



Czarodziejski MMX

Nowy mechanizm MMX jest najciekawszą modyfikacją architektury procesorów Intel'a od czasu powstania modelu 386. Dzięki temu rozwiązaniu następna generacja procesorów Pentium i Pentium Pro będzie mogła przyspieszać działanie aplikacji multimedialnych.

Perspektywy związane z wprowadzeniem na rynek mechanizmu MMX są niemal identyczne jak w przypadku inauguracji nowej serii kart graficznych: kolorowy świat multimedii powinien poruszać się jeszcze szybciej. Przewidywany wzrost wydajności komputera, przy standardowych operacjach przetwarzania obrazu – nawet czterokrotny, będzie tu jednak wynikał wyłącznie z nowej architektury procesora (o ile oczywiście użyty program potrafi już wykorzystać nowy zestaw rozkazów).

Pierwszym procesorem dysponującym architekturą MMX będzie prawdopodobnie nowy Pentium oznaczony roboczym kodem P55C, którego premiera spodziewana jest na początku przyszłego roku. Również producenci układów kompatybilnych – AMD i Cyrix – zapowiadają wypuszczenie na rynek własnych procesorów klasy MMX. Zasadniczą wadą procesora P55C i mechanizmu MMX jest fakt, że architektura ta wymaga zastosowania nowej płyty głównej.

Zanim zestaw rozkazów architektury intelowskiej został rozszerzony o 57 dodatkowych poleceń MMX, projektanci nowego mechanizmu przetestowali cały szereg aplikacji, wśród których znalazły się programy graficzne, obróbki obrazu wideo (MPEG), syntezy dźwięku, kompresji mowy, przetwarzające obraz oraz gry. W wyniku przeprowadzonych badań okazało się, że we wspomnianych programach występują często jednakowe procedury o dużej złożoności obliczeniowej. Ich charakterystyczną cechą są między innymi dane typu integer o niewielkich wartościach, wykorzystywane np. w przypadku 8-bitowych pikseli obrazu lub 16-bitowych próbek audio. W programach takich występują też małe, ale bardzo często wykonywane pętle i operacje równoległe.

Podstawowym elementem architektury MMX jest tzw. technika SIMD (Single Instruction, Multiple Data), umożliwiająca równoległe przetwarzanie kilku informacji za pomocą pojedynczego rozkazu. W tym

celu zostały wprowadzone nowe typy danych – spakowane formaty integer – posiadające wielkość 64 bitów i zawierające w sobie kilka pojedynczych danych. Spakowany bajt (packed byte) posiada więc 8 standardowych bajtów, spakowane słowo (packed word) – cztery 16-bitowe słowa, a spakowane podwójne słowo (packed doubleword) – dwa słowa 32-bitowe. Wykorzystywane może być również poczwórne słowo, posiadające wielkość 64 bitów.

W przypadku danych graficznych mechanizm MMX może np. równocześnie wpisywać do jednego rejestru oraz przetwarzać dane dotyczące ośmiu pikseli. Nowa architektura dysponuje ośmioma

rejestrami 64-bitowymi, które nie są wcale fizycznie nowymi jednostkami, lecz zostały wydzielone z istniejących rejestrów zmiennoprzecinkowych. Tradycyjne systemy operacyjne i aplikacje nie zauważają więc nowych funkcji procesora i pracują w sposób standardowy (zmiana kontekstu powoduje nowy zapis w rejestrach).

W skład poleceń MMX wchodzi funkcje różnego typu. Należą do nich np. takie podstawowe operacje, jak dodawanie, odejmowanie, mnożenie, przesunięcie arytmetyczne oraz mnożenie wraz z dodawaniem. Znajdziemy tu również operacje porównania i konwersji pomiędzy poszczególnymi typami danych, operacje logiczne (AND, AND NOT, OR i XOR), rozkazy przesunięcia bitowego (SHIFT), a także polecenia transmisji danych między rejestrami lub rejestrami i pamięcią roboczą.

Najważniejsze operacje

Dzięki architekturze MMX w przypadku dodawania pojawiła się możliwość wykorzystania tzw. arytmetyki nasycenia. Przedstawiony przykład pokazuje równoległe dodawanie danych typu packed word. W wyniku dodawania pierwszego z prawej otrzymujemy wartość, która wykracza poza format 16-bitowy. Jako wynik przyjmowana jest więc największa z możliwych wartości – FFFFh (analogicznie przy odejmowaniu – 0x0000). W przypadku operacji na pikselach otrzymamy w tej sytuacji jako wartość nasycenia kolor czarny (przy odejmowaniu – biały).

Operacja PMADD (packed multiply add) umożliwiająca mnożenie i zapisywanie danych ma kluczowe znaczenie w przypadku mnożenia wektorów, macierzy i tworzenia różnych filtrów. Na podstawie danych 16-bitowych funkcja PMADD generuje wartości 32-bitowe: czynniki 16-bitowe są najpierw mnożone, tworząc 32-bitowe iloczyny, a następnie parami dodawane i zapisywane w dwóch rejestrach.

Operacja równoległego porównania (packed compare) może natomiast pełnić funkcję maski selekcyjnej dane pochodzące z różnych wejść. Zapobiega to tworzeniu skomplikowanych rozgałęzień, które powodują spore straty wydajności – szczególnie podczas stosowanego w nowoczesnych procesorach przetwarzania potokowego (pipelining).

Za pomocą polecenia pack można spakować cztery 32-bitowe wartości do postaci danych 16-bitowych. Jeśli wartości wynikowe okażą się zbyt duże, wykorzystana zostanie w tym przypadku arytmetyka nasycenia. Dostępna jest również funkcja o działaniu odwrotnym, nosząca nazwę unpack.

Arytmetyka nasycenia

a3	a2	a1	F000h
+	+	+	+
b3	b2	b1	F000h
a3+b3	a2+b2	a1+b1	FFFFh

CHIP

Mnożenie + dodawanie

a3	a2	a1	a0
*	*	*	*
b3	b2	b1	b0
a3*b3+a2*b2	a1*b1+a0*b0		

CHIP

Równoległe porównanie

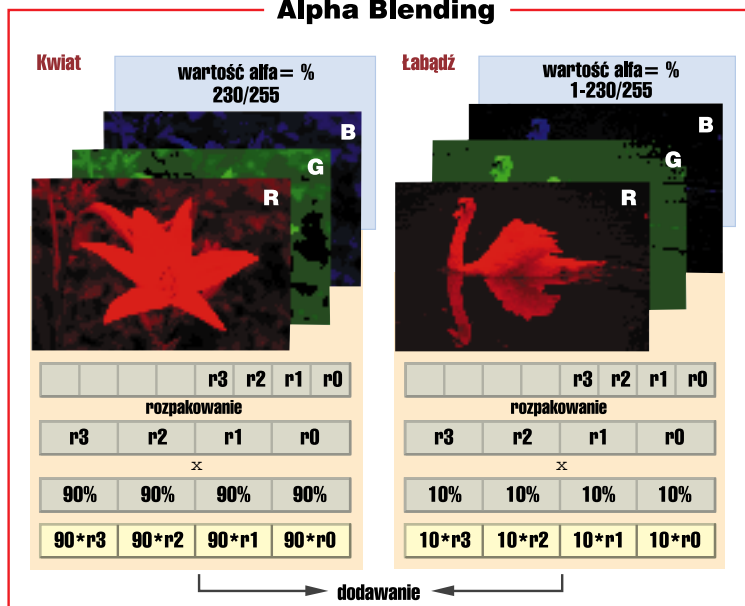
23	45	16	34
a > b?	a > b?	a > b?	a > b?
31	7	16	67
0000h	FFFFh	0000h	0000h

CHIP

Za pomocą rozkazów MMX możliwe jest równoległe przetwarzanie czterech 16-bitowych danych



Alpha Blending



Przejdźmy do praktycznych zastosowań mechanizmu MMX w aplikacjach multimedialnych.

Specjalna technika nakładania (tzw. Chroma Keying) jest wykorzysty-

wana do umieszczania tekstów na tle grafiki lub obrazu wideo oraz do animacji postaci w grach. Jest to mechanizm podobny to tego, za pomocą którego spiker zapowiadający w telewizji prognozę pogody może stać na tle mapy. W przedstawionym obok przykładzie dzięki wykorzystaniu zielonego tła postać kobiety została wpleciona w kompozycję wiosennych kwiatów. Przy wykonywaniu tej operacji zastosowano mechanizm równoległego przetwarzania czterech 16-bitowych pikseli obrazu (patrz ilustracja).

Najpierw pobrane zostały cztery piksele ze zdjęcia kobiety umieszczonej na zielonym tle. Pierwszy ciąg danych obrazuje więc kolor kolejnych punktów: zielony, niezielony, zielony, niezielony. Polecenie Compare tworzy odpowiednią maskę dla pobieranych danych, którym zgodnie z arytmetyką boolowską przypisywane są – poprawnie lub błędnie – wartości logiczne 1 i 0. Niepożądane tło różni się więc wyraźnie od pozostałej części obrazu, dzięki czemu na zdjęciu widoczny jest ostry zarys całej postaci.

Utworzona w ten sposób maska została następnie nałożona na obraz przedstawiający kwiaty. W naszym przykładzie mamy

do czynienia z taką samą czwórką pikseli jak w przypadku zdjęcia kobiety. Polecenia PANDN (packed 'and not') i PAND (packed 'and') decydują o tym, w którym miejscu kompozycji wynikowej mają znaleźć się piksele tła oraz postaci. Także przy obróbce drugiego zdjęcia niepożądanym pikselom przypisywana jest wartość 0. Ostateczny obraz kobiety na kwiecistym tle powstaje w wyniku działania polecenia POR (packed 'or').

Cztery piksele obrazu zostały więc przetworzone przy użyciu rozkazów MMX w taki sposób, że nie powstały żadne niepotrzebne rozgałęzienia algorytmu. Bez pomocy mechanizmu MMX każdy piksel musiałby być oddzielnie przetwarzany i analizowany.

Technika MMX oferuje również możliwość konwersji grafiki 8- lub 16-bitowej na system 24-bitowy lub nawet truecolor (32-bitowy), co pozwala np. na bardziej realistyczne odtwarzanie gier. W wielu przypadkach taka ulepszona grafika funkcjonuje równie szybko jak w układzie 8-bitowym. Istota tego rozwiązania polega bowiem na tym, że w obrazach o 24- lub

Przenikanie: w zależności od wybranego poziomu wartości alfa ostateczna kompozycja bardziej przypomina kwiat lub łabędzia. Po oddzieleniu poszczególnych barw podstawowych oba 24-bitowe zdjęcia są przetwarzane w postaci 8-bitowych elementów

32-bitowej głębi barw kolory podstawowe (czerwony, zielony i niebieski) są przedstawiane zawsze w postaci wartości 8-bitowych. W przypadku barw 32-bitowych kolejne osiem bitów określa tzw. wartość alfa, decydującą o intensywności danego koloru (w skali od 0 do 255).

Praktycznym przykładem takich możliwości graficznych jest wzajemne przenikanie (mieszanie) obrazów, które można zrealizować przy głębi barw nie większej niż 24 bity. Na przedstawionej ilustracji (z lewej) zdjęcia kwiatu oraz łabędzia zostały najpierw rozłożone na barwy podstawowe, a następnie nałożone na siebie.

Podczas takiej operacji (nazywanej Alpha Blending) wartość alfa określa intensywność obu elementów obrazu. Jeśli w przypadku kwiatu zostanie wybrana wartość 230, to ostateczna kompozycja będzie zawierać 90 procent zdjęcia kwiatu,

Chroma Keying



a 10 procent łabędzia. Aby uzyskać żądany obraz muszą być kolejno przetworzone wszystkie czwórki czerwonych pikseli kwiatu i łabędzia, następnie zielone punkty, a na końcu – niebieskie (patrz ilustracja).

Z uwagi na fakt, że wartość alfa może zmieniać się na kolejnych zdjęciach, technika ta jest chętnie wykorzystywana przez twórców gier. Dzięki jej użyciu obłoki dymu, czy pływająca w wodzie ryba wyglądają na ekranie bardziej realistycznie.

Więcej informacji na temat mechanizmu MMX można znaleźć w sieci Internet (<http://www.intel.com/pc-supply/multimed/mmx/index.htm>).

oprac. Jerzy Michalczyk (mf)