Przedwzmacniacz z regulacją barwy dźwięku

Do czego to służy?

Czytelnicy EdW upominają się w listach o prosty układ wzmacniacza z regulacją barwy dźwięku. Opisany moduł może być wykorzystany do budowy wielu użytecznych konstrukcji, między innymi wzmacniacza mocy, kilkukanałowego miksera czy zestawu nagłośnieniowego.

Pomimo prostoty, dzięki zastosowaniu niskoszumnego układu scalonego, przedstawiony moduł ma bardzo dobre parametry szumowe, oraz bardzo małe zniekształcenia.

Jak to działa?

Schemat ideowy układu pokazano na **rysunku 1**.

Pierwszym stopniem jest wzmacniacz U1A. Głównym wejściem jest punkt oznaczony A. W podstawowej konfiguracji nie stosuje się elementów C10 i R11-R14. Układ U1B pracuje wtedy w konfiguracji wzmacniacza nieodwracającego. Jego wzmocnienie wyznaczone jest stosunkiem rezystorów R3 i R2: G = 1 + R3/R2.

W wersji podstawowej ten stopień ma wzmocnienie równe 1, czyli jest tylko buforem dla następującego po nim układu regulatora. Wzmocnienie tego stopnia może być jednak zmieniane według potrzeb w granicach 1...100 przez zastosowanie rezystorów R2 i R3 o odpowiedniej wartości.

Wzmocniony sygnał z wyjścia wzmacniacza U1A podawany jest na układ aktywnej regulacji barwy dźwięku z kostką U1B i potencjometrami P1 i P2.

Elementy R4, R5, R6, P1 i C5 pracują w gałęzi regulacji tonów niskich.

Elementy P2 i C8 pracują w gałęzi regulacji tonów wysokich.

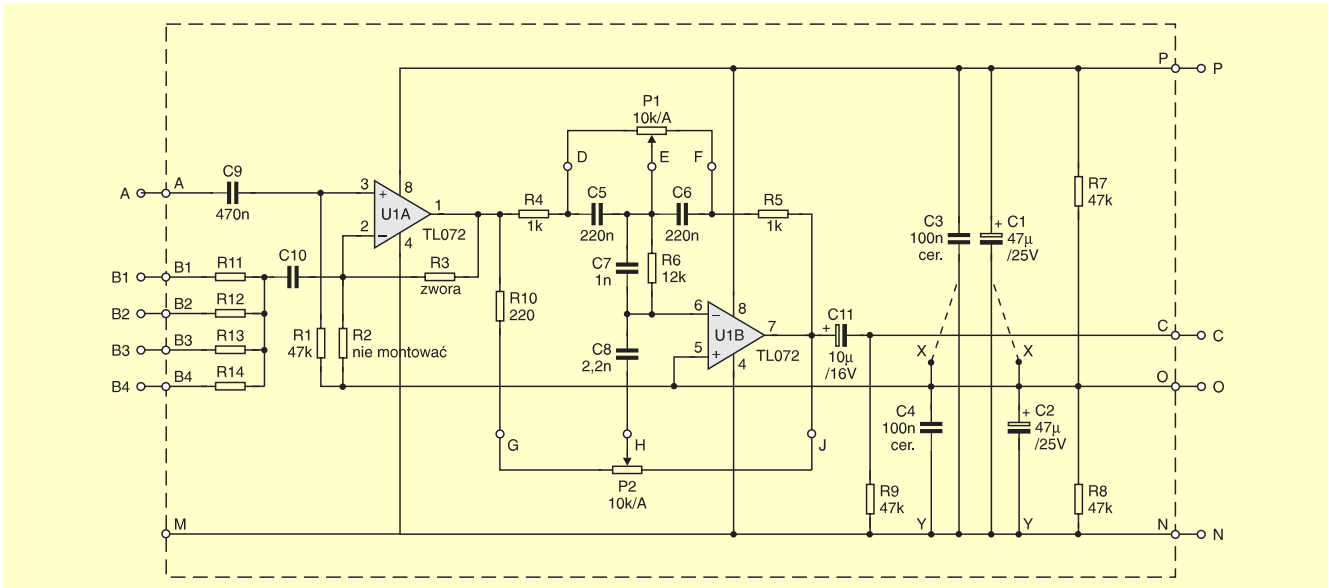
Zasada działania regulatora jest bardzo prosta: wzmacniacz operacyjny U1B jest tu wzmacniaczem odwracającym. Każdy potencjometr dla swojego zakresu częstotliwości pracuje w układzie pokazanym w uproszczeniu na **rysunku 2**.

Suwak dzieli rezystancję potencjometru na dwie części R_X i R_Y. Wzmocnienie wzmacniacza odwracającego wynosi:

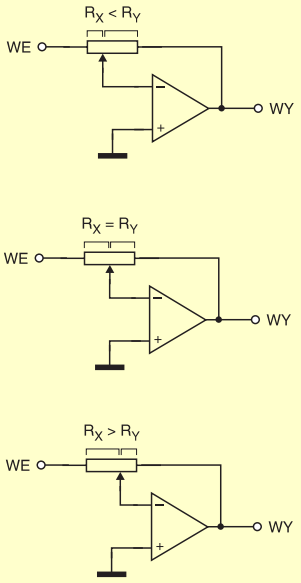
$G = U_{WY}/U_{WE} = R_Y/R_X$

W zależności od położenia suwaka, układ może więc wzmacniać lub osłabiać swój zakres częstotliwości.

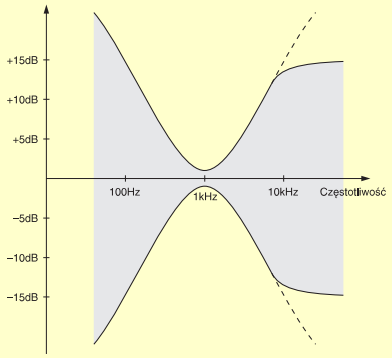
Przy wartościach elementów podanych na schemacie i w wykazie na końcu artykułu, wzmocnienie spoczynkowe wynosi 1, a zakres regulacji charakterys-



Rys. 1. Schemat ideowy układu.



Rys. 2. Zasada działania regulatora barwy dźwięku.



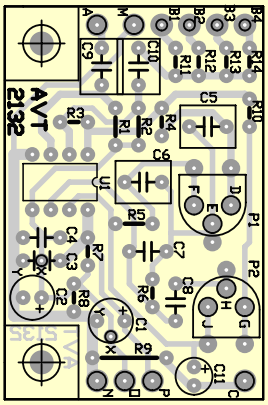
Rys. 3. Charakterystyka częstotliwościowa regulatora.

tyki częstotliwościowej regulatora barwy jest taki, jak pokazano na **rysunku 3**.

W większości źródeł można znaleźć układy regulacji barwy o podobnym schemacie, ale bez kondensatora C7 i rezystora R10.

Kondensator C7 jest bardzo pożyteczny bowiem zmniejsza zakres regulacji wzmocnienia najwyższych tonów. W praktyce jest to ważne, by te niesłyszalne tony nie były nadmierne wzmacniane, bo niekiedy mogą przesterować wzmacniacz; mogą też spowodować wzrost zniekształceń oraz zwiększenie szumów. Na rysunku 3 linią przerywaną zaznaczono charakterystykę bez kondensatora C7.

Rezystor R10 został dodany ze względu na możliwość samowzbudzenia. Wzbudzenie takie może wystąpić przy zastosowaniu szybkich kostek wysokiej jakości i przy maksymalnym podbiciu tonów wysokich. Podczas testów układu modelowego takie wzbudzenie pojawiało się przy niektórych egzemplarzach



Rys. 4. Płytka drukowana.

kostek NE5532. Rezystor ten nie jest potrzebny (można go zastąpić zworą), gdy stosowane będą układy TL072 lub TL082.

Wyjściem modułu jest punkt C. Dzięki zastosowaniu kondensatorów separujących C9 i C11, nie ma problemów z napięciami stałymi na wejściu i wyjściu.

Moduł w wersji podstawowej przeznaczony jest do zasilania pojedynczym napięciem w zakresie 8...24V. W wielu wypadkach można go zasilać tym samym napięciem, co wzmacniacz mocy. Ale jeżeli parametry źródła zasilania byłyby słabe, aby uniknąć wzrostu zniekształceń i samowzbudzenia, należy zastosować dodatkową filtrację zasilania opisywanego modułu przy użyciu filtru RC (np. 100Ω 2200µF), albo lepiej przy pomocy trzykońcówkowego stabilizatora (np. 78L09...7824).

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na **rysunku 4**. Montaż jest typowy. Używając kostki NE5532 wykonanej w technologii bipolarnej, nie trzeba zachowywać specjalnych środków ostrożności. Należy tylko zwrócić uwagę na biegunowość kondensatorów elektrolitycznych (końcówka dodatnia jest dłuższa).

Układ zmontowany ze sprawnych elementów nie wymaga żadnego uruchomienia i od razu pracuje poprawnie.

Jeśli ktoś chciałby sprawdzić i zmierzyć jego parametry, może to zrobić w układzie z **rysunku 5**. Na wejście należy podać z generatora sygnał o częstotliwości 1kHz oraz 100Hz i 10kHz. Przy częstotliwości 1kHz położenie suwaków potencjometrów prawie nie powinno wpływać na wzmocnienie. Ale przy częstotliwościach 100Hz i 10kHz odpowiednie potencjometry powinny zmieniać poziom sygnału na wyjściu więcej niż dziesięciokrotnie.

Układ modelowy, pokazany na fotografii, został zmontowany na wcześniejszej wersji płytki drukowanej. Po testach wprowadzono dodatkowe elementy i zmieniono projekt druku. Nabywcy zestawu AVT-2132 otrzymają płytkę według rysunku 4.

Płytka ta ma podobnie rozmieszczone otwory montażowe, jak płytka AVT-2017, co w razie potrzeby ułatwi ich połączenie mechaniczne.

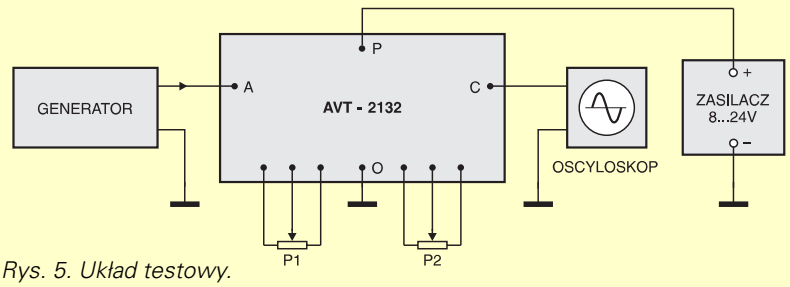
Możliwości zmian

Moduł w wersji podstawowej jest bardzo łatwy do złożenia i przy bezbłędnym montażu nie wymaga uruchomienia - od razu pracuje poprawnie w zakresie napięć zasilających 8...24V.

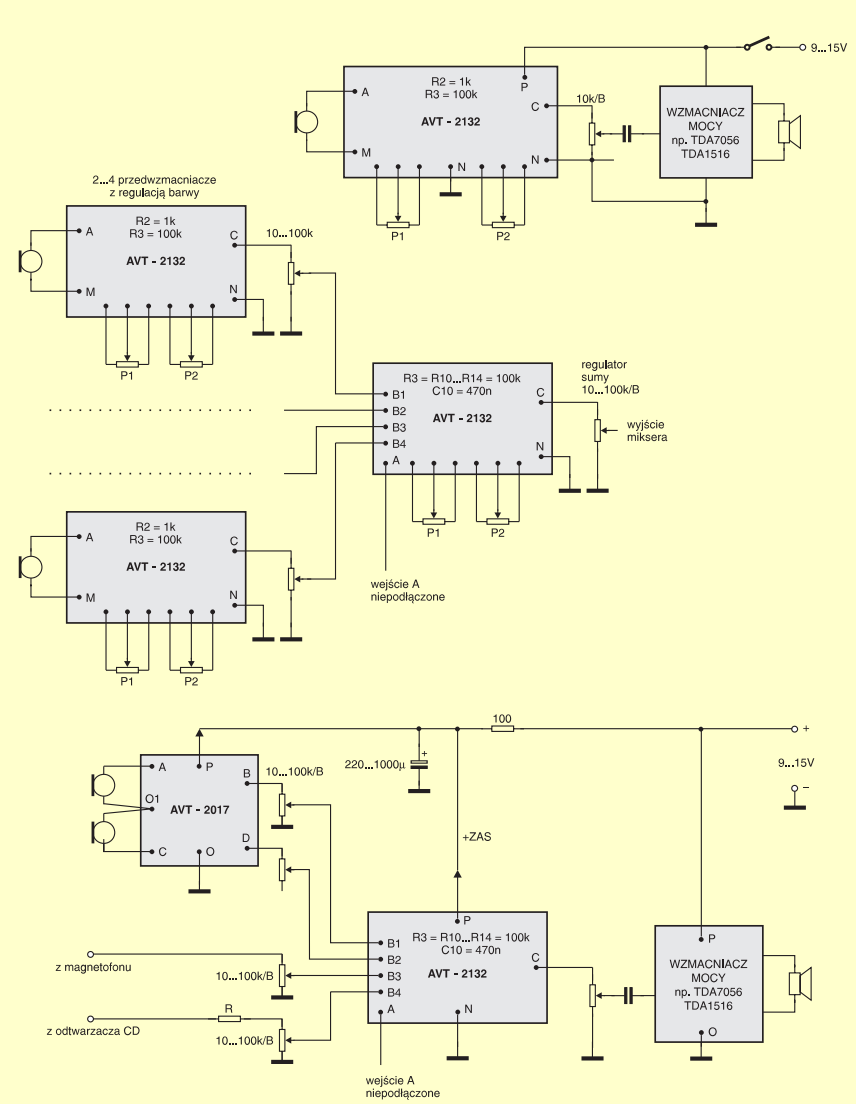
Układ umożliwia także wykorzystanie szeregu dodatkowych możliwości:

Ze względu na bardzo dobre parametry elektroakustyczne, wielu Czytelników zechce wykorzystać opisany moduł do budowy mikserów i wzmacniaczy wysokiej jakości. Takie urządzenia z zasady zasilane są napięciem symetrycznym. Przy zasilaniu napięciem symetrycznym należy wlutować kondensatory C1 i C3 w punkty oznaczone X, zamiast w punkty Y; nie należy montować elementów R7, R8, R9 i C10. Kondensator C11 należy zastąpić zworą. Nie należy jednak usuwać elementów C9 i R1, bowiem występujące napięcia niezrównoważenia poprzednich stopni mogą doprowadzić do nieprawidłowej pracy wzmacniacza operacyjnego U1.

Moduł może też pełnić funkcję czterokanałowego miksera, czyli sumatora sygnałów. W tym celu przewidziano dodatkowe wejścia B1...B4 oraz elementy R11 - R14, C10. Elementy te nie będą montowane w wersji podstawowej, a jedynie wtedy, gdy moduł będzie pełnił funkcję miksera. W module miksera należy zamontować rezystory R11 - R14 o wartości 10...100kΩ. Nie należy za to



Rys. 5. Układ testowy.



Rys. 6. Przykłady zastosowania modułu.

WYKAZ ELEMENTÓW

Rezystory

R1, R7, R8, R9: 47kW
R2: nie montować
R3: zwora
R4, R5: 1kW
R6: 12kW
R10: 220W
R11...R14: 10...100kW *
P1, P2: potencjometr 10kW A

Kondensatory

C1, C2: 47µF/25V
C3, C4: 100nF ceramiczny
C6, C5: 220nF
C7: 1nF
C8: 2,2nF
C9, C10*: 470nF
C11: 10µF/16V

Półprzewodniki

U1: NE5532

* Uwaga! Elementy C10, R11 - R14 nie wchodzą w skład kitu AVT-2132.

montować elemetów C9, R2, a R1 można zastąpić zworą. Rezystorem R3 dobiera się wzmocnienie miksera. Typowo wzmocnienie jest równe 1, więc rezystor R3 typowo ma taką samą wartość jak każdy z rezystorów R11 - R14. Wartość R3 (czyli wzmocnienie stopnia) można jednak zmieniać w szerokim zakresie od zera do 220kW.

W niektórych zastosowaniach, na przykład w stopniu sumy miksera, zakres regulacji barwy podany na rysunku 3 jest zbyt szeroki. Można go zmniejszyć, zmieniając C5, C6 oraz C8. Takie zmiany warto przeprowadzić i ocenić metodą "na słuch", dopiero po wypróbowaniu działania układu z wartościami elementów, podanymi na schemacie.

Możliwości zastosowania

Moduł może być wykorzystany różnorodnie, jednak dla zachowania wysokich parametrów należy pamiętać o kilku istotnych sprawach.

Przedstawiony układ ma bardzo dużą dynamikę, ponad 90dB, ale tylko wtedy, gdy sygnał wejściowy ma wartość przynajmniej kilkuset miliwoltów. Praca przy małych sygnałach, mniejszych niż 100mV, zmniejsza dynamikę i zwiększa podatność układu na zakłócenia.

Dotyczy to między innymi przydźwięku sieciowego, jaki często przenika do układu przez długie, źle poprowadzone przewody prowadzące do potencjometrów. Nieprzypadkowo w module zastosowano potencjometry o stosunkowo małej rezystancji 10kW. Ponadto przewidziano wykorzystanie w roli P1 i P2 potencjometrów montażowych. W niektórych zastosowaniach moduł będzie prostym korektorem, z PR-kami regulowanymi za pomocą wkrętaka.

W większości zastosowań użyte będą potencjometry obrotowe. Jeśli do układu przenikałby brum sieciowy, należy sprawdzić, czy przyczyną nie są źle poprowadzone przewody potencjometrów - w takim przypadku po oddaleniu transformatora sieciowego i przy zmianie położenia przewodów brum się zmniejszy. Przewody potencjometrów nie muszą być ekranowane, ale obie trójki przewodów muszą być możliwie krótkie i stanowić skrętkę.

W niektórych przypadkach pomocne będzie podłączenie metalowej obudowy potencjometrów do masy układu. Dla wyeliminowania większości problemów z przydźwiękiem sieciowym, warto zastosować zewnętrzny zasilacz, a czułe układy elektronicze umieścić w metalowej obudowie.

Jeśli wzmacniacz U1A z wysunku 1 miałby być wykorzystywany jako wzmacniacz mikrofonowy, w roli U1 obowiązkowo należy zastosować kostkę NE5532 lub lepszą. Nie warto wtedy stosować kostek TL072 czy TL082, bo mają one zauważalnie większe szumy. Nie ma to znaczenia przy dużych sygnałach, ale daje o sobie znać we wzmacniaczu mikrofonowym.

Kostka NE5532 dobrze nadaje się do roli wzmacniacza mikrofonowego, ale należy wiedzieć, iż jeszcze mniejsze szumy uzyskuje się ze wzmacniacza z kostką NE542. Dlatego w roli wzmacniacza mikrofonowego wysokiej jakości Autor zaleca stosowanie raczej kostki NE542, na przykład modułu AVT-2017.

Opisany układ z powodzeniem moze być wykorzystany w wersji stereofonicznej - wystarczy zastosować dwa moduły i sprzężone, podwójne potencjometry.

Uzyskany efekt końcowy zależy nie tylko od parametrów modułu, ale także w dużej mierze od użytej obudowy, za-

stosowanego transformatora sieciowego, układu zasilania, występujących tętnień i zakłóceń, sposobu prowadzenia przewodów, odległości modułów i potencjometrów od transformatora, sposobu prowadzenia masy oraz tym podobnych czynników. Autor zachęca Czytelników do praktycznych eksperymentów z opisanym modułem. Początkujący powinni zaczynać od układów prostych, bowiem przy budowie większego urządzenia zawsze dają o sobie znać nieprzewidziane przeszkody. Opisywany moduł jest idealny do takich prób.

Przykład zastosowania

Zaprezentowany moduł może być podstawą budowy funkcjonalnego miksera audio. **Rysunek 6** pokazuje przykłady wykorzystania, od najprostszych do bardziej złożonych.

Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako "kit szkolny" AVT-2132.