



*Dotychczasowe systemy przetwarzania A/C wymagały zazwyczaj stosowania trudnych w praktycznych realizacjach aktywnych filtrów analogowych lub filtrowaniu przetwarzanego sygnału cyfrowego przez procesory sygnałowe lub sprzętowe filtry cyfrowe. Analog Devices zaproponował inną drogę, wprowadzając na rynek pierwszy na świecie przetwornik A/C zintegrowany z programowanym filtrem cyfrowym.*

## **Nowa jakość w przetwarzaniu analogowo-cyfrowym**

Układy AD7725 są wspólnym opracowaniem firmy Analog Devices oraz brytyjskiej firmy Systolix, która zajmuje się zagadnieniami związanymi z cyfrową filtracją sygnałów. To właśnie w jej laboratoriach opracowano niezwykle nowoczesny sposób filtrowania sygnałów przetworzonych do postaci cyfrowej, który oparto na sieci konfigurowalnych komórek obliczeniowych. Sieć ta nosi nazwę *PulseDSP*.

Na **rys. 1** przedstawiono sieć *PulseDSP*, a na **rys. 2** widoczna jest budowa pojedynczej komórki konfigurowalnej. Jej najważniejszym elementem jest konfigurowalny ALU (ang. Arithmetic Logic Unit), które realizuje ustalone przez użytkownika

operacje logiczne i arytmetyczne (przede wszystkim mnożenie) na obrabianych danych. Na wejściach argumentów ALU zastosowano bardzo rozbudowany system lokalnego sterowania przepływem danych, dzięki któremu możliwy jest ich bardzo swobodny dobór, w zależności od wymagań stawianych filtrowi.

Dane przetwarzane (właściwie filtrowane) w matrycy *PulseDSP* są w razie potrzeby magazynowane w lokalnych rejestrach komórek, dzięki czemu wypadkowa wydajność takiego filtru jest bardzo wysoka. Według danych firmy Systolix, filtrujące matryce *PulseDSP* mogą być stosowane także do filtracji sygnałów telewizyjnych. Maksymalna

szybkość pracy matrycy *PulseDSP* dochodzi do 400mln MAC/s (ang. Million Accumulates per second).

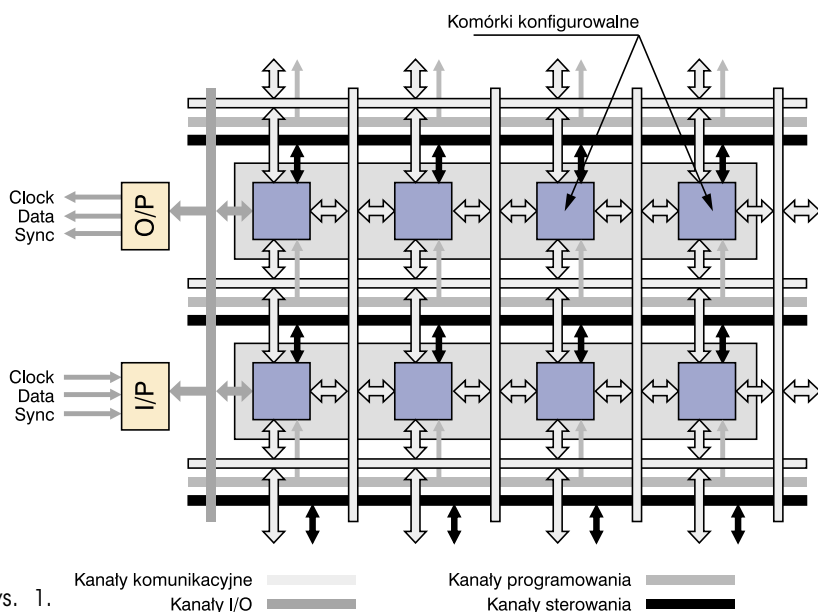
Najpoważniejszymi zaletami filtrów wykonywanych w technologii *PulseDSP* są:

- jak już wcześniej wspomniałem - duża szybkość pracy i wynikająca z tego faktu możliwość filtrowania szybkich sygnałów,
- możliwość korygowania charakterystyki przetwarzania toru obróbki sygnału,
- łatwość kształtowania charakterystyki filtracji (amplitudowej i fazowej),
- możliwość modyfikacji parametrów filtru cyfrowego podczas pracy filtru, dzięki czemu można budować filtry samoadaptujące,
- relatywnie niska cena realizacji filtru,
- łatwa skalowalność matrycy filtrującej w zależności od wymagań docelowej aplikacji,
- dobre parametry filtracji.

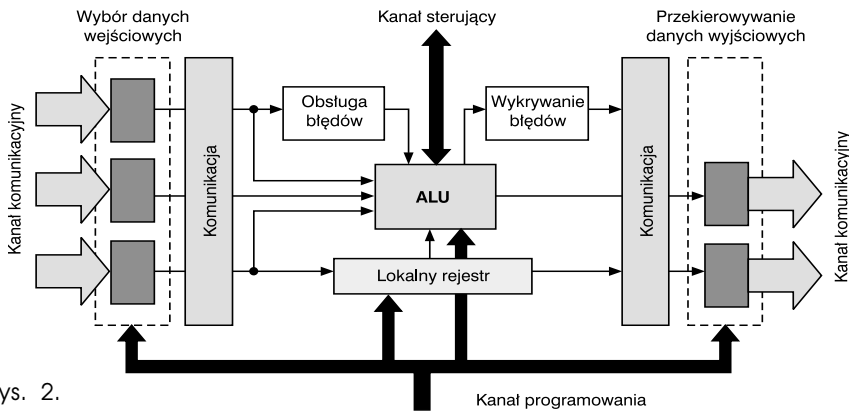
Ponieważ ręczne zaprojektowanie sposobu przesyłania i obróbki danych w matrycy komórek *PulseDSP* jest bardzo trudne, Systolix opracował specjalny system CAD, który nazwano SDS (ang. Systolix Design System). Nie jest on jeszcze dostępny na rynku, ale producent zapowiada, że narzędzie to będzie udostępnione bezpłatnie na stronie WWW.

### **Narzędzia do PulseDSP**

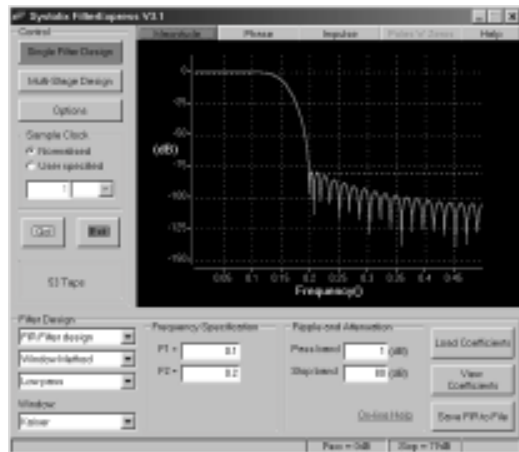
Tymczasem jest oferowane - także bezpłatnie! - nieco prostsze oprogramowanie, umożliwiające poznanie właściwości cyfrowych filtrów



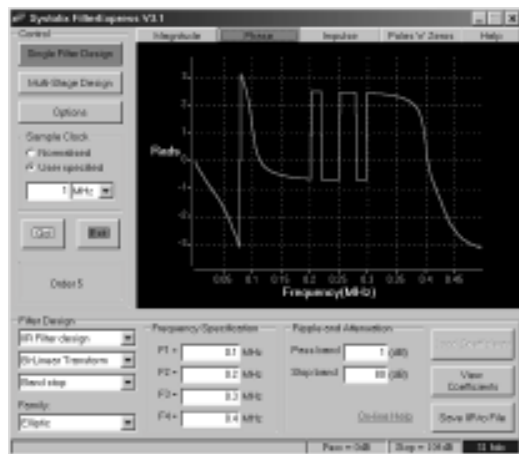
Rys. 1.



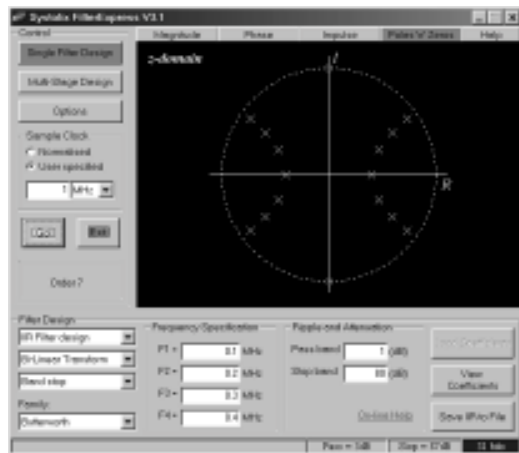
Rys. 2.



Rys. 3.



Rys. 4.



Rys. 5.

różnego rodzaju. Program ten nazywa się Systolix FilterExpress. Można go bezpłatnie ściągnąć ze strony producenta lub zainstalować z płyty CD-EP10/2000. Uaktywnienie jego wszystkich możliwości wymaga zarejestrowania się na internetowej stronie firmy Systolix, w odpowiedzi na co wysyłany jest e-mail z plikiem licencyjnym, który należy wgrać do głównego katalogu systemu Windows. Najczęściej jest to \Windows.

Program Systolix FilterExpress służy do projektowania i analizy jedno- i wielostopniowych filtrów FIR i IIR, czyli tych, które są najczęściej implementowane w systemach DSP. Jest to dość efektywne narzędzie, za pomocą którego można przeanalizować wpływ modyfikacji parametrów filtru na jego charakterystyki: amplitudową (rys. 3), fazową (rys. 4) i rozmieszczenia biegunów (rys. 5). Możliwe jest ponadto „podglądanie” wpływu rozdzielczości próbki sygnału wejściowego na jakość filtracji (rys. 6), można także sprawdzić, jakie wartości mają współczynniki FIR poszczególnych stopni (rys. 7).

Tak więc, pomimo braku „przełożenia” działania programu Systolix FilterExpress na aplikację, jest to doskonałe narzędzie edukacyjne.



Rys. 6.

**PulseDSP w AD**

Po skrótowym zapoznaniu się z zaletami programowalnych matryc PulseDSP wróćmy do omówienia układu AD7725, który - jak już wspomniałem - jest pierwszym na świecie przetwornikiem A/C zintegrowanym z programowalnym filtrem cyfrowym. Jego wewnętrzną budowę pokazujemy na rys. 8.

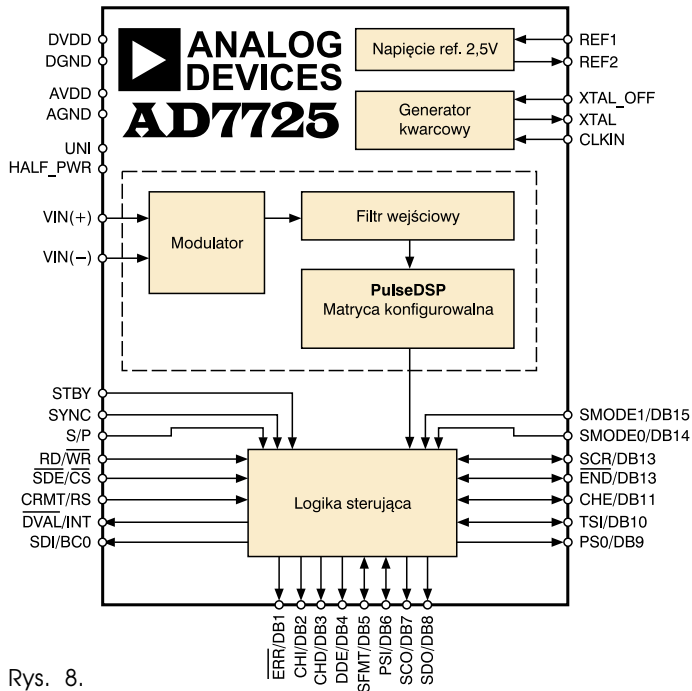
Sygnał analogowy jest przetwarzany do postaci cyfrowej w 16-bitowym przetworniku A/C. Przetworzony sygnał jest wstępnie filtrowany w 3-stopniowym filtrze FIR, a następnie kierowany na wejście matrycy PulseDSP, w skład której wchodzi aż 108 modułów konfigurowalnych. Można je skonfigurować jako filtr dolno-, górno- lub pasmowo-zaporowy, a także jako pasmowo-zaporowy. Tak skonstruowany tor sygnałowy może obrabiać sygnały o maksymalnej częstotliwości 460kHz, przy częstotliwości próbkowania (dla słów 16-bitowych) ok. 1,2MHz. W przypadku, gdy użytkownik nie chce korzystać z filtru konfigurowalnego, może wykorzystać zamiast niego czwarty filtr typu FIR o parametrach ustalonych przez producenta.

Ponieważ rejestry układu AD7725 odpowiadające za konfigu-



Rys. 7.



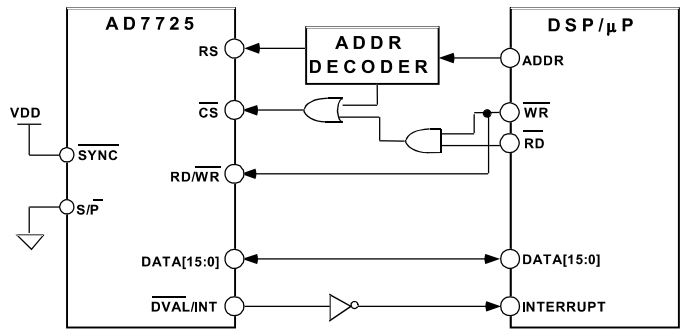


Rys. 8.

rację komórek *PulseDSP* są typu SRAM, wymagają każdorazowo po włączeniu zasilania wprowadzenia od nowa danych. Proces ten może się odbywać automatycznie (odczyt danych z zewnętrznej pamięci ROM, EPROM, EEPROM) poprzez interfejs szeregowy lub równoległy. Istnieje także możliwość zmiany konfiguracji filtra poprzez wybrany przez użytkownika interfejs w czasie pracy systemu. Na rys. 9 znajduje się

przykładowy schemat konfiguracji równoległej układu AD7725 przez standardowy mikrokontroler.

Projektowanie urządzeń z wykorzystaniem prezentowanego układu wymaga zastosowania specjalizowanych narzędzi programowych, za pomocą których będą tworzone pliki konfiguracyjne (długość pojedynczego pliku konfiguracyjnego dla układu AD7725 wynosi 8064 bity) dla ustalonych przez użytkownika



Rys. 9.

charakterystyk i parametrów filtrów. Niestety, w chwili pisania tego artykułu AD nie podał bliższych danych na ten temat - program ten jest najprawdopodobniej cały czas opracowywany.

**Andrzej Gawryluk, AVT**

*Czytelnikom zainteresowanym prezentowanym w artykule układem i technologią PulseDSP polecam następujące strony WWW:*

- [www.systolix.co.uk](http://www.systolix.co.uk),
- [www.systolix.co.uk/support/download/fe\\_3v1.exe](http://www.systolix.co.uk/support/download/fe_3v1.exe),
- [www.analog.com/pdf/AD7725\\_p.pdf](http://www.analog.com/pdf/AD7725_p.pdf),
- [www.filtersynthesis.com](http://www.filtersynthesis.com).

*Program Systolix FilterExpress oraz nota katalogowa układu AD7725 znajdują się na płycie CD-EP10/2000 w katalogu \PulseDSP.*