

Otrzymałem wyjątkowy list od naszego Czytelnika, opisujący szczegółowo jego „przygodę” z kitem AVT-200. Opis jest pasjonujący i może być bardzo przydatny dla przyszłych nabywców tego niezwykle popularnego kitu. Uruchamianie skomplikowanego układu ma zawsze posmak podróży w nieznaną, dlatego list naszego Czytelnika przywodzi na myśl reportaż z podróży. Stąd tytuł tej rubryki. Zachęcamy Czytelników do przesyłania podobnych korespondencji, które chętnie opublikujemy (honorarium - 1mln zł za 1 stronę w EP).

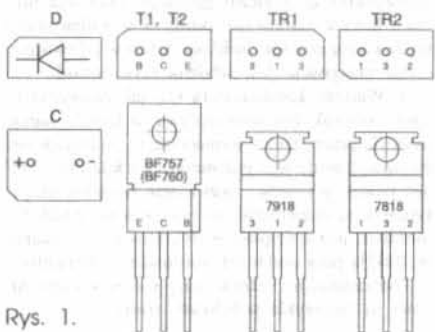
Przedstawiam opis montażu i uruchomienia stereofonicznego wzmacniacza mocy wysokiej jakości, opisanego w EP 5/94, w którego końcówkach zastosowano nowoczesne tranzystory Hex-FET. Mam również kilka rad i wskazówek, które przydadzą się przy „odpalaniu” tego kitu.

Pierwszym krokiem było rozpakowanie kitu i obejrzanie jego wszystkich elementów, poczynając od estetycznej płyty czołowej przez dwa bardzo ciężkie toroidalne transformatory, solidne radiatory, a skończywszy na wyglądających niepozornie tranzystorach mocy. Po przeczytaniu dokumentacji od razu zabrałem się do montażu wzmacniacza. Zaczęłem od przykręcenia zacisków głośnikowych, gniazda wejściowych cinch i jack oraz gniazda bezpiecznikowych. Celowe okazało się przyklejenie gniazda bezpiecznikowych do obudowy za pomocą popularnego kleju „Super Glue”, w celu zapobiegnięcia ich obracaniu się przy wykręcaniu lub wkrecaniu bezpiecznika sieciowego. Następnie „przymierzylem” transformatory, płytki i radiatory do obudowy wzmacniacza. Uwzględniając to, że płytki będą przymocowane na wysokości ok. 7mm nad podstawą, skróciłem je od strony mostka prostowniczego (tam gdzie nie ma ścieżek) powiększając tym samym miejsca na transformatory. Obcinając płytkę zostawiłem trochę miejsca na jej przymocowanie. W tym celu wywierciłem po cztery otwory  $\phi 3,5$  przez płytki i dolną obudowę, ułatwiając sobie późniejszy montaż. Wywierciłem również dodatkowe otwory ( $\phi 13$ mm) na przewód sieciowy pod gniazdami bezpieczników sieciowych (najpierw wiertłem 2mm, a później stopniowo go rozszerzałem). W otworze tym osadziłem gumową przelotkę, która znajdowała się w zestawie. Kolejną czynnością było zamontowanie płyty czołowej wraz z uchwytami transportowymi. W istniejące otwory wcisnąłem włącznik sieciowy i przykręciłem potencjometry regulacji wzmacnienia. Na koniec przymocowałem transformatory i wykonałem połączenia elektryczne: sieciowe: przewodem w izolacji i powłoce polinitowej;

- wejściowe: przewodem ekranowanym;

- wyjściowe: przewodem (linką 2,5mm<sup>2</sup>) w izolacji polinitowej.

Oczywiście, przewody dochodzące do płytki odizolowałem, ocynowałem i zostawiłem „luźnym”.



Rys. 1.

## Live Sound kit AVT-200

Przed następnym etapem zatarłem ręce, ponieważ nadeszła kolej na montaż płytki drukowanej. Za pomocą próbnika ciągłości połączeń wykryłem i usunąłem kilka mikrozwarczeń, znajdujących się między ścieżkami. Następnie wlutowałem zworki Z1...Z4 z drutu CuAg oraz Z5...Z12 z drutu miedzianego o przekroju 1,5mm<sup>2</sup>.

Po zastanowieniu się, które elementy należy w pierwszej kolejności wlutować, obrałem metodę etapową, polegającą na montażu poszczególnych bloków i zarazem ich uruchamianiu. Unika się w ten sposób uszkodzenia drogich tranzystorów mocy w przypadku gdy wcześniejsze stopnie nie będą sprawne. Gały wzmacniacz podzieliłem na cztery bloki:

**Pierwszym blokiem** jaki wlutowałem i uruchomiłem był zasilacz główny zapewniający dostarczenie mocy i pomocniczy, stabilizowany, do wejściowego wzmacniacza operacyjnego (elementy D7...D10, C8...C17, F2, F3, TR1, TR2, D5, D6, R34, R35). Na rysunku 1 podaje sposób montażu elementów, które muszą mieć zachowaną biegunowość. Pod gniazda bezpieczników F2 i F3 wywierciłem po jednym dodatkowym otworze, tak aby mogły „złapać” bezpiecznik całą powierzchnią styku. Uzyskałem napięcia (względem masy) +35V na bezpieczniku F2 i -35V na bezpieczniku F3 oraz +18V na kondensatorze C11 i -21V na kondensatorze C10 (stabilizator LM 7918 dopiero po obciążeniu zachowuje się normalnie, dając napięcie -18V).

**Drugim blokiem** jest różnicowy wzmacniacz napięciowy oraz układ rozsuwania napięć, który zapobiega powstawaniu zniekształceń skrótnych i sprzężenia zwrotnego (elementy C5...C7, R14...R25, R36, R37, RA1...RA3, T5, T6, U1). Tranzystory T5 i T6 pracujące w połączeniu diodowym (kolektor i baza zwarte) wlutowałem na krótkich przewodach (miejsce lutowania zabezpieczyłem kożulką), tak aby można je było wsadzić do zewnętrznych, nagwintowanych otworów w radiatorze. Suwaki potencjometrów RA1...RA3 ustawiłem w położenia środkowe. Po podłączeniu zasilania, na nóżce nr 6 wzmacniacza operacyjnego, potencjometrem RA1 ustawiłem napięcie 0,0V; na rezystorze R17 (od strony T4), potencjometrem RA3 ustawiłem +1,3V, a na rezystorze R16 (od strony T3) napięcie -1,3V.

Do tak przygotowanych płytek można dołączyć na wejście generator lub źródło dźwięku i obserwować przebieg przy pomocy oscyloskopu czy też szakacza sygnału podłączając je do trzech w.w. punktów pomiarowych. W punktach tych powinien występować taki sam, czysty, niezniekształcony przebieg (wejściowe napięcie przesterowania ok 200mV), różniący się jedynie składową stałą.

**Trzecim blokiem** jest dwutranzystorowy wzmacniacz i układ zabezpieczenia przeciwzwarciowego (elementy R1...R13, R26...R33, T1...T4, D1...D4, C1, C2; uwaga! dioda D1 jest odwrotnie narysowana na płytce drukowanej, należy włożyć ją jak to widać na rysunku 2).

W celu jego sprawdzenia dołączyłem generator do wejścia układu i sprawdziłem czy występuje przebieg na rezystorach R1-R4. Jeżeli amplituda sygnału na rezystorach R1 i R2 nie jest taka sama jak na rezystorach R3 i R4 (pomijając składową stałą), to świadczy to o różnicy wzmacnienia prądowego tranzystorów T3 i T4. Przebieg może być trochę niestabilny, ponieważ nie działa całkowite sprzężenie zwrotne, ale nie powinien zawierać widocznych zniekształceń.

Jeżeli pomyślnie doszliśmy do tego momentu, można montować czwarty blok: radiator i tranzystory mocy (T7...T8).

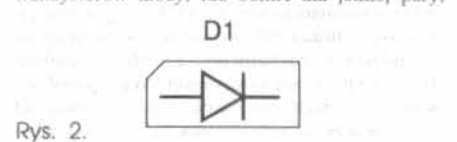
Najpierw oczyściłem radiatory, a szczególnie miejsca dotyku tranzystorów, drobnonaziarnym papierem ściernym. Po usunięciu opiłków i zamoczeniu przykręciłem radiator do płytki jedną śrubą M3 i posmarowałem miejsca styków z tranzystorami dokładnie pastą silikonową. W miejsca pod tranzystory „przykleiłem” podkładki mikowe zwracając szczególną uwagę czy nie są uszkodzone i je również posmarowałem. Aby przykręcić tranzystory do radiatora, najpierw powyginałem ich nóżki tak, aby całą powierzchnią dotykały radiatora i jednocześnie luźno wchodziły w płytkę. Otwory w radiatorze powinny być nagwintowane gwintem M2,5, ale skoro były już przygotowane pod śrubę M3, powiększyłem otwory w tulejkach kołnierzykowych wiertłem  $\phi 2,8$  (ręcznie), a następnie po wciśnięciu ich w tranzystory mocy wkreciłem w nie śruby. Tak przygotowane tranzystory posmarowałem dokładnie pastą silikonową i przykręciłem do radiatora zwracając uwagę na ich oznaczenia i na to by były odizolowane od niego. Nadmiar silikonu usunąłem i omiarem sprawdziłem czy nie ma zwarcia któregoś radiatora tranzystora z radiatorem aluminiowym. Po przylutowaniu tranzystorów mocy, włożeniu tranzystorów-czujników w otwory radiatora i zamontowaniu płytek, przyszła kolej na „gwóźdź programu”, czyli uruchomienie całego wzmacniacza.

Przedstawiam teraz opis w miarę precyzyjnego sposobu wyregulowania wzmacniacza, po którym końcowy efekt jest w zupełności zadowalający.

Kanały uruchamiałem pojedynczo. Podczas uruchamiania kanału A bezpiecznik sieciowy kanału B był wykręcony i odwrotnie.

Jeżeli wcześniej nie były dokonywane żadne regulacje, to suwaki potencjometrów RA1...RA3 ustawiamy w położeniach środkowych.

Za pomocą amperomierza regulujemy prąd płynący przez tranzystory końcowe. Wyjmując bezpiecznik F2 mierzymy prąd płynący przez tranzystory T9 i T10 i za pomocą potencjometru RA3 sprawdzamy go do wartości ok. 70mA dla dwóch par tranzystorów mocy, lub 35mA dla jednej pary.



Rys. 2.

gdy radiatora są jeszcze zimne. Wyjmując bezpiecznik F3, za pomocą potencjometru RA2, korygujemy do tej samej wartości prąd płynący przez tranzystory T7 i T8, zwracając uwagę na to, że rezystor R35 jest włączony przed bezpiecznikiem F2, a R34 za bezpiecznikiem F3. Prąd płynący przez rezystor R34 wynosi 12mA. Wartość tę należy odejść przy pomiarze. Następnie za pomocą potencjometru RA1 sprawdzamy napięcie wyjściowe do wartości możliwie najbliższej 0V. Po odczekaniu aż temperatura radiatora przestanie rosnąć (ok 20-30 minut) ponownie kontrolujemy prąd spoczynkowy tranzystorów mocy i ustawiamy jego wartość na 100mA (50mA). Zmniejszenie wartości prądu spoczynkowego tranzystorów mocy w stosunku do opisu z EP 5/94 nie pogarsza jakości wzmacniacza, a znacznie przyczynia się do obniżenia temperatury spoczynkowej radiatorów (z 60°C do 45°C). Po dołączeniu generatora przebiegu sinusoidalnego (ok. 1kHz) do wejścia wzmacniacza, za pomocą oscyloskopu ustawionego w tryb „ze stałą składową”, (łatwo wtedy rozróżnić, który potencjometr jest od interesującej nas połówki przebiegu) obserwujemy amplitudę sygnału wyjściowego. Jeżeli jedna połówka przebiegu wyjściowego ma większą wartość niż druga, to korygując nieznacznie jeden z potencjometrów RA2 lub RA3 należy zmniejszyć „większą” połówkę doprowadzając tym samym do pełnej symetrii obydwu połówek tego przebiegu. Po odłączeniu generatora ponownie mierzymy prąd końcówek mocy. Jeżeli jego wartość mieści się w zakresie 90-110mA (45-55mA dla jednej pary) to tę regulację można uznać za zakończoną. Następnie ponownie sprawdzamy napięcie wyjściowe do wartości 0.00V. Te czynności należy powtórzyć dla drugiego kanału.

Po wyregulowaniu wzmacniacza należy założyć obudowę górną i obciążać go pełną mocą (przy obciążeniu 4Ω dla dwóch par końcówek mocy i 8Ω dla jednej pary) przez 10 minut. Po odłączeniu sygnału należy jeszcze raz sprawdzić napięcie stałe na wyjściu i ewentualnie skorygować je potencjometrem RA1 oraz zmierzyć prąd końcówek mocy. Jeżeli przekracza wartość 150mA (75mA), świadczy to o słabym kontakcie termicznym tranzystorów T5 i T6 z radiatorem (powinien mieć wartość poniżej 100mA). W moim modelu zdecydowałem się na umieszczenie tych tranzystorów w zewnętrznych otworach radiatorów, i na zalanie ich silikonem. Przyklejenie do radiatora tranzystorów nie przyniosło zadowalających rezultatów, a obejmują nie pasowały do tranzystorów mocy.

**Po wyregulowaniu wzmacniacza mogą go polecić najbardziej wymagającym melomanom, jak również zwolennikom istniejącego mocnego uderzenia.**

Dla jednej pary tranzystorów mocy wzmacniacz obciążałem zestawem głośnikowym 100W 8Ω i uzyskałem moc 40W przy napięciu wyjściowym 0,77V (temp. radiatora ok. 55°C). Dla dwóch par przy tym samym obciążeniu moc nieznacznie wzrosła, a po dołączeniu zestawu głośnikowego 200W 4Ω uzyskałem moc 90W (temp. radiatora ok. 70°C).

Największym moim „odkryciem” jest usunięcie kondensatorów C3 i C4, co przyczynia się do polepszenia jakości dźwięku i stabilności wzmacniacza. Oczywiście, polecam wylutowanie tych kondensatorów osobom, które już złożyły taki wzmacniacz. Można porównać sobie parametry kanału z tymi kondensatorami i bez nich i dokonać własnego wyboru.

W moim przypadku, po złożeniu wzmacniacza (wraz z kondensatorami C3 i C4), za pomocą oscyloskopu można było zaobserwować przebieg sinusoidalny o częstotliwości 2,9 MHz i amplitudzie 1Vp.p. (międzyszczytowo). Występował on w obu kanałach po około 3-4 minutach od chwili włączenia wzmacniacza, bez podania jakie-

gokolwiek sygnału na wejście. (Muszę dodać że duża część świeżych projektów ma podobne objawy, które się później eliminują.) Nie wykluczone, że inne egzemplarze tego wzmacniacza też mogą się wzbudzać. Mimo tego, że przebiegu o takiej częstotliwości nie słychać, to obciąża on niepotrzebnie tranzystory mocy mogąc je uszkodzić i wprowadza dodatkowe zniekształcenia (należy więc obowiązkowo sprawdzić oscyloskopem zachowywanie się wzmacniacza na wyjściu).

Wzbudzenie się wzmacniacza świadczy o jego niestabilności, więc początkowo zastosowałem tradycyjne kondensatory (ok. 100-470pF) między bazę a kolektor tranzystorów sterujących, aby szkodliwe częstotliwości nie były przez nie wzmacniane. Uzyskałem tylko zmniejszenie amplitudy do 0,6Vp.p. Dalsze zwiększanie pojemności kondensatorów mija się z celem, gdyż ograniczałyby one znacznie użyteczne pasmo wzmacniacza. Po prostu nie tędy droga.

A co zaapewnia odpowiednią stabilność wzmacniacza? Odpowiedź jest prosta - sprzężenie zwrotne. Z kolei tu zacząłem „wojować”. Wiadomo, że na krańcach wzmacnianego pasma występują przesunięcia fazowe. Jeśli do tego dodamy przesunięcie fazowe w pętli sprzężenia zwrotnego (poprzez zastosowanie kondensatora), które obejmuje kilka stopni, a tym samym jest głębokie, to może ono (względem przebiegu wejściowego) stać się na tyle dodatnie i dostatecznie silne, że wzmocnienie może wzrosnąć do nieskończoności, a wówczas wzmacniacz przekształca się w generator, generujący drgania własne. Tu wylutowałem z jednej płytki kondensator C3 (3,9nF) z pętli całkowitego sprzężenia zwrotnego. Pomogło. Wzmacniacz przestał się wzbudzać. Wylutowałem kondensator z drugiej płytki-też pomogło.

Po przeróbce, analizując charakterystykę przeniesienia wzmacniacza doszedłem do wniosku, że nadmierne obciążenie na pasmo częstotliwości począwszy od 12kHz. Przyczyną był kondensator C4 (1,8nF) w pętli lokalnego sprzężenia zwrotnego. Po zastosowaniu kondensatora o mniejszej pojemności (kilkanaście pF - bezpiecznej dla pasma) znacząco wpływa on na powstawanie zniekształceń TIM. Tak więc zadowolili mnie jego brak. Po wylutowaniu kondensatora C4, aż korciło wylutować kondensator C2 (33nF). Jednak jest on naprawdę potrzebny, ponieważ ogranicza pasmo częstotliwości grubo ponad akustycznych. W ten sposób zapobiega powstawaniu przypadkowych, szkodliwych oscylacji na wyjściu i „wygładza” przebiegi o dużych amplitudach oraz bardzo stromych zboczach, zapobiegając powstawaniu znacznych przepięć oraz zniekształceń TIM. Poza tym, obejmuje tylko dwa stopnie i nie wprowadza tak znacznych przesunięć fazowych jak kilka kondensatorów.

O ocenie wzmacniacza poprosiłem kilku znanych melomanów, którzy wykonali szereg testów. Przy wykonywaniu testów cały czas były podłączone cztery jednakowe kolumny 100W 8Ω (po dwie równolegle na kanał). Wstępnie przesłuchali wzmacniacz w pomieszczeniu zaizolowanym. W ich odczuciu subiektywnym przy mocy około 2x80W nie dało się zaobserwować zniekształceń wnoszonych przez wzmacniacz. Z uznaniem wypowiedzieli się o czystości dźwięku w zakresie częstotliwości powyżej 10kHz. Niektóre krajowe wzmacniacze przy dużych mocach zmieniają tę częstotliwość na męczący gwizd. Wzmacniacz przenosił również bardzo dobrze częstotliwości począwszy od 5Hz, zapewniając tym samym mocne uderzenie i wprawianie w rezonans wszystkich możliwych przedmiotów.

Później przenieśli cały sprzęt na otwartą przestrzeń, pod gołe niebo, przy temperaturze powietrza 35°C. Wzmacniacz pozbawili jakiegokolwiek chłodzenia (stał on bez nóżek, pod korektorem i magnetofonem, wystawiony na działanie promieni słonecznych). Następnie obciążyli go pełną mocą

przez jedną godzinę. Obudowy magnetofonu, korektora i wzmacniacza miały temperaturę 58°C, a radiator wzmacniacza dogrzały się do temperatury 75°C. **Wzmacniacz jednak doskonale zdał egzamin.** Forsowanie mocy w tak wysokiej temperaturze wywołało tylko zrozumiałe zainteresowanie mieszkańców sąsiednich domów.

Myślę więc, że wzmacniacz ten, mimo swojej prostoty, zadowolili wielu amatorów sprzętu audio.

Daniel Magdziarz

## Od redakcji

Trzeba przyznać, że umiejętność opracowania tak precyzyjnego opisu sposobu montażu i uruchomienia wzmacniacza Live Sound świadczy o ogromnej wiedzy fachowej oraz dociekliwości naszego Czytelnika. Nie ukrywamy, że wielką przyjemnością sprawiły nam informacje końcowe o wysokiej ocenie jakości dźwięku i walorów użytkowych tego wzmacniacza. W egzemplarzu modelowym wykonanym w oparciu o oryginalną francuską dokumentację zastosowany został zestaw elementów ściśle odpowiadających dokumentacji. Dotyczy to przede wszystkim parametrów tranzystorów BF757 i BF760. Wzmocnienie tranzystorów stosowanych w oryginalnym wzmacniaczu wynosi ok. 90.140 co zagraża stabilności wzmacniacza i jedyną metodą usunięcia wzbudzenia się końcówki mocy jest „zacieśnienie” pętli sprzężenia zwrotnego za pomocą kondensatorów o stosunkowo dużych pojemnościach. W Polsce zdobycie ściślejszych odpowiedników tych tranzystorów było bardzo trudne. Ze względu na wysoki koszt sprowadzenia tych elementów z Francji zdecydowaliśmy się na zastosowanie tranzystorów o nieco mniejszym wzmocnieniu (wg danych katalogowych są to ściśle odpowiedniki), co mogło spowodować niestabilność wzmacniacza opisaną przez naszego Czytelnika.

W kolejnych seriach produkcyjnych kitów AVT - 200 mogą pojawić się tranzystory o dużym wzmocnieniu i wówczas C3 będzie niezbędny dla zapewnienia stabilności wzmacniacza.

Mamy kilka uwag dodatkowych do trzech kwestii.

1. Komentarz wymaga przede wszystkim sprawa usunięcia kondensatora C3, gdyż jest to bądź co bądź modyfikacja konstrukcji. Jest pewne, że według zamieszczonego przez nas schematu nasz licencjodawca wykonał tysiące egzemplarzy wzmacniaczy Live Sound sprzedanych dotychczas na rynku francuskim. Jednak uruchamianie nowej produkcji, nawet w oparciu o licencję, wymaga etapu „dotarcia” konstrukcji, gdyż szereg drobnych nawet zmian elementów i materiałów może prowadzić do powstania nowych zjawisk, nie występujących w modelu wzorcowym.

2. Koncepcja wzmacniacza została opracowana pod kątem pracy w przejściowej klasie AB (bardzo płytce A), czego jednym z objawów jest duży prąd spoczynkowy i wydane grzanie się tranzystorów mocy. Nie stoi oczywiście nic na przeszkodzie żeby ten prąd zmniejszyć, należy wtedy się liczyć z nieco większym „plywaniem” wartości prądu spoczynkowego podczas głośnego słuchania muzyki. Jednak najnowsze trendy w technice audio wyznaczają powrót do klasy A lub w jej okolicach, czego przejawem jest właśnie Live Sound.

3. Wartość kondensatora C4, jak zauważyli to nasz Czytelnik, znacząco wpływa na kształt charakterystyki przeniesienia wzmacniacza, ale wydaje się, że zmniejszenie jego pojemności do kilkunastu pF jest pewną przesadą - oczywiście wszelkie eksperymenty są dozwolone, ale bez żadnego problemu możliwe jest osiągnięcie deklarowanego pasma do 22kHz przy podanych wartościach elementów.

Podsumowując - dziękujemy naszemu Czytelnikowi za niezwykle pożyteczne uwagi.