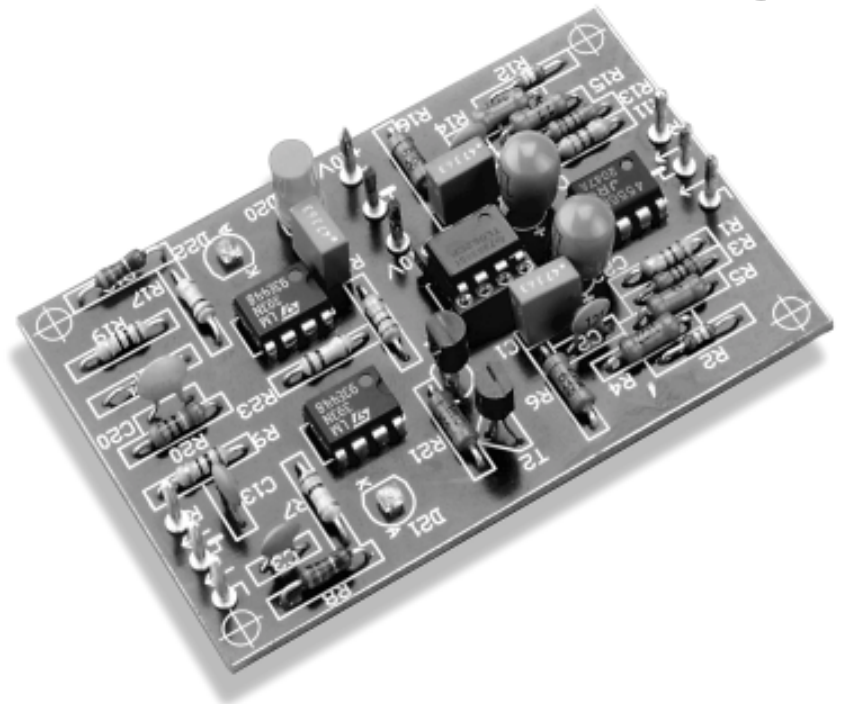


Wzmacniacz słuchawkowy

kit AVT-471



Coś dla audiofilów. Wzmacniacz słuchawkowy o niezbyt prostej i niestandardowej konstrukcji, charakteryzuje się doskonałymi parametrami odsłuchowymi.

Mamy nadzieję, że zainteresuje wielu naszych Czytelników, a szczególnie miłośników dobrej i głośnej muzyki.

Układ wzmacniacza słuchawkowego zawiera 4 wzmacniacze operacyjne i 4 komparatory. W torze wzmacniacza sygnału fonicznego pracuje kostka U1 obsługująca jednocześnie oba kanały stereo. Wartość wzmocnienia wynosi 10V/V (czyli 20dB). Można je zmienić przez wymianę rezystorów R5 i R15 (ze względów praktycznych, dalszy opis ograniczy się tylko do elementów kanału lewego - w kanale prawym numeracja podzespółów biernych zaczyna się cyfrą 1).

Wzmacniacze wejściowe pracują w konfiguracji nieodwracającej, co oznacza, że sygnał po wzmocnieniu ma zachowaną fazę, a przy okazji stosunkowo dużą impedancję wejściową ok. 200kΩ. Każdy z torów jest objęty działaniem tzw. DC SERVO na dwóch wzmacniaczach operacyjnych z wejściami FET, wchodzących w skład kości U2. Cel zastosowania tej pętli jest jeden: minimalizacja składowej stałej na przetworniku elektroakustycznym (tu: słuchawce). Prąd polaryzujący wejścia układu U1, o wartości 60nA, powoduje odkładanie się na R2 napięcia 14mV. Po wzmocnieniu przez U1 (1+ R5/R4-krotnie) otrzymuje się na wyjściu aż 140mV. W niekorzystnym przypadku to

napięcie może być jeszcze większe o jakieś 40mV - jeśli uwzględnić wejściowe napięcie niezrównoważenia wzmacniacza operacyjnego U1.

Teoretycznie, kilkadziesiąt mV napięcia DC na wyjściu słuchawkowym nie jest groźne, jednak membrana pozostaje wtedy wychylona w jedną stronę od położenia równowagi. Wpływa to na inną dynamikę wychyleń dla każdej z połówek sygnału. Przedsięwzięte środki zaradcze odznaczają się prostotą i skutecznością zarazem. Napięcie z wyjścia U1 jest podawane przez rezystor R6 na wejście odwracające wzmacniacza operacyjnego U2. Ten porównuje je z potencjałem masy (wejście nieodwracające) i wypracowuje sygnał błędny, który przez rezystor R1 trafia w przeciwfazie bezpośrednio na wejście U1. Konfiguracja U2 przypomina formalnie integrator, którego jedynym tutaj zadaniem jest dokładne odfiltrowanie składowych zmiennych napięcia.

Elementy R6 w połączeniu z C1 tworzą dolnoprzepustowy filtr o częstotliwości cięcia leżącej głęboko w zakresie infradźwięków. C1 zapewnia bardzo silne ujemne sprzężenie zwrotne, co powoduje wyrównanie charakterystyki

w pasmie przepustowym (zakres napięć wolnozmiennych i stałych), a także minimalizuje szумы (termiczne i wybuchowe) wzmacniacza U2. Duża wartość rezystancji R1 sprawia, że napięcie niezrównoważenia U2 nie jest wzmacniane przez U1, a ewentualne (nie-wielkie) napięcia niepożądane na wyjściu U2 (z wyjątkiem napięć błędów) zostają stłumione w stosunku jeden do paru tysięcy - jeśli uwzględnić rezystancję stopnia sterującego rzędu pojedynczych kiloomów.

Układy scalone U3 i U4 pełnią dwie funkcje. Przede wszystkim realizują wstępne obciążenie wyjść U1 prądem o stałym natężeniu 5mA, co zapewnia dla napięć do 1100mV (wartość skuteczna) pracę wzmacniacza U1 w czystej klasie A (przy założeniu, że obciążenie stanowią 300Ω słuchawki). Dla niższych impedancji, punkt przejścia z klasy A w klasę AB komplementarnego wtórnika stopnia wyjściowego U1, przesuwają się oczywiście w dół.

Drugą funkcją komparatorów 1/2U3 i 1/2U4 jest wykrycie przesterowania. Dzielnik napięciowy R23 + R24 ustala na wejściach

odwracających -8V. Jeśli ujemna połówka sygnału w dowolnym kanale przekroczy tę wartość - odpowiedni komparator rozładuje kondensator C21 i zapali diodę LED D20. Czas jej świecenia określa iloczyn R21, C21. Wyjścia komparatorów LM393 są typu „otwarty kolektor“, dlatego można je łączyć równolegle.

Realizacja obciążająca wzmacniacze wyjściowe źródła prądowych odbiega od standardowej. Stabilnym źródłem napięcia odniesienia są same komparatory. Prądy wejść wynoszą dokładnie 25nA. Wartość ta jest gwarantowana w dość szerokim zakresie temperatur. Prądy z 2 wejść odwracających sumują się na rezystancji R20, na której następuje zamiana prądu na napięcie równe 50mV.

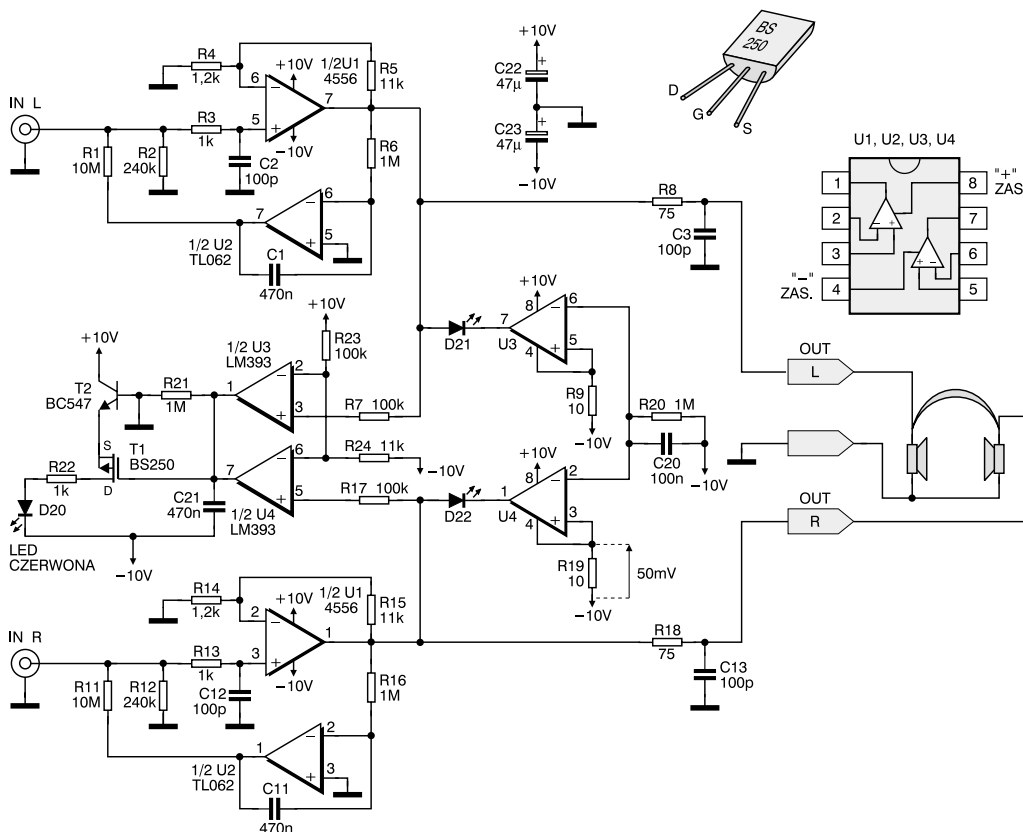
Czujnikiem wyjściowego prądu 5mA jest rezystor R9 (i odpowiednio R19), włączony szeregowo z ujemnym wyprowadzeniem zasilania (pin4). Prąd zasilania każdej z kości, zawierającej po 2 jednokowe komparatory, wynosi 0,4mA i niewiele zależy od napięcia zasilania. Wejście nieodwracające połączono także z pinem 4 i kom-

parator wyrównuje różnicę napięć na swoich wejściach wprowadzając w stan przewodzenia wyjściowy tranzystor. Tym sposobem napięcie na R9 (a zatem i prąd) utrzymywane jest stale na jednokowym poziomie.

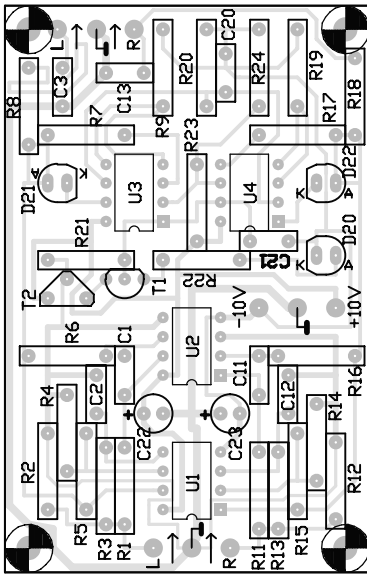
Układ jest optymalizowany pod kątem wysokoomowych słuchawek (o impedancji większej lub równej 150Ω). Wskazuje na to stosunkowo duże wzmacnienie napięciowe oraz stosunkowo duże napięcie zasilające (±10V). Układ zaprojektowano z pieczołowitością, jaką się zwykle wkłada w urządzenia do własnego użytku. Stąd tych kilka nieszablonywych rozwiązań, służących „wyciśnięciu“ maksymalnej jakości z prywatnych słuchawek HD-540 Reference (firmy SENNHEISER).

Warto podkreślić słyszalny wpływ rezystancji wyjściowej wzmacniacza na równowagę tonalną słuchawek. Nigdzie się o tym nie pisze, ale każdy może się przekonać, jak zmienia się brzmienie w powiązaniu z wartością rezystorów R8 i R18. Otóż wszystkie dobre słuchawki (w przeciwieństwie do zestawów głośnikowych) są konstruowane przy założeniu istnienia określonej rezystancji wyjściowej wzmacniacza. Niestety producenci słuchawek jej nie specyfikują (podobnie zresztą jak producenci wzmacniaczy).

Można wyodrębnić 3 przesłanki przemawiające za obecnością rezystorów na wyjściu słuchawkowym. Mocne „piece“, zasilane napięciami ponad ±50V, mają rezystory o wartości kilkuset omów. Tu liczy się parametr dopuszczalnej mocy słuchawek, która dla większości modeli nie przekracza 500mW. Z drugiej strony, także małe wzmacniacze posiadają rezystory słuchawkowe, ponieważ sama budowa wtyku JACK powoduje, iż podczas umieszczania go w gnieździe występuje chwilowe zwarcie mię-



Rys. 1. Schemat elektryczny układu.



Rys. 2. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej.

dzy kanałami (zwarcie trwa przy niedokładnym włożeniu wtyku).

Trzecią przesłanką jest dążenie producentów wzmacniaczy do obsłużenia wszystkich słuchawek dostępnych na rynku - o impedancji 30..600Ω. Niskoomowe wymagają niższych napięć dla uzyskania tej samej mocy. Odpowiedni rezystor tworzy po prostu dzielnik napięcia z rezystancją cewki i użyteczny zakres potencjometrycznej regulacji głośności nie ulega wyraźnemu zawężeniu.

Z powyższych względów trudno jest w skali bezwzględnej ocenić brzmienie słuchawek z konkretnym wzmacniaczem. W praktyce pocieszeniem niech będzie fakt, że słuchawki obok ewidentnych wad (skrótowa panorama i wypływająca stąd błędna lokalizacja pozornych źródeł dźwięku) zapewniają i tak lepszą równowagę tonalną - zwłaszcza w obszarze tonów średnich - niż część absurdalnie drogich zestawów podłogowych.

Montaż i uruchomienie

Widok płytki drukowanej przedstawiono na wkładce wewnątrz numeru. Widok rozmieszczenia elementów na płytce przedstawiono na rys. 2.

Wszystkie układy scalone mają jednakową liczbę wyprowadzeń. Funkcje wyprowadzeń są również takie same. Odmienna jest tylko budowa wewnętrzna i przeznaczenie wzmacniaczy operacyjnych

(komparatory stanowią przecięt szczególnie ich rodzaj).

Montaż proponuję zacząć od elementów dyskretnych: rezystorów, kondensatorów i tranzystorów (są tylko 2). Diody D21 i D22 są opcjonalne. Ich obecność nie wpływa w żaden sposób na dźwięk. Rezygnując z D21 i D22 należy zastąpić je zworami. Wszystkie elementy muszą być dobrej jakości. Rezystory powinny mieć moc 0,25W i zmierzoną wartość. Względne różnice rezystancji w obu kanałach mogą osiągać co najwyżej 1%. Cztery kondensatory 100pF służą do absorbowania ładunków elektrostatycznych podczas podłączania wtyków do wzmacniacza.

Główny układ U1 typu 4556 mieści w sobie 2 wysokoprądowe, bipolarne wzmacniacze audio. Każdy z nich zdolny jest emitować do 120mA oraz przyjmować do 330mA prądu (wartości zmierzone).

Jasne jest, że rozmiary obudowy nie pozwolą na pracę ciągłą z takimi prądami, lecz akurat pasuje to idealnie do wzmacniania rzeczywistych sygnałów muzycznych. Trudno jest mi polecić jakiś zamiennik, zwłaszcza że nie mam doświadczeń z innymi układami. W razie konieczności znalezienia odpowiednika należy kierować się czterema kryteriami:

- technologia bipolarna;
- prąd wyjściowy powyżej 80mA;
- napięcie szumów (odniesione do wejścia) poniżej 12nV/√Hz;
- spoczynkowy pobór prądu do 10mA.

U1 musi być bezpośrednio wlutowany w płytkę (podstawka zwiększy oporność termiczną obudowy). Pozostałe układy mogą być w podstawkach, choć ogólnie nie jest to zalecane w technice Hi-Fi - i sam też to odradzam.

Uruchomienie najlepiej przeprowadzić etapami. Rezystory R1 i R11 nie muszą być jeszcze wlutowane, a R20 trzeba zewrzeć. Po włączeniu zasilania całkowity pobór prądu nie przekracza 10mA. Napięcie niezrównoważenia na pinie 1 i pinie 7 U1 powinno mieścić się w granicach -100..-200mV. Spadek napięcia na R9 nie powinien przekraczać 5mV (względem ujemnego bieguna zasilania). Źródła prądu jeszcze nie

pracują i diody LED D21, D22 nie świecą. Podanie minusa zasilania na którykolwiek z rezystorów R7 lub R17 (od strony wejść komparatorów) zapali na 1 sekundę LED D20.

Teraz należy wlutować R1 oraz R11 i zmierzyć napięcie stałe na obu wyjściach U1 - powinno zmaleć do wartości z przedziału ±5mV. Następnie należy usunąć zworę z R20. Zapalą się D21 i D22, a prąd zasilania wzrośnie o 9 - 11mA. Na R9 (i R19) spadek napięcia będzie wynosił 50 - 60mV. Jeśli tak jest, to źródła prądowe pracują poprawnie i wzmacniacz słuchawkowy jest gotowy do testów odsłuchowych. Przedtem należy skontrolować, dla jakiego poziomu wysterowania wejścia zapala się dioda świecąca D20. Jest to punkt bliski obcinaniu sygnału.

Za regulator głośności może posłużyć „audiofilski potencjometr stereofoniczny“, opublikowany w lutowej EP. Wartość impedancji wejściowej niniejszego wzmacniacza spełnia wymagania potencjometru DS1802. Wiele przyjemności ze słuchania na dobrych słuchawkach życzy autor.

Andrzej Kowalczyk, AVT

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

- R1, R11: 10MΩ
- R2, R12: 240kΩ, 2%
- R3, R13, R22: 1kΩ
- R4, R14: 1,2kΩ, 2%
- R5, R15, R24: 11kΩ, 2%
- R6, R16: 1MΩ
- R7, R17, R23: 100kΩ
- R8, R18: 75Ω/O,5W (patrz - tekst)
- R9, R19: 10Ω, 2%
- R20, R21: 1MΩ

Kondensatory

- C1, C11, C21: 470nF/63V (dokładnie dobrać pojemność)
- C2, C12, C3, C13: 100pF
- C20: 100nF/63V
- C22, C23: 47μF/16V (zalecane tantalowe)

Półprzewodniki

- T1: BS250
- T2: BC547
- D20: LED czerwona
- D21, D22: LED zielone/żółte
- U1: 4556 (patrz - tekst)
- U2: TL062
- U3, U4: LM393 (LM2903)