

Rynkowe nowości, część 1



A la ARM!

O słynnych na całym świecie ARM-ach pisaliśmy już na łamach EP kilkakrotnie. Niewiele dotychczas z tego wynikało, bo dotarcie do krzemowych wersji tych procesorów do niedawna było bardzo trudne, a zakup ich „miękkich” wersji przekraczał możliwości naszego rynku. Wydarzenia z ostatnich miesięcy zdecydowanie zmieniły sytuację: procesory z rdzeniem ARM7 będą niedługo dostępne „w sklepie za rogiem”! O tym dlaczego tak twierzę, napiszę nieco dalej, a zaczniemy od przypomnienia co to takiego jest ten ARM.

Procesor, którego nie było

Historia ARM-ów sięga roku 1985, kiedy to firma Acorn Computer Group opracowała pierwszy na świecie komercyjny procesor RISC, który po dość istotnych modyfikacjach trafił w 1987 do domo-

wych PC-tów produkowanych przez ACG. Komputery Acorn RISC PC (fot. 1) miały własny, „okienkowy” system operacyjny RISC OS, którego możliwości były co najmniej porównywalne z ówczesnymi Windows. Pomimo dobrych



Fot. 1

parametrów, popularność komputerów firmy Acorn Computer nie sięgnęła zbyt daleko poza ojczystą Wielką Brytanię, co zmu-

siło firmę do poszukiwania alternatywnych dróg rozwoju.

W 1990 roku powstała firma-córka o nazwie Advanced RISC Machines (ARM), której zadaniem było promowanie i rozwój udanych procesorów RISC. Do spółki przystąpiła firma VLSI (teraz należąca do Philipsa), której ogromnym atutem była... fabryka struktur półprzewodnikowych. Dość szybko (w 1991 roku, po wprowadzeniu do sprzedaży procesorów z rodziny ARM6) okazało się, że interesem lepszym

AMBA

Advanced Microcontroller Bus Architecture – system szybkich, konfigurowalnych magistral komunikacyjnych, stosowanych w procesorach ARM, zwłaszcza w implementacjach System-on-a-Chip. W jego skład wchodzi trzy magistrale: AHB (Advanced High-performance Bus), ASB (Advanced System Bus) i APB (Advanced Peripheral Bus).

Tab. 1. Zestawienie współczesnych wersji list rozkazów procesorów ARM i ich możliwości

Wersja listy rozkazów	Thumb	DSP	Jazelle	Media	TrustZone	Thumb-2
v4T	+					
v5TE	+	+				
v5TEJ	+	+	+			
v6	+	+	+	+		
v6Z	+	+	+	+	+	
v6T2	+	+	+	+		+

od produkcji krzemu jest sprzedaż licencji na używanie zoptymalizowanych i niezle oprogramowanych rdzeni procesorów RISC. Pojęcie *Intellectual Property Cores* nie funkcjonowało w świadomości elektroników tak mocno jak teraz, ale działalność ARM stopniowo zawężała się do prac badawczo-rozwojowych, a nie na produkcji krzemowych struktur.

Pierwsze duże licencje firma ARM sprzedała w 1992 roku (prawa do implementowania w swoich układach rdzeni ARM6 zakupiły fir-

my GEX Plessey i Sharp). W 1993 roku do grona firm korzystających z rdzeni ARM dołączyli: Cirrus Logic i Texas Instruments, a w kolejnych latach wiele kolejnych firm. ARM nieustannie rozwija swoją ofertę (rodzina ARM7 jest obecna na rynku od 1993 roku, w 1997 wprowadzono ARM9), dzięki czemu obecnie są dostępne różne warianty rdzeni (23 typy, w tym 4 typy najpopularniejszych ARM7) przystosowanych do pracy w wielu różnych, także specyficznych aplikacjach. W roku 2002 liczba sprzedanych mikro-

procesorów z rdzeniem ARM przekroczyła miliard, czyli tylko ok. 6 razy mniej niż (wówczas) mikrokontrolerów z rdzeniem '51 (które są na rynku od ponad 20 lat).

W zależności od potrzeb

Rdzenie procesorów ARM są optymalizowane pod kątem wydajności, ale każda podrodzina wyróżnia się indywidualnymi cechami (obsługiwany zestaw instrukcji, wspomaganie DSP i Javy, możliwość sterowania poborem mocy itp.), dość ściśle określającymi docelowe obszary ich zastosowań.

Jednym z założeń twórców rdzeni ARM było zapewnienie maksymalnej kompatybilności pomiędzy rodzinami. Utrzymywana jest także kompatybilność „w dół”, dzięki czemu programy wcześniej przygotowane mogą być stosowane także w systemach wyko-

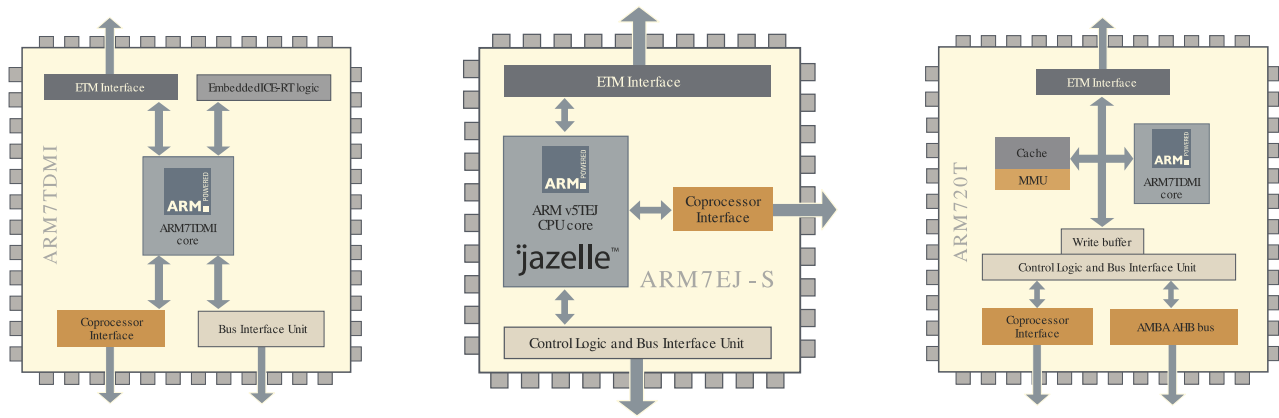


Założycielami firmy ARM było 12 inżynierów z brytyjskiej firmy Acorn Computer Group.

rzystujących procesory ARM nowszych generacji. W **tab. 1** znajduje się zestawienie list rozkazów implementowanych we współcześnie produkowanych procesorach ARM oraz dostępne w ich ramach rozszerzenia wspomagające specyficzne aplikacje.

High-techowy low-end czyli ARM7

Łatwo oszacować, że wydajność procesora z 32-bito-



wym RISC-owym rdzeniem jest (z „definicji”) na tyle duża, że do wykorzystania jego wszystkich możliwości konieczna jest niebanalna aplikacja. Dodatkowo ostrożność wśród konstruktorów wzbudzał fakt, że procesory 32-bitowe były bardzo kosztowne i wymagały kosztownego otoczenia, kłopotliwe było także projektowanie płytek drukowanych, głów-

nie ze względu na konieczność prowadzenia magistral o dużej szerokości.

Dość szybko po rozpoczęciu ekspansji ARM-ów na rynku okazało się, że jest duże zapotrzebowanie na tani i energooszczędny procesor 32-bitowy o względnie dużej szybkości. Z myślą o zaspokojeniu takich potrzeb ARM wprowadził do swojej oferty rdzenie ARM7 (rys. 2), które obecnie są dostępne w czterech wariantach (rys. 3): ARM7TDMI, ARM7TDMI-S, ARM7EJ i ARM720T. Maksymalna wydajność obliczeniowa tych rdzeni wynosi 120 MIPS (typowo 0,9...1 MIPS/MHz), natomiast możliwy do uzyskania niewielki pobór mocy

(typowe, krzemowe implementacje zadowalają się poborem mocy z zakresu 0,06...0,25 W/MHz) umożliwia stosowanie ich w urządzeniach przenośnych zasilanych bateryjnie. Między innymi te parametry zade-

cydowały o tym, że rdzenie ARM7 są najczęściej wykorzystywane przez producentów mikrokontrolerów (w których rdzeń ARM7 jest otoczony różnorodnymi blokami peryferyjnymi, podobnie jak na przykład

Jazelle

Tym mianem firma ARM określa rdzenie procesorów, które są przystosowane do wykonywania poleceń wspomagających wykonywanie programów napisanych w Javie.

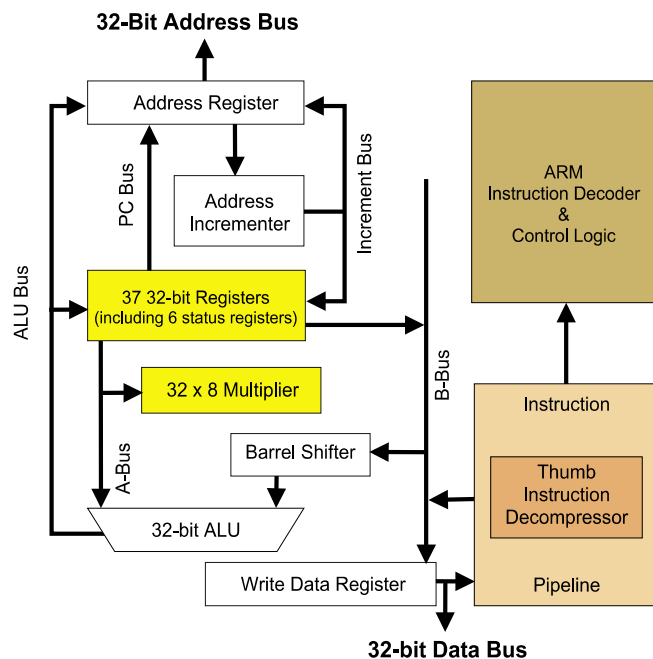
Od kogo ARM-y?

Obecnie prawo do korzystania we własnych opracowaniach zakupiły następujące firmy: Agilent, AKM (Asahi Kasei Microsystems), Alcatel, Altera, Atmel, Broadcom, Chip Express, Cirrus Logic, Digital Semiconductor, eSilicon, Fujitsu, GEC Plessey, Global UniChip, HP, Hyundai, IBM, Intel, ITRI, LG Semicon, LSI Logic, Lucent, Matsushita, Micrel, Micronas, Mitsubishi, Motorola (Freescale), NEC, OKI, Philips, Qualcomm, Rockwell, Rohm, Samsung, Samsung, Sanyo, Seagate, Seiko Epson, Sharp, Sony, STMicroelectronics, Symbios Logic, Texas Instruments, Triscend (Xilinx), Yamaha, Zeevo, ZTEIC.

Tab. 2. Zestawienie najważniejszych właściwości procesorów ARM

Rdzeń	Pamięć cache (inst./dane)	Blok zarządzania pamięcią	Interfejs AHB Bus	Thumb	DSP	Jazelle	Częstotliwość taktowania [MHz]
Podrodzina Cores							
ARM7TDMI	-	-	+	+	-	-	133
ARM7TDMI-S	-	-	+	+	-	-	100...133
ARM7EJ-S	-	-	+	+	+	+	100...133
ARM966E-S	-	-	+	+	+	-	230...250
ARM940T	4k/4k	MPU	+	+	-	-	180
ARM946E-S	Zależy od implementacji	MPU	+	+	+	-	180...210
ARM1026EJ-S	Zależy od implementacji	MMU+MPU	Podwójny	+	+	+	266...325
Podrodzina Platform Cores							
ARM720T	8k	MMU	+	+	-	-	100
ARM920T	16k/16k	MMU	+	+	-	-	250
ARM922T	8k/8k	MMU	+	+	-	-	250
ARM926EJ-S	Zależy od implementacji	MMU	Podwójny	+	+	+	220...250
ARM1020E	32k/32k	MMU	Podwójny	+	+	-	325
ARM1022E	16k/16k	MMU	Podwójny	+	+	-	325

Uwaga! W tab. 2 pominięto rdzenie z podrodziny secure, stosowane m.in. w kartach płatniczych.



Rys. 2

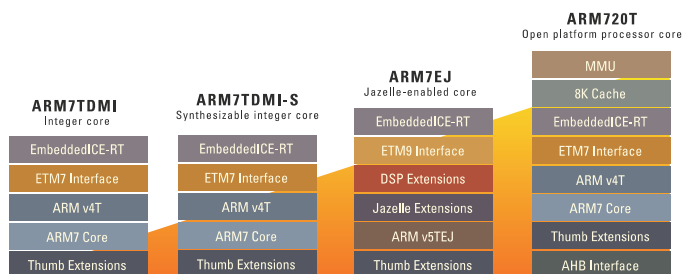
w popularnych AVR-ach). Kilka takich kompletnych rozwiązań przedstawimy za miesiąc.

Popularność ARM7 wynika także ze wsparcia ze strony producentów systemów operacyjnych i łatwości przeniesienia aplikacji przygotowanej dla ARM7 na rdzenie nowszych generacji: ARM9 i ARM10. Dostępne są zarówno komercyjne systemy operacyjne

(jak Windows CE, Symbian, Palm OS, czy Portable Linux), jak i rozwiązania bezpłatne (np. ARM Linux, ARMed OS), których jest zresztą coraz więcej.

Stopień wyżej: ARM9

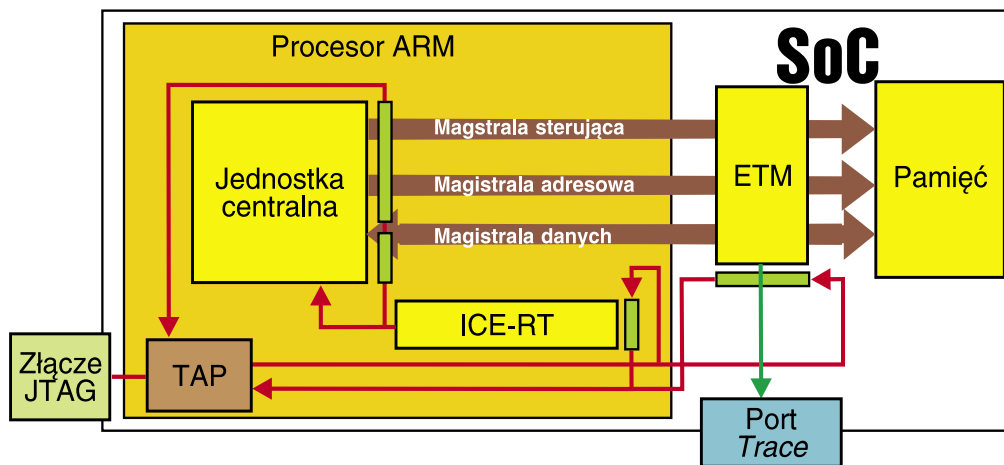
Architektura rdzeni ARM9 jest bardzo zbliżona do ARM7, z tą różnicą, że ARM9 są bezkompromisowo zorientowane na maksymalizację wydajności



Rys. 3

Thumb to więcej niż kciuk

Thumb w nomenklaturze ARM oznacza, że procesor może wykonywać program z pamięci o szerokości magistrali 8 lub 16 bitów, podczas gdy standardowa szerokość słowa wynosi 32 bity. Każde 32-bitowe polecenie jest „kompresowane” do postaci 16-bitowej i po odczytaniu z pamięci programu wykonywane w taki sam sposób jak polecenie „oryginalne”. Dzięki takiemu rozwiązaniu znacznie maleje koszt wykonania systemu, zwłaszcza w przypadku korzystania z zewnętrznej pamięci programu.



Rys. 4

co spowodowało, że pobór mocy wzrósł do 0,8 mW/MHz, a maksymalna częstotliwość taktowania dochodzi do 250 MHz (ARM920T). Wzrost wydajności uzyskano m.in. dzięki wyposażeniu rdzenia w pamięci cache dla instrukcji i danych (4...16 kB), które

współpracują z blokami zarządzającymi ich pracą MMU (*Memory Management Unit*). Rdzenie ARM9 obsługują polecenia v4T.

Zintegrowane debugowanie

Trudnym do przece-nienia atutem procesorów

z rdzeniem ARM jest wyposażenie ich w elementy ułatwiające monitorowanie i debugowanie ich pracy. Najważniejszym mechanizmem jest *Embedded ICE-RT* (rys. 4), umożliwiający pogląd stanów rejestrów i pamięci, a także ustawianie pułapek (zatrzymu-

jących i monitorujących). Dostęp do tych funkcji jest możliwy poprzez interfejs JTAG z klasycznym autotatem TAP na wejściu.

Opcjonalnym wyposażeniem niektórych procesorów ARM jest blok ETM (*Enhanced Trace Macrocell*), umożliwiający monitorowanie stanu wewnętrznych magistral w czasie rzeczywistym. Jest on przydatny szczególnie wtedy, gdy procesor jest implementowany w układzie SoC, w którym komunikuje się z niedostępnymi na zewnątrz blokami peryferyjnymi. Dostęp do informacji z ETM jest możliwy poprzez specjalny interfejs (*Trace Port*) lub JTAG – dane są gromadzone w specjalnej pamięci buforującej ETB (*Embedded Trace Buffer*).

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