

# Kolejny etap rewolucji Mikrokontrolery z rdzeniem ARM9 już w sprzedaży!



Uważni Czytelnicy EP zauważyli z pewnością, że dominującym tematem ostatnich miesięcy w naszym miesięczniku były mikrokontrolery z rdzeniami ARM (ARM7TDMI i Cortex). Praktycznie co miesiąc wydarza się wśród „ARM-ów” coś, o czym trzeba wiedzieć, aby nie wypaść z nurtu zachodzących zmian.

Także słoneczny maj tego roku zaowocował istotnym wydarzeniem: na rynku pojawiły się mikrokontrolery z rdzeniem ARM9. Dokładnie tak: mikrokontrolery!

ARM-y od początku swojego istnienia były ukierunkowane na aplikacje przemysłowe, zwłaszcza takie, w których konieczne było zastosowanie tanich

procesorów o dużej wydajności lub wbudowanie takich procesorów w układy ASIC. Procesory z rdzeniami ARM nadzwyczaj dobrze czuły się w tym spe-

cyficznym obszarze aplikacyjnym, co spowodowało, że dopiero niedawno (koniec roku 2003) pojawiły się na rynku ARM-owe mikrokontrolery. Przełom wywołany przez Philipsa (rodzina mikrokontrolerów LPC2000 była pierwszą, wyposażoną w wewnętrzną nielotną pamięć programu

typu Flash) zainicjował lawinę: obecnie praktycznie wszyscy więksi producenci mikrokontrolerów mają w swojej ofercie mikrokontrolery z rdzeniem ARM. Dotychczas największą popularnością wśród producentów cieszył się rdzeń ARM7TDMI, ale elektronika nie lubi stać w miejscu...

**Przełączniki elektromagnetyczne**  
w ponad 6000 wersjach wykonania, sklasyfikowanych w 9 grupach:

- ogólnego zastosowania
- motoryzacyjne
- telekomunikacyjne
- do montażu PCB
- mocy
- zatraskowe
- timery
- do sterowania napędami
- półprzewodnikowe

01-013 Warszawa, ul. Kacza 6 lok. A  
tel. (022) 862-75-00, fax (022) 862-75-01  
e-mail: info@gamma.pl  
e-mail: jarek@gamma.pl

**www.gamma.pl**

Tab. 1. Standardowe wyposażenie rdzeni z rodziny ARM9 i 9E (na podstawie materiałów firmy ARM)

Rdzeń	Pamięć cache (program/dane)	Moduł TCM	Blok zarządzania pamięcią	Interfejsy magistral	Thumb	DSP	Jazelle
ARM920T	16 kB/16 kB	–	MMU	AHB	+	–	–
ARM922T	8 kB/8 kB	–	MMU	AHB	+	–	–
ARM926EJ-S	Różne	+	MMU	2x AHB	+	+	+
ARM946E-S	Różne	+	MPU	AHB	+	+	–
ARM966E-S	–	+	–	AHB	+	+	–
ARM968E-S	–	+	DMA	AHB-Lite	+	+	–
ARM996HS	–	–	MPU	Dual AMBA AHB	+	+	–

**Kto się nie rozwija...**

... ten się cofa. Głównie dlatego, że cały współczesny świat zajmuje się przede wszystkim wzajemnym prześciganiem, czego doświadczamy mocno w elektronice. Ten szalony wyścig ma swoje dobre strony, bowiem dynamika obniżania cen podzespołów elektronicznych w ostatnich latach jest bezprecedensowa, a zaawansowanie technologii docierających obecnie „pod strzechy” mogli przewidzieć wyłącznie pisarze *science-fiction*.

Czemu poświęcam ten przydługi wstęp? Mam otóż dobrą informację dla tych Czytelników, którym moc obliczeniowa i możliwości dostępnych na rynku mikrokontrolerów z rdzeniem ARM7 (we wszelkich jego odmianach) są niewystarczające. Od

pierwszych dni maja tego roku mamy do dyspozycji potężne (wydajnościowo i pod względem wyposażenia) mikrokontrolery z szybkim rdzeniem ARM 966E. Ich producentem jest firma STMicroelectronics, która z niezwykłą atencją dba o segment rynku, na którym uwiły sobie gniazdko RISC-owe 32-bitowce.

**STR91x czyli ARM9 dla mas**

Historycznie rzecz ujmując, pierwsze mikrokontrolery z rdzeniami ARM9 wprowadził na rynek Atmel (AT91RM9200 z rdzeniem ARM920T), Freescale (rodziny i.MX z rdzeniami ARM920T i ARM926EJ) oraz firma OKI (rodzina ML69 z rdzeniem ARM946E), od pewnego czasu zapowiada je także

Philips (rodzina LPC3000).

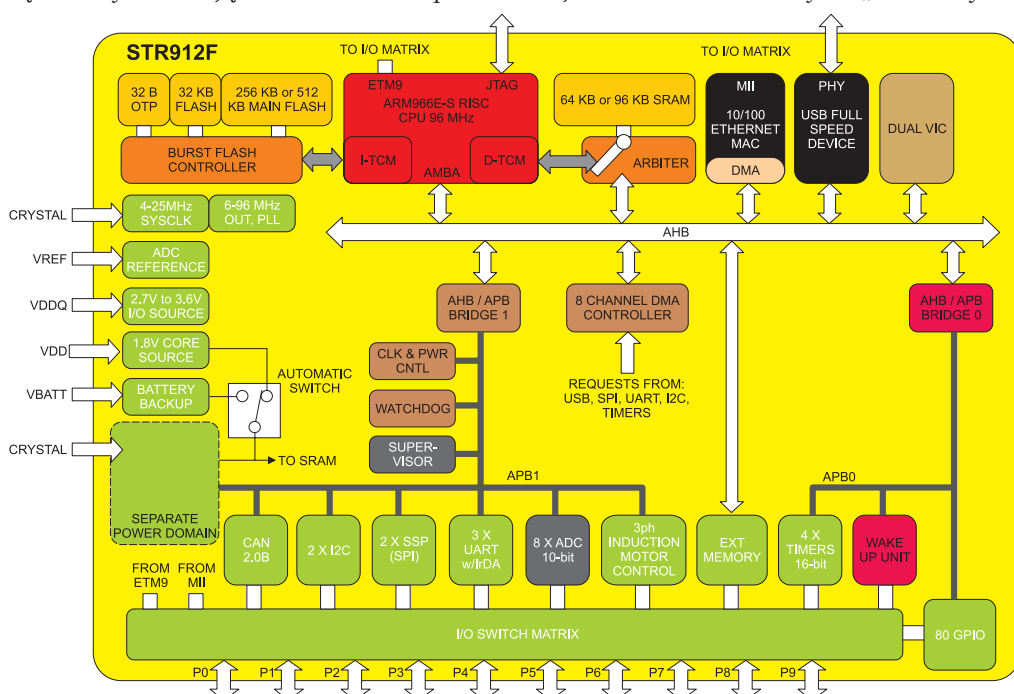
Cóż zatem specjalnego mają mikrokontrolery STR9? Odpowiedź jest prosta: są to kompletne mikrokontrolery z wbudowaną pamięcią Flash (z możliwością programowania ISP), dużą pamięcią SRAM i wyposażone w bardzo bogaty zestaw peryferiów (schemat blokowy mikrokontrolera STR912F pokazano na **rys. 1**). Oprócz klasycznych interfejsów takich jak I<sup>2</sup>C, SPI, UART (oczywiście z IrDA), DMA, przetwornika A/C, timerów (jest ich 16!), sprzętowego RTC, watchdoga itp., mikrokontrolery STR9 wyposażono także w interfejsy CAN2.0B, USB oraz sprzętowe stopy Ethernet (**rys. 2**). Co więcej, producent oferuje wszystkie mikrokontrolery w „normalnych”

obudowach: LQFP80 lub LQFP128, które nie wymuszają stosowania czterowarstwowych płytek drukowanych i specjalnych technik montażu. Dzięki temu mikrokontrolery STR9 są całkiem „domowe”, co w krajowej praktyce oznacza, że dostępne także dla praktycznie każdej firmy działającej na rynku.

**Ekstraklasa**

Pomimo standardowej obudowy i niezbyt spektakularnych wymiarów zewnętrznych, wewnętrzna budowa mikrokontrolerów STR9 jest dość skomplikowana: składają się one bowiem z dwóch połączonych ze sobą struktur półprzewodnikowych (tzw. SiP – *System in Package*): jedna z nich to struktura mikrokontrolera, druga – pamięci Flash (*Main i Secondary*) – **rys. 3**. Składającą się z dwóch niezależnych bloków pamięć Flash wyposażono w interfejs JTAG, za pomocą którego użytkownik może modyfikować jej zawartość. W odróżnieniu od innych mikrokontrolerów z pamięcią programowaną poprzez JTAG, mikrokontrolery STR9 wyposażono w mechanizm zabezpieczenia zawartości pamięci przed modyfikacją (tzw. *JTAG Security Bit*). Jest to cenna cecha, zwiększająca bezpieczeństwo własności intelektualnej projektów. Ponowne programowanie pamięci Flash jest możliwe po skasowaniu całej jej zawartości.

Moduł TAP pamięci Flash jest włączony w sze-



Rys. 1. Schemat blokowy mikrokontrolera STR912F



# ZAPRASZAMY DO SALONU FIRMOWEGO ELFA

- 6000 artykułów w sklepie
- 70 000 artykułów w magazynie centralnym
- Profesjonalna obsługa
- Informacja techniczna
- Spotkania z producentami
- Oferty specjalne



Centrum Warszawy  
Budynek Eurocentrum  
Poniedziałek–Piątek 9.00–17.00

ELFA Polska Sp. z o.o., Aleje Jerozolimskie 136, 02-305 Warszawa • Dział Obsługi Klienta tel.: (0...22) 570 56 00  
Fax: (0...22) 570 56 20 • E-mail: obsluga.klienta@elfa.se • Internet: www.elfa.se

## ELFA

reg z dwoma TAP-ami wbudowanymi w mikrokontroler, z których jeden służy do testowania krawędziowego, drugi do debugowania pracy mikrokontrolera. Jest to ciekawostka nie mająca co prawda, istotnego wpływu na działanie mikrokontrolera,

ale dająca wyobrażenie o możliwościach współczesnych technologii stosowanych do produkcji układów scalonych.

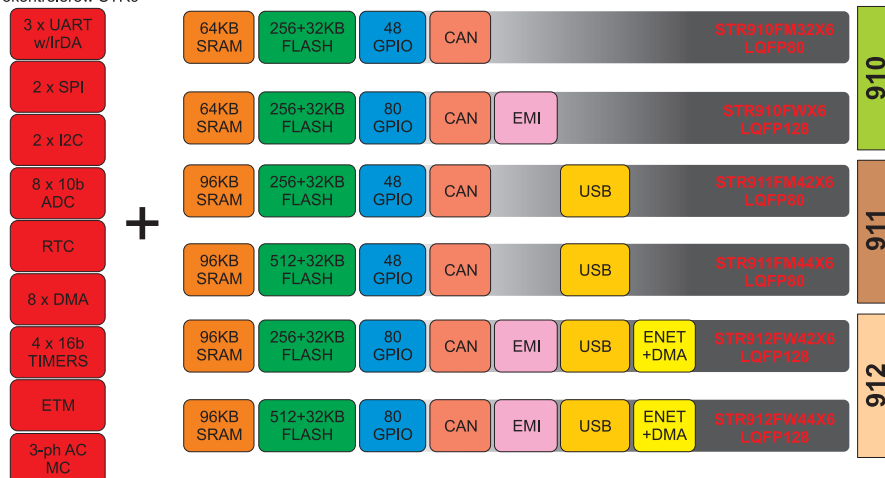
Większe znaczenie dla wydajności obliczeniowej rdzenia mają wbudowane sprzętowe mechanizmy przyspieszania dostępu do

zawartości pamięci: pamięć cache dla rozgałęzień wykonywanego programu, 5-stopniowe kolejkowanie wspomagane interfejsem TCM (*Tightly Coupled Memory*), które umożliwiają dostęp do wolnej z natury rzeczy pamięci Flash z czasem dostępu wyno-

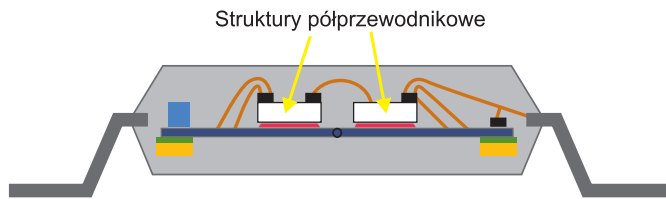
szącym ok. 10 ns (przy częstotliwości taktowania CPU wynoszącej 96 MHz). Uzyskanie tak dobrego wyniku było możliwe dzięki zastosowaniu pamięci Flash przystosowanej do odczytu w trybie *burst* (czyli seriami słów 32-bitowych). Jednym z zadań bloku TCM jest zapewnienie równomiernego (w czasie) dostępu do danych z pamięci Flash.

Na wydajność obliczeniową rdzenia mają także wpływ zintegrowane kontrolery DMA, które zwalniają CPU ze sterowania przesyłaniem bloków danych pomiędzy pamięcią i blokami peryferyjnymi mikrokontrolera. We własny kanał DMA jest wyposażony m.in. interfejs Ethernet (MAC), który współpracuje z dedykowanym mu interfejsem zapewniającym dostęp (jak *slave*) do magistrali komunikacyjnej AHB.

Standardowe wyposażenie wszystkich mikrokontrolerów STR9



Rys. 2. Dostępne wersje mikrokontrolerów STR9



Rys. 3. Budowa typowego układu SiP w obudowie TQFP/LQFP (za Amkor)

Użytkownicy, którzy chcą dołączyć do mikrokontrolerów STR9 dodatkową pamięć SRAM mogą do tego celu wykorzystać interfejs EMI (*External Memory Interface*, dostępny w mikrokontrolerach montowanych w obudowach 128-pinowych). Z jego pomocą można wygodnie dołączyć do mikrokontrolerów różne zestawy pamięci o słowie 8- lub 16-bitowym.

Oprócz wymienionych już pamięci SRAM i Flash, mikrokontrolery STR9 wyposażono 32-bajtowe pamięci ROM-OTP (*One Time Programmable*), które można wykorzystać do zapisania np. identyfikatora układu, przechowywać w niej stałe kalibracyjne, numeru seryjnego itp. Pamięć ta po zapisaniu i zabezpieczeniu przed skasowaniem (dostęp do tego obszaru umożliwia JTAG) nie może być więcej programowana – pracuje więc jak prawdziwa pamięć OTP mimo tego, że fizycznie jest ulokowana w pamięci Flash.

### To co porywa: zintegrowany interfejs ethernetowy

Sprzętowy interfejs ethernetowy (dokładniej: MAC – *Media Access Controller*, zgodny z IEEE-802.3-2002 – rodzaj sprzętowego stosu zapewniającego obsługę protokołu sieciowego) jest wbudowany wyłącznie w mikrokontrolery STR912. Zbudowanie kompletnego interfejsu sieciowego wymaga zastosowania dodatkowego układu, tzw. interfejsu fi-

zycznego PHY, z którym komunikacja odbywa się za pomocą specjalnego, 18-liniowego interfejsu MII (*Medium Independent Interface*). Jego uniwersalność pozwala wykorzystać jako moduł PHY dowolny rodzaj interfejsu sieciowego – łatwo więc zapewnić mikrokontrolerowi komunikację z siecią radiową, światłowodową lub standardową – kablową.

### Dla zaawansowanych: USB2.0

Mikrokontrolery STR911 i STR912 wyposażono w sprzętowe interfejsy USB2.0, przystosowane do współpracy z wewnętrznym kanałem DMA. Interfejs obsługuje tryb *FullSpeed*, co w praktyce oznacza 12 Mb/s. Przykłady pokazują, że interfejs ten zacznie być powszechnie używany, jeśli pojawi się biblioteka umożliwiająca wykorzystanie go na przykład jako szybkiego UART-a, bowiem zarówno oprogramowanie interfejsu, jak i przygotowanie sterowników dla współpracującego komputera wymagają sporej (do tego specyficznej) wiedzy.

### Dla zaawansowanych 2: CAN2.0B Active

Prostszy w obsłudze od USB jest interfejs CAN, którego „najsilniejszą” wersję zaimplementowano w mikrokontrolerze. Dołączenie mikrokontrolera do sieci CAN wymaga zastosowania zewnętrznego transceivera, obsługa samego protokołu odbywa się na drodze sprzętowej.

### Dla zaawansowanych 3: sterownik silników indukcyjnych

Falowniki wszelkiej maści podbijają rynek systemów sterujących dla silników elektrycznych. W mikrokontrolerach STR9 zastosowano 3-fazowy cyfrowy generator PWM, przeznaczony do sterowania pracą silników indukcyjnych. O skali złożoności problemu sterowania takimi silnikami niech świadczy fakt, że sterownik IMC (*Induction Motor Controller*) może zgłosić przerwanie z 8 różnymi flagami, co wymaga od programisty umiejętnego zarządzania ich obsługą.

### Dla zaawansowanych 4: ETM

Producent wyposażył mikrokontrolery STR9 w wewnętrzne sprzętowe debugery ETM (*Embedded Trace Module*), które umożliwiają monitorowanie przebiegu wykonywania programu przez CPU. Pełne wykorzystanie możliwości ETM wymaga zastosowania zewnętrznego analizatora TPA (*Trace Port Analyzer*). Komunikacja ETM z otoczeniem odbywa się za pomocą 9 wyprowadzeń, które po wyłączeniu ETM spełniają rolę standardowych linii I/O.

### Krok w tył

Za taki trzeba uznać usunięcie (w odniesieniu do rodziny STR7) wewnętrznych stabilizatorów napięcia, co powoduje, że użytkownik musi zastosować dwa stabilizatory: o napięciu wyjściowym 1,8 V do zasilania rdzenia i 3,3 V do zasilania linii I/O. Cenną cechą portów I/O jest natomiast możliwość ich bezpośredniej współpracy z układami cyfrowymi zasilanymi napięciem 5 V. Równie cenną cechą mikrokontrolerów STR9 jest możliwość baterijnego podtrzymania zawartości pamięci SRAM pod odłą-

czeniu zasilania oraz niezależna od głównego zasilania praca zegara RTC.

### Oszczędzanie na całym

Konstruktorzy mikrokontrolerów z rodziny STR9 położyli ogromny nacisk na zminimalizowanie poboru energii przez mikrokontrolery, co zaowocowało wynikiem 1,7...2 mA/MHz w trybie *Run*. Jak widać, występuje silna zależność pomiędzy natężeniem pobieranego prądu, a częstotliwością, co było zapewne jednym z powodów znacznego rozbudowania funkcjonalnego bloku taktowania. Dzięki temu użytkownik może w wygodny sposób dobierać źródła i częstotliwości sygnałów taktujących peryferia, co pozwala ograniczyć pobór prądu do niezbędnego minimum, ale przy zachowaniu dużej wydajności mikrokontrolera.

Ponadto są dostępne specjalne tryby oszczędzania energii, w których mikrokontroler jest na różne sposoby „usypiany”.

### Drobne, lecz interesujące

Mikrokontrolery STR9 mają wbudowane sprzętowe zegary RTC z kalendarzem (wystarczy na długo, bo sięga roku 9999). Zegar współpracuje z własnym rezonatorem i może być zasilany z zewnętrznej baterii. Jego interesującą i rzadko spotkaną u innych producentów cechą, jest współpraca ze specjalnym wejściem oznaczonym TAMPER (dostępny wyłącznie w obudowach 128-pinowych), na którym zmiany stanów są rejestrowane w specjalnych rejestrach modułu RTC. Pozwala to na przykład na wygodne wykrywanie i rejestrowanie czasów otwarcia i zamknięcia obudowy urządzenia, lub rejestrację innych wydarzeń istotnych dla pracy systemu. War-



to tutaj zwrócić uwagę na fakt, że wykrycie zdarzenia na wejściu TAMPER powoduje odłączenie napięcia podtrzymującego zawartość pamięci SRAM, tracona jest więc jej zawartość!

### Na deser

Zastosowanie w prezentowanych mikrokontrolerach rdzenia ARM966E nie oznacza zerwania z rodziną STR7 – na poziomie binarnym rdzenie ARM966E oraz ARM7TDMI są kompatybilne, obsługują bowiem takie same zestawy instrukcji: 32-bitowe ARM7 oraz 16-bitowe Thumb. Jest to dobra wiadomość dla programistów, którzy nie muszą się martwić o narzędzia i nie muszą zmieniać przyzwyczajzeń. Oczywiście nie dotyczy to rozszerzenia listy instrukcji o polecenia DSP, które w ARM7TDMI nie występują.

### Podsumowanie

Wyścig, jak widać, trwa. Jego pozytywną stroną jest to, że ceny coraz lepszych (przede wszystkim szybszych i coraz lepiej wyposażonych) mikrokontrolerów bardzo szybko maleją, więc konstruktorzy coraz chętniej będą sięgać po 32-bitowce, których ceny już osiągnęły niedawny poziom słabszych modeli mikrokontrolerów 8-bitowych. Pojawienie się w sprzedaży tak przystępnych jak STR9 wersji mikrokontrolerów z rdzeniem ARM9 powiększa możliwości konstruktorów i to bez konieczności istotnego (w stosunku do ARM7) modyfikowania pisanego oprogramowania. Kurs: 32-bitowce!  
**Piotr Zbysięski, EP**  
**piotr.zbysinski@ep.com.pl**

**ZAJRZYJ NA TE STRONY**

**RENEX**  
**NARZĘDZIA DLA ELEKTRONIKÓW**  
[www.renex.com.pl](http://www.renex.com.pl)

<http://www.wobit.com.pl> / [www.silniki.com](http://www.silniki.com) / [www.prowadnice.com](http://www.prowadnice.com)

prowadnice silniki DC  
 prowadnice silniki krokowe  
 potencjometry czujniki zblizeniowe

[www.czujniki.pl](http://www.czujniki.pl) / [www.enkodery.pl](http://www.enkodery.pl) / [www.potencjometry.com](http://www.potencjometry.com)

**ELEKTRYCZNA I ELEKTRONICZNA APARATURA POMIAROWA**  
 MIERNIKI PARAMETRÓW INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH, TESTERY MASZYN I URZĄDZEŃ, ANALIZATORY JAKOŚCI ENERGII

**ELEMENTY I SYSTEMY AUTOMATYKI**  
 REGULATORY I CZUJNIKI TEMPERATURY, LICZNIKI IMPULSÓW, PRZEKĄŻNIKI SSR

**NARZĘDZIA STACJE LUTOWNICZE**

**METREL** **SUMMIT** **HANYOUNG** **FLUKE** **Sinometer**

[www.merserwis.com.pl](http://www.merserwis.com.pl) **MERSERWIS**

• **NARZĘDZIA** • **LUTOWNICE** • **SPRZĘT POMIAROWY** •

**www.sklep.avt.com.pl**

• **KLEJE** • **KITY VELLEMAN** • **i wiele innych...**

**Cyfronika** [www.cyfronika.com.pl](http://www.cyfronika.com.pl)  
 elektronika dla wszystkich  
 sklep internetowy  
 wszystko dla elektroniki  
[www.cyfronika.com.pl](http://www.cyfronika.com.pl)

**ZAJRZYJ NA TE STRONY**

**www.piekarz.pl**  
 HURTOWNIA CZĘŚCI ELEKTRONICZNYCH  
 ✉ [firma@piekarz.pl](mailto:firma@piekarz.pl) ☎ (22)663-76-01 ul. Wolumen 53 lok. 66

aparatura pomiarowa, technika lutownicza

**www.biall.com.pl**

koncówki kablowe, narzędzia, oscyloskopy

**BIALL**

sklep.  
**INDUCTORS**.pl

**UNITRA UNIZET**

nowa strona **www.unizet.com.pl**

**www.maszczyk.pl**

Diody laserowe • Bezpieczniki/oprawki bezpiecznikowe

**SEMICON** Sp. z o.o. **www.semicon.com.pl**

Wyłączniki termobimetaliczne • Gniazda/moduły zasilające

**www.alarmy-gerard.pl**

**LARO** **www.laro.com.pl**  
 CZĘŚCI ELEKTRONICZNE

ZAKŁAD OBWODÓW DRUKOWANYCH

**KONO** **www.kono.com.pl**

**www.dexon.pl**  
 TECHNIKA NAGŁOŚNIENIOWA