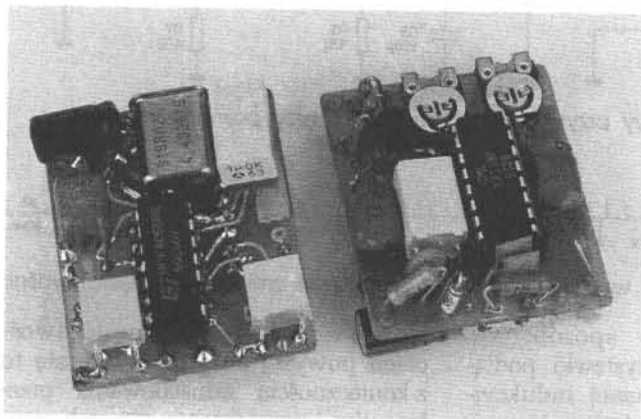


# Skrambler

## kit AVT-143



W numerze 3/93 *Elektroniki Praktycznej* zamieszczony był artykuł „Szyfrator rozmów telefonicznych”. W tym francuskim artykule zaproponowano budowę autonomicznego układu szyfratora rozmów, uniemożliwiającego podsłuch, opartego na specjalizowanym układzie scalonym FX118 i wykorzystującego cztery małe głośniki w każdym urządzeniu.

Układy scalone FX118 są dostępne (także w sieci handlowej AVT), dorzucamy więc kolejną cegielkę do tego bardzo ciekawego tematu.

W artykule podajemy szczegółowe parametry układu scalonego, proponujemy budowę małego, uniwersalnego modułu, i zachęcamy do wypróbowania różnych rozwiązań praktycznych. I już teraz możemy obiecać, że będziemy wracać na łamach EP do tego aktualnego tematu.

Przygotowujemy się bowiem do publikacji dużego cyklu, zatytułowanego roboczo „kombajn telefoniczny”. W takim „kombajnie” układ przesuwania częstotliwości w górę lub w dół, oraz przedstawiony dziś skrambler na pewno znajdą swoje miejsce.

Zwracamy uwagę, że wszelkie ingerencje w urządzenia sieci telekomunikacyjnej mają swoje ograniczenia prawne, zatem proponujemy w tym artykule wyłącznie eksperyment techniczny, a nie urządzenie użytkowe.

Wiele istotnych informacji dotyczących układu scalonego FX118 zawartych było w artykule z EP 3/93. Nie będziemy ich powtarzać, przypomnijmy tylko podstawową zasadę działania. Sygnał wejściowy napierw jest za pomocą zespołu filtrów ograniczony do szerokości pasma telefonicznego. W Polsce jest to zakres 300...3400Hz. W układzie FX118, który jest przeznaczony głównie do telefonów bezprzewodowych i telefonii samochodowej górna częstotliwość graniczna filtra wejściowego wynosi 3100Hz, a filtr jest 10 rzędu, czyli o bardzo stromych zboczach. Sygnały o tak ograniczonym pasmie są podawane na modulator zrównoważony. Na drugie wejście modulatora jest podawana fala nośna o częstotliwości 3299Hz. Na wyjściu występują dwie wstęgi boczne (nośna w modulatorze zrównoważonym jest skutecznie tłumiona), górna wstęga jest usunięta filtrem również o bardzo ostrych zboczach. Pozostaje dolna wstęga boczna, której widmo jest odwrócone w stosunku do widma sygnału

wejściowego wokół częstotliwości równej połowie częstotliwości nośnej. Treść przekazu staje się nieczytelna. Dlaczego zastosowano filtry o tak stromych zboczach? Po powrotnym odwróceniu otrzymamy czysty sygnał, bez „świergotów” i zakłóceń wynikających z wzajemnego przenikania niepożądanych składowych widma sygnału do pasma użytecznego.

### Opis układu

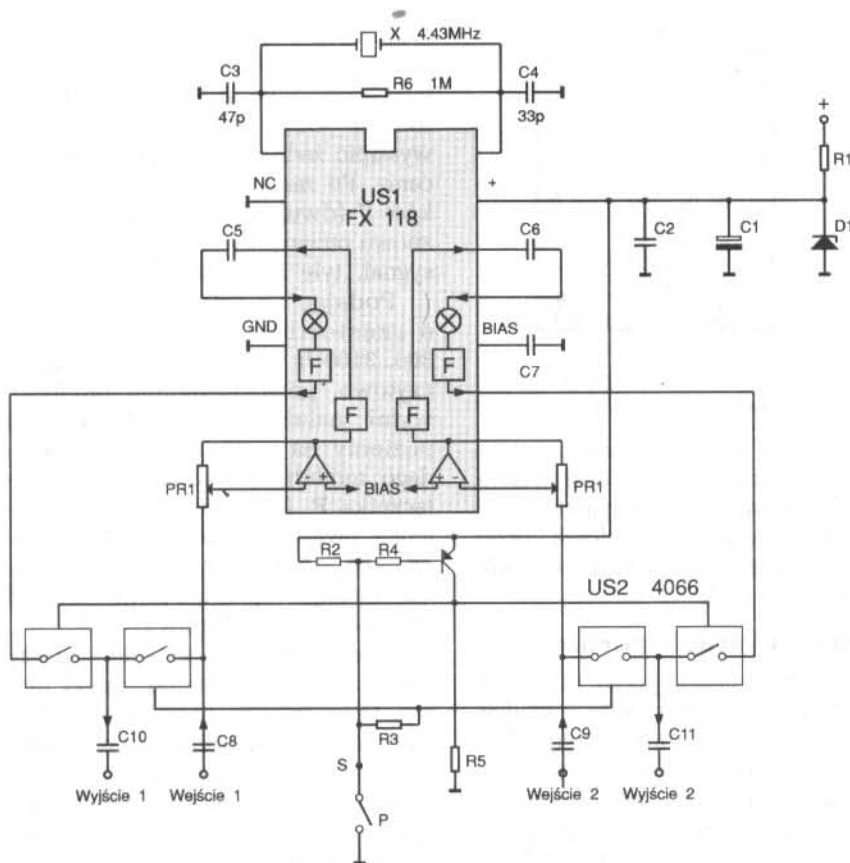
Jeden układ FX118 zawiera dwa jednakowe tory - nadawczy i odbiorczy. Spójrzmy na schemat elektryczny (rysunek 1). Jest to w zasadzie aplikacja firmowa, uzupełniona elektronicznym przełącznikiem US2 (CMOS 4066) sterowanym pojedynczym stykiem zwierzanym do masy. Gdy styk jest otwarty widmo nie jest odwracane. Zastosowanie takiego przełącznika jest konieczne, w praktyce bowiem i tak musimy mieć możliwość szybkiego przełączania Z SZYFROWANIEM/BEZ SZYFROWANIA.

Sygnał wejściowy jest podany przez kondensatory C8, C9 na wstępne wzmacniacze operacyjne kostki FX118 oraz na dwa klucze analogowe umożliwiające pracę bez szyfrowania (ominięcie układu FX118). Sygnał po inwersji jest dostępny na końcówkach 6, 11, skąd przez klucze analogowe może być podany na wyjście.

Kondensator C7 filtruje napięcie polaryzujące wewnętrzne bloki układu scalonego.

### Parametry układu FX118

napięcie zasilania	3...5,5V
pobór prądu	typ. 4mA, max. 6mA
impedancja wejściowa	typ. 10MΩ, min. 1MΩ
impedancja wyjściowa	typ. 200Ω
pasmo przenoszenia	300...3000Hz
nierównomierność charakterystyki w pasmie przepustowym	-3...+2dB
tłumienie częstotliwości 3400Hz	typ. 48dB
zniekształcenia	typ 3%



Rys. 1. Schemat elektryczny skramblera

Ponieważ kondensatory sprzęgające moduł „ze światłem“ (C8 - C11) mają wartość po 0,47μF, należy dopilnować, aby rezystancja obciążenia (rezystancja wejściowa następnego stopnia) była większa niż powiedzmy 5kΩ (czym większa tym lepsza). Przy pracy bez szyfrowania dwie takie pojemności są połączone szeregowo i mała wartość rezystancji obciążenia ograniczy od dołu przenoszone pasmo, zwiększą się też zniekształcenia nieliniowe wynikające ze znacznej i nieliniowej rezystancji otwartych kluczy CMOS z kostki 4066 zasilanej napięciem około 5V.

Potencjometry montażowe dołączone między wyjście i wejście nieodwracające wstępnych wzmacniaczy operacyjnych umożliwiają ustawienie wzmocnienia tego stopnia w szerokich granicach. Zazwyczaj będzie to wzmocnienie bliskie jedności, aby uzyskać jednakowe wzmocnienie w obu położeniach przełącznika P.

Prosty układ zasilania z diodą Zenera D1 i rezystorem ograniczającym R1 został wybrany celowo. Według informacji katalogowej ten kosztowny przecież układ może ulec uszkodzeniu gdy nie jest taktowany (kwarcem lub zewnętrznym generatorem). Ten sam katalog podaje

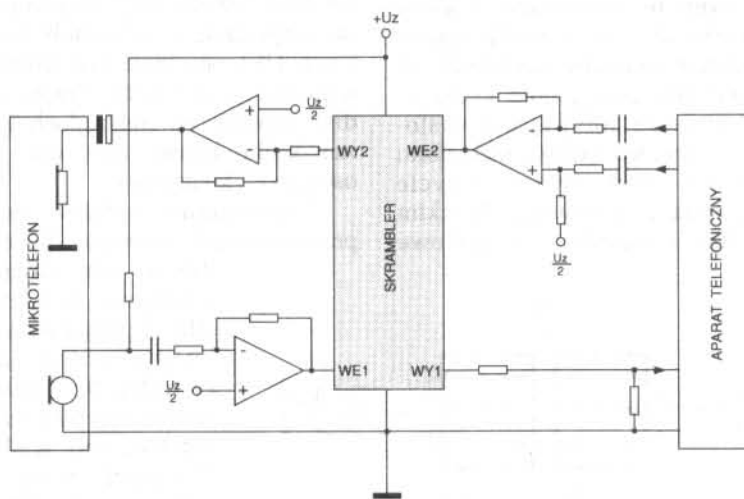
maksymalny dopuszczalny prąd końcówek zasilających równy 30mA. Prąd pobierany przez układ podczas normalnej pracy jest mniejszy niż 6mA (typ. 4mA). Można więc dobrać R1, aby zabezpieczyć kostkę przed zniszczeniem. Katalog podaje też zakres dopuszczalnych napięć zasilania 3,0...5,5V. Jest to w sumie bardzo szeroki zakres i w każdych warunkach można za pomocą R1 zabezpieczyć układ scalony. W zestawie AVT-143 przewidzianym do zasilania

napięciem 12...14V jest to rezystor o wartości 1kΩ.

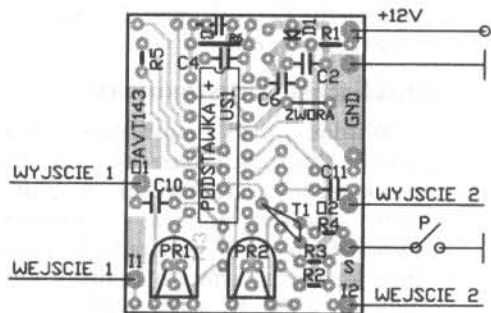
**Możliwości zastosowań**

Wiadomo, że największa część energii głosu ludzkiego jest zawarta w zakresie częstotliwości w granicach kilkuset herców. Składowe o wyższych częstotliwościach mają dużo mniejszą energię i amplitudę. Dlatego w wielu systemach akustycznych stosuje się pre- i deemfazę; przy nadawaniu (zapisie) wyższe częstotliwości są podbite, a przy odbiorze (odczytanie) w tym samym stopniu stłumione. Na wyjściu skramblera po inwersji pasma okaże się, że w sygnale dominują wyższe składowe. Należy więc to uwzględnić, żeby nie przesterować kanału transmisyjnego, np. radiowego. Ważny będzie więc wybór miejsca dołączenia skramblera we współpracującym urządzeniu. Pewne wskazówki zawiera rysunek 4 z EP 3/93 str. 40, pokazujący schemat blokowy telefonu bezprzewodowego.

Próby przeprowadzone z wykonanymi modelami pokazały wyższy niż oczekiwany poziom szumów na wyjściu pracującego skramblera. Mianowicie szумы w pasmie akustycznym miały na wyjściu dwóch połączonych szeregowo układów średnią wartość międzyszczytową ok. 6mV, maksymalnie do 12mV. Ponadto, występowała znaczna składowa o częstotliwości ok. 90kHz. Jednocześnie okazało się, że gdy wzmocnienie obu układów ustawione PRkami wynosiło 1 (aby uzyskać jednakowy poziom sygnału wyjściowego z kodowaniem i bez), to tor przerosił bez zniekształceń sygnały



Rys. 2. Przykładowy schemat połączenia skramblera z aparatem telefonicznym



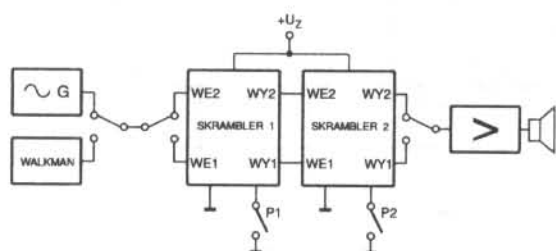
Rys. 3. Rozmieszczenie elementów na płytce drukowanej - strona "elementów"

o amplitudzie do 3Vpp, co z kolei jest wartością większą od oczekiwaną. Można więc w systemie osiągnąć zadowalający odstęp od szumów, ale należy pracować z sygnałem o stosunkowo dużej amplitudzie. Można też zaprojektować nową płytke przeznaczoną do pracy z małymi sygnałami, gdzie wzmocnienie wzmacniaczy wstępnych (nóżki 7, 8, 9, 10 US1) byłoby duże, a na wyjściach 6, 11 US1 byłby odpowiedni tłumik.

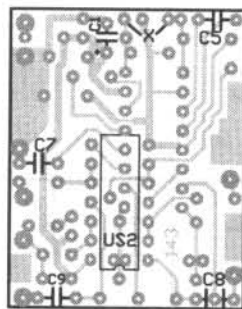
Jak widać na fotografiach elementy układu z rysunku 1 są zmontowane po obu stronach jedностronnej płytki drukowanej. Taka miniaturyzacja pozwoli zamontować układ w radiu CB, urządzeniach telefonicznych itp.

Moduł jest przeznaczony do współpracy z różnymi urządzeniami i dlatego nie podajemy konkretnych schematów szczegółowych, zachęcamy do eksperymentów.

Kto chciałby wypróbować współdziałanie naszego skramblera z nowoczesnym aparatem telefonicznym (wg poglądowego rysunku 2) musi zastosować dodatkowe wzmacnianie sygnału mikrofonu. Należy też uwzględnić, że w wielu aparatach żaden z zacisków słuchawki nie ma potencjału masy, obie końcówki wyjściowe są „pływające” w stosunku do zimnego zacisku mikrofonu i konieczne jest wtedy użycie wzmacniacza różnicowego. W takim przypadku skrambler i dodatkowe



Rys. 5. Układ do testowania modułów skramblera



Rys. 4. Rozmieszczenie elementów - strona "druku"

wzmacniacze muszą być zasilane z baterii lub akumulatora. Oczywiście, bezcelowe są próby z aparatem zawierającym wkładkę węglową, przez którą płynie prąd o wartości kilkudziesięciu mA.

### Montaż i uruchomienie

Mozaikę ścieżek płytki drukowanej przedstawia rysunek na wkładce.

Montaż jednostronnej płytki drukowanej należy wykonać według rysunków 3 i 4, które pokazują odpowiednio stronę „elementów” i stronę „od druku”. Pomocą będą też fotografie. Najpierw trzeba wykonać jedyną zworę i wlotować detale umieszczone na stronie „elementów”, potem te od strony „druku”. Pod drogi układ FX118 warto dać podstawkę. Aby uniknąć niespodzianek dla pewności można przygotować wszystkie elementy i wstępnie złożyć układ „na sucho” - bez lutowania.

Układ po zmontowaniu nie wymaga regulacji. W razie kłopotów podczas uruchamiania trzeba zmierzyć napięcie zasilające na D1 (około 5V), następnie napięcie na nóżce 12 US1 (około 2V). Napięcia stałe na wejściach i wyjściach analogowych US1 powinny być zbliżone do napięcia na nóżce 12. Trzeba sprawdzić napięcia na elektrodach T1 przy zamykaniu klucza oraz czy pracuje oscylator kwarcowy.

Sprawdzenie całości najlepiej przeprowadzić używając dwóch modułów (ale można też z jednym). Należy je zasilic i połączyć wejścia i wyjścia, tak jak na rysunku 5. Autor jako źródła sygnału użył generatora oraz walkmana. Z drugiej strony dołączony został wzmacniacz i głośnik. Na początek przy otwartych obu prze-

łącznikach P należy sprawdzić pracę bez szyfrowania. Ponieważ sygnał przechodzi tylko przez otwarte klucze układu US2 więc nie powinny wystąpić żadne szумы ani zniekształcenia. Po zamknięciu obu przełączników P (dwukrotna inwersja pasma) znowu otrzymamy na wyjściu czytelny sygnał, tyle że z większym szumem.

Podając z generatora sygnał o częstotliwości w granicach 300...3100Hz i poziomie 1V międzyszczytowo, potencjometrami montażowymi należy ustawić jednakowe poziomy na wejściu i wyjściu każdego modułu dla obu pozycji przełącznika P. Kontrolę poziomów najlepiej przeprowadzać za pomocą oscyloskopu, podając na dwa kanały oscyloskopu jednocześnie sygnał wejściowy i wyjściowy.

Następnie na wejście należy podać (np. z walkmana) sygnał mowy. Przy jednym przełączniku P otwartym, drugim zamkniętym, otrzymamy sygnał zaszyfrowany. W ten sposób można ocenić jakość szyfrowania, a także pasmo, szумы i zniekształcenia systemu.

Piotr Górecki, AVT

*Uwaga. Kompletne urządzenie składa się z szyfratora i deszyfratora, dlatego ceny podane w ofercie AVT dotyczą par płytek, kitów (AVT-143) i zmontowanych modułów.*

### WYKAZ ELEMENTÓW

#### Rezystory

R1: 1kΩ  
R2-R5: 47...470kΩ/0,125W  
R6: 1MΩ/0,125W  
PR1, PR2: 100kΩ

#### Kondensatory

C1: 47μF/6,3V  
C2: 100nF ceramiczny  
C3: 47pF  
C4: 33pF

C5, C6: 1μF poliestrowy

C7-C11: 0,47μF poliestrowy

#### Półprzewodniki

D1: dioda Zenera 4,7V lub 5,1V

T1: dowolny PNP np. BC 308

US1: FX118

US2: CMOS 4066

#### Różne

X: rezonator kwarcowy 4,433619MHz

podstawka 16-nóżkowa