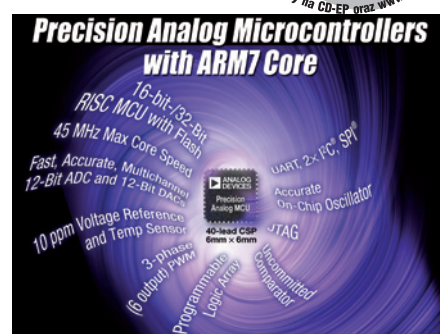


Jedynie w swoim rodzaju Mikrokontrolery ADuC7000 firmy Analog Devices



Mikrokontrolery z rdzeniem ARM7TDMI dosłownie zalały rynek. Producenci stosują różne strategie przebijania się na rynku, większość z nich można w skrócie określić mianem strategii „naj...”. Do sprzedaży trafiają więc (prawie) wyłącznie mikrokontrolery najszybsze, o największej liczbie wyprowadzeń lub wbudowanych peryferii, najlepszych przetwornikach A/C i C/A, naj... Jeżeli przesadziłem, to tylko trochę. Kolejne „ARMy” jakie pojawiły się na rynku – opracowane przez Analog Devices ADuC7000 – odbiegają nieco od przedstawionego wizerunku, mają za to cechy, jakich mogą im pozazdrościć starsi „bracia”.

Analog Devices jest jedną z firm, która dość wcześnie dostrzegła konieczność włączenia do swojej oferty mikrokontrolerów z rdzeniem ARM7TDMI. Od pierwszych zapowiedzi widać było, że mikrokontrolery z rodziny ADuC7000 nie będą w czołówce wyścigu „naj...”, bowiem nie mogą imponować ani gigantycznymi pojemnościami wbudowanej pamięci programu Flash lub danych SRAM, prędkość wykonywania programów należy do przeciętnych w klasie „małych” ARM7TDMI, wewnętrzne wyposażenie mikrokontrolerów także nie bardzo odbiega od innych mikrokontrolerów dostępnych na rynku. Cóż zatem je wyróżnia?

W stronę SoC-a

Twórcy mikrokontrolerów ADuC7000, zdając sobie sprawę z faktycznych wymogów przeciętnych ich użytkowników, zastosowali pomysłówą kompozycję składającą się ze sprawdzonych elementów:

- szybkiego rdzenia ARM7TDMI, który jest „wschodzącą gwiazdą” na rynku mikrokontrolerów,
- zestawu precyzyjnych, szybkich przetworników A/C i C/A, które były podstawą rynkowego sukcesu rodziny ADuC8xx (produkcję podobnych, „analogowych” mikrokontrolerów wdrożyło później kilka innych firm półprzewodnikowych),
- bloku PLD (w nomenklaturze producenta: PLA – Programmable Logic Array), który pozwala w wygodny sposób budować własne proste peryferia.

Taka konstrukcja mikrokontrolerów ADuC7000 pozwala zakwalifikować je do grupy System-on-Chip, czyli układów integrujących w jednej obudowie bloki analogowe i cyfrowe, także z możliwością ich konfigurowania. Firma Analog Devices dołożyła do wymienionych zalet także programowaną w systemie pamięć Flash (wbrew pozorom, 62 kB pamięci programu to nawet dla „ARM-a” jest dość dużo), wyposażyła ADuC-e w wewnętrzne stabilizatory napięcia zasilającego 1,8 V, dzięki którym mogą być one zasilane jednym napięciem (3,3 V), zadbała także o przejrzysty podział ról pomiędzy 8 dostępnych typów układów (tab. 1).

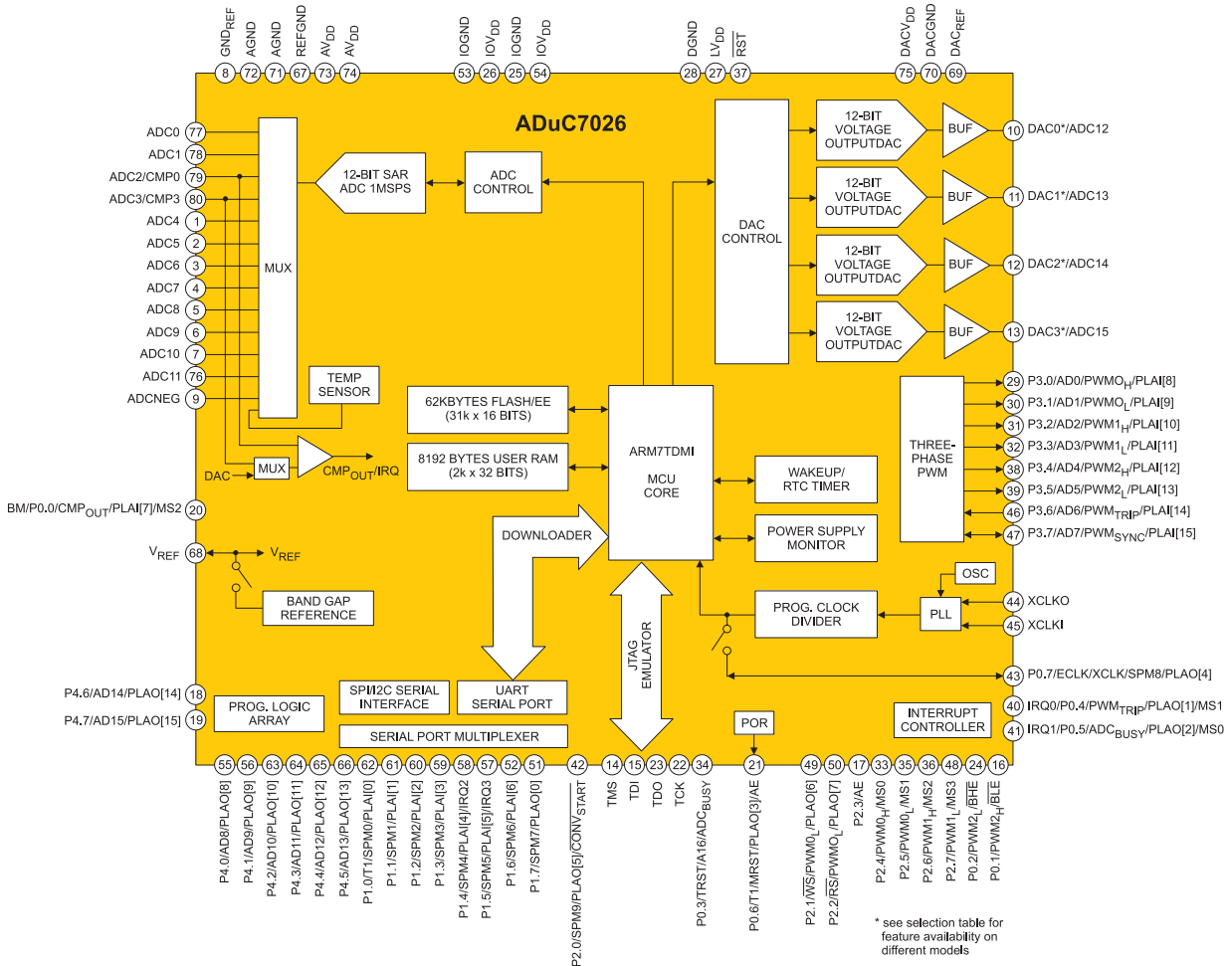
Co w ADuC-ach piszczy

Schemat blokowy jednego z mikrokontrolerów z rodziny ADuC7000 (ADuC7026) pokazano na rys. 1. Układy te zaprojektowano w taki sposób, że podstawowe peryferia oraz ich parametry są identyczne we wszystkich układach. Mikrokontrolery w obudowach o większej liczbie wyprowadzeń oferują użytkownikowi większą – niż ma to miejsce w małych obudowach – liczbę linii I/O oraz większą liczbę analogowych wejść. Mikrokontrolery ADuC7024...7027 wyposażono ponadto w 3-fazowy generator przebiegów PWM (do sterowania silników ACIM – AC Induction Motor Control), a mikrokontrolery ADuC7026 i 7027 mają wbudowany sterownik zewnętrznej pamięci umożliwiający adresowanie przestrzeni do 16x64 kB (na zewnątrz wprowadzono tylko 16 najmłodszych

bitów magistrali adresowej). Rozwiązania zastosowane w mikrokontrolerach ADuC7000 ułatwia wygodne przeniesienie programów pomiędzy poszczególnymi układami. Pełna kompatybilność jest zachowana „w dół”.

Konstruktorzy mikrokontrolerów ADuC7000 szczególny nacisk położyli na maksymalne ich „analogowienie”, co przełożyło się na wyposażenie ich w wysokiej jakości przetworniki A/C i C/A o rozdzielczości 12 bitów. W układy wbudowano precyzyjne, fabrycznie kalibrowane źródło napięcia odniesienia (2,5 V), które można wykorzystać zarówno do konwersji A/C jak i C/A, można je także udostępnić obwodom zewnętrznym na jednej z linii I/O. Źródło napięcia odniesienia spełnia także rolę czujnika temperatury o dokładności $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Wejścia przetwornika A/C można skonfigurować jako symetryczne (szczególnie przydatne w przypadku konwersji sygnałów o małych amplitudach), pseudosymetryczne lub niesymetryczne – najczęściej stosowane w prostych aplikacjach pomiarowych. Tor A/C wyposażono także w komparator z włączaną histerezą, który można wykorzystać m.in. do generacji przerwania, inicjowania startu konwersji A/C, sygnał wyjściowy komparatora można także podać na jedną z linii I/O lub na wejście matrycy PLA.

Wbudowany w prezentowane mikrokontrolery przetwornik C/A jest zbudowany z sieci rezystorów przełączanych multiplekserem analogowym. Napięcie odniesienia dla tego przetwornika może być pobierane z we-



Rys. 1. Schemat blokowy mikrokontrolera ADuC7026

wewnętrznego źródła 2,5 V, wyprowadzenia DAC_{REF} lub z linii zasilającej część analogową mikrokontrolera. Na wyjściu multipleksera analogowego znajduje się bufor z wyjściem *rail-to-rail*, który umożliwia zasilanie obciążenia 5 kΩ/100 pF. W razie takiej konieczności, bufor ten może zostać wyłączony z toru konwersji C/A.

Peryferia cyfrowe wbudowane w ADuC7000 należą do współczesnej

klasyki: interfejsy SPI, I²C, UART, timery i programowany system obsługi przerwań, to podstawowe wyposażenie także małych mikrokontrolerów. Mniej standardowy jest wspomniany wcześniej 3-fazowy generator PWM, a rozwiązaniem rewolucyjnym jest wbudowana w mikrokontroler matryca PLD (PLA), którą bardziej szczegółowo przedstawimy w dalszej części artykułu.

W interesujący sposób rozwiązano taktowanie rdzenia i peryferiów wbudowanych w mikrokontrolery ADuC7000. Standardowym źródłem sygnału zegarowego jest zewnętrzny rezonator o częstotliwości 32,768 kHz lub wewnętrzny generator o tej samej częstotliwości i dokładności o ±3% (rys. 2). Częstotliwość sygnału referencyjnego jest powielana z wykorzystaniem programowanej pętli PLL do

ALFINE **ANALOG DEVICES**
 PRZEDSTAWICIELSTWO W POLSCE
DSP Technology from Analog Devices
DSP Solutions from ALFINE
 Ponad 10 lat z Analog Devices
 ALFINE P.E.P. • ul. Poznańska 30-32 • 62-080 Tarnowo Podgórze
 tel.: (61) 89-66-934, 89-66-936 • fax: (61) 81-64-414, 81-64-076
 e-mail: analog@alfine.pl • http://www.alfine.pl

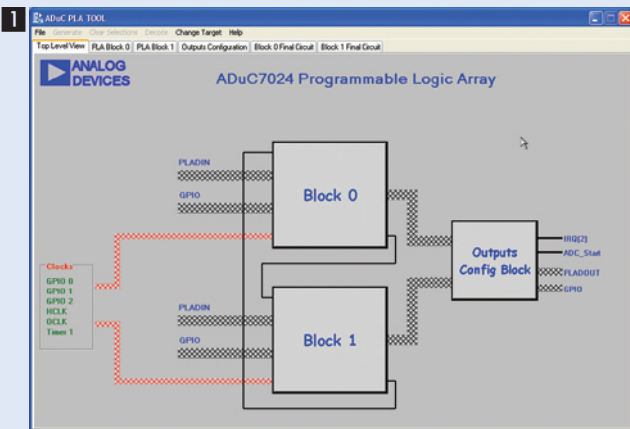
PLA? Nic prostszego!

Matryca PLA wbudowana w mikrokontrolery ADuC7000 jest konfigurowana za pomocą standardowych rejestrów. Ustalenie ścieżek przesyłu danych, konfiguracji LUT, sposobu taktowania przerzutników itp. odbywa się poprzez wpisy konfigurujące, podobnie jak ma to miejsce w przypadku programowania UART-a lub portu I/O. Użytkownik nie musi więc znać jakiegokolwiek języka HDL, wystarczy podstawowa znajomość układów cyfrowych.

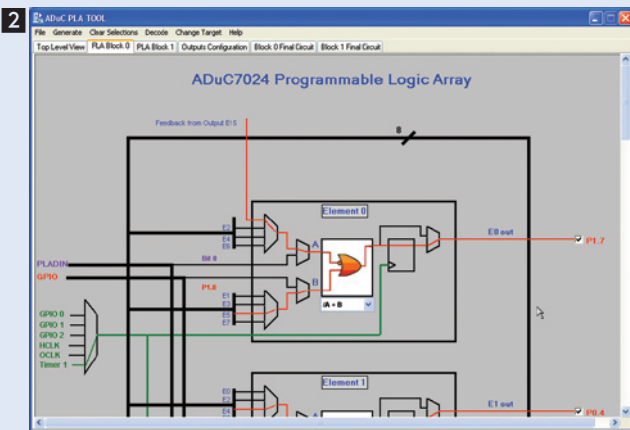
Aby ułatwić pracę projektantom korzystającym z PLA, producent przygotował prosty w obsłudze program *ADuC PLA Tool*, który jest dostępny bezpłatnie na stronie internetowej producenta (publikujemy go także na CD-EP4/2006B). Program ten umożliwia graficzne zaprojektowanie logiki zaimplementowanej w PLA i generuje programy konfiguracyjne w assemblerze i języku C, które można dołączyć do własnego programu tworzącego aplikację.

PLA krok po kroku

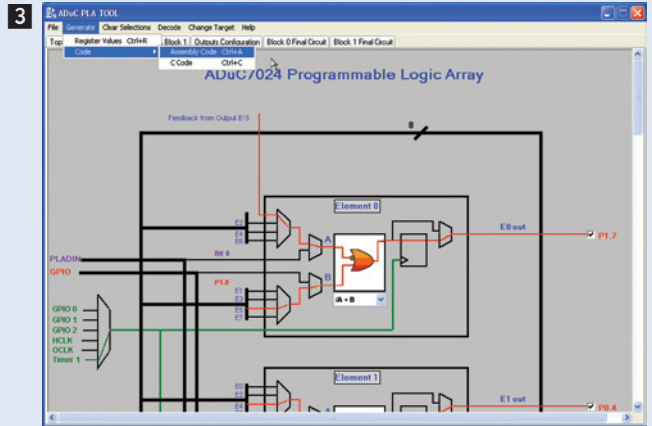
Konfiguracja PLA przebiega w krokach, których kolejność można zmieniać:



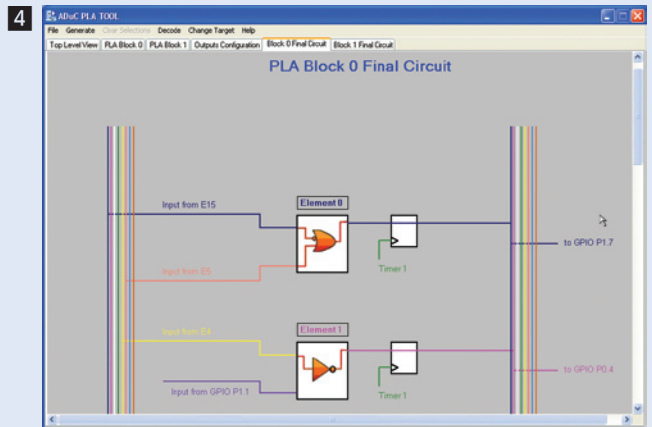
1. Po wybraniu docelowego mikrokontrolera, w kolejnym wyświetlonym oknie programu (1) należy wybrać jeden z dwóch bloków, który będzie podlegał konfiguracji.



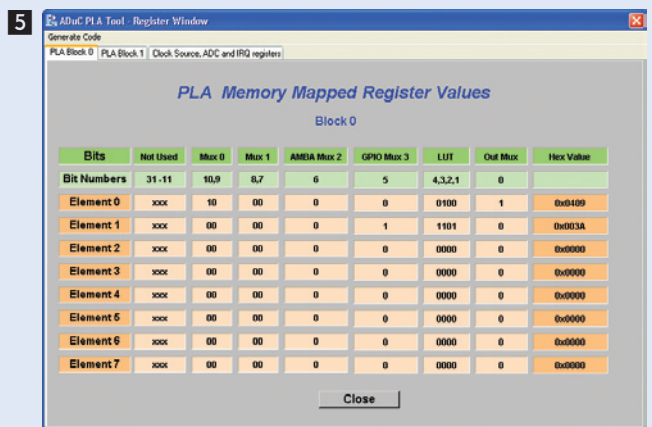
2. Klikając w czarne linie połączeniowe ustalamy ścieżki przepływu danych do i z komórki logicznej (2). W ten sam sposób ustalamy jej konfigurację wewnętrzną (łącznie z operacją wykonywaną na danych w LUT).



3. W każdej chwili można podejrzeć (w zakładce *Block 0/1 Final Circuit* – 3) ustaloną konfigurację komórki wraz z przypisanymi jej sygnałami wejściowymi i wyjściowymi.



4. Czynności konfiguracyjne należy powtórzyć dla wszystkich komórek matrycy PLA wykorzystanych w projekcie. Po zweryfikowaniu konfiguracji projektu generujemy program konfiguracyjny w wybranym języku (4), który poprzez systemowy clipboard można przenieść do edytora IDE.



5. Program wyposażono w podgląd zawartości rejestrów odpowiadających za konfigurację PLA (5), a także możliwość wprowadzania danych (szesnastkowo) do rejestrów i podglądania wynikającej z wpisanych wartości konfiguracji PLA.

Uwaga! Z nieznanых przyczyn program ADuC PLA Tool w wersji 2.2 nie ma w menu mikrokontrolera ADuC7019.

TWT

AUTOMATYKA

- Indukcyjne czujniki zbliżeniowe
- Czujniki optyczne
 - odbiciowe
 - refleksyjne
 - bariery
- Indukcyjne czujniki ruchu
- Sygnalizatory poślizgu

TWT s.c.
 ul. Wąflowa 1
 02-971 Warszawa
 tel./fax (22) 648 20 89
 Tel. kom. (0) 501 777 938
 E-mail: twt@twt.com.pl
 www.twt.com.pl

zainteresowanym wysyłamy bezpłatnie katalogi



PROJEKTUJEMY

PRODUKUJEMY

SPRZEDAJEMY

sprawdź naszą nową stronę!
www.qwertv.pl

▶ specjalizujemy się w projektowaniu i produkcji klawiatur, elewacji, tabliczek i zestyków foliowych

▶ wykwalifikowani pracownicy pomogą dopasować odpowiednią technologię do Państwa wymagań a wysokiej jakości materiały i nowoczesne technologie zagwarantują niezawodność naszych wyrobów

www.qwertv.pl

PRODUCENT KLAWIATUR FOLIOWYCH



Towarzystwo Elektrotechnologiczne Qwertv Sp. z o.o.
 ul. Siewna 21, 94-250 Łódź, e-mail qwertv@qwertv.pl
 tel. (42)632-47-92, 633-32-84, 630-42-64, fax (42)632-85-93

Altium



evatronix
 sztuka komputerowego tworzenia

Altium Designer 6

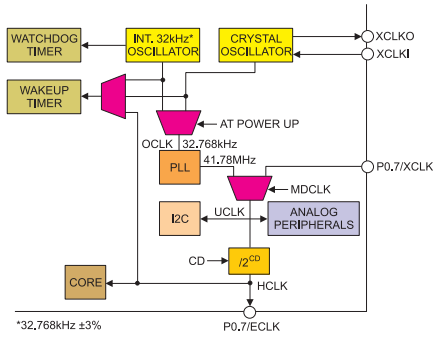
- zintegrowana aplikacja do projektowania PCB, FPGA i systemów mikroprocesorowych
- obszerne biblioteki komponentów wirtualnych (IP core), w tym mikroprocesory
- kompilator C/C++ i debugger dla procesorów 8051/52, Z80, PIC165, MIPS 3000, Xilinx MicroBlaze, ARM7 i PowerPC 405
- możliwość projektowania układów FPGA bez znajomości języka HDL
- technologia LiveDesign, wspomagająca uruchamianie projektu w sprzęcie
- zaawansowane narzędzia do projektowania PCB
- pełna synchronizacja projektu PCB z FPGA

Zaprojektuj swoją przyszłość!

Skorzystaj z promocyjnej oferty sprzedaży

Szczegółowe informacje na www.evatronix.com.pl/promocje/eda

ul. Przybyły 2, 43-300 Bielsko-Biała
 tel.: (33) 499 59 00; (33) 499 59 12
eda@evatronix.com.pl; www.evatronix.com.pl



Rys. 2. Budowa generatora sygnału zegarowego

maksimum 41,78 MHz. W przypadku takiej konieczności można zrezygnować z korzystania z PLL i dostarczyć sygnał zegarowy o dowolnej częstotliwości (z zakresu dopuszczalnych) do wejścia XCLK. Sygnał taktujący rdzeń mikrokontrolera może być podawany na wyjście ECLK.

PLD czyli PLA

Integralnym elementem architektury mikrokontrolerów ADuC7000 jest 16-komórkowa matryca PLA (*Programmable Logic Array*), która swoją budową przypomina układy GAL. Na rys. 3 pokazano schemat blokowy pojedynczej komórki PLA, w skład której wchodzi 5 multiplekserów, blok logiczny *look-up-table* oraz przerzutnik D. Blok *look-up-table* umożliwia wykonanie 16 operacji logicznych na dwóch 1-bitowych argumentach, których źródłem mogą być linie I/O oraz wyjścia innych komórek PLA. W zależności od potrzeb sygnał z wyjścia LUT może być podawany na wejście D przerzutnika lub od razu kierowany na wyjście komórki logicznej. Sygnały wytwarzane na wyjściach PLA można wykorzystać do wyzwolenia przetwornika A/C lub zgłoszenia jednego z dwóch przerwów IRQ. Źródłem sygnału zegarowego dla przerzutników w PLA mogą być linie GPIO, wyjściem Timera1

lub wewnętrzne sygnały zegarowe OCLK/HCLK. Każda grupa przerzutników (po 8 komórek) może być taktowana jednym, wybranym sygnałem zegarowym. Sygnały wytwarzane w PLA można (poza sterowaniem obwodów zewnętrznych poprzez linie I/O) wykorzystać do zgłoszenia przerwania IRQ2 i zainicjowania konwersji A/C.

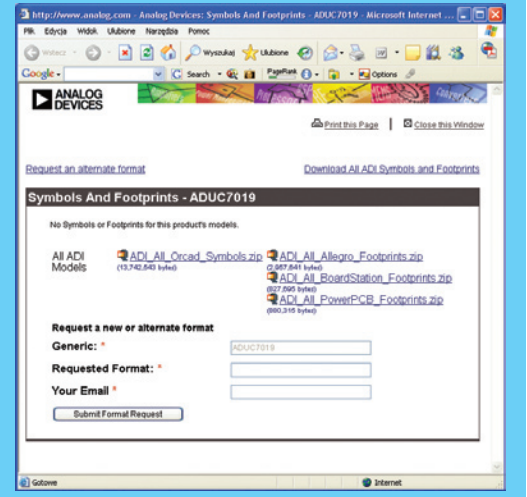
Podsumowanie

Prezentowane mikrokontrolery, na tle wielu innych układów z rdzeniem ARM7TDMI, charakteryzują się doskonałym (chyba wręcz najlepszym) wyposażeniem „analogowym”, co predestynuje je do stosowania w aplikacjach pomiarowych. Producent zadbał o komfort projektantów, którzy mogą bardzo łatwo przenosić aplikacje pomiędzy mikrokontrolerami w różnych obudowach (i – oczywiście – cenie), bez konieczności modyfikowania przygotowanych programów. Uwaga ta nie dotyczy peryferiów dostępnych w niektórych tylko wersjach mikrokontrolerów, ale ze względu na ich specyfikę nie jest to dokuczliwe. Bardzo wygodne jest także zaproponowane przez producenta programowanie pamięci Flash w systemie – praktycznie nie wymaga modyfikowania podstawowej aplikacji mikrokontrolera (co opisaliśmy w artykule opublikowanym na str. 92).

Niebagatelny atutem mikrokontrolerów ADuC7000 jest wbudowana matryca PLA, którą można wykorzystać do implementowania pomocniczej logiki lub prostych peryferiów i to bez znajomości jakiegokolwiek języka HDL. Warto także zauważyć, że podstawowe programy narzędziowe (do konfiguracji PLA i do programowania pamięci Flash) są dostępne bezpłat-

Dbają jak mało kto

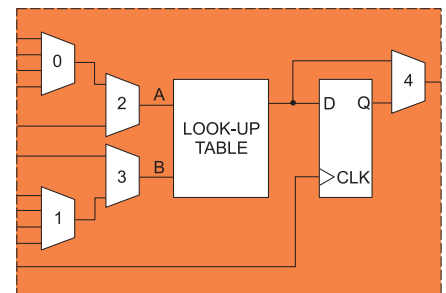
Producent mikrokontrolerów ADuC7000 udostępnił na swojej stronie internetowej bibliotekę PCB i SCH dla systemów projektowych: OrCAD, Allegro, PowerPCB i BoardStation. Podobno są planowane także wersje dla systemów oferowanych przez Altium.



nie. Dzięki zastosowaniu popularnego rdzenia ARM7TDMI, użytkownicy ADuC7000 mogą korzystać z bezpłatnego kompilatora ARM-GCC, a także wielu innych narzędzi dostępnych na rynku.

To wszystko powoduje, że rodzina ADuC7000 będzie poważnym konkurentem dotychczasowych „ARM-owych” tuzów.

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



Rys. 3. Budowa komórki PLA

Tab. 1. Zestawienie podstawowych parametrów mikrokontrolerów z rodziny ADuC7000

Oznaczenie	Szybkość wykonywania programu [MIPS]	Pojemność pamięci Flash [kB]	Pojemność pamięci SRAM [B]	Wbudowany interfejs pamięci zewnętrznej	Liczba linii GPIO	Rozdzielczość przetworników A/C i C/A [b]	Częstotliwość próbkowania A/C [MHz]	Liczba kanałów A/C	Kanały PWM	Liczba wyjść napięciowych C/A
ADUC7019	40	62	8192	–	14	12	1	5	–	3
ADUC7020	40	62	8192	–	14	12	1	5	–	4
ADUC7021	40	62	8192	–	13	12	1	8	–	2
ADUC7022	40	62	8192	–	13	12	1	10	–	–
ADUC7024	40	62	8192	–	30	12	1	10	3-fazowy	2
ADUC7025	40	62	8192	–	30	12	1	12	3-fazowy	–
ADUC7026	40	62	8192	X	40	12	1	12	3-fazowy	4
ADUC7027	40	62	8192	X	40	12	1	16	3-fazowy	–