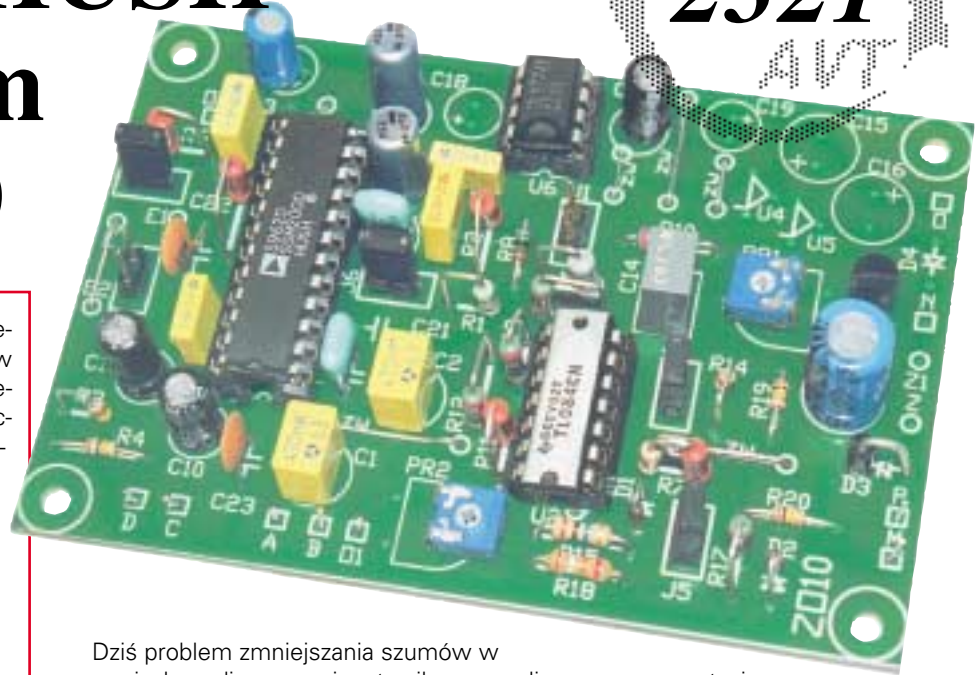


System redukcji szumów HUSH[®] z układem SSM2000



Rewelacyjny jednostronny system redukcji szumów dla wszelkich układów audio: odbiorników radiowych i telewizyjnych, magnetofonów, wzmacniaczy samochodowych i multimedialnych, telefonów i radiotelefonów oraz aparatury profesjonalnej.

Właściwości:

- zmniejsza szumy nawet o 25dB
- współpracuje z dowolnym źródłem sygnału
- dynamika 90...100dB
- zniekształcenia 0,02%
- poziom sygnału wejściowego 0,1...1Vsk

Od wielu lat specjaliści z wielu firm zajmują się problemem redukcji szumów. Niezaprzeczalne osiągnięcia ma w tym zakresie firma Dolby Laboratories Inc. a jej systemy redukcji szumów, takie jak Dolby B, Dolby C przez długie lata były (i wciąż są) standardem w sprzęcie powszechnego użytku. Ale redukcja szumów to nie tylko Dolby. Inne firmy też mają znaczny wkład w tej dziedzinie. Określenia i skróty takie jak dbx, DNL, DNR czy CNRS na pewno nie są obce wielu Czytelnikom EdW.

Dzisiaj problem zmniejszania szumów w nagraniach audio znacznie stracił na ostrości, a to zwłaszcza za sprawą płyty kompaktowej, która bez dodatkowych zabiegów oferuje dynamikę sięgającą 90dB. Niemniej jednak nadal występują sytuacje, w których dobry system redukcji szumów jest bardzo potrzebny.

Generalnie systemy redukcji szumów można podzielić na dwie grupy:

- 1) układy komplementarne, gdzie obróbka sygnału następuje zarówno przy zapisie, jak i odczycie,
- 2) układy jednostronne, gdzie redukcja szumów następuje tylko przy odczycie.

Niniejszy artykuł przedstawia jeden z najnowocześniejszych systemów jednostronnych, zwany HUSH (opatentowany pod tą nazwą przez Rocktron Corp.), zrea-

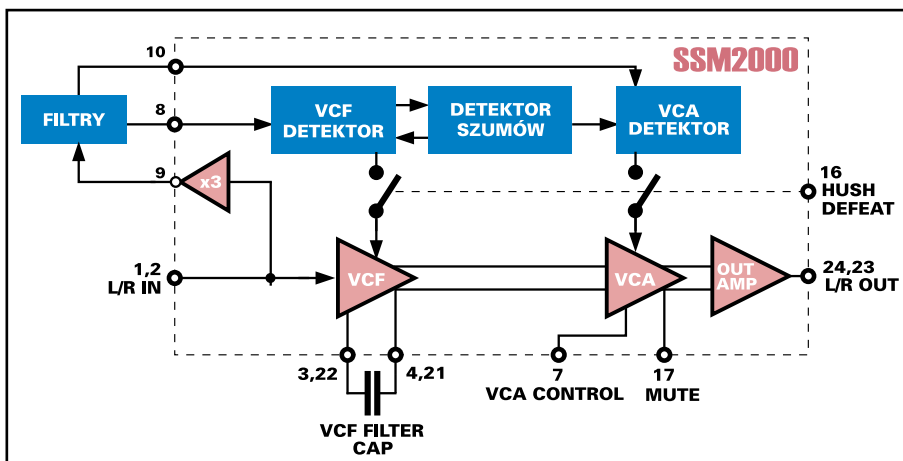
lizowany w postaci układu scalonego SSM2000 firmy Analog Devices.

Ogromną zaletą systemów jednostronnych jest to, że mogą one przetwarzać sygnał z dowolnego źródła, a nie tylko sygnały wcześniej przetworzone przy zapisie bądź nadawaniu. Do tej pory pewną ich wadą były uzyskiwane parametry - jednokrotne przetwarzanie sygnału dawało efekt znacznie słabszy niż w systemach komplementarnych (dwustronnych). Dotychczas znane opracowania systemów jednostronnych (choćby DNR opracowany przez National Semiconductor, dostępny jako układ scalony LM1894) oferują zmniejszenie szumów o 9...12dB, czyli trzy...czterokrotnie. Systemy komplementarne, takie jak Dolby B czy C zmniejszają szumy o 20...25dB, czyli dziesięć...dwudziestokrotnie.

Opisany dalej nowy układ SSM2000 umożliwia przy działaniu jednostronnym redukcję szumów aż o 25dB. Osiągnięto to dzięki jednoczesnemu zastosowaniu co najmniej dwóch sposobów, które co prawda były znane także wcześniej, ale stosowane były oddzielnie, nigdy razem.

Zasada działania

Rysunek 1 pokazuje uproszczony do minimum schemat blokowy układu SSM2000. Jak widać jest to układ stereofoniczny. W każdym kanale umieszczono dwa główne bloki służące do zmniejszania szumów: filtr dolnoprzepustowy ste-



Rys. 1 Uproszczony schemat blokowy układu SSM2000

rowany napięciem (VCF) oraz wzmacniacz sterowany napięciem (VCA).

Generalna zasada działania jest następująca. Gdy sygnał na wejściu ma niewielką wartość (w praktyce są to szумы), filtr ma częstotliwość graniczną 1kHz. Wyższe częstotliwości są stłumione. Jak wiadomo, ze względu na specyficzne właściwości słuchu, właśnie częstotliwości z zakresu 2...8kHz mają największy wpływ na subiektywnie odczuwanie szumów. Obcięcie pasma do 1kHz redukuje szumy mniej więcej trzykrotnie. Pojawienie się sygnałów użytecznych o wyższych częstotliwościach powoduje poszerzenie pasma filtru i sygnały te przechodzą przez filtr bez przeszkód. Ta część układu działa podobnie jak system DNR, zrealizowany w układzie LM1894.

Drugi stopień zrealizowany ze wzmacniaczem sterowanym napięciem działa jako ekspandor. Dla uproszczenia można założyć, że przy dużych sygnałach wzmacnienie jest równe 1, natomiast przy małych sygnałach wzmacnienie jest mniejsze od jedności – tym mniejsze, im mniejszy jest sygnał. Przy najmniejszych sygnałach (o poziomie -70dB) wzmacnienie jest zmniejszone o ponad 15dB. Ta część układu działa jak typowy łagodny ekspandor, znany z procesorów dynamiki dźwięku. Celowo stopień ekspansji jest niewielki (2,2dB/dekadę), ponieważ tylko przy takiej łagodnej charakterystyce nie występują zauważalne zmiany wzmacnienia, nieprzyjemnie odczuwalne w brawkach szumu i ekspandorach o znacznym stopniu ekspansji.

Dzięki takiemu połączeniu dwóch systemów, przy najmniejszych sygnałach (szumach) pasmo przenoszenia jest obcięte do 1kHz, a wzmacnienie zredukowane o 15dB. Subiektywnie daje to odczucie zmniejszenia szumów nawet o 25dB.

Opisane dwa bloki (VCF i VCA) są sterowane przez skomplikowany blok sterujący, który zawiera nie tylko filtry i prostowniki, ale również blok określający w inteligentny sposób poziom szumów. Dzięki takiemu inteligentnemu przetwarzaniu, próg zadziałania układów regulacyjnych jest dostosowywany do aktualnego poziomu szumów. Jest to o tyle cenne, że układ może współpracować z różnymi źródłami sygnału, gdzie poziom szumów będzie zmieniać się w szerokich granicach. We wcześniejszych rozwiązaniach progi zadziałania ustawiane były na stałe (zazwyczaj za pomocą potencjometrów) do konkretnego zastosowania i konkretnego poziomu szumów. W opisywanym układzie inteligentne określanie poziomu szumów polega, z grubsza rzecz biorąc, na sprawdzaniu minimalnego poziomu sygnału w ciągu dłuższego odcinka cza-

su. Ten minimalny poziom (w przerwach nagrania) jest traktowany jako poziom szumów.

Dzięki zastosowaniu dwóch bloków regulacji sygnału (VCA i VCF) oraz inteligentnego bloku sterowania uzyskiwane parametry są bardzo dobre, a układ jest naprawdę uniwersalny, bo sam dostosowuje się do aktualnych warunków.

Dodatkową zaletą jest wyprowadzenie na zewnątrz zarówno wyjścia sygnału sterującego wzmacnieniem (VCA), jak i dodatkowego wejścia, umożliwiającego regulację wzmacnienia z zewnątrz. Umożliwia to szereg interesujących zastosowań.

Opis układu scalonego

Układ SSM2000 zamknięty jest w wąskiej, 24-nóżkowej obudowie DIP. Rysunek 2 pokazuje typowy podstawowy schemat aplikacyjny. Jak widać, tak skomplikowany układ wymaga dołączenia jedynie kilku rezystorów i kilku kondensatorów. Dzięki temu jego wykorzystanie okaże się proste i nie sprawi trudności nawet średnio zaawansowanemu elektronikowi. W praktyce najważniejsze będzie poznanie roli poszczególnych elementów zewnętrznych.

Kondensatory wejściowe dołączone do nóżek 1 i 2 oddzielają składową stałą. Choć oporność wejściowa wynosi typowo 8kΩ, producent zaleca zastosowanie kondensatorów wejściowych o pojem-

ności co najmniej 6,8μF. Nie jest to związane z pasmem przenoszenia (poniżej 3Hz), tylko ze specyficzną budową stopni wejściowych. Mniejsze pojemności zapewnią co prawda wystarczające pasmo, ale zwiększy się nieco przesłuch międzykanałowy dla niskich częstotliwości. Dla uzyskania separacji międzykanałowej równej -60dB już dla częstotliwości 75Hz, pojemności wejściowe powinny wynosić 47μF. Szczegóły dotyczące budowy wewnętrznej wejścia i wytłumaczenie nietypowego problemu przesłuchu można znaleźć w katalogu.

Układ jest optymalizowany dla przebiegów wejściowych o poziomie 300mVsk i może z powodzeniem pracować w zakresie napięć wejściowych 100mV...1V. Przy sygnałach spoza tego zakresu parametry układu będą znacząco gorsze, a w skrajnym przypadku układ może nie pełnić swej podstawowej funkcji.

Ponieważ jest to układ stereofoniczny, przy włączeniu go w tor monofoniczny wykorzystany będzie tylko jeden kanał (jedno wyjście), ale sygnał trzeba podać na oba wejścia, by zapewnić właściwą pracę układów sterujących.

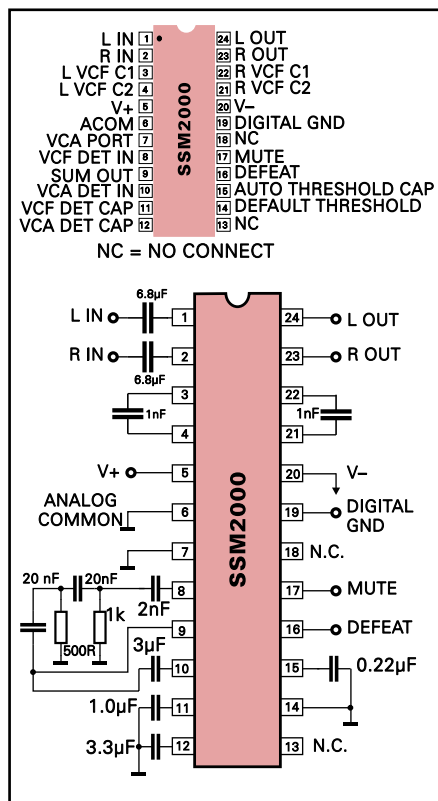
Na rysunku 2 nie zaznaczono kondensatorów wyjściowych (związanych z nóżkami 23 i 24). Przy zasilaniu napięciem pojedynczym kondensatory takie mogą się okazać potrzebne. Wyjścia (dla przebiegów zmiennych) mogą być obciążane rezystancją nie mniejszą niż 2kΩ i pojemnością nie większą niż 300pF.

Kondensatory dołączone do nóżek 3, 4 oraz 21, 22 określają zakres regulacji częstotliwości granicznej filtru VCF. Zalecana wartość wynosi 1nF i nie należy jej zmieniać, bo nie ma to żadnego uzasadnionego powodu. Przy podanych wartościach pasmo przenoszenia zmienia się w czasie pracy od 1kHz do 35kHz.

Nóżki 5, 6 i 20 są końcówkami zasilania. Końcówka 6 pełni rolę masy (przy zasilaniu napięciem pojedynczym ma potencjał połowy napięcia zasilającego).

Wejścia cyfrowe 16 i 17 umożliwiają zdalne sterowanie pracą układu. Stan niski na nóżce 16 umożliwia normalną pracę, stan wysoki wyłącza układ redukcji szumów, przepuszczając sygnał bez zmian. Stan niski na nóżce 17 umożliwia pracę układu, a stan wysoki wycisza sygnał.

Co ciekawe, poziomy sygnałów logicznych podawanych na te wejścia mogą być odniesione albo do masy (zasilanie symetryczne), albo do minusa zasilania (napięcie pojedyncze). Umożliwia to "pływająca" masa cyfrowa – nóżka 19. Końcówka 19 może być połączona albo do masy, albo przy zasilaniu pojedynczym – do ujemnej szyny zasilania. Sygnały ste-



Rys. 2 Wyprowadzenia i podstawowa aplikacja

rujące wejść 16 i 17 mogą mieć poziomy TTL, ale układ nie ulegnie uszkodzeniu, gdy napięcia na tych nóżkach będą większe (nawet równe dodatniemu napięciu zasilania).

Końcówki 13 i 18 w ogromnej większości przypadków powinny pozostać nie podłączone – wykorzystywane są jedynie w testach fabrycznych oraz w pewnych szczególnych sytuacjach, które są wspomniane w katalogu.

Końcówka 14 normalnie podłączona jest do masy (nóżki 6). Jest to wejście określające poziom odniesienia dla układów redukcji szumów. W przypadku "czystych" sygnałów, np. z płyty CD, napięcie na tej nóżce można obniżyć do -1,2V. Napięcie -2V na tej nóżce całkowicie wyłącza działanie układu redukcji szumów.

Końcówka 9 jest wyjściem zsumowanego sygnału obu kanałów wejściowych. Przebieg z tego wyjścia jest podawany przez kondensator (o pojemności 2,2...3μF) na nóżkę 10, która jest wejściem układu sterującego dla bloku VCA. Sygnał zmienny podawany na nóżkę 10 jest logarytmowany, prostowany, filtrowany i tak przetworzony zmienia wzmocnienie VCA. Ważnym elementem tego toru sterującego jest kondensator dołączony do nóżki 12. Najprościej mówiąc, jest to kondensator filtrujący, określający czas opadania ekspandora. Czas ataku jest znacznie krótszy i wyznaczony jest przez wewnętrzny układ. W każdym razie należy pamiętać, że zmiany tej pojemności filtrującej mogą zaowocować słyszalnymi zmianami właściwości urządzenia. Producent zaleca dołączenie do nóżki 12 kondensatora o pojemności 3...3,3μF.

Zsumowany sygnał z wyjścia 9 trafia też na wejście bloku sterującego VCF (na nóżkę 8), ale nie bezpośrednio, tylko przez filtr trzeciego rzędu, składający się z trzech kondensatorów i dwóch rezystorów. Jest to filtr górnoprzepustowy, który tłumí silne przebiegi o niskich częstotliwościach (dla 1kHz tłumienie wynosi ponad 60dB, a dla 10kHz – 15dB), a przepuszcza wyższe składowe, powodujące poszerzenie pasma filtru. Istotną rolę pełni w tym torze kondensator dołączony do nóżki 11. Jest to kondensator filtrujący określający czas opadania sygnału sterującego VCF. Krótki czas ataku wyznaczony jest przez obwody wewnętrzne.

Podane informacje wskazują, że pojemności związane z nóżkami 8, 9, 10 mają istotny wpływ na działanie układu. Pojemności te nie powinny w istotny sposób odbiegać od wartości proponowanych przez producenta. Podobnie wygląda sprawa z pojemnościami dołączonymi do nóżek 11 i 12. W przypadku kondensatorów o pojemnościach poniżej

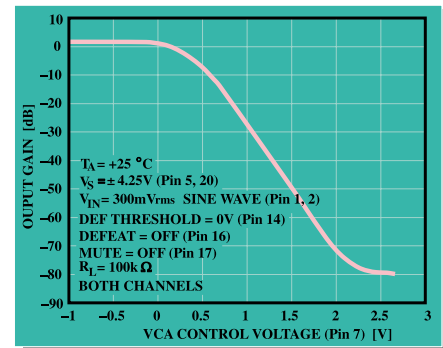
1μF sprawa jest względnie prosta: nie wolno stosować tu kondensatorów ceramicznych ferroelektrycznych, tylko kondensatory foliowe MKT. W przypadku pojemności 1μF i większych istnieje pokusa zwiększenia ich do bodaj najpopularniejszej wartości 10μF. Tak często robi się w różnych układach filtrujących i w obwodach wejściowych. W opisywanym układzie pojemności związane z nóżkami 11 i 12 decydują o parametrach dynamicznych układu i nie wolno ich bezmyślnie zmieniać (zwiększać). Owszem, można a nawet warto przeprowadzić eksperymenty polegające na zmianie tych pojemności, i ostateczny efekt ocenić podczas prób odsłuchowych. Może się okazać, że po takich eksperymentach ktoś zechce zmienić pojemności dołączone do nóżki 11 lub 12. Nadmierne zwiększanie pojemności spowoduje jednak tendencję do tak zwanych "westchnień", natomiast jej radykalne zmniejszenie zaowocuje słyszalnym "pompowaniem". Należy też pamiętać, że zwykle kondensatory elektrolityczne (aluminiowe) z czasem mogą się przeformować i zmienić swą pojemność nawet kilkakrotnie, co drastycznie zmieni charakterystyki dynamiczne VCF i VCA.

Kondensator dołączony do nóżki 15 współpracuje z obwodem automatycznego określania poziomu szumów. Nie ma powodu, by zmieniać jego wartość. Szczegółowe działanie tego interesującego bloku jest opisane w katalogu.

Omówienia wymaga jeszcze nóżka 7 (VCA control port). Jest to pomocnicze wejście umożliwiające zmianę wzmocnienia VCA. Wzmocnienie to zawsze zmienia się pod wpływem poziomu przetwarzanego sygnału, a dodatkowo może być zmieniane za pomocą napięcia podawanego na nóżkę 7. Otwiera to szereg interesujących możliwości. W prostych zastosowaniach nóżka 7 jest połączona z masą (nóżką 6).

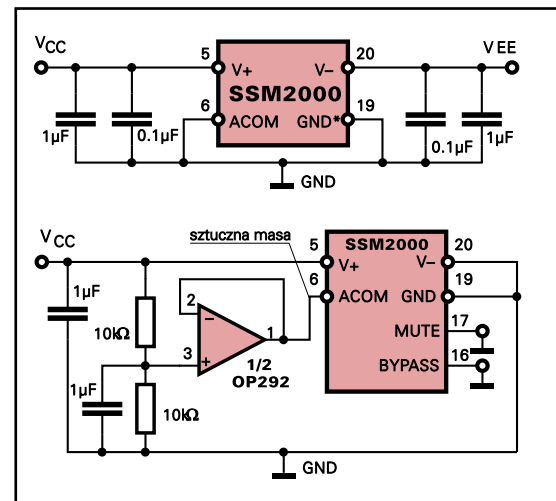
Rysunek 3 pokazuje zależność wzmocnienia (właściwie tłumienia) od napięcia stałego na nóżce 7. Przy połączeniu z masą wzmocnienie jest nieco większe niż 1. Dla napięcia +150mV wynosi około 0dB i zmniejsza się o 1dB na każde 22mV (rozrzut 20...26mV) napięcia sterującego. Rysunek ten udowadnia, że układ może też pełnić "przy okazji" funkcję elektronicznego potencjometru sterowanego napięciem stałym.

Kostka może być zasilana napięciem symetrycznym lub pojedynczym w zakresie +7...+18V. Rysunek 4 pokazuje pro-



Rys. 3 Wzmocnienie VCA w funkcji napięcia nóżki 7

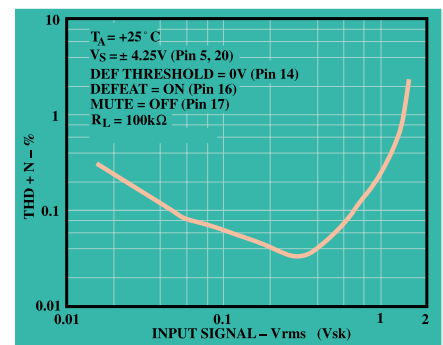
ponowane sposoby zasilania. Dodatkowy wzmacniacz operacyjny (niekoniecznie podanego typu) powinien móc dostarczyć do obwodu sztucznej masy prąd 4mA.



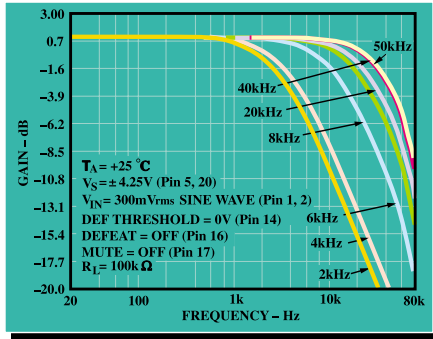
Rys. 4 Sposoby zasilania

Rysunki 5...7 oraz tabela 1 zawierają pozostałe kluczowe informacje o układzie SSM2000.

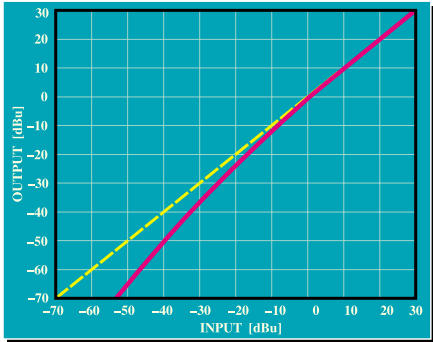
Uwaga! Choć układ wykonany jest w technologii bipolarnej, delikatne obwody wewnętrzne mogą być uszkodzone przez ładunki statyczne. Dlatego przy montażu należy zachować środki ostrożności typowe dla układów CMOS.



Rys. 5 Zniekształcenia nieliniowe w funkcji poziomu sygnału wejściowego



Rys. 6 Charakterystyka toru VCF



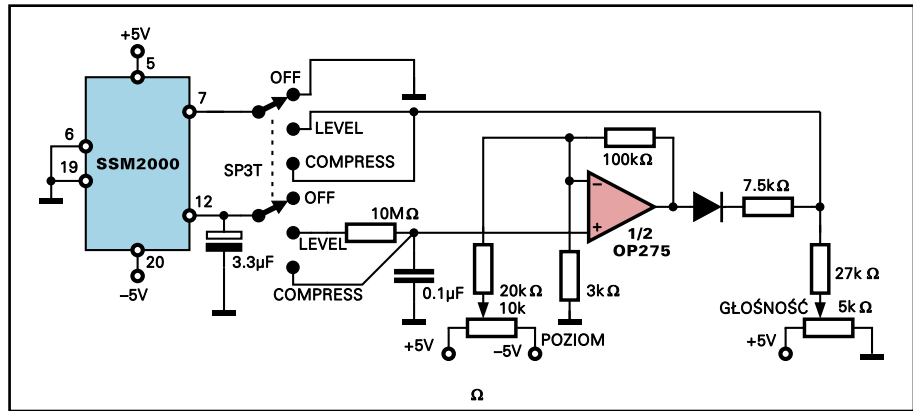
Rys. 7 Charakterystyka toru VCA

Tabela 1

Zakres napięć zasilania:	+7V...+18V (±3,5V...±9V)
Pobór prądu:	typ 7,5mA, max. 11mA
Dynamika (Uzas=+8,5V):	typ. 91dB
Zniekształcenia (Uwe=300mVsk):	typ. 0,02%, max. 0,04%
Impedancja wejściowa (n.1,2):	typ. 8kΩ, min. 6kΩ
Różnice wzmocnienia między kanałami:	typ. ±1dB
Impedancja wejścia 7:	typ. 3,8kΩ
Impedancja wejść 8 i 10:	typ. 5,4kΩ (4...7kΩ)

Dodatkowe możliwości

Dostęp do wyjścia bloku prostownika sygnału (nóżka 12) oraz istnienie dodatkowego wejścia regulacji wzmocnienia VCA (nóżka 7) umożliwiają prostą realizację szeregu bardzo pożytecznych funkcji. Przede wszystkim należy zauważyć, że napięcie na nóżce 12 i dołączonym kondensatorze rośnie przy zwiększaniu się sygnału wejściowego. Z kolei wzrost napięcia na nóżce 7 powoduje zmniejszenie wzmocnienia i redukcję poziomu sygnału na wyjściu. Już tu widać, że układ oprócz funkcji zmniejszania szumów, może jednocześnie pełnić rolę układu automatycznej regulacji wzmocnienia, kompresora lub podobne. Ze względu na różne poziomy, wyjścia 12 nie łączy się bezpośrednio z wejściem 7, tylko stosuje różne układy dopasowujące, realizujące



Rys. 8 Dodatkowy blok sterujący

pożądane funkcje. Na rysunku 8 pokazano prosty układ dodatkowy, pełniący rolę kompresora albo układu ARW. Przy pracy w roli kompresora, kondensator dołączony zawsze do nóżki 12 (3,3μF) i dodatkowy kondensator 0,1μF ładują się szybko z wewnętrznych obwodów układu SSM2000 i rozładowują powoli w tempie wyznaczonym przez wewnętrzne obwody tej kostki. Zmiany napięcia na tych kondensatorach są wzmacniane, poziomowane i sterują wejście 7. Wzmocnienie wzmacniacza operacyjnego (wyznaczone głównie przez rezystory 100kΩ i 3kΩ) wyznacza stopień kompresji, który w tym przypadku jest duży. Układ w tej konfiguracji jest więc ogranicznikiem poziomu maksymalnego. Przy mniejszych stopniach kompresji układ tylko w ograniczonym stopniu zmniejsza dynamikę sygnału, czyli różnicę między najcichszymi a najgłośniejszymi fragmentami utworu, co może być ogromną zaletą podczas słuchania w jadącym samochodzie nagrań o dużej dynamice (z płyt CD lub dobrych taśm). Dodatkowe potencjometry umożliwiają regulację progu zadziałania automatyki oraz wzmocnienia.

Układ automatycznej regulacji poziomu, a właściwie utrzymywania stałego poziomu wyjściowego, działa podobnie, z tym, że sygnał z nóżki 12 jest podawany na wzmacniacz przez obwód RC o stałej czasowej około 1 sekundy (10MΩ, 0,1μF). Tym samym zmiany wzmocnienia nie występują nagle - w efekcie układ utrzymuje jednakowy średni poziom głośności, niezależnie od poziomu sygnału wejściowego. Jest to wygodne przy współpracy ze źródłami o różnym poziomie sygnału. Producent kostki zwraca uwagę, że jednym z praktycznych zastosowań będzie utrzymywanie stałego poziomu głośności, także podczas emisji reklam, które z zasady są nadawane głośniejsz niż normalny program radiowy czy telewizyjny.

Wejście 7 pozwala zmieniać wzmocnienie i dostosowywać głośność do aktualnych warunków. Przykładem wyko-

rzystania może być radio samochodowe, którego głośność zwiększa się wraz ze zwiększaniem prędkości i związanych z tym szumów. Oczywiście do takiego celu trzeba dysponować napięciem stałym, proporcjonalnym do prędkości pojazdu. Nie stanowi to problemu w nowoczesnych samochodach, gdzie pomiar prędkości odbywa się na drodze elektronicznej, a nie mechanicznej.

W karcie katalogowej SSM2000 można znaleźć jeszcze inne uwagi, dotyczące problemu tłumienia szkodliwych sygnałów spoza pasma użytecznego (resztek pilota stereo 19kHz, sygnału linii TV 15,625kHz, czy przetwornic impulsowych).

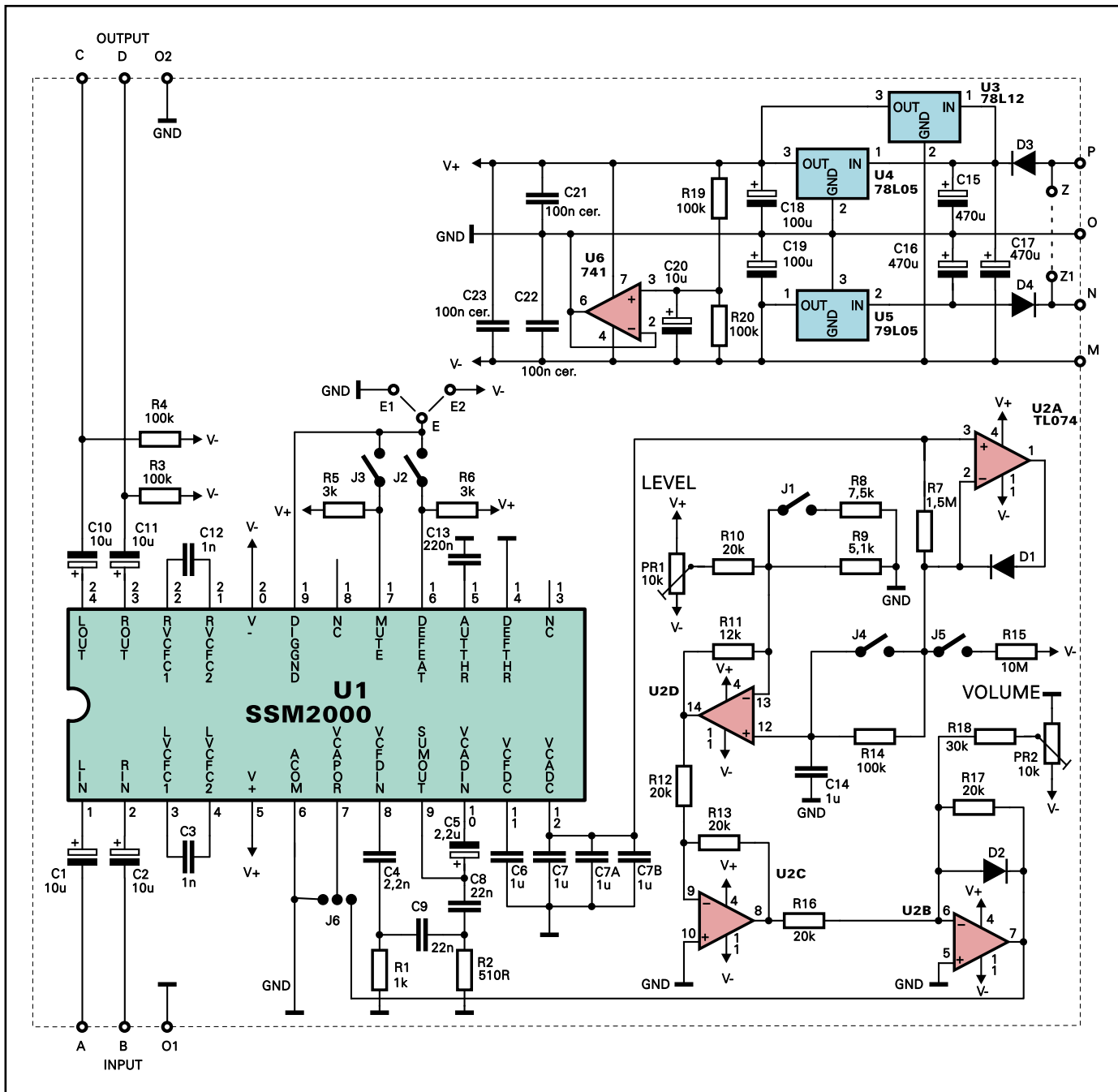
Opis modułu

Schemat ideowy proponowanego modułu jest pokazany na rysunku 9. Podstawowa aplikacja z rysunku 2 została wzbogacona o obwody zasilania oraz dodatkowy blok kształtowania sygnału, włączony między końcówki 12 i 7.

Moduł może być zasilany napięciem symetrycznym albo pojedynczym. Dzięki diodom D3, D4 możliwe jest też zasilanie modułu napięciem zmiennym z transformatora. Obwody zasilania wyglądają na schemacie nieco dziwnie, ponieważ pokazano jednocześnie elementy dla obu wersji. W praktyce nigdy nie będą montowane wszystkie pokazane elementy. Przy zasilaniu symetrycznym montowane będą stabilizatory U4 i U5, natomiast przy pojedynczym: stabilizator U3 i wzmacniacz U6 wytwarzający potencjał sztućczej masy.

Dla wersji symetrycznej masą jest punkt O, przy zasilaniu napięciem pojedynczym masą dla sygnałów audio jest ujemna szyna zasilająca, czyli punkt M. Stosownie do tego należy wykonać jedną ze zwór E-E1 lub E-E2.

Elementy współpracujące z kostką SSM2000 zostały wyczerpująco omówione we wcześniejszym akapicie. Zmiany w stosunku do układu z rysunku 2 polegają na tym, że dodano obwody wyjścio-



Rys. 9 Schemat ideowy modułu

we R4C10 i R3C11 (potrzebne tylko przy zasilaniu napięciem pojedynczym). Na płytce przewidziano miejsce na kondensatory elektrolityczne C1 i C2, ale można tam wlotować kondensatory stałe 470nF lub 1 μ F. Zmniejszenie pojemności pogorszy nieco przesłuch między kanałami w zakresie niskich częstotliwości, ale w praktyce nie jest to problemem, ponieważ dźwięki o niskich częstotliwościach i tak rozchodzą się we wszystkich kierunkach, więc słuchacz nie zauważy niewielkiego przesłuchu.

Autor projektu jest zdecydowanym zwolennikiem stosowania porządných kondensatorów stałych w miejsce niestabilnych aluminiowych elektrolitów, dlatego także w obwodach nóżek 11 i 12 prze-

widział miejsce na cztery kondensatory stałe 1 μ F i 3x1 μ F. Ponieważ kondensatory te decydują o właściwościach dynamicznych układu, zaleca się by były to kondensatory foliowe. Oczywiście nie jest to sprawa krytyczna - można użyć trochę gorszych i tańszych kondensatorów ceramicznych, elektrolitów tantalowych, a w ostateczności nawet zwykłych aluminiowych elektrolitów. Ponieważ kondensatory C3 i C12 również pełnią ważną rolę, nie powinny to być kondensatory ceramiczne ferroelektryczne, tylko foliowe MKT lub inne o stabilnych parametrach.

W podstawowym układzie, gdy nie przewiduje się zdalnego wyciszenia (MUTE) czy wyłączenia układu (DEFEBAT),

można nie montować rezystorów R5, R6, a tylko zewrzeć zwory J2 i J3.

Gdy układ ma służyć tylko do redukcji szumów, a dodatkowe możliwości (kompresja czy utrzymanie stałej głośności) nie będą wykorzystywane, nie trzeba montować bloku opartego na wzmacniaczu operacyjnym U2, a nóżkę 7 przez jumper J6 połączyć do masy.

Wykonanie i "odpalenie" modułu w wersji podstawowej (bez układu U2) jest bardzo proste i nie sprawi kłopotu nawet początkującym. Cały problem polega jedynie na prawidłowym zmontowaniu elementów i podaniu na wejście sygnału o poziomie maksymalnym 0,1...1Vsk (optymalnie 300mVsk). Żadna regulacja nie jest potrzebna i układ powinien od razu

pracować poprawnie. Stopień trudności takiej wersji można z powodzeniem określić jedną gwiazdką.

Projekt ten oznaczono jednak dwiema gwiazdkami. Wyższy stopień trudności dotyczy tylko wersji pełnej, a konkretnie jej regulacji.

W tej pełnej wersji jumper J6 łączy wejście 7 z wyjściem wzmacniacza operacyjnego U2B. Inne jumperki decydują o funkcji spełnianej przez ten dodatkowy blok z kostką U2: kompresora lub układu automatycznej regulacji poziomu. Ustawienia tych jumperów są następujące:

dla kompresora: J1 – otwarty, J4, J5 – zwarte;

dla "poziomu": J1 – zwarte, J4, J5 – otwarte.

Potencjometrem PR1 można dobrać próg kompresji. Potencjometr PR2 (montażowy lub jakikolwiek inny) umożliwi ręczną regulację poziomu wyjściowego (głośności). Odpowiednie do konkretnych potrzeb wyregulowanie tych potencjometrów jest jedyną istotną trudnością w pełnej wersji. Należy to zrobić metodą prób, podając na wejście sygnał z płyty, magnetofonu czy mikrofonu i sprawdzając sygnał wyjściowy zarówno "na słuch", jak i oscyloskopem. Generalna zasada jest następująca: potencjometrem PR1 ustawia się próg zadziałania. Przy sygnałach mniejszych od tego progu kompresor ani regulator amplitudy nie działają – sygnały przechodzą na wyjście bez zmian (oczywiście szumy są redukowane). Sygnały większe od ustawionego poziomu są zmniejszane.

Potencjometr PR2 umożliwia regulację wielkości napięcia wyjściowego, niezależną od wspomnianej kompresji.

Dla zaawansowanych

Wnikliwi Czytelnicy natychmiast zauważą podobieństwo bloku z U2 z rysunku 9 do rysunku 8. Zasada pracy jest taka sama. Przy odrobinie zastanowienia można się zorientować, że stopień kompresji i skuteczność utrzymywania stałego poziomu zależy od wzmocnienia układu U2D. Warto sprawdzić, jak zmieniają się właściwości modułu przy różnych wartościach rezystorów R8 i R9. Można także zmienić wartości elementów R10 i R18. Pozostawia to szerokie pole do eksperymentów, a może nawet do przeróbki układu. W każdym przypadku należy pamiętać o informacjach zawartych na rysunku 3 dotyczących nóżki 7: w zakresie napięć 0...+150mV wzmocnienie jest bliskie jedności, natomiast w zakresie +150mV...+2V wzmocnienie spada z szybkością 45dB/V.

W nietypowych zastosowaniach należy pamiętać o maksymalnym dopuszczalnym napięciu wejściowym sygnału – zbyt

duży sygnał wejściowy zostanie zniekształcony już w pierwszych stopniach. Oczywiście napięcie to będzie zależę od napięcia zasilającego – korzystniejsza jest praca przy możliwie dużym napięciu zasilania. Przy zasilaniu $\pm 5V$ sygnał wejściowy nie powinien być większy niż 4...6Vpp.

Montaż i uruchomienie

Moduł z rysunku 9 można zmontować na niewielkiej płytce drukowanej, pokazanej na rysunku 10. Montaż nie powinien sprawić trudności. W każdym razie na początku należy zmontować pokazane zwozy, a następnie wlutować elementy, poczynając od najmniejszych, a kończąc na największych. Pod układ scalony U1 warto dać podstawkę, a samą kostkę włożyć do podstawki po zakończeniu montażu oraz skontrolowaniu poprawności umieszczenia elementów i lutowania. Z układem scalonym SSM2000 należy się obchodzić delikatnie, jak z układem CMOS. W przypadku braku wąskiej 24-nóżkowej podstawki należy przeciąć typową szeroką podstawkę i wlutować obie jej części.

W zależności od rodzaju zasilania należy zmontować następujące elementy bloku zasilacza:

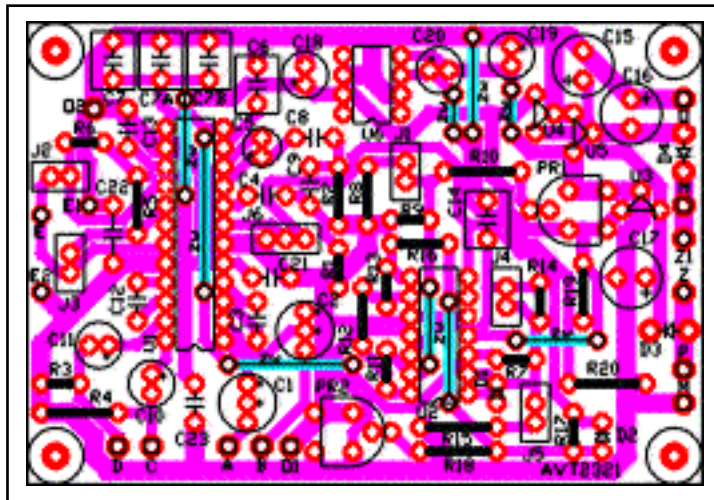
1. Zasilanie symetryczne

Montować D3, D4, C15, C16, U4, U5, C18, C19, C21, C22 i zwoz E-E1. Nie montować U3, C17, R19, R20, C20, U6, C23, R3, R4, C10, C11. Masą dla sygnałów audio jest punkt O, punkt M nie jest wykorzystywany. Napięcie zasilania po dać na punkty P, O, N (stałe $\pm 6,5...25V$, zmienne $2 \times 5V...2 \times 17V$).

Uwaga: zwoza Z-Z1 potrzebna jest tylko wtedy, gdy układ w wersji symetrycznej byłby zasilany pojedynczym napięciem zmiennym z transformatora (5...17V) i prostownik pracuje wtedy w układzie podwójacza napięcia.

2. Zasilanie niesymetryczne

Montować: D3, C17, U3R19, R20, C20, U6, C22, C23, R3, R4, C10, C11 i zwoz E-E2. Nie montować: D4, C15, C16, U4, U5, C18, C19, C21. Masą dla sygnałów audio jest punkt M, punkt O nie jest wykorzystywany. Napięcie zasilania



Rys. 10 Schemat montażowy

nia podać na punkty P, M (stałe 13...25V, zmienne 10...17V).

Układ zmontowany ze sprawnych elementów powinien działać od razu. W wersji pełnej (z układem U2) konieczna

Wykaz elementów:

Rezystory

R1: 1k Ω
 R2: 510 Ω
 R3,R4,R14,R19,R20: 100k Ω
 R5,R6: 3k Ω
 R7: 1,5M Ω
 R8: 7,5k Ω
 R9: 5,1k Ω
 R10,R12,R13,R16,R17: 20k Ω
 R11: 12k Ω
 R15: 10M Ω
 R18: 30k Ω
 PR1,PR2: PR 10k Ω miniaturowy

Kondensatory

C1,C2: 470nF...10 μF /16V
 C3,C12: 1nF foliowy MKT
 C4: 2,2nF foliowy MKT
 C5: 2,2 μF /16V
 C6,C7,C7B,C7A,C14: 1 μF foliowe MKT
 C8,C9: 22nF foliowy MKT
 C10,C11,C20: 10 μF /16V
 C13: 220nF foliowy MKT
 C15-C17: 470 μF /25V (2szt.)
 C18,C19: 100 μF /16V
 C21-C23: 100nF ceramiczny

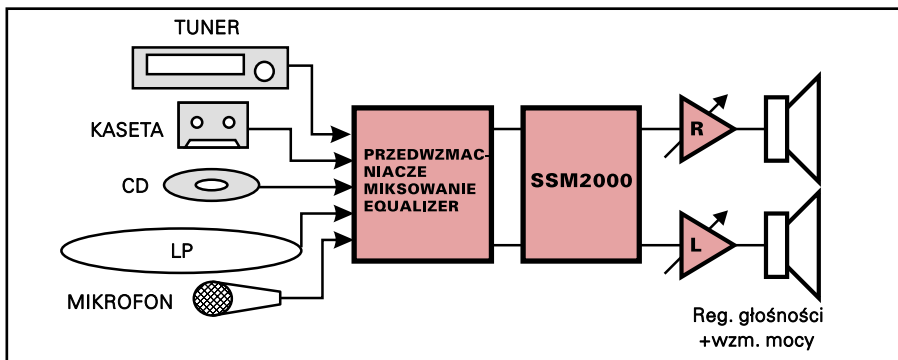
Półprzewodniki

D1,D2: 1N4148
 D3,D4: 1N4001
 U1: SSM2000
 U2: TL074
 U3: 78L12
 U4: * 78L05
 U5: * 79L05
 U6: 741

Pozostałe

J1-J6: jumper + goldpin 1x2
 podstawka 24 pin (wąska), 8, 14

Uwaga! Gwiazdkami oznaczono elementy, które nie wchodzi w skład kitu AVT-2321B. W zestawie dostarczone są elementy pełnej wersji dla zasilania napięciem pojedynczym. Osoby chcące zasilać układ symetrycznie powinny oddzielnie zamówić stabilizatory 7805 i 7905.



Rys. 11 Umieszczenie modułu w torze audio

jest jeszcze regulacja PR1 i PR2, stosownie do potrzeb i warunków pracy. Wskazówki odnośnie regulacji podano wcześniej. Uwaga! Nóżka 7 układu U1 musi być połączona albo do masy, albo kostki U2B. Nie wolno pozostawić jej „wiszącej w powietrzu”.

Działanie modułu należy sprawdzić w warunkach najbardziej zbliżonych do rzeczywistych, a najlepiej w docelowym układzie pracy. Skuteczność redukcji szumów można ocenić jedynie metodą „na słuch”, stosując materiał słowny i muzyczny o różnym stopniu zaszumienia.

Jeśli ktoś chciałby zmierzyć parametry modułu w typowy sposób, czyli

za pomocą generatora, oscyloskopu, miernika zniekształceń, musi liczyć się z niespodziankami. Układ przystosowany jest do przetwarzania sygnałów mowy i muzyki, a nie ciągłych przebiegów z generatora. System zmienia swe właściwości w zależności od poziomu sygnału, jego zawartości widmowej oraz od wykrytych poziomów minimalnych. Dlatego przed przystąpieniem do takich „sztucznych” pomiarów należy dokładnie przeanalizować działanie systemu i zapoznać się ze wskazówkami podanymi na końcu karty katalogowej. W przeciwnym ra-

zie wyniki pomiarów mogą być wręcz bezsensowne.

Parametry i właściwości należy ostrożnie ocenić metodą „na słuch”. Jak wspomniano, można przeprowadzić eksperymenty polegające na zmianie niektórych pojemności. Budując pełną wersję układu z rysunku 9 należy poświęcić odpowiednią ilość czasu na poznanie ról potencjometrów PR1 i PR2.

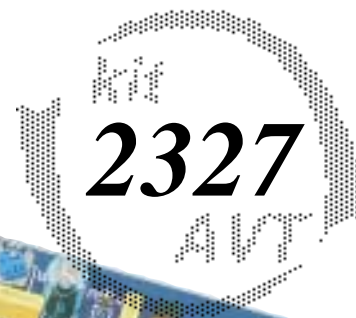
Gotowy układ należy wmontować w tor audio w miejscu, gdzie występują sygnały o poziomie nominalnym około 0,1...1Vsk, a najlepiej 300mVsk (0,7...1Vpp). Miejsce umieszczenia pokazuje rysunek 11 – tuż przed wzmacniaczem mocy. Dołączając moduł do istniejącego urządzenia należy zwrócić uwagę na prowadzenie obwodu masy. Połączenie to powinno zostać wykonane jednym grubszym przewodem, by nie stworzyć pętli masy, co mogłoby spowodować pojawienie się brumu sieciowego i wzrost zniekształceń.

Piotr Górecki

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit AVT-2321

REKLAMA

Wzmacniacz mocy KF



Przedstawiony poniżej projekt bardzo prostego liniowego wzmacniacza mocy może stanowić dodatkowe wyposażenie nadajnika czy transceivera QRP-SSB pracującego w dwóch popularnych zakresach 80m i 20m.

Łatwo dostępne tranzystory polowe mocy VMOSFET są coraz częściej stosowane zarówno we wzmacniaczach akustycznych, jak i w liniowych stopniach mocy KF. Przede wszystkim, w porównaniu z tranzystorami bipolarnymi o porównywalnej mocy, posiadają one lepsze parametry temperaturowe, większe wzmocnienie, lepszą liniowość i większą odporność na niedopasowanie. Warto przypomnieć, że przy podwyższeniu temperatury obudowy w tranzystorach bipolarnych zwiększają się, oprócz prądów zerowych, także statyczne i dynamiczne współczynniki wzmocnienia. W polowych tranzystorach mocy VMOSFET można nie stosować dodatkowych układów stabilizujących, bowiem przy podwyższeniu temperatury maleją współczynniki wzmocnienia, zarówno statycznego jak i dynamicznego, a w konsekwencji maleje nagrzewanie się tranzystora.

W układzie szerokopasmowego wzmacniacza mocy KF przedstawionym na rysunku 1 zastosowano dalekowschodni tranzystor polowy VMOSFET o oznaczeniu IRF 510. Tranzystory te są w zasadzie przeznaczone do wzmacniaczy i przetwornic mocy, a także generatorów wysokiej częstotliwości-

$U_{max}=100V$
 $I_d=4A$
 $P_d=80W$
 $C_{gs}=180pF$
 $C_{ds}=80pF$
 $R_{ds}=0,5\Omega$

ci. Oto podstawowe parametry tego tranzystora:

Sygnal w.cz. z wyjścia nadajnika KF jest podawany poprzez kondensator C1 na bramkę tranzystora IRF 510. Rezystor R1 pełni funkcję obciążenia, zamykając koniec kabla koncentrycznego, a zarazem wyjście nadajnika, rezystancją 50Ω lub 75Ω , oraz zamyka obwód polaryzacji bramki. Właściwą polaryzację bramki, odpowiadającą liniowej pracy stopnia, zapewnia potencjometr montażowy PR. Obwód polaryzacji bramki jest

sterowany napięciem 12V zasilającym stopnia nadajnika SSB.

W obwodzie drenu tranzystora znajduje się transformator w.cz. TR dopasowujący wyjście wzmacniacza do impedancji znamionowej 50Ω filtru antenowego i anteny KF. Transformator wykonano na ferrytowym rdzeniu toroidalnym F82 o średnicy 20mm. Uzwojenia nawinięto bifilarnie - równocześnie po 10 zwojów dwoma przewodami miedzianymi o średnicy 1mm w izolacji igelitowej, pamiętając aby koniec pierwszego uzwojenia połączyć z początkiem drugiego uzwojenia (można użyć przewodu instalacyjnego).

Na wyjściu wzmacniacza znajdują się dwa przełączane filtry P: L1...L3 na pasmo 80m i L4...L5 na pasmo 20m. W układzie można zastosować gotowe dławiki w.cz. na rdzeniach ferrytowych o obciążalności około 0,5A, lub można je nawinąć własnoręcznie na pręciki ferrytowe o średnicy nie mniejszej niż 2mm.

L1, L2, L3 zawierają po 10 zwojów drutu DNE 0,4, zaś L4, L5, L6 po 3 zwoje drutu w izolacji igelitowej.

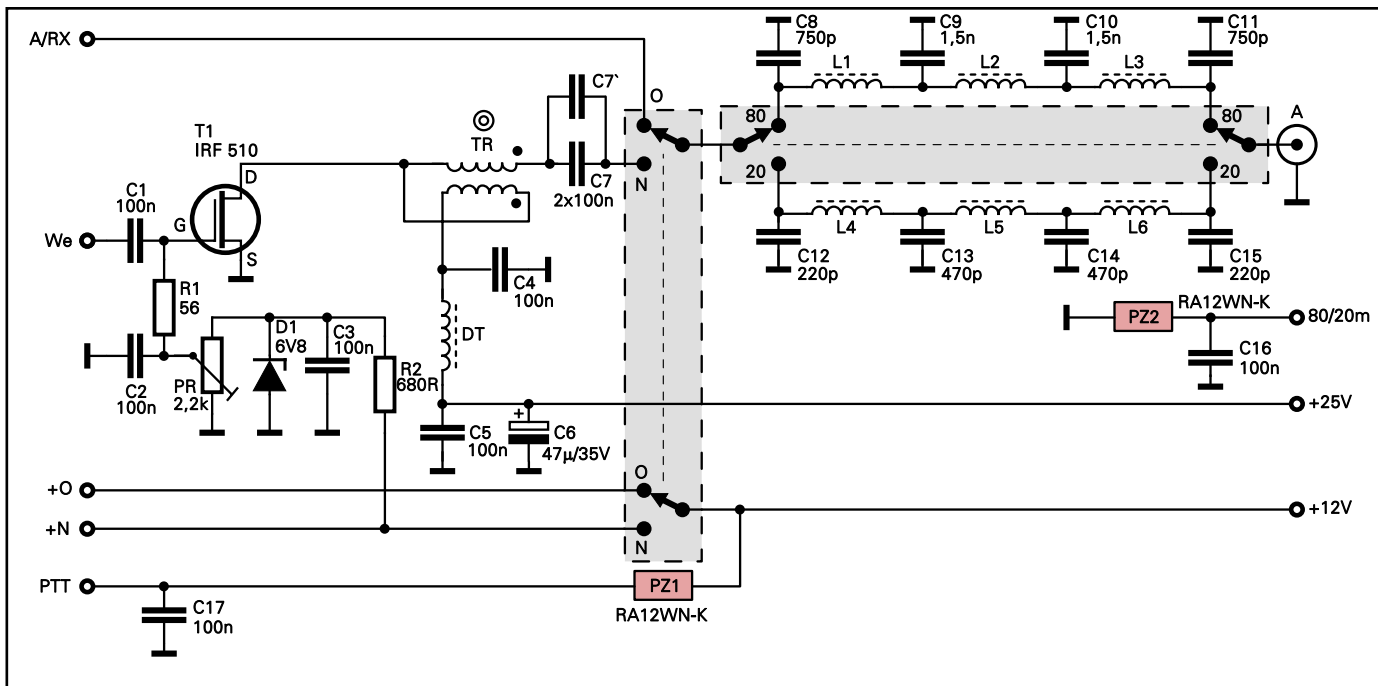
Dławik jest fabryczny o indukcyjności $10\mu H/2A$ (18 zwojów drutu DNE 0,5 na pręciku ferrytowym).

Oczywiście przed zalaniem ich klejem (czy inną substancją zabezpieczającą przed rozwinięciem się) wskazane jest sprawdzenie indukcyjności za pomocą mostka LC lub multimetru wyposażonego w pomiar indukcyjności.

Filtry P są przełączane za pośrednictwem przełącznika RA12WN-K. W stanie spoczynkowym styki są ustawione na pasmo 80m. Załączenie pasma 20m następuje poprzez podanie na cewkę przełącznika napięcia 12V - tego samego, który przełącza inne cewki w transceiverze.

Wzmacniacz wymaga zasilacza dostarczającego napięcia głównego rzędu 25...30V o wydajności prądowej co najmniej 1A oraz napięcia pomocniczego 12V, służącego do ustalenia prądu wstępnego wzmacniacza. Napięcie pomocnicze może być pominięte przy innym wykorzystaniu wzmacniacza. W takim przypadku należy obwód polaryzacji zasilic z napięcia głównego, zwiększając dwu- lub trzykrotnie wartość rezystora R2, nie zapominając o wyłączeniu zasilania wzmacniacza podczas odbioru!





Rys. 1 Schemat ideowy

Wyłączanie tranzystora ma na celu nie tylko zmniejszenie niepotrzebnego poboru prądu, ale także uchronienie się przed możliwością wprowadzania podczas odbioru szumu czy nawet wzbudzenia układu. Zasilacz +25V nie musi być stabilizowany, wystarczy mostek diodowy na prąd co najmniej 2A i kondensator elektrolityczny o pojemności minimum 6800µF/40V.

Układ modelowy zamontowano na płycie drukowanej przedstawionej na rysunku 2. Wywiercone otwory służą do zamontowania gniazd niezbędnych do dołączenia zasilania (DIN) oraz anteny (UC1).

Drugie gniazdo DIN (patrz fotografie) służy do doprowadzenia sygnału z mikrofonu oraz sterowania pracą przełączników N/O (PTT). W centralnej części płytki znajduje się tranzystor przykręcony (za pośrednictwem podkładki mikowej) do blachy aluminiowej, której wielkość odpowiada wielkości płytki drukowanej. Blacha ta stanowi zarówno

tylną ściankę urządzenia, jak i niezbędny radiator do odprowadzenia ciepła.

Rozmieszczenie elementów na płycie drukowanej przedstawiono na rysunku 2. Układ jest na tyle prosty, że może być wykonany nawet bez użycia płytki drukowanej, bądź przy zastosowaniu płytki uniwersalnej, szczególnie kiedy będzie wykonany w wersji jednopasmowej i przy wykorzystaniu istniejącego w transceiverze filtra dolnoprzepustowego. Transformator w.cz. może być zamontowany poprzez przykręcenie rdzenia za pomocą śruby M2 przełożonej w środku rdzenia (punkt neutralny). Wskazane jest, aby nawinięty transformator usztywnić poprzez sklejenie uzwojeń i rdzenia klejem, np. typu Distal.

Uruchomienie wzmacniacza sprowadza się do ustawienia prądu spoczynkowego tranzystora na wartość około 20mA za pomocą potencjometru montażowego. Wskazane jest przeprowadzenie próby

Wykaz elementów:

T1: IRF 510 (530)
D1: 6V8

Rezystory

R1: 56Ω/0,25w
R2: 680Ω
PR: 2,2k8Ω

Kondensatory

C1- C5, C7, C7', C16, C17: 100nF
C6: 47 µF/35V
C8, C11: 750pF
C9, C10: 1500pF
C12, C15: 220pF
C13, C14: 470pF

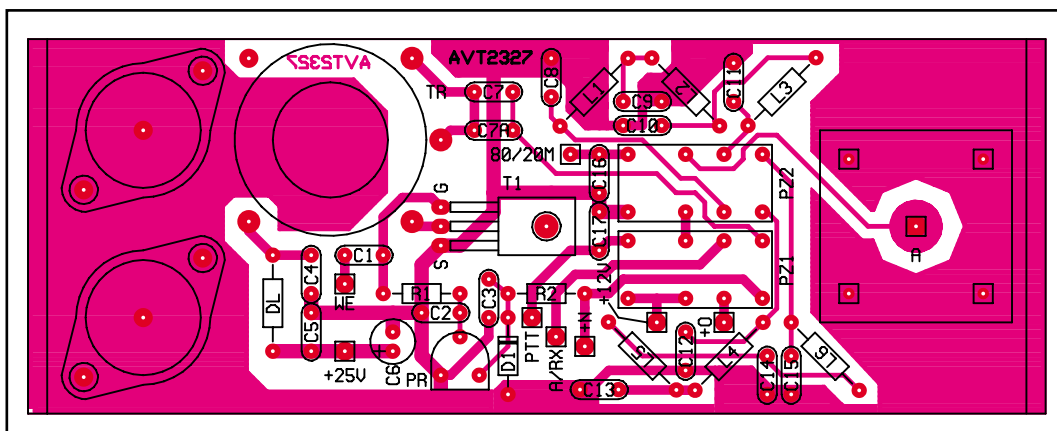
Inne

PZ1, PZ2: RA12WN-K
TR1.: transformator w.cz. (cewki) według opisu
Dl: 10µH/2A
L1, L2, L3: 2µH
L4, L5, L6: 0,5µH
A: UC1

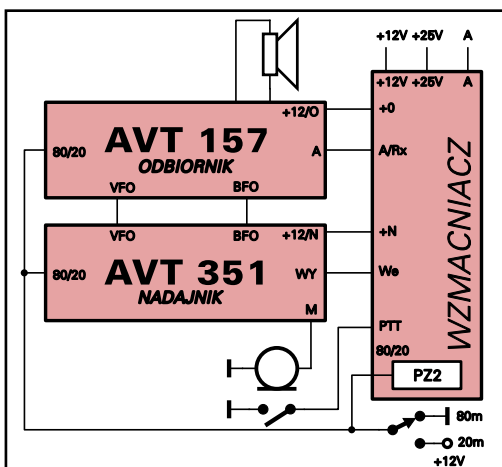
dwutonowej. Podczas prób wzmacniacz powinien być obciążony sztuczną anteną 50Ω i oscyloskopem (lepiej analizatorem widma).

Jeżeli próba wypadła pomyślnie i tranzystor nie nagrzewał się za mocno, należy podłączyć właściwą antenę (jednopasmową lub szerokopasmową KF) i można przeprowadzać łączności.

Układ modelowy był testowany w transceiverze (rysunek 3), składającym się z dwóch płytek: AVT 157 (odbiornik nastuchowy 80/20m) i AVT 351 (minina-dajnik CW/SSB 80/20m). Były także pozytywne próby



Rys. 2 Schemat montażowy



Rys. 3 Test układu w transceiverze

zwiększenia mocy wyjściowej minitranscei-
vera ANTEK.

Przy napięciu zasilania 25V i mocy sterują-
jącej nieco ponad 200mW opisany układ po-
siadał moc wyjściową około 3W przy czę-
stotliwości 3,7MHz i nieco mniej przy
14MHz. Przy mocy sterującej około 2W

Komplet podzespołów z płytką
jest dostępny w sieci handlowej
AVT jako kit AVT-2327

układ będzie pracował z
większą mocą również
w innych zakresach
pasma KF. Oczywiście
na wyjściu powinny
znajdować się filtry od-
p o w i a d a
jące danemu zakre-
sowi częstotliwości.

Andrzej Janeczek

moc wzmacnia-
cza wzrosła do o-
koło 20W. Nale-
żało wtedy jed-
nak użyć lepsze-
go radiatora, po-
nieważ zastoso-
wana blacha alu-
miniowa okazała
się niewystar-
czająca do od-
prowadzenia
ciepła.

Należy sądzić,
że po zastoso-
waniu innego
transformatora
wyjściowego u-