

# INTEL OUTSIDE?

■ *Od dłuższego już czasu na reklamach markowych komputerów, takich jak na przykład Hewlett Packard, Toshiba, Optimus, można zobaczyć mały znaczek „Intel inside®”, który jasno określa, czy mikroprocesor zainstalowano w takim komputerze. Wprowadzony on został, jako swoisty znak jakości po tym, jak firmy Cyrix, AMD, TI – również producenci procesorów 386 i 486. Z tego samego powodu najnowszy wyrób Intela nazywa się nie 586, a Pentium, gdyż tę nazwę można zastrzec jako znak handlowy, co uniemożliwia jej użycie przez konkurencję.*

## ROZWÓJ PROCESORÓW INTELA

Obecnie dominują trzy główne kierunki rozwoju. Pierwszy, to zwiększanie częstotliwości zegara, czyli spowodowanie, żeby mikroprocesor wykonywał więcej instrukcji w tym samym czasie. Nie wszyscy już pewnie pamiętają, że pierwszy IBM PC był taktowany zegarem 4,77 MHz, co przy dzisiejszych 100 MHz (dla 486DX4) brzmi nieco śmiesznie.

Drugi sposób, to „dokładanie” coraz to bardziej skomplikowanych modułów do podstawowej struktury procesora. Na przykład w 486DX zintegrowano mikroprocesor (nie wiele zmienione 80386), koprocesor matematyczny (oparty na bazie 80387) i wewnętrzną pamięć cache (8 KB), która skraca czas przesyłania danych.

Chęć upakowania większej liczby tranzystorów w jednym milimetrze kwadratowym struktury, każe producentom sięgać do o wiele bardziej kosztownych procesów technologicznych (np. układy wielowarstwowe). Inną niepożądaną konsekwencją tej integracji, jest znaczny pobór mocy przez układ (w 486 dochodzący do 3,2 W) i co za tym idzie – większa ilość ciepła do wypromieniowania. Wysoka temperatura zwiększa zawodność układu i nawet może doprowadzić do jego zniszczenia. Wymyślne wiatraczki i radiatorki mocowane na procesorach częściowo poprawiają sytuację, jednak nie rozwiązują problemu. Specjaliści żartują sobie, że grozi nam powrót to komputerów chłodzonych wodą.

Trzecia droga, to zmiana struktury mikroprocesora, a konkretnie implementacja organizacji działania znanej z procesorów RISC.

## PENTIUM – PROCESOR BARDZIEJ RISC NIŻ CISC

Projektanci Pentium nie mieli tak komfortowej sytuacji jak inżynierowie np. DEC-a, którzy swoją Alphę mogli od podstaw tworzyć dokładnie dopasowaną do potrzeb

i możliwości technicznych. Ze względów marketingowych, musieli zachować kompatybilność binarną z poprzednimi modelami (co daje dostęp do olbrzymiej liczby aplikacji napisanych dla DOS i Windows), Jednak udało im się wprowadzić do Pentium wiele konstrukcji znanych wyłącznie z procesorów RISC. W rzeczywistości zaledwie 3% elementów w kości zajmuje się utrzymaniem zgodności z 80x86, pozostała część odpowiedzialna jest za typową organizację dla procesorów RISC.

## SUPERSKALARNA ARCHITEKTURA

Zestaw instrukcji Pentium podzielono na tzw. instrukcje proste (typowe dla RISC), zaimplementowane wyłącznie sprzętowo i wykonujące się w jednym cyklu zegarowym (np. mov, inc, dec, push, pop) oraz instrukcje złożone (charakterystyczne dla CISC), wymagające wspomagania mikroprograma-

mi (realizowane jest to za pomocą szybkiego sprzętowego interpretera kodu maszynowego, który dzieli instrukcje złożone na sekwencje instrukcji prostych). Rozkaz ADD, mimo, że wymaga kilku cykli na wykonanie, jest również traktowany jako prosty.

Superskalarna architektura umożliwia wykonywanie kilka instrukcji prostych na raz (patrz wyżej). W Pentium istnieją trzy niezależne kanały (ang. *pipelines*) wykonywania instrukcji – dwa typu całkowitego, jeden zmiennoprzecinkowy. Specjalny układ logiczny decyduje, czy przypadkiem dwie następujące po sobie instrukcje nie są w jakiś sposób od siebie zależne. Na przykład instrukcje POP AX; MOV BX,AX (opis słowny: pobierz daną ze stosu do rejestru AX; prześlij zawartość rejestru AX do BX) są zależne, ponieważ to co zostanie umieszczone w AX, musi się tam znaleźć zanim zostanie przepisane do BX. Jeżeli taka zależność nie występuje i obie instrukcje są proste, to procesor wykona je jednocześnie.

Aby w pełni wykorzystać możliwości, które daje superskalarna architektura, kod programu powinien być specjalnie zoptymalizowany pod kątem usunięcia „zależności” następujących po sobie instrukcji. Kompilatory uwzględniające tę potrzebę są w zaawansowanej fazie opracowywania.

## TAŚMA PRODUKCYJNA W MIKROPROCESORZE

W Pentium, wykonanie każdego rozkazu przebiega podobnie jak montowanie samochodu na taśmie fabrycznej. Składa się z kilku następujących po sobie etapów – pobra-

Nowy Mac z procesorem Power PC



nia rozkazu z pamięci, dekodowania, wykonania właściwego i ponownego zapisania. Każdy z tych etapów procesor obsługuje niezależnie, czyli gdy jedna instrukcja jest wykonywana, inna podlega dekodowaniu, a jeszcze inna jest ładowana z pamięci podręcznej. Wprawdzie czas wykonania pojedynczego rozkazu nie zmienia się, jednak „produkcja całkowita” zwiększa się, ponieważ „taśma” nie ma przestoju i jest cały czas zajęta.

## PRZEWIDYWANIE ROZGAŁĘZIEN PROGRAMU

Przewidywanie rozgałęzień jest jedną z najbardziej zaawansowanych możliwości Pentium, który po napotkaniu rozkazu rozgałęziającego (np. `jcc` – skok, jeśli nie ma przeniesienia), może na podstawie dotychczasowego wykonania programu dosyć skutecznie przewidzieć, gdzie będzie wykonany następny skok i zachować się tak, jakby on został faktycznie wykonany (tzn. do dekodowania przesłać rozkaz z nowego miejsca). Gdyby okazało się, że źle odgadł adres skoku, coż – najwyżej straci dwa cykle zegarowe, które by i tak stracił, gdyby nie próbował przewidzieć skutku wykonania tego rozkazu. Jednak, gdy zgadnie prawidłowo, wykonanie programu przebiega płynnie.

## POWER PC – ROSNĄCA POTEGA

Do tej pory największym konkurentem Intela na rynku komputerów osobistych była firma Motorola, której procesory znalazły zastosowanie w drugim co do popularności typie komputera – Apple Macintosh. Jednak nawet najsilniejszy procesor z tej rodziny (68040 – odpowiednik i486), nie jest w stanie sprostać rosnącym wymaganiom pracy multimedialnej.

Motorola starając się wyjść na przeciw potrzebom, zdecydowała się nie przedłużać

## SŁOWNICZEK

### CISC - Complex Instruction Set Computing

– procesory charakteryzujące się dużą liczbą rozkazów wykonujących skomplikowane operacje (np. pętle). Do procesorów CISC należy większość procesorów 8-bitowych, rodzina intela 80x86 i Motoroli 680x0.

**Zastosowanie:** komputery osobiste.

**Zalety:** duża liczba dostępnych programów (cały rynek oprogramowania Pecetów i Maca), dużo urządzeń peryferyjnych.

**Wady:** duże koszty wytwarzania, kiepski stosunek ceny do możliwości, duży pobór mocy.

### RISC - Reduced Instruction Set Computing

– procesory charakteryzujące się małą liczbą podstawowych rozkazów, które wykonują się bardzo szybko (w jednym cyklu zegarowym). Dodatkowo ich superskaiarna architektura umożliwia wykonywanie kilku rozkazów na raz. Zaawansowane techniki buforowania i przewidywania skoków znacznie przyspieszają wykonywanie programów.

**Zastosowanie:** stacje robocze, ostatnio również komputery osobiste.

**Zalety:** wysoki stosunek mocy obliczeniowej do ceny, mała pobierana moc, łatwość wytwarzania

**Wady:** drogie oprogramowanie



Ekran komputera NeXT - duża szybkość procesora pozwala na wielozadaniową pracę z wieloma aplikacjami

życia nieefektywnej linii swoich procesorów CISC serii 680x0, ale postanowiła razem z IBM i Apple opracować zupełnie nowy procesor RISC, który byłby jednak wyposażony w możliwość sprzętowej emulacji procesora 680x0. Nazwa tego procesora – Power PC dobrze oddaje ambicje jego twórców. Ma to być pierwszy tak silny układ instalowany w komputerach osobistych, mający zastąpić Intela w Pecetach i Motorolę w Macintoshach. Testy świadczą o czterokrotnie większej mocy obliczeniowej, niż najlepsze 68040 i 80486 o porównywalnej cenie.

Klienta jednak zainteresuje, czy i jak szybko wykonywane będą programy Maca i IBM PC. Tutaj porównanie wypada gorzej. Na razie Power PC 601 80 MHz, jest w stanie emulować działanie Macintosha z prędkością porównywalną do Quadry 840AV (sprzętowo), zaś działanie PC odpowiada szybkości 286 (programowo). Wkrótce spodziewane jest znaczne przyspieszenie, dzięki nowym metodom emulacji opracowanym w laboratoriach IBM – docelowo Power PC ma być 3 razy szybszy niż 486DX/33 MHz.

W całym tym zamieszaniu związanym z Power PC, najbardziej interesującą ideą wydaje się być nowy standard wprowadzany przez IBM. Podobnie jak miało to miejsce w przypadku IBM PC, opublikowano dokumentację platformy systemu, by w ten sposób ułatwić niezależnym producentom podzespołów przygotowanie i produkcję elementów, które będą pasować do każdego komputera opartego na tym układzie, a także umożliwić opracowanie systemów kompatybilnych. W założeniu na Power Personal System, bo tak się nazywa to cudo, będzie można uruchamiać różne systemy operacyjne. Nie wiadomo, czy projekt się przyjmie – za wcześniej jest jeszcze na ocenę. Tak czy owak, o ewentualnym sukcesie, prawdopo-

dobnie zadecyduje dostępność oprogramowania.

Na Power PC działa emulator Windows, więc z dostępnością programów nie będzie problemu, pozostaje jednak pytanie, czy uda się zapewnić wystarczającą szybkość ich działania.

## EMULOWANIE WINDOWS

Mikroprocesory RISC w porównaniu do CISC mają dużo większą moc obliczeniową, do tego mniej się grzeją, skonstruowano je z mniejszej liczby tranzystorów, są również tańsze. A jednak te lepsze, wydawałoby się, układy mają jedną wadę – nie są kompatybilne z intelowską rodziną 80x86, co jak na razie skutecznie ogranicza im dostęp do setek tysięcy programów działających w środowisku DOS i Windows. Pozycje opracowane specjalnie dla tych procesorów są bardzo drogie i ze względu na swoją specyfikę, nie nadają się przeważnie dla zwykłego użytkownika.

Mikroprocesory RISC Sun SPARC, DEC Alpha, Mips R4x00, Hewlett-Packard PA-RISC instalowane są w stacjach roboczych – bardzo szybkich komputerach przeznaczonych do zastosowań inżynierskich i graficznych. Ceny stacji roboczych wahają się od 4000\$ do 25000\$, a więc znacznie więcej niż trzeba zapłacić za przeciętnego PC. Związane jest to jednak z wysoką jakością podzespołów użytych do budowy tych komputerów. W cenę wliczono bowiem kolorowy monitor minimum 17", gigabajtowy dysk twardy, 64 MB RAM, CD-ROM. Stosunek możliwości do ceny pozostaje więc bardzo wysoki.

Koszt komputera zapewne można by obniżyć, gdyby zacząć je sprzedawać w większych ilościach. Kluczem do wejścia na największy rynek komputerów osobistych, jest jak już wspomniałem, emulowanie DOS i Windows.

W 1981 roku IBM, udostępniając wszystkim zainteresowanym pełną dokumentację techniczną swojego komputera IBM PC ustanowił standard. Od samego początku w komputerach klasy PC instalowano procesory Intela. Wkrótce więc cały przemysł komputerów stał się niewolnikiem architektury 80x86 wywodzącej się bezpośrednio z 8-bitowego systemu 8080. Konieczność utrzymania tej zgodności również w późniejszych modelach (286, 386, 486) spowodowała, że układy te obfitują w archaiczne dziwolągi, które nie występują w procesorach od początku projektowanych jako 16-, 32- czy 64-bitowe.

Od dłuższego czasu, programiści procesorów RISC usiłują zapewnić możliwość emulacji przez nie rodziny 80x86, jednak prędkość uruchamianych programów znacznie odbiega od macierzystej szybkości komputera z RISC. Dlaczego tak się dzieje, że maszyna Carrera Cobra 200AXP, trzykrotnie szybsza niż 486 DX2 66 MHz z 24 MB RAM i akceleratorem graficznym, może emulować Windows 3.1 z prędkością równą 1/5 szybkości tego systemu na 486?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, sięgnijmy do naszych wiadomości z zakresu programowania. Czy pamiętacie różnicę między językiem interpretowanym (np. BASIC), a kompilowanym (np. Pascal)? Każda instrukcja w BASIC-u przed wykonaniem jest osobno i niezależnie tłumaczona na kod maszynowy. Np. w pętli:

```
FOR n = 1 to 10
```

PRINT "Basic jest językiem interpretowanym"

```
NEXT n
```

nie zmieniająca się instrukcja PRINT, zostanie 10 razy pracowicie przetłumaczona na kod maszynowy, co oznacza dużą stratę czasu.

W Pascalu podobny fragment:

for n:=1 to 10 writeln ('Pascal jest językiem kompilowanym');

zostanie przetłumaczony raz a dobrze w fazie kompilacji. Podczas wykonania nie traci się niepotrzebnie czasu na interpretację powtarzającej się instrukcji. Bardzo podobna sytuacja występuje podczas emulacji procesora Intel 80x86 na dużo szybszych kościach RISC.

**EMULACJA TRADYCYJNA**

Każdy rozkaz procesora Intel, emulator musi rozpoznać, dopasować do niego odpowiednie instrukcje macierzystego procesora i dopiero wtedy może go wykonać (interpretacja jak w BASIC-u), w odróżnieniu od

programu dostarczonego od razu w postaci kodu dla tego procesora, który nie będzie wymagał tłumaczenia i będzie pracował z oszałamiającą prędkością (skompilowany jak w Pascalu). Problem nie polega wyłącznie na prostym interpretowaniu rozkazów, trzeba również zapewnić odpowiednią zgodność binarną. Różne mogą być wywołania przerwań, typy rejestrów, tryby pracy. Wszystko trzeba symulować programowo. A jest to bardzo kosztowne czasowo.

Wymyślono na szczęście bardziej wydajne metody.

**TRANSLACJA API**

Jednym z ważniejszych elementów Windows, jest API (*Application Program Interface*), czyli zbiór funkcji (ok. 1500), które służą do wykonywania takich podstawowych operacji, jak utworzenie okna, wyświetlenie menu, narysowanie okna dialogowego, obsługa klawiatury, myszy, wydrukowanie znaku. Umożliwia to programiście pracę na pewnym poziomie abstrakcji, bez konieczności zagłębiania się w różnorodność sprzętu.

Wszystkie współczesne systemy operacyjne udostępniają programy przypominające Windows, np. X Window, Motif, Open Look, Presentation Manager, GEOS, NextStep. Mają one bardzo podobną strukturę wewnętrzną, podobny funkcjonalnie API (w niektórych przypadkach unifikacja zaszła tak daleko, że programista nawet nie musi wiedzieć dla jakiej platformy tworzy aplikację).

Pomysł polega na tym, by wszystkie wywołania funkcji API Windows, podmienić wywołaniami funkcji API z macierzystego systemu. Co prawda program nie będzie taki sam, bo przecież użyte zostały inne procedury rysujące okna, menu itp., ale będzie zachowywał się tak samo, bo przecież funkcje dają taki sam efekt i to znacznie szybciej.

Zysk na szybkości może być znaczny zważywszy, że ok. 60% czasu wykonania programów Windows przebiega właśnie w bibliotece API. Na podobnej zasadzie działają emulatory wykorzystujące API przeniesiony z Windows na system macierzysty, wtedy aplikacja wygląda

i zachowuje się dokładnie tak, jak na komputerze z Intellem.

Mimo to, nadal ok. 40% czasu procesor przeznaczony na tłumaczenie rozkazów Intela, z których wiele może się powtarzać tak, jak w naszym przykładowym programie w BASIC-u.

Projektanci znaleźli sposób i na to.

**BUFOROWANIE PROGRAMU**

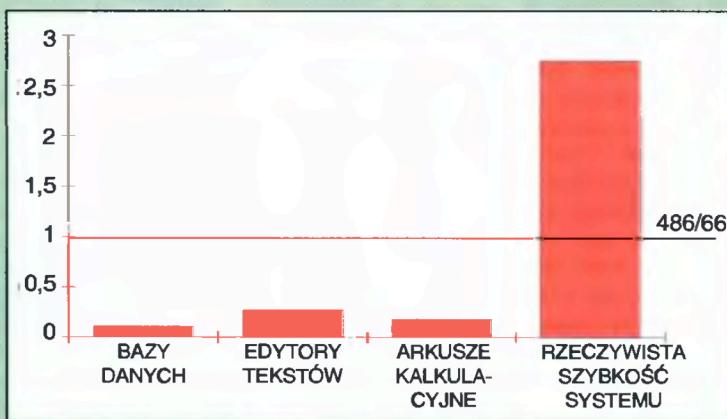
Co się stanie, gdy kilka megabajtów pamięci RAM przeznaczymy na zapamiętywanie już przetłumaczonych instrukcji emulowanego programu? Działanie programu zostanie przyspieszone, gdyż przed interpretowaniem kolejnej instrukcji warto sprawdzić, czy aby nie jest gdzieś w buforze i jeżeli jest, to już nie trzeba jej tłumaczyć. Zysk jest oczywisty.

**PERSPEKTYWY**

Niewątpliwie Pentium stanowi obecnie najlepsze połączenie mikroprocesora CISC i RISC. Pytanie, które należy zadać to, czy możliwe jest istnienie takiej hybrydy i czy prowadzenie badań nad jej rozwojem ma w ogóle sens?

Pentium ma wiele wad poprzedników: dużo tranzystorów (3,1 mln), wysokie koszty produkcji, pobiera dużo mocy, ma niezbyt spójny system rozkazów. Jak na razie jedynym argumentem „za”, jest bogate i relatywnie tanie oprogramowanie napisane dla DOS i Windows, które działa na Pentium 60 MHz bez specjalnego rekompilowania dwa razy szybciej niż na 486DX2 66 MHz. Jednak i ten argument może wkrótce okazać się nieaktualny, gdy wprowadzane właśnie na rynek emulatory DOS i Windows dla platform RISC (SoftPC, SoftWindows, Wabi) okażą się wystarczająco efektywne. Wtedy przyszłość należy do procesorów RISC.

Marcin FRELEK



Spadek wydajności komputera z procesorem RiSC przy emulacji Windows dla różnych aplikacji

**Podsumowanie emulatorów Windows na stacjach roboczych**

PROGRAM	Emulowany procesor	Translacja API	Platformy	Krótki opis
1. SoftWindows (Insignia Solutions)	1. 286	1. API przeniesione z Windows lub napisane od nowa	1. Mac, Sun Sparc, SGI Mips, HP PA-RISC, IBM RS/6000, NextStep Motorola, NextStep Intel	1. Duży potencjał rowojowy – do dyspozycji programistów Insignia dostępny jest kod źródłowy MS Windows, jak na razie mała szybkość emulacji.
2. Wabi (SunSelect)	2. 386/486	2. napisane od nowa, wywołania do macierzystego API lub emulacja	2. Sun Sparc, HP PA-RISC, IBM RS/6000, Novell, UnixWare	2. SunSelect gwarantuje, że 13 pakietów największych dostawców oprogramowania (Microsoft, Borland, Lotus, WordPerfect itp.) działają prawidłowo. Inne 40 pakietów też zdaje się działać poprawnie. Największa szybkość ze znanych emulatorów.