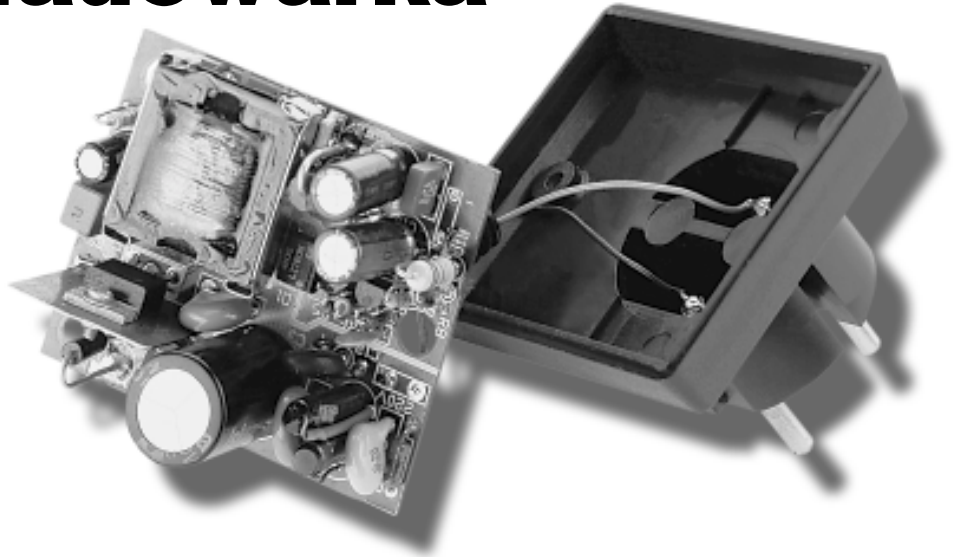


# TOP-owy zasilacz-ładowarka

## kit AVT-486

*Proponujemy wykonanie impulsowego zasilacza średniej mocy z ograniczeniem maksymalnego prądu wyjściowego. Zasilacz ma takie gabaryty, że można go zamontować w popularnej obudowie typu KM z wtyczką sieciową.*

*Pomimo małej masy i niewielkich wymiarów maksymalna ciągła moc wyjściowa wynosi aż 20W. Jest to niewątpliwie zasługą dużej częstotliwości pracy wynoszącej 100kHz i nowoczesnego sterownika impulsowego TOPSwitch.*



### Co to jest TOPSwitch?

TOPSwitch jest bardzo interesującym układem scalonym. Na jednej strukturze półprzewodnikowej zintegrowane zostały praktycznie wszystkie bloki niezbędne do budowy wysokiej jakości zaporowej przetwornicy impulsowej typu off-line. Układ umieszczony jest w zwykłej, trójkońcówkowej obudowie typu TO-220.

Najważniejsze wewnętrzne bloki TOPSwitcha to:

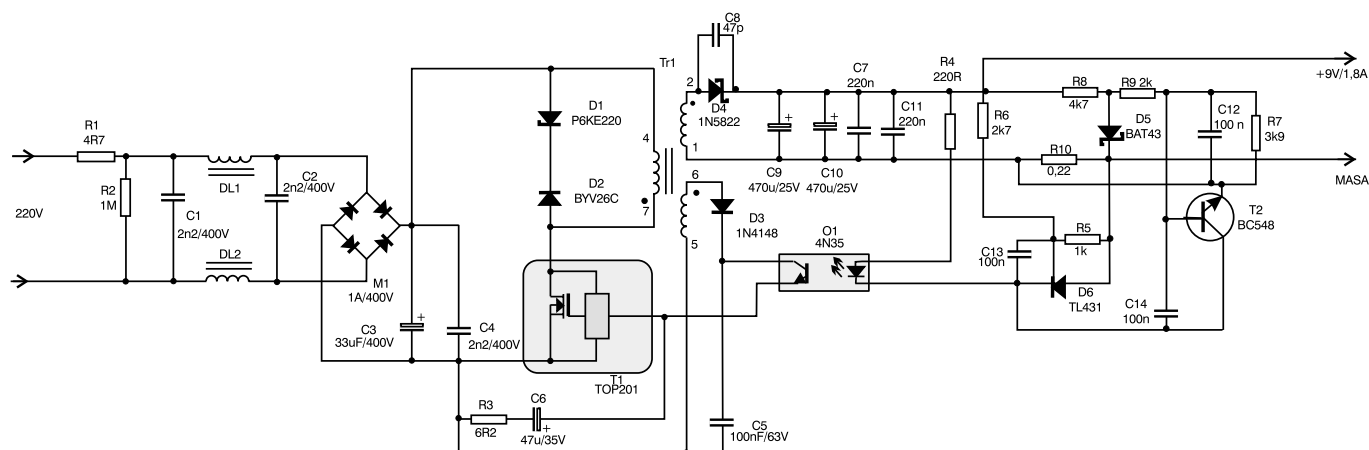
- skompensowany temperaturowo oscylator o częstotliwości pracy 100kHz, źródło napięcia odniesienia typu bandgap;
- wzmacniacz napięcia błędu wraz z modulatorem PWM;
- klucz w postaci wysokonapięciowego (700V) tranzystora N-MOS wraz z driverem, układem zabezpieczenia nadprądowego (ang. *current mode converter*) i układem wycinania zakłóceń szpilkowych (ang. *leading edge blanking*);
- układ zasilania i zabezpieczenia nad- i podnapięciowego;
- układ zabezpieczenia przed przegrzaniem.

To wszystko znalazło się w zwykłej trójkońcówkowej obudowie, dzięki czemu wykonanie zasilacza sprowadza się do dołączenia dosłownie kilku elementów zewnętrznych.

### Zalety i wady TOP-ów

Tak duża integracja przyczyniła się niewątpliwie do uproszczenia konstrukcji zasilacza. Mniej zewnętrznych elementów i mniejsza płytko drukowana oznaczają niewątpliwie mniejsze koszty. Duża częstotliwość pracy pozwala na użycie transformatora impulsowego o mniejszych rozmiarach, niższe są koszty montażu, serwisu itp.

Niestety, nie wszystkie wymienione zalety mogą być wykorzystane w praktyce amatora-hobbysty. Duża częstotliwość pracy nie pozwala na użycie do budowy transformatora impulsowego tanich kształtek ferrytowych produkcji krajowej z materiału F807, głównie z uwagi na duże straty mocy. Potrzebne są kształtki z lepszych i jednocześnie droższych materiałów, np. 3F3 Philipsa czy Fi324 firmy VOGT. Nawet jeśli zaakceptujemy wyższą cenę i kupimy rdzeń korzystając z katalogu wielkości encyklopedii, to okaże się, iż detalicznie nie sprzedaje się rdzeni ze szczeliną i trzeba ją zrobić samodzielnie (patrz ramka). Zintegrowanie wszystkich bloków przetwornicy w jednym chipie komplikuje również hobbyście uruchamianie układu - niewiele można zmierzyć, nie da się uruchomić układu krok po kroku itp.



Rys. 1. Schemat elektryczny zasilacza.

Firma Power Integrations - producent TOPSwitchy - zdaje sobie zapewne sprawę z powyższych niedogodności, gdyż jej karty katalogowe są szczególnie dokładne. To samo dotyczy not aplikacyjnych zawierających całą masę gotowych i przetestowanych aplikacji, łącznie z mozaiką ścieżek, sposobem uzwojania transformatora itp. Dostępne są przewodniki krok po kroku prowadzące przez cały proces projektowania, łącznie z arkuszem kalkulacyjnym do Excela wyliczającym automatycznie większość potrzebnych danych. Projektant zasilaczy ma zatem zadanie maksymalnie uproszczone.

## Opis układu

Schemat elektryczny ładowarki przedstawiono na **rys. 1**. Napięcie sieci energetycznej poprzez rezystor R1, ograniczający impuls prądu w momencie włączenia do sieci i pełniący jednocześnie rolę bezpiecznika, jest podawane na prosty filtr przeciwzakłóceniu. Tworzą go dwa dławiki i kondensator C1 i C2. Po wyprostowaniu w mostku M1 i odfiltrowaniu za pomocą kondensatora C3 napięcie zasila układ przetwornicy.

Pierwotny obwód układu jest bardzo prosty, bo oprócz samego TOPSwitcha włączonego w pierwotne uzwojenie transformatora impulsowego jest jeszcze tylko 7 elementów. Ich rolę w układzie najłatwiej jest prześledzić analizując to, co dzieje się w układzie po włączeniu zasilania. W miarę jak rośnie napięcie na C3, to poprzez zawarte w T1 układy zasilania ładowany jest również kondensator C6. Napięcie na nim

narasta aż osiągnie poziom 5,7V. Wtedy uruchamiany jest klucz i układ próbuje wystartować. W czasie startu T1 korzysta z energii zgromadzonej właśnie w C6. Jest jej niewiele - gdy napięcie na C6 spadnie poniżej 4,7V, klucz zostanie zablokowany i cały proces po chwili zacznie się powtarzać.

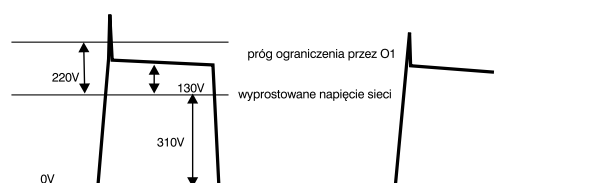
Układ zasilania T1 podczas pracy tworzą: uzwojenie pomocnicze transformatora (końcówki 5,6) i dioda D3 z kondensatorem C5. Ponieważ T1 ma tylko trzy końcówki, sterowanie układem do celów stabilizacji napięcia wyjściowego również zostało zrealizowane w sposób oryginalny.

Im większy prąd wpływa do końcówki sterującej TOPSwitcha tym mniejszy jest współczynnik wypełnienia impulsów kluczujących - stabilizacja napięcia wyjściowego sprowadza się do odpowiedniej regulacji prądu wpływającego do końcówki sterującej T1 (prąd ten musi być jednak większy od minimalnej wartości potrzebnej do pracy T1). Regulatorem w układzie jest włączony szeregowo z pomocniczym zasilaniem fototranzystor (część O1). Im element ten jest jaśniej oświetlony, tym współczynnik wypełnienia impulsów kluczujących jest mniejszy i mniejsze jest napięcie wyjściowe. Po stronie wtórnej układu należy więc zapewnić takie sterowanie LED-em zawartym w O1, aby świecił on tym jaśniej im wyższe jest napięcie na wyjściu układu.

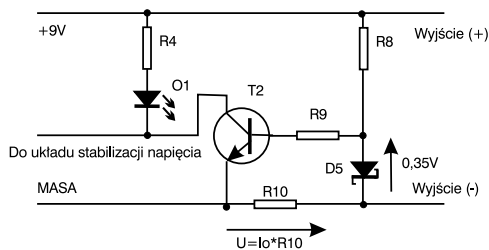
Akapit komentarza należy się roli diod D1 i D2. Ich zadaniem jest eliminacja szpilkowych przebiegów powstających w momencie wyłączenia klucza. Gdy klucz jest włączony, przez uzwojenie pierwotne płynie narastający prąd, w rdzeniu gromadzi się energia.

Z uwagi na nieidealność obwodu magnetycznego część linii sił pola magnetycznego znajduje się poza rdzeniem - tam też gromadzi się nieco energii objawiając się istnieniem tzw. indukcyjności rozproszenia (patrz osobna ramka). W chwili wyłączenia tranzystora kluczującego napięcie na jego drenie zwiększa się gwałtownie osiągając poziom przewyższający nawet 800V. Napięcie to składa się z trzech „części” (patrz **rys. 2**).

Ponieważ koniec uzwojenia pierwotnego jest dołączony do plusa kondensatora C3, pierwsza „część” to wyprostowane napięcie sieci, a więc uwzględniając wahania napięcia sieci jest to maksymalnie 310V. Druga „część” wynika z zasady działania przetwornicy zaporowej i jest równa napięciu wyjściowemu pomnożone-mu przez przekładnię transformatora. W opisywanym układzie napięcie to wynosi około 130V. Trzecia „część” napięcia na drenie bierze się z indukcyjności roz-



Rys. 2. Przybliżony przebieg napięcia na tranzystorze kluczującym.



Rys. 3. Zasada działania układu ograniczającego prąd wyjściowy.

proszona. Linie sił pola rozproszonego nie obejmują uzwojenia wtórnego, więc energia zgromadzona w indukcyjności rozproszenia nie przepływa do obciążenia, ale „wyładowuje” się na tranzystorze i ma charakter wąskiej szpilki o amplitudzie 300..400V (konkretna wartość zależy od wykonania transformatora, wartości pojemności uzwojeń itp.).

Amplitudę tej szpilki trzeba ograniczyć, bo gdy napięcie na T1 przekroczy 700V, to ulegnie on uszkodzeniu. Elementem ograniczającym jest dioda mocy Zenera (tzw. transil) - D1. Zadaniem D2 jest ograniczenie działań dwukierunkowego transila do wyłącznie napięć przekraczających wyprostowane napięcie sieci - gdyby jej nie było, transil nie pozwoliłby, aby napięcie na drenie T1 było bliskie zeru. Wartość napięcia transila została dobrana do napięcia wyjściowego i przekładni transformatora tak, aby ograniczał on wyłącznie impulsy szpilkowe, tak jak zaznaczone jest to na rys. 2. Użycie diody D1 na niższe napięcie lub bezmyślne „podkreślenie” napięcia wyjściowego, przez modyfikację jedynie układu stabilizacji po stronie wtórnej (zmiana R5 lub R6), może spowodować, iż transil wytnie całą szpilkę i jeszcze przetransformowane napięcie ze strony wtórnej. Co to oznacza? Energia zamiast płynąć do obciążenia wydzieli się w D1, a potraktowany kilkunastoma watami mocy transil nie pracuje nam dłużej niż sekundę!

W chwili gdy T1 jest zatkany, przewodzi dioda D4 zapewniając przepływ energii zgromadzonej w rdzeniu do obciążenia. Ponieważ napięcie wyjściowe zasilacza jest niewielkie, korzystniej jest użyć, zamiast zwykłego, szybkiego prostownika tj. diody Schottky'ego. Dołączony do diody kondensator C8 jest elementem op-

cjonalnym i powinien być montowany, gdy zależy nam na minimalizacji EMI. Wyjściowy filtr zasilacza tworzą kondensatory C9 i C10. Dla stabilnej pracy i jak najmniejszych tętnień napięcia wyjściowego muszą to być kondensatory o małej wartości ESR - pamiętajmy, że zasilacz pracuje na 100kHz! Sumaryczna pojemność filtru została rozbita na dwie mniejsze, połączone równolegle i dodatkowo zbocznikowane dobrej jakości kondensatorami foliowymi.

Za filtrem umieszczony został układ stabilizacji napięcia i ograniczenia prądu. Oba te bloki są połączone i sterują świeceniem diody LED w transoptorze O1.

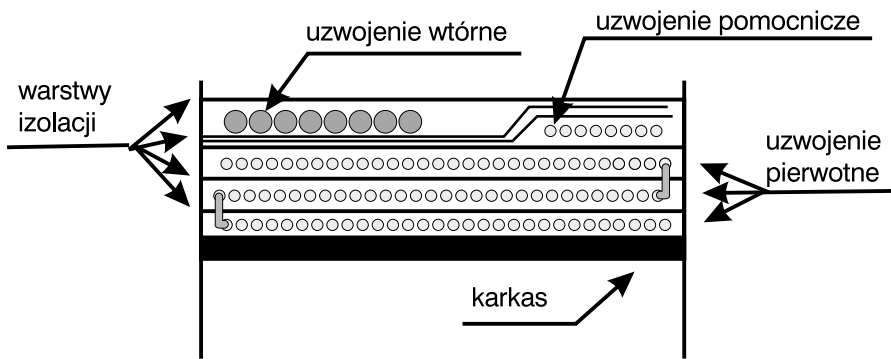
Zasada działania układu ograniczającego prąd jest prosta i została zilustrowana na rys. 3. Rezystor R10 dostarcza napięcia o wartości proporcjonalnej do prądu wyjściowego zasilacza. Aby zminimalizować straty mocy w tym elemencie, wartość napięcia na R10 jest powiększana o spadek na diodzie Schottky'ego D5 (około 0,35V) i podawana na złącze BE tranzystora T2. W ten sposób progowa wartość napięcia na R10, uaktywniająca zabezpieczenie została zmniejszona z ok. 0,65V do ok. 0,3V, a straty mocy zmniejszyły się czterokrotnie. Dodatkową zaletą opisanego układu jest możliwość regulacji progu ograniczenia przez regulację prądu płynącego przez D5 - a więc poprzez dobór wartości rezystora R8.

Układ stabilizacji napięcia wykorzystuje regulowaną diodę Zenera D6. Wartość napięcia wyjściowego jest ustalana stosunkiem podziału dzielnika R5 i R6. Warto zwrócić uwagę, że dioda D6 jest włączona za rezystorem pomiaru prądu - włączenie odwrotne istotnie pogorszyłoby parametry stabilizacji. Kondensatory C13 i C14 zapewniają kompensację częstotliwościową układu.

Na zakończenie opisu działania układu wróćmy jeszcze raz do strony pierwotnej zasilacza. Jak wspomniałem na początku w układach TOPSwitch jest realizowany układ przetwornicy z zabezpieczeniem nadprądowym. Jest to ważna cecha i warto jest zrozumieć o co tu chodzi. A rzecz jest prosta, gdyż chodzi o to, kiedy wyłącza się klucz. W stanie ustalonym klucz jest włączony na początku każdego taktu przetwornicy i po określonym czasie (w zależności np. od napięcia wejściowego i obciążenia wyjścia) jest wyłączany. W przetwornicy z zabezpieczeniem nadprądowym klucz może być wyłączany wcześniej, to znaczy wtedy, gdy prąd płynący przez niego osiągnął pewną maksymalną wartość. Wartość ta jest większa od tej, którą można zaobserwować w stanie ustalonym, a zadaniem układu zabezpieczenia jest ochrona klucza przed uszkodzeniem. Prąd płynący przez klucz, a więc przez pierwotne uzwojenie transformatora, przekracza wartości nominalne na przykład przy uruchamianiu zasilacza, kiedy

### Porady praktyków, czyli jak zrobić szczelinę w rdzeniu w warunkach domowych

Mimo iż ferryt jest materiałem bardzo twardym i kruchym (tzw. czarna ceramika), zrobienie szczeliny powietrznej w warunkach domowych jest możliwe i nawet nieskomplikowane. Do pracy potrzebne będą: miernik indukcyjności, papier ścierny nr 400, kawałek grubej i twardej tektury lub grubej folii z tworzywa sztucznego i cierpliwość. Na początku starymi nożyczkami wycinamy z papieru ściernego pasek o szerokości 15mm i naklejamy go na identyczny pasek tektury. Tak wykonany pasek kleimy do większej płyty, np. kawałka płyty wiórowej. Następnie trzymając połówkę rdzenia w palcach pocieramy nią o wystający pasek papieru ściernego tak, aby zmniejszyć wysokość kolumny środkowej i nie naruszyć kolumn bocznych. Co pewien czas wkładamy rdzeń w karkas i mierzymy indukcyjność, tak aby uzyskać potrzebne 2mH. Z uwagi na prostotę „szlifierki”, szlif kolumny nie będzie płaską powierzchnią i metoda pomiaru szczeliny za pomocą np. suwmiarki da złe wyniki - należy jedynie polegać na pomiarze indukcyjności. Wykonanie szczeliny o szerokości 0,3mm nie zajmuje więcej niż godzinę, gdy wykonujemy jedną sztukę transformatora jest to akceptowalne.



Rys. 4. Kolejność, podział na warstwy i sposób nawinięcia uzwojeń transformatora TR1.

kondensatory filtru wyjściowego są jeszcze nie naładowane oraz przy zwarciu wyjścia i innych bliżej nie sprecyzowanych stanach nieustalonych.

Z uwagi na pełną integrację układów sterujących wewnątrz TOPSwitcha, wartość prądu uktywniająca zabezpieczenie nadprądowe jest wartością stałą dla danego typu układu. W TOP201 jest to 1,17A, w TOP202 - 1,75A, a np. w TOP204 - 3,15A. Zmiana typu układu na inny jest więc w zasilaczu niedozwolona - włożenie do zasilacza np. TOP227 spowoduje, iż w stanie nieustalonym przez uzwojenie pierwotne TR1 popłyną ponad trzy ampery. Ta sześciokrotnie większa od nominalnej wartość prądu pierwotnego nasyci rdzeń TR1 i układ ulegnie uszkodzeniu.

### Transformator trzeba wykonać

Do wykonania transformatora impulsowego został użyty rdzeń ferrytowy produkcji Philipsa typu EFD25 z materiału 3F3. Rdzeń ma szczelinę powierzną o szerokości 0,3mm, co zapewnia wartość stałej Al rdzenia równą 250. Oprócz rdzenia potrzebny jest jeszcze karkas i dwie stalowe zapinki, tworzące razem komplet. Gdy nie uda się kupić rdzenia ze szczeliną, można przy odrobinie dobrej woli wykonać ją samemu. Niestety, nie można posłużyć się w tym przypadku metodą uproszczoną - próba wykonania szczeliny poprzez przełożenie przekładkami kolumn bocznych rdzenia spowoduje istotny wzrost indukcyjności rozproszenia transformatora i znaczący wzrost strat mocy w transilu. Rdzeń typu EFD w ogóle nie jest „najszcześniejszy“, jeśli chodzi

o wartość pola rozproszonego, a przy szczelinie na kolumnach bocznych to już wręcz tragedia.

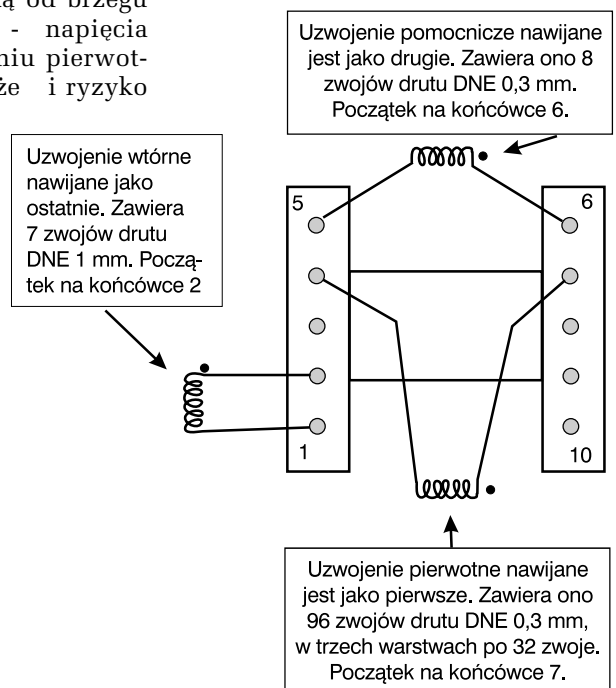
Pracę rozpoczynamy od nawinięcia uzwojenia pierwotnego - liczy ono sobie 96 zwojów drutu DNE 0,3mm, podzielonych na trzy warstwy po 32 zwoje (patrz rys. 4 i 5). Nawijanie zaczynamy od końcówki 7, a kończymy na czwartej nóżce karkasu. Rdzeń EFD ma niewielkie okno nawojowe, dlatego podczas nawijania należy starannie i ściśle układać poszczególne zwoje obok siebie. Baczną uwagę warto zwrócić na wyprowadzenia początku i końca uzwojenia, aby nie stykały się one z drutem na pozostałych warstwach. Nie wolno zapomnieć o starannej izolacji między warstwami (z małą zakładką od brzegu do brzegu karkasu) - napięcia występujące w uzwojeniu pierwotnym są bardzo duże i ryzyko przebicia jest duże.

Podczas nawijania transformatora nie wolno się spieszyć. Warto zaopatrzyć się w szybko wiążący klej epoksydowy, którym można na początku ułożyć i zaizolować początek uzwojenia, potem po nawinięciu pierwszej warstwy warto jest umocować jej brzeg tak, aby zwoje nie rozsnuły się przy nakładaniu izolacji itp. Przekładki izolacyjne nie mogą być z przypadkowych materiałów, jak papier, taśma samoprzylepna itp. Jedy-

nym godnym polecenia izolatorem jest folia styrofleksowa - można ją uzyskać rozbierając stary wysokonapięciowy kondensator tegoż typu lub transformator linii z jakiegokolwiek telewizora.

Drugie w kolejności nawija się uzwojenie pomocnicze. Liczy ono tylko 8 zwojów drutu o średnicy około 0,3mm. Początek nawijania na końcówce 6, koniec na 5. Z uwagi na wspomnianą szczupłość miejsca nie należy nawijać go centralnie na środku karkasu, lecz nieco bliżej strony z końcówkami 6..10. Mimo że napięcie w uzwojeniu pomocniczym jest niewielkie, tu również obowiązują wszystkie środki ostrożności, jakie omówiono wyżej - niedbalstwo i prowizorka może zaowocować przebiciami do uzwojeń sąsiednich.

Nawinięte uzwojenie pomocnicze przykrywamy podwójną warstwą izolacji, tak jak na rys. 4 i nawijamy uzwojenie wtórne. Liczy ono tylko 7 zwojów drutem DNE 0,9..1mm. Początek na końcówce 2, koniec na 1. W odróżnieniu od poprzednich, tym razem wyprowadzenia uzwojenia leżą po tej samej stronie karkasu. Wyprowadzany do końcówki lutowniczej drut przed położeniem na nawiniętej sekcji trzeba oczywiście dodatkowo zaizolować.



Rys. 5. Sposób podłączenia uzwojeń do nóżek karkasu. Widok od strony końcówek lutowniczych, początki uzwojeń zostały zaznaczone kropkami.

## Indukcyjność rozproszenia - teoria i praktyka

Gdy zaczniemy rozważać zjawiska fizyczne zachodzące w dławiku z rdzeniem ferrytowym, wyjaśnienie czym jest indukcyjność rozproszenia nie będzie trudne. Gdy przez cewkę dławika zacznie płynąć prąd, powstanie pole magnetyczne. Większość linii sił tego pola zawierać się będzie w rdzeniu dławika i tam przede wszystkim będzie gromadziła się energia pola magnetycznego. Ponieważ jednak rdzeń nie obejmuje cewki w 100%, jego przenikalność magnetyczna też nie jest nieskończenie duża, część pola magnetycznego pozostanie poza rdzeniem. Skoro pole magnetyczne jest poza rdzeniem, to jest tam również gromadzona energia. Można więc powiedzieć, że indukcyjność dławika składa się z dwóch części: "normalnej" związanej z polem magnetycznym zawartym w rdzeniu i indukcyjności rozproszenia związanej z polem magnetycznym istniejącym poza rdzeniem.

Im bardziej rdzeń obejmuje cewkę, tym indukcyjność rozproszenia jest mniejsza. Gdy nasz dławik ma dwa uzwojenia (tak jak w opisywanym zasilaczu), to energię w nim wzbudza wyłącznie "główne" pole magnetyczne, to zawarte w rdzeniu - pole rozproszone nie obejmuje bowiem tej drugiej cewki. Pozwala to w prosty sposób oszacować, jaka jest wielkość indukcyjności rozproszenia transformatora TR1 (poprawniej dławika wielouzwojeniowego). Wystarczy zewrzeć uzwojenie wtórne, co uniemożliwi gromadzenie energii w polu "głównym", i zmierzyć indukcyjność uzwojenia pierwotnego. Będzie ona wtedy w przybliżeniu odpowiadała wartości indukcyjności rozproszenia.

Na koniec wkładamy rdzeń i kontrolujemy indukcyjność uzwojenia pierwotnego (lub wykonujemy szczelinę) - powinna wynosić około 2,15mH ( $\pm 10\%$ ). Można też upewnić się, czy podczas nawijania zachowany został jednolity kierunek układania zwojów i tym samym, czy początki i końce są na właściwych miejscach. Sprawdzenie jest proste i polega na kolejnym łączeniu szeregowo poszczególnych uzwojeń i kontrolowaniu czy indukcyjność wypadkowa za każdym razem wzrasta.

### Montaż

Układ został zmontowany na niewielkiej, dwustronnej płytce drukowanej pasującej wymiarami do popularnej obudowy typu KM. Widok ścieżek przedstawiono na wkładce wewnątrz numeru, a rozmieszczenie elementów przedstawiono na **rys. 6**.

Kolejność montowania elementów podlega powszechnym regulom. Układ T1 należy zaopatrzyć w niewielki radiator - można do tego celu użyć niewielkiej blaszki z miedzi lub mosiądzu o wymiarach 25x25mm. Praktyka pokazała, że niewielki radiator przydaje się także transilowi. Niewielki pasek miedzi należy przylutować do płytki drukowanej zgodnie ze szkicem jak na **rys. 7**. Ważne jest, aby radiator był od strony plusa zasilania, a nie diody D2, bo w przeciwnym przypadku oprócz rozpraszania ciepła pełniłby funkcję małej antenki.

### Uruchomienie

TOPSwitche nie są elementami tanimi ani łatwo dostępnymi, wobec czego uruchamianie układu należy podzielić na etapy, aby zminimalizować ryzyko uszkodzenia elementów.

Zaczynamy tradycyjnie od strony wtórnej. Do wyjścia zasilacza podłączamy regulowany zasilacz warsztatowy (najlepiej z funkcją ograniczenia prądu, gdy zasilacz jej nie ma, to w szereg z zasilaczem włączamy rezystor o wartości około 10 $\Omega$ ) i amperomierz, a równolegle do diody LED zawartej w fototranzystorze lutujemy od strony druku czerwoną diodę LED, zwracając baczną uwagę na jej właściwą polaryzację. Przy małych napięciach nie

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Półprzewodniki

T1: TOP201YA (Power Integrations)  
T2: BC548  
D1: Transil P6KE220 lub 1.5KE200  
D2: BYV26C lub UF4007  
D3: 1N4148  
D4: 1N5822  
D5: BAT42..44  
D6: TL431  
O1: 4N35  
M1: mostek 1A/400V okrągły

#### Rezystory

R1: 4,7 $\Omega$ /1W lub lepiej termistor NTC10, np. SG220 (Ketema)  
R2: 1M $\Omega$   
R3: 6,2 $\Omega$ /0,25W  
R4: 220 $\Omega$   
R5: 1k $\Omega$   
R6: 2,7k $\Omega$   
R7: 3,9k $\Omega$   
R8: 4,7k $\Omega$   
R9: 2k $\Omega$   
R10: 0,22 $\Omega$ /1W

#### Kondensatory

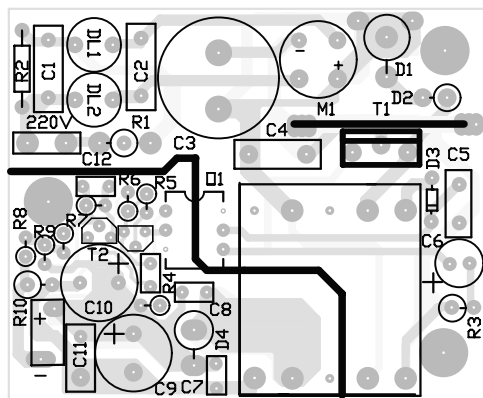
C1, C2, C4: 2,2nF/400V  
C3: 33 $\mu$ F/385V (średnica 16mm)  
C5, C12, C13, C14: 100nF/63V  
C6: 47 $\mu$ F/35V  
C7, C11: 220nF/63V  
C8: 47pF/250V ceramiczny  
C9, C10: 470 $\mu$ F/16V, elementy te powinny cechować się niską wartością ESR! Na przykład patrz artykuł ELFA nr 67-190-09.

#### Różne

DL1, DL2: dławiki 100 $\mu$ H/0,5A  
Tr1: transformator impulsowy: karkas i rdzeń typu EFD25 (Phillips) z materiału 3F3 (patrz artykuł ELFA nr 58-768-00, -18, -26). Wielkość szczeliny powietrznej na środkowej kolumnie rdzenia - 0,35mm (stała Al-250). Uzwojenia według opisu w tekście i zgodnie z rysunkami.

**UWAGA:** Obudowa i radiator nie wchodzi w skład kitu AVT486B.

powinniśmy zaobserwować poboru prądu większego niż kilkanaście miliamperów. Powoli zwiększając napięcie trzeba sprawdzić działanie układu stabilizacji napięcia - w okolicach 9V prąd pobierany z zasilacza powinien gwałtownie wzrosnąć, a dołączona dioda LED powinna się zaświecić. Gdy tego efektu nie będzie, uwagę należy skupić na najbliższym otoczeniu układu TL431. Przy okazji można spraw-



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

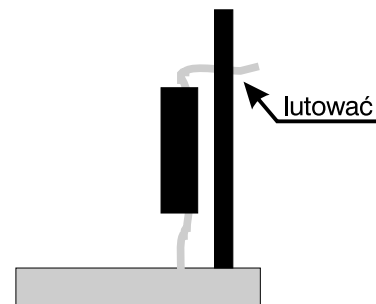
dzić wartość spadku napięcia na diodzie D5 - około 0,35V.

Odłączamy zasilacz od wyjścia i przyłączamy go do wejścia, a więc zacisków sieciowych. Oczywiście szeregowo włączamy amperomierz (najlepiej analogowy) i dodatkowo rezystor z przedziału 3..5kΩ. Do wyjścia zasilacza podłączamy obciążenie - żarówkę samochodową 12V/4W.

Po zwiększeniu napięcia powyżej 16V TOPSwitch powinien „ożyć“, a wskazówka amperomierza lekko pulsować.

Na koniec można już podłączyć w miejsce zasilacza warsztatowego napięcie sieci - zasilacz powinien „wystartować“ i pracować cicho bez szumów i pisków. Z podanym powyżej obciążeniem pozwalamy mu pracować 2..4 sekundy, po czym wyłączamy i kontrolujemy temperaturę elementów - w szczególności transila. Jego silne grzanie wskazuje na problem z transformatorem: za duża przekładnia (pomyłki w liczeniu zwojów), za duża indukcyjność rozproszenia (powyżej 40μH).

Gdy próba wypadnie pozytywnie, pozostaje sprawdzenie pracy z pełnym obciążeniem (dołączamy do żarówki 4W dodatkową drugą 21W, co daje około 2A poboru prądu przy napięciu 9V - koniecz-



Rys. 7. Sposób montażu diody D1 za pomocą blaszki-radiatora o wymiarach około 10x25mm.

ne może okazać się zwarcie na czas tej próby rezystora R10) oraz sprawdzenie działania układu ograniczenia prądu. Trzeba również sprawdzić, czy przy pracy z małym obciążeniem (np. 0,1A) układ się nie wzbudza. W razie kłopotów dobieramy wartość C13 lub pojedynczą pojemność zamiast na dwójnik szeregowy 100nF/220Ω.

**Robert Magdziak, AVT**  
e-mail: [trebor@mi.com.pl](mailto:trebor@mi.com.pl)