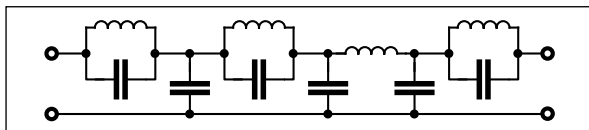


Nowoczesne filtry

Filtry były wykorzystywane od początku istnienia elektroniki, czyli od pojawienia się pierwszych odbiorników radiowych. Spośród sygnałów o różnych częstotliwościach trzeba było wydzielić składowe pożądane, a usunąć zbędne i przeszkadzające.

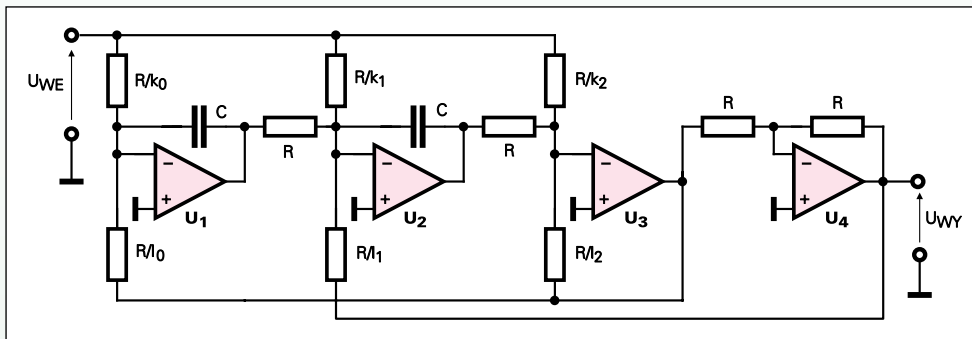
Kilkadziesiąt lat temu do budowy skutecznych filtrów wykorzystywano cewki (L) i kondensatory (C). Przykład filtru LC można zobaczyć na **rysunku 1**. Filtry zawierające tylko rezystory i kondensatory (filtry RC) okazywały się za mało skuteczne.



Rys. 1

Wynalezienie wzmacniacza operacyjnego wywołało przewrót także w dziedzinie filtrów. Na przykład wzmacniacz operacyjny i kilka elementów RC pozwala zbudować układ, który zachowuje się jak... cewka. Wykorzystując takie lub częściej jeszcze inne sposoby można budować bardzo skuteczne filtry dolno-, górno- i środkowoprzepustowe, itp., o dowolnej stromości zbroczy, nie zawierające cewek, a jedynie wzmacniacze operacyjne, rezystory i kondensatory. Są to tak zwane filtry aktywne. Przykładowy schemat filtru aktywnego pokazany jest na **rysunku 2**.

Rys. 2



Istnieją programy komputerowe, które pozwalają obliczać charakterystyki filtrów aktywnych bądź projektować je na podstawie zadanych parametrów. Oprócz specjalizowanych programów wykorzystywany jest do tego także popularny PSPICE.

Filtry aktywne o różnych konfiguracjach są wciąż chętnie stosowane w zakresie niższych częstotliwości, pozwalają bowiem wyeliminować

cewki, które dla małych częstotliwości musiałyby mieć znaczne wymiary i byłyby podatne na zakłócenia. Pewną wadą jest jednak konieczność stosowania rezystorów i kondensatorów o wąskiej tolerancji. Ponadto filtry aktywne nie mogą pracować przy wysokich częstotliwościach ze względu na ograniczone pasmo wzmacniaczy operacyjnych. Klasyczne wzmacniacze operacyjne stosowane są w filtrach aktywnych przy częstotliwościach roboczych do około 100kHz. Najnowsze współczesne wzmacniacze operacyjne umożliwiają budowę filtrów przeznaczonych do pracy w zakresie do co najwyżej 10MHz.

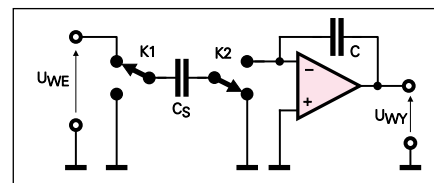
Pewnym krokiem w rozwoju było wprowadzenie tak zwanych filtrów z przełączanymi pojemnościami (SCF - switched capacitors filters). Jest to rodzaj filtrów aktywnych. W uproszczeniu można stwierdzić, że zmiany częstotliwości przełączania zmieniają nie pojemność kondensatora, tylko... zastępczą rezystancję obwodu. **Rysunek 3** pokazuje "przełączany" integrator, będący podstawą konstrukcji filtrów tego typu. W praktyce filtry z przełączanymi pojemnościami to układy scalone, nie wymagające żadnych elementów zewnętrznych. Zawierają wzmacniacze operacyjne, scalone kondensatory i przełączniki elektroniczne, które przełączają wewnętrzne przełączniki analogowe z dużą częstotliwością, wyznaczoną przez zewnętrzny zegar taktujący. Pozwala to przestrajac takie filtry

przez zmianę tej zewnętrznej częstotliwości taktującej, która musi być około 100-krotnie większa od częstotliwości roboczych filtru.

Klasyczne filtry aktywne ze wzmacniaczami operacyjnymi i zewnętrznymi elementami RC są obecnie szeroko stosowane. Powoli upowszechniają się także filtry z przełączanymi pojemnościami. Wytwórcy układów scalonych prezentują coraz to nowsze opra-

cowania, jednak filtry z przełączanymi pojemnościami mają istotne wady, przede wszystkim wysoki poziom szumów.

Ideałem byłoby scalenie klasycznych filtrów aktywnych. Niestety, nie daje się ich łatwo scalić, przede wszystkim ze względu na rezystory i kondensatory, których wartość musi być ściśle dobrana, by uzyskać potrzebne częstotliwości graniczne i kształt (stromość) charakterystyki filtru. Przy różnorodnych zastosowaniach producenci musieliby wypuścić na rynek tysiące odmian filtrów, różniących się parametrami. Jest to zupełnie nieopłacalne, dlatego do tej pory nie było, w pełni scalonych, uniwersalnych, analogowych filtrów aktywnych.



Rys. 3

Być może przełomem w tej dziedzinie będą nowe układy scalone ispPAC™ (in-system programmable Programmable Analog Circuit), wypuszczone na rynek pod koniec 1999 roku przez firmę Lattice, specjalizującą się od lat w produkcji cyfrowych układów programowalnych (PLD). Do wyprodukowanych pod koniec 1999r. serii uniwersalnych filtrów ispPAC10 oraz ispPAC20, dodała na początku roku 2000 ulepszony programowalny filtr piątego rzędu ispPAC80, pracujący z sygnałami do 500kHz. Choć filtr ispPAC zawiera kondensatory i klucze analogowe, nie jest to filtr z przełączanymi pojemnościami. Stan kluczy analogowych w czasie pracy się nie zmienia. Jest to więc najprawdziwszy monolityczny, całkowicie scalony, analogowy filtr aktywny. Można zaprogramować częstotliwość graniczną w zakresie 50...500kHz oraz dowolną charakterystykę, a właściwie dwie charakterystyki, które można potem zmieniać za pomocą sygnału cyfrowego.

Co bardzo istotne, podobnie jak znane wcześniej, cyfrowe układy isp (in-system programmable), nowe filtry mogą być programowane w systemie, czyli nawet po wlotowaniu układu scalonego w płytkę. Umożliwia to w razie potrzeby przeprogramowanie filtru już po finalnych testach urządzenia.

Ciąg dalszy na stronie 36.

Ciąg dalszy na stronie 36.

Układy scalone ispPAC80 są w istocie bardzo skomplikowane – w części analogowej oprócz wzmacniaczy operacyjnych i rezystorów zawierają 3000 elementarnych kondensatorów, które w sumie tworzą siedem kondensatorów, programowanych za pomocą kluczy analogowych (na razie, ze względu na niewielkie pojemności, nie można zaprogramować filtru na częstotliwość mniejszą niż 50kHz).

Inne klucze umożliwiają dobór wzmocnienia i korekcje napięć nierównoważenia.

Ustawienia kluczy sterowane są przez część cyfrową, zawierającą nieulotną pamięć EEPROM. 70-bitowa informacja umożliwia uzyskanie miliardów kombinacji, czyli miliardów różnych charakterystyk.

Opracowanie filtru o pożądanej charakterystyce zaczyna się od komputera, gdzie specjalny pakiet programowy (PAC-Designer) umożliwia zadanie parametrów i symulację różnych opcji. Podobne programy wykorzystywane są do projektowania klasycznych filtrów aktywnych; tu różnica po-

lega na szybkości realizacji – po zaprojektowaniu na ekranie, niezbędne dane programujące zostają natychmiast przesłane go kostki przy współpracy sprzętowego programatora ispPAC System Design Kit. Dzięki temu cały proces praktycznej realizacji filtru trwa kilka minut.

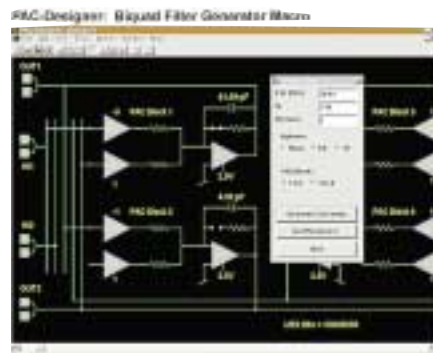
Rysunki 4..6 pokazują zrzuty z ekranu podczas projektowania.

Pakiet projektowy PAC-Designer można ściągnąć spod adresu www.latticesemi.com

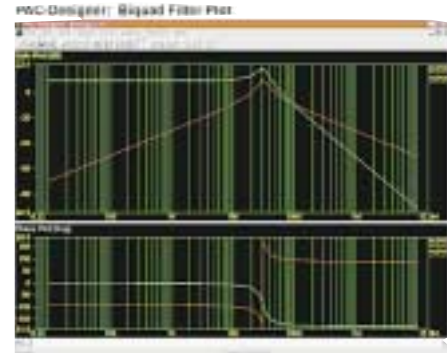
Piotr Górecki



Rys. 4



Rys. 5



Rys. 6