

Uniwersalny procesor dynamiki z układem NE572

Przedstawiony procesor audio to urządzenie, które powinien poznać, wykonać i wykorzystywać dosłownie każdy miłośnik techniki audio. Opisany nieskomplikowany układ pozwala małym kosztem zrealizować następujące przydatne urządzenia:

- **ogranicznik poziomu (limiter) lub układ ARW**
- **kompresor**
- **ekspandor**
- **bramkę szumu**
oraz dodatkowo
- **regulator wzmacnienia sterowany napięciem lub prądem.**

Uzyskane parametry są bardzo dobre, a to dzięki zastosowaniu nowoczesnych układów scalonych. Montaż, uruchomienie układu nie powinny nikomu sprawić trudności. Wyboru potrzebnej funkcji dokonuje się za pomocą kilku zwór.

Układ procesora dźwięku jest niezastąpiony w każdym studiu dźwiękowym, gdzie pozwala zmniejszać lub zwiększać dynamikę sygnałów, redukować szumy i utrzymywać wielkość sygnału na zadanym poziomie. Okaze się bardzo przydatny zarówno w systemach nagłośnienia na żywo (koncerty, odczyty, wykłady, akademie, itp.), jak i przy obróbce dźwięku

zapisanego na taśmach i płytach (udźwiękowanie filmów, realizacja własnych nagrań, odszumianie starych nagrań, itp.).

Niestety, nie da się ukryć, że zdecydowana większość młodych adeptów elektroniki (i nie tylko młodych) ma duże kłopoty z dogłębnym zrozumieniem zasady działania tego typu układów, oraz sensu i celu ich stosowania. W konsekwencji te arcyciekawe i przydatne urządzenia nie cieszą się zbytnim zainteresowaniem hobbystów. Doceniane i wykorzystywane są natomiast powszechnie przez profesjonalistów.

Ponieważ największą barierą na drodze do wykorzystania wspomnianych interesujących urządzeń okazuje się brak dokładnej wiedzy, w poprzednim i bieżącym numerze EdW zamieszczono dodatkowy artykuł, który dogłębnie wyjaśnia jak działają wspomniane urządzenia i dlaczego są potrzebne. Natomiast w niniejszym artykule podany jest szczegółowy opis konstrukcji uniwersalnego procesora dynamiki audio z układem NE572. Do zrozumienia wszystkich podanych tu wiadomości potrzebna jest też wiedza zawarta we wspomnianym dwuczęściowym artykule o procesorach dynamiki.

Przed wielu laty wykonanie podobnego procesora dźwięku rzeczywiście było trud-

nym i kosztownym zadaniem, ale dziś przy wykorzystaniu specjalizowanych układów scalonych nie jest to naprawdę żadnym problemem. Informacje teoretyczne zawarte we wspomnianych artykułach z powodzeniem wystarczą do zrozumienia zasady działania, zbudowania, a potem praktycznego wypróbowania i wykorzystania prezentowanego arcyprzydatnego urządzenia. Nie trzeba być wcale specjalistą. Niemniej jednak żeby sensownie wykorzystać opisany moduł trzeba rozumieć, jakie funkcje pełnią kompresor, ekspandor, limiter i bramka szumu, a także trzeba dobrać właściwe poziomy sygnałów (chyba, że ktoś będzie poznawał ich działanie praktycznie, metodą prób i błędów podczas testów modelu). Tylko dlatego stopień trudności projektu oceniono na dwie gwiazdki. Natomiast z budową i uruchomieniem opisanego układu nie będą mieć problemów nawet początkujący i projekt mógłby być oceniony na jedną gwiazdkę.

Dla osób, które chciałyby poznać jeszcze bliżej interesującą kostkę NE572, zwaną kompadorem (**kompresorem** i **expandorem**) i stosować ją we własnych konstrukcjach, przewidziano artykuł z cyklu „Najsłynniejsze aplikacje”, który

Projekty AVT

zostanie zamieszczony w następnym numerze EdW. Opisano tam szczegółowo, jak zbudowany jest układ scalony NE572 wyjaśniając, jak potrzebne funkcje regulacji wzmocnienia pod wpływem poziomu przetwarzanego sygnału realizowane są na drodze elektronicznej i jakie przy tym występują ograniczenia.

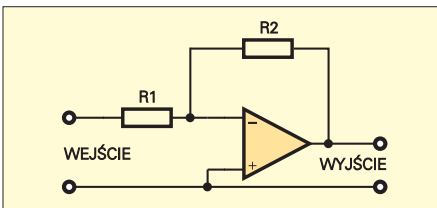
Zasada działania

Wbrew pozorom i obiegowym opiniom, generalna zasada działania układów do zmiany dynamiki sygnału jest bardzo prosta. Aby zrozumieć istotę rozwiązania, wystarczy rozumieć, jak pracuje wzmacniacz operacyjny w roli wzmacniacza odwracającego.

Układ pokazany jest na **rysunku 1**. Wzmocnienie wyznaczone jest stosunkiem rezystancji R2 do R1

$$G = \frac{R2}{R1}$$

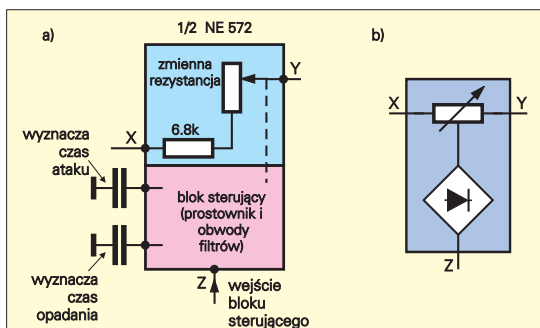
W układzie procesora dynamiki jedna z tych rezystancji jest stała (rezystor), a druga rezystancja zmienia swą wartość pod wpływem sygnału (prądu) sterującego. W prezentowanym module wykorzystano układ scalony NE572, który zawiera dwa niezależne, identyczne tor. W każdym torze znajduje się „zmienny rezystor”, a właściwie blok regulacji wzmocnienia za pomocą prądu stałego, oraz obwód aktywnego prostownika pełnokresowego z niezależnymi obwodami czasu ataku i opadania.



Rys. 1. Wzmacniacz operacyjny w układzie odwracającym

Blok regulacji wzmocnienia w rzeczywistości jest dość złożonym układem podziału prądu, jednak śmiało można go potraktować jako zmienną rezystancję. Rezystancja ta zależy od prądu sterującego. Gdy prądu nie ma, rezystancja jest, powiedzmy, nieskończenie wielka. Ze wzrostem prądu sterującego rezystancja ta maleje.

Uproszczony schemat blokowy jednej połowki układu NE572 pokazany jest na **rysunku 2a i 2b**. Więcej szczegółów na temat budowy tej kostki zawarte jest w artykule, który opublikowany będzie w najbliższym numerze. Teraz do celów praktycznych wystarczy informacja, że zawiera ona regulowaną rezystancję, której wartość zmienia się pod wpływem sygnału sterującego w zakresie od 6,8kΩ do nieskończoności. Co najważniejsze, aby zbudować kompresor, ekspandor czy limiter, do kostki NE572

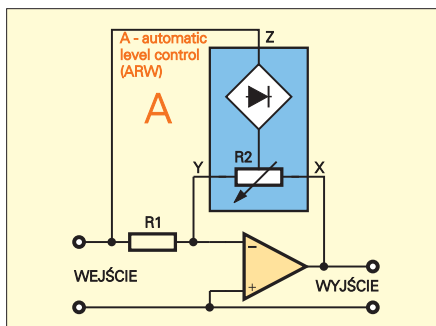


Rys. 2. Uproszczony schemat blokowy układu NE572

wystarczy dodać wzmacniacz operacyjny i kilka elementów biernych.

Aby zapoznać się z prezentowanym modulem, na początek warto prześledzić, jak pracuje układ automatycznej regulacji wzmocnienia (ARW), który w bardzo prosty sposób można przekształcić w układ limitera o dowolnie regulowanym wzmocnieniu.

Uproszczony schemat blokowy układu ARW pokazano na **rysunku 3**. Osobom zaznajomionym z układami ARW dziwne wyda się dołączenie wejścia prostownika do wejścia układu, a nie do wyjścia, jak to jest w klasycznych układach ARW. Jak się za chwilę okaże, nie jest to pomyłka.



Rys. 3. Schemat blokowy układu ARW

Gdy na wejściu pojawi się mały sygnał, po wyprostowaniu go w układzie prostownika, uzyskany prąd sterujący jest bardzo mały. Zgodnie z wcześniejszą informacją, przy małym prądzie sterującym „zmienna rezystancja” kostki NE572 jest bardzo duża. Wypadkowe wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego jest więc bardzo duże.

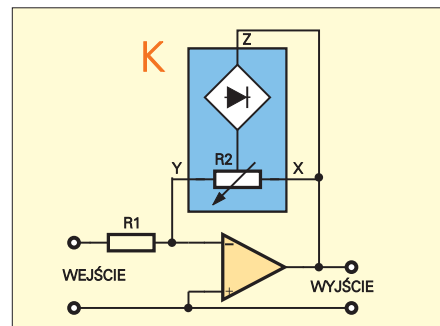
Jeśli na wejściu pojawi się duży sygnał, po wyprostowaniu da on odpowiednio duży prąd sterujący. Zmniejszy to „zmienną rezystancję” i tym samym zmniejszy wypadkowe wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego. Na ile zmieni? Właśnie tu, w powtarzalnych i ściśle określonych właściwościach tej „zmiennnej rezystancji” tkwi cała tajemnica układu. Konstruktorzy kostki NE572 zadbali o to, by w zależności od poziomu sygnału (wejściowego, podawanego też na wejście bloku sterującego) zmienna rezystancja i wzmocnienie wypadkowe

zmniejszały się na tyle, że na wyjściu zostanie utrzymany stały poziom sygnału.

Dla wielu Czytelników taki sposób działania może być zaskoczeniem i zupełną nowością. Rzeczywiście, zasada jest tu zupełnie inna niż w popularnych układach ARW. W klasycznym układzie automatycznej regulacji wzmocnienia, obwód sterujący wzmocnieniem sprawdza poziom sygnału na

wyjściu i stosowanie zmienia wzmocnienie by utrzymać stałą wielkość sygnału. Tu jest zupełnie inaczej. Nie trzeba sprawdzać sygnału na wyjściu, czyli jakby „po fakcie”, bo dzięki odpowiednio dobranym właściwościom kostki NE572, wzmocnienie dobierane jest „z wyprzedzeniem”, na podstawie poziomu sygnału wejściowego. A wszystko dzięki odpowiednio dobranym właściwościom bloku sterującego i „zmiennej rezystancji”.

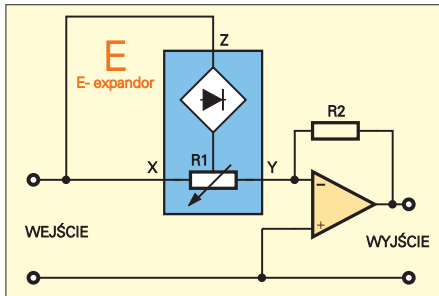
W trochę podobny sposób działa układ kompresora – ale wejście prostownika (punkt oznaczony C) dołączone jest tym razem do... wyjścia układu. Pokazano to na **rysunku 4**. Występuje tu interesująca wzajemna zależność: pojawienie się sygnału na wyjściu zawsze powoduje wzrost zmiennej rezystancji i tym samym... zmniejszenie wzmocnienia. A zmniejszenie wzmocnienia oznacza mniejszy sygnał na wyjściu i... mniejszy wpływ tego sygnału na wzmocnienie. Na pierwszy rzut oka można się spodziewać, że właśnie to jest układ ARW. Ale nie! Zmiany rezystancji są takie, że zmiany wzmocnienia są tu mniejsze, niż w układzie limitera i układ jest właśnie kompresorem. Kto chciałby wgłębiać się w ten temat, powinien zajrzeć do katalogu, gdzie podane są szczegółowe wzory.



Rys. 4. Schemat blokowy kompresora

Ogromnej większości Czytelników EdW te wzory są niepotrzebne, wystarczy więc przyjąć do wiadomości, że po prostu tak buduje się układ kompresora.

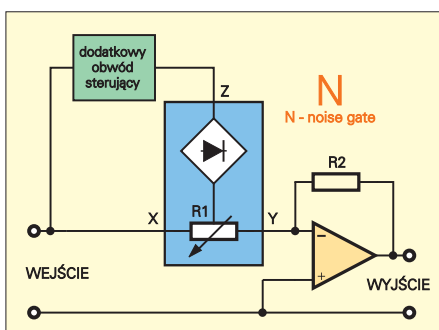
Także w układzie ekspandora pokazanym na **rysunku 5**, zmienna rezystancja kostki NE572 jest wielka przy braku sygnałów na wejściu prostownika. Przy takiej



Rys. 5. Schemat blokowy ekspandora

konfiguracji wzmocnienie przy bardzo małych sygnałach jest bliskie zeru – układ praktycznie nie przepuszcza sygnału – tłumí go niemal całkowicie. Wraz ze wzrostem sygnału wejściowego, zmniejsza się zmienna rezystancja R1 i wzmocnienie rośnie. Czym większy sygnał na wejściu, tym mniejsza zmienna rezystancja, tym większe wzmocnienie i tym większy sygnał na wyjściu.

Bramka szumu z rysunku 6 ma działanie podobne do ekspandora, z tym, że zmiana wzmocnienia nie następuje płynnie, tylko szybko zmienia się po przekroczeniu poziomu sygnału. Gdy sygnały wejściowe są mniejsze od nastawionej wartości progowej, „zmienna rezystancja jest bardzo duża i układ praktycznie nie przepuszcza sygnału. Po przekroczeniu progowej wielkości sygnału, „zmienna rezystancja” zmniejsza się do ustalonej, stałej wartości i układ przepuszcza sygnał, mając (uwaga! w odróżnieniu od poprzednich) stałe wzmocnienie, na przykład równe 1, niezależnie od wielkości sygnału. Jak z tego wynika, w układzie bramki szumu potrzebny jest dodatkowy blok, który zapewni pracę układu w dwóch stanach: maksymalnej i minimalnej wartości zmiennej rezystancji.



Rys. 6. Schemat bramki szumu

Takimi oto prostymi sposobami można zrealizować bardzo przydatne układy mające charakterystyki jak na rysunku 7.

Opis układu procesora

Schemat blokowy jednego kanału uniwersalnego procesora dynamiki pokazany jest na rysunku 8. Procesor zawiera dwa niezależne, jednakowe kanały. Dodatkowy obwód dla bramki szumu może być wykorzystywany przez oba kanały jednocześnie.

Porównanie rysunków 3...6 z rysunkiem 8 pokazuje, że prezentowane urządzenie rzeczywiście jest uniwersalne, ponieważ każdy kanał może być skonfigurowany niezależnie za pomocą zwór (jumperków) do pracy w jednym z czterech trybów: układu ARW, a praktycznie limitera (A), kompresora (K), ekspandora (E) lub bramki szumu (N).

W tym celu niczego nie trzeba przelutowywać – wystarczy tylko zewrzeć jumperkami zwory oznaczone stosowną literą (A, K, E, N) i układ momentalnie zostaje skonfigurowany do danej roli. Nie trzeba się nawet przy tym zastanawiać – wystarczy wykonać odpowiednie zwory. Jeden moduł, zawierający dwa niezależne kanały może więc być na przykład stereofoniczną bramką szumu lub stereofonicznym ekspandorem używanym do odszumiania starych nagrań, albo monofonicznym limiterem poprzedzonym bramką szumu do systemów nagłośnienia.

Szczegółowy schemat ideowy modułu pokazany jest na rysunku 9.

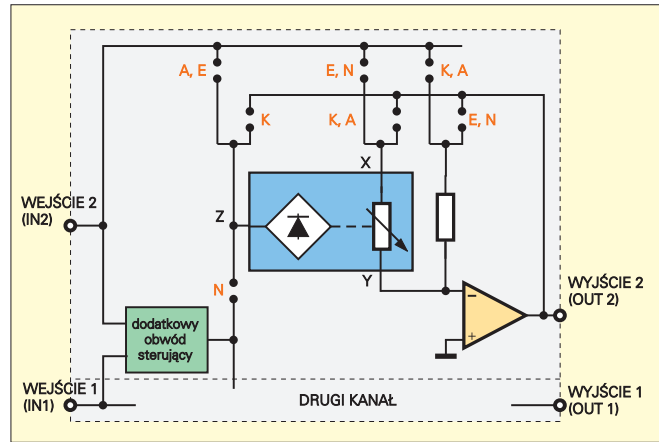
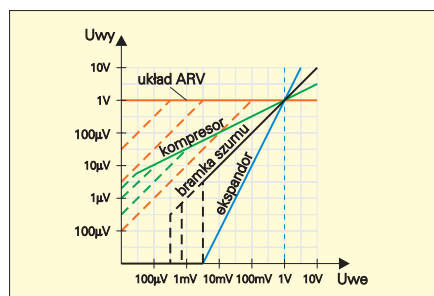
Układ jest zasilany napięciem pojedynczym z wykorzystaniem stabilizatora U5 typu 7812.

Uwaga! Na schemacie występuje zarówno symbol masy, jak i ujemne napięcie V-, ale jest to ten sam obwód.

Teoretycznie można pominąć stabilizator i bezpośrednio zasilac układ napięciem w granicach 9...15V. Taki sposób nie jest jednak zalecany, bowiem w sygnale wejściowym mogą się pojawić szumy i zakłócenia przedostające się z dodatniej szyny zasilania. Zastosowanie małego stabilizatora 78L12 likwiduje takie niebezpieczeństwo.

Wejściami sygnału są punkty oznaczone A1, A2. Wzmacniacze U3A i U4B pracują jako wtórnik, dzięki czemu rezystancja wejściowa jest duża, równa rezystancji R31 i R32 i wynosi 100kΩ.

Rys. 7. Charakterystyki układów korekcji dynamiki



Rys. 8. Schemat blokowy modułu

Sygnał z wyjść obu buforów jest sumowany i wzmocniany najpierw we wzmacniaczu U2B, potem we wzmacniaczu U2A. Ten obwód wykorzystywany jest tylko w układzie bramki szumu. Zostanie on omówiony później.

Dzielnik R30, R29 wytwarza napięcie sztucznej masy, równej mniej więcej połowie napięcia zasilającego. Należy zauważyć, że takie napięcie stałe panuje na wejściach i wyjściach wzmacniaczy U3A, U4B oraz U2A, U2B. Natomiast napięcie stałe na wejściach wzmacniaczy U3B i U4A jest niższe, wynosi około 2,5V i jest równe napięciu odniesienia wytwarzanemu przez kostkę U1 (na jej końcówkach 6 i 10).

Sygnał z wyjść buforów U3A i U4B jest podawany na właściwy procesor dźwięku, składający się ze wzmacniacza operacyjnego i bloków zawartych w kostce NE572.

Potencjometry montażowe PR1 i PR2 z rezystorami R2 i R3 posłużą do kompensacji wewnętrznych napięć niezrównoważenia układu NE572. Chodzi o to, że obwody „zmiennej rezystancji” składające się z pewnej liczby tranzystorów nie są idealne i w konsekwencji wraz ze zmianą wzmocnienia, w niewielkim stopniu może zmieniać się napięcie stałe na wyjściach wzmacniaczy operacyjnych U3B i U4A. Może to być słyszalne w głośnikach. Jeśli w czasie pracy układu dałyby się zaobserwować takie wahania stałego napięcia wyjściowego w takt sygnału sterującego, wystarczy odpowiednio ustawić potencjometry PR1 i PR2. W wielu wypadkach taka regulacja nie będzie konieczna, ale na wszelki wypadek przewidziano elementy kompensacyjne PR1, PR2, R2 i R3.

Natomiast elementy PR3, PR4, R33, R34 z wersji podstawowej nie będą montowane. Być może okażą się potrzebne jedynie w precyzyjnym układzie stereofonicznego ekspandora i posłużą do wyrównania charakterystyk obu kanałów dla najniższych poziomów sygnału.

Rola rezystorów R8 i R9 będzie opisana w dalszej części artykułu.

Projekty AVT

Wzmianki wymaga jeszcze tor ze wzmacniaczami U2A i U2B. Jest on czynny tylko w układzie bramki szumu. Ponieważ bramka ma się otwierać już przy stosunkowo niewielkich sygnałach (trochę większych od poziomu szumów), konieczne są dwa stopnie wzmocnienia. Bramka ma działanie progowe – pozostaje zamknięta, aż sygnały wejściowe przekroczą ustalony poziom. Gwarantują to diody D2 i D3. Dopóki wzmocnione sygnały mają amplitudę mniejszą niż 0,6V, żadna z diod nie przewodzi i bramka nie przepuszcza sygnału. Dla większych sygnałów bramka ma mieć stałe wzmocnienie – zapewniają to zielone diody LED D4 i D5, które obcinają wierzchołki sygnału w torze sterującym do wartości mniej więcej $\pm 2,2V$. Taki obcięty do kształtu prostokąta sygnał sterujący (o praktycznie stałej wartości) zapewnia stałą wartość wzmocnienia otwartego toru bramki.

Dla dociekliwych i zaawansowanych

Obwody R16, R18, C12 oraz R17, R19, C17 są niezbędne jedynie w układzie kompresora i limitera, żeby zapewnić sta-

łoprądowe sprzężenie wyjścia z wejściem odwracającym wzmacniacza. Chodzi o to, żeby zapewnić przepływ prądu stałego (polaryzującego wejście) by wyjście nie weszło w stan nasycenia. Ale ten obwód ma realizować sprzężenie tylko dla prądu stałego, bo dla prądu zmiennego sprzężenie realizowane jest przez „zmienną rezystancję” kostki NE572. Stąd obecność kondensatorów C12, C17, które skutecznie odfiltrowują sygnały akustyczne.

W układzie ekspandora i bramki szumów sprzężenie stałoprądowe zapewniają rezystory R10 i R11, więc wspomniane obwody nie są wprawdzie potrzebne, ale też nie przeszkadzają w działaniu układu.

Dwójniki R20C13 i R21C14 poprawiają stabilność wzmacniaczy operacyjnych NE5532.

Rezystory R14 i R15 pozwalają podwyższyć napięcie stałe na wyjściu i tym samym zwiększyć zakres zmiennych napięć wyjściowych. Bez nich napięcie stałe na wyjściach wzmacniaczy wynosi 2,5V. Jeśli sygnały na tych wyjściach nie będą większe niż 1V wartości skutecznej (a ściślej biorąc 2,8Vpp czyli międzyszczytowo), a tak jest

w ogromnej większości przypadków, rezystory R14 i R15 w ogóle nie są potrzebne. Jeśli jednak sygnały wyjściowe miałyby być większe (co wyjątkowo może się zdarzyć jedynie w układzie ekspandora) warto dodać te rezystory. W zestawie AVT-2282 mają one wartość 18...22k Ω , co jest wartością uniwersalną zarówno dla ekspandora i bramki szumu, jak też dla kompresora i limitera. Jeśli ktoś będzie chciał na stałe wykorzystać układ w roli ekspandora, może dobrać wartości R14 i R15, aby na wyjściach U3B i U4A uzyskać napięcia stałe równe połowie napięcia zasilania, czyli około 6V.

Przy okazji warto dodać, że elementy układu są tak dobrane, iż poziomem charakterystycznym (przy którym dla ekspandora i kompresora wzmocnienie wynosi 1, a dla limitera jest maksymalnym napięciem wyjściowym), jest poziom 0,45Vsk, co dla „sinusa” daje 1,3V międzyszczytowo.

W drugiej części artykułu przedstawione zostaną szczegółowe wskazówki dotyczące montażu, uruchomienia i praktycznego wykorzystania.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Rys. 9. Schemat ideowy modułu

