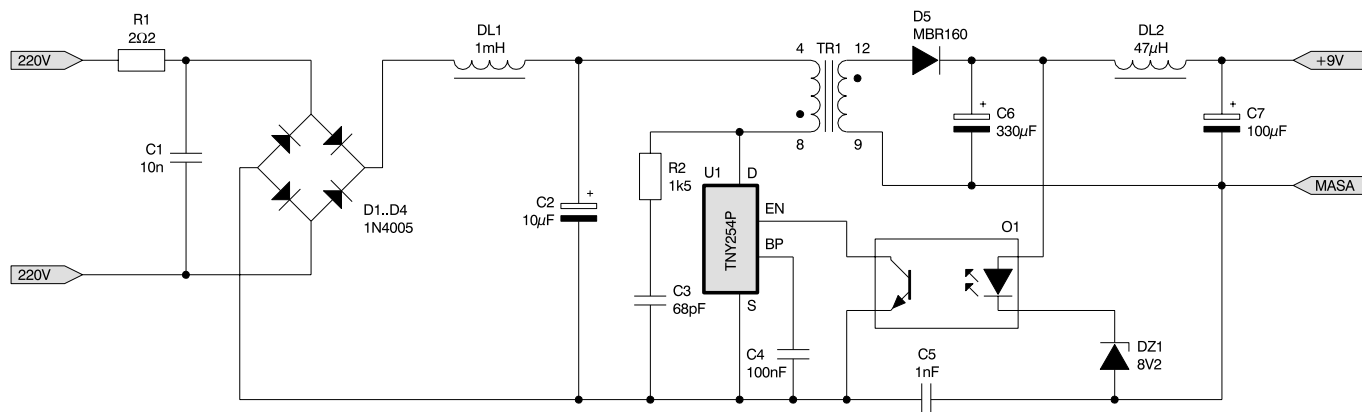
Dolny koniec pierwotnego uzwojenia Tr1 dołączony jest bezpośrednio do zawartego w strukturze U1 drenu tranzystora kluczującego. Szeregowy dwójnik R2-C3 ogranicza do bezpiecznej wartości amplitudę szpilkowych przepięć pojawiających się na drenie klucza w momencie jego wyłączenia, pochodzących od indukcyjności rozproszenia transformatora impulsowego Tr1.

Końcówka BP (bypass) układu U1 jest wyjściem wewnętrznego zasilania układu Tiny. Kondensator C4 jest źródłem energii zasilania dla U1 w chwili, gdy tranzystor kluczujący przewodzi. Wartość pojemności wyznacza również stałą czasową obwodu powolnego startu układu.

Końcówka EN U1 (enable) jest używana do stabilizacji napięcia wyjściowego zasilacza i wewnętrznie dołączona została do źródła prądu o wydajności 50µA. Wartość napięcia panującego na wejściu EN jest sprawdzana przy każdym narastającym zboczku sygnału zegarowego, a więc na początku każdego cyklu włączenia klucza. W chwili, gdy napięcie EN jest niskie (poniżej 1,5V), klucz nie zostaje włączony. W przeciwnym przypadku klucz jest włączany na czas trwania cyklu. Taka praca, z tzw. gubieniem impulsów, daje w efekcie prostą konstrukcję układu kontroli napięcia i eliminuje większość problemów związanych z kompensacją pętli sprzężenia zwrotnego zasilacza. Jedyną wadą jest możliwość generacji słyszalnego szumu akustycznego (cichych pisków w transformatorze), jaki może po-



Rys. 2. Schemat blokowy układu TinySwitch.


 Rys. 3. Schemat elektryczny zasilacza z układem *TinySwitch*.

wstać przy pracy bez obciążenia. Wtedy to klucz jest włączany raz na kilka cykli zegara, reszta włączeń zostaje pominięta. Wspomniany szum można ograniczyć do wartości praktycznie niesłyszalnych poprzez solidne sklejenie rdzenia transformatora i ciasne nawinięcie uzwojeń.

Przetransformowane napięcie jest filtrowane za pomocą dwóch kondensatorów elektrolitycznych C6 i C7. Włączony pomiędzy nie dławik D12 dodatkowo ogranicza wartość napięcia tętnień na wyjściu. Kontrola napięcia wyjściowego jest realizowana w sposób najprostszy - szeregowo włączona dioda Zenera DZ1 z diodą LED zawartą w optoizolatorze dają w efekcie wzrost przewodzenia fototranzystora i spadek napięcia na końcówce EN.

Zdanie komentarza należy jeszcze poświęcić roli kondensatora C5 w układzie zasilacza. Jak wynika ze schematu, łączy on masę strony wtórnej ze stroną pierwotną. Z uwagi na bezpieczeństwo użytkownika wartość jego pojemności powinna być jak najmniejsza, zaś izolacja (i napięcie przebicia) jak najlepsza. Elementy na-

dające się do tego celu, a więc spełniające kryterium jakości izolacji oznaczone są symbolem Y1 i właśnie takich powinno się użyć. Zadaniem kondensatora C5 jest eliminacja zakłóceń, jakie przenoszą się ze strony pierwotnej zasilacza na stronę wtórną poprzez pojemności międzyuzwojeniowe transformatora. Nawet jeśli pojemności te są niewielkie, to i tak z uwagi na dużą wartość napięć panujących po stronie pierwotnej - przenikanie zakłóceń jest istotne i często jest źródłem złej pracy układu (np. podwzbudzenia). Można uniknąć stosowania omawianej pojemności przez ekranowanie uzwojeń, jednak w przypadku tak prostych układów zaproponowane rozwiązanie jest o wiele prostsze i jednocześnie skuteczne.

Transformator

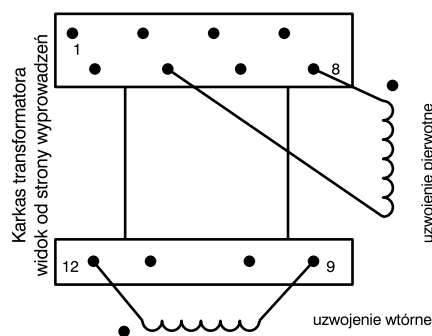
Do wykonania transformatora (rys. 4) wykorzystany został tani rdzeń typu EE20 z materiału F807 firmy Polfer wraz z karkasem. Nawijanie rozpoczyna się od uzwojenia pierwotnego, które liczy 146 zwojów drutu emaliowanego DNE0,1mm, nawiniętego w trzech lub czterech warstwach (miejsca do nawinięcia jest dosyć).

Przy nawijaniu uzwojeń istotne jest zachowanie tego samego kierunku, tak aby zachować wła-

ściwy rozkład początków i końców. W przeciwnym przypadku zasilacz nie będzie działał, a nawet może ulec uszkodzeniu. Początek uzwojenia pierwotnego mocujemy do końcówki 8 karkasu, koniec do końcówki 4. Każdą nawiniętą warstwę trzeba starannie zaizolować cienką taśmą poliesterową, aby uniknąć przebić międzywarstwowych. Gotowe uzwojenie również izolujemy potrójną warstwą folii.

Uzwojenie wtórne ma 16 zwojów drutu DNE0,3mm. Początek łączymy do końcówki 12, a koniec do 9. Całość starannie izolujemy.

Na koniec zostało wykonanie w rdzeniu szczeliny powietrznej, dostępne bowiem w handlu detalicznym rdzenie sprzedawane są bez szczeliny. Ponieważ szczelina ma mieć jedynie 0,16mm, najprościej można ją wykonać ścierając powierzchnię kolumny środkowej rdzenia drobnym pilnikiem (tzw. iglak). Dobrym pilnikiem (najlepiej takim z podsypką diamentową) szczelinę wykonamy dosłownie kilkoma pociągnięciami. Ważne jest jednak, aby za każdym pociągnięciem prowizorycznie składać rdzeń i kontrolować indukcyjność uzwojenia pierwotnego, tak aby z początkowej około 15mH spadła do pożądanej wartości 4,5mH. Gotowy rdzeń skle-



Rys. 4. Wyprowadzenia transformatora TR1.

Tabela 1. Zestawienie najważniejszych parametrów rodziny układów *TinySwitch*.

Oznaczenie	Obudowa	Częstotliwość pracy	Moc wyjściowa Zasilanie 220V±20%	Moc wyjściowa Zasilanie uniwersalne (85..265V)
TNY253P	DIP8	44kHz	5W	2,5W
TNY253G	SMD-8			
TNY254P	DIP8		8W	5W
TNY254G	SMD-8			
TNY255P	DIP8	130kHz	10W	7,5W
TNY255G	SMD-8			

