



Moduł zasilacza do wzmacniacza mocy

Do czego to służy?

Prezentowany układ to uniwersalny moduł zasilacza do wzmacniaczy mocy, zwłaszcza tych zasilanych napięciem symetrycznym. Opisywana płytką powstała z myślą o współpracy z dwoma modułami TDA7294 zasilanymi z transformatora toroidalnego 2x24VAC 200V, niemniej pozwala na wykonanie estetycznego zasilacza niestabilizowanego o maksymalnym prądzie wyjściowym do 6A. Moduł dobrze nadaje się do współpracy ze wzmacniaczami audio o mocy całkowitej od 10W do ponad 100W.

Układ taki można oczywiście zmontować „w pająku”, bez użycia płytki drukowanej. Pod względem układowym w zasilaczu nie ma nic odkrywczego, a główna jego zaleta polega na estetycznym wyglądzie zasilacza. Początkującym bardzo przydadzą się też zawarte w artykule informacje o doborze elementów.

Jak to działa?

Schemat modułu pokazany jest na **rysunku 1**. Moduł może być wykorzystany jako dwa całkowicie niezależne zasilacze z dwoma mostkami prostowniczymi. Wtedy nie będą montowane zwory Z1...Z4 oraz diody oznaczone kolorem zielonym.

Częściej moduł będzie stosowany do uzyskania napięcia symetrycznego, a wtedy wystarczą cztery diody (D1 i trzy diody „zielone”); należy też zwrócić na płytce środkowe szyny masy, lutując cztery zwory Z1...Z4. Zamiast diod D4, D6 trzeba włutować zwory, przez co punkty oznaczone A, D zostaną dołączone do masy. Zazwyczaj moduł będzie współpracował z typowym transformatorem toroidalnym z dwoma oddzielnymi uzwojeniami. Układ połączeń,

z zaznaczeniem fazy uzwojeń, pokazany jest na **rysunku 2**.

W module można włutować rozmaite kondensatory – zawsze ich napięcie nominalne powinno być wyższe niż amplituda napięcia nieobciążonego transformatora (napięcie zmienne w stanie jałowym pomnożone przez 1,41).

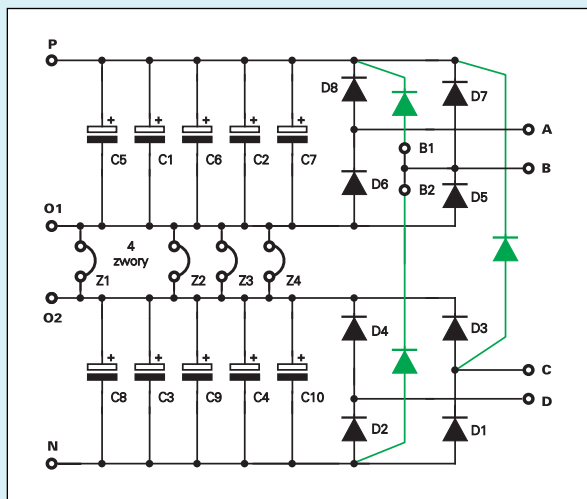
W module przewidziano diody 1N5401...1N5404. W układzie według **rysunku 2** zastosowanie diod 1N5400 oraz bardzo popularnych diod Schottky'ego typu 1N5822 byłoby co najmniej ryzykowne, ponieważ na diodzie występuje napięcie wsteczne o wartości równej podwójnej amplitudzie przebiegu zmiennego. Przykładowo dla nieobciążonego transformatora 2x24VAC napięcie wsteczne na diodzie sięgnie 70V ($2 \cdot 1,41 \cdot 24V$). **Tabela 1** pokazuje wartości dopuszczalnego napięcia wstecznego poszczególnych diod.

Tabela 1

Dioda	Napięcie wsteczne
1N5400	50V
1N5401	100V
1N5402	200V
1N5404	400V
1N5405	600V
1N5407	800V
1N5408	1000V
1N5820	20V
1N5821	30V
1N5822	40V

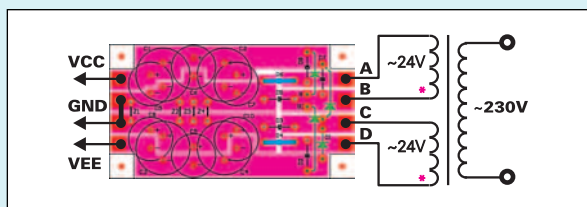
Jak widać, diody 1N5400 i 1N5822 nadawałyby się tylko do wersji z dwoma niezależnymi zasilaczami, gdzie napięcie wsteczne jest równe amplitudzie przebiegu.

Każda z diod wymienionych w tabeli może prostować prąd o wartości do 3A, a ponieważ w mostku pracują parami po dwie diody, maksymalny prąd wyjściowy zasilacza wynosi 6A. Warto wiedzieć, że podana wartość 3A dotyczy prądu wyprostowanego, natomiast



Rys. 1 Schemat ideowy

Rys. 2



maksymalny impuls prądu o czasie trwania 10ms (jeden półokres sieci) dla diod 1N540x może mieć aż 200A, dla 1N5822 – 80A.

Wzmacniacz o ciągłej (sinusoidalnej) mocy wyjściowej 1x200W pracujący z obciążeniem 8Ω pobiera przy pełnym wysterowaniu nieco ponad 5A prądu. Natomiast wzmacniacz o rzeczywistej mocy wyjściowej 50W pobiera nieco ponad 2,5A, stąd wzmacniacz stereo 2x50W będzie pobierał w szczytach ponad 5A. Przy obciążeniu 4Ω pojedynczy wzmacniacz 100W pobiera ponad 5A. Natomiast wzmacniacz 2x50W z obciążeniem 4Ω będzie w szczytach wysterowania pobierał ponad 7A prądu, więc można rozważyć zastosowanie mostka prostowniczego o większym prądzie.

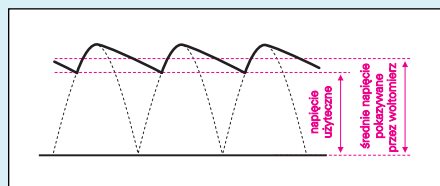
Na szczęście w układzie wzmacniacza mocy występuje korzystna sytuacja, ponieważ w praktyce wzmacniacz nigdy nie pracuje ciągle przy pełnej, niezmienniej mocy. Sygnały audio mają charakter zmienny, impulsowy, a pełna moc wykorzystywana jest tylko w stosunkowo krótkim czasie. Oznacza to, że w praktyce zasilacz może pracować ze wzmacniaczami o mocy maksymalnej większej, niż wskazują podane wyliczenia.

Początkujący obawiają się, czy zastosowana pojemność filtrująca nie będzie za małą. Dziś, z uwagi na łatwy dostęp do kondensatorów o dużych pojemnościach, stosuje się znaczne pojemności rzędu 10000μF i więcej. Ścisłej biorąc, należałoby uwzględnić rezystancje wewnętrzne (ESR) kondensatorów. Audiofile nie tylko stosują duże pojemności, ale też wykorzystują kondensatory słynnych firm, co nie zawsze wynika z obiektywnych potrzeb i parametrów, tylko z mody i „szpanu”. Te wątki wykraczają jednak poza ramy artykułu.

Warto wiedzieć, że nie ma żadnych ścisłych wymagań ani konkretnego wzoru na pojemność minimalną filtra w zasilaczu. Oczywiście w spoczynku, gdy pobór prądu jest mały, tętnienia są znikome, a ujawniają się dopiero przy silnym obciążeniu. Oznacza to, że niewielki brum sieciowy może pojawić się, ale tylko podczas silnego wysterowania – taki niewielki brum zostanie skutecznie zagłuszony przez duży sygnał użyteczny.

Oczywiście pomimo to warto stosować możliwie duże pojemności filtrujące. Jak pokazuje w uproszczeniu **rysunek 3**, tętnienia dodatkowo nieco obniżą też użyteczne napięcie zasilania, a tym samym zmniejszą w pew-

Rys. 3



nym niewielkim stopniu moc wyjściową wzmacniacza. Warto też znać podstawowe wzory pozwalające obliczyć pobór prądu i oszacować tętnienia przy maksymalnym obciążeniu. Jeśli na przykład wzmacniacz mono z transformatorem toroidalnym 2x24VAC 200W i trzema połączonymi równolegle kondensatorami filtrującymi 4700μF (razem 14100μF = 14,1mF) dostarcza do głośnika 8-omowego moc wyjściową 50W, to najpierw z przekształconego znanego wzoru $P = I^2R$ wyliczamy prąd:

$$I = \sqrt{P/R}$$

$$I = \sqrt{50W/8\Omega} = \sqrt{6,25} = 2,5A$$

Te dwa i pół ampera to przeciętna wartość prądu zasilania przy pełnym obciążeniu (sprawność wzmacniacza nie ma w tym wypadku znaczenia). W szczycie przebiegu sinusoidalnego prąd chwilowy będzie 1,41x większy, należałoby też doliczyć prąd spoczynkowy wzmacniacza, ale możemy to pominąć.

Znając maksymalny pobór prądu, możemy obliczyć przybliżoną amplitudę tętnień ze wzoru na rozładowanie kondensatora prądem o niezmienniej wartości. Zakładamy, że kondensator jest szybko ładowany przez impuls prądu z prostownika, a potem rozładowywany przez czas bliski połowie okresu sieci – dla prostownika dwupołkowego czas między cyklami wynosi 10ms. Przekształcenie podstawowego wzoru $CU = It$ daje:

$$U = It / C$$

W naszym przypadku:

$$U = 2,5A * 10ms / 14,1mF = 1,56V$$

Spodziewana wartość napięcia tętnień przy maksymalnym obciążeniu będzie wynosić mniej więcej 5% wartości napięcia zasilającego, co należy uznać za wartość wystarczającą. Wzór można też przekształcić, żeby obliczyć potrzebną pojemność przy założonej amplitudzie tętnień:

$$C = It / U$$

gdzie napięcie U to dopuszczalna amplituda tętnień, nie większa niż 5...7% napięcia zasilania, a prąd I to maksymalna wartość prądu zasilania przy pełnym wysterowaniu.

Przedstawiony sposób obliczeń jest bardzo uproszczony – pomija szereg czynników i właściwości. Nie uwzględnia na przykład rezystancji wewnętrznej, a tym samym wydajności prądowej transformatora, co z kolei wiąże się z kwestią spadku napięcia pod wpływem obciążenia. Niemniej ten prosty sposób obliczania tętnień jest jak najbardziej użyteczny w praktyce, bo akurat w kwestii tętnień duża dokładność wcale nie jest potrzebna.

Montaż i uruchomienie

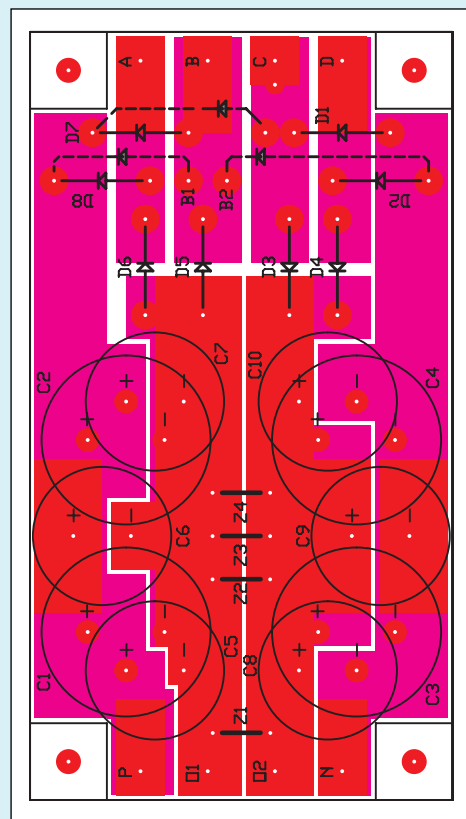
Montaż modułu na płytce z **rysunku 4** jest klasyczny. W wersji według **rysunku 2** na-

leży wlutować D1 oraz trzy diody w miejsca zaznaczone na płytce liniami przerywanymi (zielone na schemacie i rysunku 2), a zamiast D4, D6 trzeba wlutować zwory. Z uwagi na duże prądy, lepszym rozwiązaniem od czterech zwór jest wlutowanie od strony ścieżek kilkucentymetrowego odcinka drutu między oba obszary masy, wzdłuż szczeliny między nimi. Kondensatory filtrujące należy wlutować w przewidziane miejsca: albo C1...C4 o średnicy do 22mm, albo C5...C10 o średnicy do 18mm. Układ prawidłowo zmontowany od razu będzie pracował poprawnie.

Uwaga! Kondensatory elektrolityczne dołączone do napięcia wyższego niż ich napięcie nominalne oraz włączone odwrotnie mogą eksplodować, co stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia!

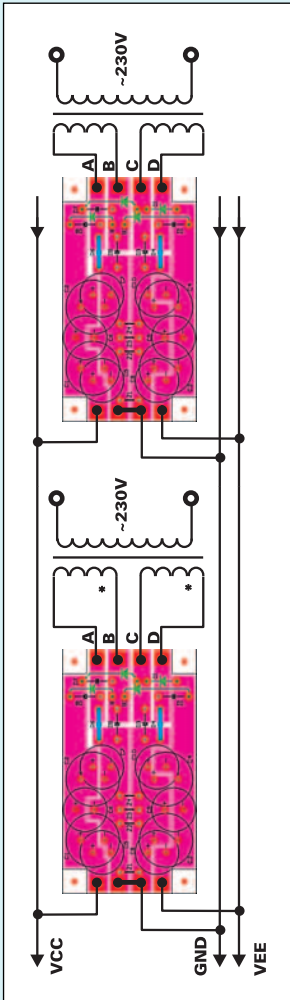
Początkujący często popełniają istotny błąd przypadkowo dołączając końcówki uzwojeń. **W wersji z rysunku 2 KONIECZNIE należy się upewnić, czy uzwojenia mają właściwą fazę.** Już po zmontowaniu i podłączeniu transformatora trzeba zmierzyć **napięcie zmienne między punktami B, C**. Jeśli fazowanie jest prawidłowe, napięcie to będzie dwa razy większe niż napięcie na jednym uzwojeniu. Przy błędnym podłączeniu napięcie między punktami B, C będzie bliskie zeru i wtedy prostowanie będzie jednopółkowe, a tętnienia znacznie wzrosną.

Rys. 4 Schemat montażowy



Nawet jeśli jeden zasilacz może obsłużyć oba kanały wzmacniacza stereo, z różnych powodów warto zastosować dwa oddzielne transformatory i dwa opisane zasilacze, po jednym dla każdego wzmacniacza. Aby uniknąć kłopotów z masą, należy połączyć masy nie przy zasilaczach, tylko przy wejściach wzmacniaczy mocy, gdzie nie płyną duże prądy.

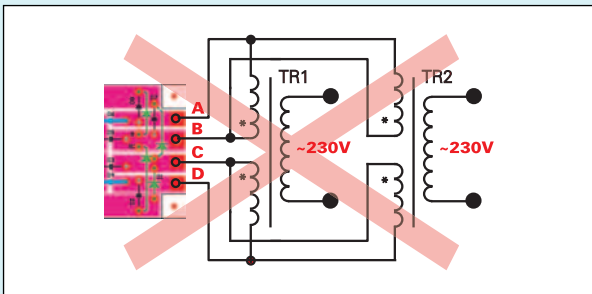
Warto też wiedzieć, że takie niestabilizowane zasilacze (dwa lub więcej) mogą być połączone w pewnym sensie równoległe, jak pokazuje **rysunek 5**, o ile tylko **transformatory są jednakowe**. Nawet jeśli jeden z transformatorów daje odrobinę wyższe napięcie, przy bardzo małych prądach obciążenia właśnie on będzie dostarczał energii. Jednak przy zwiększeniu prądu obciążenia napięcie na nim nieco się zmniejszy, co automatycznie umożliwi pracę drugiego transformatora. Taki „równoległy” układ z dwoma zasilaczami ma pozytywną właściwość, bo automatycznie wyrównuje stopień obciążenia obu transformatorów, o ile oczywiście są one jednakowego typu i ich parametry różnią się minimalnie. Nie powinno się natomiast bezpośrednio łączyć równoległe uzwojeń jednakowych transformatorów według **rysunku 6**, ponieważ wspomniane minimalne różnice napięć mogą powodować przepływ znacznych prądów wyrównawczych, co oznacza niepotrzebne straty.



Rys. 5

Jerzy Częstochoński

Rys. 6



Wykaz elementów

Diody D1-D8 1N5404
C1...C10 patrz tekst

Płytką drukowaną jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-2701