

Uniwersalny przedwzmacniacz audio

Bardzo często jakość dźwięku wzmacniaczy mocy lub innych urządzeń do odtwarzania dźwięku jest niska z powodu ograniczonych możliwości wzmacniaczy wejściowych. Jest tak dlatego, że wymagania stawiane takim wzmacniaczom są bardzo wygórowane. Powinny one radzić sobie równie dobrze z sygnałami pochodzącymi z mikrofonów jak z sygnałami z odtwarzacza CD, wykazując przy tym niski poziom zniekształceń i szumów. Prezentowany w artykule układ został zaprojektowany w taki sposób, by mógł zastąpić stopień wejściowy miksera lub przedwzmacniacz. Układ ma możliwość regulacji wzmocnienia w szerokim zakresie i wykazuje niski poziom szumów. Można łatwo połączyć kilka takich układów tworząc prosty mikser.

Duże wzmocnienia

Najbardziej krytyczną czynnością projektowania niskoszumnego wzmacniacza akustycznego o wysokim wzmocnieniu jest dobór elementu wzmacniającego. Choć w ciągu ostatnich lat pojawiła się duża liczba nowych typów wzmacniaczy operacyjnych, wydaje się - biorąc pod uwagę koszty i parametry - że nadal najlepsze do tego zastosowania są: pojedynczy wzmacniacz 5534 i podwójny 5532. Ich wadę stanowią zdecydowanie gorsze w porównaniu z nowymi typami wzmacniaczy własności stałoprądowe - np. wejściowe napięcie niezrównoważenia, wymagające szczególnych zabiegów projektowych. Niemniej jednak, parametry szumowe obu tych wzmacniaczy, nawet nieco gorszego 5532, są bardzo dobre. Przy maksymalnym wzmocnieniu wzmacniacz wejściowy wykazuje w całym paśmie szumy na poziomie -60dBu. Ponieważ maksymalny poziom wyjściowy przy napięciu zasilania $\pm 15V$ wynosi około 20dBu, to stosunek sygnału do szumu przy maksymalnym wzmocnieniu jest równy około 80dB, co jest doskonałą wartością z punktu widzenia wzmacniania muzyki rock-and-rollowej. Przy minimalnym (jednostkowym) wzmocnieniu poziom szumów wyniesie około -96dBu, a stosunek sygnał/szum będzie

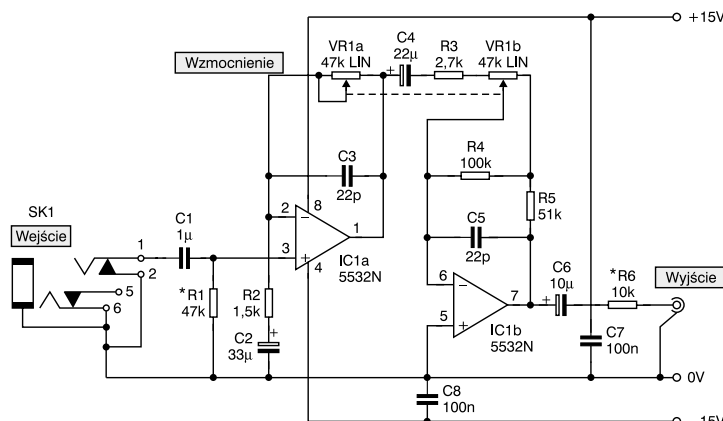
równy 116dB, czyli lepszy niż w cyfrowym sprzęcie audio!

Uniwersalny wzmacniacz wejściowy (schemat na rys. 1) zapewnia ciągłą regulację wzmocnienia napięciowego od 1V/V (0dB), odpowiedniego do magnetofonów kasetowych i odtwarzaczy CD oraz niektórych instrumentów muzycznych, po 1000V/V (60dB), stosowanego w przypadku niskoczułych mikrofonów. Wzmocnienia właściwe dla wszystkich sygnałów muzycznych zapewne leżą pomiędzy tymi skrajnymi wartościami.

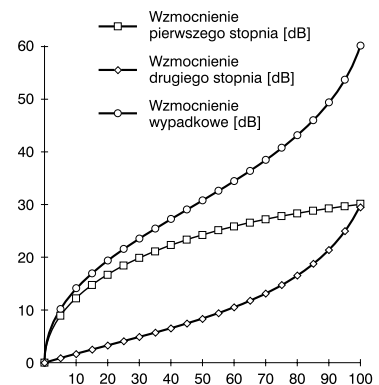
Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa wzmacniacza w pasmie 20Hz..20kHz jest płaska, z nierównomiernością nie przekraczającą 0,5dB.

Jednym z najtrudniejszych aspektów projektowania wzmacniacza o szerokim zakresie nastaw wzmocnienia jest zapewnienie odpowiedniej charakterystyki jego regulacji. Ucho ludzkie reaguje na zmiany poziomu logarytmicznie, a więc kolejnym dwukrotnym wzrostem poziomu sygnału towarzyszy wrażenie wzrastania poziomu o jednakowe wartości.

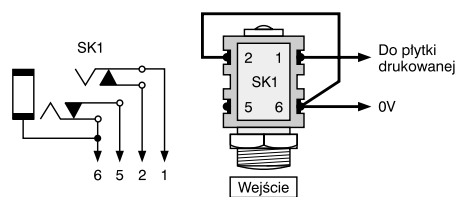
Idealna regulacja wzmocnienia powinna więc dawać stały wzrost wzmocnienia w dB. Okazuje się jednak, że większość układów wymaga zastosowania potencjometrów o charakterystyce odwrotnie logarytmicznej. Choć podobno takie potencjometry są produkowane, autorowi niniejszego tekstu



Rys. 1. Schemat ideowy uniwersalnego wzmacniacza wejściowego.



Rys. 2. Charakterystyki wzmocnienia wzmacniacza i jego poszczególnych stopni.



Rys. 3. Symbol i sposób podłączenia gniazda jack z kontaktem zwierającym.

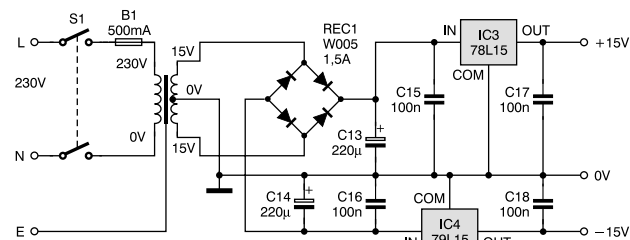
nigdy nie udało się natrafić na nie w handlu.

Opis układu

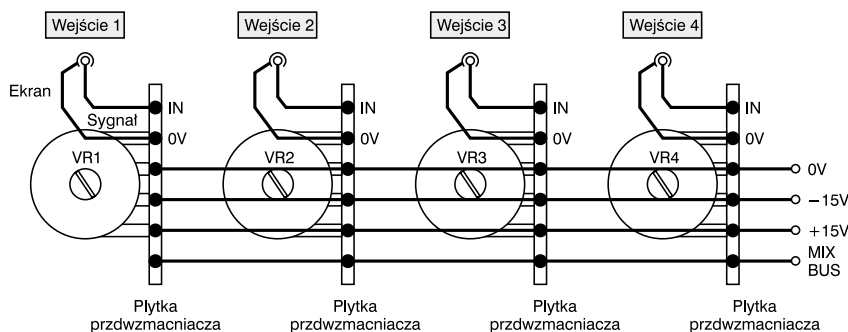
Uniwersalny wzmacniacz wejściowy stanowi połączenie dwóch układów wzmacniających (rys. 1), zapewniających niezłą charakterystykę regulacji wzmocnienia (rys. 2). Regulację taką uzyskuje się dzięki podzieleniu układu na dwa stopnie o regulowanym wzmocnieniu, zbudowane na wzmacniaczach IC1a i IC1b. Należy także podkreślić, że potencjometry VR1a i VR1b są połączone w taki sposób, że jeśli ich suwaki zsuną się ze ścieżek, co może się zdarzyć w przypadku zużytych i zabrudzonych potencjometrów, wzmacniacze będą nadal miały zamknięte pętle sprzężenia zwrotnego, co zapobiegnie nieprzyjemnym efektom akustycznym.

Następnym powodem podzielenia wzmacniacza na dwa stopnie jest konieczność uniknięcia przeciążenia obu wzmacniaczy. Jeśli oczekuje się od wzmacniacza małych zniekształceń, szumów i napięcia niezrównoważenia, wzmocnienie powinno być niższe od maksymalnego, jakie można w przypadku danego wzmacniacza uzyskać. Maksymalne wzmocnienie, jakiego może dostarczyć wzmacniacz, określa jego pole wzmocnienia, które w przypadku układu 5532 wynosi 10MHz.

W przypadku układów audio za górną częstotliwość sygnału uważa się zwykle 20kHz. Tak więc maksymalne wzmocnienie



Rys. 4. Proponowany układ zasilacza.



Rys. 5. Sposób okablowania kilku uniwersalnych wzmacniaczy wejściowych tworzących mikser.

wynosi $10\text{MHz}/20\text{kHz} = 500\text{V/V}$. W praktyce przyjmuje się zwykle, że wzmocnienie nie powinno przekraczać 1/10 wyznaczonej w ten sposób wartości maksymalnej, a więc wzmocnienie każdego ze stopni winno być mniejsze od 50V/V (34dB).

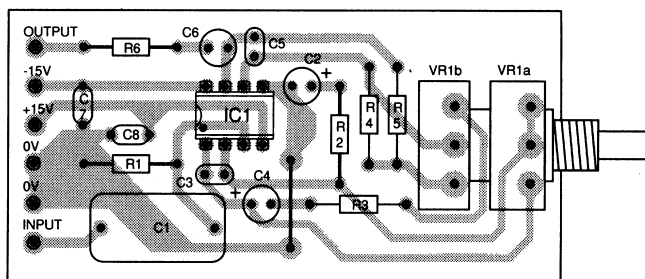
W rzeczywistości maksymalne wzmocnienie każdego ze stopni wynosi 32V/V (30dB), co pozostawia znaczny jego zapas i zapewnia niskie szumy własne oraz zniekształcenia wzmacniaczy.

Aby zapobiec pojawieniu się dużych napięć niezrównoważenia, kondensatory C2 i C4 ograniczają do 1V/V wzmocnienie obu stopni dla prądu stałego. Kondensatory C3 i C5 zapobiegają wzbudzeniu się wzmacniaczy. Kondensatory C1 i C6 stanowią elementy sprzęgające.

Rezystor R1 ustala poziom impedancji wejściowej układu. Wartość 47kΩ jest przyjmowana najczęściej i zapewnia współpracę układu z różnymi źródłami sygnału. Jedynie w przypadku gitary wartość tę należy zwiększyć do ok. 470kΩ. Mikrofony określane jako „niskoimpedancyjne” lub „wysokoimpedancyjne” mogą współpracować ze wzmacniaczem o impedancji wejściowej 10kΩ lub wyższej.

Wartość rezystora R6, ustalającego impedancję wyjściową, zależy od przewidywanych zastosowań układu. Najczęściej będzie to 100Ω, któ-

re zapobiegnie wzbudzeniu się układu w przypadku obciążenia pojemnościowego np. w postaci kabla ekranowanego. Jednak użycie rezystora 10kΩ pozwoli na zbudowanie z kilku wzmacniaczy



Rys. 6. Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej przedwzmacniacza.

prostego miksera - patrz niżej.

Ekranowanie wejścia

Dobór gniazda wejściowego także zależy od zastosowania. Zaleca się użycie gniazd typu jack, ponieważ wyposażone są one w dodatkowy kontakt powodujący zwarcie wejścia po wyjęciu wtyku (patrz rys. 3). W przypadku innych rodzajów gniazd wysoka impedancja wejściowa i wysokie wzmocnienie mogą być przyczyną pojawiania się w układzie po wyjęciu wtyku zakłóceń, zwłaszcza sieciowych.

Połączenia wejściowe należy wykonać używając przewodu ekranowanego, a ekran powinien być połączony z masą zasilania, w celu minimalizacji poziomu szumów. Jeśli gniazdo wejściowe jest wykonane z tworzywa lub w inny sposób odizolowane od uziemionych metalowych części, należy wykonać dodatkowe połączenie ekranu z masą zasilania. Jeśli ekran gniazda jest połączony z masą zasilania przez obudowę, nie należy prowadzić drugiego połączenia z masą, ponieważ stworzona zostanie w ten sposób

WYKAZ ELEMENTÓW

Wzmacniacz wejściowy

Rezystory

(węglowe warstwowe, 0,25W, 5%)

R1: 47kΩ

R2: 1,5kΩ

R3: 2,7kΩ

R4: 100kΩ

R5: 51kΩ

R6: 10kΩ (patrz tekst)

VR1: 47kΩ, potencjometr podwójny, węglowy, obrotowy

Kondensatory

C1: 1μF, poliestrowy

C2: 33μF/35V, elektrolityczny, wyprowadzenia jednostronne

C3, C5: 22pF, ceramiczny, dyskowy

C4: 22μF/25V, elektrolityczny, wyprowadzenia jednostronne

C6: 10μF/63V, elektrolityczny, wyprowadzenia jednostronne

C7, C8: 100nF, ceramiczny, dyskowy

C9: 82pF, ceramiczny, dyskowy

C10: 10μF/63V, elektrolityczny, wyprowadzenia dwustronne

C11, C12: 100nF, ceramiczny, dyskowy

C13, C14: 220μF/35V, elektrolityczny

Półprzewodniki

IC1: NE5532N

Różne

SK1: gniazdo jack 6,35mm z tworzywa sztucznego, z kontaktem zwierającym

płytki drukowana, obudowa metalowa (patrz tekst), 8-nóżkowa

podstawka DIL, przewód ekranowany, przewód (plecionka), końcówki lutownicze 8 szt., cyna itp.

Zasilacz (opcjonalny)

Kondensatory

C13, C14: 220μF/35V, elektrolityczny

ny, wyprowadzenia dwustronne

C15: 100nF, ceramiczny, dyskowy

Półprzewodniki

REC1: prostownik mostkowy W005 1,5A

IC3: 78L15 (15V/100mA)

IC4: 79L15 (-15V/100mA)

Różne

S1: przełącznik dwubiegunowy dwupozycyjny

T1: transformator sieciowy 230VAC, uzwojenie wtórne 15V-0V-15V/300mA

FS1: bezpiecznik 0,5A z gniazdem

Wzmacniacz miksera monofonicznego (opcjonalny)

Rezystory

(węglowe warstwowe, 0,25W, 5%)

R7: 10kΩ

R8: 100Ω

VR1: 10kΩ, potencjometr węglowy, obrotowy, logarytmiczny

Kondensatory

C9: 82pF, ceramiczny, dyskowy

C10: 10μF/63V, elektrolityczny, wyprowadzenia dwustronne

C11, C12: 100nF, ceramiczny, dyskowy

Półprzewodniki

IC2: TL071CN

Różne

płytki uniwersalna, 8-nóżkowa

podstawka DIL, przewód ekranowany, przewód (plecionka),

końcówki lutownicze 5 szt., cyna itp.

Wykonanie

Schemat rozmieszczenia elementów i mozaikę ścieżek druku płytki przedwzmacniacza przedstawia **rys. 6**.

Montaż należy rozpocząć od wlutowania podstawki pod układ scalony. Jej użycie jest zalecane z tego powodu, że układy 5532 ulegają uszkodzeniom, czemu towarzyszy wzrost poziomu szumów. Umożliwi to także sprawdzenie prawidłowości napięć zasilania przed wstawieniem wzmacniacza operacyjnego w podstawkę - proste błędy zdarzają się nawet bardzo doświadczonym inżynierom!

Następnie należy wlutować rezystory i kondensatory, zwracając uwagę na polaryzację kondensatorów C2, C4 i C6, nie zapominając też o jedynej w układzie zworce.

Płytki jest mocowana do obudowy za pośrednictwem podwójnego potencjometru wzmocnienia, który jest tak dużym podzespołem, że bez trudu może służyć jako element podtrzymujący niewielką płytkę. Jeśli przedwzmacniacz został zrealizowany na płycie uniwersalnej, przewody łączące płytkę z potencjometrem powinny być jak najkrótsze, a wejście i wyjście zamontowane w dostatecznej odległości, by zapobiec wzbudzeniu się układu.

Uruchamianie

Uruchamianie układu jest bardzo proste i sprowadza się do podłączenia źródła sygnału do wejścia oraz wzmacniacza i głośnika do wyjścia przedwzmacniacza. Należy przy tym pamiętać, by regulacja wzmocnienia ustawiona była w położeniu minimum (kierunek przeciwny do ruchu wskazówek zegara). Jako źródło sygnału testowego, przy małych wzmocnieniach, można wykorzystać np. odtwarzacz CD lub kaset, natomiast przy więk-

pętla masowa, grożąca wprowadzeniem przydźwięku sieciowego.

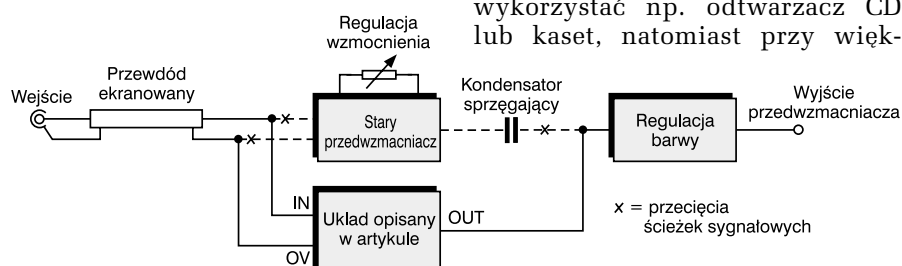
Zasilanie

Schemat proponowanego, uzupełniającego układu zasilacza przedstawia **rys. 4**. Choć na schemacie widnieją wartości $\pm 15V$, to przedwzmacniacz może być zasilany dowolnymi napięciami o wartościach od $\pm 5V$ do $\pm 18V$. Przy wbudowywaniu przedwzmacniacza w inne urządzenie, powinno to umożliwić wykorzystanie dostępnego w nim napięcia zasilania.

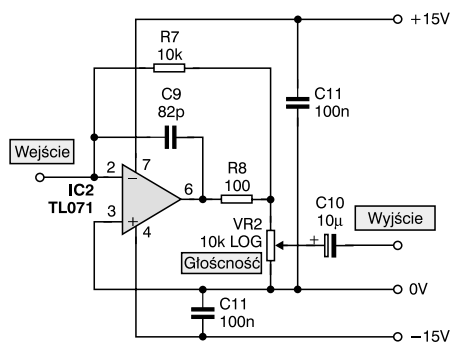
Napięcia zasilania powinny być stałe i wygładzone, co najlepiej zapewnią stabilizatory napięcia. Ponieważ układ pobiera prąd o natężeniu około 5mA, nie zaleca się stosowania zasilania bateryjnego.

Jeśli dodatkowy zasilacz jest niezbędny, należy zastosować układ

przedstawiony na **rys. 4**, który zapewnia zasilanie 6 uniwersalnych wzmacniaczy wejściowych tworzących mikser (**rys. 5**). Jeśli liczba zasilanych przedwzmacniaczy ma być większa, zamiast stabilizatorów 78L15/79L15 należy użyć układów 7815/7915, zmienić transformator na zapewniający prąd wyjściowy o natężeniu 1A i zwiększyć wartości pojemności C13 i C14 do 470μF.



Rys. 7. Sposób wtrącenia uniwersalnego wzmacniacza wejściowego w tor sygnałowy modyfikowanego urządzenia audio.



Rys. 8. Schemat wzmacniacza prostego miksera monofonicznego.

szych wzmocnieniach powinien to być mikrofon.

Jeśli uniwersalny wzmacniacz wejściowy ma zastąpić stopień wejściowy jakiegoś urządzenia, to należy znaleźć odpowiednie miejsce do wprowadzenia go w tor sygnału. Będzie to wymagało odśzukania stopnia wejściowego, a cały schemat powinien w 99 przypadkach na 100 wyglądać tak jak na rys. 7. Jeśli tak nie jest, potrzebna może być pomoc eksperta!

Kondensator sprzęgający znajdujący się za stopniem wejściowym modyfikowanego urządzenia powinien być usunięty, a do punktu „wyjścia“ kondensatora nale-

ży doprowadzić sygnał wyjściowy wzmacniacza. Od strony wejścia należy całkowicie odizolować wzmacniacz od dawnego stopnia wejściowego.

Jeśli modyfikowany sprzęt jest wyposażony w wejście liniowe, można umieścić uniwersalny wzmacniacz w oddzielnej obudowie i doprowadzić jego sygnał wyjściowy do wspomnianego wejścia. Ekran kabla użytego do połączenia należy połączyć z masą zasilania wzmacniacza uniwersalnego.

Mikser monofoniczny

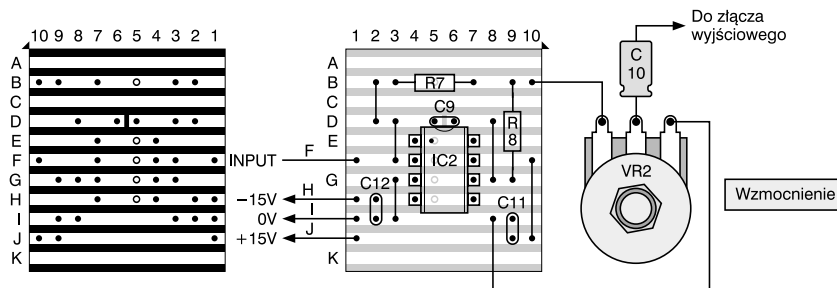
Aby zbudować prosty mikser, należy zastosować tyle uniwersalnych wzmacniaczy wejściowych, ile chcemy kanałów, stosując jako

R6 rezystor 10kΩ. Wyjścia wszystkich wzmacniaczy można wtedy połączyć ze sobą i z wejściem wzmacniacza miksera, przedstawionego na rys. 8. Potencjometr VR2 jest głównym regulatorem poziomu.

Sposób prostego montażu wzmacniaczy uniwersalnych przedstawiono na rys. 8. Jeśli masy zasilania poszczególnych wzmacniaczy są połączone przez metalową obudowę i złącza, nie należy dodatkowo łączyć ich przewodem.

Andy Millar

Artykuł publikujemy na podstawie umowy z redakcją miesięcznika "Everyday Practical Electronics".



Rys. 8. Schemat rozmieszczenia elementów i mozaika ścieżek druku płytki wzmacniacza.