

Układy FPGA kojarzą się - i słusznie - wyłącznie z techniką cyfrową. Okazuje się jednak, że ideę FPGA można wykorzystać także w technice analogowej, czego przykładem są układy Field Programmable Analog Array opracowane i produkowane przez firmę Anadigm.

AnadigmVortex

Analogowe FPGA firmy Anadigm

Pierwszą generację układów FPA-A (składała się ona przez długi czas z jednego tylko typu układu - AN10E40) prezentowaliśmy na łamach EP dwukrotnie, przede wszystkim jako ciekawostkę i jednocześnie potencjalną konkurencję dla analogowych układów programowalnych firmy Lattice (seria ispPAC). O ile od pewnego czasu Lattice wyraźnie przyhamował prace nad swoimi programowalnymi układami analogowymi, to Anadigm szybko rozwinął gamę oferowanych produktów, wprowadzając do sprzedaży m.in. układy FPAA z możliwością dynamicznej rekonfiguracji.

Pierwowzór układów FPAA - wspomniany wcześniej AN10E40 - jest nadal produkowany, ale firma Anadigm szczególnie promuje układy nowej generacji, które są nazwane AnadigmVortex.

FPAA drugiej generacji

Najważniejszą modyfikacją wprowadzoną do architektury układów AnadigmVortex są w pełni różnicowe tory przetwarzania sygnałów, dzięki czemu odstęp sygnału od szumu wzrósł z 65 dB do 80 dB (a nawet do 100 dB w zakresie częstotliwości audio), a odporność na zakłócenia skrośne wzrosła z 55 dB aż do 70 dB. Większe możli-

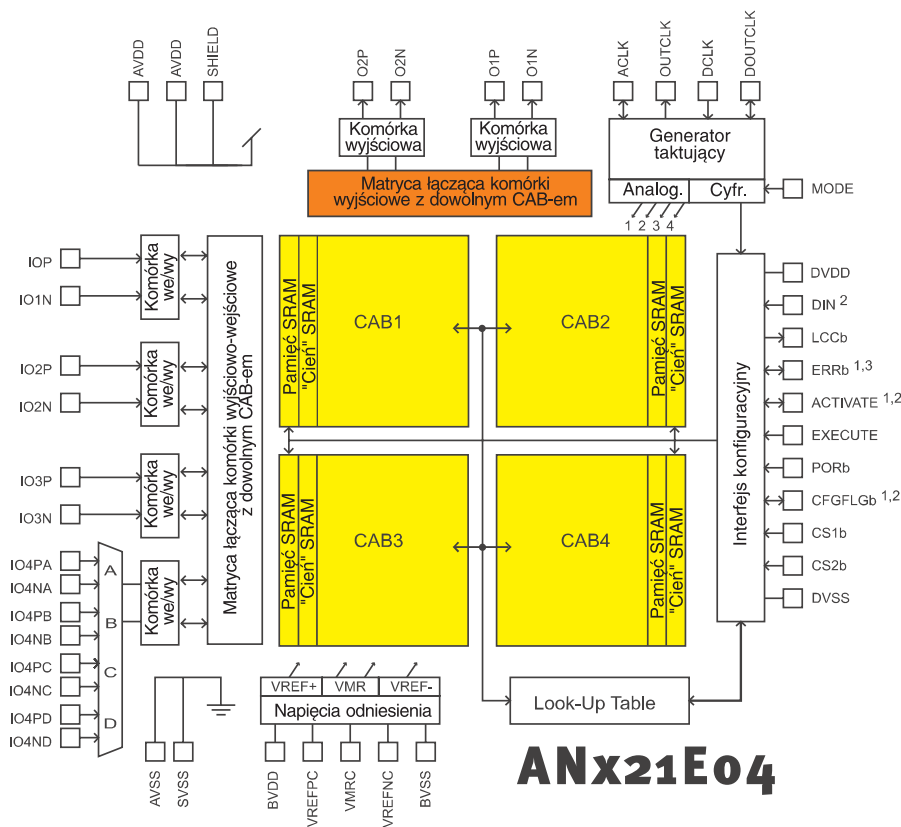
wości oferuje użytkownikowi także nowy konfigurowalny moduł analogowy CAB (*Configurable Analog Block* - rys. 1), w którym zintegrowano dwa wzmacniacze operacyjne z różnicowymi wejściami i wyjściami, szybki komparator analogowy, osiem podwójnych konfigurowalnych zespołów przełączanych kondensatorów, a także programowaną tablicę stałych wartości (podobną do klasycznej *look-up-table* z FPGA) - stosowaną do przechowywania wartości korygujących parametry toru przetwarzania sygnału lub wartości próbek dla generatorów przebiegów arbitralnych, rejestr SAR (*Successive Approximation Register*) i programowany licznik.

Dzięki unowocześnieniu wewnętrznej budowy układów AnadigmVortex, możliwe do uzyskania pasmo przenoszenia wynosi 0...2 MHz, przy maksymalnej górnej częstotliwości przenoszenia układu AN10E40 wynoszącej 250 kHz.

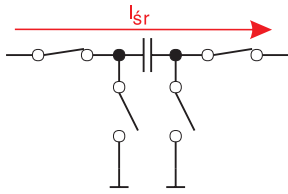
Jak działają FPAA?

Rodzina AnadigmVortex składa się obecnie z pięciu układów, przy czym są to w rzeczywistości trzy układy istotnie różniące się wewnętrzną budową, a dwa pozostałe typy powstały dzięki drobnym modyfikacjom wewnętrznej architektury „dużych” wersji. W wersjach uproszczonych usunięto 8-bitowy rejestr SAR, zmodyfikowano także analogowy multiplexer służący do przełączania sygnałów zewnętrznych (tab. 1).

Układy FPAA opierają swoje działanie na kluczowanych kondensatorach, które spełniają rolę rezystorów o programowanej rezystancji. Kondensatory pracują w układzie czterokluczowym (rys. 2), a średni prąd „przepływający”



Rys. 1. Schemat blokowy układów ANx21E04



Rys. 2. Budowa „rezystora” wykonanego na kluczowanym kondensatorze

przez kondensator jest zależny od częstotliwości kluczowania i wzajemnego stosunku czasów otwarcia/zamknięcia kluczy włączonych szeregowo i równoległe z kondensatorem. „Rezystancja” takiego elementu w układach FPAA wynosi:

$$R = T/C$$

gdzie T - okres kluczowania, C - pojemność kondensatora.

W stosunku do klasycznych rezystorów, zastosowane w FPAA rozwiązanie dynamiczne zapewnia lepsze parametry elementów: tolerancja wartości dochodzi do ±1%, różnice pomiędzy wartościami elementów nominalnie identycznych nie przekraczają ±0,1%, lepsza jest także stabilność temperaturowa.

FPAA w torze obróbki sygnału

Uniwersalna budowa bloków CAB pozwala za ich pomocą wykonać wszelkie operacje analogowe na obrabianych sygnałach. Można więc stworzyć w prezentowanych układach sieci wzmacniaczy (także PGA, VCA i podobnych), aktywne ograniczniki napięcia (także o programowanej charakterystyce), różne-

go rodzaju filtry o programowanych parametrach i charakterystykach, analogowe regulatory (łącznie z pętłami PID), przesuwniki fazy, przetworniki A/C (układy z wbudowanymi rejestrami SAR) itp. Użytkownicy mają do dyspozycji - w zależności od wersji - 4 wejścia różnicowe/2 wyjścia różnicowe i cztery moduły CAB (układy ANx20E04 oraz ANx21E04) lub 2/4 konfigurowalne wejścia/wyjścia, dwa wyjścia różnicowe i dwa moduły CAB (układ AN221E02).

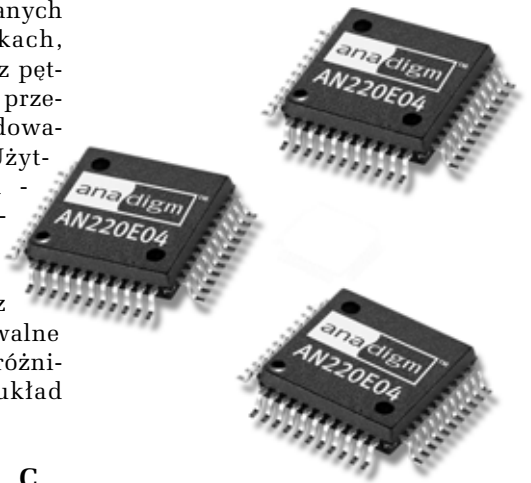
Rekonfiguracja w języku C

Układy AnadigmVortex każdorazowo po włączeniu zasilania trzeba skonfigurować, do czego zazwyczaj jest wykorzystywana zewnętrzna pamięć nieulotna z wyjściem

Rekonfiguracja dynamiczna...
...to możliwość zmiany konfiguracji układu (czyli realizowanej funkcji lub parametrów) podczas jego pracy. „Dynamiczność” rekonfiguracji oznacza, że w jej trakcie układ pracuje normalnie.

szeregowym. To w niej są przechowywane dane zawierające binarny opis projektu implementowanego w FPAA.

Trzy z pięciu układów AnadigmVortex są przystosowane do przeprowadzania dynamicznej rekonfiguracji (AN221E02, AN220E04 i AN221E04), co jest możliwe dzięki wbudowaniu w ich struktury pamięci „cieni”, oddzielnych dla każdego bloku CAB. Są w nich przechowywane „następne” konfiguracje, przeładowywane do głów-



Fot. 3. Wygląd układów AN220E04

nej pamięci konfiguracji w chwili, gdy jest zmieniana funkcjonalność układu lub parametry zaimplementowanego w nim toru przetwarzania sygnału. Przepisanie zawartości pamięci „cienia” do pamięci konfiguracji wymaga zaledwie jednego cyklu wewnętrznego zegara, podczas gdy wpisanie danych konfiguracyjnych do pamięci wymaga co najmniej 1,8 μs, a może trwać nawet do 120 μs. Tak długie czasy rekonfiguracji praktycznie uniemożliwiają wykorzystywanie jej do kontekstowego konfigurowania układu. Wykorzystanie pamięci „cienia” problem ten całkowicie rozwiązało.

Do rozwiązania pozostaje drugi problem - w jaki sposób wpisywać do pamięci FPAA dane niezbędne do przeprowadzenia jego dynamicznej rekonfiguracji? Jest to, oczywiście

Tab. 1

Parametr	AN221E02	AN120E04	AN121E04	AN220E04	AN221E04
Napięcie zasilania [V]	5	5	5	5	5
Pasma/SNR	0...2 MHz/>70 dB	0...2 MHz/>70 dB	0...2 MHz/>70 dB	0...2 MHz/>70 dB	0...2 MHz/>70 dB
Rodzaj wejść/wyjść	Symetryczne/asymetryczne	Symetryczne/asymetryczne	Symetryczne/asymetryczne	Symetryczne/asymetryczne	Symetryczne/asymetryczne
Matryca CAB	2x1	2x2	2x2	2x2	2x2
Zasoby CAB	2 wzmacniacze operacyjne, 8x podwójna matryca kluczowanych kondensatorów, 8-bitowy SAR, komparator	2 wzmacniacze operacyjne, 8x podwójna matryca kluczowanych kondensatorów, 8-bitowy SAR, komparator	2 wzmacniacze operacyjne, 8x podwójna matryca kluczowanych kondensatorów, 8-bitowy SAR, komparator	2 wzmacniacze operacyjne, 8x podwójna matryca kluczowanych kondensatorów, 8-bitowy SAR, komparator	2 wzmacniacze operacyjne, 8x podwójna matryca kluczowanych kondensatorów, 8-bitowy SAR, komparator
Wyposażenie dodatkowe	LUT, programowany licznik, 8-bitowy przetwornik A/C	LUT, programowany licznik	LUT, programowany licznik, 8-bitowy przetwornik A/C	LUT, programowany licznik	LUT, programowany licznik, 8-bitowy przetwornik A/C
Rekonfiguracja	Statyczna i dynamiczna	Statyczna	Statyczna	Statyczna i dynamiczna	Statyczna i dynamiczna



Fot. 4. Zestaw startowy dla układów FPAA

cie, zadanie dla zewnętrznego mikrokontrolera, który dane konfiguracyjne do układu FPAA wprowadza przez 6-przewodowy interfejs szeregowy. Firma Anadigm przygotowała niebagatelne wsparcie dla projektantów aplikacji korzystających z dynamicznej rekonfiguracji: program narzędziowy AnadigmDesigner 2 potrafi automatycznie generować kod dla mikrokontrolera (zapisany w języku C), który zawiera wszystkie dane i procedury niezbędne do przeprowadzenia rekonfiguracji.

Narzędzie

Podstawowym i w zasadzie jedynym, narzędziem służącym do projektowania aplikacji na układach FPAA jest windowsowy program AnadigmDesigner 2. Ma on intuicyjny interfejs użytkownika i pozwala „budować” tor obróbki sygnału za pomocą mechanizmu *Drag&Drop*. Program wyposażono w kreator regulatorów PID (*AnadigmPID*) oraz *AnadigmAssistant*, który służy do projektowania zaawansowanych analogowych systemów regulacyjnych oraz filtrów. Zaletą programu jest możliwość symulowania działania zaprojektowanego układu. Efektem działania AnadigmDesigner a jest m.in. plik binarny lub szesnastkowy zawierający dane z opisem konfiguracji (służy

do zaprogramowania pamięci nieulotnej) lub wcześniej wspomniany kod w języku C.

AnadigmDesigner 2 jest dostępny w 60-dniowej wersji ewaluacyjnej, o możliwościach identycznych z wersją komercyjną, dzięki czemu Czytelnicy zainteresowani układami FPAA mogą samodzielnie zapoznać się z ich możliwościami.

Podsumowanie

Układy AnadigmVortex są interesująca alternatywą dla klasycznych, zazwyczaj dyskretnych, rozwiązań torów obróbki sygnałów analogowych. Co istotne, układy te są dostępne w sprzedaży detalicznej, a ich ceny - wbrew pozorom - są dość przystępne. Nie są to przesłanki gwarantujące rynkowy sukces, ale wiele wskazuje na to, że liczba aplikacji FPAA szybko się zwiększy.

Piotr Zbysiński, AVT
piotr.zbysinski@ep.com.pl

Dodatkowe informacje

Dodatkowe informacje są dostępne pod adresami:

- http://www.anadigm.com/Down_05_a.asp - ewaluacyjna wersja programu AnadigmDesigner 2,
- <http://www.anadigm.com/products.asp> - szczegółowe informacje o cenach i dostępności układów AnadigmVortex (także sprzedaż detaliczna).