

Specjalizowane mikrokontrolery? To może wydawać się dziwne. Przyzwyczailiśmy się do tego, że są to układy bardzo uniwersalne, nadające się niemal do wszystkich zastosowań. Pozory jednak czasami mylą. Przekonuje nas o tym Atmel.

AVR-y dzisiaj i jutro

Warunkiem postępu są zmiany. Czy tego chcemy czy nie, musimy się z tym pogodzić. Częste zmiany asortymentu produkcji stosowane przez wytwórców elementów elektronicznych irytują ich odbiorców. Świadomość zerwania ciągłości dostaw zniechęca do korzystania z podzespołów producenta stosującego taką strategię, tym bardziej, gdy zamienniki nie są w pełni kompatybilne. Problem staje się szczególnie dotkliwy w przypadku projektów planowanych na wiele lat. Niestety, przekonanie, że pierwszy pomysł jest najlepszy, nie ma zastosowania w elektronice. Najczęściej do opracowania końcowego produktu, spełniającego oczekiwania odbiorcy, potrzeba wielokrotnie rewidować pierwotny pomysł. Obowiązuje to zarówno producentów sprzętu, jak i podzespołów. O rewolucyjnych zmianach w architekturze mikrokontrolerów AVR pisaliśmy w EP12/2002.

Dzisiaj wracamy do tego tematu. Jesienią 2003 roku Atmel ogłosił dość radykalnie przegrupowanie w rodzinie mikrokontrolerów AVR. Zdecydowano się na stworzenie wielu ich odmian, charakteryzujących się bardzo skonkretyzowanym przeznaczeniem, lecz opartych na jednym rdzeniu CPU.

Czy jest to posunięcie słuszne, okaże się zapewne w przyszłości. Dziś znajdujemy odbicie tych decyzji w działaniach handlowych dealerów firmy, wkrótce pewnie zauważymy to także w sklepach.

Klienci Atmela chyba zadają sobie pytania, czy zmiany w Atmelu nie wymuszą zmian w ich własnych planach produkcyjnych?

Odpowiedzi jednoznacznej niestety nie ma. Na szczęście, nawet gdyby takie zagrożenie istniało, najczęściej (prawie zawsze) zachowywany jest pewien okres przejściowy (minimum dwa lata), w którym

podzespoły starszych wersji są stopniowo wypierane przez nowsze.

Od chwili ogłoszenia planowanych zmian, konstruktorzy powinni unikać stosowania podzespołów przeznaczonych do „uśmiercenia”. Jedno jest pewne: w przypadku wyrobów Atmela warto regularnie odwiedzać strony internetowe, w których przedstawiane są plany produkcyjne. Na przykład w przypadku AVR-ów: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4004.pdf, a także na stronie www.avrfreaks.com. Przed rozpoczęciem wszelkich prac kon-

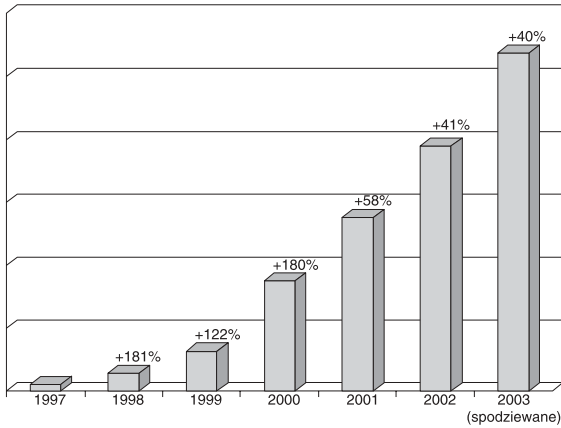
Tab. 1. Mikrokontrolery grupy TINY AVR

	tiny11	tiny12	tiny13	tiny15	tiny2313	tiny26	tiny28
Flash	1kB	1kB	1kB	1kB	2kB	2kB	2kB
SRAM	-	-	64B	-	128B	128B	-
EEPROM	-	64B	64B	64B	128B	128B	-
U(S)ART.	-	-	-	-	Tak	Tak	-
SPI	-	-	-	-	Tak	Tak	-
TWI	-	-	-	-	Tak	Tak	-
Timery/Liczniki	1	1	1	2	2	2	1
PWM	-	-	2	1	2	2	1
ADC	-	-	4	4	-	11	-
ISP	12V	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	-
OCD	-	-	Tak	-	Tak	-	-
Próbki	Teraz	Teraz	Q3 03	Teraz	Q3 03	Teraz	Teraz
Produkcja	Teraz	Teraz	Q4 03	Teraz	Q4 03	Teraz	Teraz
Obudowy	PDIP 8 SOIC 8	PDIP 8 SOIC 8	PDIP 8 SOIC 8	PDIP 8 SOIC 8	PDIP 20 SOIC 20 MLF32	PDIP 20 SOIC 20 MLF32	PDIP 20 TQFP 20 MLF32
SOIC		SOIC	SOIC 8	SOIC	PDIP 8	SOIC	PDIP 8

Tab. 2. Mikrokontrolery grupy AVR

	90S1200	90S2323	90S2343	90S2313
Flash	1kB	2kB	2kB	2kB
SRAM	-	128B	128B	128B
EEPROM	64B	128B	128B	128B
U(S)ART	-	-	-	tak
SPI	-	-	-	-
Timery/Liczniki	1	1	1	2
PWM	-	-	-	1
ADC	-	-	-	-
ISP	Tak	tak	Tak	tak
Próbki	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz
Produkcja	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz
Obudowy	PDIP 20 SOIC 20 SSOP 20	PDIP 8 SOIC 8	PDIP 8 SOIC 8	PDIP 20 SOIC 20





Rys. 1. Procentowy wzrost sprzedaży mikrokontrolerów przez firmę Atmel od 1997 roku

strukcyjnych, bazujących na mikrokontrolerach AVR, konieczne trzeba zapoznać się z zaleceniami zawartymi na stronie http://www.atmel.com/dyn/products/devices.asp?Status=Mature&family_id=607&family_name=AVR%208-Bit%20RISC.

O Atmelu i jego AVR-ach

Firma Atmel, w dość krótkim czasie, wypracowała sobie dobrą markę i opinię przodującego producenta, o czym przekonuje nas w ulotkach reklamowych. Na dobrą sprawę, każdy producent zawsze znajduje coś, w czym jest najlepszy i chwali się tym przy każdej nadarzającej się okazji.

Jednak oceniając obiektywnie rynek producentów mikrokontrolerów 8-bitowych, nie można nie przecenić roli Atmela.

Przypomnijmy, że jako jedna z pierwszych zaczynała od klonowania mikrokontrolerów '51 z flashowymi pamięciami programu. Było to dość rewolucyjne posunięcie, które na tyle zainteresowało użytkowni-

ków, że także inni producenci skoncentrowali wysiłki na opracowaniu układów w podobnych wersjach.

Marzeniem każdego konstruktora jest zdobycie mikrokontrolera, w którym będzie zintegrowane jak najwięcej komponentów, będzie szybki, będzie miał efektywną listę rozkazów, gwarantującą uzyskiwanie krótkiego kodu wynikowego i oczywiście zapewni odpowiednią ochronę programu przed niepowołanymi. W dużym stopniu udało się to Atmelowi po wprowadzeniu do produkcji rodziny mikrokontrolerów AVR. Tym razem sukces mógł cieszyć w sposób specjalny, gdyż AVR-y to własne opracowanie Atmela. Od 1997 roku wzrost sprzedaży tych układów jest nieprawdopodobny, chociaż jak to zwykle bywa - obecnie nie osiąga już takiej dynamiki, jak na początku (rys. 1).

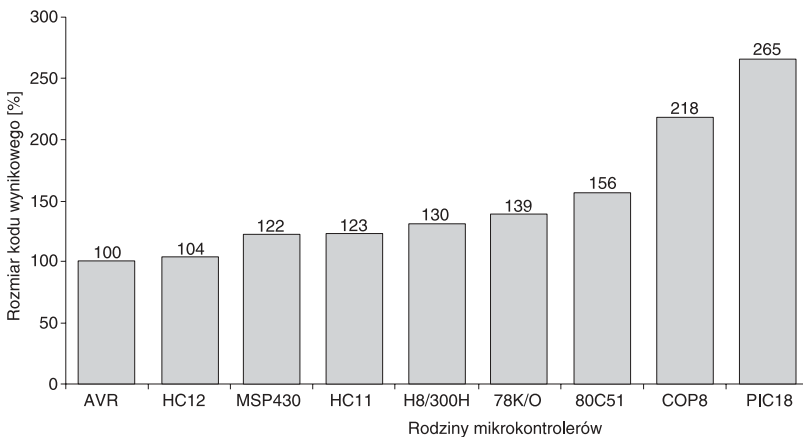
Cechą charakterystyczną rdzeni RISC jest wykonywanie rozkazów w jednym cyklu zegarowym, choć w przypadku mikrokontrolerów AVR tak się nie dzieje.

Ciekawe, jakie były przyczyny podjęcia decyzji o opracowaniu nowego rdzenia CPU w czasie, gdy mikrokontrolery '51 cieszyły się olbrzymią popularnością. Atmel zresztą przekonywał się o tym codziennie na własnej skórze. Mimo tego, w obliczu pewnego sukcesu związanego z rozwijaniem mikrokontrolerów '51 postanowiono zrobić rewolucyjny krok naprzód. Zmieniono całkowicie architekturę nowych mikrokontrolerów: CISC (*Complex*

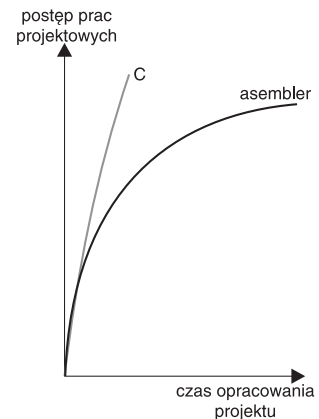
Instruction Set Computer) stosowaną w '51 zastąpiono przez RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Pozwoliło to na znaczne zwiększenie wydajności rdzenia i możliwość uzyskiwania lepszej optymalizacji kodu dla języków wysokiego poziomu, głównie C. W materiałach reklamowych podaje się, że AVR-y pozwalają na 50-procentową oszczędność pamięci programu w porównaniu z mikroprocesorami o innych architekturach, w co - jako praktyk - trochę powątpiewam.

Nie zważając na prywatne opinie, warto spojrzeć na wyniki opracowane przez Atmela. Specjalnym testem, w których badano długość kodu wynikowego, poddano kilka znanych mikrokontrolerów. Test polegał na porównaniu efektów kompilacji 13 analogicznych programów. Wyniki zestawiono na wykresie (rys. 2). Optymalizacja kodu dla języka C jest bardzo istotna z racji coraz większej popularności tego narzędzia. Nie sposób nie zgodzić się z faktem, że programowanie w assemblerze jest opłacalne właściwie tylko dla bardzo nieskomplikowanych aplikacji, a nawet wtedy przewaga assemblera nad C nie zawsze jest na tyle duża, aby decydować się na programowanie na niskim poziomie (rys. 3).

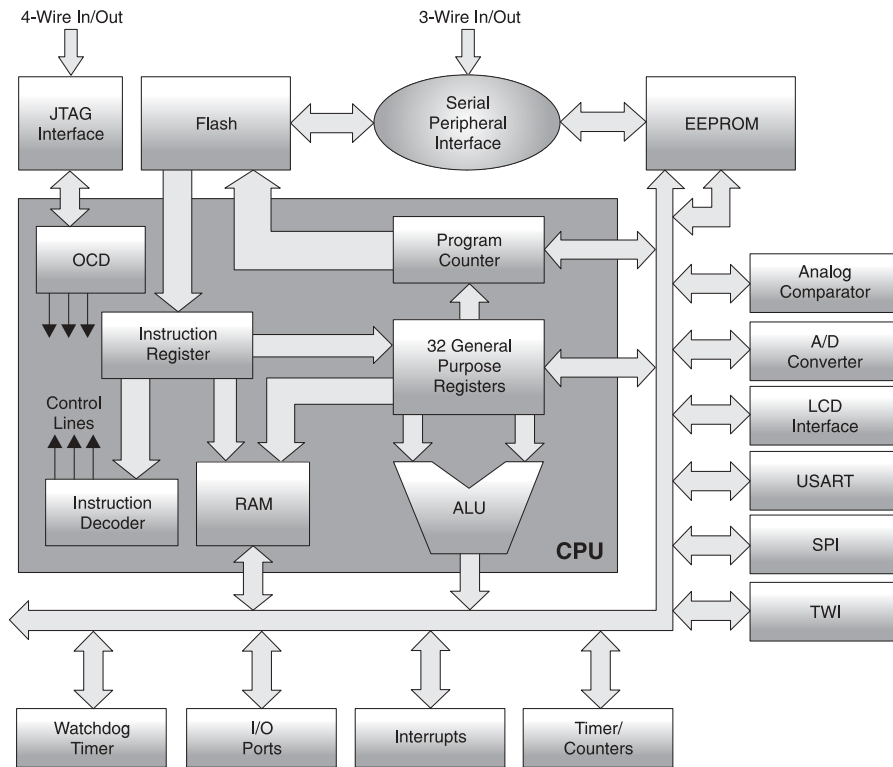
W klasycznym, AVR-owym CPU wprowadzono 32 rejestry dołączone bezpośrednio do ALU (jednostki arytmetyczno-logicznej), co jest powodem dumy konstruktorów Atmela. Mimo tego, niestety nie udało się zachować pełnego ich równoprawnienia. W pewnych grupach rozkazów można stosować tylko



Rys. 2



Rys. 3. Charakterystyki tworzenia projektów w C i assemblerze - postęp prac nad projektem w funkcji czasu opracowywania



Rys. 4. Schemat blokowy rdzenia AVR z dołączonymi niektórymi peryferiami

wydzielone grupy rejestrów. Cechą charakterystyczną rdzeni RISC jest to, że rozkazy są wykonywane w jednym cyklu zegarowym, co stało się niemal ich sloganem reklamowym, choć nie jest to prawda.

Takie stwierdzenie należy rozumieć raczej jako zdolność do końca wykonywania rozkazu w każdym cyklu zegarowym (są od tego wyjątki). Cechę tę mikrokontrolery zawdzięczają zastosowaniu tzw. potokowego przetwarzania.

Schemat blokowy rdzenia AVR przedstawiono na rys. 4. Część widocznych tu bloków funkcjonalnych należy traktować jako wyposażenie opcjonalne. Jest ono implementowane w niektórych odmianach mikrokontrolera.

Nowe podziały wśród AVR-ów

Na początku był to po prostu AVR. Tak Atmel nazwał swój mikrokontroler. W pierwszym okresie produkcji nie używano żadnych podziałów. W miarę upływu czasu powstawały jednak nowe odmiany układów, które coraz bardziej zaczęły się różnić między sobą. W roku 2000 wprowadzono podział na rodziny: TINY AVR, AVR, MEGA AVR i FPGA AVR. Znaczne zainteresowanie tymi mikrokontrolerami

wymusiło konieczność przeprowadzenia kolejnej rewizji programu produkcyjnego. W kwietniu 2003 ogłoszono, że obowiązują nowe podrodziny klanu AVR: ASIC AVR, TINY AVR, RF AVR, AVR, USB AVR, SECURE AVR, MEGA AVR, LCD AVR, CAN AVR, FPGA AVR i DVD AVR (rys. 5). Przyjęty podział jest dość czytelny, mimo tego warto zapoznać się z charakterystykami poszczególnych grup.

TINY AVR

Mikrokontrolery uniwersalnego zastosowania posiadające pamięć programu typu Flash o pojemności nieprzekraczającej 2 kB. Pamiętajmy, że oznacza to możliwość zapisania 1 kśłów kodu wynikowego programu (słowo jest 16-bitowe). Ponadto, TINY zawierają do 128 bajtów pamięci SRAM i EEPROM.

Zauważmy, że popularny AT90S2313, mówiąc językiem sportowym, zmienia zgodnie z przyjętą koncepcją kategorię wagową. Wprowadzono nową „13-kę” nazwaną tiny2313 i tiny13. Na szczęście olbrzymia popularność układu AT90S2313 spowodowała, że będzie on produkowany jeszcze przez co najmniej dwa lata w starej wersji, jednocześnie z nowszymi odmianami.

AVR

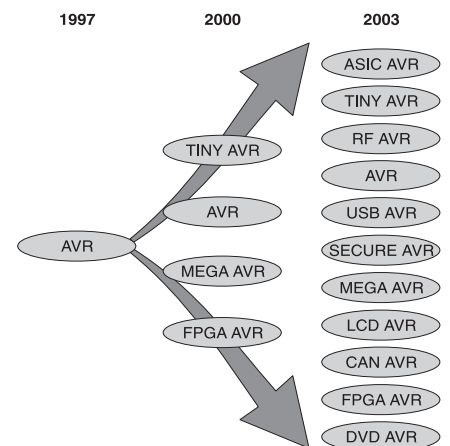
To nieco bardziej rozwinięta wersja układów TINY. Posiadają one do 8 kB pamięci Flash, a także 512 B pamięci SRAM i EEPROM.

MEGA AVR

Układy, które do niedawna były uznawane za niemal „kosmiczne”, są dzisiaj jedną z bardziej popularnych podrodzin. W porównaniu z wcześniejszą klasyfikacją, w tej grupie nastąpiły chyba największe zmiany. Należy zauważyć, że pierwsze układy „Atmegów”, jak utarło się je nazywać, w zasadzie już nie istnieją. Mikrokontrolery tej grupy mają wbudowaną samoprogramowalną pamięć Flash (do 128 kB) oraz 4 kB pamięci SRAM i EEPROM i są wyposażone w interfejs JTAG zgodny ze specyfikacją IEEE 1149.1. Niebagatelną zaletą tych mikrokontrolerów jest możliwość zapisywania pamięci programu różnymi sposobami, w typowym programatorze równoległym oraz przez interfejs JTAG zapewniający przy tym możliwość modyfikacji bitów konfiguracyjnych (*fuse* i *lock bits*). Interfejs JTAG może także być wykorzystywany podczas uruchamiania (*On-Chip Debugging*), a nawet testowania działania mikrokontrolera po zamontowaniu go na płytce drukowanej (*Boundary-Scan*).

Samoprogramowanie pamięci programu może być również realizowane poprzez dowolny interfejs dostępny w danym układzie np. SPI, TWI (atmelowski odpowiednik I²C), itp. Jakże to może dawać korzyści, niestety trudno sobie wyobrazić.

Z gwarancjami 100% bezpieczeństwa danych głoszonymi przez Atmela też byłbym raczej ostrożny,



Rys. 5. Podział rodziny AVR na wyspecjalizowane podrodziny

Tab. 3. Mikrokontrolery grupy MEGA AVR

	mega8	mega8515	mega8535	mega162	mega16	mega169	mega32	mega64	mega128
Flash	8kB	8kB	8kB	16kB	16kB	16kB	32kB	64kB	128kB
SRAM	1kB	512B	512B	1kB	1kB	1kB	2kB	4kB	4kB
EEPROM	512B	512B	512B	512B	512B	512B	1kB	2kB	4kB
U(S)ART	1	1	1	2	1	1	1	2	2
SPI	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TWI	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Timery/Liczniki	3	2	3	4	3	3	3	4	4
PWM	3	3	4	6	4	4	4	6+2	6+2
ADC	6 lub 8	-	8	-	8	8	8	8	8
Interfejs LCD	-	-	-	-	-	tak	-	-	-
JTAG/OCDF	-	-	-	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Próbki	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz
Produkcja	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz	Teraz	06 2003	Teraz	05 2003	Teraz
Obudowy	PDIP 28 TQFP 32 MLF 32	PDIP 40 PLCC 44 TQFP 44 MLF 44	PDIP 40 PLCC 44 TQFP 44 MLF 44	PDIP 40 TQFP 44 MLF 44	PDIP 40 TQFP 44 MLF 44	TQFP 64 MLF 64	PDIP 40 TQFP 44 MLF 44	TQFP 64 MLF 64	TQFP 64 MLF 64

o czym nie tak dawno mogliśmy się przekonać w cyklu artykułów na ten temat, zamieszczonych w EP.

LCD AVR

To długo oczekiwana rodzina mikrokontrolerów wyposażonych w wewnętrzne sterowniki wyświetlaczy LCD. Na razie należą do niej tylko dwa układy, ale z pewnością będzie się ona rozwijać. Charakteryzują się specjalnym, oszczędnym trybem pracy, w którym przy częstotliwości oscylatora równej 32 kHz pobierają tylko 20µA prądu z zasilania. Dostępne są cztery stany uśpienia: *Idle* i *Power Save* (w których wyświetlacz jest obsługiwany) oraz *Power Down* i *Standby* (w których wszystkie segmenty są wygaszone). Wśród dostępnych na rynku wyświetlaczy LCD możemy wyróżnić moduły, w których oprócz matrycy ciekłokrystalicznej, stanowiącej alfanumeryczne pole odczytowe, umieszczono niezbędny sterownik LCD oraz 8-bitowy interfejs równoległy mogący najczęściej pracować również w trybie 4-bitowym. Są również takie odmiany wyświetlaczy, w których zamiast szyny równoległej zastosowano interfejs szeregowy. Najprostsze wyświetlacze mają jedynie rozdzielone segmenty, które muszą być sterowane indywidualnie.

Choć do obsługi wyświetlaczy została wyodrębniona specjalna grupa mikrokontrolerów, to z ich oznaczeń wynika, że są pochodnymi „atmegów“. Przykładem może być ATmega169 potrafiący sterować wyświetlaczem LCD z różnymi częstot-

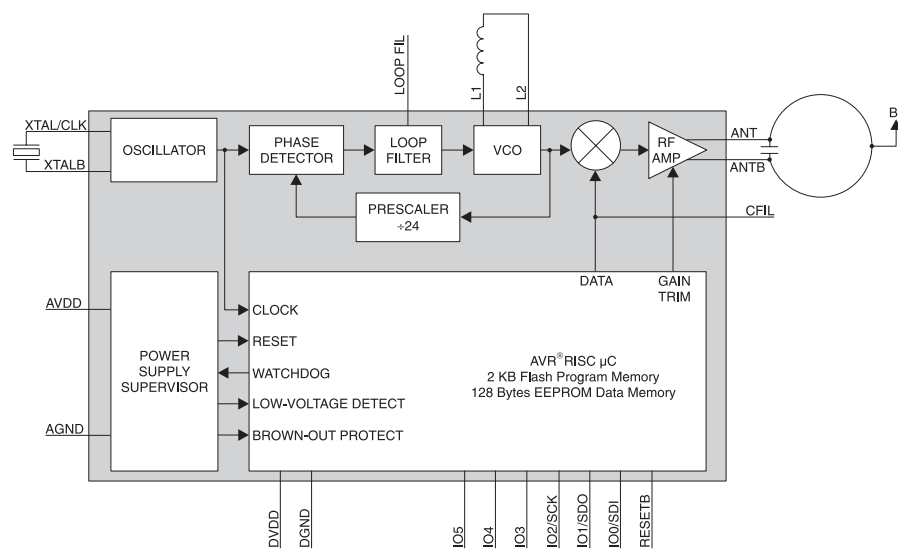
liwościami ramki i ma możliwość ustawiania kontrastu z 16-stopniową rozdzielczością.

Obsługa wyświetlaczy wielosegmentowych jest realizowana metodą multipleksową. Stosowana w mikrokontrolerach LCD AVR częstotliwość ramki większa niż 31 Hz zapobiega nieprzyjemnemu migotaniu znaków. Mikrokontrolery mogą obsługiwać od 13 (statycznie) do 100 (z multipleksem x4) segmentów, wykorzystując do tego od 1 do 4 wyjść *Back Plane* oraz od 13 do 25 wyjść segmentowych. Niewykorzystane wyprowadzenia segmentowe można używać jako porty ogólnego przeznaczenia. Dane, zanim zostaną wpisane do rejestru LCD, są zatrzymywane w specjalnym rejestrze, zapobiegając tym samym niepotrzeb-

nym zmianom stanu wyświetlacza w trakcie akwizycji danych.

SECURE AVR

Są to układy przeznaczone do zastosowań związanych z obsługą kart pamięciowych (*Smart Card*). Zaimplementowano w nich 16-bitowy koprocesor kryptograficzny oraz generator słów pseudolosowych. Dostępne są wbudowane funkcje realizujące algorytmy kryptograficzne: RSA (512 do 2048 bitów), DES, CRT, *Key Generation* i ECC. Mikrokontrolery SECURE mogą współpracować z jednym lub dwoma zewnętrznymi interfejsami ISO7816, posiadają certyfikaty ISO15408 (EAL4+). Układ AT90SC6464C może obsługiwać VISA Smart Card level 3. Aktualnie rodzina liczy aż 15 układów.



Rys. 6. Schemat blokowy przykładowego mikrokontrolera z podrodziny RF AVR

Tab. 4. Mikrokontrolery grupy SECURE AVR

Układ	Flash (kB)	Mask ROM (kB)	EEPROM (B)	RAM (B)	SPI	TWI	Sprzętowe wspomaganie operacji mnożenia	Timer 8-bitowy	Timer 16-bitowy	10-bit ADC/ liczba kanałów	Vcc (V)	Wspomaganie operacji kryptograficznych	Inne	Dostępność
AT90SC19236R	-	192	36	4k	-	1	-	-	2	-	2,7-5,5	-	-	Q3-2003
AT90SC19264RC	-	192	64	6k	-	1	-	-	2	-	2,7-5,5	tak	Hardware 3DES, CRC, RSA3856-bit, ECC, C.C. EAL4+	teraz
AT90SC25672R	-	256	72	6k	-	-	-	-	-	-	2,7-5,5	-	-	teraz
AT90SC320856	8	32	56	1,5k	-	-	-	-	1	-	2,7-5,5	-	-	teraz
AT90SC3232CS	32	-	32	3k	1	1	tak	-	2	-	2,7-5,5	tak	RSA 1024-bit, C.C., EAL4+	teraz
AT90SC4816R	-	48	16	1,5k	-	-	-	-	1	-	2,7-5,5	-	-	teraz
AT90SC4816RS	-	48	16	1,5k	-	-	-	-	1	-	2,7-5,5	-	-	Q4 2003
AT90SC6404R	-	64	4	2k	-	-	-	-	2	-	2,7-5,5	-	-	Q3-2003
AT90SC6432R	-	64	32	2k	-	-	-	-	1	-	2,7-5,5	-	-	teraz
AT90SC6464C	64	-	64	3k	-	1	-	-	2	-	2,7-5,5	tak	Hardware 3DES, CRC, RSA1956-bit, C.C. EAL1+ and VL3	teraz
AT90SC6464C-USB	64	-	64	3k	-	1	-	-	2	-	2,7-5,5	tak	On-chip USB Full-Speed Interface, CRC, Des, RSA 1956-bit	teraz
AT90SC9608RC	-	96	8	3k	-	1	tak	-	2	-	2,7-5,5	tak	Hardware DES, CRC	Q3-2003
AT90SC9616RC	-	96	16	3k	-	1	tak	-	2	-	2,7-5,5	tak	Hardware DES, CRC	teraz
AT90SC9636R	-	96	36	3k	-	1	tak	-	2	-	2,7-5,5	-	-	Q3-2003
AT97SC3201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	tak	RSA 2048-bit	Teraz

RF AVR

Jak wskazuje nazwa, są to mikrokontrolery przeznaczone do urządzeń łączności bezprzewodowej. Wbudowano w nie monolityczny nadajnik programowalny stabilizowany pętlą PLL. Jest on całkowicie kontrolowany przez CPU. Do prawidłowej pracy wymaga zaledwie kilku elementów zewnętrznych. Jego schemat blokowy przedstawiono na rys. 6.

Mikrokontrolery RF AVR są stosowane w układach zdalnego zamykania bram, sterowania urządzeniami klimatyzacyjnymi, w zabawkach,

systemach alarmowych, systemach telemetrycznych itp.

Pewność działania podnosi zaimplementowanie w strukturze układów watchdog i *brown-out*. Układy te świetnie się nadają do urządzeń zasilanych z baterii CR2032/2016.

USB AVR

Wzrost popularności interfejsu USB nie mógł pozostać niezauważony przez konstruktorów Atmela. Opracowali mikrokontroler wspierający obsługę interfejsu USB 2.0. Użytkownicy mogą liczyć na jego

oprogramowanie opracowane przez Atmela, dzięki czemu przygotowanie aplikacji powinno być znacznie ułatwione. Mikrokontrolery te zapewniają obsługę interfejsu z pełną szybkością (mają wydajność 12 lub 24 MIPS). W tej grupie można znaleźć układy z 10-bitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym oraz modulatorem PWM.

Obszar zastosowań mikrokontrolerów USB AVR, to huby USB, klawiatury multimedialne (posiadają wbudowany interfejs klawiatury matrycowej), urządzenia akwizycji danych analogo-

Tab. 5. Mikrokontrolery grupy USB AVR

Układ	Flash (kB)	Mask ROM (kB)	EEPROM (B)	RAM (B)	I/O piny	SPI	UART	PWM	Timer 8-bitowy	Timer 16-bitowy	10-bit ADC/ liczba kanałów	ISP (I)/ + Self-Prog. (S)	Vcc (V)	Oscylator (MHz)	Szybkość USB	Liczba endpointów	Porty HUB	Sterownik LED	Obudowy	Dostępność
AT43USB320A	-	-	-	512	32	1	1	2	1	1	-	-	5	12	pełna	3	4	-	100 LQFP	teraz
AT43USB325E	-	-	16k	512	43	1	-	2	1	1	-	I	5	12	pełna	4	4	5	64 LQFP	teraz
AT43USB325M	-	16	-	512	43	1	-	2	1	1	-	I	5	12	pełna	4	4	5	64 LQFP	teraz
AT43USB326	-	16	-	512	32	-	-	1	-	1	-	-	5	12	pełna	3	2	4	48 LQFP	teraz
AT43USB351M	-	24	-	1k	19	1	-	2	1	1	12	-	5	0-24	niska-pełna	5	-	-	48 LQFP	teraz
AT43USB353M	-	24	-	1k	15	-	-	2	1	1	12	-	5	0-24	pełna	4	2	-	48 LQFP	teraz
AT43USB355E	-	-	24k	1k	27	1	-	2	1	1	12	I	5	0-12	pełna	4	2	-	64 LQFP	teraz
AT43USB355M	-	24	-	1k	27	1	-	2	1	1	12	I	5	0-12	pełna	4	2	-	64 LQFP	teraz
AT76C711	-	-	-	8k	42	1	2	-	1	1	-	-	3,3	0-24	pełna	6	-	-	64 LQFP, BGA, TQFP	

Tab. 6. Mikrokontrolery grupy DVD AVR

Układ	Flash (kB)	Mask ROM (kB)	EEPROM (B)	RAM (B)	I/O piny	SPI	UART	TWI	Sprzętowe wspomaganie mnożenia	Timer 8-bitowy	Timer 16-bitowy	10-bit ADC/ liczba kanałów	ISP (I)/ + Self-Prog. (S)	Vcc (V)	Oscylator (MHz)	Peryferiale	Obudowy	Dostępność
AT78C1501	-	-	-	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	40	DVD	202 LQFP	teraz
AT78C1502	-	-	-	12k	24	-	1	-	Tak	-	-	1	-	3,3	40	DVD	128 LQFP	teraz

wych wykorzystujących interfejs USB, mostki UART-USB, IrDA-USB itp.

CAN AVR

Ta grupa układów jest niewątpliwie przydatna w zastosowaniach przemysłowych i motoryzacyjnych. W mikrokontrolerze zaimplementowano pojedynczy lub podwójny sterownik CAN 2.0A i 2.0B. Duża pamięć programu (64 do 128 kB) umożliwia tworzenie rozbudowanych aplikacji. Dostępna jest opcjonalna sekcja *Boot Code* z niezależnymi bitami zabezpieczającymi (*Lock bits*). Tworzenie systemów jest ułatwione poprzez możliwość programowania mikrokontrolera w systemie poprzez tzw. *on-chip boot program*. Dostęp do sekcji *Boot Code* wykorzystuje technikę *True Read-While-Write*. Mikrokontrolery CAN AVR udostępniają ponadto 8-

kanalowy przetwornik ADC, PWM oraz interfejsy TWI, USART i SPI.

DVD AVR

Jest to specjalna odmiana mikrokontrolerów przeznaczonych do zastosowań w aplikacjach współpracujących z DVD lub CD. Układy zawierają odpowiednie interfejsy, w tym obsługę serwomechanizmów, a także 3 szybkie przetworniki DAC. Zapewniają korekcję błędów ECC (*Error Correction Code*) oraz funkcję ENDEC (*Encoder/Decoder*) dla DVD i CD.

FPGA AVR

Jest to coś więcej niż mikrokontroler. Ma bowiem wbudowany układ programowalny FPGA zawierający do 40000 bramek. Do wykorzystania są dwa UART-y, interfejs TWI, standardowe timery 8- i 16-bitowe oraz PWM.

W stanie *standby* układ pobiera prąd mniejszy niż 100 µA. Firma Atmel zapewnia moduły biblioteczne bloków funkcjonalnych do realizacji własnych urządzeń peryferyjnych w FPGA.

Spróbować można

Nie wszystkie opisywane tu układy są już dostępne w sprzedaży, część z nich nie ma nawet oficjalnych not katalogowych. Jak tylko zostaną udostępnione, natychmiast pojawią się na stronach internetowych Atmela. Warto tam zaglądać systematycznie. Być może wprowadzenie wyspecjalizowanych układów ułatwi tworzenie specyficznych aplikacji.

Czy nowe podzespoły będą miały długi żywot? Jak widać w przypadku Atmela, takiej gwarancji nie ma.

Jarosław Doliński
jaroslaw.dolinski@ep.com.pl

Tab. 7. Mikrokontrolery grupy FPGA AVR

Układ	Flash (kB)	Mask ROM (kB)	EEPROM (B)	RAM (B)	I/O piny	SPI	UART	TWI	Sprzętowe wspomaganie mnożenia	Timer 8-bitowy	Timer 16-bitowy	10-bit ADC/ liczba kanałów	ISP (I)/ + Self-Prog. (S)	JTAG Debug Interface	Vcc (V)	Oscylator (MHz)	Obudowy
AT94K05AL	4-16	-	-	4-16k	96	-	2	1	tak	2	1	-	I	tak	1,6-3,6	0-25	84 PLCC, 100 VQFP, 144 TQFP, 208 PQFP
AT94K10AL	20-32	-	-	4-16k	192	-	2	1	tak	2	1	-	I	tak	1,6-3,6	0-25	84 PLCC, 100 VQFP, 144 TQFP, 208 PQFP
AT94K40AL	20-32	-	-	4-16k	384	-	2	1	tak	2	1	-	I	-	1,6-3,6	0-25	84 PLCC, 100 VQFP, 144 TQFP, 208 PQFP
AT94S05AL	4-16	-	256	4-16k	96	-	2	1	tak	2	1	-	I	-	3,0-3,6	0-25	256CABGA
AT94S10AL	20-32	-	512	4-16k	144	-	2	1	tak	2	1	-	I	tak	3,0-3,6	0-25	256CABGA
AT94S40AL	20-32	-	256	4-16k	288	-	2	1	tak	2	1	-	I	-	3,0-3,6	0-25	256CABGA