

Impulsowy stabilizator napięcia

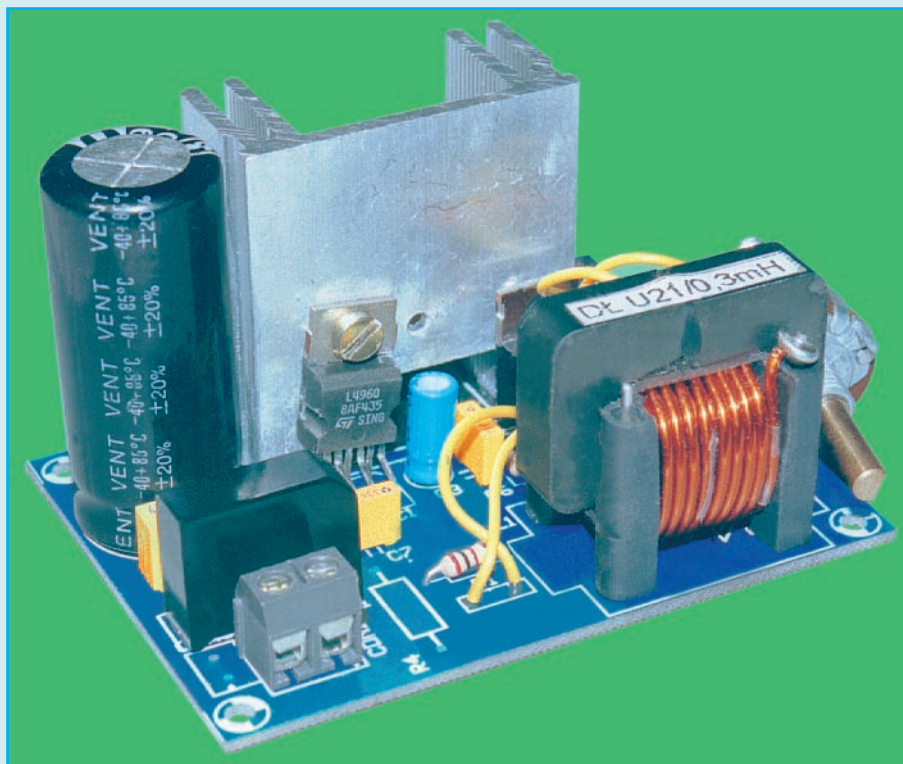
Do czego to służy?

Wokół impulsowych stabilizatorów napięcia i zasilaczy krąży wiele mitów i legend, nie zawsze mających wiele wspólnego z rzeczywistością. Według dość powszechnego przekonania, są to urządzenia bardzo trudne do zaprojektowania i wykonania, a jednocześnie odznaczające się znakomitymi parametrami i mogące zapewnić znaczne oszczędności energii elektrycznej. I w jednym i w drugim twierdzeniu jest sporo przesady i najwyższa pora, aby uporządkować sobie pewne pojęcia.

Dla wygody Czytelników i jasności opisu pozwoliłem sobie dokonać podziału zasilaczy sieciowych stosowanych w pracowniach elektronicznych, a także montowanych w gotowych urządzeniach. W dużym uproszczeniu możemy podzielić je na trzy grupy:

1. Zasilacze o działaniu ciągłym, w których proces transformacji napięcia 220V na potrzebne do dalszego wykorzystania niskie napięcie przemienne zachodzi przy częstotliwości sieci energetycznej - 50Hz. Zasilacze takie są najprostsze do zaprojektowania i wykonania, a przy tym dość tanie. Ich najpoważniejszą wadą jest konieczność stosowania radiatorów, przy większych mocach traconych o dość dużych wymiarach. Transformatory sieciowe stosowane w tych zasilaczach mają najczęściej także dość duże wymiary, co niekorzystnie rzutuje na koszty wykonania układu. Schemat blokowy zasilacza tego typu został pokazany na rysunku 1a.

2. Zasilacze wyposażone w impulsowy stabilizator napięcia mają budowę dość podobną do układów z grupy 1. Jedyną, ale dość istotną różnicą jest zastosowanie do regulacji napięcia wyjściowego stabilizatora impulsowego, co pozwala na znaczne



zmniejszenie wymiarów radiatora, a nawet rezygnację z jego stosowania. Straty mocy w stabilizatorze impulsowym są najczęściej znacznie mniejsze od mocy traconej w stabilizatorze o działaniu ciągłym, co pozwala także na zastosowanie transformatora o mniejszej mocy, wymiarach i cenie. Niestety, uzyskane oszczędności tracimy, ponieważ koszt zakupu scalonego stabilizatora impulsowego jest najczęściej o rząd wielkości wyższy od jego odpowiednika pracującego w trybie ciągłym. Na rysunku 1b możemy zobaczyć blokowy schemat zasilacza

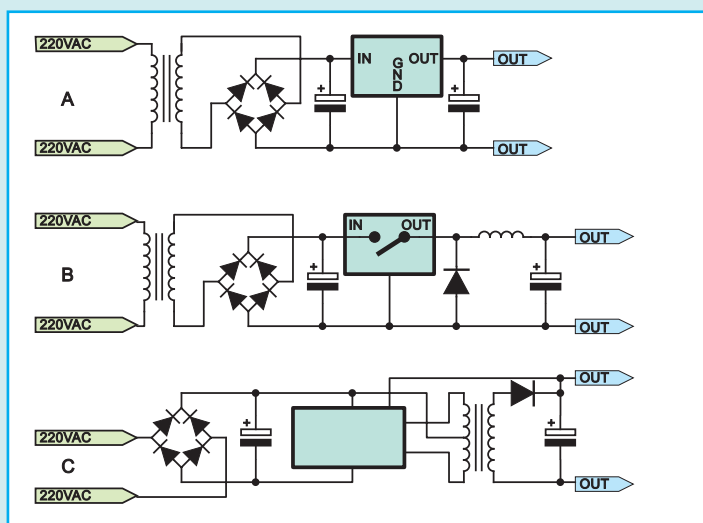
wyposażonego w impulsowy stabilizator napięcia, a za chwilę zapoznamy się z budową konkretnego układu tego typu.

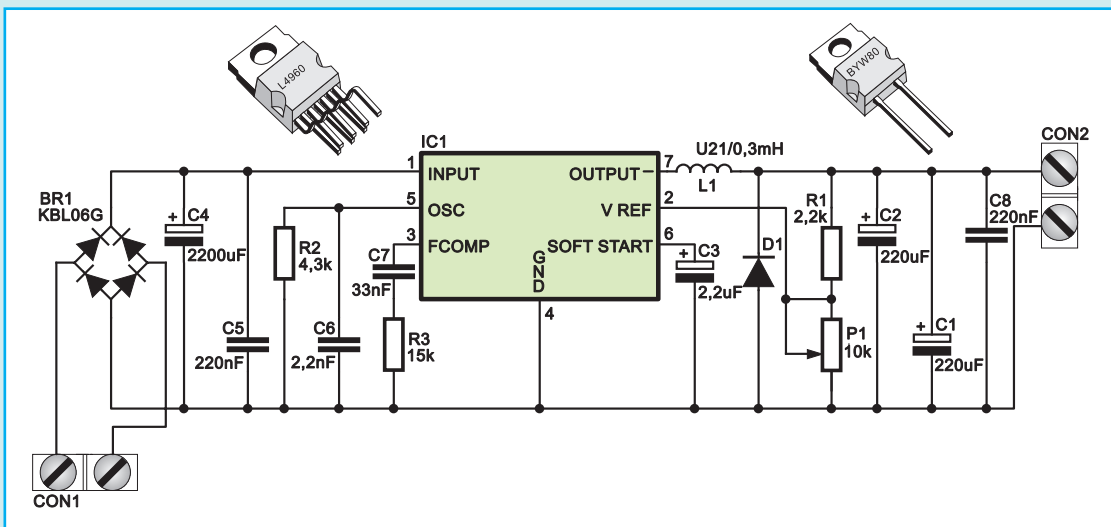
3. Dopiero zasilacze impulsowe stanowią znaczący przełom w technice konstruowania układów zaopatrujących w prąd układy elektroniczne. O ile, z punktu widzenia użytkownika różni-

ca pomiędzy dwoma wyżej wymienionymi typami zasilaczy jest niewielka, to budując zasilacz impulsowy trzeciej grupy stykamy się już z zupełnie nową jakością i nowymi możliwościami. Typowym przedstawicielem układów tej grupy jest znany każdemu zasilacz stosowany w komputerach klasy PC. Na jego przykładzie z łatwością możemy ocenić możliwości, jakie daje nam technika impulsowa: małe, lekkie pudełko jest w stanie dostarczyć prądu o natężeniu 20A/5V oraz 8A/12V, nie licząc napięć pomocniczych -12V i -5V. Moc takiego zasilacza wynosi 200W, przy nieznaczących stratach. Zasilacze impulsowe są urządzeniami dość trudnymi do zaprojektowania i wykonania, a szczególne trudności stwarza wykonanie transformatora. Nie oznacza to jednak bynajmniej, że zasilacz taki jest niemożliwy do wykonania w warunkach amatorskich. Wprost przeciwnie: w najbliższym czasie zapoznamy się z konstrukcją takiego urządzenia, którego prototyp testowany jest obecnie w Pracowni Konstruktorskiej AVT. Na razie zajmiemy się jednak zasilaczem z grupy 2, prostym i łatwym do wykonania nawet dla zupełnie niezaawansowanego konstruktora.

Czynnikami decydującym o prostocie wykonania proponowanej konstrukcji jest fakt, że do jej wykonania będziemy mogli zastosować gotowy dławik, element którego samodzielne wykonanie nastęrcza wiele

Rys. 1. Rodzaje stabilizatorów





Rys. 2. Schemat ideowy

kłopotów amatorom (a także niejednokrotnie i zawodowcom).

Proponowany układ jest typowym zasilaczem laboratoryjnym mogącym dostarczać prądu o natężeniu do 2,5A (teoretycznie, ponieważ doświadczałem stwierdziłem, że zasilacz ten może zostać obciążony prądem do 3A).

Koszt wykonania zasilacza jest stosunkowo niewielki i jak już wspomniałem może on zostać zbudowany nawet przez początkującego elektronika.

Jak to działa?

Schemat elektryczny proponowanego układu został pokazany na rysunku 2. Jak widać, sercem układu jest monolityczny scalony stabilizator napięcia typu L4960. Zastosowanie tego właśnie elementu pozwoliło na radykalne uproszczenie konstrukcji całego zasilacza i dlatego warto poświęcić trochę miejsca tej interesującej kostce.

Układ L4960 produkowany jest przez firmę SGS - Thompson. Struktura wewnętrzna tego układu (patrz rysunek 3) została bardzo dokładnie przemyślana i zawiera on w swoim wnętrzu prawie wszystkie elementy potrzebne do budowy impulsowego stabilizatora napięcia.

Są to: generator taktujący wymagając zastosowania zaledwie czterech dodatkowych elementów zewnętrznych, stopień wyjściowy mocy, układ zapewniający łagodny start po włączeniu zasilania, źródło napięcia odniesienia oraz regulator PWM (Pulse Width Modulation) sterowany za pośrednictwem wzmacniacza błędów. Wewnątrz struktury znajduje się także układ zabezpieczenia termicznego i przeciwzwarciowego i przeciążeniowego. Wewnętrzny, dodatkowy stabilizator napięcia zapewnia właściwe warunki pracy dla wbudowanego w strukturę układu logicznego. Do prawidłowego działania impulsowego stabilizatora napięcia potrzebnych jest zaledwie sześć elementów zewnętrznych (nie licząc kondensatorów blokujących i wygładzających napięcie).

mieć indukcyjność 150μH (2A). Ponieważ nie posiadałem gotowego dławika o takich parametrach, a na samą myśl o samodzielnym wykonaniu tego elementu ogarnęło mnie przerażenie, zastosowałem dławik o indukcyjności 300μH, dostępny w ofercie handlowej AVT. Po pewnych perypetiach, spowodowanych jednak nie zmianą typu dławika lecz błędnym zaprojektowaniem płytki obwodu drukowanego, układ zaczął pracować poprawnie, w całym podanym przez producenta zakresie prądów i napięć. Nie stwierdziłem także jakiegokolwiek obniżenia sprawności stabilizatora.

Kolejnym elementem decydującym o poprawnej pracy układu jest dioda D1. Zadaniem tej diody jest odprowadzenie prądu zwrotnego, który jest indukowany przez energię gromadzącą się w rdzeniu dławika

Rys. 3. Struktura wewnętrzna układu

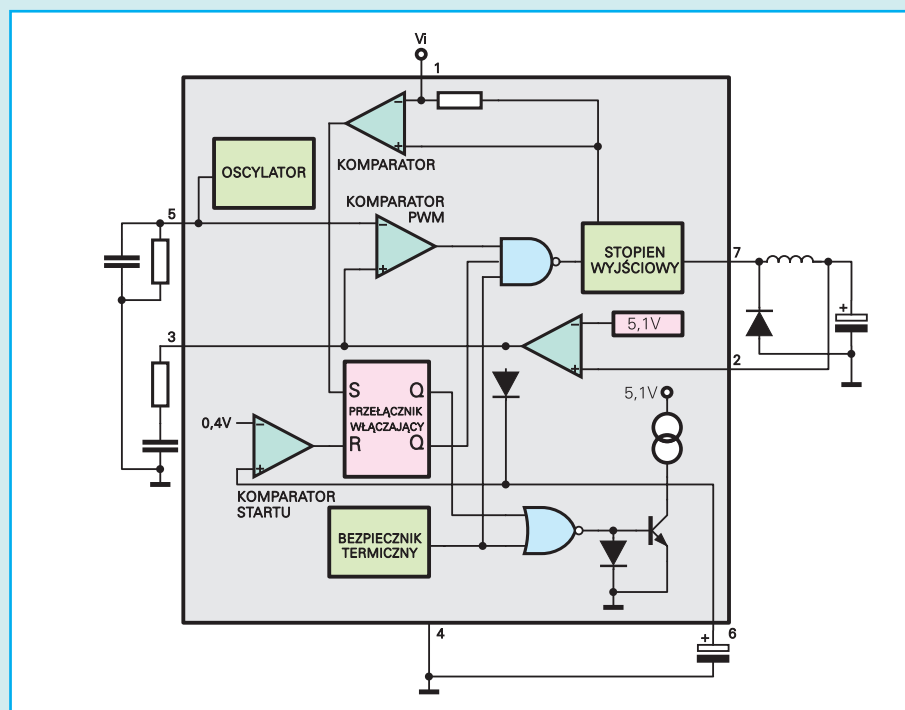
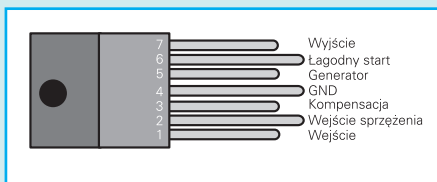


Tabela 1	
Zakres napięć wejściowych:	9...46VDC
Zakres napięć wyjściowych:	5,1...40VDC
Napięcie wewnętrznego źródła napięcia odniesienia:	5,1V
Maksymalny prąd pobierany z wyjścia:	2,5A
Minimalne napięcie pomiędzy wejściem i wyjściem:	typowo 1,4V (max. 3V)
Sprawność:	typowo 75%...85%
Częstotliwość kluczkowania stopnia wyjściowego:	typowo 100kHz
Maksymalna temperatura złącza (temperatura zadziałania zabezpieczenia termicznego):	150°C



Rys. 4. Rozmieszczenie wprowadzeń układu L4960

L1. Ze względu na chęć ograniczenia kosztów wykonania stabilizatora w układzie zastosowałem popularną diodę przełączającą typu BYW80, która spełnia swoją rolę w zadawalający sposób. Użycie bardzo szybkiej diody Schottky'ego spowodowało by wzrost sprawności układu do ok. 82 ... 85%.

Pozostałe elementy pełnią następujące funkcje:

- Kondensator C6 wraz z rezystorem R2 ustalają częstotliwość wewnętrznego generatora kluczującego, która powinna wynosić ok. 100kHz.

- Kondensator C3 określa czas trwania „miękkiego startu” stabilizatora po włączeniu zasilania, zapewniając powolne narastanie szerokości impulsów na wyjściu układu, co zapobiega przeciążeniu transformatora i prostownika oraz powstawaniu stanów niestabilnych na wyjściu układu.

- Kondensator C7 połączony szeregowo z rezystorem R3 kompensuje wewnętrzny wzmacniacz błęd.

- Rezystor R1 i potencjometr P1 tworzą dzielnik napięcia pozwalający na regulację napięcia wyjściowego w zakresie od 5 do 40VDC

Montaż i uruchomienie.

Na rysunku 5 została pokazana mozaika ścieżek płytki drukowanej wykonanej na laminacie jednostronnym oraz rozmieszczenie na niej elementów. Z pewnością uwagę wielu Czytelników zwróciło już pozornie dziwaczne prowadzenie ścieżek na powierzchni płytki: ścieżka masy prowadzi najpierw od ujemnej końcówki kondensatora C4 do wyjścia CON2 i dopiero później wraca do pozostałych elementów. Takie prowadzenie ścieżek to właśnie ta „czarna magia” związana z stabilizatorami impulsowymi. Wspomniałem już o pewnych kłopotach, na które napotkałem podczas budowy układu stabilizatora impulsowego. Spowodowane one były karygodnym dla konstruktora zaniedbaniami: niedokładnym zapoznaniem się z treścią karty katalogowej stosowanego podzespołu. Po pobieżnym przejrzaniu zawartych w katalogu informacji przystąpiłem natychmiast do projektowania płytki. Rezultat był opłakany: układ wprawdzie działał, ale przy obciążeniu nie przekraczającym 1A! Po długotrwałym poszukiwaniu błędu, przypomniałem sobie stare, słuszne powiedzenie: „Jeżeli już kompletnie nie wiesz, co masz zrobić to zjrzyj do in-

strukcji obsługi”. Ponieważ karta katalogowa jest swoistą instrukcją obsługi opisywanego w niej podzespołu elektronicznego, powtórne jej przejście spowodowało „odkrycie” podanego przez producenta schematu prowadzenia ścieżki masy w układach wykorzystujących scalony stabilizator impulsowy typu L4960. Po wykonaniu nowej, zgodnej z zaleceniami producenta płytki układ zaczął pracować poprawnie, nie stwarzając więcej kłopotów przy uruchamianiu.

Wykonanie aż dwóch prototypów daje mi pewność, że i zbudowane przez Was układy będą od początku działać poprawnie i nie będą wymagać jakichkolwiek poprawek i czynności uruchomieniowych.

Montaż układu stabilizatora wykonujemy w zasadzie w typowy sposób, rozpoczynając od wlotowania rezystorów, a kończąc pierwszą fazę montażu na zamontowaniu kondensatorów elektrolitycznych. Komentarza wymaga jedynie zamontowanie układu IC1 i diody D1 wraz z niezbędnym do ich prawidłowego funkcjonowania małym radiatorem. Problem polega na tym, że metalowe płytki mające zapewnić kontakt termiczny tych elementów z radiatorem znajdują się podczas pracy układu na różnych potencjałach i konieczne jest odizolowanie choćby jednej z nich od radiatora. W układzie modelowym pod diodę D1 zastosowałem izolacyjną podkładkę z miki i takie rozwiązanie polecam także dla Waszych konstrukcji. Kolejność montażu będzie następująca:

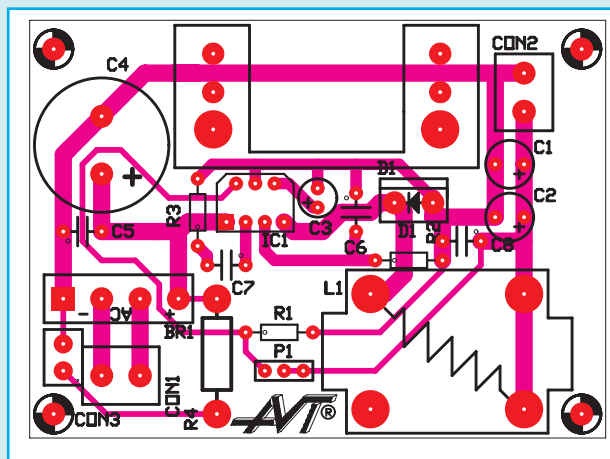
1. Przykręcamy układ IC do radiatora (po jego zwymiarowaniu i wykonaniu stosownych otworów po śrubki M3).

2. Mikową lub silikonową podkładkę izolacyjną smarujemy z obu stron termoprzewodzącą pastą silikonową.

3. W otwór w obudowie diody D1 wkładamy tulejkę izolacyjną i przykręcamy tą diodę do radiatora za pomocą śrubki M3.

4. Dopiero teraz wkładamy końcówki IC1 i D1 w przeznaczone dla nich otwory w punktach lutowniczych na płytce i lutujemy zarówno te końcówki jak i kołki stabilizujące radiator.

Zmontowany z sprawdzonych elementów układ stabilizatora działa natychmiast poprawnie i nie wymaga jakichkolwiek czynności regulacyjnych. Do wejścia CON1 należy dołączyć uzwojenie wtórne transformatora o mocy dostosowanej do maksymalnego prądu jaki mamy zamiar czerpać z naszego zasilacza. Napięcie na uzwojeniu



Rys. 5. Schemat montażowy

wtórnym transformatora nie może być wyższe niż ok. 30VAC.

Jeżeli wykonany przez nas stabilizator będzie stosowany w zasilaczu laboratoryjnym, to warto wyposażyć go w miernik napięcia i pobieranego prądu, np. AVT-2270.

Radiator zastosowany w układzie modelowym i dostarczany w kicie powinien okazać się zupełnie wystarczającym elementem chłodzącym w większości zastosowań. Gdyby jednak, w ekstremalnych warunkach układ nadmiernie się nagrzewał, to można zastosować wymuszone chłodzenie radiatora. To tego celu można użyć malutkiego wentylatorka stosowanego do chłodzenia procesorów 486 i PENTIUM. Na płytce obwodu drukowanego został umieszczony dodatkowy, nie pokazany na schemacie rezystor R4, który może posłużyć do ograniczenia prądu płynącego przez silniczek wentylatora. Wartość tego rezystora należy dobrać tak, aby napięcie na pracującym wentylatorze wynosiło ok. 12VDC. Wentylator należy dołączyć do złącza oznaczonego na płytce jako CON3.

Wykaz elementów.

Kondensatory

C1, C2	220µF/25
C3	2,2µF/25
C4	2200µF/63
C5, C8	220nF
C6	2,2nF
C7	33nF

Rezystory

P1	potencjometr obrotowy 10kΩ/A
R1	2,2kΩ
R2	4,3kΩ
R3	15kΩ

Półprzewodniki

BR1	mostek prostowniczy 3A KBL06G
D1	BYW80
IC1	L4960

Pozostałe

CON1, CON2	ARK2
Radiator typ „3”	
Podkładka mikowa pod obudowę TO-220 + tulejka izolacyjna.	