

Autor tego artykułu mgr inż. Piotr Węgliński jest pracownikiem Motoroli (MOS and Microprocessor Division). Mamy więc wyjątkową okazję uzyskania informacji z pierwszej ręki. Temat jest niezwykle ważny - dotyczy najlepszej w świecie rodziny procesorów "embedded", czyli przeznaczonych do zastosowań jako "mózgi" sprzętu niekomputerowego.

Redakcja

Jak uczy teoria marketingu, na pozycję produktu na rynku mają wpływ trzy wzajemnie od siebie zależne czynniki: pozycja firmy, pozycja produktu oraz pozycja rynku. Aby uzyskać możliwie najpełniejszy obraz sytuacji rodziny procesorów Motoroli 68000, przyjrzyjmy się tym trzem elementom.

Pozycja Motoroli jako producenta elementów i układów półprzewodnikowych

Niewiele jest firm na świecie, które oferują tak szerokie spektrum produktów półprzewodnikowych jakim może się pochwalić Motorola. Firma ta jest największym amerykańskim broadlinerem produkującym szeroką gamę elementów dyskretnych, układów analogowych i układów cyfrowych. Naturalnie, w każdej z tych kategorii produktów występują całe klasy, a wśród nich - rodziny układów. W sumie jest dziś dostępnych na rynku ponad 50 tysięcy różnych elementów i układów ze znakiem Motoroli.

Od wielu lat firma jest w ścisłej czołówce przemysłu półprzewodnikowego. W 1993 r., sprzedając produkty półprzewodnikowe za 5,7 mld USD, Motorola uplasowała się na trzeciej pozycji na świecie (po Intelu i NECu), przesuując się o jedną pozycję w górę w stosunku do roku 1992. Wyniki finansowe sektora półprzewodnikowego Motoroli notują nieustanny wzrost. W trzecim kwartale bieżącego roku wynosił on 18 procent w porównaniu z rokiem poprzednim. Był to już 23 kolejny kwartał wzrostu sprzedaży. Dane te znajdują odzwierciedlenie w zestawieniach globalnych. W 1994 Motorola została zaklasyfikowana na pozycji 49 (w 1993 pozycja 60) na liście „The global 1000” opublikowanej przez „Business Week”.

Potwierdzenie tych danych można znaleźć w życiu, a dokładniej - na rynku. W wielu dziedzinach Motorola wiedzie niezaprzeczalny prym. W ubiegłym roku firma wyprzedziła NEC i objęła pierwszą lokatę w zakresie sprzedaży mikrokontrolerów. Rynek procesorów 32-bitowych w zakresie embedded control został w dużym stopniu zdominowany przez rodzinę 68000. Na rynku FastSRAM Motorola ma również największy udział. Firma jest cenionym przez klientów dostawcą. Świadczy o tym przyznana w maju 1994r. nagroda Dataquest dla najlepszego producenta przyrządów półprzewodnikowych w Europie.

Nie jest to pierwsza nagroda tego typu. Przez 4 kolejne lata, od 1989 r. do 1992 r., Motorola

Rodzina procesorów 68000 - jej rola na rynku embedded

zdoływała przyznawany przez Dataquest tytuł Producenta Roku, a w 1992 również tytuł Europejskiego Producenta Roku. Motorola otrzymała pierwszą nagrodę im. Malcolma Baldridge'a jako wyraz uznania wkładu firmy w jakość amerykańskich produktów. W imieniu Kongresu USA została ona wręczona kierownictwu firmy w lipcu 1988r. przez Prezydenta Ronalda Reagana. Firma otrzymała również japońską Nagrodę Nikkei za doskonałą jakość produktów oraz przyznaną przez Sony Europejską Nagrodę Jakości za wybitny produkt oraz jakość dostaw i obsługi.

Osiąganiu coraz lepszych rezultatów w tych dziedzinach służą rozwijane od lat programy „Sześć Sigma” oraz „Całkowitej Satysfakcji Klienta”. Celem rozpoczętego w 1987 roku programu „Sześć Sigma” jest osiągnięcie jakości na poziomie 6 sigma, czyli średnio 3,4 defektów na 1 milion produktów. Po 5 latach osiągnięto już poziom 5,5 sigma, czyli 40 defektów na 1 milion.

Motorola nieustannie inwestuje. Do istniejących dziś 27 fabryk produkujących elementy i układy półprzewodnikowe dobudowywane są nowe segmenty, budowane lub kupowane są także całe nowe fabryki. Oddany do użytku w sierpniu tego roku nowy segment fabryki MOS1 w East Kilbride w Szkocji, dający dodatkowe 2000m² powierzchni produkcyjnej, został zbudowany w rekordowym czasie. Od chwili rozpoczęcia robót ziemnych do uzyskania pierw-

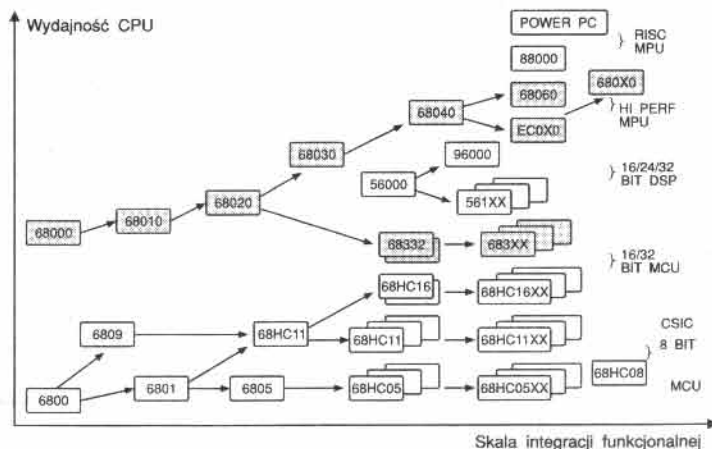
szych mikrokontrolerów z nowej fabryki upłynęło zaledwie 41 tygodni.

W 1993 nakłady inwestycyjne sektora półprzewodnikowego Motoroli wynosiły 700 milionów USD, a plan na 1994 zakładał 800 milionów USD.

Pozycja rodziny 68000 wśród innych mikroprocesorów i mikrokontrolerów Motoroli

Spektrum oferty Motoroli rozciąga się od 8-bitowych mikrokontrolerów rodziny 68HC05, poprzez 16-bitowe mikrokontrolery 68HC16, 32-bitowe procesory rodziny 68000 i 68300, 16, 24, 32-bitowe procesory sygnałowe DSP56000 aż po RISC-owe 64-bitowe procesory PowerPC. Rysunek 1 przedstawia ewolucję rozwoju oraz obecną pozycję mikroprocesorów i mikrokontrolerów Motoroli.

Na osi wydajności najniższej można znaleźć rodzinę kontrolerów 68HC05. Liczy ona ponad 130 układów różniących się ilością pamięci ROM, RAM, EPROM, EEPROM, rodzajem timer-a, portu szeregowego, ilością linii I/O, przetwornikiem analogowo-cyfrowym oraz blokiem modulacji fazowej. Ma ona 8-bitową architekturę. Maksymalna częstotliwość zegara wynosi 4MHz. Zakres zastosowań jest niezwykle szeroki.



Rys. 1.

Niektóre typy kontrolerów 68HC05 mają jakąś typową klasę zastosowań, jak np. 68HC05Tx - stosowane jako mikrosterowniki Screen-Display w odbiornikach TV, czy 68HC05Lx - kontrolery wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Zdecydowana większość tych układów może być traktowana jako układy uniwersalne o tak szerokim zakresie zastosowań jak: elektronika samochodowa (sterowanie poduszką powietrzną, deska rozdzielcza, elektryczne otwieranie okien, elektroniczny zapłon, automatyczna skrzynia biegów, centralne zamykanie drzwi, radio samochodowe), urządzenia gospodarstwa domowego (np. lodówka, suszarka bębnowa, pralka, zmywarka do naczyń, kuchenka mikrofalowa, alarmy domowe), telekomunikacja, sprzęt powszechnego użytku, urządzenia alarmowe.

Rodzina 68HC08 jest nową klasą mikrokontrolerów, całkowicie zgodną programowo z 68HC05. Jej maksymalna częstotliwość pracy wynosi 8MHz. Do tradycyjnie używanych przez 68HC05 modułów został dodany blok DMA. Rynek rodziny 68HC08 jest zbliżony do 68HC05, lecz układy te znajdują zastosowanie w systemach wymagających większej wydajności niż ta, którą zapewniają 68HC05.

Rodzina 68HC11 ma najwyższą wydajność ze wszystkich 8-bitowych mikrokontrolerów Motorola. Liczy ona ponad 50 układów, podobnie jak w przypadku 68HC05 zróżnicowanych pod względem ilości pamięci oraz zestawu i własności modułów z mikroprocesorem. Znajdują one zastosowanie w urządzeniach video, kamkorderach, kontrolerach twardych dysków, aparatach fotograficznych, elektronice samochodowej (w tym również ABS), telekomunikacji, urządzeniach do zdalnego sterowania, urządzeniach klimatyzacyjnych. Można je znaleźć m.in. w telefonach komórkowych Motorola - Microtac II.

Mikrokontrolery 68HC16 mają architekturę 16-bitową. Zbudowane wokół CPU16 zapewniają znacznie większą wydajność niż 68HC11 przy zachowaniu pełnej z nim kompatybilności na poziomie kodu. Są one stosowane w kontrolerach dysków twardych, samochodowych systemach ABS, modemach, kamkorderach, robotach przemysłowych, sterowaniu procesami przemysłowymi, w systemach bezpieczeństwa i sterowaniu silnikami.

Procesory sygnałowe DSP56000 mają architekturę 16-bitową (DSP56156, 561566), 24-bitową (DSP56000, 56001, 56002, 56004) bądź 32-bitową (DSP96002). Integracją objęty jest PROM, RAM, port szeregowy, przetwornik A/D (tylko w układach 16-bitowych). Częstotliwość zegara tych procesorów wynosi 20...60MHz. Zakres zastosowań rozciąga się od telekomunikacji przez komputery, urządzenia audio-video, technikę samochodową, sprzęt powszechnego użytku, sterowanie przemysłowe, aż po sprzęt medyczny.

Tab. 1.

Wersja	68000	68EC000	68020	68EC020	68030	68EC030	68040	68EC04	68LC040	68060	68EC060	68LC060
Wydajność MIPS	2,7	2,7	9,8	9,8	14,3	14,3	43,8	43,8	43,8	>100	>100	>100
Zakres adresowania	16MB	16MB	4GB	16MB	4GB	4GB	4GB	4GB	4GB	4GB	4GB	4GB
Szyba danych	16	8,16	8, 16, 32	8, 16, 32	8, 16, 32	8, 16, 32	32	32	32	32	32	32
Transmisja	asynchr.	asynchr.	asynchr.	asynchr.	asynchr.	asynchr.	synchron.	synchron.	synchron.	synchron.	synchron.	synchron.
Cache instrukcji			256B	256B	256B	256B	4kB	4kB	4kB	8kB	8kB	8kB
Cache danych					256B	256B	4kB	4kB	4kB	8kB	8kB	8kB
Pamięć MU					22-wejść.		2x68-wejść.		2x68-wejść.			
Koprocesor			68882	68882	68882	68882	wewnętrzny			wewnętrzny		wewnętrzny
Zegar [MHz]	8, 10, 12, 16	8, 10, 12, 16	16, 20, 25, 33	16, 25	20, 25, 33, 40, 50	25, 40	25, 33, 40	20, 25, 33, 40	20, 25, 33	50, 66	40, 50	40, 50

Procesory rodziny 68000 mają architekturę 32-bitową. Wszystkie, poza MC68000 i procesorami zintegrowanymi opartymi o ten procesor, mają 32-bitową szynę danych. Ich moc obliczeniowa rozciąga się od 2,7 MIPS (68000) do ponad 100 MIPS (68060). W ramach rodziny 68000 można wyodrębnić grupę procesorów zintegrowanych 68300. Wszystkie procesory tej rodziny, pomimo ogromnej rozpiętości w wydajności, mają ten sam zestaw rejestrów użytkownika, zapewniając pełną kompatybilność programową. Na bazie tych procesorów są zbudowane komputery Macintosh firmy Apple Computers oraz urządzenia do gier elektronicznych produkowane przez firmy Amiga i Atari.

Głównym jednak obszarem zastosowań rodziny 68000 są systemy embedded: w telekomunikacji - centrale cyfrowe, SDH, PABX, ISDN, LAN, routery, bridges, telefony i stacje GSM oraz DECT, w technice biurowej - drukarki, faksy, serwery, X-terminale, koparki, w produktach powszechnego użytku - CD-I, w technice audio-video.

Procesory PowerPC są oparte na architekturze RISC-owej wspólnie zdefiniowanej i zaprojektowanej przez Motorola, IBM i Apple. Są one przeznaczone na rynek desktopów, laptopów, serwerów i stacji roboczych. W ciągu zaledwie trzech lat od zawązania trójporozumienia (Motorola, IBM, Apple) zostały wyprodukowane cztery typy procesorów: 601, 603, 604 i 620, z czego dwa z nich są już sprzedawane masowo. Charakteryzuje je niezwykle korzystny współczynnik ceny do wydajności. Występują one zarówno w 32-bitowej implementacji architektury PowerPC (601,603, 604), jak też i w postaci 64-bitowej (620). Wydajność ich rozciąga się aż po 225 SPECint92 i 300 SPECfp92 (620 dla 133 MHz). Wśród firm rozwijających swoje produkty w oparciu o architekturę PowerPC są: Apple Computer, Bull, Canon, Daystar, Ford, Harris, Hitachi, IBM, Italtel, ISG, Kaleida, Microsoft, Motorola Computer Group, Parsytec, Scientific Atlanta, Tadpole, Tandberg Data, Thomson.

Pozycja rodziny 68000 wśród procesorów 32-bitowych na rynku embedded

Systemy mikroprocesorowe można ogólnie podzielić na dwie zasadnicze grupy: systemy komputerowe oraz systemy typu embedded control. Pierwszą z nich stanowią komputery PC, notebooki, serwery, stacje robocze. Drugą grupą jest cała klasa systemów, które pomimo tego, że mają strukturę bardzo zbliżoną do komputera, nie mogą być programowane przez użytkownika, ponieważ są przeznaczone do wykonywania ściśle określonych funkcji

w ramach sprzętu, któremu służą. Procesory stosowane w systemach embedded są zwykle określane polskim terminem "procesory zagnieźdzone". Przykładem typowego systemu embedded jest układ sterujący drukarką laserową.

O ile systemy komputerowe są najbardziej spektakularną częścią rynku, o tyle nie stanowią wcale większości produkowanych systemów mikroprocesorowych. Dane opublikowane w grudniu 1993 roku przez Dataquest (człową amerykańską firmę zajmującą się analizą i prognozowaniem trendów w przemyśle) świadczą o tym dobitnie. Spośród 140 milionów procesorów użytych w przemyśle w 1992 roku, zaledwie 27 procent zasiliło systemy komputerowe. Pozostałe 73 procent procesorów znalazło zastosowanie w systemach embedded.

Analiza rynku embedded wykazała, że w roku 1993 ze wszystkich architektur największy udział miała w nim architektura 68000. Sprzedają 36 mln sztuk rodzina 68000 wyraźnie zdominowała ten rynek.

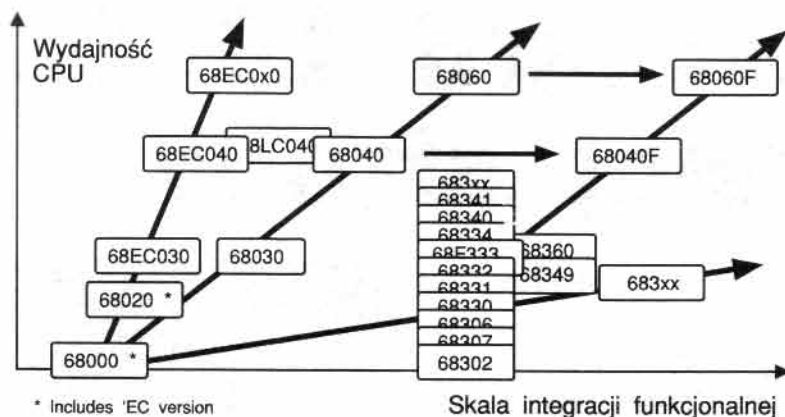
Następna po 68000 architektura - i960 odnotowała sprzedaż 4,6 mln sztuk, tuż przed kategorią „inne” - 3,8 mln. Intelowska architektura x86 znalazła się na tej liście na pozycji czwartej ze sprzedażą 3 mln sztuk.

Prognozy wskazują na fakt, że ilość procesorów 32-bitowych używanych w systemach embedded będzie rosła. Dataquest przewiduje, że w 1997r. nastąpi znaczny wzrost zapotrzebowania na te procesory, szczególnie w takich obszarach rynku embedded jak sprzęt powszechnego użytku czy telekomunikacja. Z opublikowanych danych wynika, że rodzina 68000 utrzyma swój prym na tym rynku, zwiększając ilość sprzedanych procesorów ponad dwukrotnie - do 76 mln sztuk. Dziś można znaleźć 100 mln procesorów rodziny 68000 w ogromnej liczbie systemów i urządzeń na świecie. Wśród firm stosujących procesory rodziny 68000 w swoich produktach są m.in.: Apple Computer, Siemens, Philips, Hewlett-Packard, Commodore, ABB, Bull, NCR, Tadpole i wiele innych.

Charakterystyka rodziny 68000

Dziś rodzina 68000 liczy już ponad 30 procesorów. Można w niej wyróżnić trzy zasadnicze grupy. **Rysunek 2** przedstawia strukturę poszczególnych grup rodziny 68000.

Pierwsza z nich jest grupa procesorów przeznaczonych do systemów komputerowych. W jej skład wchodzi: 68000, 68020, 68030, 68040. Procesory te charakteryzują się największą wydajnością. Mają one pełny zestaw bloków funkcyjnych, takich jak jednostki wykonawcze stało- i zmiennoprzecinkowe, jednostka zarządzania pamięcią, pamięć podręczna. Procesory te odpowiadają głównej linii Intela 8086, 80286,



Rys. 2.

80386DX, 80486DX, Pentium, w wielu przypadkach przewyższając je jednak wydajnością przy tej samej częstotliwości zegara (np. 68040/33MHz = 80486DX/50MHz).

Drugą grupą układów jest seria procesorów 68ECx0. Zaliczane są do niej 68EC000, 68EC020, 68EC030, 68EC040, 68EC060 oraz 68LC040 i 68LC060. Są one przeznaczane na rynek embedded, który bardzo często nie ma tak wielkich wymagań w dziedzinie obliczeń zmiennoprzecinkowych czy potrzeby używania jednostki zarządzania pamięcią. Dzięki ograniczeniu liczby jednostek wewnątrz procesora jest możliwe obniżenie ceny układu. Procesory te mają taką samą wydajność obliczeń stałoprzecinkowych co odpowiadające im procesory z grupy komputerowej. Jednocześnie mają najniższą cenę ze wszystkich procesorów rodziny 68000 o tej samej wydajności stałoprzecinkowej. Tabela 1 ilustruje własności procesorów 680x0 i 68EC0x0.

Trzecią grupą jest rodzina procesorów zintegrowanych 68300. Łącząc architekturę 68000 z rozbudowanymi urządzeniami peryferyjnymi dają szeroką gamę produktów przeznaczonych do różnorodnych zastosowań. Koncepcja tych procesorów polega na integracji procesora rodziny 68000 z urządzeniami peryferyjnymi i logice zawierającej watchdog, kontroler przerwań, dekodowanie adresu (chip selects) oraz inne funkcje systemowe.

Wśród urządzeń peryferyjnych zintegrowanych z procesorem znajdują się: timery, porty szeregowo i równoległe, bloki DMA, przetworniki analogowo-cyfrowe, kontrolery DRAM, pamięć SRAM, kontroler Ethernet, interfejs PCMCIA oraz RISC-owe kontrolery: komunikacyjny, graficzny i czasowy.

Integracja procesora i peryferiów w jeden układ ma wiele zalet. Przede wszystkim pozwala skrócić czas projektowania i uruchamiania systemu, ponieważ urządzenia peryferyjne są w ramach układu połączone z procesorem i ze sobą nawzajem gwarantując dopasowanie sygnałów i poprawność działania. Układy te podwyższają niezawodność systemu poprzez zmniejszenie liczby zastosowanych układów scalonych oraz liczby połączeń, podnoszą stopień miniaturyzacji oraz pozwalają obniżyć pobór energii, co jest sprawą krytyczną w aplikacjach przenośnych.

Wszystkie te czynniki sprawiają, że system zbudowany na bazie procesora zintegrowanego jest znacznie efektywniejszy niż system zbudowany z oddzielnych układów. Oparte na bazie procesorów 68000, procesory zintegrowane 68300 są w pełni kompatybilne zarówno ze swoimi poprzednikami, jak też z procesorami o większej

mocy obliczeniowej i większym stopniu integracji.

Czynnikiem, który zapewnił sukces rodzinie 68000, jest przejrzysta i dobrze zdefiniowana architektura. Pierwszym procesorem, który został na niej oparty, był MC68000 wprowadzony na rynek w 1979 roku. Jego znaczenie wybiegało poza fakt, że był ówczesnym najpotężniejszym procesorem Motorola.

Współczesne mu procesory, np. 8086, miały architekturę 16-bitową oraz stosunkowo niewiele rejestrów ogólnego przeznaczenia. O ile jednak MC68000 przy 24-bitowej szynie adresowej wciąż miał 16-bitową szynę danych, to wszystkie jego rejestry wewnętrzne były już 32-bitowe. Dawał on programiście do dyspozycji aż 8 rejestrów danych oraz 8 rejestrów adresowych. Wszystkie one mogły być traktowane jako rejestry ogólnego przeznaczenia. Poza tym MC68000, poprzez zaimplementowanie w nim trybów „user” i „supervisor”, umożliwiał stosowanie w systemie mechanizmów protekcji. Wszystkie te cechy dawały projektantom ogromną elastyczność w tworzeniu nowych systemów.

Szeroka lista 32-bitowych instrukcji w połączeniu z licznymi trybami adresowania gwarantowały bezprecedensowe możliwości w dziedzinie oprogramowania. Wielu producentów mikroprocesorów uważało wówczas, że wprowadzanie na tamtym etapie architektury 32-bitowej do przemysłu nie było konieczne, a wręcz przedwczesne. Przyszłość jednak bardzo szybko pokazała, jak trafna była ta koncepcja. Okazało się bowiem, że zapotrzebowanie na większą moc obliczeniową wzrastało znacznie szybciej niż ktokolwiek się tego spodziewał i procesory, które zaspokajały potrzeby przemysłu w późnych latach 70-tych, nie były w stanie sprostać zadaniom stawianym przed nimi na początku lat 80-tych.

Wyzwaniom tym musiały zatem stawić czoła procesory nowej generacji. MC68000 był doskonałym fundamentem dla nowych układów opartych na jego architekturze. Zapewnienie pełnej zgodności nowych procesorów z ich poprzednikami nastroczało wielu projektantom mikroprocesorów nie miały kłopotów. Było tak zwłaszcza wtedy, gdy trzeba było ponosić konsekwencje rozwiązań krótkowzrocznych, nie najlepiej przemysłanych implementacji pewnych funkcji.

Architektura 68000 okazała się być tak dobrze zdefiniowana, że trzymanie się jej standardu mogło jedynie ułatwić życie projektantowi. Dziś wszystkie procesory rodziny 68000, począwszy od MC68000 aż po oferujący ponad 100 MIPS MC68060 oraz wszystkie procesory zintegrowane

68300, mają ten zestaw rejestrów użytkownika. Fakt ten wywołuje niezwykle ważne konsekwencje. Oznacza to, że program napisany na dowolny procesor rodziny 68000 może być uruchomiony na jakimkolwiek innym procesorze tej rodziny. Co za tym idzie, migracja z jednego procesora do innego, gdy np. nowy system wymaga wyższej wydajności lub zastosowania rozwiązania bardziej zintegrowanego, jest niemal bezbolesna. Raz dokonana inwestycja, czy to w postaci oprogramowania użytkowego, czy narzędziowego, nie idzie na marne, lecz może być w pełni wykorzystana w nowej wersji systemu. Własność ta jest nie tylko bardzo korzystna dla samych producentów systemów, ale również dla firm oferujących systemy uruchomieniowe oraz oprogramowanie narzędziowe dla mikroprocesorów rodziny 68000. Mogą oni bowiem swoje nowe produkty rozwijać w znacznie krótszym czasie dzięki doświadczeniu jakie już zdobyli oraz korzystając z bazy jaką stworzyli w trakcie realizacji wcześniejszych projektów.

Dziś o powodzeniu układu półprzewodnikowego decyduje nie tylko zestaw spełnianych przez niego funkcji, jego parametry techniczne i jakość, ale również ilość czasu i środków niezbędnych do zbudowania na nim systemu.

Niewątpliwie dostępność sprzętu uruchomieniowego i oprogramowania narzędziowego jest czynnikiem kluczowym w procesie projektowania i uruchamiania systemu. Motorola ściśle współpracuje z firmami oferującymi systemy uruchomieniowe, jak też z firmami programowymi sprzedającymi oprogramowanie użytkowe na procesory i kontrolery zapewniając im niezbędne informacje i fachową pomoc. Efektywna kooperacja z producentem układów z jednej strony oraz ogromna presja rynku z drugiej spowodowały, że dziś oferta narzędzi uruchomieniowych dla rodziny 68000 jest naprawdę imponująca - liczy kilkadziesiąt systemów i pakietów programowych dostarczanych przez ponad 120 producentów.

Dzięki temu klienci mogą wybierać w różnorodnej ofercie tych firm i nabyć sprzęt oraz oprogramowanie najbardziej odpowiadające specyfice ich projektu. Wśród firm oferujących emulatory procesorów rodziny 68000 znajdują się: Hewlett-Packard, Applied Microsystems, Huntsville Microsystems, Kontron, Pentic, Orion Systems, Lauterbach. Emulatory te najczęściej współpracują z kilkoma platformami takimi jak: IBM PC, Sun, HP.

Systemy ewaluacyjne są dostępne od Motorola. Dają one możliwość szybkiego i efektywnego oszacowania możliwości danego procesora i uruchomienia na nich własnego programu. Płyty te są wyposażone w sterownik RS232 umożliwiając podłączenie do każdego komputera PC.

Bogaty wybór kompilatorów języków wysokiego poziomu: C, C++, ADA, Fortran, Fortran77, ANSI C, Modula-2, Pascal, Cobol, Prolog oraz cross-kompilatorów jest dostępny od takich firm jak: A.D.A., Diab Data, Hewlett-Packard, Hiware, Intermetrics, Introl, Microtec Research, Microware, Integrated Systems. Większość z powyższych firm oferuje również debuggery, assembly i linkery, a Accelerated Technology, Hiware, Microware, Microtec Research, Integrated Systems i Wind River Systems oferują ponadto systemy operacyjne czasu rzeczywistego. Biura wszystkich wymienionych tu firm są rozsiane w całej Europie.

Piotr Węgliński, Motorola, Szkocja