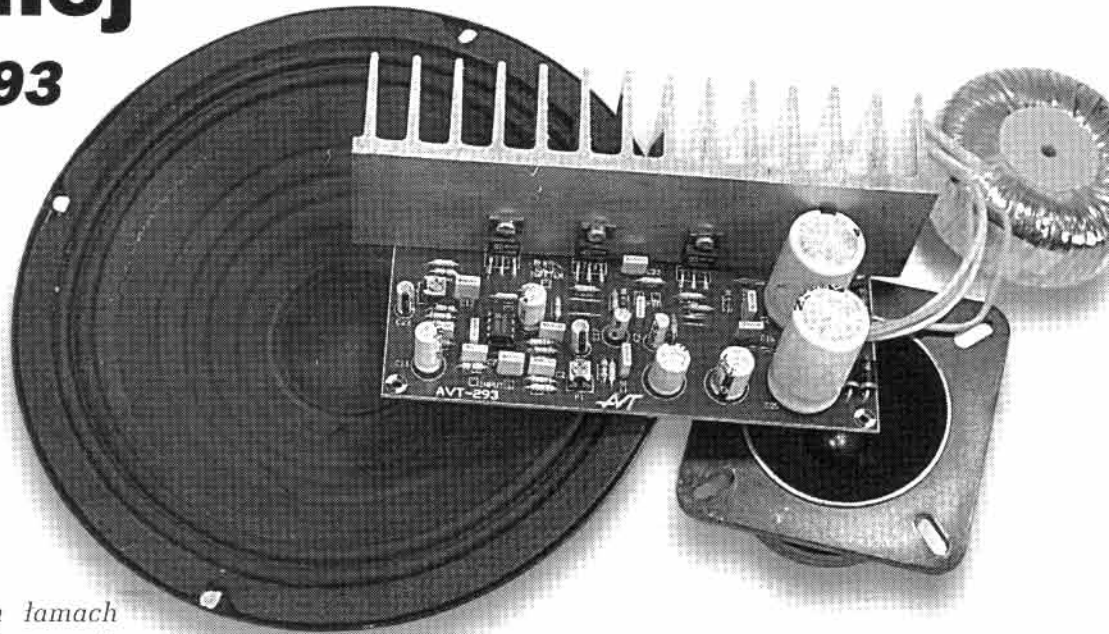


# Wzmacniacz do kolumny aktywnej

## kit AVT-293



Po raz pierwszy na łamach EP publikujemy opis wzmacniacza, który stanowi w założeniu integralną część kolumny głośnikowej. Dzięki wbudowaniu we wzmacniacz aktywnej zwrotnicy o częstotliwości podziału ok. 1.8kHz nie ma konieczności stosowania kłopotliwych w wykonaniu i montażu biernych zwrotnic LC. Dzięki temu konstruktor kolumn może się skupić na dobraniu optymalnych rozmiarów obudowy.

Ponieważ głośniki są zasilane bezpośrednio ze stopni wyjściowych końcówek mocy sprawność wzmacniacza jest o ok. 10..20% wyższa niż w wykonaniu standardowym.

Kolumny aktywne są to kolumny głośnikowe z wbudowanymi wzmacniaczami (wzmacniaczem) i zasilaczem. Sygnał audio doprowadzany jest do nich wprost z przedwzmacniacza, często wyposażonego w regulatory barwy dźwięku, balansu i głośności. Ponieważ współcześnie produkowane zestawy głośnikowe są co najmniej dwudrożne (kanał nisko-średniotonowy i wysokotonowy), a bardzo często trójdrożne, niezbędne jest stosowanie zwrotnic zasilających poszczególne głośniki. Są one wykonywane w postaci kilkustopniowych filtrów pasmowych LC, które dokonują podziału częstotliwościowego sygnału o dużej mocy. Mają więc one duże rozmiary, są podatne na zewnętrzne pola elektromagnetyczne, łatwo ulegają uszkodzeniom mechanicznym, obniżają sprawność energetyczną zestawu nagłośnieniowego, ich wykonanie często przekracza możliwości przeciętnej elektroniki. Lekarstwem na niemal wszystkie wymienione problemy są aktywne filtry ze wzmacniaczami operacyjnymi, w których częstotliwości podziału

dobiera się poprzez dobór elementów RC.

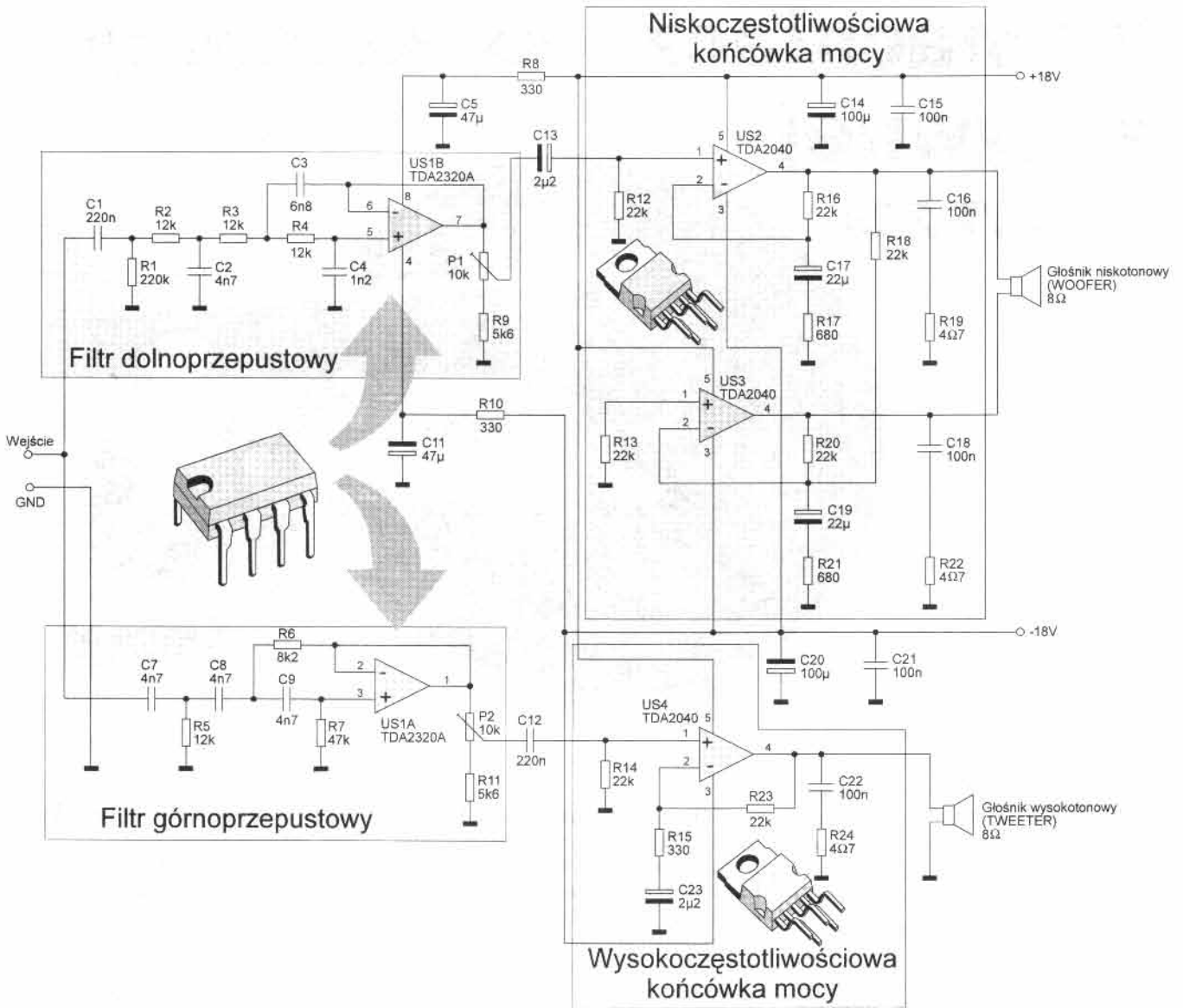
Opisany w artykule wzmacniacz pozwala na zasilenie głośników: nisko-średniotonowego i wysokotonowego z dwóch, niezależnych stopni wzmacnienia. Wejście każdego wzmacniacza sterowane jest z wyjścia filtra (dolno lub górnoprzepustowego), który spełnia rolę aktywnej zwrotnicy.

W jednym z najbliższych numerów EP przedstawimy opis konstrukcji prostej kolumny głośniko-

### Parametry wzmacniacza

(przy  $U_z = \pm 18V$ ):

- ✓ częstotliwość podziału: 1.8kHz,
- ✓ zalecany zakres napięcia zasilającego:  $\pm 10.. \pm 20V$ ,
- ✓ pobór prądu w stanie spoczynku (max.): 120..300mA,
- ✓ temperatura zadziałania bezpiecznika termicznego w strukturze układów TDA2040: 145°C.
- **kanal niskotonowy:**
- ✓ moc wyjściowa ( $h < 0.5\%$ ): 30W,
- ✓ pasmo przenoszenia (3dB): 20Hz..2.3kHz
- **kanal wysokotonowy:**
- ✓ moc wyjściowa ( $h < 0.5\%$ ): 14W,
- ✓ pasmo przenoszenia (3dB): 1.2kHz..30kHz,



Rys. 1. Schemat elektryczny wzmacniacza.

wej przystosowanej do współpracy ze wzmacniaczem AVT-293.

### Opis układu

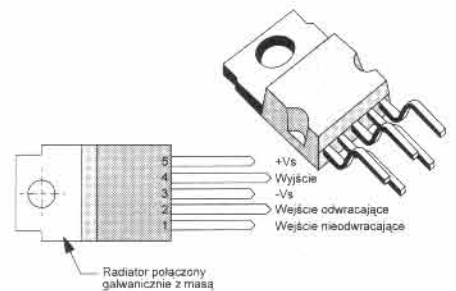
Schemat elektryczny wzmacniacza przedstawia **rys.1**. Układ US1 (wzmacniacz operacyjny audio) wraz z towarzyszącymi elementami RC spełnia rolę filtrów: dolno (US1B) i górnoprzepustowego (US1A). Są to filtry Butterwortha 3-rzędowe, które charakteryzuje równomierna (gładka) charakterystyka w pasmie przenoszenia. Jest to najczęściej stosowany układ filtrujący w aplikacjach audio. Częstotliwości graniczne filtrów ustalono poprzez dobór elementów RC włączonych w pętle sprzężenia zwrotnego wzmacniaczy operacyjnych US1A i US1B.

Końcówki mocy wykorzystane

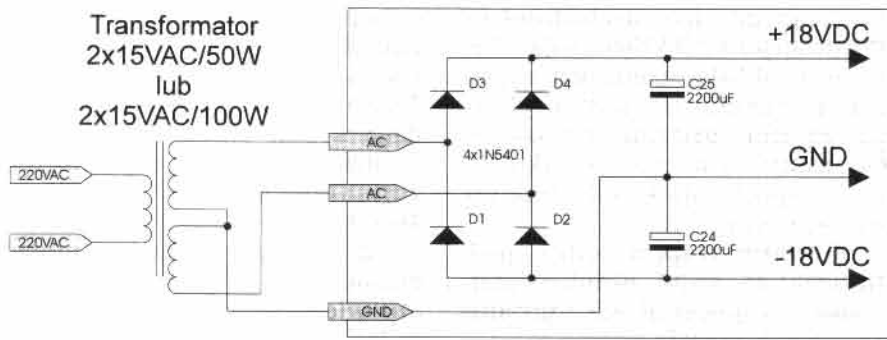
we wzmacniaczu oparto na bardzo tanich układach produkowanych przez firmę SGS-Thomson TDA2040. Układy te są kompletnymi końcówkami mocy, pracującymi w ekonomicznej klasie AB (osiągają sprawność energetyczną rzędu 60..67%). Pomimo niskiej ceny układy TDA2040 są bardzo funkcjonalne. Mają wbudowane zabezpieczenia przeciwzwarciowe, układ gwarantujący pracę tranzystorów mocy w obszarze SOAR, a także zabezpieczenie termiczne. Nowoczesna konstrukcja układu zapewnia uzyskanie dużej mocy na wyjściu, przy bardzo małym poziomie zniekształceń nieliniowych i skrośnych.

Na **rys.2** przedstawiono wygląd obudowy Pentawatt-V oraz oznaczenia wyprowadzeń układu.

Na wyjściu filtra dolnoprzepustowego US1B znajduje się potencjometr P1, który umożliwia regulację poziomu sygnału wejściowego wzmacniacza głośnika nisko-średniotonowego. Sygnał z tego potencjometru podawany jest na wejście neodwracające



Rys. 2. Oznaczenie wyprowadzeń i widok obudowy układu TDA 2040.



Rys. 3. Schemat elektryczny zasilacza.

układu US2, który wraz z układem US3 pracuje w połączeniu mostkowym. Połączenie mostkowe dwóch układów TDA2040 pozwoliło na zwiększenie mocy wyjściowej końcówki zasilającej kanał basowy do 30W, przy zachowaniu poziomu zniekształceń nieliniowych poniżej 0.5%. Pojedynczy układ TDA2040 ma maksymalną moc wyjściową ok. 22W. Dzięki zastosowaniu rezystora R18 na wejście odwracające układu US3 podawany jest sygnał z wyjścia US2. Ponieważ wejście nieodwracające US3 zwarte jest do masy przez rezystor R13, na wyjściu tego układu pojawia się sygnał identyczny jak na wyjściu US2, lecz o przeciwnej fazie. Głośnik nisko-średniotonowy włączony jest pomiędzy wyjścia US2 i US3, dzięki czemu jest zasilany napięciem o dwukrotnie większej amplitudzie, niż w przypadku standardowego układu połączeń.

Także do wyjścia filtra górno-przepustowego (z układem US1A) dołączono potencjometr P2, umożliwiając dobrór napięcia wejściowego wzmacniacza zasilającego głośnik wysokotonowy. Wysokotonowa końcówka mocy jest nieco

prostsza od kanału niskoczęstotliwościowego. Sygnał z potencjometru P2, poprzez kondensator separujący składową stałą C12, podawany jest na wejście nieodwracające US4. Wzmacniacz US4 pracuje w standardowym układzie aplikacyjnym, wzmacnienie tego stopnia ustalają elementy R23 i R15. Kondensator separujący stałoprądowo pętlę ujemnego sprzężenia zwrotnego C23 ma pojemność nieco mniejszą niż w przypadku kanału niskotonowego, co wynika z konieczności podniesienia dolnej częstotliwości granicznej. Głośnik wysokotonowy włączony jest pomiędzy wyjście US4 i masę. Stosowanie kondensatora separującego na wyjściu stopnia wzmacniającego nie jest konieczne, ponieważ zastosowano symetryczne zasilanie całego układu.

Na rys.3 przedstawiono schemat elektryczny zasilacza zastosowanego we wzmacniaczu. Jest to bardzo prosta konstrukcja, składająca się z dwupołkowego mostka Graetza (D1..4) oraz filtra tętnień (C24 i C25). Pojemność kondensatorów C24 i C25 można zmieniać w zakresie 1000..6800µF, przy czym należy pamiętać, że im

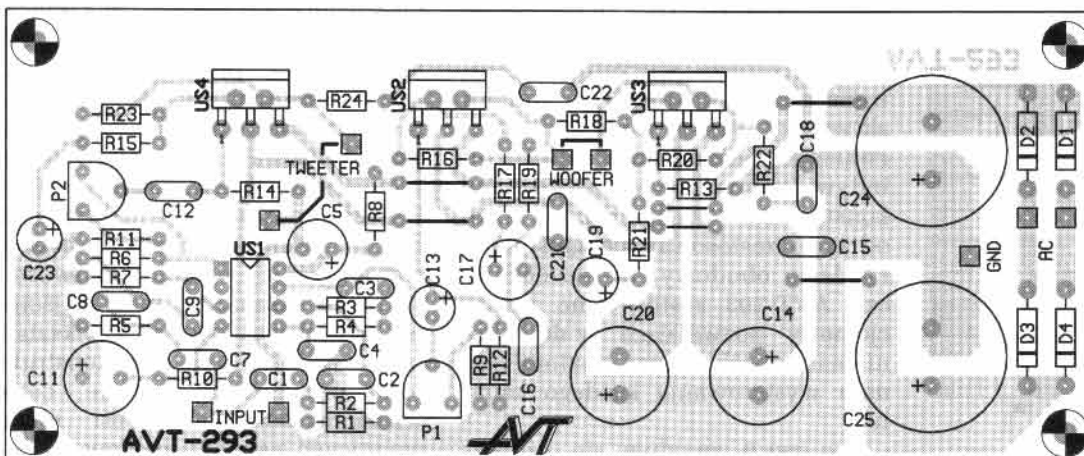
jest ona mniejsza, tym bardziej słyszalny jest przydźwięk zakłócający sieci energetycznej. W modelowym egzemplarzu zadowalające efekty udało się uzyskać dla C24=C25=2200µF.

Ponieważ układ zasilany jest napięciem symetrycznym konieczne jest zastosowanie transformatora zasilającego z dwoma uzwojeniami wtórnymi lub jednym uzwojeniem z wyprowadzony łożkiem. W modelowym egzemplarzu wykorzystano transformator toroidalny firmy Indel o mocy 100W i dwóch identycznych uzwojeniach wtórnych o napięciu ok. 15VAC. Możliwe jest także wykorzystanie dwóch jednakowych transformatorów o mniejszej mocy.

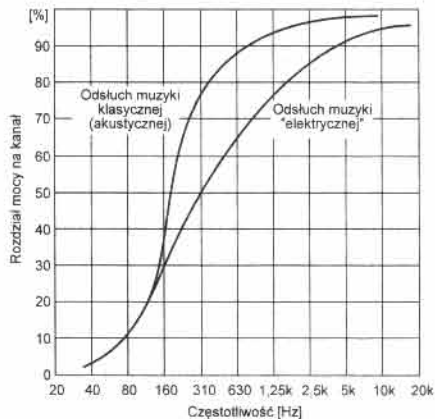
### Montaż i uruchomienie

Na rys.4 przedstawiono rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej wzmacniacza. Widok płytki (od strony ścieżek) znajduje się na wkładce wewnątrz numeru.

Montaż rozpoczynamy od wlotowania najmniejszych elementów i zwór. Miejsca montażu zwró oznaczono na warstwie opisowej płytki grubą linią. Do wykonania zwró najlepiej jest zastosować srebrzanekę o średnicy ok. 0.8mm lub drut miedziany z pocynowanymi końcówkami. W dalszej kolejności montujemy podstawkę pod układ US1, diody prostownicze zasilacza, kondensatory i układy końcówki mocy US2..4. Na rynku dostępne są dwa typy obudów stosowanych dla układów TDA2040. Mają one identyczny układ wyprowadzeń, różnią się tylko pozycją w jakiej są montowane (radiator układu TDA2040 może być przymocowany równolegle do powierzchni druku lub pod kątem prostym). Płytkę do układu została zaprojektowana w taki sposób, aby było możliwe wmontowanie dowolnej wersji układu. W przypadku zastosowania wzmacniacza w obudowach



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej.



Rys. 5. Charakterystyka rozdziału mocy.

Pentawatt-H radiator najłatwiej będzie wykonać z grubej blachy aluminiowej. W przypadku zalecanej wersji Pentawatt-V można zastosować np. dowolną kształtkę z walcowanego aluminium. Minimalna zalecana powierzchnia radiatora powinna wynosić 900cm<sup>2</sup>.

Uruchomienie wzmacniacza rozpoczynamy od sprawdzenia napięcia zasilania, co wymaga uprzedniego podłączenia transformatora zasilającego do punktów oznaczonych na płytce drukowanej AC i GND (wg rys.3). Napięcie to w stanie spoczynku nie powinno przekraczać ±22V względem masy zasilania (GND).

Następnie, przy pomocy miernika uniwersalnego, sprawdzamy poziom napięcia na wyjściach układów US2..4. Napięcie stałe w tych punktach musi być maksymalnie zbliżone do 0V. W przeciwnym wypadku wystąpi polaryzacja stałoprądowa głośników, co

może grozić ich uszkodzeniem. Wzmacniacze TDA2040 mają wbudowane układy stabilizacji napięcia na wyjściu, tak więc napięcie na wyjściu znacznie wyższe od 0V może świadczyć o uszkodzeniu półprzewodnikowej struktury wzmacniacza.

Kolejnym etapem będzie podłączenie do wyjść układów głośników o impedancji 8Ω i podanie na wejście sygnału sinusoidalnego o amplitudzie ok. 500..800mV z generatora funkcyjnego. Zmieniając częstotliwość sygnału można sprawdzić działanie regulatorów

ciowa obydwu kanałów wzmocnienia, obciążonych głośnikami o impedancji 8Ω i mocy wyjściowej ok. 5W. Na wejście wzmacniacza podano sygnał sinusoidalny o amplitudzie ok. 800mV i częstotliwości zmieniającej się w zakresie 1Hz..100kHz.

Na charakterystykach w pasmie przenoszenia obydwu wzmacniaczy widać niewielkie zafalowania, będące najprawdopodobniej wynikiem niezbyt precyzyjnie dobranych wartości elementów filtru aktywnego.

Jak wspomniano na początku



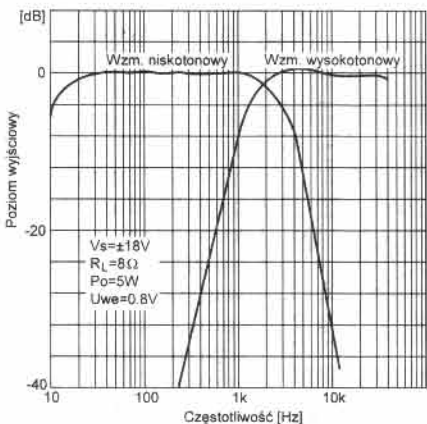
poziomu P1 i P2 i samych końcówek mocy.

**Uwagi końcowe**

Pewne kontrowersje może wzbudzać zastosowany w układzie sposób rozdziału mocy pomiędzy kanałami. Opierając się na zaleceniach norm IEC/DIN opracowaliśmy wykres przedstawiony na rys.5, który przybliży najczęściej stosowane przez konstruktorów kolumn aktywnych zasady podziału mocy. Ponieważ bardzo dużo zależy od indywidualnych wymagań i odczuć konstruktora wzmacniacza, a także od typu zastosowanych głośników i rodzaju obudowy, we wzmacniaczu AVT-293 zastosowano potencjometry pozwalające w dowolny niemal sposób dobrać poziom sygnału wysterowania każdego kanału.

Na rys.6 znajduje się uproszczona charakterystyka częstotliwości

artykułu opisany wzmacniacz należy wbudować bezpośrednio w kolumnę głośnikową. Wiąże się to z koniecznością wmontowania w nią także transformatora zasilającego. Z tego właśnie powodu warto jest zastosować transformator toroidalny, ponieważ generuje on stosunkowo niewielkie zakłócenia do swojego otoczenia. W zależności od planowanego trybu pracy wzmacniacza możliwe jest zastosowanie w miejsce zalecanego transformatora o mocy 100W nieco mniejszego transformatora 50W. Podczas odsłuchu z maksymalną mocą wyjściową będzie on pracował na granicy swoich możliwości, co może ograniczyć moc wyjściową i zwiększyć poziom zniekształceń. Jeżeli istotnym dla konstruktora parametrem będzie cena wzmacniacza, warto jest nieco ograniczyć zapędy „mocowe”, ponieważ różnica cen pomiędzy



Rys. 6. Charakterystyki częstotliwościowe wzmacniaczy.

**WYKAZ ELEMENTÓW:****Rezystory**

R1: 220k $\Omega$   
 R2, R3, R4, R5: 12k $\Omega$   
 R6: 8,2k $\Omega$   
 R7: 47k $\Omega$   
 R8, R10, R15: 330 $\Omega$   
 R9, R11: 5,6k $\Omega$   
 R12, R13, R14, R16, R18,  
 R20, R23: 22k $\Omega$   
 R17, R21: 680 $\Omega$   
 R19, R22, R24: 4,7 $\Omega$   
 P1, P2: 10k $\Omega$  potencjometry  
 miniaturowe

**Kondensatory**

C1, C12: 220nF  
 C2, C7, C8, C9: 4,7nF  
 C3: 6,8nF  
 C4: 1,2nF  
 C5, C11: 47 $\mu$ F/25V  
 C13, C23: 2,2 $\mu$ F/16V  
 C14, C20: 100 $\mu$ F/25V  
 C15, C16, C18, C21, C22: 100nF/  
 63V  
 C17, C19: 22 $\mu$ F/25V  
 C24, C25: 2200,4700 $\mu$ F/35V

**Półprzewodniki**

U1: TDA2320  
 U2..4: TDA2040  
 D1..D4: 1N5401 lub inne 3A/50V

**Różne**

Głośnik wysokotonowy 8 $\Omega$ /40W (\*)  
 Głośnik niskotonowy 8 $\Omega$ /40W (\*)  
 Płytki drukowane  
 Transformator toroidalny 2x15VAC/  
 100W (\*)  
 Uwaga! Elementy oznaczone (\*)  
 nie wchodzi w skład kitu AVT-293

transformatorami 50 i 100W jest znaczna.

Jeżeli wbudowanie wzmacniacza w kolumnę głośnikową jest z jakichś przyczyn niemożliwe, dopuszczalne jest zdalne zasilanie głośników ze wzmacniacza (w zasadzie wzmacniaczy - ponieważ w zestawie stereofonicznym trzeba zastosować dwa takie wzmacniacze). Rozwiązanie takie ma pewną zaletę - w sklepach dostępne są już fabrycznie wykonane kolumny głośnikowe z wyprowadzonymi zaciskami osobno dla głośnika wysokotonowego i niskotonowego. Można więc uniknąć konieczności samodzielnego wykonania kolumn, nie rezygnując z zalet proponowanego przez nas rozwiązania.

Doprowadzenie sygnału audio do wejścia wzmacniacza jest jednym z najtrudniejszych etapów wykonania aktywnego zespołu nagłośnieniowego. Jest to spowodowane wysokim poziomem zakłóceń elektromagnetycznych otaczającego nas środowiska. Wymagane jest więc ekranowanie połączeń, a w skrajnych sytuacjach niezbędne może się okazać zwiększenie poziomu przesyłanego sygnału do 2..8V i następnie stłumienie go przy pomocy dzielnika rezystancyjnego na wejściu wzmacniacza.

Jest to jeden z najprostszych sposobów zwiększenia odstępów od zakłóceń i szumów toru przesyłowego.

**RW**

*Artykuł i kit opracowano na podstawie materiałów dostarczonych przez firmę SGS-Thomson.*