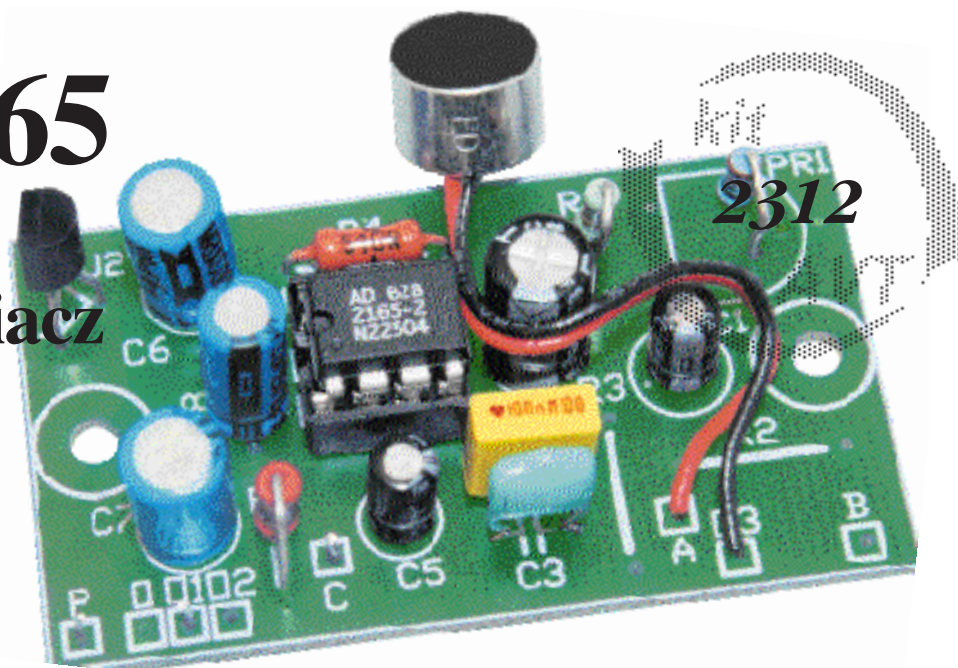


SSM-2165

Inteligentny przedwzmacniacz



W numerze 9/98 EdW ogłosiliśmy konkurs. Zadaniem Czytelników było zaproponowanie schematu blokowego ich zdaniem idealnego przedwzmacniacza mikrofonowego. Rozwiązanie konkursu zamieszczamy na końcu tego artykułu. Nieprzypadkowo nagrodami są katalogi firmy Analog Devices. Właśnie ta firma niedawno wypuściła na rynek rodzinę układów scalonych, będących znakomitymi przedwzmacniaczami, zbudowanymi z wykorzystaniem bloków modyfikacji dynamiki: limitera, kompresora i bramki szumu.

Układy te przeznaczone są na przykład do dźwiękowych kart komputerowych, gdzie odpowiednio obrabiają sygnał uzyskiwany z mikrofonu, by przed przetworzeniem na postać cyfrową bez zbędnych zniekształceń uzyskać jak największą dynamikę i duży odstęp od poziomu szumów. Dzięki obecności ogranicznika nie dopuszczającego do przesterowania, układy te znakomicie nadają się nie tylko do roli przedwzmacniaczy mikrofonowych, ale także znakomicie sprawdzą się wszędzie

tam, gdzie sygnał dźwiękowy jest zapisywany bądź przesyłany.

Opisany dalej układ doskonale współpracuje z mikrofonem elektretowym, ale bez przeróbek może też współpracować z innymi źródłami sygnału. Może więc pełnić funkcję uniwersalnego niskoszumnego przedwzmacniacza mikrofonowego z automatyką. W tej roli znajdzie zastosowanie we wszelkich systemach nagłośnienia, w układach telekomunikacyjnych i radiokomunikacyjnych, telekonferencyjnych, w dyskotekach, systemach rozgłaszania (np. dworce PKP i PKS), itp. Będzie też znakomitą pomocą przy wszelkich nagraniach, pełniąc rolę skutecznego ogranicznika, nie dopuszczającego do przesterowania toru zapisu. Szczególne właściwości układu umożliwiają wykorzystanie go jako gitarowego efektu wybrzmiewania (sustain) o bardzo dobrej jakości.

W niniejszym artykule zaprezentowano dwie produkowane obecnie wersje układu scalonego SSM2165. Układ ten umieszczony jest w 8-nóżkowej obudowie i jego schemat aplikacyjny uproszczony jest do niezbędnego minimum. Wewnętrzna struktura jest jednak złożona, a uzyskiwane parametry – znakomite. Budowa świetnego przedwzmacniacza o niespotykanych dotąd właściwościach nawet początkującym nie sprawi trudności. Układ nie wymaga uruchamiania czy regulacji. Jediną regulacją jest dobranie za pomocą potencjometru współczynnika kompresji, a tę regulację użytkownik może przeprowadzić w warunkach normalnej pracy, oceniając "na ucho" uzyskiwane efekty. Prezentowany układ stanowi nową jakość w dziedzinie

przedwzmacniaczy mikrofonowych i dlatego zapoznać się z nim powinien każdy, kto praktycznie zajmuje się elektroakustyką i nagłaśnianiem.

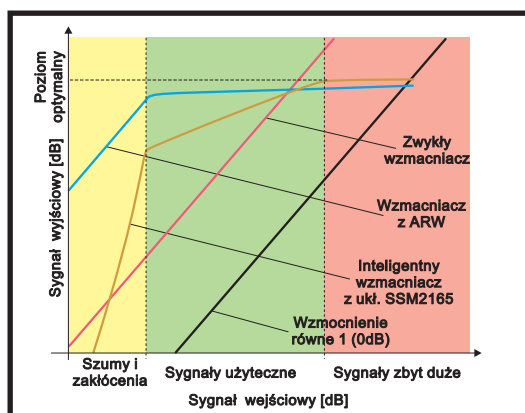
Co prawda, do pełnego zrozumienia działania układu potrzebna jest wiedza o procesorach dynamiki, podana w kilku ostatnich numerach EdW. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że wiedza ta nie jest konieczna do zbudowania i praktycznego wykorzystania przedwzmacniacza – na rzeczywisty stopień trudności tego projektu wskazuje jedna gwiazdka. Dlatego nawet początkujący, którzy nie do końca rozumieją sens przedstawionych wykresów mogą bez obaw podjąć się budowy tego arcydzieła wzmacniacza.

Układ scalony SSM2165

Charakterystykę układu pokazuje rysunek 1. Na osi poziomej zaznaczono poziom napięcia wejściowego, czyli w praktyce przebiegów z mikrofonu. Kolorem zielonym pokazano przykładowy zakres sygnałów użytecznych uzyskiwanych z mikrofonu (np. elektretowego). Ale w niektórych sytuacjach mikrofon czy inne źródło może dać znacznie większe sygnały – ten zakres zaznaczony jest kolorem czerwonym. Kolorem żółtym zaznaczono zakres najmniejszych sygnałów – nie są to sygnały użyteczne, tylko dźwięki tła (hałas otoczenia) i szumy własne mikrofonu i otoczenia.

Zwykły wzmacniacz wzmacnia wszystkie sygnały w jednakowym stopniu. Najgłośniejsze z nich (zakres czerwony) spowodują przesterowanie przedwzmacniacza, wzmacniacza mocy (lub jakiegokolwiek następnego urządzenia) i w konsekwencji bardzo głośne i nieprzyjemne efekty przy odsłuchu. Jednocześnie cichsze dźwięki użyteczne mogą okazać się jednak

Rys. 1 Charakterystyki wzmacniaczy



Projekty AVT

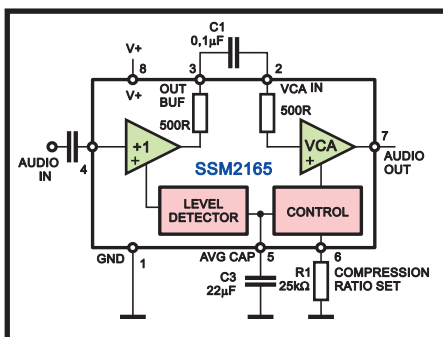
zbyt ciche. Charakterystyka zwykłego wzmacniacza o wzmocnieniu 100 razy (40dB) jest pokazana na rysunku 1 – jest to fioletowa linia prosta.

Wzmacniacz z układem ARW (Automatycznej Regulacji Wzmocnienia) likwiduje część tych wad, ale niestety tworzy nowe. Wzmacniacz taki co prawda utrzymuje na wyjściu stały poziom sygnału, niezależnie od poziomu sygnału wejściowego. Charakterystyka wzmacniacza z układem ARW jest zaznaczona na rysunku 1 kolorem niebieskim. Automatyka zapobiega przesterowaniu zbyt dużymi sygnałami, ale wzmacniacze takie mają pewną bardzo nieprzyjemną właściwość: przy braku sygnału użytecznego bardzo silnie wzmacniają szumy własne i szumy otoczenia. Tym samym w stanie spoczynku na wyjściu niepotrzebnie występują spore sygnały, będące w istocie niepotrzebnymi śmieciami, bardzo irytującymi przy odsłuchu.

Aby pozbyć się wad zarówno zwykłego wzmacniacza, jak i wzmacniacza z ARW, należy zastosować znacznie bardziej inteligentny układ, który w dobrze przemyślany sposób zmieniałby wartość wzmocnienia wzmacniacza zależnie od poziomu sygnału wejściowego. Przy największych sygnałach powinien skutecznie ograniczać poziom sygnału wyjściowego do zadanej wartości. W zakresie sygnałów użytecznych powinien albo utrzymywać stały poziom wyjściowy, podobnie jak układ z ARW, albo wprowadzać łagodniejszą kompresję. W każdym razie w tym zakresie słabsze sygnały użyteczne powinny być wzmacniane silniej, niż silniejsze sygnały użyteczne. Wyровна to poziom sygnałów użytecznych.

Natomiast przy najmniejszych sygnałach, czyli w zakresie szumów i zakłóceń, układ powinien mieć jak najmniejsze wzmocnienie. Inaczej mówiąc w zakresie najmniejszych sygnałów powinien zachowywać się jak bramka szumu, lub ogólnie – ekspandor. Tym samym taki inteligentny wzmacniacz powinien mieć jednocześnie właściwości limitera, kompresora i ekspandora. Oczywiście taką właśnie charakterystykę uzyskuje się przy użyciu układu scalonego SSM2165. Charakterystyka naszego inteli-

Rys. 2 Blokowy schemat wewnętrzny układu SSM 2165



gentnego wzmacniacza również pokazana jest na rysunku 1 – jest to linia brązowa.

Dla przeciętnego użytkownika nie jest najważniejsze, w jaki sposób konstruktorom firmy Analog Devices (a może raczej PMI) udało się to uzyskać. Rysunek 2 pokazuje uproszczony schemat blokowy tego układu. Kluczową rolę pełni oczywiście wzmacniacz sterowany napięciem (VCA). Wzmocnienie tego wzmacniacza zależy od poziomu sygnału wejściowego. Sygnał ten jest prostowany (w przetworniku prawdziwej wartości skutecznej True RMS oznaczonym LEVEL DETECTOR), uśredniany i podawany na blok sterowania, który w zależności od poziomu ustawia potrzebne wzmocnienie.

Dla użytkownika istotna jest jedynie informacja o wypadkowym przebiegu charakterystyki. Rysunek 3 (podobny do rysunku 1) pozwala zrozumieć kluczowe parametry układu. Na rysunku tym dodatkowo narysowano linię przerywaną reprezentującą wzmacniacz o wzmocnieniu 1 (0dB).

W najzwyczajszym wzmacniaczu jedynym kluczowym parametrem jest wzmocnienie. W układzie z ARW kluczowym parametrem jest poziom sygnału wyjściowego, a wzmocnienia generalnie nie podaje się, bo zmienia się ono w szerokim zakresie – niekiedy podaje się tylko wartość maksymalnego wzmocnienia (dla najmniejszych sygnałów). W naszym układzie z kostką SSM2165 sprawa jest bardziej skomplikowana. Ponieważ wzmocnienie zmienia się, kluczowymi parametrami są trzy poziomy. Dwa związane są z progiem ograniczania (punktem przegięcia) zaznaczonym na rysunku 3. Sygnały wejściowe o poziomach większych od zaznaczonego poziomu V_{RP} są wzmacniane lub tłumione tak, aby na wyjściu utrzymać (w przybliżeniu) stały poziom V_0 . W rzeczywistości poziom wyjściowy nieco się zmienia (trochę rośnie ze wzrostem sygnału wejściowego), bo układ ogranicznika (dla sygnałów większych niż V_{RP}) jest w istocie kompresorem o stopniu kompresji około 15:1.

Sygnały użyteczne o poziomach mniejszych od V_{RP} , ale większych od V_{DE} , również podlegają kompresji. Ale uwaga, w tym zakresie amplitud stopień kompresji może być ustalony przez użytkownika za pomocą zewnętrznego rezystora. Właśnie dlatego na rysunku 3 zaznaczono obszar możliwych do uzyskania charakterystyk kompresji. Przy ustawieniu kompresji 1:1 (co oznacza brak kompresji) w zakresie użytecznych poziomów wejściowych od V_{DE} do V_{RP} układ jest najzwyczajszym wzmacniaczem. Jego wzmocnienie jest w tym zakresie stałe i wynosi G (na rysunku 3 oznaczone dodatkowo VCA GAIN).

Gdy stopień kompresji jest maksymalny (około 15:1), w zakresie wejściowych sygnałów użytecznych układ zachowuje się

praktycznie tak samo jak wzmacniacz z ARW – z powodzeniem można przyjąć, że sygnał wyjściowy dla napięć wejściowych większych niż V_{DE} jest równy V_0 .

Oznacza to także, że dla stopnia kompresji różnego od 1:1, wzmocnienie wzmacniacza zwiększa się odpowiednio przy zmniejszaniu sygnału wejściowego. Stopień kompresji można zmieniać według upodobania i potrzeb w zakresie od 1:1 do 15:1.

Rysunek 3 pokazuje również, że dla sygnałów wejściowych mniejszych niż V_{DE} układ zachowuje się jak ekspandor, a właściwie bramka szumu. Należy zauważyć, że zmiany stopnia kompresji nie wpływają na poziom V_{DE} – poziom ten jest stały dla obu wersji kostki SSM2165. W zależności od ustawionego przez użytkownika stopnia kompresji, zmienia się nieco przebieg charakterystyki ekspansji w zakresie sygnałów mniejszych od V_{DE} , ale dla praktyka nie jest to istotne. Ważne jest tylko to, że w tym zakresie (szumów i zakłóceń) czym mniejszy jest sygnał wejściowy, tym mniejsze jest wzmocnienie i mniejszy sygnał na wyjściu. Tym samym najmniejsze szumy i zakłócenia są wręcz tłumione i w efekcie przy braku na wejściu sygnału użytecznego, poziom szumów na wyjściu jest bardzo mały.

W klasycznych profesjonalnych procesorach dynamiki, które mają podobne możliwości i gdzie można ustawić przebieg charakterystyki dokładniej tak, jak na rysunku 3, potrzebne nacylenia charakterystyki i punkty charakterystyczne definiuje się i dobiera nieco inaczej niż w omawianym układzie. Dla osób, które nie miały do czynienia z takimi drogimi profesjonalnymi urządzeniami, nie ma to żadnego znaczenia. Osoby, które zetknęły się z takimi procesorami zauważyły, że zarówno w poprzednich artykułach w EdW, jak i w niniejszym materiale, sposób opisu parametrów i właściwości układów zmiany dynamiki jest odmienny, co wcale nie zmienia istoty sprawy i nie powinno sprawić trudności ze zrozumieniem działania kostki SSM2165.

Tabela 1 zawiera informacje na temat kluczowych parametrów układu, który dostępny jest w dwóch wersjach: SSM2165-1 oraz SSM2165-2. Działanie obu wersji

Rys. 3. Poziomy w układzie SSM 2165

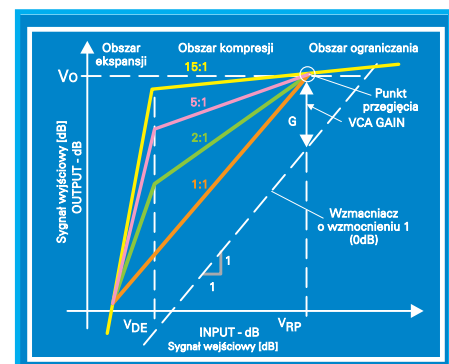


Tabela 1

układ	V_{DE}	V_{RP}	V_O	G
SSM2165-1	500 μ V (-64dBu)	40mV (-25,7dBu)	320mV (-6dBu)	18dB
SSM2165-2	500 μ V (-64dBu)	100mV (-17,7dBu)	250mV (-8dBu)	8dB

podane napięcia są wartościami skutecznymi przebiegu sinusoidalnego,
a 0dBu = 0,775Vsk = 2,2Vpp

jest takie same, inne są tylko poziomy i wzmacnienie charakterystyczne G.

Wartości poziomów (napięć) podane w tabeli są skutecznymi wartościami przebiegu sinusoidalnego. W praktyce często użyteczna jest znajomość nie tyle wartości skutecznej, co międzyszczytowej – oblicza się ją mnożąc podaną w tabeli wartość przez 2,8 (dwa pierwiastki z dwóch). Przykładowo poziom wyjściowy V_O równy 250mV oznacza, że maksymalny sygnał wyjściowy ma amplitudę 350mV, a wartość międzyszczytowa 700mV. Jeśli by okazało się, że taka wartość jest za mała dla następnego stopnia w torze, na przykład gdy czułość współpracującego wzmacniacza mocy jest za mała, na wyjściu układu SSM2165 trzeba wstawić prościutki wzmacniacz podwyższający napięcie, nie można natomiast podwyższyć tego poziomu w samej kostce SSM. Taki wzmacniacz o wzmacnieniu 1,2...4x można wykonać z pomocą jakiegokolwiek wzmacniacza operacyjnego.

Mniej zorientowanym Czytelnikom należy jeszcze wyjaśnić, że podane (niepokojąco) małe wartości wzmacnienia G, wynoszące 8dB (2,5x) oraz 18dB (8x) wcale nie są maksymalnymi wartościami wzmacnienia tych układów. Taką (stałą) wartość wzmacnienia układ ma (w zakresie sygnałów użytecznych) tylko przy ustawieniu stopnia kompresji 1:1. Jak się łatwo zorientować na podstawie rysunku 3, dla danego (większego niż 1:1) stopnia kompresji wzmacnienie jest największe dla sygnałów o poziomie V_{DE} (500 μ Vsk czyli 1,4mVpp) i zmniejsza się ono zarówno dla sygnałów mniejszych (ekspansja), jak i większych (kompresja). Wzmacnienie dla sygnałów o jakimkolwiek poziomie można znaleźć prowadząc pionową prostą w punkcie reprezentującym dany poziom na osi poziomej. Ta pionowa prosta przetnie w jakimś punkcie charakterystykę wzmacniacza o wzmacnieniu 1 oraz charakterystykę naszego układu. Odległość obu punktów przecięcia pokazuje wartość wzmacnienia dla sygnałów o danej wielkości.

Największe możliwe wzmacnienie maksymalne występuje przy kompresji 15:1, napięciu wejściowym 500 μ V i wynosi ponad 50dB (500...600 razy). Dlatego podaliśmy w tabeli 1 wartościami wzmacnienia nie

należy się więc niepokoić. Tym bardziej, że w praktyce jedyną niezbędną regulację można i trzeba przeprowadzić nie na podstawie teoretycznych danych, tylko w rzeczywistych warunkach pracy. W ogromnej większości przypadków poziomy dobrane przez specjalistów z "analoga" (jak nazywamy w skrócie firmę Analog Devices) okazały się wręcz idealne.

A teraz fragment tylko dla zaawansowanych.

Trzeba przyznać, że konstruktor dobrze rozumiejący zagadnienie może zastosować dodatkowy przedwzmacniacz, bądź wzmacniacz lub tłumik na wyjściu, aby jeszcze lepiej wykorzystać możliwości kostki SSM2165. W szczególności trzeba zwrócić uwagę, że układ doskonale nadaje się do współpracy z mikrofonami elektretowymi dającymi dość duży sygnał. Przy wykorzystaniu go do współpracy z mikrofonem dynamicznym (o mniejszym sygnale), celowe może być dodanie na wejściu niskoszumnego przedwzmacniacza o wzmacnieniu 20...30dB (10...30x) i to nie tylko ze względu na szumy. Co prawda potrzebne wzmacnienie z powodzeniem można uzyskać w układzie SSM2165, ale wymaga to zmiany stopnia kompresji – porównaj rysunek 3. Trzeba bowiem pamiętać, że zwiększenie maksymalnego wzmacnienia (możliwe przez zmianę stopnia kompresji) nie jest równoznaczne z dodaniem na wejściu dodatkowego przedwzmacniacza.

Powyższe pięć zdań naprawdę dotyczy tylko zaawansowanych – w typowym zastosowaniu nie ma konieczności dodawania przedwzmacniacza, bo przy większych stopniach kompresji układ dobrze radzi sobie także z sygnałem mikrofonu dynamicznego. Natomiast osoby, które dobrze rozumieją zagadnienie i chciałyby precyzyjnie dostosować właściwości układu do konkretnego źródła sygnału mogą zainteresować się kostką SSM2166, której aplikacja jest bardziej skomplikowana i umożliwiała samodzielne dobranie nie tylko stopnia kompresji, ale także poziomów V_{DE} , V_{RP} , V_O oraz G. Układ SSM2166 będzie zaprezentowany w EdW w późniejszym terminie, a już teraz wszyscy, którzy interesują się elektroakustyką powinni zainteresować się z nieporównanie prostszą do regulacji kostką

SSM2165, zbudować z nią układ i zapoznać się z jego działaniem. W ogromnej większości przypadków efekt będzie bardzo dobry, i nie trzeba będzie sięgać po kostkę SSM2166, której procedura regulacji jest niepomiarowo bardziej skomplikowana.

A oto dalsze kluczowe informacje o obu wersjach układu SSM2165.

Jak widać z rysunku 2, stopień kompresji ustala się za pomocą rezystora włączonego pomiędzy nóżkę 6 a masę. Rysunek 4 pokazuje zależność stopnia kompresji od wartości tego rezystora dla obu wersji układu. W praktyce informacje te nie są potrzebne, ponieważ zamiast stałego rezystora należy zastosować potencjometr (100k Ω lub 220k Ω) i dobrać jego wartość podczas praktycznych prób w docelowym układzie pracy.

Dynamiczne charakterystyki układu (czas ataku i czas opadania) mogą być dobierane za pomocą kondensatora uśredniającego, dołączonego do nóżki 5. Producent zaleca tu wartości w zakresie 2,2 μ F...22 μ F. W większości zastosowań optymalna okaże się wartość 10...22 μ F, ale jeśli układ miałby pełnić funkcję szybkiego limitera, można tę wartość zmniejszyć. Na marginesie można dodać, że pomimo obecności tylko jednego kondensatora, czas ataku jest znacznie krótszy niż czas opadania.

Pozostałe najważniejsze informacje podane są w tabeli 2.

Tytułem komentarza można dodać, że podany poziom szumów jest mniej więcej taki, jak w popularnym wzmacniaczu operacyjnym TL072, który uchodzi za niskoszumny. Podany poziom zniekształceń także jest niski jak na złożony układ kompresji dynamiki.

Opis układu

Schemat ideowy proponowanego inteligentnego przedwzmacniacza podany jest na rysunku 5. Kostka SSM2165 musi być zasilana napięciem 5V. Dzięki zastosowaniu stabilizatora oraz diody D1 możliwe jest zasilanie urządzenia jakimkolwiek niestabilizowanym napięciem stałym w zakresie 7V...25V, albo nawet napięciem zmiennym 6...17V. Stabilizator pełni też inną ważną rolę – skutecznie tłumi "śmieci" (szumy i za-

Rys. 4. Zmiana stopnia kompresji

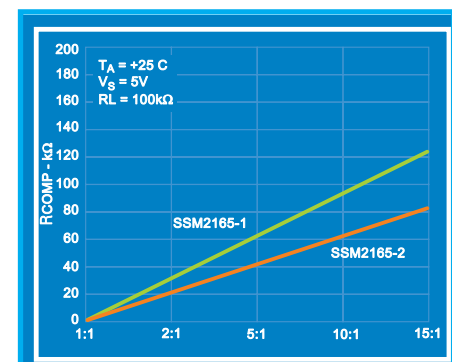


Tabela 2	
Zalecane napięcie zasilania:	5V ±0,5V
Pobór prądu:	typ. 7,5mA; max 10mA
Maksymalne napięcie sygnału wejściowego:	1Vsk (2,8Vpp)
Zniekształcenia harmoniczne (Uwe=-20dB):	typ. 0,2%; max 0,5%
Gęstość napięcia szumów własnych:	17 $\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$

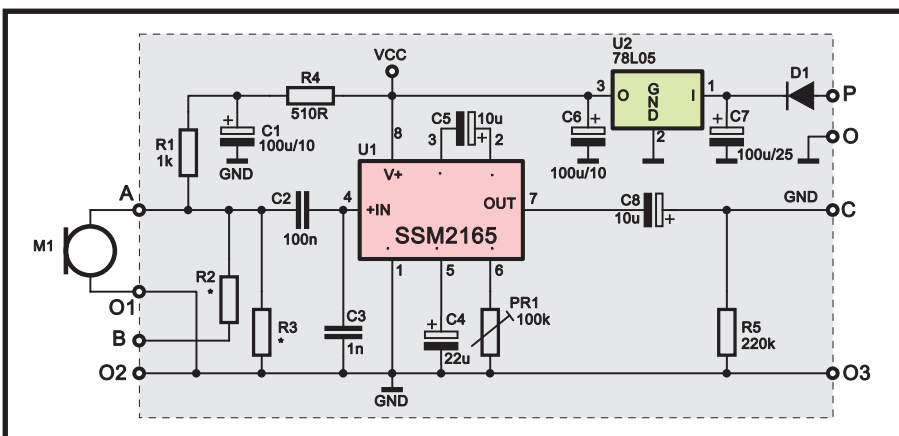
klócenia) napięcia zasilającego, które mogłyby mieć wpływ na działanie układu.

Sam przedwzmacniacz jest w zasadzie typową fabryczną aplikacją. Potencjometr montażowy PR1 umożliwia dobranie kompresji w zakresie 1:1 do 15:1. Uwaga! Jak wynika z rysunku 4, dla wersji SSM2165-1 wartość tego potencjometru powinna wynosić 220kΩ, a dla wersji SSM2165-2 – 100kΩ.

Dla zwiększenia uniwersalności przewidziano miejsce na dzielnik rezystorowy R2, R3, który będzie użyteczny przy dużych sygnałach liniowych. Typowo rezystory te nie będą montowane. Zaawansowani użytkownicy przemyślą, czy i o ile chcą stłumić sygnał, a następnie samodzielnie dobrać potrzebne wartości rezystorów. Tłumienie sygnału nie jest bowiem konieczne nawet przy korzystaniu z silnych sygnałów liniowych – jak podano w tabeli 2, maksymalne napięcie wejściowe wynosi 1Vsk, czyli 2,8Vpp.

W dużej ilości przypadków układ będzie współpracował z mikrofonem elektretowym, dlatego przewidziano obwód z elementami R1, R4, C1. Przy współpracy z mikrofonem dynamicznym i przy korzystaniu z sygnałów liniowych, elementów tych nie trzeba montować. Kondensator C3 w typowym zastosowaniu nie jest konieczny. Wymagany jest jedynie przy współpracy ze źródłem sygnału o oporności powyżej 5kΩ i wtedy obniża impedancję widzianą od strony wejścia kostki w zakresie większych częstotliwości.

Rys. 5. Schemat ideowy modułu



Szczegółowy opis działania wnętrza układu nie jest potrzebny użytkownikowi. Kilka dalszych wskazówek (ale też bez szczegółów) można znaleźć w oryginalnej karcie katalogowej kostki SSM2165. Dla praktyka jest ważne, że układ zmontowany

ze sprawnych elementów od razu będzie działał poprawnie.

Montaż i uruchomienie

Układ można zmontować na płytce drukowanej pokazanej na rysunku 6. Montaż jest klasyczny, nie sprawi trudności. Początkującym elektronikom można zalecić zastosowanie podstawki pod bądź co bądź delikatny układ scalony. Po zmontowaniu wszystkich elementów (wraz z mikrofonem elektretowym) należy najpierw sprawdzić poprawność montażu, zwłaszcza "elektrolitów" i układów scalonych, a potem podłączyć regulowany zasilacz i stopniowo zwiększać napięcie zasilające dołączony do punktów P, O. Przy napięciach zasilających w zakresie 7,5...16V pobór prądu nie powinien przekraczać 20mA.

Następnie należy do wyjścia układu dołączyć jakikolwiek wzmacniacz mocy (0,5W...100W), a współpracujący z nim głośnik dołączony długim przewodem wynieść do innego pomieszczenia, starannie zamykając drzwi. Do prób odsłuchowych potrzebna będzie pomoc drugiej osoby. Próby polegają na tym, że przy różnych ustawieniach potencjometru regulacji dynamiki PR1 należy sprawdzić sygnał w głośniku – od 1cm do 1m. W chwilach ciszy należy zwrócić uwagę na bardzo niski poziom szumów w głośniku – jest to szczególna cecha odróżniająca ten układ od klasycznych układów ARW. Próby przeprowadzone przez autorów wykazały, że układ działa na

prawdę znakomicie, i że w większości przypadków podczas pracy kompresja będzie ustawiona na maksimum (czyli na maksimum rezystancji PR1).

Parametry układu można też sprawdzić oscyloskopem, ale taki pomiar nie dostarczy żadnych informacji o pracy przy najmniejszych sygnałach i ostatecznym o poziomie szumów. Pomiary z pomocą oscyloskopu i generatora przekonają tylko, że układ rzeczywiście działa tak, jak to wynika z podanego wcześniej teoretycznego opisu. Tabela 3 zawiera świadczące o tym wyniki pomiarów egzemplarza modelowego. Przy okazji okazało się, że dopuszczalne sygnały wejściowe mogą być większe niż podaje katalog – zauważalne zniekształcenia pojawiły się dopiero przy sygnale wejściowym o wartości 3,8Vpp czyli 1,35Vsk.

Gotowy układ można wbudować w dowolne urządzenie audio, zwracając uwagę na przebieg połączenia masy (krótkie połączenia, grubym przewodem).

Układ nie zaskakuje niczym nieoczekiwanym w przypadku zastosowania go w układach zapisu dźwięku. Jednak wbudowanie go do systemu nagłośnienia, gdzie w jednym pomieszczeniu występuje głośnik i mikrofon da efekty, które niejednego zaskoczą. Dają się wtedy zauważyć specyficzne zjawiska. Podobnie jak każdy układ, przy zbyt dużym całkowitym wzmocnieniu, system z opisanym modulem wzbudzi się (gwizd z głośników). Co bardzo pożyteczne, przy odpowiednim doboru czułości (wzmocnienia) wzmacniacza mocy, nawet przy takim samowzbudzeniu wzmacniacz ten nie będzie pracował pełną mocą ogłuszając słuchaczy, tylko znacznie mniejszą mocą wynikającą z poziomu wyjściowego modułu (250mV lub 320mV). Ta pożyteczna właściwość wynika z obecności limitera. Z drugiej strony przy zbyt

Wykaz elementów

Rezystory

- R1: 1kΩ
- R2,R3: nie montować
- R4: 510Ω
- R5: 220kΩ
- PR1: 220kΩ dla wersji SSM2165-1
100kΩ dla wersji SSM2165-2

Kondensatory

- C1,C6: 100μF/10V
- C2: 100nF
- C3: 1nF
- C4: 22μ/10V
- C5,C8: 10μ/10V
- C7: 100μ/25V

Półprzewodniki

- D1: 1N4148
- U1: SSM2165-1 lub SSM2165-2
- U2: 78L05

Inne

- M1: mikrofon elektretowy
podstawka 8-nóżkowa

Tabela 3

Uwe	3mVpp	10mVpp	30mVpp	100mVpp	300mVpp	1Vpp	2,8Vpp
Uwy (PR1=0k)	10mVpp	27mVpp	75mVpp	250mVpp	720mVpp	820mVpp	880mVpp
Uwy (PR1=100k)	640mVpp	680mVpp	700mVpp	750mVpp	800mVpp	820mVpp	880mVpp

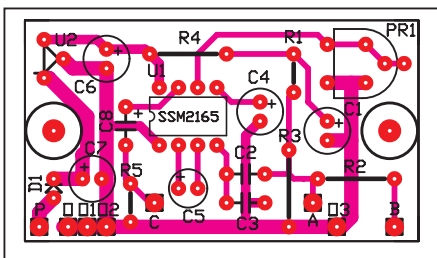
małej czułości wzmacniacza uniemożliwi to uzyskanie odpowiedniej mocy i głośności. Tym samym nieodpowiednia regulacja systemu z opisanym modulem może wręcz pogorszyć jego właściwości.

Innym zjawiskiem będzie zagadkowe zachowanie się systemu przy powstawaniu samowzbudzenia. Przy zwiększaniu wzmocnienia (którymkolwiek regulatorem) w czasie, gdy na sali jest cisza, możliwe będzie nastawienie znacznego wzmocnienia bez powsta-

nia samowzbudzenia. Jednak kiedy do mikrofonu dotrze jakikolwiek silniejszy dźwięk, system wzbudzi się i trzeba będzie znacznie zredukować wzmocnienie. Zjawisko takiej swoistej histerezy wynika z działania bramki szumu. W chwilach ciszy, gdy sygnały wejściowe są bardzo małe, wzmocnienie kostki SSM2165 jest zredukowane w celu zmniejszenia szumów. Pojawienie się sygnału o znacznej wartości spowoduje zwiększenie wzmocnienia, a tym samym powstanie i utrzymanie się samowzbudzenia.

Omówione właściwości są charakterystyczne dla procesorów dynamiki, jednak początkujących mogą one dziwić a nawet powodować wyciąganie zupełnie błędnych wniosków. Dlatego przy pierwszym kontakcie z tymi arcyciekawymi układami (także z opisanym modulem) należy przeprowadzić szereg praktycznych prób. Dopiero takie "oswojenie się" z tymi układami pozwoli w pełni wykorzystać ich cenne zalety.

Rys. 6. Schemat montażowy



Możliwości zmian

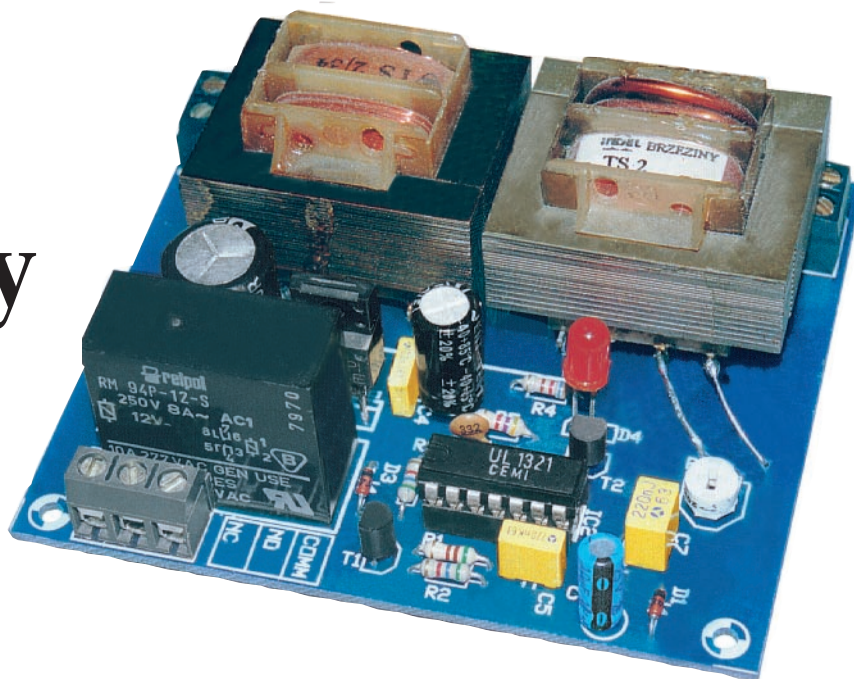
Po pierwszych próbach można zmienić pojemność kondensatora uśredniającego C4 i sprawdzić jak to wpłynie na dźwięk.

Możliwości zmian, polegające na dodaniu wzmacniaczy lub tłumików zostały zasygnalizowane wcześniej. Eksperymentów takich powinni się jednak podejmować raczej tylko ci, którzy dobrze rozumieją działanie procesorów dynamiki. Zupełnie "zieloni" w tej dziedzinie, podczas takich prób prawdopodobnie natkną się na zjawiska i właściwości, których nie potrafią wytłumaczyć. Przez niewłaściwy dobór wzmocnienia dodatkowych stopni mogą więcej zepsuć, niż poprawić. Dlatego decydując się na modyfikacje trzeba dobrze przemyśleć ich sens i cel. Dobrze byłoby też wyrysować na kartce przewidywaną charakterystykę uzyskaną z dodatkowymi wzmacniaczami czy tłumikami i starannie ją przeanalizować.

Piotr Górecki
Zbigniew Orłowski

Komplet podzespołów z płytką
jest dostępny w sieci handlowej
AVT jako kit AVT-2312

Włącznik elektryczny



Do czego to służy?

Często zdarza się, dwa lub więcej urządzeń zasilane z sieci energetycznej muszą pracować jednocześnie, lub że fakt pracy takiego układu musi być w jakiś szczególny sposób sygnalizowany. Jeżeli takie urządzenie włączane jest ręcznie, za pomocą dołączenia do sieci energetycznej, to rozwiązanie problemu

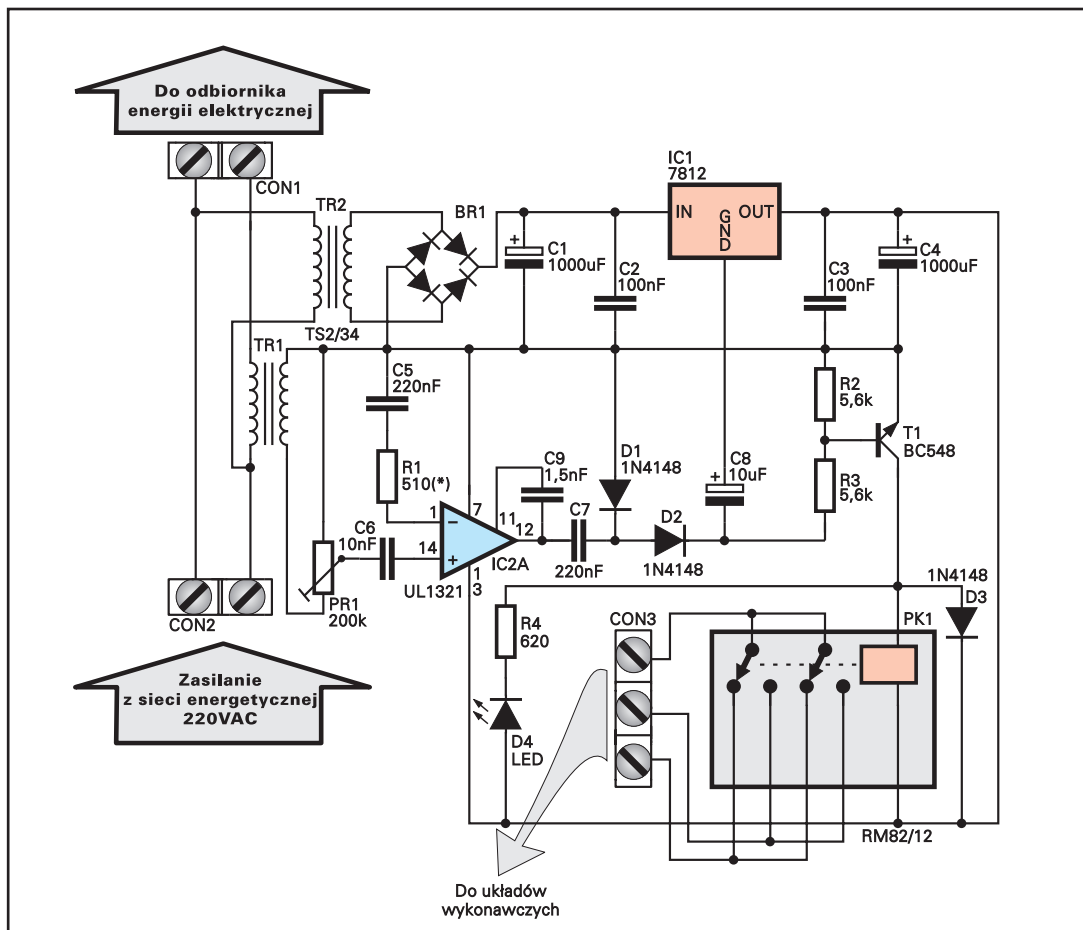
nasuwa się samo. Jeżeli jednak odbiornik energii, którego pracę musimy nadzorować włącza lub wyłącza się automatycznie, to stwierdzenie aktualnego stanu jego pracy i uruchomienie (lub wyłączenie) urządzenia towarzyszącego może okazać się kłopotliwe. Jeżeli możemy bez przeszkód ingerować we wnętrze nadzorowanego urządzenia, to

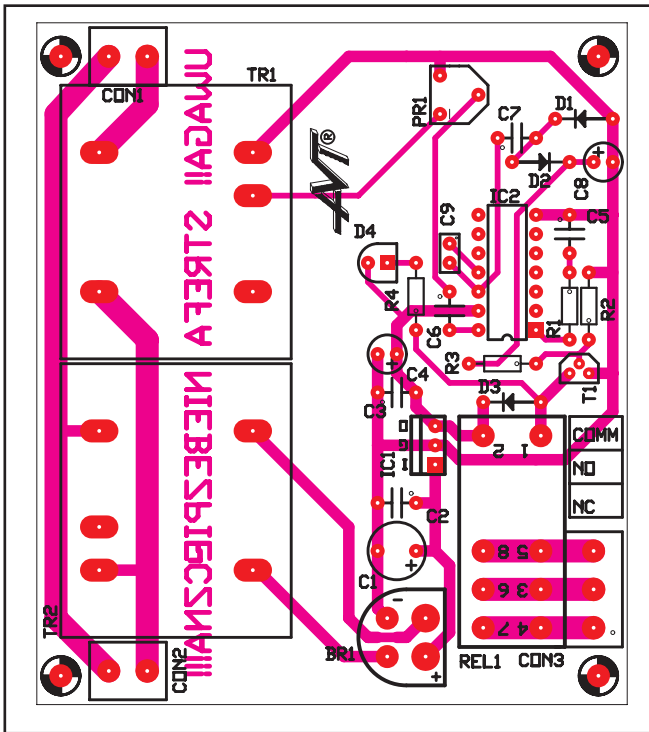
najczęściej możemy jakoś sobie poradzić, dobudowując dodatkową instalację, przekazującą na zewnątrz sygnał o aktywności układu. Bardzo często jednak taka ingerencja nie jest możliwa, czy to z powodów technicznych czy też z obawy przed utratą uprawnień gwarancyjnych.

Proponowany układ, włączany w przewód zasilający nadzorowany układ rozwiązuje wszystkie te problemy. Układ jest w stanie wykryć nawet niewielki przepływ prądu przez przewody i odpowiednio do naszych życzeń włączyć lub wyłączyć urządzenie towarzyszące. Stosowanie tego układu w niczym nie może naruszyć uprawnień gwarancyjnych, ani nie grozi jakikolwiek uszkodzeniem nadzorowanego urządzenia. Spadek napięcia na układzie pomiarowym jest w każdym przypadku do pominięcia.

Drugim zastosowaniem opisanego niżej układu jest praca jako sygnalizator alarmowy, informujący o wyłączeniu lub włączeniu dowolnego urządzenia zasilanego z sieci energetycznej 220VAC. Jeżeli jakieś urządzenie nie wydaje podczas pracy jakichkolwiek odgłosów, to stwierdzenie je-

Rys. 1 Schemat ideowy





Rys. 2. Schemat montażowy

go stanu z pewnej odległości może być utrudnione lub nawet niemożliwe.

Chciałbym przestrzec mniej doświadczonych Kolegów: wiele punktów na płytce obwodu drukowanego znajduje się pod niebezpiecznym dla życia i zdrowia napięciem 220VAC. Podczas uruchamiania i eksploatacji urządzenia należy więc zachować szczególne środki ostrożności, o których wspomnimy jeszcze w dalszej części artykułu!

Jak to działa?

Schemat elektryczny proponowanego układu został pokazany na rysunku 1. Centralnym blokiem urządzenia jest układ wykrywania prądu płynącego przez monitorowane urządzenie, zbudowany z wykorzystaniem transformatora TR1, wzmacniacza IC2 i układu detekcji sygnału z diodami D1 i D2. Transformator TR1 posiada dwa uzwojenia: pierwotne nawinięte drutem o znacznym przekroju, przez które płynie prąd zasilający dozorowane urządzenie i wtórne, na którym indukują się napięcia proporcjonalne do prądu płynącego w uzwojeniu pierwotnym. Słaby sygnał indukowany w uzwojeniu wtórnym poddawany jest następnie wzmocnieniu w układzie IC2 - UL1321, następnie detekcji w układzie z diodami D1 i D2. Jeżeli monitorowany układ pobiera prąd z sieci, to kondensator C8 zaczyna się ładować i po przekroczeniu na nim napięcia ok. 1,4V tranzystor T1 zaczyna przewodzić włączając przełącznik PK1.

Montaż i uruchomienie.

Na rysunku 2 została pokazana mozaika ścieżek płytki obwodu drukowanego, wykonanego na laminacie jednostronnym oraz rozmieszczenie na nim elementów. Montaż wykonujemy w typowy i wielokrotnie już opisywany sposób, rozpoczynając od wlotowania w płytkę rezystorów, a kończąc na kondensatorach elektrolitycznych i transformatorach.

Na problemy podczas budowy układu napotkamy dopiero podczas wykonywania transformatora T1. W układzie modelowym zastosowałem odpowiednio przerobiony transformator sieciowy typu TS2/xx. Po rozebraniu transformatora, która to czynność okazała się mniej kłopotliwa, niż pierwotnie przypuszczałem, usunąłem uzwojenie wtórne (nawinięte grubszym drutem), a na jego miejsce nawinięte nowe uzwojenie wykonane emaliowanym przewodem o średnicy 1,2 mm. Uzwojenie to zostało nawinięte „do pełna, a ilość zwojów wyniosła 20.

Nowo wykonane uzwojenie pracuje w naszym układzie jako uzwojenie pierwotne, sieciowe przez które płynie prąd pobierany przez nadzorowane urządzenie, natomiast uprzednie uzwojenie pierwotne, nawinięte cienkim drutem bez jakichkolwiek przeróbek posłuży nam jako uzwojenie obecne uzwojenie wtórne.

Przeróbka transformatora sieciowego, wykonanego na blaszanym rdzeniu jest dość kłopotliwa. Sprawdziłem w praktyce możliwość wykorzystania rdze-

Styki przełącznika PK1 są galwanicznie odizolowane od reszty układu, co pozwala na sterowanie praktycznie dowolnymi urządzeniami, zarówno przez podawanie na nie napięcia zasilającego jak i przez włączanie dowolnego układu wyzwalającego. Obciążalność styków zastosowanego przełącznika jest duża i wynosi do 10A (przy 220VAC).

Dioda świecąca LED, włączona równoległe do cewki przełącznika PK1 sygnalizuje swoim światłem fakt pobierania energii przez monitorowane urządzenie.

nia ferrytowego, toroidalnego. Uzwojenie pierwotne było takie samo jak w przerobionym transformatorze sieciowym, natomiast jako uzwojenie wtórne nawinięte ok. 400 zwojów drutu emaliowanego o średnicy 0,1 mm. Transformator ten pracował w układzie równie dobrze jak przerobiony transformator sieciowy.

Zmontowany układ nie wymaga jakiegokolwiek uruchamiania, ale jedynie prostej regulacji czułości, którą możemy wykonać za pomocą potencjometru montażowego PR1. W tym celu ustawiamy potencjometr montażowy PR1 w położeniu, w którym jego suwak dołączony jest do masy. Następnie dołączamy do złącza CON1 napięcie z sieci energetycznej 220VAC, a do wyjścia CON2 przyłączamy urządzenie, którego pracę mamy nadzorować. Pokręcając potencjometrem montażowym doprowadzamy do załączenia przełącznika, co zostanie zasygnalizowane włączeniem diody D3.

Czułość układu jest bardzo duża. Podczas testów okazało się, że nasze urządzenie potrafi „wyczuć” przepływ prądu już o natężeniu 100mA, co odpowiada obciążeniu o mocy ok. 22W.

Jeszcze raz apeluję o ostrożność podczas regulacji i posługiwania się urządzeniem, którego pewna część znajduje się pod niebezpiecznym napięciem 220VAC!

Zbigniew Raabe

Wykaz elementów.

Kondensatory

C1, C4	1000µF/16
C2, C3	100nF
C7, C5	220nF
C6	10nF
C8	10µF
C9	1,5nF

Rezystory

PR1	potencjometr montażowy miniaturowy 200kΩ
R1	510(*)Ω
R2, R3	5,6kΩ
R4	620Ω

Półprzewodniki

BR1	1A
D1, D2, D3	1N4148 lub odpowiednik
D4	LED
IC1	7812
IC2	UL1321
T1	BC548 lub odpowiednik

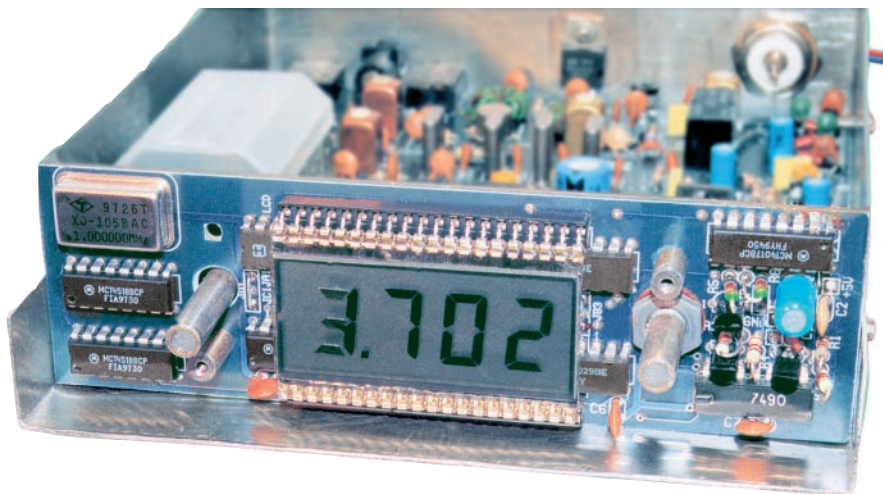
Pozostałe

CON1, CON2	ARK2
CON3	ARK3
TR1	transformator wg. opisu w tekście
TR2	TS2/34
PK1	RM82/12

Komplet podzespołów z płytką

jest dostępny w sieci handlowej AVT

jako kit AVT-2319



Skala cyfrowa do transceivera Antek

W początkowym okresie konstruowania transceiverów zarówno profesjonalnych jak i tych budowanych przez amatorów stosowano powszechnie skale mechaniczne. Również i teraz w prostych układach można spotkać takie rozwiązania. Jednak wykonanie dobrej skali o rozdzielczości rzędu 1kHz jest bardzo trudne i wiąże się np. z zastosowaniem przekładni planetarnej, co nie jest mile widziane przez elektroników, którzy przecież wolą lutować i uruchamiać nowe układy niż toczyć czy frezować w metalu.

Elektroniczna skala cyfrowa to nic innego jak miernik częstotliwości odpowiednio przystosowany do wyświetla-

nia na ekranie aktualnej wartości częstotliwości pracy transceivera.

Większość produkowanych obecnie na świecie urządzeń radiokomunikacyjnych jest wyposażonych w cyfrowy odczyt częstotliwości wykonany na jednym, wyspecjalizowanym układzie scalonym o dużej skali integracji, na przykład 7217, który był zastosowany w module licznika czterocyfrowego (kit AVT 2219). Niestety choć układy takie są do zdobycia to jednak konstrukcja miernika jest kosztowna, szczególnie wtedy kiedy wystarczy odczyt końcowej wartości np. trzech ostatnich cyfr dotyczących kHz.

Okazuje się, że układ skali cyfrowej w którym wykorzystano programowalne dekady rewersyjne CMOS 4029 (konieczne ze względu na programowanie) oraz popularny 3,5 cyfrowy wyświetlacz LCD może znacznie zredukować koszty urządzenia.

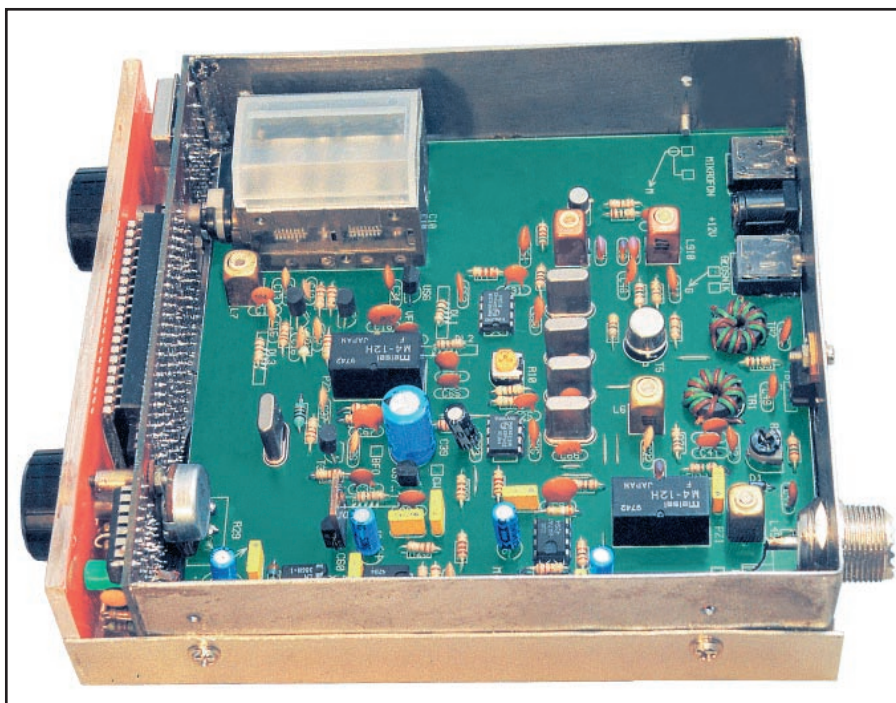
Właściwością 4029 jest możliwość zliczania impulsów w górę lub w dół (dodawanie lub odejmowanie) potrzebne właśnie z uwagi na przesunięcie wartości wyświetlanej o wartość pośredniej częstotliwości transceivera.

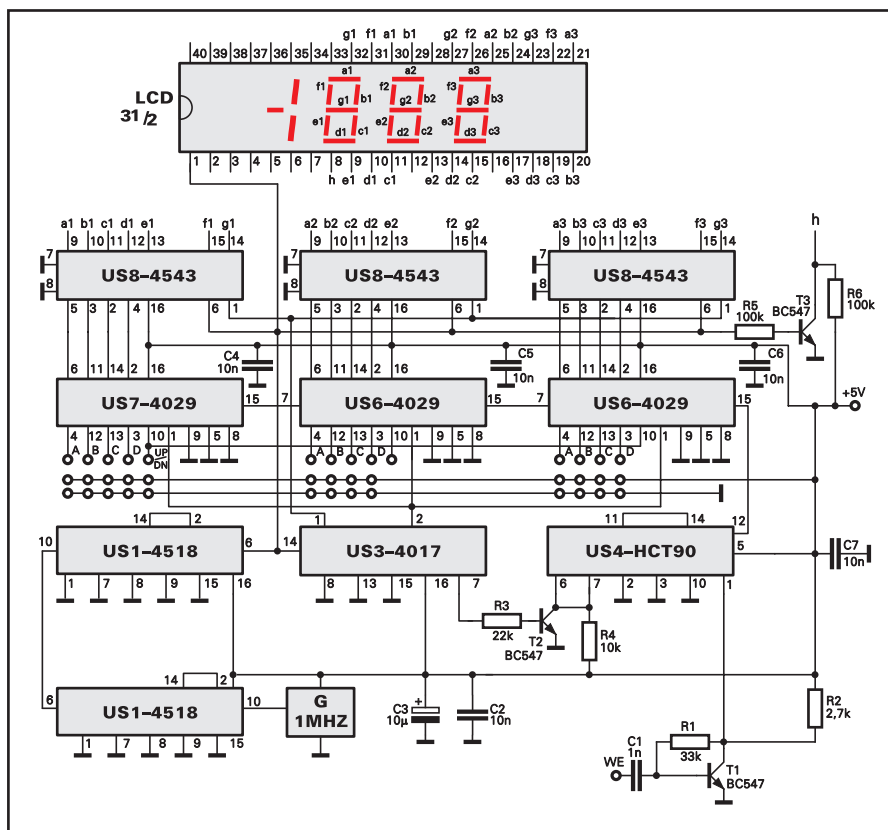
Dekady 4029 mają wejścia programujące, do których doprowadza się program zależny od częstotliwości pośredniej transceivera (lub odbiornika). Po doprowadzeniu sygnału generatora przestrajanego (VFO) do wejścia zbramkowanego impulsem wzorcowym, na wyjściu pojawiają się stany będące sumą algebraiczną liczby zaprogramowanej i mierzonej.

Jedną z wad takiego systemu pomiaru jest konieczność przełączania programów równocześnie z zakresem pracy urządzenia. Jednak poniżej opisana skala zaprojektowana specjalnie do jednopasmowego minitransceivera ANTEK nie wymaga takiej konieczności i dopełnienie algebraiczne ustawia się jednorazowo za pośrednictwem zwopek z drutu.

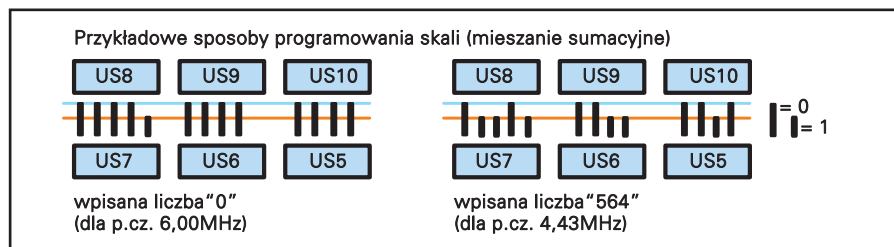
Dzięki niewielkim wymiarom układ ten może być z powodzeniem zaadaptowany w zasadzie do każdego innego transceivera KF.

Przy projektowaniu kierowano się minimalizacją liczby elementów przy zachowaniu parametrów zbliżonych do tych, jakie zapewniłaby skala z wykorzystaniem AVT 2219. W urządzeniu





Rys. 1. Schemat ideowy



Rys. 3. Przykłady programowania zworami

zrezygnowano z wyświetlania dwóch pierwszych cyfr,

i zadowolono się dokładnością odczytu 1kHz, co w zupełności okazało się w praktyce wystarczające.

Maksymalna częstotliwość pracy opisywanej skali wynosi około 20MHz (może być wyższa przy dobraniu egzemplarza US4) a czułość około 200mV (przy mniejszych częstotliwościach czułość jest lepsza) przy poborze prądu 40mA.

Zasada działania

Schemat elektryczny układu przedstawiono na rysunku 1. Sygnał o częstotliwości wzorcowej jest pobierany ze scalonego oscylatora kwarcowego 1MHz. Następnie sygnał ten jest dzielony przez 10000 w licznikach

typu 4518 (US1, US2) w celu uzyskania sygnału wzorcowego o potrzebnej wartości 100Hz. Kolejny układ US3-CD4017 zawiera licznik BCD połączony

z dekodernem 1 z 10. Z wyjścia dekodera pobierane są impulsy: zerujące licznik (nóżka 2), bramkujące (nóżka 7) oraz sterujące wyświetlaniem (nóżka 1). Transzystor T2-BC547 zamienia fazę impulsów bramkujących oraz steruje licznikiem dziesiętnym US4-74HCT90. Zastosowanie układu z serii HCT wynikało z chęci uzyskania maksymalnej częstotliwości KF (około 30MHz) jednak w przypadku stosowania układu tylko do minitransceivera ANTEK wystarczy układ TTL UCY 7490 (pomiar do około 20MHz - zależy od egzemplarza i producenta). Układ CMOS w tym miejscu dałby maksymalny podział do kilku MHz.

Częstotliwość sygnału pomiarowego podana jest na licznik poprzez prosty układ formowania impulsów TTL z tranzystorem T2-BC547. Zrezygnowano tutaj z większego rozbudowania układu, ponieważ z reguły sygnał VFO ma wystarczająco dużą amplitudę (kilkuset

mV). Sygnał mierzony po zbramkowaniu i podzieleniu przez 10 kierowany jest na synchroniczne liczniki rewersyjne US5, US6, US7 (3 x CD4029).

Układy te pracują jako liczniki dziesiętne dzięki połączeniu nóżki 9 z masą (podanie na tą nóżkę jedynki logicznej powoduje przekształcenie licznika w binarny). Kierunek zliczania ustala się przez podanie odpowiedniego stanu logicznego na nóżkę 10 (1Up, 0Down). Do wejść programujących A B C D doprowadza się odpowiednie stany logiczne, w zależności od częstotliwości pośredniej (podobnie jak w skali opisanej wyżej). Po zwarciu ich do masy układ liczy od zera.

Układy US8, US9, US10 (3 x CD4543) służą do dekodowania stanów liczników dziesiętnych na kody siedmiosegmentowych wskaźników LCD i zawierają, oprócz dekodera BCD, rejestry typu LATCH. Zmiana stanów na wejściach programujących, jak również zmiana kierunku zliczania licznika, musi następować jednocześnie ze zmianą zakresu pracy transceivera. Programując wejście Up i Down należy pamiętać, że reagują one na narastające zbocze impulsu taktującego i przy korzystaniu z jednego z nich na drugim musi panować stan wysoki. Wpis częstotliwości programującej odbywa się ujemnym impulsem z wyjścia bramki US6.

W przypadku urządzenia jednopasmowego wystarczy jednorazowo zewrzeć do masy odpowiednie wyprowadzenia A...E oraz P i U (przy zliczaniu w górę P do masy, przy zliczaniu w dół U do masy). Do zasilania miernika można wykorzystać typowy zasilacz stabilizowany 5V/0.6A, na przykład na układzie UL7505 (opcja na płycie minitransceivera ANTEK).

Montaż i uruchomienie

Całą skalę zmontowano na jednej dwustronnej płycie drukowanej o wymiarach odpowiadających szerokości minitransceivera ANTEK. Sposób rozmieszczenia elementów przedstawia rysunek 2.

Przed montażem elementów należy sprawdzić i ewentualnie skorygować otwory przez które będą przechodziły osie kondensatora oraz potencjometru siły głosu. Otwory o mniejszych średnicach służą do wlotowania nakrętek M2,5 służących do montażu płytki maskującej ze szkła organicznego (lub innej ścianki przedniej transceivera własnego pomysłu).

Przy uruchamianiu układu należy wstawić odpowiednie zworki na płycie

czyli odpowiednio zaprogramować dekady rewersyjne. Czynność ta jest wykonywana indywidualnie w zależności od częstotliwości pośredniej oraz sposobu mieszania. Na początku można wejścia programujące A...D zewrzeć do masy. Miernik powinien

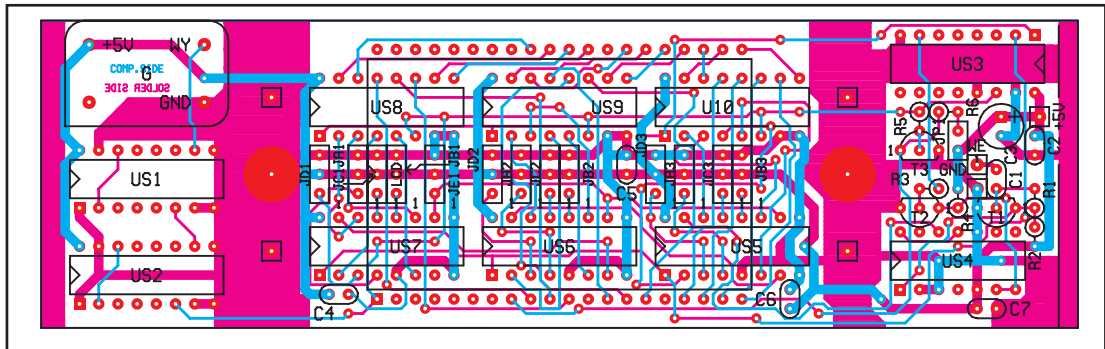
wówczas wskazywać 0000, a po doprowadzeniu na wejście sygnału jego częstotliwość. Po zakodowaniu wejść bez sygnału na wejściu miernik będzie wskazywał częstotliwość zaprogramowaną. Na przykład przy częstotliwości pośredniej 4430kHz ($f_{VFO} = 7930...8230\text{kHz}$) wyświetlacz powinien wskazywać przy braku sygnału wejściowego wartość 564. Po doprowadzeniu sygnału VFO miernik powinien wskazywać odpowiednio 500...800 co odpowiada częstotliwościom 3500...3800kHz. Chcąc wyświetlić brakującą cyfrę 3 dotyczące pasma (MHz) można nakleić z czarnego papieru na zewnątrz wyświetlacza cyfrę 3 lub tylko brakujące poziome kreski po wyświetleniu cyfry 1 (tak jest w rozwiązaniu modelowym). Ideałem byłoby za-

stosowanie wyświetlacza 4,5 cyfry (droższy i trudniejszy do zdobycia) i połączenie krosówką od strony wyprowadzeń segmentów odpowiadających cyfrze "3" z punktem dziesiętnym (kolektorem tranzystora T3).

Po wstępnym uruchomieniu skali należy zamontować ją do urządzenia np. poprzez przylutowanie krawędzi płytki drukowanej do ramki montażowej minitransceivera ANTEK. Oczywiście pozostanie jeszcze tylko doprowadzić zasilanie 5V oraz sygnał wejściowy z VFO za pośrednictwem krótkiego przewodu ekranowanego.

Andrzej Janeczek SP5AHT

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit AVT-2318



Rys. 2. Schemat montażowy

Wykaz podzespołów:

Kondensatory

C1: 1nF
C2, C4, C5, C6, C7: 10nF
C3: 10uF

Rezystory

R1: 33kΩ
R2: 2,7kΩ
R3: 22kΩ
R4: 10kΩ
R5, R6: 100kΩ

Półprzewodniki

T1, T2, T3: BC547...
US1, US2: 4518
US3: 4017
US4: 7490 (HCT90)
US5, US6, US7: 4029
US8, US9, US10: 4543

Inne

G: 1MHz (generator scalony)
W: LCD 3,5 (wyświetlacz ciekłokrystaliczny)