

Wzmacniacz 100W z układami TDA1514A

kit AVT-195

Nasi Czytelnicy dopominają się o prosty, a zarazem dobry wzmacniacz o mocy co najmniej 100W. Myślimy, że projekt przedstawiony w tym artykule zadowoli wymagania nawet wybrednych melomanów.

Proponujemy wykonanie wzmacniacza o mocy muzycznej do 150W i bardzo dobrych parametrach dynamicznych. Ponieważ konstrukcja jest oparta na świetnych układach scalonych TDA1514A firmy Philips, więc nawet najbardziej początkujący nie będą mieli żadnych kłopotów przy uruchamianiu tego wzmacniacza.

Na początek śpieszymy wyjaśnić, że tytułowe 100W oznacza 100 watów, a nie 100 wad. Każdy praktykujący elektronik potwierdzi bowiem, że wiele układów wzmacniaczy dużej mocy prezentowanych w amatorskiej literaturze to konstrukcje mające raczej 100 wad, zamiast spodziewanych 100 watów.

Rzeczywiście, zbudowanie dobrego wzmacniacza mocy, szczególnie na elementach dyskretnych, wcale nie jest takie łatwe. Któż nie zna kłopotów spowodowanych samowzbudzeniem się wzmacniacza? Po wyeliminowaniu wzbudzenia amatorskimi sposobami zwykle okazuje się, że zastosowane metody obcięły pasmo i radykalnie obniżyły szybkość narastania napięcia wyjściowego. Niepowodzenia przy uruchamianiu skomplikowanych układów u wielu elektroników zdążyły już wywołać trwałą niechęć do praktycznej twórczości i brak zaufania do literatury.

Jak pokazuje życie, wielu elektroników „wyłożyło się” przy pracach wykończeniowych; o końco-

wym sukcesie decyduje mechanika - estetyczna obudowa i przyzwoity, czysty montaż. Ale do dziś niektórzy elektronicy pakują układ do przysłowiowego pudełka po butach... Do tego tematu niedługo powrócimy.

Na łamach EP przedstawiliśmy już sporo „klocków” audio. Zawsze staramy się proponować konstrukcje w miarę proste i łatwe do uruchomienia. Tak jest i tym razem. Uruchomienie poszczególnych modułów nie jest trudne, zdecydowanie ułatwiony jest serwis i w prosty sposób można z nich zbudować bardziej złożone urządzenie, dokładnie według własnych życzeń.

Cykl ten będziemy jeszcze przez jakiś czas kontynuować. W najbliższym czasie przedstawimy następny, lepszy procesor audio oraz układ redukcji szumów DNR.

W jednym z najbliższych numerów przedstawimy także pierwszy przykład takiej konstrukcji z klocków: kompletny zestaw nagłośnieniowy - urządzenie sprawdzone w praktyce, mające zalety niespo-

tykane w tego typu sprzęcie. Opisany dziś moduł wzmacniacza znakomicie nadaje się do takiego zestawu.

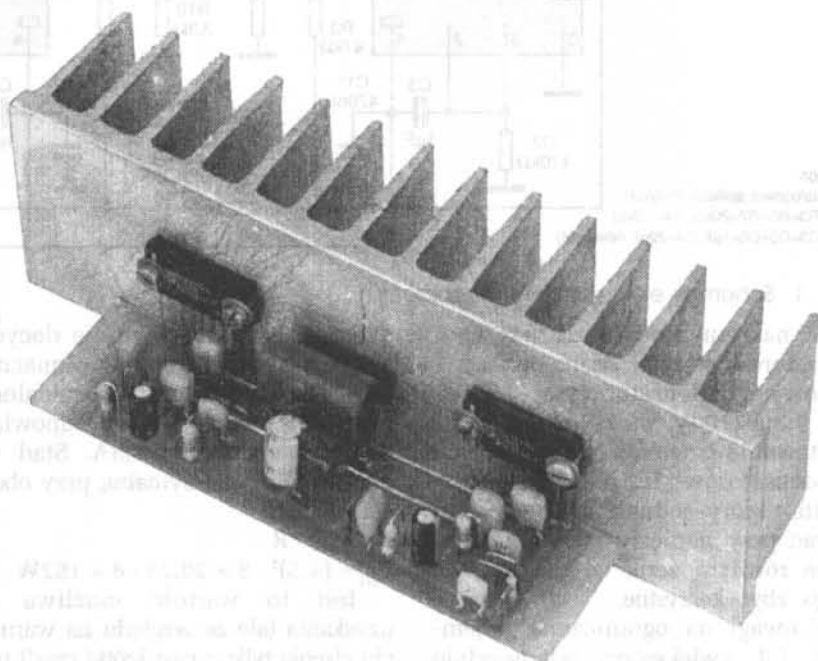
Dwa takie wzmacniacze, umieszczone wraz z zasilaczem w estetycznej obudowie, mogą stanowić wzmacniacz końcowy wysokiej jakości do domowego zestawu audio (tylko miejcie, kochani, trochę litości dla sąsiadów...).

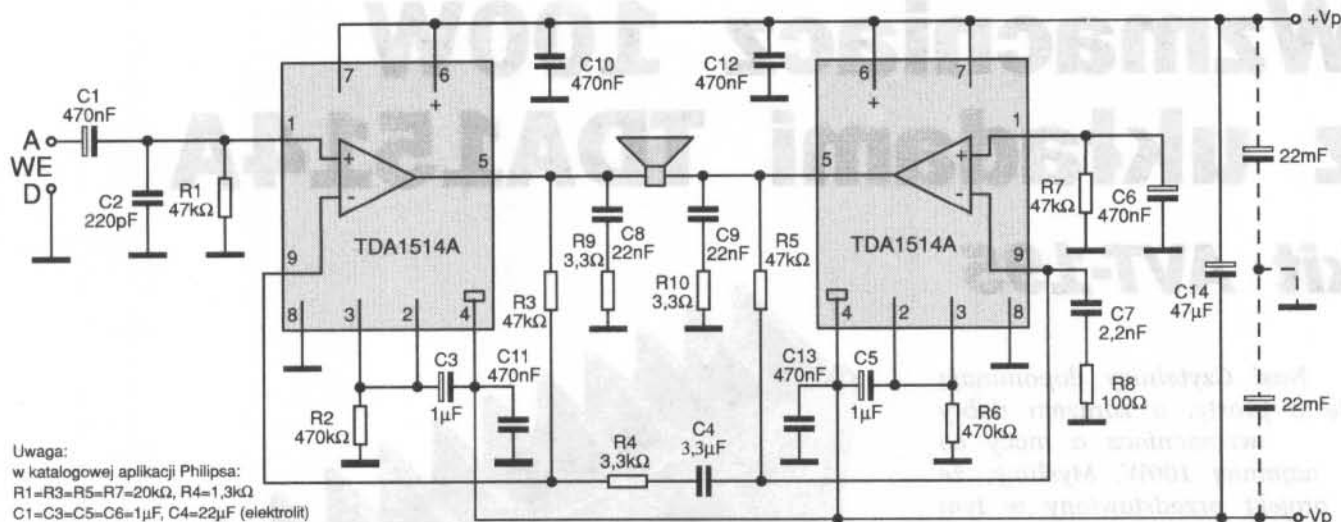
Opis układu

Schemat elektryczny wzmacniacza jest pokazany na **rysunku 1**. Na rysunku podano wartości elementów według aplikacji katalogowej, elementy zastosowane w modelu są wyszczególnione w wykazie na końcu artykułu.

Jak widać, jest to wzmacniacz mostkowy wykorzystujący dwa znane nam już układy TDA1514A.

Sygnal sterujący jest podawany na nóżkę 1 układu US1. Wzmocnienie jest ustalone wartościami elementów R3, R4, R5. W katalogowej aplikacji R3=R5=20kΩ, R4=1,3kΩ, C4=22μF (elektrolit).





Rys. 1. Schemat elektryczny wzmacniacza

W naszym modelu C4 jest kondensatorem stałym. Zastosowaliśmy krajowy kondensator typu MKSE-018 3,3μF/100V, możliwe jest także wlutowanie czterech miniaturowych kondensatorów 1μF/63V lub elektrolita, który jednak musi tu pracować przy napięciu stałym praktycznie równym zeru, co nie jest dla niego zbyt korzystne.

Z uwagi na ograniczoną pojemność C4 zwiększono odpowiednio R1=R3=R5=R7 do wartości 47kΩ, a R4 do 3,3kΩ.

Elementy R2, R6, C3 i C5 sterują obwodem opóźnionego załączania głośników. Jest to duża zaleta układu, nie trzeba bowiem stosować oddzielnego przekaźnikowego układu opóźnionego dołączania; stuki i trzaski wynikające ze stanów przejściowych przedwzmacniacza nie będą słyszalne. Tu również wartość stałych czasowych została zwiększona w stosunku do proponowanej przez producenta. Wystarczy użycie kondensatorów na napięcie 16V, bo w czasie pracy napięcie na nich nie przekracza 10V.

Zastosowane układy scalone mają wbudowane obwody zabezpieczenia termicznego i zwarciovego.

Podstawowe parametry układu scalonego TDA1514A znajdują Czytelnicy w artykule „Wzmacniacz 50W HiFi” (EP 1/94, str. 59). Przypomnijmy tylko, że dopuszczalne napięcie zasilające wynosi ±10...±30V.

Najbardziej istotnym parametrem kostek pracujących w układzie mostkowym jest powtarzalny szczytowy prąd wyjściowy. Producent gwarantuje wartość co najmniej 6,4A (oczywiście, przy odpowiednim chłodzeniu).

Prąd ten w sumie decyduje o maksymalnej mocy wzmacniacza. Dla przebiegu sinusoidalnego wartość szczytowa 6,4A odpowiada wartości skutecznej 4,5A. Stąd obliczamy moc maksymalną przy obciążeniu 8Ω:

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P_{8\Omega} = (4,5)^2 \cdot 8 = 20,25 \cdot 8 = 162W$$

Jest to wartość możliwa do uzyskania (ale ze względu na warunki chłodzenia tylko przez krótki czas!) przy zasilaniu napięciem stabilizowanym ±30V, odpowiada bowiem napięciu skutecznemu na obciążeniu 36V, czyli amplitudzie 51V.

W rzeczywistości moc maksymalna, w uproszczeniu mówiąc - muzyczna, będzie zależała od „sztywności” napięcia zasilania, czyli w sumie od transformatora i kondensatorów filtra zasilacza. Używając zasilacza niestabilizowanego nie osiągniemy takiej mocy, bo napięcie zasilania na pewno zmniejszy się pod obciążeniem.

Obliczamy teraz moc maksymalną przy obciążeniu 4Ω:

$$P_{4\Omega} = 20,25 \cdot 4 = 81W$$

Od razu widać, że nie warto stosować takiego obciążenia, no chyba, że mamy akurat zasilacz o napięciu tylko ±15...20V.

Natomiast z obciążeniem 8Ω powinniśmy według zapewnień producenta osiągnąć moc wyjściową 100W ze zniekształceniami 0,1% przy zasilaniu ±24V. Jest to zupełnie realne, o ile tylko zasilacz mający napięcie w stanie spoczynku nie więcej niż ±30V, pod obciążeniem „nie siądzie” poniżej napięcia ±24V. Istotna będzie też wartość pojemności kondensatorów filtra - producent zaleca wartość 2 x 22000μF.

Przy mniejszych pojemnościach zwiększą się tętnienia i trochę zmniejszy się maksymalna niezniekształcona moc wyjściowa.

PozwólmY teraz sobie na małą dygresję na temat mocy wzmacniaczy.

Początkujący elektronicy fascynują się tylko maksymalną mocą wzmacniacza zapominając o rzeczywistości. Okazuje się, że nie ma sensu targować się o jakieś 20...30W. Przy mocy 100W stanowi to mniej niż 3dB, czyli... jest to różnica ledwie zauważalna dla ucha. Do tego dochodzi jeszcze sprawność zestawów głośnikowych, która bywa różna, więc efekt końcowy wcale nie jest prostą konsekwencją mocy wzmacniacza.

Nie zapominajmy, że w sumie chodzi o efekt akustyczny, a nie o pochwalenie się mocą swojego wzmacniacza.

Po drugie, podkreślmy z całą stanowczością, że wzmacniacze przewidziane do ciągłego obciążenia mocą maksymalną muszą mieć odpowiednio duże i dobrze chłodzone zasilacze i radiator.

W domowych warunkach najczęściej nie wykorzystujemy pełnej mocy, ale, jak twierdzą eksperci, zawsze powinniśmy mieć pewien zapas, stąd zastosowanie wzmacniacza 2 x 100W w domowym zestawie wcale nie jest przesadą.

Tak więc, choć sam wzmacniacz może dostarczać mocy ciągłej ponad 100W, to w praktyce, w większości przypadków, takiej mocy ciągłej całego urządzenia nie uzyskamy właśnie ze względu na zastosowany radiator i zasilacz.

Najprawdopodobniej nasi Czytelnicy zastosują zasilacz i obudowę nie pozwalającą uzyskać ciągłej mocy 2x100W, ale w warunkach domowych nie jest to potrzebne.

Jeśli wzmacniacze z radiatorami i zasilacz „upchniemy” w obudowie od miniwieży o wysokości 6cm (co uda się przy zastosowaniu transformatora toroidalnego i małych, nowoczesnych elektrolitów), to po dłuższym obciążeniu pełną mocą całość się nagrzej i wbudowane zabezpieczenie termiczne wyłączy wzmacniacze.

W podsumowaniu naszej dyskusji stwierdzimy, że prezentowany wzmacniacz doskonale nadaje się do różnorodnych zastosowań, jest prosty w budowie i uruchomieniu, ma znakomite parametry oraz oferuje dużą rezerwę mocy.

Uwzględniając podane wnioski zdecydowaliśmy się na zaprojektowanie specjalnie do tego celu transformatora toroidalnego o mocy 150W i napięciu dostosowanym do układów scalonych TDA1514A. Transformator taki może zasilić dwa pojedyncze wzmacniacze AVT-129 lub jeden AVT-195.

Wspomnijmy jeszcze o napięciach niezrównoważenia. Wiadomo, że każdy rzeczywisty wzmacniacz scalony przy napięciu stałym na wejściu równym zero będzie miał na wyjściu napięcie stałe różne od zera.

Jest to ważne we wzmacniaczach nie posiadających kondensatorów separujących na wyjściu, w szczególności w układach mostkowych. Te napięcia niezrównoważenia powodują bowiem przepływ prądu stałego przez głośnik. Wiąże się to oczywiście z pewnym wychyleniem jego membrany od położenia spoczynkowego.

Producent układów TDA1514A gwarantuje na tyle niewielkie napięcie niezrównoważenia, że opisane zjawisko można zaniedbać. Jeśli nawet pojawi się to napięcie o wartości kilku miliwoltów, to wychylenie membrany głośnika, który podczas pracy musi radzić sobie z prądami o wartości kilku amperów, będzie pomijalnie małe.

W modelu napięcia niezrównoważenia obu kostek wynosiły -

1,3mV i -0,3mV, co daje napięcie stałe przyłożone do głośnika równe 1mV!. Według katalogu napięcie niezrównoważenia może być większe (typ. 7mV, max 200mV). W związku z postępami technologii wytwarzania obecnie produkowane kostki mają jednak w tym względzie parametry zdecydowanie lepsze niż podaje katalog.

W modelu zmierzono pasmo przy mocy oddawanej 56W i spadku 3dB; wynosi ono 18Hz - 100kHz z niewielkim 1..2 decybelowym podbiciem w okolicach 65kHz. Charakterystyka jest płaska, a dolna częstotliwość graniczna wynika ze stosunkowo niewielkiej pojemności kondensatorów sprzęgających, zwłaszcza C4.

W praktyce nie ma chyba sensu walczyć o zmniejszenie dolnej częstotliwości granicznej, bo przecież i tak zdecydowana większość zestawów głośnikowych nie przenosi częstotliwości poniżej 40Hz.

W razie potrzeby można zwiększać rezystancje, w szczególności R4, licząc się ze zmianą wzmocnienia.

Zmierzona szybkość narastania napięcia wyjściowego na obciążeniu rezystancyjnym jest duża i wynosi 19V/μs. Jest to lepiej niż podano w katalogu (14V/μs)!

Zniekształcenia nieliniowe przy mocy 75W są znikome - na pewno poniżej 0,035% (tylko do tej granicy mierzył używany przyrząd)! Według katalogu przy mocy kilkudziesięciu watów powinny być rzędu -80...-90dB.

Znakomite jest też tłumienie tętnień zasilania (katalogowo typ. 64dB); nie dało się ich zaobserwować w sygnale wyjściowym przy pomiarze za pomocą miernika zniekształceń.

W sumie, o mocy, przy której pojawiają się znaczące zniekształcenia

decyduje wartość napięcia zasilania, a nie parametry układu scalonego.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu z rysunku 1 (z elementami wg wykazu) można wykonać na płytce drukowanej pokazanej na wkładce.

Płytkę została tak zaprojektowana, aby maksymalnie oddalić niezbędne kondensatory elektrolityczne od radiatora.

Poprowadzono maksymalnie szerokie ścieżki w obwodach, gdzie płyną duże prądy. Nie trzeba się obawiać, że są zbyt wąskie - patrz Notatnik Praktyka EP 8/93, str. 50. Owszem, podczas pracy z pełną mocą trochę się nagrzej, ale jest to dopuszczalne.

We wzmacniaczach mostkowych występuje wygodna dla konstruktora sytuacja: duży prąd płynący przez głośnik zamyka się wprost między dwoma biegunami źródła zasilania, a nie płynie w obwodach masy. A wiadomo powszechnie, że ścieżka masy to źródło ustawicznych kłopotów.

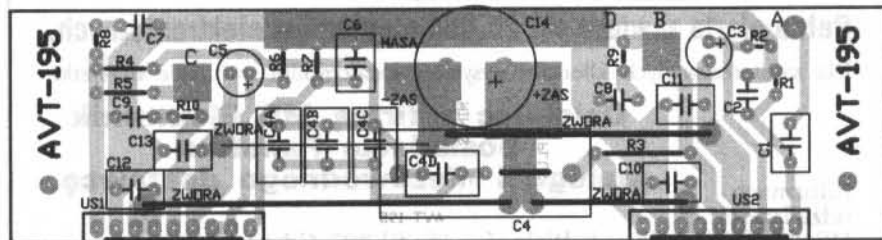
W naszej płytce warto mimo wszystko wzmocnić ścieżkę masy przebiegającą przy krawędzi płytki lutując do niej kawałek grubszego drutu lub srebrzanki.

Montaż według rysunku 2 należy zacząć od wykonania czterech zwór doprowadzających napięcia zasilające do układów scalonych wzmacniaczy. Jeśli zamiast jednego kondensatora C4 o wartości 3,3μF zostaną zastosowane cztery kondensatory po 1μF, wtedy trzeba wykonać jeszcze jedną zworę.

Następnie należy wlutować wszystkie elementy bierne.

Na wszelki wypadek lepiej byłoby najpierw przykręcić układy scalone do radiatora i dopiero potem wlutować je w płytkę. Jest to zalecane przy samodzielnym wykonaniu płytki i wierceniu otworów pod wkręty mocujące, z uwagi na możliwe odchyłki wymiarów. Nie

We wzmacniaczach mostkowych występuje wygodna dla konstruktora sytuacja: duży prąd płynący przez głośnik zamyka się wprost między dwoma biegunami źródła zasilania, a nie płynie w obwodach masy.



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej

jest to konieczne przy użyciu płytki i radiatora z gotowymi otworami, dostarczonych w zestawie AVT-195.

Należy pamiętać, że wkładka radiatorowa układu scalonego jest połączona z nóżką 4 - minusem zasilania. Zdecydowanie korzystniej jest w tej sytuacji odizolować radiator od metalowej obudowy, która zwykle ma potencjał masy, i nie stosować przekładek izolacyjnych między układem scalonym a radiatorem.

Zastosowanie mikowych przekładek znacząco zwiększy niewielką rezystancję termiczną między złączem a radiatorem ($R_{thjc} = 1K/W$). Rezystancja cieplna przekładek dodatkowo ograniczy moc maksymalną, jaką można w sposób ciągły uzyskać z naszego wzmacniacza

Oczywiście, koniecznie trzeba zastosować smar przewodzący ciepło, chyba że uda się nam zdobyć miękkie przekładki z gumy silikonowej o odpowiednim kształcie.

Na koniec trzeba sprawdzić, czy nie ma niebezpieczeństwa zwarcia między oczkami lutowniczymi ukła-

dów scalonych położonymi przy krawędzi płytki a radiatorem. W wątpliwych przypadkach należy sfazować krawędź płytki od strony druku.

Płytką nie musi być mocowana do radiatora; w sprzęcie stacjonarnym będzie się trzymała na wyprawieniach układów scalonych. W szczególnych przypadkach można wykorzystać dwa otwory umieszczone na krótszych krawędziach płytki.

Przewody doprowadzające napięcie zasilające o przekroju minimum $1mm^2$ najlepiej jest przylutować do dużych pól lutowniczych od strony druku.

Po dokładnym sprawdzeniu zmontowanej płytki należy sprawdzić jej działanie.

Układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien od razu pracować poprawnie. Niestety, ludzką rzeczą jest błędzić. Zamienione przewody, odwrotnie włożony elektrolit, zwarcie - oto obrazki z życia wzięte. Przy wzmacniaczach mocy ryzyko uszkodzenia jest o tyle większe, że zazwyczaj „odpalamy“ całość wraz

z zasilaczem o dużej wydajności. Dlatego godnym polecenia sposobem jest włączenie rezystora o obciążalności kilku watów lub nawet żarówki $10...15W/220V$ w szereg z uzwojeniem pierwotnym transformatora. Zabezpieczamy wtedy również zasilacz.

Przy uruchamianiu modelu nie wyniknęły żadne trudności.

Piotr Górecki, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R3, R5, R7: $47k\Omega$

R2, R6: $470k\Omega$

R4: $3,3k\Omega$

R8: 100Ω

R9, R10: $3,3\Omega$

Kondensatory

C1, C6, C10...C13: $470nF$

C2: $220pF$

C3, C5: $47\mu F/16V$

C4: $3,3\mu F/100V$ lub $4x1\mu F/63V$, MKSE-020

C7: $2,2nF$

C8, C9: $22nF$

C14: $47\mu F/63V$

Półprzewodniki

US1, US2: TDA1514A

Różne

radiator