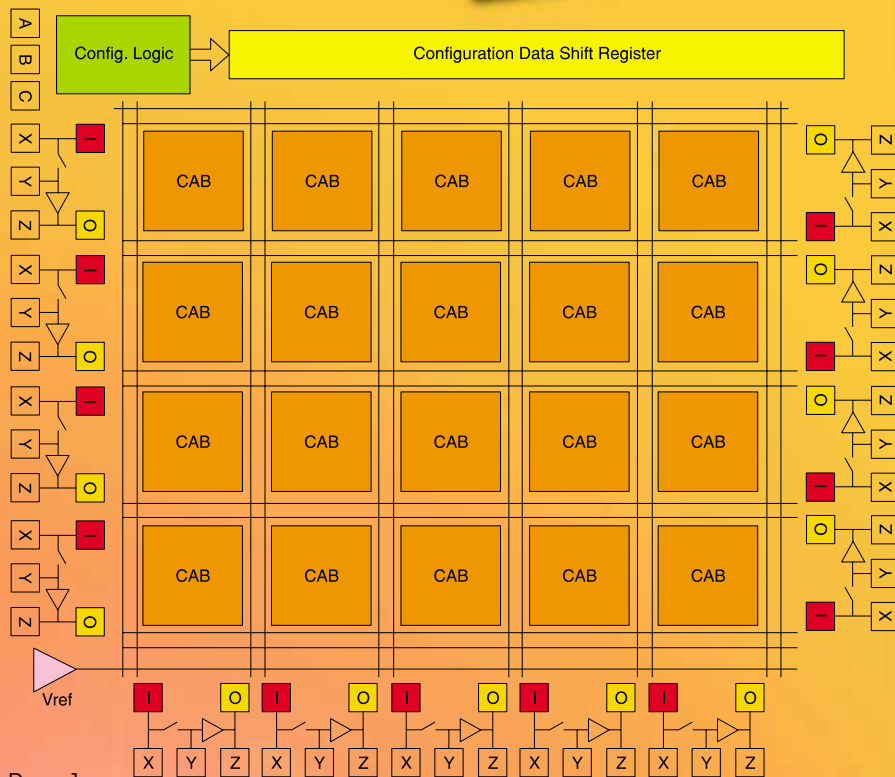


Analogowe FPGA

Tak naprawdę, w ofercie firmy Anadigm znajduje się obecnie tylko jeden analogowy układ programowalny oznaczony symbolem AN10E40. W nomenklaturze producenta układy z planowanej do wdrożenia rodziny AN10E należą do tzw. FPAA, czyli *Field-Programmable Analog Array*, których wewnętrzna budowa przypomina budowę klasycznych układów FPGA, co doskonale widać na rys. 1. Nieprzypadkowo zastosowane w nich rozwiązania przypominają nieco rozwiązania stosowane w analogowych układach programowalnych wdrażane niegdyś przez firmę Motorola - większość projektantów tych układów pracuje obecnie w firmie Anadigm.

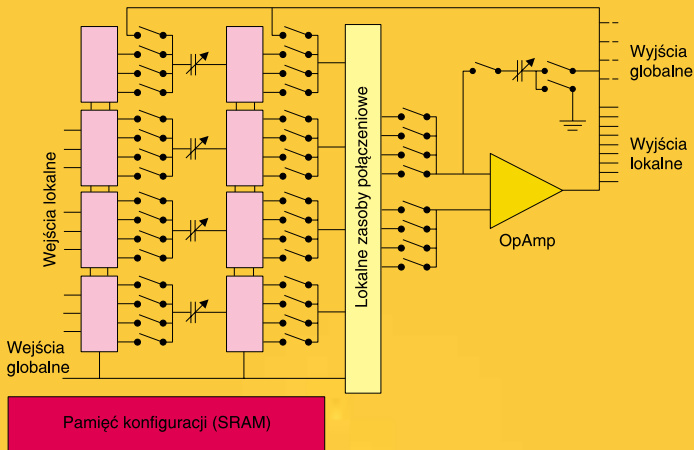


Rys. 1.

Podobieństwo architektury układów prezentowanych w artykule do architektury układów FPGA już na pierwszy rzut oka jest bardzo duże, ale zarówno obszar aplikacji jak i działanie tych układów są zupełnie różne. Analogowe układy programowalne dopiero raczkują i dotychczas nie ustalił się żaden standard ich architektury. Mamy więc niepowtarzalną okazję obserwować ich rozwój i śledzić pomysły producentów. Po wcześniejszej prezentacji układów ispPAC firmy Lattice tym razem zajmiemy się układami firmy Anadigm.

Analogowe układy programowalne firmy Anadigm





Rys. 2.

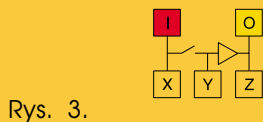
Za obróbkę sygnałów analogowych w układzie odpowiadają konfigurowalne bloki analogowe CAB (*Configurable Analog Blocks*) ułożone w matrycę o wymiarach 4x5. Komunikację pomiędzy tymi blokami zapewniają podwójne pionowe i poziome globalne linie sygnałowe oraz znaczna liczba linii lokalnych, które umożliwiają przesyłanie sygnałów w dowolnym kierunku. Do linii globalnych są dołączane także wejścia i wyjścia komórek I/O, których w układzie AN10E40 jest 13.

Budowę komórki CAB pokazano na rys. 2. Jej podstawowym elementem jest szybki wzmacniacz operacyjny (szybkość narastania sygnału na wyjściu wynosi 20V/μs, pasmo przenoszenia 5MHz), w którego pętłę sprzężenia zwrotnego włączono szereg kluczowanych pojemności. Spełniają one w układzie rolę konfigurowanych elementów reaktancyjnych, których wartość zależy od częstotliwości. Dzięki takiemu sposobowi konfigurowania bloków CAB, parametry fazowo-

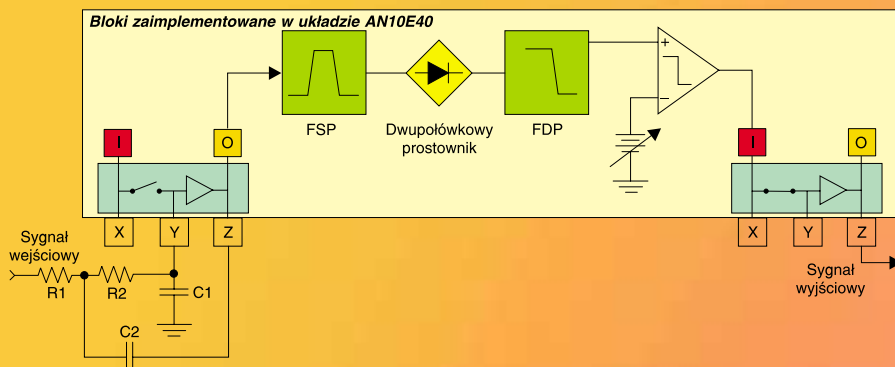
częstotliwościowe każdego z nich można modyfikować w szerokim zakresie wartości. Pojemność kondensatorów jest regulowana z rozdzielczością 8-bitową, a informacje o nastawach są przechowywane w wewnętrznej pamięci SRAM. Klucze przełączające kondensatory są sterowane z jednej z czterech wewnętrznych linii zegarowych, dla których niezależnie można ustalić stopień podziału (w zakresie 1:1...62 z krokiem 2) częstotliwości podawanej na specjalne wyprowadzenie wejściowe. Maksymalna częstotliwość sygnału zegarowego podawanego na to wejście nie powinna przekraczać 20MHz.

Ponieważ układ AN10E40 jest przystosowany do zasilania napięciem asymetrycznym, do prawidłowej pracy wzmacniacza operacyjnego konieczne było wyposażenie układu w źródło napięcia referencyjnego o wartości równej połowie napięcia zasilania. Zostało ono wykorzystane także do wytworzenia pomocniczego napięcia odniesienia, którego wartość można programować z rozdzielczością 8 bitów.

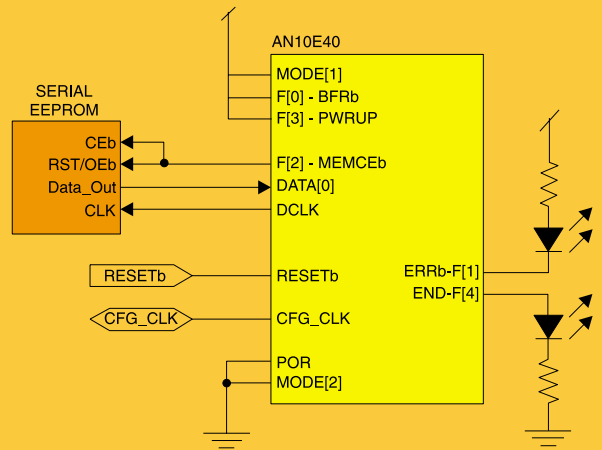
Interesująca jest budowa komórek wejściowo-wyjściowych (rys. 3), których podstawowym zadaniem



Rys. 3.



Rys. 4.



Rys. 5.

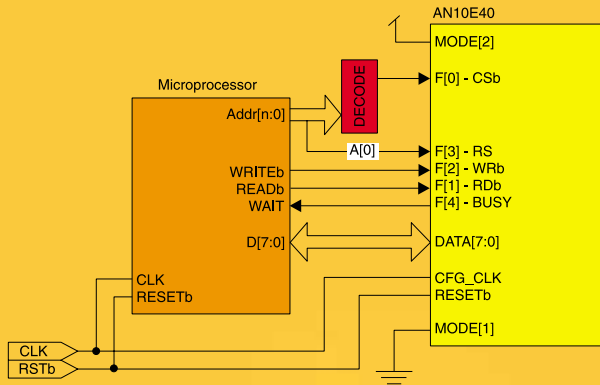
jest umożliwienie komunikacji wnętrza układu z otoczeniem. Wyprowadzenia X, Y i Z są dołączone do fizycznych wyprowadzeń układu i spełniają (odpowiednio) funkcje: wejścia uniwersalnego, wejścia bufora i wyjścia bufora. Wyprowadzenia oznaczone jako I i O znajdują się we wnętrzu układu i służą do dołączenia komórki wejściowo-wyjściowej do wewnętrznych linii komunikacyjnych.

Najczęściej stosowane konfiguracje komórki wejściowo-wyjściowej pokazano na rys. 4. W przypadku skonfigurowania jej jako bufora wejściowego klucz łączący wyprowadzenia X i Y jest rozarty, a sygnał wejściowy należy podać do wyprowadzenia Y. Z kolei, gdy komórka wejściowo-wyjściowa pracuje jako bufor wyjściowy, sygnał z wnętrza układu jest podawany na wyprowadzenie I, przez zwarty klucz analogowy na wejście bufora i dalej na wyjście Z.

Taka budowa makrokomórek wejściowo-wyjściowych zapewnia ich dużą elastyczność i wynikającą

Krótką charakterystyka układu AN10E40:

- × technika obróbki sygnałów analogowych oparta na kluczowanych kondensatorach,
- × 20 konfigurowalnych komórek analogowych,
- × 13 konfigurowalnych komórek wejściowo-wyjściowych,
- × 22 globalne linie połączeniowe,
- × wbudowane źródło programowanego napięcia referencyjnego,
- × pamięć konfiguracji typu SRAM,
- × cztery niezależnie programowane sygnały zegarowe,
- × maksymalna częstotliwość zewnętrznego sygnału zegarowego: 20MHz,
- × zakres napięć wejściowych: 0...5V,
- × napięcie zasilania: 5V lub ±2,5V,
- × maksymalny pobór prądu: 120mA,

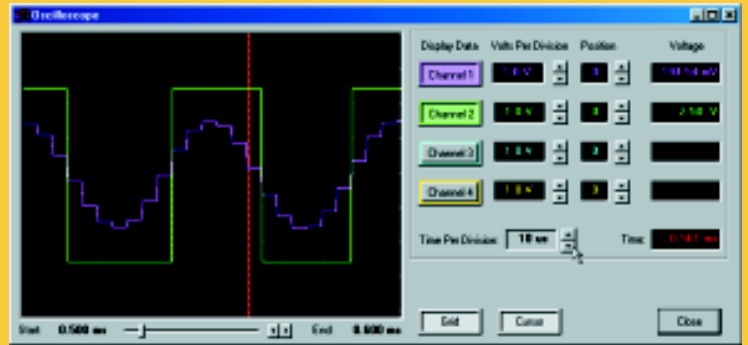


Rys. 6.

z niej możliwość budowania prostych układów filtrujących bez konieczności wykorzystywania wewnętrznych zasobów układu. Za sterowanie kluczami oraz przechowywanie sygnałów konfiguracyjnych pozostałych elementów układu odpowiada wbudowana w układ pamięć konfiguracyjna.

Jak już wspomniano, jest to pamięć typu SRAM, której zawartość „znika” po wyłączeniu zasilania. W związku z tym każdorazowo po jego włączeniu konieczne jest odtworzenie zawartości tej pamięci, co jest możliwe dwoma sposobami:

- za pomocą pamięci ROM/EPROM z interfejsem szeregowym, której zawartość odczytuje specjalny interfejs wbudowany w układ AN10E40 (rys. 5),
- za pomocą mikrokontrolera, który konfigurację układu wpisuje przez 8-bitowy, równoległy port danych, jak to pokazano na rys. 6.

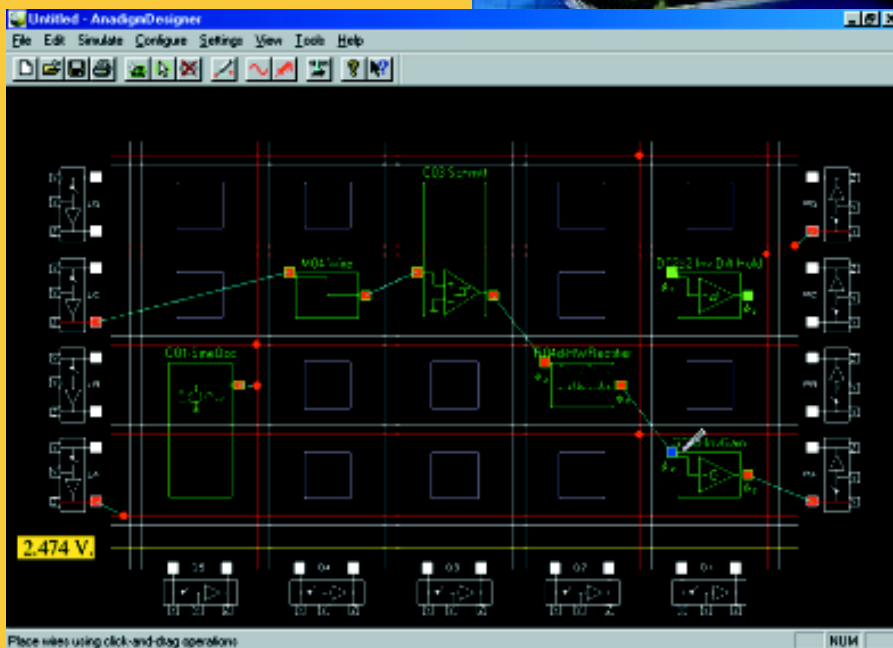
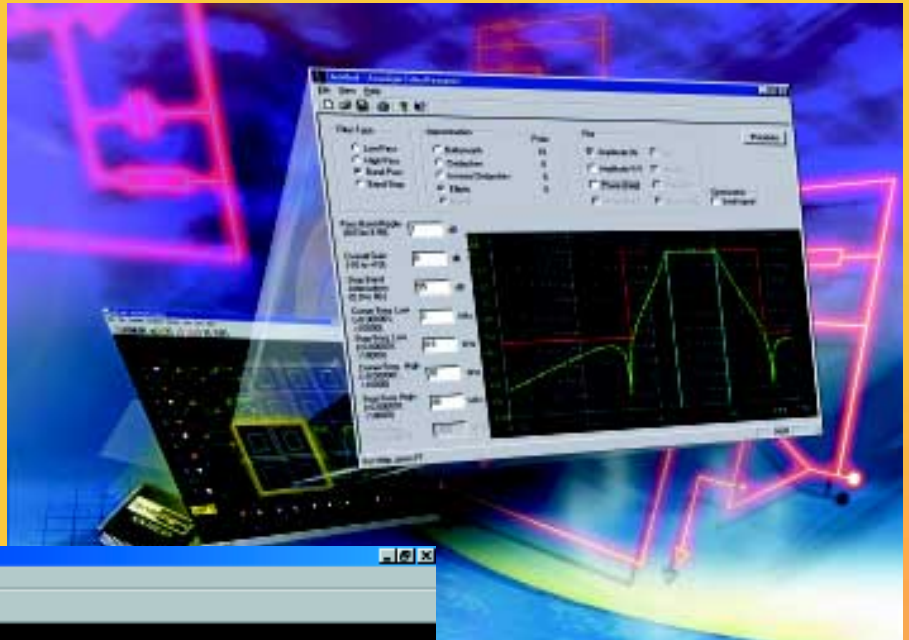


Rys. 8.

Dzięki zastosowaniu takich sposobów odtwarzania zawartości pamięci konfiguracyjnej, parametry torów analogowych zaimplementowanych w układzie można modyfikować „w locie”, dostosowując je do bieżących wymagań aplikacji.

Projektowanie

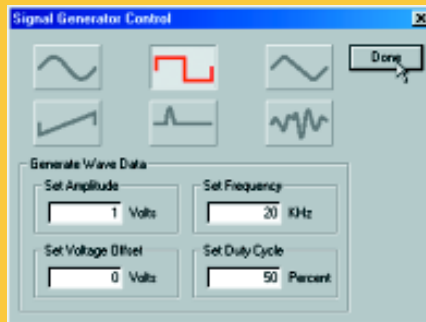
Anadigm przygotował specjalne oprogramowanie narzędziowe *Anadigm Designer*, za pomocą którego można bardzo łatwo przygotowywać rozbudowane projekty bez konieczności zgłębiania tajników ar-



Rys. 7.

chitektury układów. Oprogramowanie jest udostępniane bezpłatnie, wymaga tylko zarejestrowania się na stronie internetowej producenta. W odpowiedzi przesyłane jest e-mailem hasło umożliwiające poprawne zainstalowanie programu.

Na rys. 7 pokazano główne okno programu, w którym jest wyświetlona „makieta” wnętrza układu AN10E40. Konfigurowanie bloków CAB nie wymaga ręcznej modyfikacji parametrów sterowania każdego zespołu kondensatorów, ponieważ producent przygotował wiele konfigurowalnych bloków IP (*Intellectual Property*). Zawierają one, możliwe do zrealizowania na wzmacniaczach operacyjnych, analogowe blo-



Rys. 9.



Rys. 10.

ki funkcjonalnych, w tym różnego rodzaju filtry, prostowniki, wzmacniacze, źródła napięcia itp. Są one dostarczane wraz z oprogramowaniem bezpłatnie, a pełna ich lista znajduje się na stronie internetowej producenta pod adresem: <http://www.anadigm.com/function-library.html>.

Anadigm Designer wyposażono w symulator umożliwiający symulację zaprojektowanego układu, widok okna symulatora pokazano na rys. 8. Do dyspozycji projektanta są cztery wirtualne sondy oscyloskopowe umożliwiające podglądanie do czterech sygnałów (w wybranych punktach) jednocześnie, a także maksymalnie cztery źródła sygnałów wymuszających. Można stosować różne sygnały o predefiniowanych kształtach (rys. 9) i ustawianych parametrach. Istnieje także możliwość zdefiniowania przebiegu o dowolnym kształcie.

Dodatkową pomocą dla projektanta, dostępną w najnowszej wer-

sji oprogramowania (począwszy od 1.2.4) jest wbudowany program *Filter Designer* (rys. 10), za pomocą którego można graficznie zdefiniować niemal dowolną charakterystykę filtru, a następnie wygenerować opis konfiguracji układu AN10E40 w oparciu o standardowo dostępne moduły IP. Nie jest to, co prawda, całkowicie zautomatyzowany proces projektowania, ale i tak projektowanie filtrów o skomplikowanych

lub optymalizowanych charakterystykach jest za pomocą *Filter Designera* znacznie łatwiejsze niż „ręcznie“.

Projekt po symulacji można podać kompilacji, w wyniku której powstają pliki (w zależności od wyboru użytkownika): binarne, w formacie Motorola S1, Motorola S2 lub AHF. *Anadigm Designer* umożliwia także przesłanie pliku konfiguracyjnego przez port szeregowy bezpośrednio do pamięci konfiguracyjnej zestawu ewaluacyjnego opracowanego przez producenta.

Andrzej Gawryluk, AVT

Dodatkowe informacje

Dodatkowe informacje oraz oprogramowanie Anadigm Designer (wraz z Filter Designerem) można znaleźć w Internecie pod adresami:

- <http://www.anadigm.com/AD1.2.4-FD1.5.1.exe>,
 - <http://www.anadigm.com/anadigmdesigner.pdf>,
- a także na płycie CD-EP3/2002B.

Dystrybutorem firmy Anadigm w Polsce jest Future Electronics, tel. (22) 618-92-02, <http://www.futureelectronics.com>.