

# Układy scalone do telefonicznych liczników abonenckich

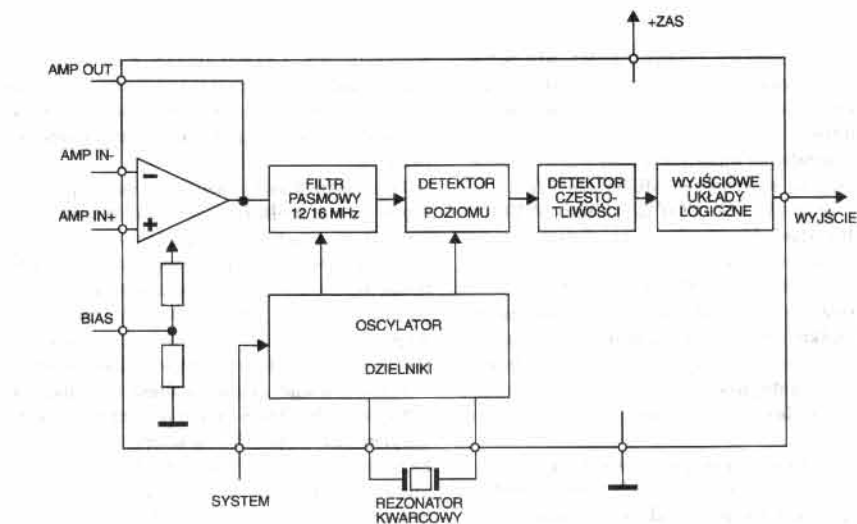
W artykule przedstawiono rodzinę układów scalonych firmy CML służących jako odbiorniki sygnałów zaliczania. Temat jest jak najbardziej aktualny w związku z licznymi nieporozumieniami przy rozliczaniu kosztów przeprowadzonych rozmów telefonicznych. W artykule omówiono też od podstaw zagadnienie liczników abonenckich. Wskazano na ograniczenia techniczne przy konstrukcji takich liczników. W jednym z najbliższych numerów EP zaprezentujemy długo oczekiwany abonencki licznik impulsów.

W ostatnich miesiącach temat niewłaściwego naliczania opłat za rozmowy telefoniczne nie schodzi z łamów gazet. W Niemaliej mierze przyczyniło się do tego uruchomienie nowych usług w postaci najróżniejszych telefonów towarzyskich. Niesamowitą atrakcją jest porozmawiać z sąsiadką, tyle że przez Hongkong, Antyle, czy Nowy Jork za jedyne trzy, cztery (nowe) złote na minutę. Jeszcze większym przeżyciem jest otrzymywanie rachunku z urzędu telekomunikacyjnego za takie rozmowy.

Choć nasi Czytelnicy z pewnością nie są zwolennikami takich atrakcji, to mimo wszystko z pewnością niekiedy mają wątpliwości co do zasadności otrzymywanych rachunków telefonicznych. Zagadnienie to dotyczy w szczególności telefonów, do których ma dostęp wiele osób.

Okazuje się, że już dawno temu konstruktorzy central telefonicznych wpadli na pomysł, że można na bieżąco informować abonenta o należnych opłatach wysyłając w czasie rozmowy sygnały odpowiadające impulsom zliczanym przez jego licznik. Do tego celu wykorzystano sygnały leżące powyżej pasma rozmownego. Poszczególne kraje przyjęły różne standardy, ale generalnie są to sygnały o częstotliwościach 12 lub 16kHz. W naszym kraju przyjęto częstotliwość 16kHz.

W Polsce sygnały zaliczania, odpowiadające jednostkom taryfowym w centrali, nadawane są poprzez łącze abonenckie do abonenta, który ma wpisana taką usługę. To oznacza, że impulsy takie są nadawane



Rys. 1.

dopiero wtedy, gdy abonent złoży stosowne podanie do rejonowego Urzędu Telekomunikacji. Związane to jest także z niewielką opłatą rzędu trzech, czterech złotych.

Jednak niektóre stare centrale nie są wyposażone w stosowne urządzenia i nie oferują takiej usługi. Wtedy abonent nie może być informowany na bieżąco o koszcie przeprowadzanych rozmów.

Co prawda na rynku dostępne były liczniki telefoniczne określające koszt rozmowy na podstawie analizy wybieranego numeru (kierunkowego) i czasu rozmowy. Wyposażone one były w pamięć (EPROM) zawierającą informacje o cenach rozmów w poszczególnych strefach i krajach. Dla poprawnej pracy liczniki przeznaczone do pracy w różnych miastach powinny mieć inną zawartość EPROMu. Dodatkowo liczniki takie musiały być wyposażone w zegar w związku ze zmianą taryfy w godzinach mniejszego ruchu (wieczorem i w nocy). Bieżące zmiany numerów kierunkowych, brak synchronizacji zegara licznika z zegarami sterującymi central decydują o ograniczonej wiarygodności takich liczników.

Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest licznik abonencki zliczający rzeczywiste impulsy nadawane z centrali.

Tu uściślijmy, że w artykule impulsem nazywamy zarówno rzeczywisty impuls rejestrowany przez licznik abonenta znajdujący się w centrali, jak i wysyłany do abonenta sygnał zaliczania - paczkę składającą się z kilku tysięcy cykli przebiegu o częstotliwości 16kHz.

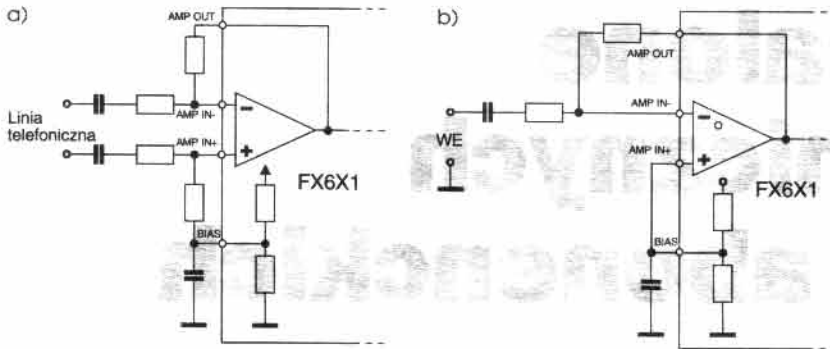
Według obowiązujących w kraju przepisów sygnały zaliczania wysyłane do abonenta mają częstotliwość  $16 \pm 0,2$  kHz, napięcie  $2 \pm 0,4$  V rms i czas trwania  $125 \pm 25$  ms. Przerwa między kolejnymi takimi impulsami musi wynosić co najmniej  $125 \pm 25$  ms, ale w praktyce przerwa jest dłuższa; aby impulsy były tak częste, należałoby dzwonić na Marsa lub co najmniej na Księżyc.

Konstruktor licznika abonenckiego wykorzystującego nadawane impulsy staje jednak przed pewnymi trudnościami. Po pierwsze impulsy takie mają napięcie rzędu 2V tylko w centrali. Linie abonenckie, zarówno naporciowe, jak i kablowe, silnie tłumią sygnał zaliczania mający stosunkowo dużą częstotliwość. Na końcu linii abonenckiej o długości kilku kilometrów sygnał zaliczania może być stłumiony nawet o 30dB. Ponadto, przy takiej częstotliwości linia abonencka nie ma już też oporności falowej 600Ω, tylko 150...250Ω.

Na domiar złego występuje też przesłuch między poszczególnymi parami kabla telekomunikacyjnego. Przy nadmiernej czułości licznik mógłby reagować na impulsy wysyłane do sąsiada (sąsiadów).

Licznik nie może też reagować na harmoniczne sygnałów, jakie mogłyby sporadycznie pojawiać się w linii abonenckiej (fax, modem, nadmierne głośnie rozmowa przesterowująca obwody nadawcze aparatu telefonicznego, sygnały wywołania).

Dobry licznik abonencki musi więc niezawodnie identyfikować impulsy o szerokim, ale określonym zakresie amplitud



Rys. 2.

i pewnym zakresie częstotliwości, nie może natomiast reagować na impulsy o innej częstotliwości lub mniejszym niż dopuszczalny poziomie.

W literaturze angielskiej odpowiednie poziomy są nazywane „MUST DECODE LEVEL” oraz „MUST NOT DECODE LEVEL”. Według specyfikacji niemieckiej poziomy te wynoszą odpowiednio: 71,3mV...10V rms (-21...+22dB) i 34,6mV rms (-27dB).

Należy wziąć pod uwagę, iż w skrajnym przypadku na wejściu licznika pojawiają się sygnały zaliczania o poziomie poniżej 100mV występujące na tle sygnałów rozmównych, faxu czy modemu o poziomie rzędu wolta.

Postawione wymagania wykluczają rozwiązania z użyciem prostych filtrów wykorzystujących na przykład selektywne własności jednego obwodu LC.

Brytyjska firma Consumer Microcircuits Limited (CML) specjalizuje się w produkcji różnego rodzaju układów scalonych przeznaczonych dla telekomunikacji, w szczególności dla łączności radiowej i telefonii komórkowej. Wśród wyrobów tej firmy znajdują się cztery kostki będące odbiornikami sygnałów zaliczania. Kostki te różnią się szczegółami budowy, mają różne wymagania odnośnie zasilania, ale ich podstawowa zasada działania jest podobna. Na **rysunku 1** przedstawiono bardzo uproszczony schemat blokowy ilustrujący zasadę działania odbiornika sygnałów zaliczania.

Pierwszym blokiem jest wejściowy wzmacniacz operacyjny. Dla użytkownika dostępne są nie tylko oba wejścia i wyjście tego wzmacniacza, ale także napięcie odniesienia równe połowie napięcia zasilania (BIAS).

Pozwala to dostosować układ do konkretnych warunków pracy.

Na **rysunku 2a** pokazano układ z wejściami różnicowymi, na **rysunku 2b** z wejściem niesymetrycznym. Pierwsza konfiguracja jest użyteczna gdy licznik współpracuje bezpośrednio z linią telefoniczną, druga gdy licznik jest częścią bardziej rozbudowanego aparatu telefonicznego lub małej (pod)centrali.

Wartości rezystorów są dobierane w zależności od obowiązujących w danym kraju poziomów „MUST DECODE” i „MUST NOT DECODE”.

Wartość kondensatorów wejściowych powinna być taka, aby częstotliwość graniczna powstałego filtru górnoprzepustowego leżała nieco poniżej częstotliwości impulsów

zaliczających. Częstotliwości z zakresu pasma rozmównego zostaną wtedy znacznie stłumione, dzięki czemu dodatkowo zwiększy się pewność identyfikacji impulsów zaliczania.

Ponieważ kostki zasilane są napięciem rzędu kilku woltów, a w linii telefonicznej normalnie występują napięcia rzędu kilkadziesiąt woltów, przy czym sporadycznie mogą się pojawić impulsy o wartości nawet ponad 1kV (np. przy uderzeniu pioruna), więc obwody dołączone do linii muszą skutecznie chronić kostkę przed uszkodzeniem.

Przedstawiane układy scalone wykonane są w technologii CMOS. Wejścia i wyjścia są zabezpieczone w sposób charakterystyczny dla takich układów. Występują tam diody włączone między wejście i szyny zasilające (patrz Notatnik praktyka EP10/93 str. 49). Firma gwarantuje, że kostki nie ulegną uszkodzeniu, o ile tylko prąd dowolnej końcówki (w czasie awarii) nie przekroczy wartości 20mA. Wymaga to zastosowania rezystorów o stosunkowo dużych wartościach, przy czym dodatkowo stosuje się diody zabezpieczające dołączone do szyn zasilających lub do końcówki BIAS. W związku z tym także wejściowe kondensatory sprzęgające powinny mieć odpowiednią wytrzymałość napięciową.

Przy tak dobranych wartościach elementów impedancja wejściowa układu w zakresie częstotliwości „pasma telefonicznego”, widziana od strony linii, jest duża - rzędu co najmniej kilkadziesiąt kiloomów. Tak duża impedan-

cję (w porównaniu ze standardową impedancją aparatu, równą 600Ω) można całkowicie pominąć. Podobna sytuacja występuje również przy częstotliwości 16kHz.

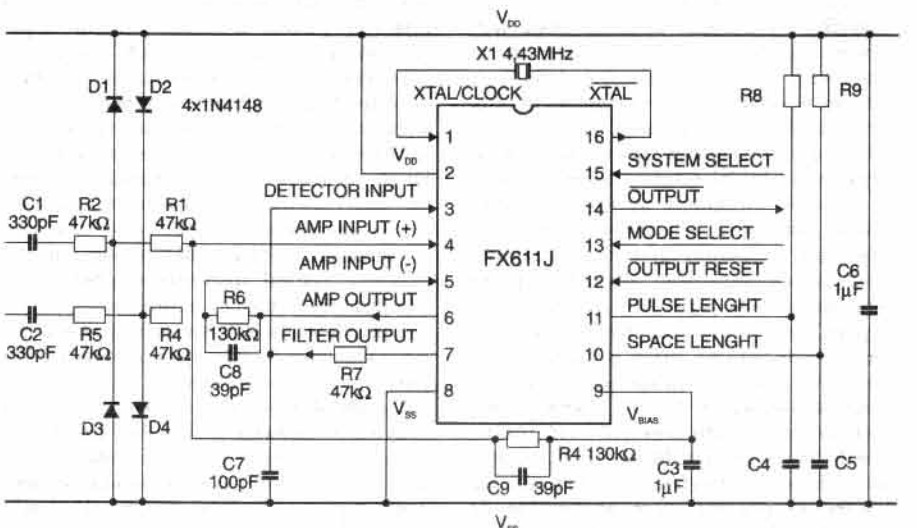
Przykłady rozwiązań obwodów wejściowych są pokazane przy omawianiu poszczególnych kostek.

Drugim blokiem odbiornika jest filtr dzielący sygnał zaliczania. Jest to filtr wykorzystujący przełączane pojemności. Częstotliwość przenoszenia tego filtru jest zależna od taktującego sygnału zegarowego. Przebieg zegarowy wytwarzany jest poprzez podział częstotliwości dołączonego kwarcu (3,58 lub 4,43MHz). Każda kostka ma wejście zwane SYSTEM, sterujące współczynnikiem podziału tak, aby uzyskać częstotliwość przepustową filtru równą 12 lub 16kHz.

Filtr pasmowy z przełączanymi pojemnościami, w związku ze swą budową, może przepuszczać także częstotliwości będące kombinacją częstotliwości zegarowej i częstotliwości przepustowej. Są to tzw. „alias frequencies”, leżące w zakresie kilkadziesiąt kiloherców. W niektórych liniach telefonicznych mogą się pojawić sygnały o takich częstotliwościach, np. gdy do jednej linii dołączonych jest dwóch abonentów: naturalny i wykorzystujący częstotliwości nośne. Wtedy należy zastosować dodatkowe kondensatory dołączone równolegle do rezystorów sprzężenia zwrotnego wejściowego wzmacniacza operacyjnego - stwórzą one dolnoprzepustowy filtr antyaliasingowy. Częstotliwość graniczna takiego filtru powinna wynosić 25...32kHz.

Za filtrem pasmowym 12/16kHz umieszczony jest właściwy układ detektora analizujący najpierw amplitudę a potem częstotliwość odebranego sygnału. Dopiero tu następuje dokładny pomiar częstotliwości. Detektor częstotliwości działa na zasadzie cyfrowego pomiaru okresu kolejno odbieranych przebiegów.

Choć obwody wyjściowe poszczególnych kostek się różnią, to jednak wszystkie kostki mogą pracować w trybie „tone follower” - na wyjściu pojawia się sygnał o ile tylko odebrany sygnał ma wymagane parametry



Rys. 3.

w czasie kilkunastu, kilkudziesięciu okresów. Układ może więc identyfikować także stosunkowo krótkie impulsy. W układzie licznika abonenckiego takie przypadkowe, krótkie impulsy nie powinny być interpretowane jako sygnały zaliczania, należy więc zastosować dodatkowe obwody wydzielające prawdziwe impulsy licznikowe.

W drugim trybie - "packet mode" - sygnał na wyjściu pojawia się dopiero wówczas, gdy odbierany sygnał ma długość kilkunastu czy kilkudziesięciu milisekund.

W tym trybie zarówno zbyt krótkie impulsy jak i krótkie zaniki sygnału zaliczania występujące podczas nadawania impulsów nie wpływają na stan wyjścia. Zwiększa to odporność systemu na zakłócenia - identyfikowane są tylko rzeczywiste impulsy zaliczania o wymaganym czasie trwania.

W niektórych kostkach te czasy graniczne są ustalane przez dobór elementów zewnętrznych RC w zależności od spodziewanych warunków pracy.

### Omówienie układów scalonych rodziny FX6X1

Układy te występują zarówno w obudowie DIL, jak i SMD (SO, QFP lub PLCC).

Numeracja podana przy opisie dotyczy wersji DIL.

Największe dopuszczalne napięcie zasilające wynosi 7V, przy czym zawsze zaleca się pracę z niższym napięciem.

W normalnych warunkach prąd zasilania wynosi 1...4,5mA.

Maksymalny prąd płynący przez końcówki zasilające nie może przekroczyć 30mA.

Firma ostrzega, że przy braku sygnału zegarowego (np. uszkodzenie kwarcu) prąd zasilania może przekroczyć tę dopuszczalną wartość i dlatego zaleca się dodanie odpowiedniego obwodu zabezpieczającego.

Maksymalna moc tracona w całym układzie przy temperaturze otoczenia 25°C wynosi 800mW - dotyczy to sytuacji awaryjnej, bowiem normalnie pobierana jest moc rzędu pojedynczych miliwatów.

Wszystkie układy prawidłowo reagują na częstotliwości w zakresie 15,76...16,24kHz (11,820...12,180kHz), a na pewno są nieczułe na dowolne sygnały w zakresie 0...15,36 kHz (0...11,520kHz) oraz 16,64...50kHz (12,480...50kHz).

Wszystkie omówione dalej układy mogą pracować w zakresie temperatur co najmniej -30...+70°C (niektóre -40...+85°C).

#### FX611

Kostka powinna być zasilana napięciem 4,5...5,5V, prąd zasilania wynosi przy tym typowo 3mA. Do poprawnej pracy wymagane jest dołączenie popularnego kwarcu o częstotliwości 4,433619MHz. Przykładowy układ aplikacyjny jest pokazany na rysunku 3.

Rezystory R1...R6 ustalają wzmocnienie, czyli w sumie czułość układu licznika. Opcjonalne elementy C8, C9 wraz z R6, R3 będą tworzyć wspomniany filtr antyaliasingowy.

Stan wejścia SYSTEM SELECT - nóżka 15 - określa częstotliwość filtra (L - 16kHz, H lub NC - 12kHz).

Stan wejścia MODE SELECT (n. 13) decyduje o trybie pracy:

L - packet

H - tone follower.

Do nóżki 11 dołączono obwód RC ustalający minimalny czas trwania impulsu niezbędny do jego poprawnej identyfikacji w trybie „packet” ( $t_m = 0,7 \times R8 \times C4$ ). Podobnie obwód dołączony do końcówki 10 ustala minimalny okres przerwy między kolejnymi impulsami w tym trybie pracy ( $t_s = 0,7 \times R9 \times C5$ ).

Elementy te nie są montowane, jeśli układ ma pracować w trybie „tone follower”.

Stanem aktywnym wyjścia jest L.

W trybie „packet” odebranie pierwszego ważnego impulsu ustawia na trwałe stan L na wyjściu (nóżka 14). Co ciekawe, następuje to dopiero po wystąpieniu ważnego impulsu o czasie trwania dłuższym niż  $t_m$ , po jego zakończeniu i po upływie ustalonego czasu przerwy  $t_s$ ! Podobnie zachowuje się kostka FX621.

Powrót wyjścia do stanu spoczynku H następuje dopiero po podaniu na wejście OUTPUT RESET (n. 12) na co najmniej 150ns stanu L.

Wejście OUTPUT RESET nie jest wykorzystywane w trybie „tone follower” i można je pozostawić niepodłączone, bowiem podobnie jak wejście SYSTEM SELECT ma wewnętrzny rezystor podciągający 1MΩ.

Wartości elementów podane na rysunku 3 i następujących zapewniają uzyskanie czułości urządzenia zgodnie z wymaganiami zachodnoniemieckimi.

#### FX621

Kostka ta pod względem budowy i funkcji jest bardzo podobna do poprzedniej, ma jednak szerszy zakres zalecanych napięć zasilających (3,5...5V) i pobiera mniej prądu (typ. 1mA, max 1,4mA). Również współpracuje z kwarcem 4,43MHz.

Przykładowy układ aplikacyjny z rysunku 4 zawiera nieco mniej elementów. Tym razem zbędne są elementy RC włączone między końcówki 7, 3.

Prostsze są też obwody wejściowe, co wynika z innego włączenia diod zabezpieczających. Należy jednak nadmienić, że taki sposób zabezpieczenia jest mniej skuteczny

w związku z ograniczoną wydajnością prądową końcówki odniesienia BIAS (n. 9).

Oczywiście i tu można wykorzystać obwód zabezpieczający, taki jak na rys. 3.

#### FX631

Układ ten ma budowę odmienną niż dwa przedstawione poprzednio. Współpracuje z kwarcem o częstotliwości 3,579545MHz. Na uwagę zasługuje szeroki zakres napięć zasilających: 3...5,5V. Pobór prądu przy napięciu zasilania 3,3V nie przekracza 1mA.

Niewielki pobór mocy umożliwia zastosowanie kostki w układach zasilanych z linii telefonicznej. Oczywiście, wymaga to dość rozbudowanych obwodów sterowania i zasilania. Głębsza analiza możliwości i ograniczeń w tym zakresie będzie przedstawiona w artykule prezentującym kompletny licznik abonencki.

Prosty układ aplikacyjny przedstawiony jest na rysunku 5. Tym razem nie narysowano obwodów zabezpieczenia wejścia.

Wartość rezystorów wzmacniacza wejściowego jest doбирана stosownie do lokalnych poziomów sygnałów zaliczania, przy czym rezystancje R1 i R4 nie powinny być mniejsze niż 100kΩ.

Wejście SYSTEM (n. 15) pozwala wybrać częstotliwość:

L - 16kHz

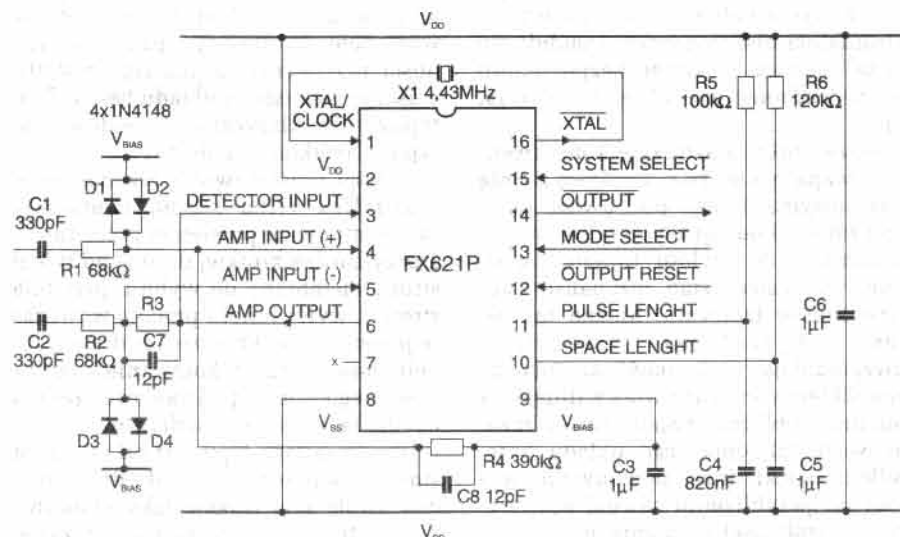
H lub NC - 12kHz

Układ ma dwa wyjścia.

Na wyjściu TONE FOLLOWER pojawiają się impulsy ujemne odpowiadające przychodzącym z linii sygnałom o wymaganej częstotliwości i amplitudzie.

Na wyjściu PACKET MODE stan niski pojawia się tylko wtedy, gdy sygnał zaliczania o wymaganych parametrach trwa dłużej niż 40ms; stan wysoki powraca samoczynnie po nieobecności sygnału w takim samym czasie. Wyjście to działa więc nieco inaczej niż w poprzednio omówionych kostkach.

Również tu wyjście PACKET ignoruje chwilowe wahania poziomu sygnału zaliczającego; wyjście to nie reaguje również na krótkie, przypadkowe sygnały nie będące impulsami zaliczania.



Rys. 4.

**FX641**

Układ ten zawiera dwa niezależne odbiorniki sygnałów zaliczania. Kostka może pracować w układzie o stałej czułości, ustalonej tak jak w poprzednich układach za pomocą rezystorów. Czułość może też być regulowana za pomocą sygnału cyfrowego podawanego przez wejście szeregowe.

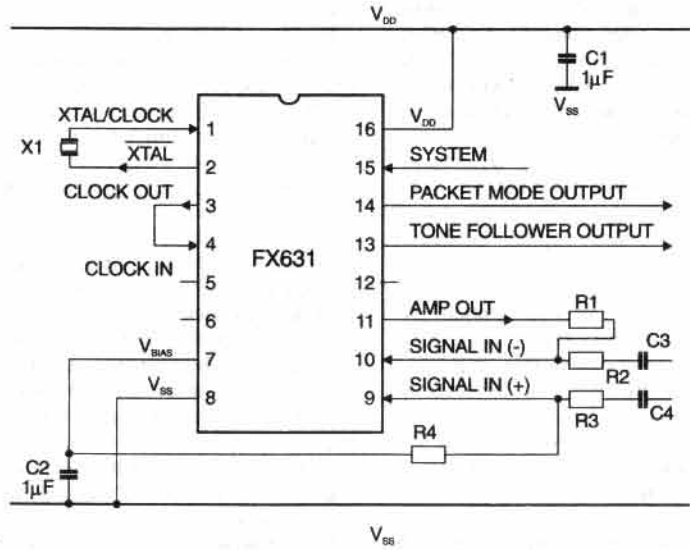
Wyjście każdego kanału może być wprowadzone w stan wysokiej impedancji, co umożliwia multipleksowanie w układzie z mikroprocesorem.

Kostka ta, przeznaczona do współpracy z systemami mikroprocesorowymi jest najbardziej skomplikowana spośród całej rodziny, pobiera też więcej prądu: typ. 4,5mA przy 5V.

W związku ze swoimi możliwościami układ ten jest stosowany przede wszystkim w mniejszych i większych centralach. Zastosowanie go w indywidualnych licznikach abonenckich nie jest celowe, choćby ze względu na cenę. Dlatego nie przedstawiamy schematu aplikacyjnego tej kostki.

**Podsumowanie**

Biorąc pod uwagę łatwość zastosowania i przydatność w warunkach amatorskich, najbardziej godny polecenia jest układ



Rys. 5.

FX631. Niskie napięcie zasilania, mały pobór prądu, niewielka liczba elementów zewnętrznych spowodowały, że ten właśnie układ został wybrany jako podstawa opracowanego abonenckiego licznika impulsów.

Szczegółowy opis tego licznika przedstawimy w jednym z następných numerów EP.

**Piotr Górecki**