

Instrukcje typu SIMD

Instrukcje typu SIMD

Single Instruction Multiple Data - przetwarzanych jest wiele strumieni danych przez jeden wykonywany program – cecha tzw. komputerów wektorowych.

Instrukcje SIMD dzieli się na:

- MMX (MultiMedia eXtensions lub Matrix Math eXtensions) - liczby całkowite,
- SSE (Streaming SIMD Extensions) - liczby zmiennoprzecinkowe.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

2

Instrukcje typu MMX

MMX

- wprowadzone w 1997 przez Intel dla procesorów Pentium MMX.
- Przykłady zastosowań:
 - wyświetlanie grafiki trójwymiarowej: przekształcenia geometryczne, cieniowanie, teksturowanie;
 - dekodowanie obrazów JPEG i PNG;
 - dekodowanie i kodowanie filmów MPEG (m.in. wyznaczanie transformat DCT i IDCT);
 - filtrowanie sygnałów: obrazów statycznych, filmów, dźwięku;
 - wyświetlanie grafiki dwuwymiarowej (blue box, maskowanie, przezroczystość);
 - wyznaczanie transformat: Haara, FFT.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

4

Rejestry MMX

- 8 rejestrów 64 bitowych oznaczanych jako MM0, ..., MM7,
- wykorzystują rejestry koprocessora – młodsze 64 bity (mantysa),
- odczyt i zapis wartości, powoduje **wzięcie w użycie zawartości wszystkich rejestrów koprocessora**, nie można mieszać obliczeń MMX z obliczeniami w koprocessorze, po zakończeniu obliczeń MMX należy zwolnić rejestry.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

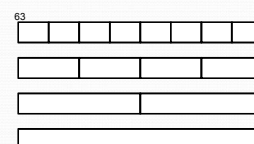
Programowanie niskopoziomowe

5

Typy danych

MMX wprowadził nowe wektorowe (macierzowe lub tablicowe) typy danych (ang. packed, czyli dosłownie spakowane, upakowane). „Spakowanie” polega traktowaniu danych 64-bitowych jako składających z odrębnych elementów o tej samej wielkości:

- 8×8 bitów (packed byte),
- 4×16 bitów (packed word),
- 2×32 bity (packed dword),
- 1×64 bity (quad word).



(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

6

Budowa rozkazów

- Mnemoniki prawie wszystkich rozkazów MMX rozpoczynają się od litery **p** (od słowa packed);
- 3-4 literowy skrót wykonywanego działania (np. add, sub, mul);
- litera **s** lub **u** określa, że działanie jest wykonywane na liczbach ze znakiem (signed) lub bez znaku (unsigned);
- litera **s** oznacza operację wykonywaną z nasyceniem;
- rozmiar elementu wektora: **b** - bajt (8 bitów), **w** - słowo (16 bitów), **d** - podwójne słowo (32 bity).

paddusb

- Rozkaz **paddusb** wykonuje równoległe (**p**) dodawanie (**add**) bez znaku (**u**) z nasyceniem (**s**) liczb o rozmiarze bajtu (**b**)

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

7

Nasycenie

Zakresy liczb (np. dla 8 bitów):

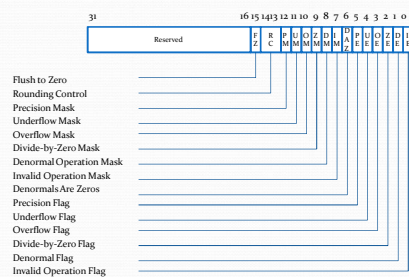
- bez znaku $0 \dots 2^n - 1$ ($0 \dots 255$)
- ze znakiem $-2^{n-1} \dots 2^{n-1} - 1$ ($-128 \dots 127$)
- Jeśli wynik jest mniejszy od najmniejszej liczby z zakresu jest ustawiany na tę liczbę.
- Jeśli wynik jest większy od największej liczby z zakresu jest ustawiany na tę liczbę.
- Dla operacji bez nasycenia wynik jest obcinany do odpowiedniej ilości bitów.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

8

Rejestr MXCSR



(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

9

Operacje przesłania

- MOVD** przesłanie podwójnego słowa
- MOVQ** przesłanie poczwórnego słowa

movd/movq cel,źródło

Przesłanie podwójnego/poczwórnego słowa do/z rejestru mmx. Przy zapisie podwójnego słowa bity 32-63 rejestru mmx wypełniane są zerami.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

10

Operacje konwersji

- PACKSSWB** pakowanie z nasyceniem słów ze znakiem do bajtów
- PACKSSDW** pakowanie z nasyceniem podwójnych słów ze znakiem do słów
- PACKUSWB** pakowanie z nasyceniem słów bez znaku do bajtów
- PUNPCKHBW** rozpakowanie z przeplotem starszych bajtów
- PUNPCKHWD** rozpakowanie z przeplotem starszych słów
- PUNPCKHDQ** rozpakowanie z przeplotem starszych podwójnych słów
- PUNPCKLBW** rozpakowanie z przeplotem młodszych bajtów
- PUNPCKLWD** rozpakowanie z przeplotem młodszych słów
- PUNPCKLDQ** rozpakowanie z przeplotem młodszych podwójnych słów

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

11

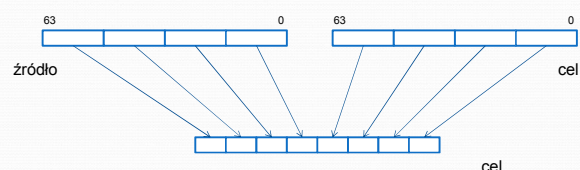
Instrukcja

PACKSSWB/PACKUSWB

PACKSSWB cel,źródło

PACKUSWB cel,źródło

Pakowanie z nasyceniem słów ze znakiem/bez znaku do bajtów. Cel musi być rejestrem mmx.



(C) IISI d.KIK PCz 2013

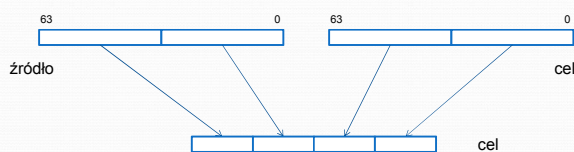
Programowanie niskopoziomowe

12

Instrukcja PACKSSDW

PACKSSDW cel, źródło

Pakowanie z nasyceniem podwójnych słów ze znakiem do słów. Cel musi być rejestrem mmx.



(C) IISI d.KIK PCz 2013

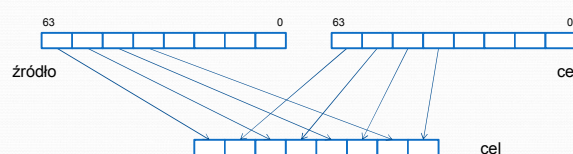
Programowanie niskopoziomowe

13

Instrukcje PUNPCKHBW PUNPCKHWD PUNPCKHDQ

PUNPCKHBW/PUNPCKHWD/PUNPCKHDQ cel, źródło

Rozpakowanie z przeplotem starszych bajtów/słów/
podwójnych słów bez znaku. Cel musi być rejestrem mmx.
Jeśli źródło = 0 to następuje konwersja do słów, podwójnych i
poczwórnego słowa.

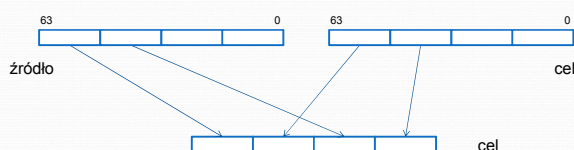


(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

14

Instrukcje PUNPCKHWD PUNPCKHDQ



(C) IISI d.KIK PCz 2013

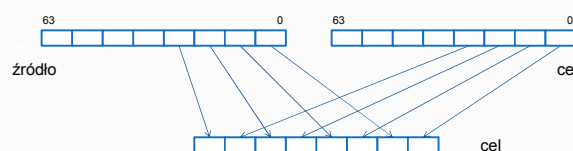
Programowanie niskopoziomowe

15

Instrukcje PUNPCKLBW PUNPCKLWD PUNPCKLDQ

PUNPCKLBW/PUNPCKLWD/PUNPCKLDQ cel, źródło

Rozpakowanie z przeplotem młodszych bajtów/słów/
podwójnych słów bez znaku. Cel musi być rejestrem mmx.
Jeśli źródło = 0 to następuje konwersja do słów, podwójnych i
poczwórnego słowa.

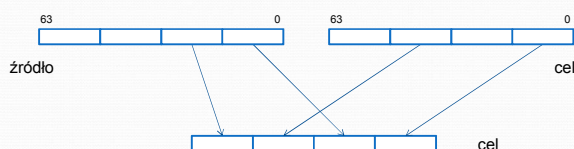


(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

16

Instrukcje PUNPCKLWD PUNPCKLDQ



(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

17

Operacje arytmetyczne

- PADDB dodawanie wektorów bajtów
- PADDW dodawanie wektorów słów
- PADDD dodawanie wektorów podwójnych słów
- PADDSB dodawanie z nasyceniem wektorów bajtów ze znakiem
- PADDSW dodawanie z nasyceniem wektorów słów ze znakiem
- PADDUSB dodawanie z nasyceniem wektorów bajtów bez znaku
- PADDUSW dodawanie z nasyceniem wektorów słów bez znaku

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

18

Instrukcje

PADDB PADDW PADDD

PADDB/PADDW/PADDD cel,źródło

Dodawanie wektorów bajtów/słów/podwójnych słów. Cel musi być rejestrem mmx. Wynik nie uwzględnia przeniesienia.

cel

630

+

+

+

+

+

+

+

+

źródło

630

=

=

=

=

=

=

=

=

cel

630

630

+

+

+

+

630

=

=

=

=

630

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

19

Instrukcje PADDSB PADDSW

PADDUSB PADDUSW

PADDSB/PADDSW/PADDUSB/PADDUSW cel,źródło

Dodawanie z nasyceniem wektorów bajtów/słów ze znakiem/bez znaku. Cel musi być rejestrem mmx.

cel

630

+

+

+

+

+

+

+

+

źródło

630

=

=

=

=

=

=

=

=

cel

630

630

+

+

+

+

630

=

=

=

=

630

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

20

Operacje arytmetyczne

• PSUBB

odejmowanie wektorów bajtów

• PSUBW

odejmowanie wektorów słów

• PSUBD

odejmowanie wektorów podwójnych słów

• PSUBSB

odejmowanie z nasyceniem wektorów bajtów ze znakiem

• PSUBSW

odejmowanie z nasyceniem wektorów słów ze znakiem

• PSUBUSB

odejmowanie z nasyceniem wektorów bajtów bez znaku

• PSUBUSW

odejmowanie z nasyceniem wektorów słów bez znaku

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

21

Instrukcje

PSUBB PSUBW PSUBD

PSUBB/PSUBW/PSUBD cel,źródło

Odejmowanie wektorów bajtów/słów/podwójnych słów. Cel musi być rejestrem mmx. Wynik nie uwzględnia przeniesienia.

cel

630

-

-

-

-

-

-

-

-

źródło

630

=

=

=

=

=

=

=

=

cel

630

630

-

-

-

-

630

=

=

=

=

630

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

22

Instrukcje PSUBSB PSUBSW

PSUBUSB PSUBUSW

PSUBSB/PSUBSW/PSUBUSB/PSUBUSW cel,źródło

Odejmowanie z nasyceniem wektorów bajtów/słów ze znakiem/bez znaku. Cel musi być rejestrem mmx.

cel

630

-

-

-

-

-

-

-

-

źródło

630

=

=

=

=

=

=

=

=

cel

630

630

-

-

-

-

630

=

=

=

=

630

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

23

Operacje arytmetyczne

• PMULHW

mnożenie wektorów słów i zapamiętanie starszych słów wyniku

• PMULLW

mnożenie wektorów słów i zapamiętanie młodszych słów wyniku

• PMADDWD

mnożenie i dodawanie wektorów słów

(C) IISI d.KIK PCz 2013

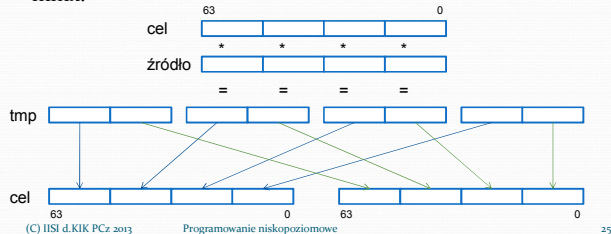
Programowanie niskopoziomowe

24

Instrukcje PMULHW PMULLW

PMULHW/PMULLW cel,źródło

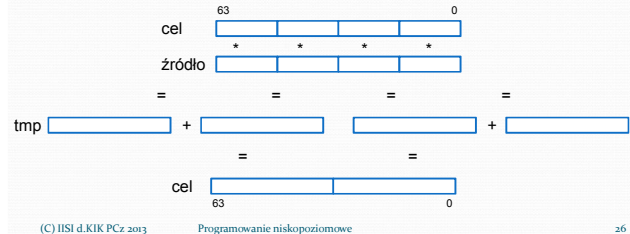
Mnożenie wektorów słów i zapamiętanie starszych/młodszych słów wyniku. Cel musi być rejestrem mmx.



Instrukcje PMADDWD

PMADDWD cel,źródło

Mnożenie i dodawanie wektorów słów. Cel musi być rejestrem mmx.



Operacje porównania

- PCMPEQB sprawdzenie równości wektorów bajtów
- PCMPEQW sprawdzenie równości wektorów słów
- PCMPQD sprawdzenie równości wektorów podwójnych słów
- PCMPGTB sprawdzenie większości wektorów bajtów ze znakiem
- PCMPGTW sprawdzenie większości wektorów słów ze znakiem
- PCMPGTD sprawdzenie większości wektorów podwójnych słów ze znakiem

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

27

Instrukcje PCMPEQB PCMPEQW PCMPQD

PCMPEQB/PCMPEQW/PCMPQD cel,źródło

Sprawdzenie równości składowych wektorów bajtów/słów/podwójnych słów. Cel musi być rejestrem mmx.

if cel[i] = źródło[i] then cel[i] := offh/ffffh/ffffffh
else cel[i] := 0

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

28

Instrukcje PCMPGTB PCMPGTW PCMPGTD

PCMPGTB/PCMPGTW/PCMPGTD cel,źródło

Sprawdzenie relacji większości składowych wektorów bajtów/słów/podwójnych słów ze znakiem. Cel musi być rejestrem mmx.

if cel[i] > źródło[i] then cel[i] := offh/ffffh/ffffffh
else cel[i] := 0

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

29

Operacje logiczne

- PAND bitowy iloczyn logiczny
- PANDN bitowy iloczyn logiczny z negacją
- POR bitowa suma logiczna
- PXOR bitowa suma modulo 2

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

30

Instrukcje

PAND PANDN POR PXOR

PAND/PANDN/POR/PXOR cel, źródło

Obliczenie bitowego iloczynu logicznego/bitowego iloczynu logicznego z negacją/bitowej sumy logicznej/bitowej sumy modulo 2. Cel musi być rejestrem mmx.

cel := cel and źródło
cel := (not cel) and źródło
cel := cel or źródło
cel := cel xor źródło

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

31

Operacje przesunięć

- PSLLW logiczne przesunięcie w lewo wektora słów
- PSLLD logiczne przesunięcie w lewo wektora podwójnych słów
- PSLLQ logiczne przesunięcie w lewo wektora poczwórnych słów
- PSRLW logiczne przesunięcie w prawo wektora słów
- PSRLD logiczne przesunięcie w prawo wektora podwójnych słów
- PSRLQ logiczne przesunięcie w prawo wektora poczwórnych słów
- PSRAW arytmetyczne przesunięcie w prawo wektora słów
- PSRAD arytmetyczne przesunięcie w prawo wektora podwójnych słów

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

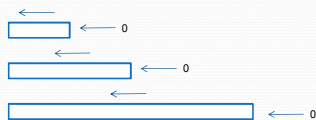
32

Instrukcje

PSLLW PSLLD PSLLQ

PSLLW/PSLLD/PSLLQ cel, ile

Logiczne przesunięcie w lewo elementów wektora słów/podwójnych słów/poczwórnych słów. Cel musi być rejestrem mmx, ile jest rejestrem mmx, zmienną lub stałą. Młodsze bity wypełniane są zerami.



(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

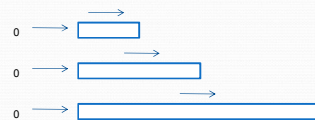
33

Instrukcje

PSRLW PSRLD PSRLQ

PSRLW/PSRLD/PSRLQ cel, ile

Logiczne przesunięcie w prawo elementów wektora słów/podwójnych słów/poczwórnych słów. Cel musi być rejestrem mmx, ile jest rejestrem mmx, zmienną lub stałą. Starsze bity wypełniane są zerami.



(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

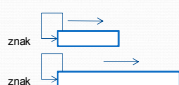
34

Instrukcje

PSRAW PSRAD

PSRAW/PSRAD cel, ile

Arytmetyczne przesunięcie w prawo elementów wektora słów/podwójnych słów. Cel musi być rejestrem mmx, ile jest rejestrem mmx, zmienną lub stałą. Starsze bity wypełniane są znakiem.



(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

35

Operacje sterujące

- FXSAVE zapisanie stanu x87 FPU i rejestrów SIMD
- FXRSTOR wczytanie stanu x87 FPU i rejestrów SIMD
- EMMS zwalnia wszystkie rejestry koprocesora
- LDMXCSR wczytanie rejestru MXCSR
- STMXCSR zapisanie rejestru MXCSR

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

36

Instrukcje FXSAVE FXRSTOR

FXSAVE/FXRSTOR cel512
zapisanie/wczytanie stanu
x87 FPU i rejestrów SIMD

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
FPU IP								FOP		FTW		FSW		FCW		0
MXCSR_MASK								MXCSR		FPU DP						16
Reserved										ST0/MM0						32
Reserved										ST1/MM1						48
Reserved										ST2/MM2						64
Reserved										ST3/MM3						80
Reserved										ST4/MM4						96
Reserved										ST5/MM5						112
Reserved										ST6/MM6						128
Reserved										ST7/MM7						144
								XMM0								160
								XMM1								176
								XMM2								192
								XMM3								208
								XMM4								224
								XMM5								240
								XMM6								256
								XMM7								272
								XMM8								288
								XMM9								304
								XMM10								320
								XMM11								336
								XMM12								352
								XMM13								368
								XMM14								384
								XMM15								400
								Reserved								416
								Reserved								432
								Reserved								448
								Reserved								464
								Reserved								480
								Reserved								496

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

37

Instrukcja EMMS

EMMS

Zwalnia wszystkie rejestry koprocatora wpisując do pól TAG[i] rejestru stanu zawartości rejestrów stosu wartości ub (rejestr pusty). Wszystkie instrukcje MMX wpisują do pól TAG[i] o, co oznacza liczbę prawidłową!

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

38

Instrukcje LDMXCSR STMXCSR

LDMXCSR/STMXCSR zmienna

Wczytanie/zapisanie zawartości rejestru MXCSR.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

39

Operacje MMX wprowadzone z SSE

- PAVGB oblicza średnią z elementów wektorów bajtów bez znaku
- PAVGW oblicza średnią z elementów wektorów słów bez znaku
- PEXTRW wydobyć słowa
- PINSRW wstawienie słowa
- PMAXB oblicza maksimum z elementów wektorów bajtów bez znaku
- PMAXSW oblicza maksimum z elementów wektorów słów ze znakiem
- PMINUB oblicza minimum z elementów wektorów bajtów bez znaku
- PMINSW oblicza minimum z elementów wektorów słów ze znakiem
- PMOVMASK przesłanie maski bajtów
- PMULHUW mnożenie wektorów słów bez znaku i zapamiętanie starszych słów wyniku
- PSADBW oblicza sumę wartości bezwzględnych różnic
- PSHUFW tasuje słowa w rejestrze MMX

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

40

Instrukcje PAVGB PAVGW

PAVGB/PAVGW cel, źródło

Oblicza średnią z elementów wektorów bajtów/słów bez znaku. Cel jest rejestrem MMX.

$$e_cel := (e_cel + e_źródło + 1) \gg 1$$

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

41

Instrukcje PEXTRW PINSRW

PEXTRW cel, źródło, numer

PINSRW cel, źródło, numer

Wydobycie/wstawienie słowa o podanym numerze z/do rejestru MMX do/z rejestru ogólnego przeznaczenia lub pamięci.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

42

Instrukcje PMAxUB PMAxSW PMinUB PMinSW

PMAxUB/PMAxSW/PMInUB/PMInSW cel, źródło

Oblicza maksimum/minimum z elementów wektorów bajtów bez znaku/słów ze znakiem.

$e_cel := e_cel \max/\min e_źródło$

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

43

Instrukcja PMOVMSKB

PMOVMSKB cel, źródło

Przesłanie maski bajtów. Celem jest rejestr ogólnego przeznaczenia. Najstarsze bity elementów wektora z rejestru MMX wpisywane są na bity 0..7 celu. Stosowane w celu określenia znaku lub sprawdzenia wyniku porównania.

(C) IISI d.KIK PCz 2013

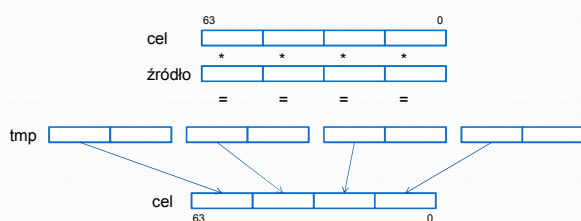
Programowanie niskopoziomowe

44

Instrukcje PMULHUW

PMULHUW cel, źródło

Mnożenie wektorów słów bez znaku i zapamiętanie starszych słów wyniku. Cel musi być rejestrem mmx.



(C) IISI d.KIK PCz 2013

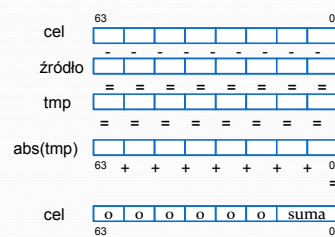
Programowanie niskopoziomowe

45

Instrukcja PSADBW

PSADBW cel, źródło

Oblicza sumę wartości bezwzględnych różnic.



(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

46

Instrukcja PSHUFW

PSHUFW cel, źródło, kolejność

Tasuje słowa w rejestrze celu MMX. Źródłem jest rejestr MMX lub pamięć. Bity 7,6; 5,4; 3,2 i 1,0 stałej kolejność określają numer słowa w źródle, które zostanie umieszczone jako 3,2,1 i 0 w rejestrze celu np.

dla źródła= **0123 4567 89ab cdefh** i kolejności 00 01 10 11b
będzie: cel=**ocdef 89ab 4567 0123h**

(C) IISI d.KIK PCz 2013

Programowanie niskopoziomowe

47