



kit

2779

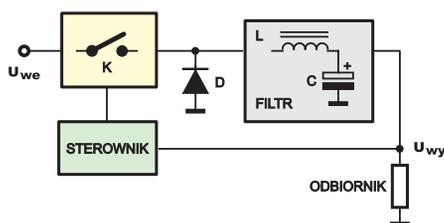
AVT

Stabilizator impulsowy 12V 10-20A

O przydatności zasilacza dużej mocy nie trzeba nikogo przekonywać. Prezentowany układ powstał do testowego zasilania przetwornicy opisanej w EdW 9/04. Można go wykorzystać do budowy zasilacza czy ładowarki akumulatorów lub też do obniżenia napięcia instalacji samochodów ciężarowych. Dawnymi czasy zasilacze stabilizowane dużej mocy budowane były na już muzealnych tranzystorach 2N3055. Proponuję jednak zainteresowanie się techniką impulsową. Taki stabilizator, mimo że rozbudowany, ma niepodważalne zalety w postaci wysokiej sprawności, która przekłada się na małe rozmiary i niski koszt budowy.

Łyk teorii

Na początek warto zapoznać się z zasadą działania stabilizatora impulsowego. Schemat poglądowy został przedstawiony na **rysunku 1**. Zadaniem sterownika jest wygenerowanie przebiegu prostokątnego sterującego tranzystorowym kluczem K. Otrzymany sygnał prostokątny o dużej amplitudzie filtrowany jest w filtrze wyjściowym składającym się z cewki L i kondensatora C. Zadaniem diody D jest podtrzymanie przepływu prądu indukcyjności L przy wyłączonym kluczu. Na wyjściu otrzymujemy napięcie stałe z małymi tętnieniami o częstotliwości kluczkowania. Regulacja napięcia odbywa się za pomocą zmiany współczynnika wypełnienia, czyli stosunku czasu włączenia do wyłączenia klucza. Taką regulację nazywa się regulacją PWM (Pulse Width Modulation). Napięcie wyjściowe jest równe napięciu wejściowemu pomnożonemu przez

Rys. 1

współczynnik wypełnienia. Tranzystor kluczący K pracuje tylko w dwóch stanach: włączonym - kiedy występuje na nim mały spadek napięcia, i wyłączonym - gdy nie płynie przez niego żaden prąd. Dzięki takiej pracy wydzielana moc na tranzystorze jest znikoma, a sprawność całego stabilizatora nierzadko przekracza 90%.

Opis układu

W roli sterownika użyłem mojego ulubionego układu TL494. Szczegółowy opis tej kości znalazł się w EdW 9/04. Najprostszym kluczem tranzystorowym jest MOSFET z kanałem P, ale jak wiadomo, tranzystory tego typu mają gorsze parametry od swoich braci N-kanałowych i są od nich droższe. Użycie MOSFET-a z kanałem N jest kłopotliwe, bo wymaga napięcia sterującego wyższego od zasilania układu. Niedogodność tę można rozwiązać prostym układem bootstrap.

Ale po kolei. Na **rysunku 2** pokazano schemat układu. TL494 został skonfigurowany do pracy z pojedynczym sygnałem wyjściowym PWM (pin13-masa). Częstotliwość pracy wynosi 50kHz, za co odpowiedzialne są elementy R1, C1. Ósma nóżka U1 jest wyjściem sygnału PWM, który trafia do tranzystora odwracającego T3. Następnie po wzmocnieniu prądowym w symetrycznym wtórniku T1, T4 trafia na bramkę tranzystora mocy T2. Elementy D2, C14 tworzą układ bootstrap dynamicznie podwyższającego napięcie na bramce T2 w celu jego pełnego nasycenia. Dalej znajduje się dioda Schottky'ego D1 i filtr złożony z dławika L1 i kondensatorów filtrujących C8, C9. Rezystory R20, R21 służą jako bocznik do pomiaru prądu w układzie zabezpieczeń. Za stabilizację napięcia wyjściowego jest odpowiedzialny wzmacniacz błędów zawarty w strukturze kostki TL494. Napięcie odniesienia jest podane na końcówkę 2 za pomocą dzielnika rezystancyjnego R2, R3 dołączonego do napięcia referencyjnego 5V, które dostępne jest na nóżce 14. Napięcie

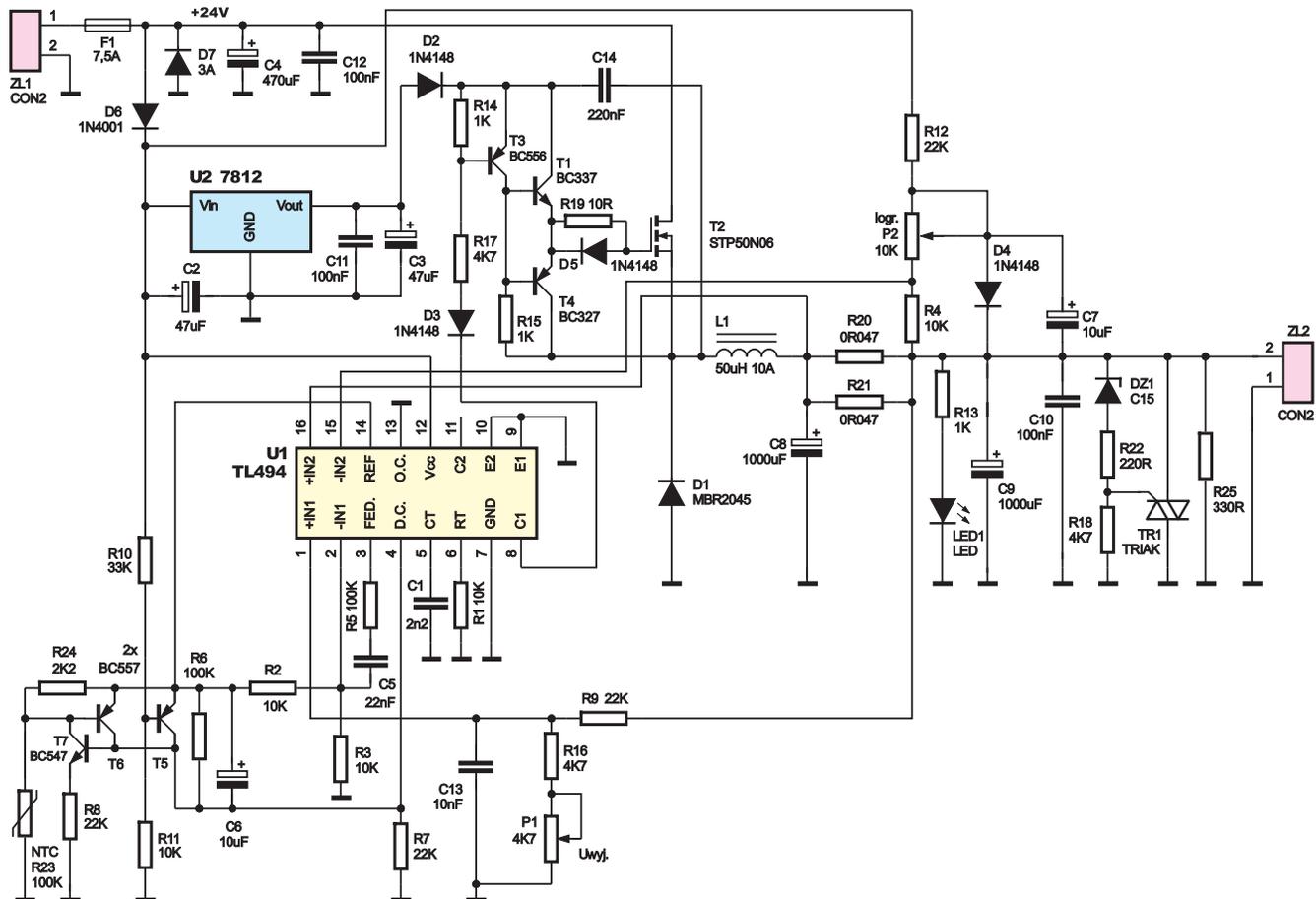
wyjściowe podawane jest na końcówkę 1 przez dzielnik napięcia R9, R16 i P2, którym je ustalamy. R5, C5 są elementami sprzężenia zwrotnego wzmacniacza błędów. Drugi wzmacniacz błędów został wykorzystany w roli ogranicznika prądowego. Reaguje on na wzrost napięcia pojawiającego się na rezystorach pomiarowych R20, R21. W tym celu pin 16 został podłączony do tych rezystorów, a pin 15 do regulowanego napięcia odniesienia odpowiadającego za maksymalny prąd wyjściowy. Napięcie to uzyskiwane jest na diodzie D4 podłączonej do wyjścia stabilizatora i zasilanej przez R12 z wysokiego napięcia wejściowego. Dzięki takiemu układowi spadek napięcia na R20, R21 przy maksymalnym prądzie wyjściowym jest mniejszy niż 0,7V, jaki towarzyszyłby klasycznemu ogranicznikowi prądu na tranzystorze. W zasadzie napięcie to można ustawić na wartość nawet <math><100\text{mV}</math>, co zmniejszyłoby do minimum straty mocy rezystorów R20, R21. Jednak dla tak małego napięcia wymagane rezystancje byłyby rzędu tysięcy części oma, a są one trudno dostępne. Dlatego zakres regulacji napięcia wynosi ok. 300-600mV, co pozwala zastosować w miarę popularne rezystory mocy. Dodatkowymi układami stabilizatora jest „miękki” start (C6, R7), ogranicznik współczynnika wypełnienia (R6), podnapięciowy wyłącznik uaktywniający się przy napięciach niższych niż 20V (R10, R11, T5) oraz zabezpieczenie termiczne, w którym czujnikiem jest termistor R23. Jest on podłączony do prostego komparatora z histerezą zrealizowanego na T6, T7, R8. Rezystorem R24 dobiera się temperaturę wyłączenia, a R8 histerezą układu, czyli temperaturę ponownego włączenia. Na wyjściu znalazło się jeszcze miejsce na ogranicznik napięcia wyjściowego. Chroni on dołączony sprzęt przed uszkodzeniem w przypadku awarii sterownika lub uszkodzenia T2. Działanie układu polega na

załączeniu triaka TR1 w przypadku wzrostu napięcia na wyjściu, a tym samym zwarciu napięcia wyjściowego i przepaleniu bezpiecznika. Układ zrealizowany jest na triaku lub tyrystorze, a dioda Zenera wyznacza napięcie zadziałania. Taki układ nosi nazwę CROWBAR i jest często stosowany. Należy zapobiec zadziałaniu układu podczas sprawnego stabilizatora, ponieważ wtedy TR1 zwrze cały prąd wyjściowy (ograniczony) i niechybnie ulegnie uszkodzeniu, nie paląc przy tym bezpiecznika. Radą na to może być podłączenie go nie do wyjścia stabilizatora, ale na wejściu, zaraz za bezpiecznikiem. W praktyce nigdy nie udało mi się uszkodzić stabilizatora, a ze względu na wysoką sprawność nawet się porządnie nie rozgrzał. Układ na triaku należy do typu „niech się pali wszystko, byle nie podłączony sprzęt” i warto go stosować w przypadku cennego odbiornika.

Montaż i uruchomienie

Montaż można wykonać na płytce drukowanej zamieszczonej na **rysunku 3**, i wykonujemy go według ogólnie znanych zasad, montując najpierw elementy płaskie, a na dużych kończąc.

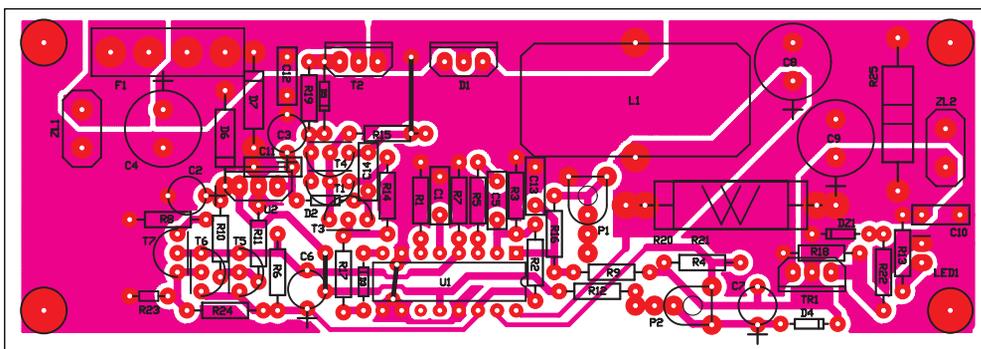
Rys. 2 Schemat ideowy



Na płytce znalazły się trzy zworki, które można wykonać cienkim przewodem lub srebrząnką. Tranzystor T2 i dioda D1 powinny znaleźć się na radiatorze i należy je przykręcić za pomocą podkładek izolujących. Termistor R23 również umieszczamy na radiatorze. Wymiary płytki nie są przypadkowe i zostały dobrane tak, aby płytka swobodnie mieściła się w aluminiowym profilu kwadratowym o wymiarach 50x50mm. Taki profil jest doskonałą obudową i radiatorem jednocześnie. Aby ułatwić montaż T2 i D1, można posłużyć się kawałkiem płaskownika aluminiowego o wymiarach 20x3 i długości ok. 30mm. Przykręcamy do niego diodę i tranzystor, a po włożeniu do profilu przykręcamy całość jedną śrubką.

W zasadzie poprawnie zmontowany układ pracuje od razu. Aby uniknąć przykrych niespodzianek, uruchomienie najlepiej przeprowadzić na zasilaczu regulowanym z ograniczeniem prądowym. Po podłączeniu układu do zasilacza dioda LED1 powinna płynnie się rozświecić. Sprawdzamy obecność prawidłowych napięć w układzie, a jest to 12V za stabilizatorem U2 oraz 5V na 14 nóżce TL494. Napięcie wejściowe poniżej 20V powinno wyłączyć stabilizator, co będzie widoczne jako zgaśnięcie diody LED. Zostaje nam jeszcze ustawienieżądanego napięcia wyjściowego, a robimy to potencjometrem P2, za pomocą P1 ustawiamy zabezpieczenie prądowe. Pierwsze próby zwarcia najlepiej przeprowadzić wlotowując na czas uruchomienia

Rys. 3 Schemat montażowy



R20 lub R21 o wartości np. 1Ω. Można wtedy bezpiecznie sprawdzić działanie ogranicznika prądu i zakres jego regulacji. Maksymalny prąd wyjściowy możemy obliczyć z prawa Ohma i jest to napięcie panujące na R4 podzielone przez wypadkową rezystancję R20, R21. Na koniec wlotujemy docelową wartość tych rezystorów i ustawiamy odpowiednie napięcie na R4 za pomocą P1. Aby wyłącznik termiczny funkcjonował prawidłowo, trzeba dobrać R24 do posiadanego termistora. Na początek należy określić jego rezystancję przy temperaturze wyłączenia a można to zrobić we wrzącej wodzie. Rezystor R24 powinien mieć wartość ok. 6 razy mniejszą niż wynik pomiaru. Większa wartość R24 będzie powodować włączanie się zabezpieczenia termicznego przy niższej temperaturze, więc warto na początek ją zawyżyć. Posiadacze oscyloskopów powinni obejrzeć prostokątny przebieg na źródle T2 oraz na jego bramce. Powinien mieć ostre zbocza bez większych oscylacji, a na bramce amplituda powinna być większa o ok. 10V od napięcia zasilania. Na wyjściu stabilizatora można zaobserwować wielkość tętnień i nie powinny być one większe od 200mV.

Możliwości zmian

Początkowo układ projektowany był na prąd 10A, jednak okazało się, że bez żadnych zmian radzi sobie z prądami powyżej 20A. Głównymi ograniczeniami jest tu mozaika ścieżek, dławik wyjściowy, tranzystor mocy T2 i dioda D1. Zastosowany tranzystor STP50N06 charakteryzuje się maksymalnym prądem o wartości aż 50A. W praktyce tak dużych prądów się nie uzyskuje ze względu na cienkie wyprowadzenia obudowy TO220. W jego miejsce można zastosować dowolny tranzystor niskonapięciowy N-MOSFET o dopuszczalnym prądzie >20A. Oczywiście czym lepszy tranzystor, tym mniej będzie się grzał. Jako diodę D1 najlepiej zastosować podwójną diodę Schottky'ego MBR2045 lub przy mniejszych prądach MBR1045. Jako L1

najprostszy w wykonaniu będzie dławik na rdzeniu proszkowym o średnicy ok. 30mm. Taki rdzeń można odzyskać ze starego zasilacza AT/ATX od komputera. Należy nawinąć na nim 25 zwojów jak najgrubszym drutem, co da indukcyjność ok. 50μH. Wartość ta nie jest krytyczna i dla stabilizatora w wersji 20A powinna być o połowę mniejsza. Podczas pracy z dużymi prądami dławik może się mocno nagrzewać, co jest typowe dla rdzeni proszkowych pracujących w takich warunkach. Kondensatory wyjściowe C8, C9 powinny być dobrej klasy do zastosowań impulsowych.

Dla tych, którzy będą chcieli wykonać stacjonarny zasilacz proponuję zastosowanie transformatora z napięciem wyjściowym 2x24V. W roli prostownika należy wtedy zastosować tylko dwie diody, które mniej się będą grzać niż prostownik na czterech diodach i pojedynczym uzwojeniu. Dla dużych

prądów najwygodniej będzie zastosować metalowy mostek prostowniczy 25A, wykorzystując tylko dwie zawarte w nim diody. Praktycznie prąd wejściowy stabilizatora jest mniejszy od prądu wyjściowego tyle razy, ile razy mniejsze jest napięcie wyjściowe od wejściowego. Dlatego ani diody, ani kondensatory prostownika nie muszą być liczone na prąd wyjściowy stabilizatora. Praktycznie przy transformatorze 2x24V pojemność filtrująca powinna wynosić 20000μF dla 10A i odpowiednio więcej dla większych prądów. Moc transformatora dobieramy do mocy wyjściowej zasilacza, dodając 10-20% na straty mocy stabilizatora prostownika. W takim układzie pracy zbędne, a nawet szkodliwe staje się zabezpieczenie pod napięciowe (R10, R11, T5) oraz ogranicznik wypełnienia R6.

Ireneusz Powirski

Wykaz elementów

Rezystory

R10	33kΩ
R13-R15	1kΩ
R16-R18	4,7kΩ
R19	10Ω
R1-R4,R11	10kΩ
R20,R21	0,047Ω
R22	220Ω
R23	NTC 100kΩ
R24	2,2kΩ
R25	330Ω 1W
R5,R6	100kΩ
R7-R9,R12	22kΩ
P1	PR 4,7kΩ
P2	PR 10kΩ

Kondensatory

C1	2,2nF
C10-C12	100nF
C13	10nF
C14	220nF
C2,C3	47μF/35V
C4	470μF/35V

C5	22nF
C6,C7	10μF
C8,C9	1000μF/16V

Półprzewodniki

D1	MBR2045 itp.
D2-D5	1N4148
D6	1N4001
D7	1N5401
DZ1	dioda Zenera 15V
LED1	LED
T1	BC337 (gr25-40)
T2	STP50N06 itp.
T3,T5,T6	BC556,7
T4	BC327 (gr25-40)
T7	BC546,7
TR1	triak/tyrystor
U1	TL494
U2	7812

Inne

F1	bezpiecznik 7,5-15A
L1	25-50μH 10-20A
ZL1,ZL2	złącze 2pin

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2779