

POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH

ARCHITEKTURA KOMPUTERÓW  
23 CZERWCA 2015

---

## ULTIMATE

---

AUTORZY:  
Son Mati  
Doxus

Informatyka, semestr VI  
Rok akademicki 2014/2015  
Grupy GKiO3 oraz PSI  
Rybnik oraz Mikołów  
Rocznik 2012

"Gry są życiem. Gry są światem."

---

— Doxus

# Spis treści

<b>I</b>	<b>Teoria</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	<b>Historia rozwoju komputerów</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Architektura CISC</b>	<b>8</b>
2.1	Znaczenie . . . . .	8
2.2	Przyczyny rozwoju architektury CISC . . . . .	8
2.3	Cechy architektury CISC . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Architektura RISC</b>	<b>9</b>
3.1	Znaczenie . . . . .	9
3.2	Przyczyny rozwoju . . . . .	9
3.3	Pierwszy procesor RISC . . . . .	9
3.4	Cechy architektury RISC . . . . .	10
3.5	Format rozkazu procesora RISC I . . . . .	10
3.6	Realizacja wybranych rozkazów . . . . .	10
3.6.1	Rozkazy arytmetyczne . . . . .	10
3.6.2	Rozkazy komunikujące się z pamięcią . . . . .	10
3.6.3	Adres efektywny . . . . .	10
3.7	Logiczna organizacja rejestrów procesora RISC I . . . . .	11
3.8	Okno rejestrów . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Mechanizmy potokowe</b>	<b>12</b>
4.1	Realizacja rozkazów w procesorze niepotokowym . . . . .	12
4.2	Potokowe wykonanie rozkazów dla prostej organizacji cyklu rozkazowego . . . . .	12
4.3	Podział cyklu rozkazowego na większą liczbę faz . . . . .	12
4.4	Analiza czasowa potokowej realizacji ciągu rozkazów . . . . .	13
4.5	Przyspieszenie dla potokowego wykonania rozkazów . . . . .	13
4.6	Problemy z potokową realizacją rozkazów . . . . .	13
4.7	Rozwiązanie problemu hazardu sterowania . . . . .	13
4.8	Skoki opóźnione . . . . .	13
4.8.1	Założenia . . . . .	13
4.8.2	Działanie . . . . .	14
4.9	Przewidywanie rozgałęzień . . . . .	14
4.9.1	Strategie . . . . .	14
4.9.2	Tablica historii rozgałęzień . . . . .	14
4.10	Metody rozwiązywania hazardu danych . . . . .	15
4.10.1	Co to jest? . . . . .	15
4.10.2	Metody usuwania hazardu danych . . . . .	15
4.10.3	Problem . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Architektura superskalarna</b>	<b>16</b>
5.1	Co to jest? . . . . .	16
5.2	Cechy architektury superskalarnej . . . . .	16
5.3	Zależności między rozkazami . . . . .	16
5.3.1	Prawdziwa zależność danych . . . . .	16
5.3.2	Zależność wyjściowa . . . . .	16
5.3.3	Antyzależność . . . . .	16
5.3.4	Wnioski . . . . .	17
5.4	Metody eliminacji zależności . . . . .	17
5.4.1	Metoda przemianowania rejestrów . . . . .	17

<b>6</b>	<b>Architektura VLIW</b>	<b>18</b>
6.1	Co to jest?	18
6.2	Cechy	18
6.3	Szeregowanie rozkazów przez kompilator	18
6.4	Redukcja skoków warunkowych - predykcja rozkazów	18
6.5	Spekulatywne wykonanie rozkazów LOAD	18
<b>7</b>	<b>Wielowątkowość</b>	<b>19</b>
7.1	Co to jest?	19
7.2	Sprzętowa realizacja wielowątkowości	19
7.3	Wielowątkowość gruboziarnista	19
7.4	Wielowątkowość drobnoziarnista	19
7.5	Warunki sprzętowej realizacji wielowątkowości	20
7.6	Wielowątkowość w procesorze dwupotokowym	20
7.7	Mankamenty współbieżnej wielowątkowości	20
<b>8</b>	<b>Klasyfikacja komputerów równoległych</b>	<b>21</b>
8.1	Formy równoległości w architekturze komputerów	21
8.1.1	Równoległość na poziomie rozkazów	21
8.1.2	Równoległość na poziomie procesorów	21
8.2	Rodzaje równoległości w aplikacjach	21
8.2.1	Równoległość poziomą danych	21
8.2.2	Równoległość poziomą zadań	21
8.3	Wykorzystanie równoległości aplikacji w architekturze komputerów	21
8.4	Klasyfikacja Flynna	22
8.4.1	Kryterium klasyfikacji	22
8.4.2	Klasyfikacja opisowa	23
<b>9</b>	<b>Architektura SIMD</b>	<b>24</b>
9.1	Co to jest?	24
9.2	Komputery wektorowe	24
9.2.1	Lokalizacja wektorów danych	24
9.2.2	Przykład rozkazu	24
9.2.3	Przyspieszenie	24
9.2.4	Przepustowość	25
9.2.5	Zależność mocy obliczeniowej od długości wektora	25
9.2.6	Podsumowanie	25
9.2.7	Zastosowanie	25
9.3	Komputery macierzowe	26
9.3.1	Co to jest?	26
9.3.2	Elementy komputera macierzowego	26
9.3.3	Podsumowanie	26
9.4	Model SIMD w procesorach superskalarnych	26
9.4.1	Technologia MMX	26
9.5	Technologia SSE	26
<b>10</b>	<b>Karty graficzne i architektura CUDA</b>	<b>27</b>
10.1	Charakterystyka	27
10.2	Architektura CUDA	27
10.3	Multiprocessor strumieniowy	27
10.4	Model programistyczny CUDA	27
10.5	Wykonanie obliczeń z użyciem architektury CUDA (5 faz)	28
10.6	CUDA procesor (rdzeń)	28
10.7	Wątki	28
10.7.1	Co to jest?	28
10.7.2	Grupowanie wątków w bloki i siatkę	28
10.7.3	Sprzętowa organizacja wykonywania wątków	28

10.8	Rodzaje pamięci multiprocesora . . . . .	29
10.8.1	Pamięć globalna . . . . .	29
10.8.2	Pamięć współdzielona . . . . .	29
10.8.3	Pamięć stałych . . . . .	29
10.8.4	Rejestry . . . . .	29
10.8.5	Pamięć lokalna i pamięć tekstur . . . . .	29
<b>11</b>	<b>Systemy wieloprocesorowe (UMA)</b>	<b>30</b>
11.1	Rodzaje . . . . .	30
11.2	Systemy z pamięcią wspólną . . . . .	30
11.2.1	Klasyfikacja . . . . .	30
11.3	Skalowalność . . . . .	30
11.4	Systemy ze wspólną magistralą . . . . .	30
11.4.1	Protokół MESI . . . . .	30
11.5	Systemy wielomagistralowe . . . . .	31
11.6	Systemy z przełącznicą krzyżową . . . . .	31
11.7	Systemy z wielostopniową siecią połączeń . . . . .	31
11.8	Systemy z pamięcią wieloportową . . . . .	32
11.9	Systemy z sieciami typu punkt-punkt . . . . .	32
11.9.1	HyperTransport (HT) . . . . .	32
11.9.2	Intel QuickPath Interconnect (QPI) . . . . .	32
11.10	Podsumowanie . . . . .	33
<b>12</b>	<b>Systemy NUMA</b>	<b>33</b>
12.1	Rodzaje . . . . .	33
12.2	Węzeł . . . . .	33
12.3	Katalog . . . . .	34
12.3.1	Najprostsza postać katalogu . . . . .	34
12.3.2	Rozmiar katalogu . . . . .	34
12.3.3	Różne warianty organizacji katalogu . . . . .	34
12.4	Działanie katalogu na przykładzie systemu DASH . . . . .	34
12.4.1	Co to jest system DASH? . . . . .	34
12.4.2	Interpretacja stanu linii . . . . .	35
12.4.3	Operacja odczytu . . . . .	35
12.4.4	Operacja zapisu . . . . .	35
12.5	Katalog czy snooping . . . . .	35
12.6	Podsumowanie . . . . .	35
<b>13</b>	<b>Systemy SMP - podsumowanie</b>	<b>36</b>
<b>14</b>	<b>Systemy MMP</b>	<b>36</b>
14.1	Uproszczona organizacja . . . . .	36
14.2	Hierarchiczna organizacja . . . . .	36
14.2.1	Rodzaje węzłów . . . . .	36
14.3	Topologia . . . . .	37
14.4	Obsługa przesyłu komunikatów . . . . .	37
14.5	Narzędzia programowe . . . . .	37
14.6	Podsumowanie . . . . .	37
<b>15</b>	<b>Klastry</b>	<b>38</b>
15.1	Definicja . . . . .	38
15.2	Ogólna struktura systemów typu klastry . . . . .	38
15.3	Ogólna charakterystyka klastrów . . . . .	38
15.3.1	Węzły . . . . .	38
15.3.2	System operacyjny . . . . .	38
15.3.3	Infrastruktura scalająca . . . . .	38
15.3.4	Komunikacja między węzłami . . . . .	38

15.3.5 Sieci łączące . . . . .	39
15.3.6 Cele budowy klastrów . . . . .	39
15.3.7 Inne . . . . .	39
15.4 Sieci łączące klastrów . . . . .	39
15.4.1 Sieci specjalizowane - starsze rozwiązania . . . . .	39
15.4.2 Sieci LAN . . . . .	39
15.4.3 Sieci specjalizowane - nowsze rozwiązania . . . . .	39
15.5 Fibre Channel . . . . .	39
15.6 Sieci łączące - różnice . . . . .	40
15.7 Sieci specjalizowane (SAN) . . . . .	40
15.7.1 Opis elementów . . . . .	40
15.7.2 Cechy transmisji . . . . .	40
15.7.3 Rodzaje komunikatów . . . . .	40
15.7.4 Przepustowość łączy . . . . .	40
15.7.5 Parametry . . . . .	40
15.8 Klastery o wysokiej niezawodności . . . . .	41
15.8.1 Czynniki tworzące wysoką niezawodność klastrów . . . . .	41
15.8.2 Redundancja węzłów / mocy obliczeniowej . . . . .	41
15.8.3 Warianty modelu mieszanego . . . . .	41
15.9 Warianty dostępu do wspólnych zasobów . . . . .	42
15.9.1 Zasada „współdziel wszystko” . . . . .	42
15.9.2 Zasada „nie współdziel nic” . . . . .	42
15.9.3 Mirroring . . . . .	42
15.10 Mechanizmy kontrolujące funkcjonowanie węzłów . . . . .	43
15.10.1 Heartbeat . . . . .	43
15.10.2 Fail-over . . . . .	43
15.11 Problem rywalizacji o zasoby po awarii . . . . .	43
15.11.1 Mechanizm <i>quorum</i> . . . . .	43
15.12 Podsumowanie . . . . .	43
<b>II Pytania zamknięte</b>	<b>44</b>
<b>III Pytania otwarte</b>	<b>77</b>
<b>1 2010, Termin I</b>	<b>77</b>
<b>2 2012, Termin I</b>	<b>79</b>
<b>3 2012, Termin II</b>	<b>80</b>
<b>4 2013, Termin I</b>	<b>81</b>
<b>5 2014, termin I, NSI</b>	<b>81</b>
<b>6 2015, Termin 0</b>	<b>83</b>
<b>IV Zadania egzaminacyjne</b>	<b>85</b>
<b>1 Sparc</b>	<b>85</b>
1.1 Laborka: min, max oraz max - min . . . . .	85
1.1.1 Funkcja w języku C . . . . .	85
1.1.2 Odpowiednik w SPARCu . . . . .	86
1.2 Laborka, szukanie min i max . . . . .	87
1.3 2008, I termin, Jerzy Respondek . . . . .	88
1.3.1 Treść . . . . .	88

1.3.2	Propozycja rozwiązania 1 . . . . .	88
1.3.3	Propozycja rozwiązania 2 . . . . .	88
1.4	2010, I termin, Jerzy Respondek . . . . .	89
1.4.1	Treść . . . . .	89
1.4.2	Propozycja rozwiązania . . . . .	89
1.5	2012, I termin, Jerzy Respondek . . . . .	90
1.5.1	Treść . . . . .	90
1.5.2	Propozycja rozwiązania 1 . . . . .	90
1.5.3	Propozycja rozwiązania 2 . . . . .	91
1.6	2013, I termin, Jerzy Respondek . . . . .	92
1.6.1	Treść . . . . .	92
1.6.2	Rozwiązanie nr 1 by Dexus . . . . .	92
1.6.3	Rozwiązanie nr 2 . . . . .	93
1.6.4	Rozwiązanie nr 3 . . . . .	94
1.7	2015, 0 termin, Jerzy Respondek . . . . .	95
1.7.1	Treść . . . . .	95
1.7.2	Rozwiązanie 1 . . . . .	95
1.7.3	Rozwiązanie 2 . . . . .	96
<b>2</b>	<b>PVM</b> . . . . .	<b>97</b>
2.1	Wstęp z laberek, szukanie min i max . . . . .	97
2.1.1	Treść . . . . .	97
2.1.2	Rozwiązanie . . . . .	97
2.2	Laborki, odejmowanie macierzy . . . . .	100
2.2.1	Treść . . . . .	100
2.2.2	Rozwiązanie . . . . .	100
2.3	Laborki, Szyfr Cezara . . . . .	103
2.3.1	Treść . . . . .	103
2.3.2	Rozwiązanie . . . . .	103
<b>3</b>	<b>Egzamin 2012, T1, Hafed Zghidi</b> . . . . .	<b>105</b>
3.1	Treść . . . . .	105
3.2	Propozycja rozwiązania . . . . .	105
<b>4</b>	<b>Egzamin 2013, T1, Hafed Zghidi</b> . . . . .	<b>108</b>
4.1	Treść . . . . .	108
4.2	Rozwiązanie . . . . .	108
4.3	Propozycja rozwiązania z forum - dlaczego jest źle i możesz ujebać bezmyślnie przepisując . . . . .	110
4.4	2015, 0 termin, Hafed Zighdi . . . . .	112
4.4.1	Treść . . . . .	112
4.4.2	Rozwiązanie . . . . .	112
<b>5</b>	<b>Java Spaces</b> . . . . .	<b>114</b>
5.1	Wstęp z laberek . . . . .	114
5.1.1	Treść . . . . .	114
5.1.2	Rozwiązanie . . . . .	114
5.2	Zadanie 1 . . . . .	117
5.2.1	Treść . . . . .	117
5.3	2010, I termin, Adam Duszeńko . . . . .	118
5.3.1	Treść . . . . .	118
5.3.2	Propozycja rozwiązania 1 . . . . .	118
5.4	2011, I termin, Adam Duszeńko . . . . .	120
5.4.1	Treść . . . . .	120
5.5	2012, I termin, Adam Duszeńko . . . . .	120
5.5.1	Treść . . . . .	120
5.6	2013, I termin . . . . .	121
5.6.1	Treść . . . . .	121

5.6.2	Rozwiązanie . . . . .	121
5.7	2014, I termin, Adam Duszeńko . . . . .	125
5.7.1	Treść . . . . .	125
5.7.2	Propozycja rozwiązania 1 . . . . .	125
5.8	2015, 0 termin, Adam Duszeńko . . . . .	126
5.8.1	Treść . . . . .	126
5.8.2	Rozwiązanie . . . . .	126
<b>6</b>	<b>CUDA</b>	<b>130</b>
6.1	2013, 1 termin, Hafed Zighdi . . . . .	130
6.1.1	Treść . . . . .	130
6.1.2	Rozwiązanie . . . . .	130
6.2	2015, 0 termin, Hafed Zighdi . . . . .	132
6.2.1	Treść . . . . .	132
6.2.2	Rozwiązanie . . . . .	132
<b>7</b>	<b>MOSIX</b>	<b>134</b>
7.1	2013, 1 termin, Daniel Kostrzewa . . . . .	134
7.1.1	Treść . . . . .	134
7.1.2	Rozwiązanie . . . . .	134
7.2	2015, 0 termin, Daniel Kostrzewa . . . . .	135
7.2.1	Treść . . . . .	135
7.2.2	Rozwiązanie . . . . .	135
7.3	Termin nieznany, Daniel Kostrzewa . . . . .	137
7.3.1	Treść . . . . .	137
7.3.2	Rozwiązanie . . . . .	137

# Teoria

## 1 Historia rozwoju komputerów

1. Liczydło
2. Pascalina - maszyna licząca Pascala (dodawanie i odejmowanie)
3. Maszyna mnożąca Leibniza (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, pierwiastek kwadratowy)
4. Maszyna różnicowa - Charles Babbage, obliczanie wartości matematycznych do tablic
5. Maszyna analityczna - Charles Babbage, programowalna za pomocą kart perforowanych
6. Elektryczna maszyna sortująca i tabelaryzująca Holleritha 1890
7. Kalkulator elektromechaniczny Mark I, tablicowanie funkcji, całkowanie numeryczne, rozwiązywanie równań różniczkowych, rozwiązywanie układów równań liniowych, analiza harmoniczna, obliczenia statystyczne
8. Maszyny liczące Z1: pamięć mechaniczna, zmiennoprzecinkowa reprezentacja liczb, binarna jednostka zmiennoprzecinkowa
9. Z3: Pierwsza maszyna w pełni automatyczna, kompletna w sensie Turinga, pamięć przełącznikowa
10. Colossus i Colossus 2
11. ENIAC
12. EDVAC - J. von Neumann (wtedy utworzył swoją architekturę)
13. UNIVAC I (pierwszy udany komputer komercyjny)
14. IBM 701, potem 709
15. po 1955 zaczyna się zastosowanie tranzystorów w komputerach (komputery II generacji)
16. po 1965 komputery III generacji z układami scalonymi
17. od 1971 komputery IV generacji - z układami scalonymi wielkiej skali integracji VLSI

## 2 Architektura CISC

### 2.1 Znaczenie

*Complex Instruction Set Computers*

### 2.2 Przyczyny rozwoju architektury CISC

- Drogie, małe i wolne pamięci komputerów
- Rozwój wielu rodzin komputerów
- Duża popularność mikroprogramowalnych układów sterujących (prostych w rozbudowie)
- Dążenie do uproszczenia kompilatorów: im więcej będzie rozkazów maszynowych odpowiadających instrukcjom języków wyższego poziomu tym lepiej; model obliczeń pamięć – pamięć.



## 2.3 Cechy architektury CISC

- Duża liczba rozkazów (z czego te najbardziej zaawansowane i tak nie były używane)
- Duża ilość trybów adresowania (związane z modelem obliczeń)
- Duży rozrzut cech rozkazów w zakresie:
  - złożoności
  - długości (szczególnie to - nawet kilkanaście bajtów)
  - czasów wykonania
- Model obliczeń pamięć - pamięć
- Mikroprogramowane układy sterujące
- Niewiele rejestrów - były droższe niż komórki pamięci i przy przełączaniu kontekstu obawiano się wzrostu czasu przełączania kontekstu (chowanie rejestrów na stos i odwrotnie)
- Przerost struktury sprzętowej przy mało efektywnym wykorzystaniu list rozkazów

**CIEKAWOSTKA:** Przeanalizowano jakieś tam programy i w procesorze VAX 20% najbardziej złożonych rozkazów odpowiadało za 60% kodu, stanowiąc przy tym ok 0.2% wywołań. W procesorze MC68020 71% rozkazów nie zostało nawet użytych w badanych programach

## 3 Architektura RISC

### 3.1 Znaczenie

*Reduced Instruction Set Computers.*

### 3.2 Przyczyny rozwoju

- Poszukiwanie optymalnej listy rozkazów
- Chęć wykonania mikroprocesora o funkcjach pełnego ówczesnego procesora

### 3.3 Pierwszy procesor RISC

Procesor RISC I (1980), D. Patterson (Berkeley University)

Założenia projektowe:

- Wykonanie jednego rozkazu w jednym cyklu maszynowym
- Stały rozmiar rozkazów – uproszczenie metod adresacji
- Model obliczeń rejestr – rejestr: komunikacja z pamięcią operacyjną tylko za pomocą rozkazów LOAD i STORE.
- Wsparcie poprzez architekturę języków wysokiego poziomu.

Efekty realizacji fizycznej:

- 44 420 tranzystorów (ówczesne procesory CISC zawierały ok. 100 000 tranzystorów)
- lista rozkazów = 32 rozkazy
- dwustopniowy potok – strata tylko 6% cykli zegara, zamiast 20% (w związku z realizacją skoków)

### 3.4 Cechy architektury RISC

1. Stała długość i prosty format rozkazu
2. Nieduża liczba trybów adresowania
3. Niezbyt obszerna lista rozkazów
4. Model obliczeń rejestr-rejestr - dostęp do pamięci operacyjnej tylko w rozkazach LOAD i STORE
5. Duży zbiór rejestrów uniwersalnych
6. Układ sterowania – logika sztywa
7. Intensywne wykorzystanie przetwarzania potokowego
8. Kompilatory o dużych możliwościach optymalizacji potoku rozkazów

### 3.5 Format rozkazu procesora RISC I

7	1	5	5	1	13
OPCODE	SCC	DEST	SRC1	IMM	SRC2

- OPCODE – kod rozkazu
- SCC – ustawianie (lub nie) kodów warunków
- DEST – nr rejestru wynikowego
- SRC1 – nr rejestru zawierającego pierwszy argument
- IMM – wskaźnik natychmiastowego trybu adresowania
- SRC2 – drugi argument lub nr rejestru (na 5 bitach)

### 3.6 Realizacja wybranych rozkazów

#### 3.6.1 Rozkazy arytmetyczne

- Tryb rejestrowy: (IMM=0)  $R[DEST] \leftarrow R[SRC1] \text{ op } R[SRC2]$
- Tryb natychmiastowy: (IMM=1)  $R[DEST] \leftarrow R[SRC1] \text{ op } SRC2$

#### 3.6.2 Rozkazy komunikujące się z pamięcią

- LOAD  $R[DEST] \leftarrow M[AE]P$
- STORE  $M[AE] \leftarrow R[DEST]$

#### 3.6.3 Adres efektywny

- Tryb z przesunięciem  $AE = R[SRC1] + SRC2 = RX + S2$
- Inny zapis powyższego  $AE = RX + S2$
- Tryb absolutny  $AE = R0 + S2 = S2 \text{ (} R0 \equiv 0 \text{)}$
- Tryb rejestrowy pośredni  $AE = RX + 0 = RX$

Tryb absolutny oraz tryb rejestrowy pośredni są przypadkami szczególnymi.

### 3.7 Logiczna organizacja rejestrów procesora RISC I

Tabela 1: Rejestry

6	Wysokie	R31
10	Lokalne	
6	Niskie	
10	Globalne	R9 R0

### 3.8 Okno rejestrów

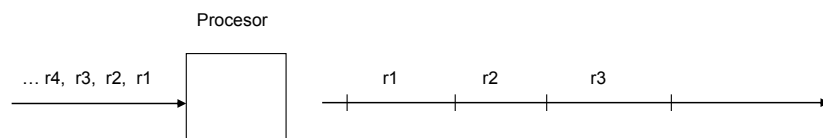
Tabela 2: Rejestry fizyczne - okno rejestrów

137	↑ Okno rejestrów	
	Wysokie	R31
	Lokalne	
	Niskie	
	Globalne	
	↓	R0
0		

## 4 Mechanizmy potokowe

### 4.1 Realizacja rozkazów w procesorze niepotokowym

Rozkazy wykonywane są liniowo w czasie - jeden po drugim, w takiej kolejności w jakiej przyjdą do procesora.

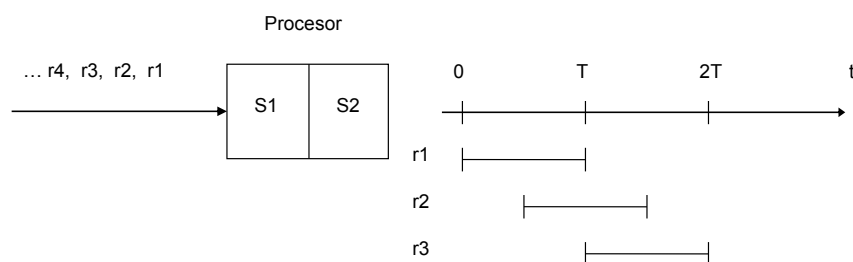


### 4.2 Potokowe wykonanie rozkazów dla prostej organizacji cyklu rozkazowego

Prosty podział procesora na moduły:

- S1 - pobranie rozkazu
- S2 - wykonanie rozkazu

Zakładając, że czas pracy obu modułów jest równy, wówczas 3 rozkazy mogą zostać wykonane w 2 okresach.  $1 T$  - pobranie i wykonanie rozkazu. W momencie gdy pierwszy rozkaz zostanie pobrany, w chwili  $0.5 T$  S1 może pobrać kolejny.



### 4.3 Podział cyklu rozkazowego na większą liczbę faz

Na przykładzie cyklu rozkazowego komputera Amdahl 470:

1. Pobranie rozkazu
2. Dekodowanie rozkazu
3. Obliczenie adresu efektywnego
4. Pobranie argumentów
5. Wykonanie operacji
6. Zapis wyniku

Rozkazy	Fazy zegarowe						
	1	2	3	4	5	6	7
S1	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7
S2		r1	r2	r3	r4	r5	r6
S3			r1	r2	r3	r4	r5
S4				r1	r2	r3	r4
S5					r1	r2	r3
S6						r1	r2

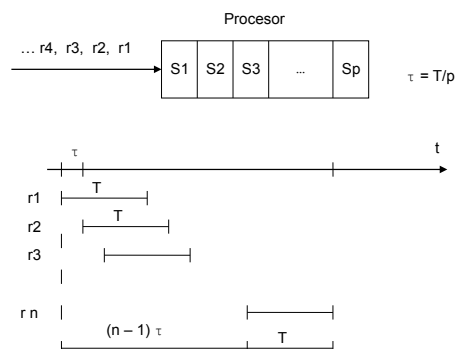
Zasada działania jest dokładnie taka sama jak w przypadku podziału na dwie fazy. Załóżmy, że jeden rozkaz wykonuje się w 7iu taktach zegarowych.  $1 T = 7 F$ . Wówczas w momencie gdy rozkaz numer 1 znajduje się w 5tym takcie wykonania rozkaz numer 5 może zostać pobrany.

Tabela 3: Realizacja ciągu rozkazów w wielostopniowym procesorze potokowym.

## 4.4 Analiza czasowa potokowej realizacji ciągu rozkazów

Założenia:

- $P$  - liczba faz
  - $T$  - okres
  - $\frac{T}{P} = \tau$  - czas wykonania pojedynczej fazy
- $(n - 1) \times \tau$  - czas rozpoczęcia wykonywania  $n$ -tego rozkazu.



## 4.5 Przyspieszenie dla potokowego wykonania rozkazów

- Czas wykonywania rozkazu w procesorze niepotokowym (dla  $n$  rozkazów)

$$t = n \times T$$

- Czas wykonywania rozkazu w procesorze potokowym dla idealnego przypadku, gdy  $\tau = \frac{T}{P}$

$$t = (n - 1) \times \tau + T = (n - 1 + P) \times \frac{T}{P}$$

- Przyspieszenie jest stosunkiem czasu wykonywania rozkazów dla procesora niepotokowego do czasu dla procesora potokowego.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n \times T}{(n - 1 + P) \times \frac{T}{P}} = P$$

Maksymalne przyspieszenie (dla modelu idealnego) jest równe ilości faz.

## 4.6 Problemy z potokową realizacją rozkazów

Problemem związanym z realizacją potokową jest **zjawisko hazardu**.

- **Hazard sterowania** – problemy z potokową realizacją skoków i rozgałęzień.
- **Hazard danych** – zależności między argumentami kolejnych rozkazów
- **Hazard zasobów** – konflikt w dostępie do rejestrów lub do pamięci

## 4.7 Rozwiązanie problemu hazardu sterowania

- Skoki opóźnione
- Przewidywanie rozgałęzień

## 4.8 Skoki opóźnione

### 4.8.1 Założenia

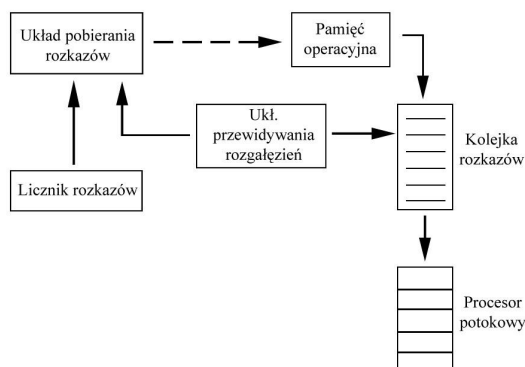
- Rozkaz następny po skoku jest zawsze całkowicie wykonywany
- To znaczy, że efekt skoku jest opóźniony o jeden rozkaz

### 4.8.2 Działanie

Zmienia kod programu w trakcie kompilacji, jeśli widzi taką potrzebę. Sprowadza się to do dwóch możliwości:

- Modyfikacja programu - dodanie rozkazu NOP po instrukcji skoku JMP
- Optymalizacja programu - zmiany kolejności wykonywania rozkazów

## 4.9 Przewidywanie rozgałęzień



### 4.9.1 Strategie

#### 1. Statyczne

- przewidywanie, że rozgałęzienie (skok warunkowy) zawsze nastąpi
- przewidywanie, że rozgałęzienie nigdy nie nastąpi
- podejmowanie decyzji na podstawie kodu rozkazu rozgałęzienia (specjalny bit ustawiany przez kompilator)

#### 2. Inne

- przewidywanie, że skok wstecz względem licznika rozkazów zawsze nastąpi
- przewidywanie, że skok do przodu względem licznika rozkazów nigdy nie nastąpi

#### 3. Dynamiczne

- Tablica historii rozgałęzień.

### 4.9.2 Tablica historii rozgałęzień

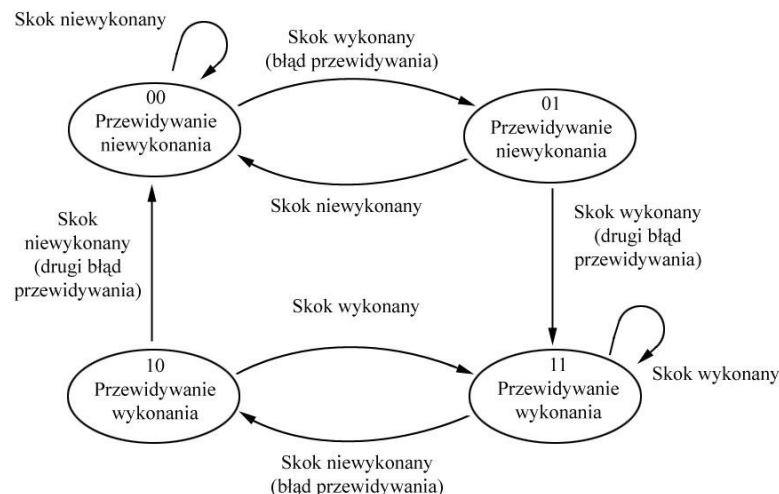
Składa się z:

- Bit ważności
- Adres rozkazu rozgałęzienia
- Bity historii
- Adres docelowy rozgałęzienia (opcja)

Operacje wykonywane na tablicy historii rozgałęzień

- Sprawdzenie, czy adres rozkazu rozgałęzienia jest w tablicy
  - **Nie** – wtedy:
    - \* przewidywanie rozgałęzienia jest wykonywane według jednej ze strategii statycznych
    - \* do tablicy jest wpisywany adres rozkazu rozgałęzienia, informacja o wykonaniu/niewykonaniu rozgałęzienia (bit historii) i (opcjonalnie) adres docelowy rozgałęzienia

- **Tak** - wtedy:
  - \* przewidywanie rozgałęzienia jest wykonywane według bitów historii
  - \* do tablicy jest wpisywana informacja o wykonaniu/niewykonaniu rozgałęzienia (uaktualnienie bitów historii)
- 1 bit historii - algorytm przewidywania rozgałęzień dla jednego bitu historii - kolejne wykonanie rozkazu rozgałęzienia będzie przebiegało tak samo jak poprzednie.
- 2 bity historii
  - algorytm przewidywania rozgałęzień dla dwóch bitów historii bazuje na 2-bitowym automacie skończonym.
  - Interpretacja dwóch bitów historii (x y):
    - \* y: historia ostatniego wykonania skoku (0 – nie, 1 – tak)
    - \* x: przewidywanie następnego wykonania skoku (0 – nie, 1 – tak)
    - \* Ogólna zasada przewidywania - zmiana strategii następuje dopiero po drugim błędzie przewidywania.



## 4.10 Metody rozwiązywania hazardu danych

### 4.10.1 Co to jest?

*Hazard danych* - zależności między argumentami kolejnych rozkazów wykonywanych potokowo.

### 4.10.2 Metody usuwania hazardu danych

Jest kilka sposobów:

- Sprzętowe wykrywanie zależności i wstrzymanie napełniania potoku
- Wykrywanie zależności na etapie kompilacji i modyfikacja programu (np. dodanie rozkazu NOP)
- Wykrywanie zależności na etapie kompilacji, modyfikacja i optymalizacja programu (np. zamiana kolejności wykonywania rozkazów)
- Wyprzedzające pobieranie argumentów (zastosowanie szyny zwrotnej)

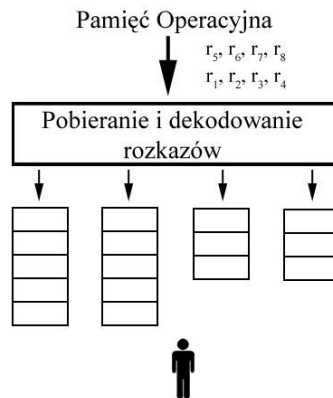
### 4.10.3 Problem

Jeśli faza wykonania rozkazu nie będzie mogła być wykonana w jednym takcie (np. dla rozkazów zmien-noprecinkowych), to zachodzi konieczność wstrzymania napełniania potoku.

## 5 Architektura superskalarna

### 5.1 Co to jest?

Architektura umożliwiająca wykonanie w jednym takcie większej od 1 liczby instrukcji.



### 5.2 Cechy architektury superskalarnej

Możliwość wykonania kilku rozkazów w jednym takcie, co powoduje konieczność:

- Kilku jednostek potokowych
- Załadowania kilku rozkazów z pamięci operacyjnej w jednym takcie procesora

### 5.3 Zależności między rozkazami

#### 5.3.1 Prawdziwa zależność danych

*Read After Write (RAW)*

Występuje w momencie kiedy jeden rozkaz wymaga argumentu obliczanego przez poprzedni rozkaz. Opóźnienie eliminowane za pomocą "wyprzedzającego pobierania argumentu" - dana nie jest zapisywana do rejestru, tylko pobierana bezpośrednio z poprzedniego rozkazu, który znajduje się w akumulatorze (jeżeli dobrze rozumiem rysunek ze slajdu 21, wykład 4).

#### 5.3.2 Zależność wyjściowa

*Write After Write (WAW)*

Gdy rozkazy zapisujące dane do tego samego rejestru wykonują się równolegle to drugi z nich musi czekać aż pierwszy się zakończy. Układ sterujący musi kontrolować tego typu zależność.

#### 5.3.3 Antyzależność

*Write After Read (WAR)*

W przypadku gdy pierwszy rozkaz czyta wartość rejestru, a drugi zapisuje coś do tego rejestru i oba wykonują się równolegle, to drugi musi czekać aż pierwszy odczyta swoje. Ten rodzaj zależności może zostać wyeliminowany przez sprzętowe wykrywanie zależności i wstrzymanie napełniania potoku na co najmniej takt.

Jeśli faza wykonania rozkazu nie będzie mogła być wykonana w jednym takcie (np. dla rozkazów zmien-noprzecinkowych), to zachodzi konieczność wstrzymania napełniania potoku.



#### 5.3.4 Wnioski

- Dopuszczenie do zmiany kolejności rozpoczynania wykonania (wydawania) rozkazów i / lub zmiany kolejności kończenia rozkazów prowadzi do możliwości wystąpienia zależności wyjściowej lub antyzależności.
- Zawartości rejestrów nie odpowiadają wtedy sekwencji wartości, która winna wynikać z realizacji programu

### 5.4 Metody eliminacji zależności

#### 5.4.1 Metoda przemianowania rejestrów

- Stosowana w przypadku zwielokrotnienia zestawu rejestrów.
- Rejestry są przypisywane dynamicznie przez procesor do rozkazów.
- Gdy wynik rozkazu ma być zapisany do rejestru  $R_n$ , procesor angażuje do tego nową kopię tego rejestru.
- Gdy kolejny rozkaz odwołuje się do takiego wyniku (jako argumentu źródłowego), rozkaz ten musi przejść przez proces przemianowania.
- Przemianowanie rejestrów eliminuje antyzależność i zależność wyjściową.

**Przykład** procesu przemianowania rejestrów:

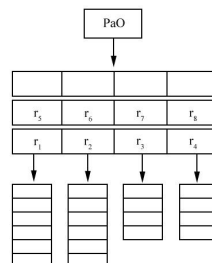
- I1:  $R3b \leftarrow R3a \text{ op } R5a$
- I2:  $R4b \leftarrow R3b + 1$
- I3:  $R3c \leftarrow R5a + 1$
- I4:  $R7b \leftarrow R3c \text{ op } R4b$

W powyższym przykładzie rozkaz I3 może być wykonany jako drugi (co zapobiegnie zależnościom RAW między I1 i I2 oraz I3 i I4), lub nawet jako pierwszy.

## 6 Architektura VLIW

### 6.1 Co to jest?

VLIW - *Very Long Instruction Word*.



### 6.2 Cechy

- Wspólna pamięć operacyjna
- Szeregowanie rozkazów

### 6.3 Szeregowanie rozkazów przez kompilator

- Podział rozkazów programu na grupy
- Sekwencyjne wykonywanie grup
- Możliwość równoległej realizacji rozkazów w ramach grupy
- Podział grupy na paczki
- Paczka = 3 rozkazy + szablon ( $3 \times 41 + 5 = 128$  bitów)
- Szablon - informacja o jednostkach funkcjonalnych, do których kierowane mają być rozkazy i ewentualna informacja o granicach grup w ramach paczki

### 6.4 Redukcja skoków warunkowych - predykcja rozkazów

Rozkazy uwarunkowane - uwzględnianie warunku w trakcie realizacji rozkazu.

### 6.5 Spekulatywne wykonanie rozkazów LOAD

- Problem: chybione odwołania do PaP (cache) i konieczność czekania na sprowadzenie do PaP linii danych
- Rozwiązanie: przesunięcie rozkazów LOAD jak najwyżej, aby zminimalizować czas ewentualnego oczekiwania.
- Rozkaz CHECK sprawdza wykonanie LOAD (załadowanie rejestru)

## 7 Wielowątkowość

### 7.1 Co to jest?

- Cecha systemu operacyjnego umożliwiająca wykonywanie kilku wątków w ramach jednego procesu
- Cecha procesora oznaczająca możliwość jednoczesnego wykonywania kilku wątków w ramach jednego procesora (rdzenia)

### 7.2 Sprzętowa realizacja wielowątkowości

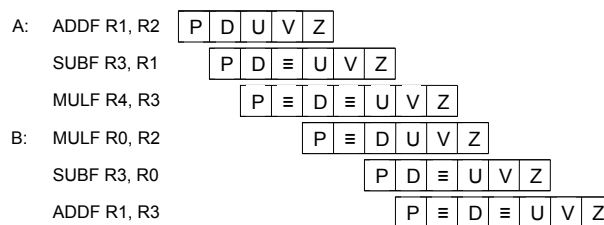
Celem współbieżnej realizacji dwóch (lub więcej) wątków w jednym procesorze (rdzeniu) jest minimalizacja strat cykli powstałych w trakcie realizacji pojedynczego wątku w wyniku:

- chybionych odwołań do pamięci podręcznej,
- błędów w przewidywaniu rozgałęzień,
- zależności między argumentami kolejnych rozkazów

### 7.3 Wielowątkowość gruboziarnista

*Coarse-grained multithreading.*

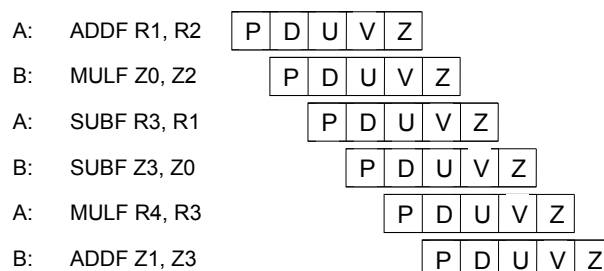
- Przełączanie wątków następuje przy dłuższym opóźnieniu wątku w potoku (np. chybione odwołanie do pamięci podręcznej (nawet L2))
- W niektórych rozwiązaniach rozpoczęcie nowego wątku następuje dopiero po opróżnieniu potoku
- Zaletą jest prostota procesu przełączania wątków
- Wadą takiego rozwiązania są straty czasu przy krótszych opóźnieniach potoku



### 7.4 Wielowątkowość drobnoziarnista

*Fine-grained multithreading.*

- Przełączanie wątków następuje po każdym rozkazie
- Wątek oczekujący (np. na dostęp do pamięci) jest pomijany
- Zaletą jest unikanie strat nawet przy krótkich opóźnieniach wątków
- Istotnym wymaganiem dla procesora jest szybkie (w każdym taktie) przełączanie wątków
- Pewną wadą jest opóźnienie realizacji wątków w pełni gotowych do wykonania



## 7.5 Warunki sprzętowej realizacji wielowątkowości

- powielenie zestawów rejestrów uniwersalnych (lub powielenie tabel mapowania rejestrów)
- powielenie liczników rozkazów
- powielenie układów dostępu do pamięci podręcznej (tabel stron)
- powielenie sterowników przerwań

## 7.6 Wielowątkowość w procesorze dwupotokowym

Reguły realizacji i przełączania wątków:

### 1. Wielowątkowość gruboziarnista

- wątek realizowany w kolejnych taktach do momentu wstrzymania rozkazu
- do obu potoków wprowadzane są rozkazy tylko jednego wątku (w jednym takcie!)

### 2. Wielowątkowość drobnoziarnista

- w kolejnych taktach realizowane są naprzemiennie rozkazy kolejnych wątków (przełączanie wątków co takt)
- do obu potoków wprowadzane są rozkazy tylko jednego wątku (w jednym takcie!)

### 3. Wielowątkowość współbieżna (SMT -Simultaneous multithreading)

- wątek realizowany do momentu wstrzymania rozkazu
- do obu potoków w jednym takcie mogą być wprowadzane rozkazy różnych wątków

## 7.7 Mankamenty współbieżnej wielowątkowości

- Rywalizacja wątków w dostępie do pamięci podręcznej - mniejsza wielkość PaP przypadająca na wątek
- Większe zużycie energii (w porównaniu z procesorami dwurdzeniowymi)
- Możliwość monitorowania wykonania jednego wątku przez inny wątek (złośliwy), poprzez wpływ na współdzielone dane pamięci podręcznej - kradzież kluczy kryptograficznych

## 8 Klasyfikacja komputerów równoległych

### 8.1 Formy równoległości w architekturze komputerów

#### 8.1.1 Równoległość na poziomie rozkazów

Wykonywanie w danej chwili wielu rozkazów w jednym procesorze.

- Mechanizmy potokowe - w procesorach CISC i RISC
- Architektura superskalarna i VLIW

#### 8.1.2 Równoległość na poziomie procesorów

Wykonywanie w danej chwili wielu rozkazów w wielu procesorach.

- Komputery wektorowe
- Komputery macierzowe
- Systemy wieloprocessorowe
- Klastry (systemy wielokomputerowe)

### 8.2 Rodzaje równoległości w aplikacjach

#### 8.2.1 Równoległość poziomu danych

DLP - Data Level Parallelism.

Pojawia się kiedy istnieje wiele danych, które mogą być przetwarzane w tym samym czasie.

#### 8.2.2 Równoległość poziomu zadań

TLP - Task Level Parallelism.

Pojawia się kiedy są tworzone zadania, które mogą być wykonywane niezależnie i w większości równolegle.

### 8.3 Wykorzystanie równoległości aplikacji w architekturze komputerów

- **Równoległość poziomu rozkazów** (ILP - Instruction Level Parallelism) - odnosi się do przetwarzania potokowego i superskalarnego, w których w pewnym (niewielkim) stopniu wykorzystuje się równoległość danych.
- **Architektury wektorowe i procesory graficzne** - wykorzystują równoległość danych poprzez równoległe wykonanie pojedynczego rozkazu na zestawie danych.
- **Równoległość poziomu wątków** (TLP - Thread Level Parallelism) - odnosi się do wykorzystania równoległości danych albo równoległości zadań w ściśle połączonych systemach (ze wspólną pamięcią), które dopuszczają interakcje między wątkami.
- **Równoległość poziomu zleceń** (RLP - Request Level Parallelism) - odnosi się do równoległości zadań określonych przez programistę lub system operacyjny. Ta forma równoległości jest wykorzystywana w systemach luźno połączonych (z pamięcią rozproszoną) i klastrach.

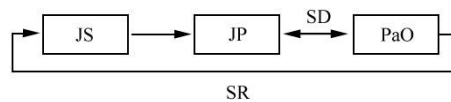
## 8.4 Klasyfikacja Flynna

M. Flynn, 1966

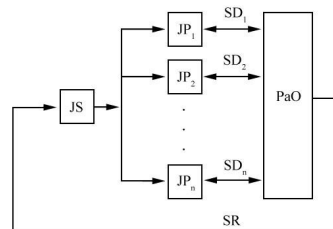
### 8.4.1 Kryterium klasyfikacji

Liczba strumieni rozkazów i liczba strumieni danych w systemie komputerowym.

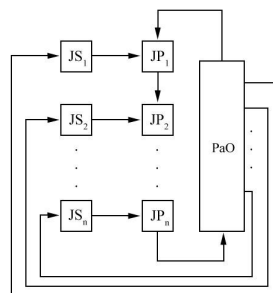
- **SISD**: Single Instruction, Single Data Stream



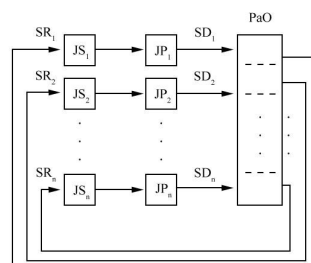
- **SIMD**: Single Instruction, Multiple Data Stream



- **MISD**: Multiple Instruction, Single Data Stream



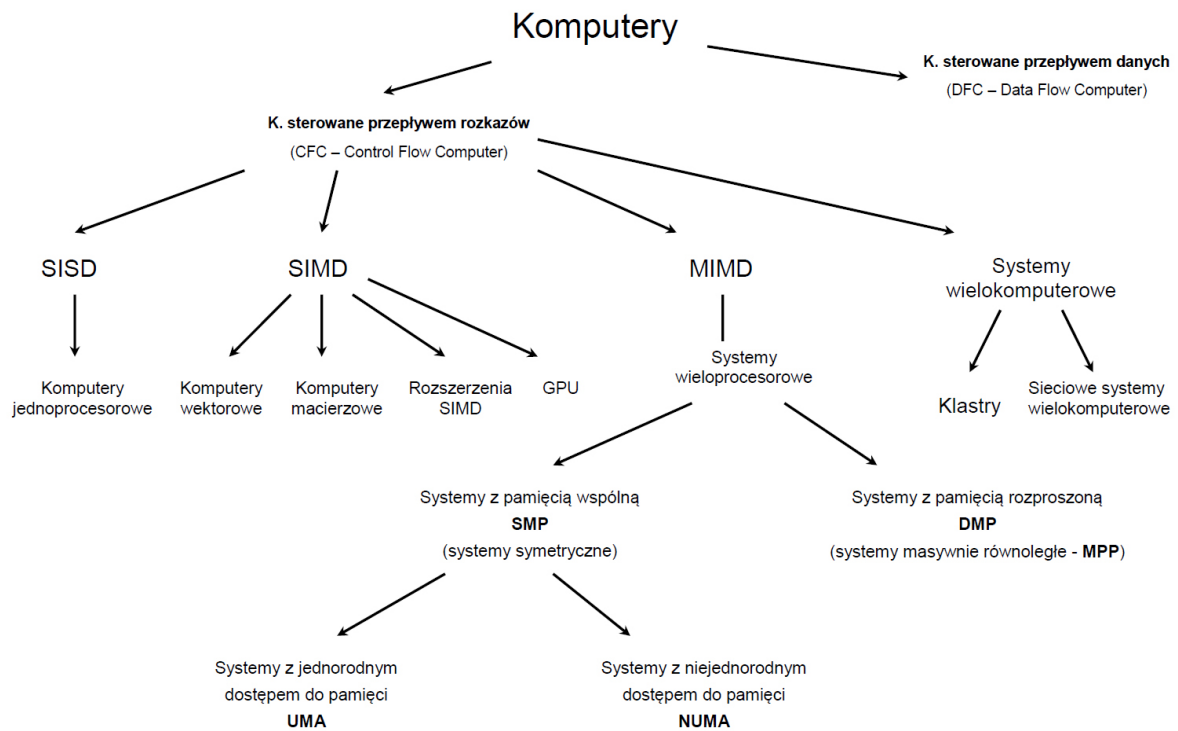
- **MIMD**: Multiple Instruction, Multiple Data Stream



Gdzie:

- **JS** – Jednostka sterująca
- **JP** – Jednostka przetwarzająca
- **PaO** – Pamięć operacyjna

#### 8.4.2 Klasyfikacja opisowa

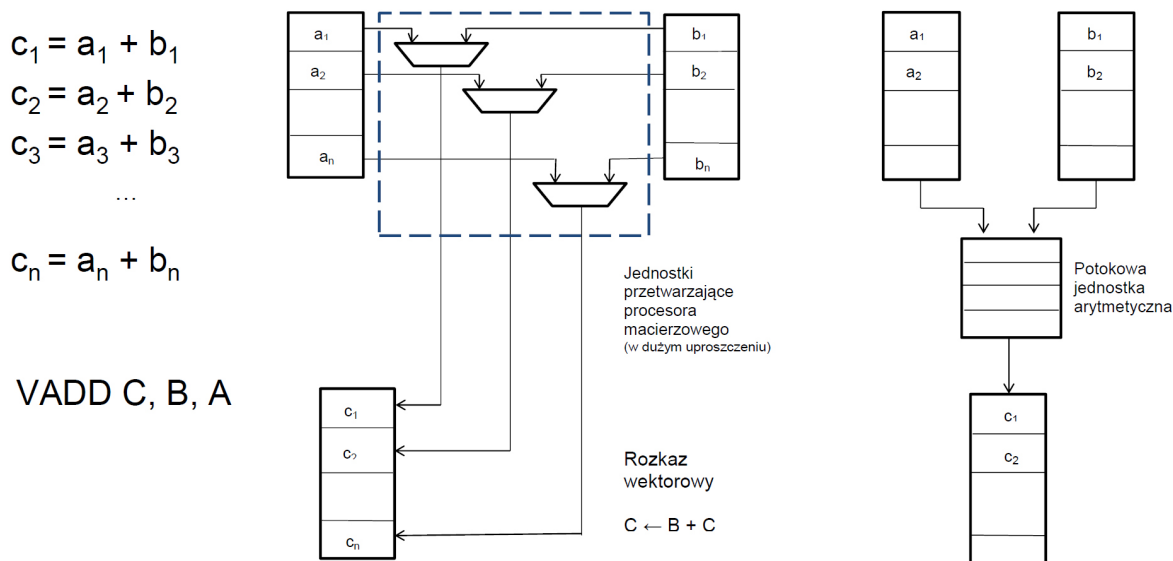


## 9 Architektura SIMD

### 9.1 Co to jest?

- Tłumaczenie *Single Instruction Multiple Device*
- Cecha wyróżniająca dla programisty - rozkazy wektorowe (rozkaazy z argumentami wektorowymi).
- Dwa różne podejścia do sprzętowej realizacji rozkazów wektorowych:
  - Komputery (procesory) macierzowe
  - Komputery wektorowe

Idee realizacji obu (macierzowy i wektorowy):



### 9.2 Komputery wektorowe

#### 9.2.1 Lokalizacja wektorów danych

- Pamięć operacyjna (STAR 100)
- Rejestry wektorowe (Cray -1)

#### 9.2.2 Przykład rozkazu

Rozkaz dodawania wektorów: VADDF A,B,C,n

Czas wykonania:

$$t_w = t_{start} + (n - 1) \times \tau$$

W komputerze macierzowym czas wykonywania tego rozkazu jest równy *const.*

#### 9.2.3 Przyspieszenie

Przyspieszenie jest stosunkiem czasu wykonywania w komputerze klasycznym (szeregowo) do czasu wykonywania w komputerze wektorowym.

$$a = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{15 \times \tau \times n}{t_{start} + (n - 1) \times \tau} = 15$$



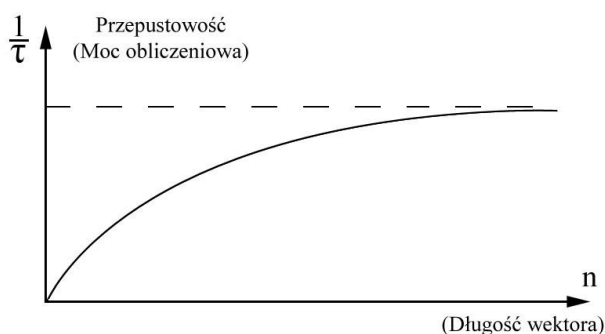
### 9.2.4 Przepustowość

Przepustowość (moc obliczeniowa) jest stosunkiem ilości operacji zmiennoprzecinkowych do czasu ich wykonania.

$$Przep = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{t_{start} + (n-1) \times \tau} = \frac{1}{\tau}$$

Wymiarem przepustowości jest FLOPS.

### 9.2.5 Zależność mocy obliczeniowej od długości wektora



### 9.2.6 Podsumowanie

#### 1. Hardware

- rozkazy wektorowe
- duża liczba potokowych jednostek arytmetycznych (specjalizowanych)
- duża liczba rejestrów (nawet kilkaset tysięcy)

#### 2. Software

- klasyczne języki: Fortran, C
- klasyczne algorytmy
- kompilatory wektoryzujące

### 9.2.7 Zastosowanie

- Numeryczna symulacja ośrodków ciągłych
- Równania różniczkowe, równania różnicowe, układy równań algebraicznych (rachunek macierzowy)
- Dziedziny zastosowań:
  - prognozowanie pogody
  - symulacja aerodynamiczna
  - sejsmiczne poszukiwania ropy naftowej i innych surowców
  - symulacja reakcji jądrowych
  - medycyna i farmacja
  - obliczenia inżynierskie dużej skali

## 9.3 Komputery macierzowe

### 9.3.1 Co to jest?

Architektura komputerów macierzowych - model SIMD w dwóch wariantach:

- SIMD - DM (z pamięcią rozproszoną)
- SIMD - SM (z pamięcią wspólną)

### 9.3.2 Elementy komputera macierzowego

1. **Jednostka sterująca** - procesor wykonujący rozkazy sterujące i skalarne oraz inicjujący wykonanie rozkazów wektorowych w sieci elementów przetwarzających.
2. **Elementy przetwarzające** (procesorowe) - jednostki arytmetyczno-logiczne wykonujące operacje elementarne rozkazów wektorowych.
3. **Sieć łącząca** - łączy elementy przetwarzające między sobą lub z modułami pamięci operacyjnej; warianty:
  - sieć statyczna: pierścień, gwiazda, krata, drzewo, hipersześcian
  - sieć dynamiczna: jednostopniowa; wielostopniowa (wyróżnia połączenia blokujące i nieblokujące)

### 9.3.3 Podsumowanie

- Architektura SIMD
- Jednostka sterująca + jednostka macierzowa
- Rozkazy wektorowe - wykonywane synchronicznie w sieci (macierzy) EP
- Skomplikowana wymiana danych między EP
- Trudne programowanie - konieczność tworzenia nowych wersji algorytmów

## 9.4 Model SIMD w procesorach superskalarnych

### 9.4.1 Technologia MMX

- 8 rejestrów 64-bitowych MMX
- Nowe typy danych
- Rozszerzony zestaw instrukcji (57 instrukcji)
- Realizacja operacji na krótkich wektorach wg modelu SIMD

## 9.5 Technologia SSE

- 8 rejestrów 128-bitowych
- Osem 16-bitowych argumentów (elementów wektora) typu integer
- Cztery 32-bitowe argumenty integer/fplib lub dwa 64-bitowe
- Operacje zmp na 4-elementowych wektorach liczb 32-bit (pojed. prec.)

## 10 Karty graficzne i architektura CUDA

### 10.1 Charakterystyka

- GPU - Graphics Processing Unit
- Wcześniejsze GPU - specjalizowane języki (HLSL, GLSL czy NVIDIA Cg), tylko rendering
- CUDA (*Compute Unified Device Architecture*) - architektura wielordzeniowych procesorów graficznych (GPU)
- Uniwersalna architektura obliczeniowa połączona z równoległym modelem programistycznym
- wsparcie dla języków C/C++
- GPGPU = GPU + CUDA
- CUDA - obsługiwana przez karty graficzne GeForce i GeForce Mobile od serii 8 (GeForce 8800), nowsze układy z rodzin Tesla i Quadro, Fermi, obecnie Kepler

### 10.2 Architektura CUDA

- W miejsce oddzielnych potoków przetwarzających wierzchołki i piksele wprowadzenie uniwersalnego procesora przetwarzającego wierzchołki, piksele i ogólnie geometrię, a także uniwersalne programy obliczeniowe
- Wprowadzenie procesora wątków eliminującego „ręczne” zarządzanie rejestrami wektorowymi
- Wprowadzenie modelu SIMT (*single-instruction multiple-thread*), w którym wiele niezależnych wątków wykonuje równocześnie tę samą instrukcję
- Wprowadzenie współdzielonej pamięci oraz mechanizmów synchronizacji wątków (*barrier synchronization*) dla komunikacji między wątkami

### 10.3 Multiprocesor strumieniowy

Architektura GT 200.

- 8 rdzeni C1 -C8 (SP)
- podręczna pamięć instrukcji (ang. *instruction cache*),
- podręczna pamięć danych (ang. *constant cache*) - pamięć tylko do odczytu,
- pamięć współdzielona (ang. *shared memory*)
- 16 384 rejestry,
- jednostka arytmetyczna wykonująca obliczenia zmiennoprzecinkowe podwójnej precyzji (fp64),
- dwie jednostki arytmetyczne przeznaczone do obliczania funkcji specjalnych (ang. *special function unit*),
- pamięć globalna

### 10.4 Model programistyczny CUDA

- Specjalny kompilator NVCC
- Podział programu na kod wykonywany przez procesor (ang. *Host code*) i przez urządzenie (kartę graficzną) (ang. *Device code*) - kernel
- Realizacja operacji równoległych według modelu SIMT (*Single Instruction Multiple Threading*)

## 10.5 Wykonanie obliczeń z użyciem architektury CUDA (5 faz)

1. Przydzielenie w pamięci globalnej obszaru pamięci dla danych, na których będą wykonywane obliczenia przez kernel.
2. Przekopiowanie danych do przydzielonego obszaru pamięci.
3. Zainicjowanie przez CPU obliczeń wykonywanych przez GPU, tj. wywołanie kernela.
4. Wykonanie przez wątki (z użyciem GPU) obliczeń zdefiniowanych w kernelu.
5. Przekopiowanie danych z pamięci globalnej do pamięci operacyjnej.

## 10.6 CUDA procesor (rdzeń)

- Potokowa jednostka arytmetyczna zmp
- Potokowa jednostka arytmetyczna stp
- Ulepszona realizacja operacji zmp FMA (*fused multiply-add*) dla pojedynczej i podwójnej precyzji

## 10.7 Wątki

### 10.7.1 Co to jest?

- Wątek reprezentuje pojedynczą operację (*a single work unit or operation*)
- Wątki są automatycznie grupowane w bloki, maksymalny rozmiar bloku = 512 wątków (w architekturze Fermi i wyższych - 1024 wątki).
- Bloki grupowane są w siatkę (*grid* - kratę)
- Grupowanie wątków - bloki o geometrii 1, 2 lub 3-wymiarowej
- Grupowanie bloków - siatka (*grid*) o geometrii 1, 2-wymiarowej
- Wymaga się, aby bloki wątków tworzących siatkę mogły się wykonywać niezależnie: musi być możliwe ich wykonanie w dowolnym porządku, równolegle lub szeregowo.

### 10.7.2 Grupowanie wątków w bloki i siatkę

- Siatka o geometrii jednowymiarowej (trzy bloki wątków)
- Każdy blok - geometria dwuwymiarowa (wymiary 2 x 3)

### 10.7.3 Sprzętowa organizacja wykonywania wątków

- Przy uruchomieniu kernela wszystkie bloki tworzące jego siatkę obliczeń są rozdzielane pomiędzy multiprocesory danego GPU
- Wszystkie wątki danego bloku są przetwarzane w tym samym multiprocesorze
- W danej chwili (cyklu) pojedynczy rdzeń multiprocesora wykonuje jeden wątek programu
- Multiprocesor tworzy, zarządza, szereguje i wykonuje wątki w grupach po 32, nazywanych wiązkami (*warp*).
- Wiązki są szeregowane do wykonania przez *warp scheduler*. Wiązka wątków jest wykonywana jako jeden wspólny rozkaz (analogia do rozkazu SIMD, tzn. rozkazu wektorowego)

- Sposób wykonania wiązki wątków (rozkażu SIMD) zależy od budowy multiprocesora:
  - Dla architektury Fermi (32 procesory w jednym multiprocesorze / 2 *warp-schedulery* = 16 procesorów na 1 wiązkę) wiązka jest wykonywana jako 2 rozkazy - wiązka jest dzielona na dwie połówki (*half-warp*) wykonywane jako 2 rozkazy (te same, ale na dwóch zestawach danych).
  - Dla architektury Tesla (8 procesorów w jednym multiprocesorze, 1 *warp-scheduler*) wiązka jest dzielona na cztery ćwiartki (*quarter-warp*) wykonywane jako 4 kolejne rozkazy (te same, ale na czterech zestawach danych).
- Konstrukcja *warp schedulera* umożliwia uruchomienie wielu wiązek wątków współbieżnie - *warp scheduler* pamięta wtedy adresy wiązek, przypisane im rozkazy SIMD oraz ich stan (gotowość do wykonania lub stan oczekiwania na pobranie danych z pamięci).
- Współbieżne uruchomienie wielu wiązek pozwala zmniejszyć straty związane z oczekiwaniem na dane (zwykle długi czas dostępu do pamięci).

## 10.8 Rodzaje pamięci multiprocesora

### 10.8.1 Pamięć globalna

Duża pamięć, o czasie życia aplikacji (dane umieszczone w tej pamięci są usuwane po zakończeniu aplikacji), dostępna dla każdego wątku w dowolnym bloku, ale o dość długim czasie dostępu wynoszącym ok. 400-600 taktów zegara.

### 10.8.2 Pamięć współdzielona

Niewielka pamięć o czasie życia bloku (zakończenie działania bloku powoduje usunięcie danych w niej przechowywanych), dostępna dla każdego wątku w bloku dla którego jest dedykowana, o bardzo krótkim czasie dostępu.

### 10.8.3 Pamięć stałych

Niewielki fragment pamięci globalnej, który jest cache-owany, przez co dostęp do niego jest bardzo szybki. Jest ona tylko do odczytu. Czas życia pamięci stałych oraz jej dostępność jest taka sama jak pamięci globalnej.

### 10.8.4 Rejestry

Niewielka, bardzo szybka pamięć o czasie życia wątku (po zakończeniu wątku dane z rejestrów są usuwane). Tylko jeden wątek może w danym momencie korzystać z danego rejestru.

### 10.8.5 Pamięć lokalna i pamięć tekstur

Podobnie jak w przypadku pamięci stałych, są to dedykowane fragmenty pamięci globalnej. Pamięć lokalna jest wykorzystywana do przechowywania danych lokalnych wątku, które nie mieszczą się w rejestrach, a pamięć tekstur posiada specyficzne metody adresowania i *cache*-owania dla zastosowań graficznych.

## 11 Systemy wieloprocessorowe (UMA)

### 11.1 Rodzaje

- Systemy z pamięcią wspólną
- Systemy z pamięcią rozproszoną

### 11.2 Systemy z pamięcią wspólną

- Systemy z jednorodnym dostępem do pamięci (UMA – *Uniform Memory Access*)
- Systemy z niejednorodnym dostępem do pamięci (NUMA – Non - *Uniform Memory Access*)

#### 11.2.1 Klasyfikacja

- Systemy ze wspólną magistralą
- Systemy wielomagistralowe
- Systemy z przełącznicą krzyżową
- Systemy z wielostopniową siecią połączeń
- Systemy z pamięcią wieloportową
- Systemy z sieciami typu punkt - punkt

### 11.3 Skalowalność

**System skalowalny** - System, w którym dodanie pewnej liczby procesorów prowadzi do proporcjonalnego przyrostu mocy obliczeniowej.

### 11.4 Systemy ze wspólną magistralą

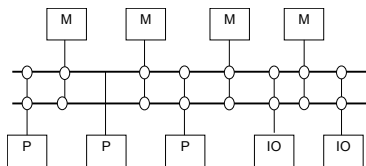
- Prostota konstrukcji – niska złożoność układowa całości
- Niski koszt
- Łatwość rozbudowy – dołączenia kolejnego procesora, ale tylko w ograniczonym zakresie
- Ograniczona złożoność magistrali (jej szybkość jest barierą)
- Niska skalowalność

#### 11.4.1 Protokół MESI

Ten rodzaj systemu posiada problem zapewnienia spójności pamięci podręcznych (*snooping*). W celu rozwiązania go wykorzystuje w tym celu protokół MESI:

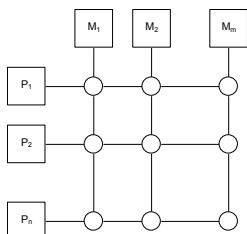
- I - invalid
- S - shared
- E - exclusive
- M - modified

## 11.5 Systemy wielomagistralowe



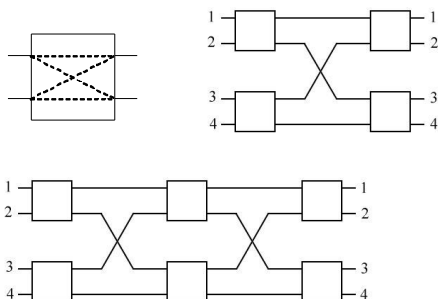
- Wielokrotnie zwiększona przepustowość
- Konieczność stosowania układu arbitra do sterowania dostępem do magistral
- Rozwiązania kosztowne

## 11.6 Systemy z przełącznicą krzyżową



- Zadania każdego przełącznika
  - Rozwiązywanie konfliktów dostępu do tego samego modułu pamięci
  - Zapewnienie obsługi równoległych transmisji, krzyżujących się w przełączniku
- Duża przepustowość
- Duża złożoność układowa  $O(n^2)$
- Wysoki koszt
- Problem: realizacja techniczna przełącznicy krzyżowej dla dużych  $n$  – wykorzystanie wielostopniowych sieci połączeń

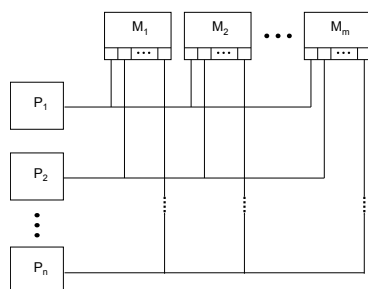
## 11.7 Systemy z wielostopniową siecią połączeń



Przykłady:

- Nieblokująca sieć Closa
- Sieć wielostopniowa Benesa
- Sieć wielostopniowa typu Omega

## 11.8 Systemy z pamięcią wieloportową



- Każdy procesor ma niezależny dostęp do modułów pamięci – poprawa wydajności
- Układ sterowania modułu pamięci rozstrzyga konflikty dostępu – większa złożoność
- Możliwość skonfigurowania części pamięci jako prywatnej dla jednego lub kilku procesorów
- Stosowana technika zapisu do pamięci cache – *write through* – poprzez własną magistralę i port w module
- Ograniczona liczba portów w module

## 11.9 Systemy z sieciami typu punkt-punkt

### 11.9.1 HyperTransport (HT)

- Technologia wprowadzona w 2001 przez HyperTransport Consortium (AMD, Apple, Cisco, Nvidia, Sun i in.).
- Przeznaczona do łączenia procesorów, pamięci i układów we/wy - technologia HT zastąpiła wspólną magistralę.
- Dla łączenia wielu procesorów stosowana razem z techniką NUMA.
- Topologia punkt - punkt.
- Sieć dwukierunkowa, szeregowo / równoległa, o wysokiej przepustowości, małych opóźnieniach.
- Łączy o szerokości 2, 4, 8, 16, or 32 bity. Teoretyczna przepustowość: 25.6 GB/s (3.2GHz x 2 *transfers per clock cycle* x 32 *bits per link*) dla jednego kierunku lub 51.2 GB/s łącznie dla obu kierunków transmisji.
- Transmisja pakietów składających się z 32-bitowych słów.

### 11.9.2 Intel QuickPath Interconnect (QPI)

- Następca *Front-SideBus* (FSB) - magistrali łączącej procesor z kontrolerem pamięci.
- Tworzy bardzo szybkie połączenia między procesorami i pamięcią oraz procesorami i hubami we/wy.
- Tworzy mechanizm „*scalable shared memory*” (NUMA) – zamiast wspólnej pamięci dostępnej przez FSB, każdy Procesor ma własną dedykowaną pamięć dostępną przez *Integrated Memory Controller* oraz możliwość dostępu do dedykowanej pamięci innych procesorów poprzez QPI.
- Podstawową zaletą QPI jest realizacja połączeń punkt-punkt (zamiast dostępu przez wspólną magistralę).



## 11.10 Podsumowanie

- Symetryczna architektura – jednakowy dostęp procesorów do pamięci operacyjnej oraz we/wy
- Utrzymanie spójności pamięci podręcznych (cache):
  - *snooping* - metoda starsza i mało skalowalna (głównie w systemach ze wspólną magistralą)
  - katalog - metoda lepiej skalowalna, stosowana razem z sieciami typu punkt - punkt
- Łatwe programowanie (realizacja algorytmów równoległych)
- Niska skalowalność:
  - Mechanizm *snoopingu*, zapewniający spójność pamięci podręcznych węzłów systemów UMA nie jest skalowalny dla bardzo dużej liczby węzłów.
  - W systemach z dużą liczbą węzłów, posiadających lokalną pamięć, dla zapewnienia spójności pamięci podręcznych jest stosowane rozwiązanie oparte na katalogu.

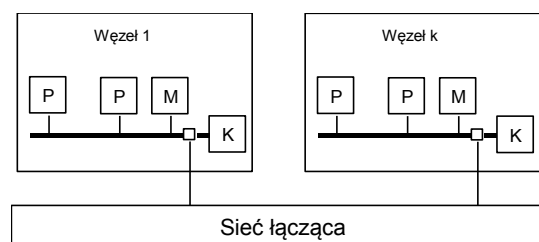
## 12 Systemy NUMA

Systemy wieloprocessorowe z niejednorodnym dostępem do pamięci.  
NUMA (*Non-Uniform Memory Access*).

### 12.1 Rodzaje

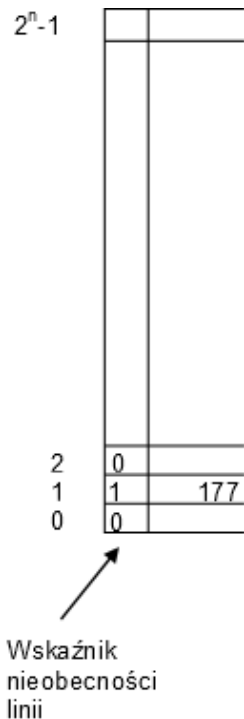
- NC-NUMA (*Non-cached NUMA*)
  - Odwołania do nielokalnej PaO przekierowywane do odległych węzłów
  - Odwołania do nielokalnej PaO wolniejsze ok. 10 razy
- CC-NUMA (*Cache Coherent NUMA*)
  - Wykorzystuje węzły i katalogi

### 12.2 Węzeł



## 12.3 Katalog

### 12.3.1 Najprostsza postać katalogu



### 12.3.2 Rozmiar katalogu

- dla PaO węzła = 1 GB i linii = 128 B katalog musiałby mieć  $2^{23}$  pozycji
- dla PaO węzła = 8 GB i linii = 128 B katalog musiałby mieć  $2^{26}$  pozycji
- dlatego katalog praktycznie jest zazwyczaj realizowany jako pamięć asocjacyjna, o znacznie mniejszych rozmiarach

### 12.3.3 Różne warianty organizacji katalogu

Zawartość pozycji katalogu:

1. numer węzła aktualnie posiadającego daną linię
2.  $k$  numerów węzłów aktualnie posiadających daną linię
3.  $n$  bitów (1 bit na węzeł) wskazujących posiadanie linii przez węzeł
4. element listy pól z numerami węzłów aktualnie posiadających daną linię

## 12.4 Działanie katalogu na przykładzie systemu DASH

### 12.4.1 Co to jest system DASH?

- Pierwszy system CC-NUMA wykorzystujący katalog
- Katalog = 1 M wierszy 18-bitowych
  - Wiersz katalogu = 16 bitów obecności linii w węzłach + stan linii
  - **Stan linii:** uncached, shared, modified

### 12.4.2 Interpretacja stanu linii

- **uncached** – linia pamięci jest tylko w pamięci lokalnej (domowej)
- **shared** – linia PaP została przesłana do odczytu do kilku węzłów (ich pamięci lokalnych)
- **modified** – linia PaP jest w pamięci domowej nieaktualna (została zmodyfikowana w innym węźle)

### 12.4.3 Operacja odczytu

- Stan żądanej linii = *uncached* lub *shared* → linia jest przesyłana do węzła żądającego; stan linii := *shared*.
- Stan żądanej linii = *modified* → sterownik katalogu domowego żądanej linii przekazuje żądanie do węzła x posiadającego linię. Sterownik katalogu węzła x przesyła linię do węzła żądającego oraz węzła domowego tej linii; stan linii := *shared*.

### 12.4.4 Operacja zapisu

- Przed zapisem węzeł żądający linii musi być jedynym jej posiadaczem.
- Węzeł żądający posiada linię
  - stan linii = *modified* → zapis jest wykonywany
  - stan linii = *shared* → węzeł przesyła do domowego katalogu tej linii żądanie unieważnienia innych kopii linii; stan linii := *modified*
- Węzeł żądający nie posiada linii → wysyła żądanie dostarczenia linii do zapisu
  - stan linii = *uncached* → linia jest przesyłana do węzła żądającego; stan linii := *modified*
  - stan linii = *shared* → wszystkie kopie linii są unieważniane, potem jak dla *uncached*
  - stan linii = *modified* → przekierowanie żądania do węzła x posiadającego linię. Węzeł x unieważnia ją u siebie i przesyła żądającemu.

## 12.5 Katalog czy snooping

Mechanizm spójności oparty o katalog jest bardziej skalowalny od mechanizmu „snooping”, ponieważ wysyła się w nim bezpośrednią prośbę i komunikaty unieważniające do tych węzłów, które mają kopie linii, podczas gdy mechanizm „snooping” rozgłasza (*broadcast*) wszystkie prośby i unieważnienia do wszystkich węzłów.

## 12.6 Podsumowanie

- PaO fizycznie rozproszona, ale logicznie wspólna
- Niejednorodny dostęp do pamięci - PaO lokalna, PaO zdalna
- Utrzymanie spójności pamięci podręcznych (cache) - katalog
- Hierarchiczna organizacja: procesor – węzeł (system UMA) – system NUMA
- Zalety modelu wspólnej pamięci dla programowania
- Dobra efektywność dla aplikacji o dominujących odczytach z nielokalnej pamięci
- Gorsza efektywność dla aplikacji o dominujących zapisach do nielokalnej pamięci
- Skalowalność: 1024 – 2560 rdzeni

## 13 Systemy SMP - podsumowanie

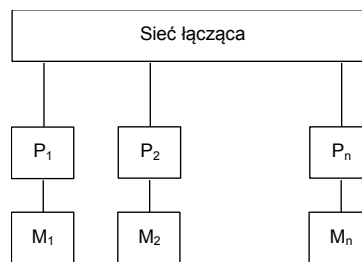
- Symetryczna architektura – jednakowy dostęp procesorów do pamięci operacyjnej oraz we/wy (na poziomie fizycznych przesyłów – tylko w systemach wieloprocessorowe z pamięcią wspólną fizycznie - UMA)
- Utrzymanie spójności pamięci podręcznych (cache):
  - systemy UMA - snooping lub katalog
  - systemy NUMA - katalog
- Łatwe programowanie (realizacja algorytmów równoległych)
- Niska (UMA) i średnia (NUMA) skalowalność

## 14 Systemy MMP

Systemy wieloprocessorowe z pamięcią rozproszoną.

MPP – *Massively Parallel Processors*.

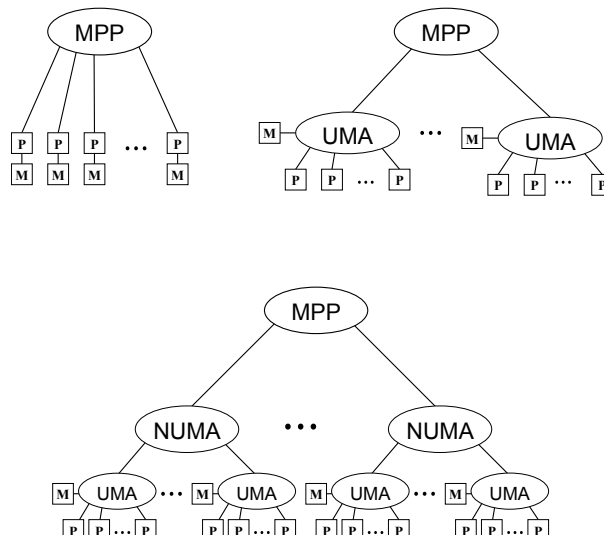
### 14.1 Uproszczona organizacja



### 14.2 Hierarchiczna organizacja

#### 14.2.1 Rodzaje węzłów

- Procesor + PaO
- System wieloprocessorowy z pamięcią wspólną UMA
- System wieloprocessorowy NUMA (z niejednorodnym dostępem do pamięci)



### 14.3 Topologia

Sieci łączące węzły MPP.

- Hipersześcian
- Krata 2D, 3D
- Torus 2D, 3D
- Przełącznica krzyżowa (hierarchiczne przełącznice krzyżowe)
- Sieci wielostopniowe (Omega, Butterfly, grube drzewo, Dragonfly i inne)
- Sieci specjalizowane (*proprietary / custom network*)

### 14.4 Obsługa przesyłu komunikatów

Obsługa przesyłu komunikatów w węzłach systemu wieloprocesorowego.

- Programowa obsługa przesyłu przez procesory węzłów pośredniczących (systemy I generacji)
- Sprzętowa obsługa przesyłu przez routery węzłów pośredniczących, bez angażowania procesorów (systemy II generacji)

### 14.5 Narzędzia programowe

Narzędzia programowe wspierające budowę programów z przesyłem komunikatów:

- PVM (Parallel Virtual Machine)
- MPI (Message Passing Interface)
- Inne (Cray SHMEM, PGAS )

### 14.6 Podsumowanie

- Hierarchiczna architektura
- Węzeł: procesor, system UMA, (system NUMA)
- Bardzo duża skalowalność
- Wolniejsza (na ogół) komunikacja – przesył komunikatów
- Dedykowane, bardzo szybkie, sieci łączące

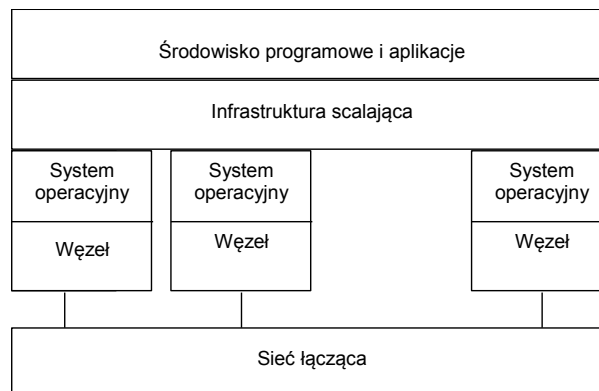
## 15 Klastry

Klaster (komputerowy) (ang. *cluster*).

### 15.1 Definicja

- Klaster to zestaw pełnych komputerów (węzłów) połączonych razem, pracujących jako jeden system.
- Wikipedia:  
Klaster komputerowy -grupa połączonych jednostek komputerowych, które współpracują ze sobą w celu udostępnienia zintegrowanego środowiska pracy
- A computer cluster consists of a set of loosely connected computers that work together so that in many respects they can be viewed as a single system.

### 15.2 Ogólna struktura systemów typu klaster



### 15.3 Ogólna charakterystyka klastrów

#### 15.3.1 Węzły

- Serwery SMP
- Pełne komputery: PC, stacje robocze

#### 15.3.2 System operacyjny

- Linux
- Unix
- Windows

#### 15.3.3 Infrastruktura skalająca

- MPI (*Message Passing Interface*)
- PVM (*Parallel Virtual Machine*)
- SSI (*Single System Image*)

#### 15.3.4 Komunikacja między węzłami

- Przesył komunikatów

### 15.3.5 Sieci łączące

- Sieci specjalizowane – starsze rozwiązania
- Sieci LAN (*Local Area Network*)
- Sieci specjalizowane -nowsze rozwiązania

### 15.3.6 Cele budowy klastrów

- Wysoka wydajność (klastry wydajnościowe, klastry obliczeniowe) (*High-performance clusters*)
- Wysoka niezawodność (klastry niezawodnościowe) (*High-availability clusters*)
- Równoważenie obciążenia (*Load balancing clusters*)

### 15.3.7 Inne

- Zależność moc obliczeniowa –niezawodność
- Korzystny wskaźnik wydajność -cena

## 15.4 Sieci łączące klastrów

### 15.4.1 Sieci specjalizowane - starsze rozwiązania

- HiPPI (*High Performance Parallel Interface*) – pierwszy standard sieci “near-gigabit” (0.8 Gbit/s)  
- kabel 50-par (tylko superkomputery)
- Memory Channel

### 15.4.2 Sieci LAN

- Ethernet
- Fast Ethernet
- Gigabit Ethernet

### 15.4.3 Sieci specjalizowane - nowsze rozwiązania

Systemowe SAN.

- Myrinet
- Quadrics (QsNet)
- SCI (Scalable Coherent Interface)
- InfiniBand

## 15.5 Fibre Channel

- Technologia sieciowa o dużej przepustowości (16 Gb/s) stosowana zwykle do łączenia komputera z pamięcią zewnętrzną
- Standard magistrali szeregowej definiujący wielowarstwową architekturę
- Powstał w 1988 jako uproszczona wersja HIPPI
- Łączy światłowodowe i miedziane
- Głównym stosowanym protokołem jest SCSI, ponadto ATM, TCP/IP

## 15.6 Sieci łączące - różnice

- Parametry – przepustowość, czas opóźnienia
- Topologia
  - Ethernet – magistrala, gwiazda, struktury hierarchiczne
  - Sieci specjalizowane – sieć przełączników (*switched fabric*) – popularna topologia „grubego drzewa”

## 15.7 Sieci specjalizowane (SAN)

Na przykładzie sieci InfiniBand:

### 15.7.1 Opis elementów

- Adaptery węzłów posiadają sterowniki DMA dla szybkiego odczytu pamięci oraz mikroprocesory sterujące
- Przełącznikami są przełącznice krzyżowe
- Posiadają adapter kanałowy urządzenia zewnętrznego

### 15.7.2 Cechy transmisji

- Każda transmisja w oddzielnym kanale przy realizacji połączenia punkt – punkt
- Komunikat dzielony na pakiety (4 KB)
- Pakiet rozpoczyna 128-bitowy nagłówek adresowy, dekodowany w każdym przełączniku
- Przesył pakietu przez przełącznik do kolejnego przełącznika (punktu) bez kompletowania całego pakietu w przełączniku (*cut through routing*, *wormhole routing*)

### 15.7.3 Rodzaje komunikatów

- Operacja odczytu lub zapisu bloku danych w trybie RDMA (*Remote DMA*) pomiędzy pamięciami operacyjnymi dwóch węzłów
- Kanałowa operacja *send* lub *receive*
- Transmisja komunikatu w trybie rozgłaszania (*multicast*)
- Operacja oparta na modelu transakcji (z możliwością wycofania)

### 15.7.4 Przepustowość łączy

Obok tej pojedynczej (SDR – *single data rate*) prędkości InfiniBand umożliwia też przesył z podwójną (*double* - DDR), poczwórną (*quad* - QDR) i wyższymi prędkościami.

### 15.7.5 Parametry

- Opóźnienie przesyłu między punktami rzędu 1 mikrosekundy
- Struktura sieci często jest oparta o topologię grubego drzewa ("*fat tree*")



## 15.8 Klasy o wysokiej niezawodności

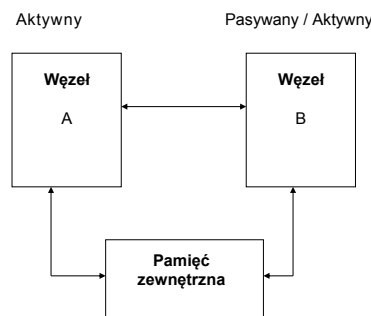
### 15.8.1 Czynniki tworzące wysoką niezawodność klastrów

1. Redundancja węzłów (mocy obliczeniowej)
2. Dostęp do wspólnych zasobów (pamięci zewnętrznych)
3. Mirroring dysków
4. Mechanizmy kontrolujące funkcjonowanie węzłów
5. Redundancja sieci łączących (dla 3 rodzajów sieci)
6. Redundancja zasilania

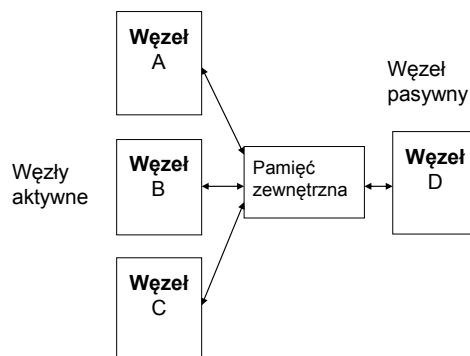
### 15.8.2 Redundancja węzłów / mocy obliczeniowej

Tryby pracy węzłów:

- Model klastra „aktywny - pasywny”
- Model klastra „aktywny - aktywny”



- Modele mieszane

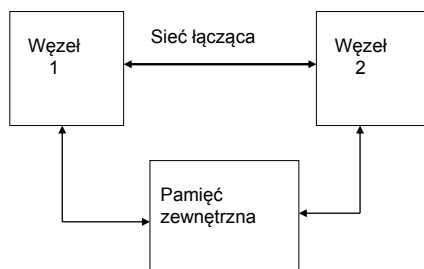


### 15.8.3 Warianty modelu mieszanego

- $N + 1$  – jeden węzeł dodatkowy, o uniwersalnych możliwościach zastąpienia każdego z pozostałych.
- $N + M$  – zwiększenie liczby dodatkowych węzłów do M w celu zwiększenia redundancji w przypadku dużej różnorodności usług świadczonych przez węzły.
- $N - to - N$  – kombinacja modeli „aktywny -aktywny” oraz „N + M” –redystrybucja zadań węzła uszkodzonego na kilka innych węzłów aktywnych

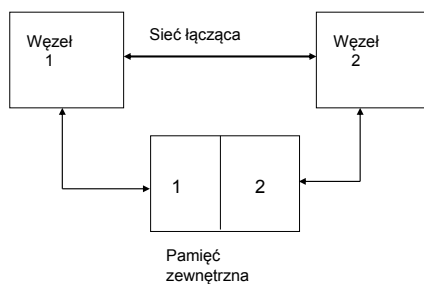
## 15.9 Warianty dostępu do wspólnych zasobów

### 15.9.1 Zasada „współdziel wszystko”



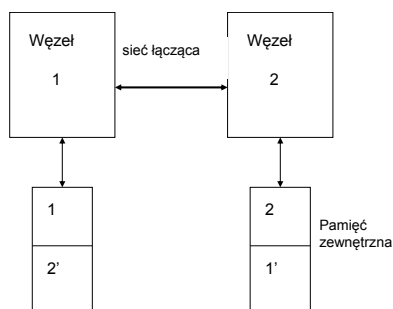
Wszystkie węzły mają dostęp do wspólnej pamięci zewnętrznej (kontrola dostępu przez mechanizmy blokad).

### 15.9.2 Zasada „nie współdziel nic”



Węzły nie współdzielą tego samego obszaru dysku –każdy ma dostęp do własnej części; po awarii czynny węzeł otrzymuje prawo dostępu do całego dysku.

### 15.9.3 Mirroring



Każdy węzeł zapisuje dane na własny dysk i automatycznie (pod kontrolą odpowiedniego oprogramowania) jest tworzona kopia tego zapisu na dyskach innych węzłów.

## 15.10 Mechanizmy kontrolujące funkcjonowanie węzłów

- Programy agentów + mechanizm "heartbeat"
- Procedura redefiniowania klastra po awarii ("fail-over")

### 15.10.1 Heartbeat

- Regularne sygnały wysyłane przez każdy węzeł w sieci łączącej węzły klastry, świadczące o poprawnej pracy węzła
- Mechanizm "heartbeat" jest wykorzystywany w procedurze "fail-over"
- Heartbeat – również system (program) zarządzania klastrami o wysokiej niezawodności, oparty na Linux-HA (*High-Availability Linux*)

### 15.10.2 Fail-over

- Zdolność do automatycznego przełączenia systemu, który uległ awarii (również aplikacji, serwera lub sieci) na system rezerwowy
- Operacja przełączania jest podejmowana na podstawie śledzenia sygnału "heartbeat"
- W niektórych rozwiązaniach operacja "fail-over" wymaga częściowego nadzoru administratora "automated with manual approval"
- "Fail-back" – powrót do stanu początkowego po usunięciu awarii

## 15.11 Problem rywalizacji o zasoby po awarii

Tzw. problem *split-brain*.

### 15.11.1 Mechanizm quorum

- *Quorum disk* – zawiera bazę danych (plik) z opisem konfiguracji klastra i informacjami o wszystkich obiektach zarządzanych przez klaster.
- W danej chwili quorum disk może być w posiadaniu tylko jednego węzła.

## 15.12 Podsumowanie

- Węzły – typowe serwery SMP „z półki” + pełna instancja Systemu Operacyjnego
- Sieci łączące – standardy: Gigabit Ethernet, Infiniband
- Komunikacja między węzłami (procesami) – przesył komunikatów
- Bardzo wysoka skalowalność
- Cele budowy: wysoka wydajność lub/i wysoka niezawodność, równoważenie obciążenia
- Korzystny wskaźnik: cena/wydajność

# Pytania zamknięte

## 1. Cechy architektury CISC

- **Czy może być wykonana w VLIW**  
*Nie, architektura VLIW dotyczy mikroprocesorów i miała na celu jak największe zmniejszenie jednostki centralnej i jej rozkazów (RISC).*
- **Czy występuje model wymiany danych typu pamięć - pamięć**  
*Tak, posiada również niewielką ilość rejestrów.*
- **Jest mała liczba rozkazów**  
*Nie, w tej architekturze jest PEŁNA (complex) lista rozkazów. Niektóre z zaawansowanych pleceń nawet nie były wykorzystywane, i bum! tak powstał RISC.*

## 2. Cechy architektury RISC

- **Czy występuje model wymiany danych typu rej-rej**  
*Tak, a komunikacja z pamięcią operacyjną odbywa się wyłącznie za pomocą rozkazów LOAD i STORE.*
- **Jest mała liczba trybów adresowania**  
*Tak, raptem 4 w procesorze RISC I podczas gdy CISCi mogą mieć ich kilkanaście, w tym takie bardzo złożone.*
- **Jest wykonywanych kilka rozkazów w jednym takcie**  
*Falsz. Prawdziwe wykonywanie wielu rozkazów w jednym takcie wymaga superskalarności - wielu jednostek potokowych. Cechą architektury RISC jest potokowość, ale pojedyncza.*
- **Jest wykonywanych kilka rozkazów w jednym takcie (w danej chwili czasu)**  
*Chodzi o przetwarzanie potokowe. Tu jest haczyk - pierwszy procesor RISC I (1980) stawiał sobie za cel wykonanie jednego rozkazu w jednym takcie i dokładnie tak brzmiało jego założenie projektowe. Jednak jego fizyczna realizacja (1982) posiadała dwustopniowy potok. Również w wykładach jako cecha tej architektury jest napisane "Intensywne wykorzystanie przetwarzania potokowego", co odnosi się do faktu, że obecnie nie ma procesora typu RISC, który go nie ma. Wg mnie prawda.*
- **Jest wykonywanych kilka instrukcji procesora w jednym rozkazie assemblerowym**  
*Nic mi na ten temat nie wiadomo. Brzmi jednak zbyt hardo i odlegle od tematu zmniejszania ilości rozkazów.*
- **Układ sterowania w postaci logiki sztywnej**  
*Tak.*

### 3. Architektura RISC charakteryzuje się:

- **Niedużą liczbą trybów adresowania**  
*Cechą architektury RISC jest prostota. Wszystkie rozkazy posiadają jednakowy rozmiar i wystarcza minimalna liczba trybów adresowania.*
- **Modelem obliczeń pamięć - pamięć**  
*Nie, ten model był stosowany w CISCach, które posiadały niewielką liczbę rejestrów ponieważ były droższe oraz obawiano się wzrostu czasu przełączania kontekstu.*
- **Wykorzystaniem mikroprogramowalnych układów sterujących**  
*Takie układy były stosowane w CISCach. Jest to też rozwiązanie bardzo stare (początki w latach 50-tych).*
- **Niezbyt obszerną listą rozkazów**  
*RISC dążył do uproszenia listy rozkazów, które w CISCach były ogromne i z większości się nie korzystało.*
- **Intensywnym wykorzystaniem przetwarzania potokowego**  
*Był to jeden z kluczowych elementów sukcesu procesorów RISC.*

#### 4. Okna rejestrów

- **Chronią przez hazardem danych**  
*Lolnope, od tego są mechanizmy skoków opóźnionych i przewidywania rozgałęzień. Okno rejestrów zapewnia ciągle i optymalne wykonywanie procedur.*
- **Minimalizują liczbę odwołań do pamięci operacyjnej przy operacjach wywołania procedur**  
*Tak, dokładnie do tego one służą. Rejestr niski procedury A staje się rejestrem wysokim procedury B itd. Innymi słowy, procedura A wywołuje procedurę B, i tak dalej. I po coś w tym wszystkim są rejestry globalne.*
- **Są charakterystyczne dla architektury CISC**  
*Nie, zostały zaprojektowane specjalnie dla architektury RISC. Jako pierwszy posiadał je procesor RISC I.*
- **Są zamykane po błędnym przewidywaniu wykonania skoków warunkowych.**  
*W mechanizmie prognozowania rozgałęzień jest możliwość błędnego przewidywania. Jednak błędna prognoza powoduje tylko zmianę strategii (przewidywanie wykonania lub niewykonania), a nie zamykanie okna.*
- **Są przesuwane przy operacjach wywołania procedur**  
*Tak, z każdą nową wywołaną procedurą okno rejestrów przesuwane jest w dół (ze 137 do 0)*
- **Są przesuwane przy wystąpieniu rozkazów rozgałęzień.**  
*W architekturze SPARC okno jest przesuwane rozkazami SAVE i RESTORE, na życzenie programisty, a nie na skutek rozkazów warunkowych.*
- **Są otwierane przy występowaniu rozkazów rozgałęzień.**  
*Są otwierane przy wywołaniu funkcji.*

## 5. Przetwarzanie potokowe:

- **Nie jest realizowane dla operacji zmiennoprzecinkowych**

*Nie ma takiego ograniczenia. Przetwarzanie potokowe dotyczy optymalizacji czasu wykonywania rozkazów - podziału realizacji rozkazu na fazy. Owszem, dla argumentów zmiennoprzecinkowych mogą wystąpić problemy związane z czasem obliczeń (uniemożliwienie wykonania rozkazu w jednym takcie), co może zablokować napełnianie potoku, jednak nie uniemożliwia to zastosowania potoku.*

- **Nie jest realizowane w procesorach CISC**

*Przetwarzanie potokowe znalazło zastosowanie głównie w architekturze RISC, jednak CISC też z niej korzysta. Przykłady: VAX 11/780 (CISC), Ultra SPARC III (RISC)*

- **Daje przyspieszenie nie większe od liczby segmentów (stopni) jednostki potokowej**

*Tak, przyspieszenie jest stosunkiem czasu wykonywania  $n$  rozkazów dla procesora niepotokowego oraz czasu dla procesora potokowego. W idealnym przypadku, gdy każdy stopień dzieli okres rozkazu po równo, a liczba rozkazów dąży do nieskończoności, stosunek ten jest równy  $P$  - ilości stopni.*

- **W przypadku wystąpienia zależności między danymi wywołuje błąd i przerwanie wewnętrzne.**

*Hm, dobre pytanie. Tak, zależności danych mogą wystąpić (zjawisko hazardu) i rozdupić program, ale po to właśnie istnieją mechanizmy by temu zapobiegać. Każda szanująca się architektura to potrafi: albo sprzętowo, albo na etapie kompilacji, która modyfikuje i optymalizuje program. A jeżeli po modyfikacji pewien rozkaz nie wykona się w jednym takcie, napełnianie potoku jest przerywane (ale błędu chyba nie wywala), patrz wyżej.*

- **Jest realizowane tylko dla operacji zmiennoprzecinkowych**

*Pfff, no chyba nie XD Jest realizowane dla każdego rodzaju rozkazu.*

## 6. Mechanizmy potokowe stosowane są w celu:

- **Uszeregowania ciągu wykonywanych rozkazów**

*Nie, zupełnie nie o to chodzi. Ciąg może zostać uszeregowany przez kompilator w celu optymalizacji. Jednak celem tego mechanizmu jest zrównoleglenie wykonywania rozkazów → zmiana kolejności ich realizacji nie jest założeniem.*

- **Uzyskania równoległej realizacji rozkazów**

*No tyć. Potoki umożliwiają realizację wielu rozkazów jednocześnie dzieląc jednostkę centralną na wg stopni, jak np. pobranie rozkazu i wykonania rozkazu. Dzięki temu dwa rozkazy mogą wykonywać się jednocześnie, oba w innych fazach (jednostkach czasu).*

- **Przyspieszenia realizacji rozkazów**

*Tak, to główny cel. Umożliwienie wykonania rozkazów umożliwia przyspieszenie, które oblicza się jako stosunek czasu wykonywania rozkazów w procesorze niepotokowym do czasu realizacji w procesorze potokowym. W idealnym przypadku jest ono równe  $P$  - ilości podziałów / stopni / faz / zwał jak zwał.*

## 7. Hazard danych:

- **Czasami może być usunięty przez zmianę kolejności wykonania rozkazów**  
*Tak, służy do tego mechanizm skoków opóźnionych, który odbywa się na poziomie kompilacji programu.*
- **Nie występuje w architekturze superskalarnej**  
*Występuje wszędzie tam gdzie jest potokowe przetwarzania rozkazów.*
- **Jest eliminowany przez zastosowanie specjalnego bitu w kodzie program**  
*Nic mi o tym nie wiadomo. Pewne dodatkowe bity są wykorzystywane w mechanizmie przewidywania rozgałęzień, który służy do eliminacji hazardu, jednak on to odbywa się PRZED realizacją programu i sprowadza się do zmiany kolejności wykonywania rozkazów przez kompilator. Nic nie dodaje do treści programu.*
- **Może wymagać wyczyszczenia potoku i rozpoczęcia nowej (...)**  
*Nie wiem jak hazard danych może cokolwiek wymagać skoro jest zjawiskiem ubocznym i je eliminujemy. Sprzętowa i programowa eliminacja hazardu jedynie może doprowadzić do **wstrzymania** napełniania potoku.*

## 8. Jak można ominąć hazard danych:

- **Poprzez rozgałęzienia**  
*Nie, rozgałęzienie to po prostu instrukcje typu IF, które tworzą takie rozgałęzienia. Mechanizm przewidywania rozgałęzień jest stosowany do usuwania hazardu sterowania związanego ze skokami i rozgałęzieniami.*
- **Poprzez uproszczenie adresowania - adresowanie bezpośrednie.**  
*Bullshit. Nie wiem w czym miało by pomóc uproszczenia adresowania, poza pójściem w stronę RISCu, ale na hazard to nie pomoże. Tym można tylko skrócić czas odwołania się do danych.*
- **Przez zamianę rozkazów**  
*Tak, i na tym polega mechanizm skoków opóźnionych, które mogą program zmodyfikować (dodać rozkaz NOP) albo zoptymalizować, właśnie zamieniając rozkazy kolejnością.*



#### 9. Dla uniknięcia hazardu danych można:

- **Zastosować uproszczone metody adresacji.**  
*RISC nie eliminuje hazardu XD Skracają tylko czas dostępu do pamięci.*
- **Wykorzystać szynę zwrotną.**  
*Szyna zwrotna jest stosowana by zastosować "wyprzedzające pobieranie argumentów", które eliminuje prawdziwą zależność danych (RAW).*
- **Zastosować specjalny bit w kodzie rozkazu.**  
*Jeden dodatkowy bicik nie sprawi, że argument będzie odczytany poprawnie.*
- **Zastosować tablicę historii rozgałęzień.**  
*Ona eliminuje hazard sterowania.*
- **Wstrzymać na 1 takt napełnianie potoku.**  
*Tak, to może wyeliminować antyzależność (WAR).*

#### 10. Mechanizm skoków opóźnionych:

- **Polega na opóźnieniu wykonywania skoku do czasu wykonania rozkazu następnego za skokiem**  
*Tak, cały ten mechanizm sprowadza się do opóźnienia efektu skoku o jeden rozkaz. Zapewnia to, że rozkaz następny po skoku zawsze będzie wykonywany w całości.*
- **Wymaga wstrzymania potoku na jeden takt.**  
*Nie, mechanizm potoków nie musi być wstrzymywany. Mechanizm ten zmienia postać programu w trakcie kompilacji, ale na samą realizację potoku nie ma wpływu (afaik, not sure).*
- **Powoduje błąd na końcu pętli**  
*Pfff, jak programista się pałę to tak, jednak w założeniu tak się nie dzieje.*
- **Wymaga umieszczenia rozkazu NOP za rozkazem skoku lub reorganizację programu**  
*Tak, mechanizm sprowadza się do tego, i tylko do tego, patrz pierwsza odpowiedź.*

## 11. Tablica historii rozgałęzień:

- **Zawiera m.in. adresy rozkazów rozgałęzień**

*Tak, tablica ta zawiera bit ważności, adres rozkazu rozgałęzienia, bity historii oraz adres docelowy rozgałęzienia.*

- **Pozwala zminimalizować liczbę błędnych przewidywań rozgałęzień w zagnieżdżonej pętli**

*Tak, z tego co wiem jest strategią dynamiczną i najbardziej optymalną ze wszystkich - skończony automat przewidywania rozgałęzień oparty na tej tablicy (z dwoma bitami historii) może być zrealizowany na dwóch bitach.*

- **Nie może być stosowana w procesorach CISC**

*Ten mechanizm służy zabezpieczeniu przed hazardem, który występuje w przetwarzaniu potokowym, a z tego korzystają zarówno CISC jak i RISC.*

- **Jest obsługiwana przez jądro systemu operacyjnego**

*Chyba nie, ten mechanizm znajduje się w sprzęcie procesora.*

- **Jest stosowana do statycznego przewidywania rozgałęzień.**

*Ona służy do dynamicznego przewidywania rozgałęzień. Początkowe strategie są statyczne, ale później zmieniają się w dynamiczne.*

- **Pozwala zapamiętać całą historię wykonania każdego rozkazu rozgałęzienia.**

*Tablica poświęca dla każdego rozkazu pewną skończoną liczbę bitów w celu przewidzenia rozgałęzienia.*

12. W tablicy historii rozgałęzień z 1 bitem historii można zastosować następujący algorytm przewidywania (najbardziej złożony):

- **Skok opóźniony**  
*Nie, skoki opóźnione nie służą do przewidywania rozgałęzień, są zupełnie innym mechanizmem eliminacji hazardu.*
- **Przewidywanie, że rozgałęzienie (skok warunkowy) zawsze nastąpi**  
*Nie, to strategia statyczna, która może być wykonywana gdy adres rozkazu rozgałęzienia NIE jest w tablicy. Nie wykorzystuje bitu historii.*
- **Przewidywanie, że rozgałęzienie nigdy nie nastąpi**  
*Nie, to strategia statyczna, która może być wykonywana gdy adres rozkazu rozgałęzienia NIE jest w tablicy. Nie wykorzystuje bitu historii.*
- **Przewidywanie, że kolejne wykonanie rozkazu rozgałęzienia będzie przebiegało tak samo jak poprzednie**  
*Tak, i to jest wszystko na co stać historię 1-bitową. Historia 2-bitowa umożliwia interpretację:*
  - historii ostatniego wykonania skoku - tak lub nie;
  - przewidywania następnego wykonania skoku - tak lub nie*A zamiana strategii następuje dopiero po drugim błędzie przewidywania.*
- **Wstrzymanie napełniania potoku**  
*Nie, wstrzymywanie potoku mogą spowodować algorytmy zajmujące się eliminacją hazardu danych*
  - zależności między argumentami.

13. Problemy z potokowym wykonywaniem rozkazów skoków (rozgałęzień) mogą być wyeliminowane lub ograniczone przy pomocy:

- **Zapewnienia spójności pamięci podręcznej**  
*Nie, to problem komputerów wieloprocesorowych.*
- **Tablicy historii rozgałęzień**  
*Tak, to najprawdopodobniej najlepszy służący ku temu mechanizm. Stara się przewidywać czy skok będzie wykonany bądź nie, wykorzystuje do tego kilka strategii.*
- **Techniki wyprzedzającego pobrania argumentu**  
*Nie, ten mechanizm służy do eliminacji hazardu danych - zależności między argumentami.*
- **Wystawienia do programu rozkazów typu „nic nie rób”**  
*Tak, tym rozkazem jest NOP i jest wstawiany przez mechanizm skoków opóźnionych, który służy do zabezpieczania potoku.*
- **Protokołu MESI**  
*Nie, on jest od zapewnienia spójności pamięci wspólnej czy jakoś tak.*
- **Wykorzystania techniki skoków opóźniających**  
*Tak, umożliwiają ona modyfikację programu (wstawienie rozkazu NOP), albo jego optymalizację (zamiana kolejności wykonywania rozkazów.) Mechanizm ten opóźnia efekt skoku o jeden rozkaz, co zapewnia, że rozkaz po skoku będzie w całości wykonany.*
- **Technologii MMX**  
*Polega zupełnie na czym innym.*

#### 14. Konsekwencją błędu przy przewidywaniu rozgałęzień może być:

- **Wstrzymanie realizowanego wątku i przejście do realizacji innego wątku**  
*Przewidywanie rozgałęzień odbywa się lokalnie, osobno dla każdego wątku.*
- **Konieczność wyczyszczenia kolejki rozkazów do potoku**  
*W przypadku jeżeli mechanizm przewidywania rozgałęzienia się pomyli i zacznie pobierać rozkazy z błędnego rozgałęzienia, potok rozkazów musi zostać wyczyszczony. Czyli np. w IFie miało być true, a okazało się, że false, to należy zbędne pobrane rozkazy wyczyścić.*
- **Konieczność wyczyszczenia tablicy historii rozgałęzień.**  
*W przypadku błędu należy tablicę aktualizować, aby w przyszłości to rozgałęzienie było przewidywane z większą dokładnością.*
- **Przerwanie realizowanego procesu / wątku i sygnalizacja wyjątku**  
*Nie, należy jedynie zmienić strategię / przejść do innej gałęzi, a nie usuwać proces. Błąd przewidywania rozgałęzień nie jest czymś na tyle złym, by przerywać program. To naturalna konsekwencja potokowości, z którą należy się uporać.*
- **Konieczność przemianowania rejestrów w procesorach**  
*Przemianowanie rejestrów występuje by procesorach skalarnych w celu równoległej realizacji zadań na potokach.*

#### 15. W procesorach superskalarnych:

- **Liczba rozkazów, które procesor może wykonać w 1 takcie zależy od liczby jednostek potokowych w procesorze**  
*Procesory superskalarne posiadają wiele jednostek potokowych, które są konieczne by móc wykonywać wiele rozkazów w jednym takcie. Od ich liczby zależy owa liczba rozkazów.*
- **Liczba rozkazów, które procesor może wykonać w jednym takcie, zależy od liczby stopni potoku.**  
*Nie, liczba stopni potoku mówi, na ile części dzieli się dany rozkaz w tej jednostce potokowej. One umożliwiają wykonanie wielu rozkazów w jednej jednostce czasu, jednak nie przekłada się to bezpośrednio na liczbę rozkazów, ze względu na zawiłania czasowe, oraz nie jest to idea procesora superskalarnego.*
- **Liczba rozkazów pobieranych z pamięci, w każdym takcie musi przekraczać liczbę jednostek potokowych**  
*Liczba pobranych rozkazów powinna być co najmniej równa ilości jednostek potokowych.*
- **Liczba rozkazów, które procesor może wykonać w taktach zależy od liczby jednostek potokowych w procesorze**  
*Tak, patrz pierwsza odpowiedź.*
- **Jest możliwe równoległe wykonywanie kilku rozkazów w jednym procesorze (rdzeniu)**  
*Tak, właśnie taka jest idea stworzenia procesorów superskalarnych, by móc w jednym takcie wykonać > 1 liczby instrukcji. Zapewnia to niepojedyncza liczba jednostek potokowych.*
- **Rozszerzenia architektury wykorzystujące model SIMD umożliwiają wykonanie rozkazów wektorowych**  
*Tak, "pojedyncza instrukcja - wiele urządzeń". To rozszerzenie korzysta z możliwości architektury superskalarnej - możliwości wykonywania wielu rozkazów w 1 takcie - i realizuje pojedynczy rozkaz na wielu rejestrach jednocześnie.*
- **Nie występuje prawdziwa zależność danych**  
*Niestety występuje, i prawdę mówiąc, występuje tutaj każdy rodzaj zależności między rozkazami: prawdziwa zależność danych, zależność wyjściowa oraz antyzależność.*
- **Mogą wystąpić nowe formy hazardu danych: zależności wyjściowe między rozkazami oraz antyzależności**  
*Tak, patrz wyżej.*
- **Nie występuje hazard danych (problemy z potokowym wykonaniem rozkazów o zależnych argumentach).**  
*Nie, patrz wyżej.*
- **Hazard sterowania jest całkowicie eliminowany przez statyczne strategie przewidywania rozgałęzień.**  
*Superskalarna architektura ma mechanizm dynamicznego przewidywania, a poza tym, ani statyczne, ani dynamiczne strategie nie eliminują całkowicie hazardu sterowania.*

## 16. Architektura superskalarna:

- **Dotyczy systemów SMP**  
*Zdecydowanie nie tylko. Architektura superskalarna wymaga mechanizmu potokowego, czyli dotyczy głównie architektury RISC.*
- **Wymaga zastosowania protokołu MESI**  
*Nie, architektura superskalarna wymaga jedynie zastosowania co najmniej dwóch jednostek potokowych.*
- **Umożliwia równoległe wykonywanie kilku rozkazów w jednym procesorze**  
*Tak, i taki jest cel jej istnienia. Umożliwia to mechanizm potokowy.*
- **Wywodzi się z architektury VLIW**  
*Wręcz odwrotnie, to VLIW wykorzystuje architekturę superskalarną na której opiera swój podział rozkazów na paczki.*
- **Wykorzystuje wiele potokowych jednostek funkcjonalnych**  
*Tak, wymagane są co najmniej dwie jednostki potokowe, ponieważ architektura superskalarna w założeniu może wykonywać wiele rozkazów w jednym takcie.*
- **Nie dopuszcza do wystąpienia hazardu sterowania**  
*Hazard sterowania jest problemem jednostek potokowych i muszą one być rozwiązane przez skoki opóźnione lub tablicę historii rozgałęzień. Sama architektura superskalarna nie gwarantuje rozwiązania tego problemu.*
- **Umożliwia wykonanie wielu rozkazów w jednym takcie**  
*Jest to idea architektury superskalarnej.*
- **Wykorzystuje model obliczeń pamięć - pamięć**  
*Ta architektura nie jest ograniczona do jednego modelu obliczeń.*
- **Jest stosowana tylko w procesorach wielordzeniowych**  
*Architektura superskalarna to nie wielordzeniowość! Jednostka superskalarna wykonuje wiele instrukcji jednocześnie, ale w pojedynczym wątku. Z kolei procesor wielordzeniowy potrafi wykonywać wiele wątków, czyli wiele ciągów instrukcji jednocześnie. Jednostka superskalarna może być rdzeniem, ale odc nie tylko w tym typie procków jest stosowana.*

#### 17. Przetwarzanie wielowątkowe:

- **Zapewnia lepsze wykorzystanie potoków**

*Tak, ma na celu minimalizację strat cykli w trakcie realizacji wątku, jakie mogą powstać na skutek:*

- chybionych odwołań do pamięci podręcznej;
- błędów w przewidywaniu rozgałęzień;
- zależności między argumentami

- **Minimalizuje straty wynikające z chybionych odwołań do pamięci podręcznej**

*Tak, patrz wyżej.*

- **Wymaga zwielokrotnienia zasobów procesora (rejstry, liczniki rozkazów, itp.)**

*Niestety tak, jest to warunek sprzętowej realizacji wielowątkowości.*

- **Nie może być stosowane w przypadku hazardu danych**

*Nie, hazard danych wynika z zależności między argumentami, które są naturalnym ryzykiem przy stosowaniu mechanizmu potokowego. Nie powinny być blokowane z tego powodu, tym bardziej, że wielowątkowość ma dodatkowo chronić liczbę cykli przed zgubnym wpływem hazardu.*

#### 18. Pojęcie równoległości na poziomie rozkazów:

- **Dotyczy architektury MIMD**

*Nie, ten rodzaj równoległości dotyczy mechanizmów potokowych (CISC i RISC), architektury superskalarnej oraz VLIW.*

- **Odnosi się m.in. do przetwarzania potokowego**

*Tak, ideą mechanizmu potoków jest zrównoleglenie rozkazów i możliwość wykonywania wielu z nich w tej samej chwili czasu.*

- **Dotyczy architektury MPP**

*Nie, patrz wyżej.*

- **Dotyczy m.in. architektury superskalarnej**

*Tak, patrz wyżej.*



19. Efektywne wykorzystanie równoległości na poziomie danych umożliwiają:

- Komputery wektorowe
- Komputery macierzowe
- Klastry
- Procesory graficzne
- Rozszerzenia SIMD procesorów superskalarnych

*Ogółem zastosowanie tej równoległości jest możliwe gdy mamy do czynienia z wieloma danymi, które mogą być przetwarzane w tym samym czasie. A grafika, wektory, macierze itp. do takich należą.*

20. Wielowątkowość współbieżna w procesorze wielopotokowym zapewnia:

- **Możliwość wprowadzenia rozkazów różnych wątków do wielu potoków**  
*Tak, jest to charakterystyczna cecha tego typu wielowątkowości. Z kolei wielowątkowości grubo- i drobnoziarniste umożliwiają wprowadzenie do wielu potoków wyłącznie jednego wątku (w jednym takcie!)*
- **Realizację każdego z wątków do momentu wstrzymania któregoś rozkazu z danego wątku**  
*Tak, wątek jest realizowany do momentu wstrzymania rozkazu. Tę samą cechę posiada wielowątkowość gruboziarnista. Z kolei wielowątkowość drobnoziarnista w kolejnych taktach realizuje naprzemiennie rozkazy kolejnych wątków.*
- **Przełączanie wątków co takt**  
*Nie, to umożliwia tylko wielowątkowość drobnoziarnista.*
- **Automatyczne przemianowanie rejestrów**  
*Głowy nie dam, ale chyba żadna wielowątkowość nie zapewnia automatycznego przemianowania.*

21. Metoda przemianowania rejestrów jest stosowana w celu eliminacji:

- **Błędnego przewidywania rozgałęzień**  
*Nie, do tego służy m.in. tablica historii rozgałęzień.*
- **Chybionego odwołania do pamięci podręcznej**  
*Nie, to jest problem architektury VLIW i eliminuje się do przez przesunięcie rozkazów LOAD jak najwyżej, tak aby zminimalizować czas ewentualnego oczekiwania*
- **Prawdziwej zależności danych**  
*Nie, od tego jest metoda wyprzedzającego pobierania argumentu.*
- **Zależności wyjściowej między rozkazami.**  
*Tak, ta metoda eliminuje powyższy i poniższy problem. Polega na dynamicznym przypisywaniu rejestrów do rozkazów.*
- **Antyzależności między rozkazami**  
*Patrz wyżej.*

22. Wyprzedzające pobranie argumentu pozwala rozwiązać konflikt wynikający z:

- **Zależności wyjściowej między rozkazami**  
*Tę zależność musi kontrolować układ sterujący.*
- **Prawdziwej zależności danych**  
*Tak, do tego służy, patrz: prawdziwa zależność danych 5.3.1*
- **Błędnego przewidywania rozgałęzień**  
*Nie powoduje konfliktów, należy je tylko obsłużyć i ograniczyć liczbę występowania.*
- **Antyzależności między rozkazami**  
*Rozkazowi, który odczytuje jakąś zmienną, od razu jest podrzucana jej zmieniona wartość. zamiast przechodzić przez rejestr pośredni (zapis i ponowny odczyt).*

23. Przepustowość (moc obliczeniowa) dużych komputerów jest podawana w:

- **GFLOPS**
- **Liczbie instrukcji wykonywanych na sekundę**
- **Liczbie operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę**
- **Mb/sek**  
*To jest do zapamiętania na prostu - takie są standardy*

24. Podstawą klasyfikacji Flynna jest:

- Liczba jednostek przetwarzających i sterujących w systemach komputerowych
- Protokół dostępu do pamięci operacyjnej
- Liczba modułów pamięci operacyjnej w systemach komputerowych
- Sposób połączenia jednostek przetwarzających z modułami pamięci operacyjnej.
- **Liczba strumieni rozkazów i danych w systemach komputerowych**  
*To po prostu należy zapamiętać. Kryterium klasyfikacji Flynna jest liczba strumieni rozkazów oraz liczba strumieni danych w systemie komputerowym. NIC WIĘCEJ, NIC MNIEJ.*  
*Albo inaczej:  $Liczba\_strumieni \times (rozkazow + danych)$*

25. Model SIMD:

- **Był wykorzystywany tylko w procesorach macierzowych**  
*Nie, o niego oparte są również m.in. procesory wektorowe, GPU, technologie MMX oraz SSE. Nie, był również wykorzystywany w komputerach wektorowych, rozszerzeniach SIMD oraz GPU.*
- **Jest wykorzystywany w multimedialnych rozszerzeniach współczesnych procesorów**  
*Tak, multimedialne rozszerzenie służy do działania na wielu rejestrach jednocześnie, co umożliwiając m.in. technologie MMX i SSE.*
- **Jest wykorzystywany w heterogenicznej architekturze PowerXCell**  
*Tak jest [https://en.wikipedia.org/wiki/Cell\\_\(microprocessor\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cell_(microprocessor))*
- **Zapewnia wykonanie tej samej operacji na wektorach argumentów**  
*Znaczenie: Single Instruction Multiple Device. Wykonuje jedną instrukcję na wielu urządzeniach.*
- **Jest podstawą rozkazów wektorowych**  
*Pod ten model są zaprojektowane rozkazy wektorowe - jedno instrukcja, wiele urządzeń.*
- **Jest podstawą architektury procesorów superskalarnych**  
*Nie, jest wykorzystywany w rozszerzeniach wektorowych, ale nie jest podstawą.*

## 26. Komputery wektorowe:

- Posiadają jednostki potokowe o budowie wektorowej  
*Nie, posiadają potokowe jednostki arytmetyczne, które nie są wektorowe.*
- Posiadają w liście rozkazów m.in. rozkazy operujące na wektorach danych  
*Jak najbardziej, nie mogłyby się bez tego obejść.*
- Wykorzystują od kilku do kilkunastu potokowych jednostek arytmetycznych  
*Tak, tych jednostek może być wiele, można to zauważyć na przykładzie komputera Cray-1 (wykład 7-8, slajd 31)*
- Posiadają listę rozkazów operujących wyłącznie na wektorach  
*Zdecydowanie nie. Owszem, te komputery posiadają rejestry wektorowe i wektorowe jednostki zmiennoprzecinkowe, ale nie jest to wszystko. Mają również normalne rejestry, adresację, jednostki skalarne i możliwość wykonywania na nich operacji.*

## 27. Moc obliczeniowa komputerów wektorowych:

- Zależy od liczby stopni potoku.  
*Moc obliczeniowa nie jest zależna od liczby stopni potoku. Ta jedynie wpływa na ilość rozkazów jakie mogą być wykonane w chwili czasu w jednostce potokowej.*
- Jest odwrotnie proporcjonalna do długości taktu zegarowego  
*Tak, obliczamy ją wzorem  $Przep = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n}{t_{start} + (n-1) \times \tau} = \frac{1}{\tau}$*
- Jest wprost proporcjonalna do długości taktu zegarowego  
*Nie, patrz wyżej.*
- Zależy odwrotnie proporcjonalnie od liczby jednostek potokowych połączonych łańcuchowo.  
*Nie, idea operacji wektorowej na komputerze wektorowym zakłada jedną jednostkę potokową. Ich zwiększenie nie powinno wpłynąć bezpośrednio na moc.*
- Zmierzają asymptotycznie do wartości maksymalnej wraz ze wzrostem długości wektora  
*Tak, istnieje pewna wartość maksymalna do której moc dąży logarytmicznie wraz ze wzrostem długości wektora.*
- Nie zależy od długości wektora  
*Bzdura, patrz wyżej.*
- Zależy liniowo od długości wektora  
*Bzdura, patrz wyżej.*

## 28. Procesory wektorowe:

- **Mogą być stosowane w systemach wieloprocesorowych**

*Domyślnie procesory wektorowe mogą pracować pojedynczo, ale mogą być częścią takiego systemu. Poza tym nie znalazłem nic, co by temu przeczyło. Jest też np. CUDA - architektura wielordzeniowych procesorów graficznych. Sama architektura SIMD działa na wielu procesorach.*

- **Mają listę rozkazów operującą jedynie na wektorach**

*Nie, posiadają też m.in. potokowe jednostki arytmetyczne oraz jednostki skalarne, do operowania na zwykłych liczbach.*

- **Mają moc kilka razy większą od procesorów skalarnych**

*Tak, przyspieszenie jest ilorazem czasu wykonywania na procesorze niewektorowym do czasu wykonywania na procesorze wektorowym. Np. dla rozkazu dodawania  $n$  wektorów przyspieszenie wyliczane jest wg wzoru  $a = \frac{15\tau n}{t_{start} + (n-1)\tau}$ , gdzie przy  $n$  dążącym do nieskończoności  $a$  jest równe 15.*

## 29. Komputery macierzowe:

- **Mają w liście rozkazów m.in. rozkazy operujące na wektorach danych**

*Tak, te komputery są rozwinięciem komputerów wektorowych i muszą mieć rozkazy wektorowe. Komputery macierzowe posiadają po  $n$  jednostek przetwarzających, które potrafią razem obliczyć  $n$  składowych wektora.*

- **Mają macierzowe potokowe układy arytmetyczne**

*Nie, posiadają natomiast jednostki przetwarzające. Z kolei potokową jednostkę arytmetyczną posiadają komputery wektorowe.*

- **Mają w typowych rozwiązaniach zestaw pełnych procesorów połączonych siecią połączeń**

*Nie, w typowym rozwiązaniu jest jeden pełny procesor z wieloma jednostkami potokowymi, które są połączone siecią łączącą (statyczną lub dynamiczną). Sieć połączeń pełnych procesorów posiadają superkomputery z top500 (Nie jestem pewien tej odpowiedzi).*

- **Wykonują synchroniczną operację wektorową w sieci elementów przetwarzających**

*Tak właśnie działają.*

30. Rozkazy wektorowe mogą być realizowane przy wykorzystaniu:

- **Macierzy elementów przetwarzających**  
*Tak, komputery macierzowe operują na rozkazach wektorowych.*
- **Zestawu procesorów superskalarnych**  
*Procesory superskalarne w założeniu nie posiadają rozkazów wektorowych.*
- **Technologii MMX**  
*Tak, jest to pochodna technologia modelu SIMD, wykonuje operacje na krótkich wektorach (64-bit)*
- **Sieci połączeń typu krata**  
*Jest to sieć połączeń, która łączy jednostki przetwarzające w komputerze macierzowym. Raczej na wektorach na część komputera nie działa.*
- **Potokowych jednostek arytmetycznych**  
*Tak, takie znajdują się w komputerach wektorowych.*

31. Rozkazy wektorowe:

- **Nie mogą być wykonywane bez użycia potokowych jednostek arytmetycznych**  
*Mogą. Komputery macierzowe ich nie posiadają i wykonują rozkazy wektorowe sprawnie.*
- **Są charakterystyczne dla architektury SIMD**  
*Tak, z niej się zrodziły, tak samo jak m.in. technologie MMX i SSE.*
- **Są rozkazami dwuargumentowymi i w wyniku zawsze dają wektor**  
*Nie, mogą operować na 1 argumencie na przykład. Rozkaz może być też 3 argumentowy, jak rozkaz dodawania VADD. Pierwszym argumentem jest rejestr docelowy, zawartość pozostałych dwóch jest dodana.*
- **W komputerach wektorowych ich czas wykonania jest wprost proporcjonalny do długości wektora**  
*Tak, na przykładzie rozkazu dodawania wektorów widać, że czas rośnie równomiernie wraz z ilością elementów wektora.*  
$$t_w = t_{start} + (n - 1) \times \tau$$
- **W komputerach wektorowych ich czas wykonania jest liniowo zależny od długości wektora**  
*Tak, patrz wzór wyżej. Wyraźnie widać, że wraz ze wzrostem długości wektora, rozkaz dodawania wykonuje się dłużej o stałą wartość. Z kolei przepustowość (liczba operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę) rośnie logarytmicznie wraz z długością wektora.*
- **W komputerach macierzowych ich czas wykonania jest wprost proporcjonalny do liczby elementów przetwarzających**  
*Przy odpowiedniej liczbie jednostek przetwarzających jest stały*
- **Mogą być wykonane na sieci elementów przetwarzających.**  
*Czyli na komputerze macierzowym - owszem.*

### 32. Architektura CUDA:

- **Umożliwia bardzo wydajne wykonywanie operacji graficznych**

*Tak, ta architektura jest rozwinięciem mechanizmów wektorowych oraz macierzowych i jest przeznaczona specjalnie dla przetwarzania grafiki.*

- **Stanowi uniwersalną architekturę obliczeniową połączoną z równoległym modelem programistycznym**

*Tak, pomimo specjalizacji graficznej, architektura ta jest uniwersalna i zdolna do wszystkiego. Procesory posiadają uniwersalne programy obliczeniowe, a CUDA posiada model programistyczny (oraz podział programu na 5 faz). Składa się on z:*

- Kompilatora NVCC;
- Podział programu na kod wykonywany przez procesor (host code) oraz kartę graficzną (kernel);
- Realizacja obliczeń równoległych wg modelu SIMT (Single Instruction Multiple Threading)

- **Realizuje model obliczeniowy SIMT**

*Tak, patrz wyżej. Działanie: wiele niezależnych wątków wykonuje tę samą operację. Architektura posiada również mechanizm synchronizacji wątków (barrir synchronization) dla komunikacji oraz współdzieloną pamięć.*

- **Jest podstawą budowy samodzielnych, bardzo wydajnych komputerów**

*Komputery CUDA nie są ogólnego zastosowania, tylko do ogólnych problemów numerycznych. Na pewno nie są podstawą, bo np. komputer ... (dokończyć by trza)*

### 33. Systemy SMP:

- **Wykorzystują protokół MESI do sterowania dostępem do wspólnej magistrali**

*Ten protokół wykorzystują systemy **UMA** (podkategoria systemów SMP) ze wspólną magistralą w celu zapewnienia spójności pamięci podręcznych (snooping). Mogą też używać katalogów, ale podkategoria **NUMA** wykorzystuje wyłącznie katalogi.*

- **Posiadają skalowalne procesory**

*SMP należy do systemów wieloprocesorowych, ale te nie muszą być skalowalne.*

- **Posiadają pamięć fizycznie rozproszoną, ale logicznie wspólną**

*Nie, pamięć jest fizycznie wspólna. Fizycznie rozproszoną pamięć posiadają systemy MPP.*

#### 34. Systemy wieloprocessorowe z jednorodnym dostępem do pamięci (UMA):

- **Zapewniają spójność pamięci podręcznych wszystkich procesorów**  
*Czuwa nad tym protokół MESI, każdy uaktualnia stan pamięci w każdym z procesorów.*
- **Mają niską skalowalność**  
*Mają wręcz chujową skalowalność, ponieważ przeważnie są połączone takimi konstrukcjami jak przełącznica krzyżowa czy wspólna magistrala, a sam mechanizm snoopingu jest kiepsko skalowalny.*
- **Wykorzystują katalog do utrzymania spójności pamięci.**  
*Tak, wg wykładów Kozielskiego UMA może wykorzystywać do kontroli pamięci spójnej zarówno katalog, jak i protokół MESI.*
- **Wykorzystują przesył komunikatów między procesorami.**  
*To cecha MPP oraz klastrów.*
- **Umożliwiają dostęp do pamięci najczęściej poprzez wspólną magistralę lub przełącznicę krzyżową.**  
*Są to jednego z możliwych konfiguracji UMA, są to najprostsze i najtańsze rozwiązania, więc prawdopodobnie też najczęściej stosowane (ale również najmniej skalowalne).*

#### 35. Protokół MESI:

- **Jest wykorzystywany do sterowania dostępem do magistrali w systemie SMP**  
*Protokół MESI wykorzystywany jest do zapewniania spójności pamięci podręcznych cache w architekturze SMP (snooping), a dokładniej w UMA. NUMA korzysta tylko z katalogów.*
- **Zapewnia spójność pamięci cache w systemie SMP**  
*Do tego właśnie służy.*
- **Służy do wymiany komunikatów w systemie MPP**  
*Patrz wyżej.*
- **Chroni przed hazardem w procesorach superskalarnych**  
*Patrz wyżej.*



### 36. W architekturze NUMA

- **Dane są wymieniane między węzłami w postaci linii pamięci podręcznej (PaP)**  
*Tak, każdy procesor / węzeł posiada swoją własną szybką pamięć podręczną. Pamięć ta jest publiczna - inne procesory mają do niej dostęp, ale wymiana informacji na linii moja pamięć - inny procesor jest znacznie wolniejsza niż procesor - jego pamięć.*
- **Spójność PaP węzłów jest utrzymywana za pomocą protokołu MESI**  
*Protokół MESI jest wykorzystywany w architekturze **UMA** do snoopingu - zapewnienia spójności pamięci podręcznych procków.*
- **Czas dostępu do pamięci lokalnej w węźle jest podobny do czasu dostępu do pamięci nielokalnej**  
*Odwołanie do nielokalnej pamięci są znacznie wolniejsze niż do lokalnej, ok. 10-krotnie bardziej. Dotyczy to głównie architektury NC-NUMA, patrz: rodzaje systemów NUMA 12.1*
- **Czas zapisu danych do pamięci nielokalnej może być znacznie dłuższy od czasu odczytu z tej pamięci**  
*Patrz wyżej.*
- **Każdy procesor ma dostęp do pamięci operacyjnej każdego węzła**  
*Patrz wyżej.*
- **Procesy komunikują się poprzez przesył komunikatów**  
*Przesył komunikatów występuje w systemach MPP, gdzie pamięć jest rozproszona fizycznie i logicznie. W NUMA jest fizycznie rozproszona między węzłami (do przesyłu informacji wykorzystywana jest sieć łączącą węzły), ale stanowi logicznie jedną całość.*
- **Pamięć operacyjna jest rozproszona fizycznie pomiędzy węzłami, ale wspólna logicznie**  
*Patrz wyżej.*

### 37. W architekturze CC-NUMA:

- **Każdy procesor ma dostęp do pamięci operacyjnej każdego węzła**  
*Tak, ponieważ architektura NUMA opiera się o niejednorodny dostęp do pamięci - każdy procesor ma pełny dostęp do pamięci lokalnej oraz nielokalnej, czyli pamięci podręcznych wszystkich innych procesorów.*
- **Spójność pamięci pomiędzy węzłami jest utrzymywana za pomocą protokołu MESI**  
*Nie, nie jest potrzebna spójność pamięci, ponieważ każdy procesor odczytuje potrzebne mu zmienne itp. pośrednio przez katalog.*
- **Dane są wymieniane między węzłami w postaci linii pamięci podręcznej**  
*Każda linia posiada pewną liczbę bajtów, które inne procesory mogą pobierać. Możliwe, że i katalogi korzystają z wymiany danych poprzez linie.*
- **Pamięć operacyjna jest fizycznie rozproszona pomiędzy węzłami, ale wspólna logicznie**  
*Dokładnie tak.*

38. W systemach wieloprocessorowych o architekturze CC-NUMA:

- **Spójność pamięci wszystkich węzłów jest utrzymywana za pomocą katalogu**  
*Tak, w NUMA do zachowania spójności danych można stosować wyłącznie katalogi (a np. protokołu MESI nie).*
- **Pamięć operacyjna jest rozproszona fizycznie pomiędzy węzłami, ale wspólna logicznie**  
*Dokładnie tak.*
- **Każdy procesor ma bezpośredni dostęp do pamięci operacyjnej każdego węzła**  
*Nie, dostęp jest pośredni. Pamięć w CC-NUMA jest fizycznie rozproszona, więc coś musi pośredniczyć w tej wymianie danych. Służy do tego mechanizm katalogów i węzłów. Procesor zgłasza zapotrzebowanie na linię pamięci do katalogu i ją później otrzymuje.*
- **Dane są wymieniane między węzłami w postaci linii pamięci podręcznej**  
*Tak, ponieważ w architekturze NUMA wymiana rekordów pamięci następuje z użyciem całej linii. Np. jeśli procek chce pobrać jednego floata 4-bajtowego, a linia ma 16 bajtów, to musimy pobrać całą linię (ale i tak odbywa się to bardzo szybko).*

39. W architekturze CC-NUMA czas dostępu do pamięci operacyjnej może zależeć od:

- **Rodzaju dostępu (odczyt - zapis)**  
*Zapis jest znacznie wolniejszy, bo wymaga aktualizacji całej spójnej logicznie pamięci.*
- **Stanu linii (zapisanego w katalogu), do której następuje odwołanie**  
*Jak linia znajduje się już w katalogu, to następuje odczyt tylko.*
- **Położenia komórki, do której odwołuje się rozkaz (lokalna pamięć węzła – pamięć innego węzła)**  
*Dostęp do pamięci nielokalnej (innego procka) jest znacznie dłuższy (ok. 10-krotnie)*
- **Odległości węzłów, zaangażowanych w wykonanie rozkazu, w strukturze sieci łączącej**  
*Różnice są rzędu mikrosekund, nie jest to znaczący czas, tylko margines błędu najwyżej.*

40. Katalog może być stosowany do:

- **Utrzymania spójności pamięci podręcznych poziomu L1 i L2 w procesorach wielordzeniowych.**  
*Wiadomo, że katalog jest wykorzystywany do zachowania spójności tego rodzaju pamięci, która jest wspólna (L2). L1 jest pamięcią prywatną rdzenia, więc nie ma potrzeby zachowywać jej spójności.*
- **Utrzymania spójności pamięci wszystkich węzłów w systemach CC-NUMA**  
*Systemy NUMA wykorzystują katalogi do zachowania spójności pamięci, i tylko katalogi.*
- **Do utrzymania spójności pamięci węzłów systemów wieloprocesorowych z pamięcią rozproszoną (MPP)**  
*Jeśli chodzi o zachowanie spójności pamięci w obrębie węzła, to **tak**, bo węzłem może być system UMA lub NUMA. Ale, jeśli chodzi o zachowanie spójności pamięci między węzłami, to **nie**, bo do tego służy przesył komunikatów.*
- **Sterowania realizacją wątków w architekturze CUDA**  
*Zdecydowanie bullshit, CUDA nie wykorzystuje katalogu. W CUDA wątkami steruje osobny procesor wątków.*

41. Spójność pamięci podręcznych w procesorze wielordzeniowym może być m.in. zapewniona za pomocą:

- **Przełącznicy krzyżowej**  
*Nie, to rozwiązanie sieci połączeń w architekturze UMA. Mało wydajna.*
- **Katalogu**  
*To mechanizm do zachowania spójności jaki stosowany jest głównie w architekturze NUMA, ale UMA też może.*
- **Protokołu MESI**  
*Tak, i tylko to do tego służy. Wykorzystuje do wyłącznie architektura UMA.*
- **Wspólnej magistrali**  
*Nie, jest to jeden z rodzajów połączeń w architekturze UMA, ale nie ma nic wspólnego ze spójnością pamięci jej procków.*

#### 42. Systemy wieloprocessorowe z pamięcią wspólną:

- **Zapewniają jednorodny dostęp do pamięci**  
*Nie, bo NUMA nie zapewnia. Jednorodny dostęp występuje wtedy, gdy procesor ma dostęp wyłącznie do swojej pamięci podręcznej. Niejednorodny wtedy, gdy ma dostęp również do pamięci nielokalnej (pamięci podręcznej innych procesorów.)*
- **Mogą wykorzystywać procesory CISC**  
*Nie ma takiego ograniczenia.*
- **Są wykorzystywane w klastrach**  
*Tak, węzły w postaci serwerów SMP.*
- **Wykorzystują przesył komunikatów między procesorami**  
*Nie, wykorzystują protokół MESI do snoopingu oraz katalogi w celu zapewnienia spójności pamięci podręcznej.*
- **Wykorzystują katalog do utrzymania spójności pamięci podręcznych**  
*Patrz wyżej.*

#### 43. W systemach wieloprocessorowych katalog służy do:

- **Śledzenia adresów w protokole MESI**  
*Nie no kurwa, szanujmy się, katalogi powstały po to by wyprzeć protokół MESI.*
- **Sterowania przesyłem komunikatów**  
*Nie, w UMA i NUMA nie ma przesyłu komunikatów, to jest w MPP i klastrach.*
- **Utrzymania spójności pamięci w systemach o niejednorodnym dostępie do pamięci**  
*No tak, patrz poprzednie pytania. To jest problem z jakimi borykają się UMA i NUMA. Katalog można stosować do jego rozwiązania w obu architekturach.*
- **Realizacji dostępu do nielokalnych pamięci w systemach NUMA**  
*Katalogi i węzły stanowią mechanizm do wymiany informacji między prockami i ich pamięciami.*

#### 44. Charakterystyczne cechy architektury MPP:

- **Spójność pamięci podręcznej wszystkich węzłów**  
*Spójność wręcz nie powinna być zapewniana, każdy element są swoją własną, odrębną pamięć.*
- **Fizycznie rozproszona PaO**  
*Tak, jest fizycznie i logicznie rozproszona.*
- **Fizycznie rozproszona PaO, ale logicznie wspólna**  
*Nie, taka jest cecha systemów NUMA.*
- **Przesył komunikatów między procesorami**  
*Tak, to metoda synchronizacji wykonywania zadań.*
- **Niska skalowalność**  
*Nie, jest przeogromna.*
- **Jednorodny dostęp do pamięci wszystkich węzłów**  
*Nie, pamięć jest rozproszona.*

#### 45. Systemy pamięcią rozproszoną (MPP):

- **Wyróżniają się bardzo dużą skalowalnością**  
*Posiadają ogromną skalowalność, tylko klastry mają lepszą.*
- **Są budowane z węzłów, którymi są klastry**  
*Węzłami mogą być tylko systemy UMA i NUMA oraz zwykłe pojedyncze procesory.*
- **Realizują synchronicznie jeden wspólny program**  
*Nie muszą być synchronicznie wykonywane (są synchronizacje, ale jeden węzeł może realizować szybciej pewne części programu)*
- **Wymagają zapewnienia spójności pamięci podręcznych pomiędzy węzłami**  
*Wręcz nie powinny jej zapewniać, każdy węzeł pracuje osobno.*
- **Wymianę danych i synchronizację procesów w węzłach realizują poprzez przesył komunikatów.**  
*Tak, pamięć jest logicznie rozproszona, a węzły są fizycznie oddzielne, do komunikacji wystarcza tylko przesył komunikatów.*
- **W większości przypadków wykorzystują nietypowe, firmowe rozwiązania sieci łączących węzły systemu.**  
*Nie wiem czy w większości przypadków, ale na slajdach większość jest poświęcona typowym rozwiązaniom sieciowym (hipersześcian, krata, torus, przełącznica krzyżowa), a custom network to tylko dodatek.*
- **Wykorzystują katalog do utrzymania spójności pamięci węzłów systemu.**  
*Miedzy węzłami w MPP wykorzystuje się przesył komunikatów. Katalogi są wykorzystywane przez systemy UMA i NUMA, które mogą być węzłami w MPP. Jednak komunikacja między samymi węzłami ich nie wykorzystuje.*
- **W roli węzłów mogą wykorzystywać systemy SMP.**  
*Poznane podkategorie SMP, UMA i NUMA, mogą być węzłami.*

46. Systemy MPP są zbudowane z węzłów którymi mogą być:

- **Systemy SMP**

Węzłami mogą być zarówno systemy UMA, jak i NUMA. Ponadto dopuszcza się zwykłe procesory z pamięcią operacyjną. Patrz: organizacja MPP 14.2. Są to **jedyne** możliwe rodzaje węzłów.

- **Klastry**

Patrz wyżej.

- **Konstelacje**

Patrz wyżej.

- **Systemy NUMA**

Patrz wyżej.

- **Procesory**

Patrz wyżej.

47. Przesył komunikatów:

- **Ma miejsce w systemach MPP**

Tak, w MPP oraz w klastrach.

- **W systemach MPP II-giej generacji angażuje wszystkie procesory na drodze przesyłu**

Nie, bo w II generacji są routery węzłów pośredniczących, które nie angażują procesorów. W I generacji wszystkie komputery były zaangażowane, ponieważ rolę routera pełnił sam procesor.

- **Ma miejsce w klastrach**

Tak, patrz wyżej.

48. Cechami wyróżniającymi klastry są:

- **Niezależność programowa każdego węzła**

Tak, bo każdy węzeł na swój osobny system operacyjny.

- **Fizycznie rozproszona, ale logicznie wspólna pamięć operacyjna**

Jest fizycznie i logicznie rozproszona.

- **Nieduża skalowalność**

Kurwa, nie XD Klastry mają arcydupną skalowalność.

- **Na ogół duża niezawodność**

Tak, po to się je buduje i na ogół ją mają. Redundancja węzłów, mirroring dysków, kontrola funkcjonowania węzłów. Patrz: Niezawodność klastrów 15.8

#### 49. Klastry:

- **Mają średnią skalowalność**  
*Mają największą skalowalność ze wszystkich poznanych systemów. Łatwiej go rozszerzać niż MPP, ponieważ jest jednym wielkim systemem komputerowym.*
- **Wykorzystują model wspólnej pamięci**  
*Nie, jest rozproszona fizycznie i logicznie.*
- **W węzłach mogą wykorzystywać systemy SMP**  
*Tak, serwery SMP są jednymi z dopuszczalnych węzłów. Drugimi są pełne komputery PC. Patrz: węzły w klastrach 15.3.1*
- **Do komunikacji między procesami wykorzystują przesył komunikatów**  
*Tak, bo jest efektywnym rozwiązaniem, i tylko go wykorzystują.*
- **Wykorzystują przełącznicę krzyżową jako sieć łączącą węzły**  
*Nie, ona jest wykorzystywana tylko w systemach UMA, gdzie pamięć wspólna jest fizycznie jednorodna.*
- **W każdym węźle posiadają pełną instalację systemu operacyjnego**  
*Tak, węzeł musi być albo serwer SMP, albo PC, które muszą mieć swoje systemy operacyjne.*

#### 50. Do czynników tworzących wysoką niezawodność klastrów należą:

- **Mechanizm mirroringu dysków**  
*Tak, bo system operacyjny może.*
- **Dostęp każdego węzła do wspólnych zasobów (pamięci zewnętrznych)**  
*Tak, w razie czego można podpiąć i korzystać z dodatkowej pamięci.*
- **Redundancja węzłów**  
*No tak, jest.*
- **Mechanizm "heartbeat"**  
*Tak, gdy ten mechanizm przestaje odbierać "bicie serca" jednego z węzłów, wówczas może wywołać procedurę obsługi - przenieść zadania do innego węzła, włączyć powiadomienie itp.*
- **Zastosowanie procesorów wielordzeniowych w węzłach**  
*Nie, nie chodzi o liczbę rdzeni, ale o to, że każdy węzeł jest osobnym systemem, serwerem lub pecetem.*



51. Dla sieci systemowych (SAN) są charakterystyczne

- **Przesył komunikatów w trybie zdalnego DMA**  
*Tak, bo przesyłamy dane między prockami, a DMA wykonuje to najszybciej.*
- **Bardzo małe czasy opóźnień**  
*Tak, rzędu pojedynczych mikrosekund.*
- **Topologia typu hipersześcian**  
*Bullshit, sieć jest taka jak topologia systemu, nie buduje się osobnej topologii.*
- **Niska przepustowość**  
*Noelonie, do pamięci potrzebna jest duża przepustowość, bo przechodzi przez nią dużo danych.*

52. Sieci systemowe (SAN)

- **Wymagają protokołu MESI**  
*Sieci to tylko kabel, nie mają wymagań co do zarządzania pamięcią XD*
- **Wykorzystują przełączniki łączone wg topologii grubego drzewa**  
*Topologię grubego drzewa wykorzystuje np. InfiniBand, która jest siecią łączącą w klastrach znajdujących się w komputerach top500.*
- **Realizują przesyły bloków danych bezpośrednio między pamięciami operacyjnymi węzłów sieci**  
*Sieci SAN posiadają sterowniki DMA, czyli mogą przysyłać dane bezpośrednio między pamięciami, a same dane przesyłane są w pakietach, czyli jakichś blokach.*
- **Są stosowane w klastrach**  
*Tak, łączą węzły z systemami.*

53. Czy poniższa lista jest rosnąco uporządkowana według skalowalności:

- **Systemy ściśle połączone, systemy ze wspólną pamięcią, systemy SMP**  
*Systemy SMP to cała kategoria systemów z pamięcią wspólną, z kolei systemy ściśle połączone i systemy ze wspólną pamięcią są **równoznaczne** - są przeciwieństwem do systemów luźno powiązanych (z pamięcią rozproszoną).*
- **Systemy ze wspólną magistralą, systemy wielomagistralowe, systemy z przełącznicą krzyżową**  
*Są to systemy wieloprocesorowe (UMA) z pamięcią wspólną, patrz: Klasyfikacja 11.2.1*
  - Systemy ze wspólną magistralą - najprostsze i najmniej skalowalne
  - Systemy wielomagistralowe - szybsze i bardziej złożone, wciąż kiepsko skalowalne
  - Systemy z przełącznicą krzyżową - duża szybkość i złożoność obliczeniowa, trudne w rozbudowie*Ogółem jest to dolna półka tych systemów.*
- **Systemy SMP, systemy z pamięcią wieloportową, systemy z przełącznicą krzyżową**  
*SMP to rodzaj architektury, z kolei w systemach UMA systemy z przełącznicą krzyżową są mniej skalowalne niż systemy z pamięcią wieloportową, patrz: Klasyfikacja 11.2.1.*
- **NUMA, MPP, SMP**  
*MPP jest znacznie bardziej skalowalny niż SMP (pamięć rozproszona > pamięć wspólna). NUMA to systemy SMP z niejednorodnym dostępem do pamięci - są bardziej skalowalne niż zwykłe SMP (dzięki szybkiej pamięci lokalnej cache), ale mniej niż MPP.*
- **Systemy z pamięcią wspólną, systemy o niejednorodnym dostępie do pamięci, z pamięcią rozproszoną**  
*Dwa pierwsze to rodzaje systemów SMP. Najmniej skalowalne są systemy z pamięcią wspólną, domyślnie o jednorodnym dostępie do pamięci (UMA). Niejednorodny dostęp do pamięci wspólnej (NUMA) jest szybszy, ponieważ wykorzystuje pamięć lokalną procesora, węzły i katalogi. Mechanizm katalogów jest o wiele bardziej skalowalny niż mechanizm "snoopingu", wykorzystywany w UMA. Następnie system z pamięcią rozproszoną to MPP - system masywnie równoległy. Jest najbardziej skalowalny ze wszystkich.*
- **SMP, NUMA, klastry, UMA**  
*SMP jest najmniej skalowalny z wymienionych. UMA ma jednorodny dostęp do pamięci i jest mniej skalowalna od NUMA. Klastry są najbardziej skalowalne (nie wiem czy mniej lub bardziej do MPP).*
- **Systemy symetryczne, o niejednorodnym dostępie do pamięci, systemy z przesylem komunikatów**  
*Systemy symetryczne to SMP z jednorodnym dostępem do pamięci. Systemy SMP z niejednorodnym dostępem są bardziej skalowalne. Z kolei systemy z przesylem komunikatów sugerują system MPP, z pamięcią rozproszoną - jest on najbardziej skalowalny.*

54. Sprzętowe przełączenie wątków może być wynikiem:

- **Chybień przy odwołaniu do pamięci podręcznej.**  
*Patrz: realizacja sprzętowej wielowątkowości 7.2*
- **Upływu zadanego czasu (np. taktu)**  
*Jest coś takiego jak wielowątkowość drobnoziarnista, która przełącza wątki co takt.*
- **Wystąpienia rozkazu rozgałęzienia**  
*Dopiero jak nastąpi błąd przewidywania. Przy drabince IFów byłby armageddon.*
- **Błędnego przewidywania rozgałęzień**  
*Patrz: realizacja sprzętowej wielowątkowości 7.2*
- **Przesunięcia okien rejestrów**  
*To tylko zmiana rejestrów, niezwiązana z wątkami.*

55. Sprzętowe sterowanie wielowątkowością:

- **Zapewnia lepsze wykorzystanie potoków.**  
*Tak, ma na celu minimalizację problemów, jakie stwarza przetwarzanie potokowe, jak hazard sterowania, zależności między rozkazami oraz chybień odwołań do pamięci.*
- **Wymaga zwielokrotnienia zasobów procesora (rejestry, liczniki rozkazów i inne)**  
*Tak, aby móc wykonać sterować wątkami na poziomie sprzętu potrzeba więcej sprzętu.*
- **Nie może być stosowane w przypadku hazardu sterowania**  
*To sterowanie służy właśnie minimalizacji start powstałych m.in. z hazardu sterowania.*
- **M.in. minimalizują straty wynikające z chybień odwołań do pamięci podręcznej**  
*Patrz wyżej.*

56. Dostęp każdego procesora do wspólnej pamięci operacyjnej jest realizowany w systemach:

- **NUMA**  
*W NUMA pamięć jest rozdzielona fizycznie, ale logicznie wspólna. Wszystkie procesory mają do niej dostęp.*
- **SMP**  
*Wszystkie modele SMP, jak UMA, NUMA czy CC-NUMA posiadają pamięć logicznie wspólną.*
- **Klaster**  
*Pamięć jest logicznie rozproszona, każdy węzeł (czyli system) posiada swoją.*
- **MPP**  
*Pamięć jest logicznie rozproszona, każdy węzeł (procesor albo system UMA / NUMA) posiada swoją.*

## 57. Procesory wielordzeniowe:

- **Są niezbędne do realizacji rozkazów wektorowych.**

*Nie, o ile wiele rdzeni może umożliwić wykonywanie rozkazów wektorowych, to warunkiem koniecznym do wykonywania rozkazów wektorowych jest istnienie wielu jednostek przetwarzających w dowolnej postaci.*

- **Tworzą systemy wieloprocesorowe ze wspólną pamięcią i jednorodnym dostępem do pamięci.**

*Tak, mogą one tworzyć system wieloprocesorowy (z rdzeniami), ale pamięć CHYBA nie musi być wspólna o jednorodnym dostępie (no bo chyba każdy rdzeń może mieć własną.)??*

- **Są niezbędne do współbieżnego przetwarzania wątkowego.**

*Tak, jest to konieczne aby realizować współbieżnie wiele wątków  $W$  w obrębie jednego procesora.*

- **Wymagają kontroli spójności pamięci podręcznych.**

*Każdy rdzeń posiada pamięć podręczną  $L1$ , która jest prywatna oraz pamięć podręczną  $L2$ , która jest publiczna. Do  $L2$  inne rdzenie mogą się odnosić poprzez magistralę i występuje problem spójności cache'u.*

# Pytania otwarte

## 1 2010, Termin I

### 1. Które cechy architektury CISC zostały zmienione i w jaki sposób w architekturze RISC?

- RISC:
  - niezbyt duża lista rozkazów, rozkazy wykonywane w zasadzie w 1 cyklu (zmiana)
  - niewielka liczba trybów adresowania (zmiana)
  - stała długość i prosty format rozkazu (chyba też zmiana)
  - model obliczeń rejestr-rejestr, wszystkie argumenty są w rejestrach (zmiana)
  - dostęp do pamięci jedynie dzięki rozkazom STORE i LOAD
  - duża ilość rejestrów uniwersalnych (chyba też zmiana)
  - jednostka sterująca zbudowana jako układ
  - intensywne wykorzystanie potokowości
  - stosowanie kompilatorów o dużych możliwościach optymalizacyjnych
- Cechy:
  - duża liczba rozkazów
  - duża liczba trybów adresacji (5 – 20, Vax  $\rightarrow$  20 )
  - model obliczeń pamięć – pamięć
  - komplikowana struktura sprzętu, przy małym wykorzystaniu rozkazów złożonych
  - uży rozrzut cech rozkazów w zakresie: złożoności, długości, czasu wykonania

### 2. Wymień najważniejsze cechy architektury procesorów superskalarnych.

- Kilka potokowych jednostek operacyjnych
- Wykonywanie kilku rozkazów w 1 takcie
- Honieczność pobrania z PaO kilku rozkazów jednym takcie

### 3. Wyjaśnij na czym polega problem zależności między danymi przy potokowej realizacji rozkazów. Podaj przykłady rozwiązania tego problemu w jednopotokowych procesorach RISC.

- $I1 : R3 \leftarrow R3opR5$   
 $I2 : R4 \leftarrow R3 + 1$   
 $I3 : R3 \leftarrow R5 + 1$   
 $I4 : R7 \leftarrow R3 op R4$
- – prawdziwa zależność danych (RAW) - rozkaz I2 musi czekać na wykonanie rozkazu I1, podobnie I4 musi czekać na I3
- zależność wyjściowa (WAW) - gdyby rozkazy I1 oraz I3 były realizowane równolegle (np. w różnych jednostkach funkcjonalnych), to wykonanie I3 musi się zakończyć po I1.
- antyzależność (WAR) - w przypadku równoległej realizacji rozkazów I2 oraz I3 (lub zmiany kolejności tych rozkazów), wykonanie rozkazu I3 nie może być zakończone, dopóki nie nastąpi pobranie argumentu (odczyt) w rozkazie I2.

- Rozwiązania:
  - NOP
  - Proces przemianowania rejestrów (może to pomóc; nie jestem pewien)
  - Wstrzymanie napełniania potoku
  - Optymalizacja kodu na poziomie kompilacji / linkowania (odpowiedzialność zrzucana na kompilator)

#### 4. Omów budowę systemów o niejednorodnym dostępie do pamięci (ccNUMA)

Komputery w architekturze NUMA należą do systemów MIMD o niejednorodnym dostępie do pamięci. Bierze to się stąd, iż każdy procesor ma własną pamięć; jednak do tej pamięci ma również dostęp każdy inny procesor, z tą tylko różnicą, że czas dostępu do takiej pamięci jest dużo większy niż czas dostępu do pamięci, którą dany procesor posiada. Zaliczenie procesora z pamięcią i jednostką zarządzającą pamięcią nazywa się węzłem. Zadaniem takiej jednostki zarządzającej pamięcią jest odpowiednie kierowanie adresów i danych w zależności o którą pamięć nam chodzi (lokalną dla danego procesora czy też znajdującą się przy innym procesorze). We współczesnych rozwiązaniach praktycznych duży nacisk kładzie się na zgodność (spójność) pamięci podręcznej (są to systemy typu CC-NUMA)

MIMD typu C.C.-NUMA (ze spójnością pamięci podręcznej).

#### 5. Wymień i krótko scharakteryzuj rozwiązania konstrukcyjne serwerów używanych do budowy klastrów.

- Serwery wolnostojące
- Serwery stelażowe
  - Zalety:
    - \* możliwość instalowania obok siebie serwerów różnych dostawców
  - Wady:
    - \* kable zasilające
    - \* kable sieciowe
    - \* chłodzenie
- Serwery kasetowe
  - Zalety:
    - \* jedna obudowa typu blade
    - \* wspólne zasilanie i chłodzenie - jeden kabel zasilający
    - \* prostsze okablowanie sieciowe
    - \* proste zarządzanie
    - \* mniejsze wymiary i duża gęstość upakowania
  - Wady:
    - \* możliwość instalowania tylko identycznych serwerów

## 2 2012, Termin I

1. **Które cechy architektury CISC zostały zmienione i w jaki sposób w architekturze RISC?**

Patrz: 1

2. **Porównaj realizację rozkazów wektorowych w komputerach wektorowych, macierzowych i procesorach superskalarnych z rozszerzeniami SIMD.**

W zasadzie komputery wektorowe zaliczane są do architektury SISD gdzie mamy do czynienia z jedną jednostką wykonawczą i dlatego też operacja na kolejnej danej wektora rozpoczyna się pewien czas dalej, związany z wykonaniem jednej części potoku. Komputery macierzowe należą zaś do klasy SIMD, gdzie istnieje wiele jednostek wykonawczych (elementów procesorowych) sterowanych synchronicznie przez jednostkę sterującą oraz każda jednostka wykonawcza korzysta ze swoich własnych danych. Tak więc odpowiednio rozmieszczając dane możemy dokonać operacji na wszystkich danych wektora w jednym czasie. Dodatkową różnicą jest fakt, iż wektoryzacją programu w komputerze wektorowym zajmuje się kompilator, natomiast w komputerze macierzowym nie jest to już takie łatwe, gdyż wszystko zależy od połączeń EP.

Co do komputerów superskalarnych wykonywanie rozkazu odbywa się jednocześnie na wielu "porcjach danych". Ważnym aspektem jest możliwość wystąpienia problem zależności danych przy potokowej ich realizacji (nie jestem pewien czy dobrze ująłem

3. **Scharakteryzuj ogólnie systemy wieloprocessorowe z rozproszoną pamięcią.**

**MPP** (*Massively Parallel Processing*) to rozwiązanie bazujące na architekturze MIMD z pamięcią rozproszoną. Komputer MPP zbudowany jest z dużej ilości niezależnych procesorów (niekoniecznie superszybkich – w kupie siła!), wyposażonych we własną pamięć podręczną CACHE i zwykłą pamięć, połączonych ze sobą za pomocą sieci – przez nią wysyła się komunikaty. Takie podejście do sprawy zapewnia dużą i łatwą skalowalność – dołożenie 1000 nowych procesorów nie wiąże się z dużym nakładem pracy – nie trzeba budować nowych układów zarządzających dostępem do pamięci. Każdy EP (Element Przetwarzający – procesor) może wykonywać inne zadanie, przez co może być widziany jako osobny komputer (np. przez system operacyjny). Systemy MPP wymagają jednak dużego nakładu pracy z punktu widzenia oprogramowania, aby w pełni wykorzystać moc komputera, trzeba zadbać o odpowiednie rozłożenie zadań między procesory ( np. `fork()` <rotfl>).

4. **Wyjaśnij na czym polega problem zależności między danymi przy potokowej realizacji rozkazów. Podaj przykłady rozwiązania tego problemu w jednopotokowych procesorach RISC. Jak komplikuje się ten problem w procesorach superskalarnych?**

Patrz: 3

5. **Jakie zalety i jakie warunki wykonania ma sprzętowa, współbieżna realizacja wielu wątków w jednym rdzeniu?**

Cel współbieżnej realizacji dwóch (lub więcej) wątków w jednym procesorze (rdzeniu): Minimalizacja strat cykli powstałych w trakcie realizacji pojedynczego wątku w wyniku:

- chybionych odwołań do pamięci podręcznej,
- błędów w przewidywaniu rozgałęzień,
- zależności między argumentami kolejnych rozkazów.

Warunki sprzętowej realizacji wielowątkowości:

- powielenie zestawów rejestrów uniwersalnych (lub powielenie tabel mapowania rejestrów)
- powielenie liczników rozkazów
- powielenie układów dostępu do pamięci podręcznej (tabel stron)
- powielenie sterowników przerwań

### 3 2012, Termin II

#### 1. Scharakteryzuj architekturę RISC.

Patrz: 1

#### 2. Wyjaśnij na czym polega problem potokowej realizacji rozkazów skoków (rozgałęzień). Podaj przykłady rozwiązań tego problemu we współczesnych procesorach.

Problem polega na tym, że rozkaz skoku może spowodować problem „przeładowania potoku” czyli jego wyczyszczenia oraz ponownego wypełnienia - zapewnienie stałego dopływu rozkazów do potoku. Pierwsze rozwiązania opierały się na:

- wcześniejszym wyznaczeniu adresu rozgałęzienia (skoku) oraz pobraniu razem z rozkazem następnym za rozgałęzieniem również rozkazu docelowego (jeszcze przed rozstrzygnięciem spełnienia warunku rozgałęzienia)
- powielenie potoku (pierwszych stopni) i rozpoczęcie równoległego pobierania dwóch strumieni rozkazów (do chwili rozstrzygnięcia rozgałęzienia), później unieważnienie jednego strumienia

Te działania doprowadziły finalnie do aktualnego podejścia czyli przewidywania rozgałęzień. Wy różniamy następujące strategie przewidywania rozgałęzień:

##### (a) Statyczne

- przewidywanie, że rozgałęzienie (skok warunkowy) zawsze nastąpi
- przewidywanie, że rozgałęzienie nigdy nie nastąpi (Motorola 68020, VAX 11/780)
- odejmowanie decyzji na podstawie kodu rozkazu rozgałęzienia (specjalny bit ustawiany przez kompilator) (Ultra SPARC III)

##### (b) Dynamiczne

- Czyli tablica historii rozgałęzień

##### (c) Inne

- przewidywanie, że skok wstecz względem licznika rozkazów zawsze nastąpi
- przewidywanie, że skok do przodu względem licznika rozkazów nigdy nie nastąpi
- przełączanie wątków zamiast prognozowania rozgałęzień w niektórych procesorach ze sprzętowym wsparciem wielowątkowości

#### 3. Porównaj realizację rozkazów wektorowych w komputerach wektorowych i macierzowych.

Patrz: 2

#### 4. Scharakteryzuj architekturę systemu UMA.

Jeden z rodzajów systemu wieloprocesorowego, charakteryzuje się wspólną pamięcią operacyjną dla wszystkich procesorów, każdy procesor ma własną pamięć podręczną (cache). Czas dostępu do pamięci jest dla wszystkich procesów identyczny. Charakterystyczne dla SMP.

#### 5. Wymień cele sprzętowej, współbieżnej realizacji wielu wątków w jednym rdzeniu.

Cel współbieżnej realizacji dwóch (lub więcej) wątków w jednym procesorze (rdzeniu): Minimalizacja strat cykli powstałych w trakcie realizacji pojedynczego wątku w wyniku:

- chybionych odwołań do pamięci podręcznej,
- błędów w przewidywaniu rozgałęzień,
- zależności między argumentami kolejnych rozkazów.



## 4 2013, Termin I

### 1. Wymień cechy architektury superskalarnej.

Patrz: 2

### 2. Uszereguj systemy wieloprocessorowe i klastry rosnąco wg skalowalności.

Według mnie chociaż nie jestem tego pewien to systemy wieloprocessorowe trzeba by uszeregować tak:

- komputery macierzowe (jeżeli traktować elementy przetwarzające jako osobne jednostki) - ciężko zwiększać elementy przetwarzające lub układy macierzowe jako peryferia komputera
- UMA - ciężkie do rozbudowy ze względu na pojedynczą magistralę lub przełącznicę
- NUMA - średnie w rozbudowie
- MPP - łatwe w rozbudowie; wystarczy dokładać procesory i zadbać o przepływ danych (wymiana komunikatów)
- Klastry - wydajnościowe i niezawodnościowe; pracujące na wspólnych dyskach; każdy z nich ma osobny, niezależnie utrzymywany system operacyjny

### 3. Scharakteryzuj ogólnie systemy typu klastr.

- Sieci łączące – standardy: Gigabit Ethernet, Infiniband
- Komunikacja między węzłami (procesami) – przesył komunikatów
- Bardzo wysoka skalowalność
- Cele budowy: wysoka wydajność lub/i wysoka niezawodność
- Korzystny wskaźnik: cena/wydajność
- Według mnie jeszcze oprogramowanie, które umożliwi prawidłową pracę tych wszystkich komputerów

### 4. Wyjaśnij, na czym polega problem zależności między danymi przy potokowej realizacji rozkazów. Podaj przykłady rozwiązania tego problemu w jednopotokowych procesorach RISC i w procesorach superskalnych.

Patrz: 3

### 5. Co jest celem sprzętowego sterowania współbieżną realizacją wielu wątków w jednym rdzeniu? Jakie są metody i jakie warunki sprzętowej realizacji wielowątkowości?

Patrz: 5

## 5 2014, termin I, NSI

### 1. Scharakteryzuj ogólnie procesory o architekturze superskalarnej

- Procesor superskalarny posiada potoki, które umożliwiają wykonywanie większej niż 1 liczby rozkazów w 1 takcie.
- Potrafi załadować kilka rozkazów z pamięci operacyjnej w jednym takcie procesora.
- Z tych powodów wynika hazard sterowania oraz hazard danych.
- Hazard sterowania wynika z potokowości i polega na możliwości błędnego przewidywania rozgałęzień i warunków. Eliminuje się go stosując układy przewidywania rozgałęzień (sprzętowo) lub przez programistę metodą skoków opóźnionych (programowo).
- Hazard danych również wynika z potokowości procesora, polega na przetwarzaniu danych w taki sposób, że równoległe wykonywanie operacji, może skutkować błędnym wykonaniem programu. Można wyróżnić 3 rodzaje zależności:
  - Prawdziwa zależność danych (*RAW - Read After Write*) - próba odczytania zmiennej która jest jednocześnie zapisywana. Można rozwiązać przez szynę zwrotną (wyprzedzające pobieranie argumentu) lub metodę przemianowania rejestrów.

- Zależność wyjściowa (*WAW - Write After Write*) - próba zapisania zmiennej która jest jednocześnie zapisywana. Ten rodzaj zależności musi być wykrywany sprzętowo.
- Antyzależność (*WAR - Write After Read*) - próba zapisania zmiennej która jest jednocześnie odczytywana. Można rozwiązać przez wstrzymanie napełniania potoku na 1 takt lub metodę przemianowania rejestrów.

**2. Wyjaśnij na czym polega różnica w wykonaniu rozkazów wektorowych w komputerach wektorowych i macierzowych**

- W komputerach wektorowych czas wykonania rozkazu wektorowego jest wprost proporcjonalny do długości wektora. Z kolei w komputerach macierzowych, jeśli ten posiada wystarczającą liczbę jednostek (co najmniej długość wektora x długość wektora), czas ten jest stały.

**3. Scharakteryzuj ogólnie systemy typu klastery**

- Pamięć systemów klastery jest rozproszona fizycznie i logicznie.
- Węzłem klastra może być albo komputer osobisty (PC), albo system SMP jako serwer.
- Każdy węzeł klastra musi posiadać osobny system operacyjny.
- Klastery mogą być węzłami systemu MPP.
- Za komunikację odpowiada przesył komunikatów.
- Węzły są połączone za pomocą sieci specjalizowane SAN lub zwykłej sieci LAN.
- Klastery charakteryzują się wysoką niezawodnością i wydajnością za rozsądną cenę.
- Bardzo wysoka skalowalność.

**4. Wyjaśnij na czym polega problem zależności między danymi przy potokowej realizacji rozkazów. Podaj przykłady rozwiązania tego problemu w procesorach RISC.**

- przy potokowej realizacji rozkazów występuje hazard danych, czyli zależności między danymi. Można wyróżnić ich 3 rodzaje:
  - Prawdziwa zależność danych (*RAW - Read After Write*) - próba odczytania zmiennej która jest jednocześnie zapisywana. Można rozwiązać przez szynę zwrotną (wyprowadzając pobieranie argumentu) lub metodę przemianowania rejestrów.
  - Zależność wyjściowa (*WAW - Write After Write*) - próba zapisania zmiennej która jest jednocześnie zapisywana. Ten rodzaj zależności musi być wykrywany sprzętowo.
  - Antyzależność (*WAR - Write After Read*) - próba zapisania zmiennej która jest jednocześnie odczytywana. Można rozwiązać przez wstrzymanie napełniania potoku na 1 takt lub metodę przemianowania rejestrów.

**5. Omów organizację pamięci podręcznych (PaP) oraz metody sprowadzania danych z pamięci operacyjnej do PaP? Dlaczego stosuje się pamięci podręczne.**

-

## 6 2015, Termin 0

### 1. Omów najważniejsze cechy architektury CUDA w szczególności model pamięci.

- *Cechy architektury:*
  - CUDA to architektura wielordzeniowych procesorów graficznych, to uniwersalna architektura obliczeniowa wraz z równoległym modelem programistycznym, wspiera C i C++.
  - Posiada uniwersalny procesor przetwarzający wierzchołki, piksele i geometrię oraz uniwersalne programy obliczeniowe.
  - Posiada procesor wątków, który eliminuje "ręczne" zarządzanie rejestrami wektorowymi.
  - Oparta jest o model SIMT (*single-instruction multiple-thread*), gdzie wiele niezależnych wątków wykonuje równocześnie tę samą instrukcję.
  - Model programistyczny dzieli kod na część wykonywaną przez procesor i część wykonywaną przez kartę graficzną.
- **Wątki:**
  - Każdy wątek niezależnie wykonują tę samą operację oraz ma swoją lokalną pamięć, dodatkowo wątki mają wspólną pamięć globalną i współdzieloną.
  - Za komunikację między wątkami odpowiadają mechanizmy synchronizacji (*barrier synchronization*).
  - Wątki są automatycznie grupowane w bloki o geometrii 1, 2 lub 3-wymiarowej.
  - Bloki grupowane są w siatkę (*grid* - kratę) o geometrii 1, 2-wymiarowej.
  - Bloki wątków tworzących siatkę muszą się wykonywać niezależnie.
- **Model pamięci:**
  - **Pamięć globalna** - duża, o czasie życia aplikacji, dostępna dla każdego wątku w dowolnym bloku, o długim czasie dostępu. W pamięci globalnej wyróżnia się:
    - \* **Pamięć stałych** - mały fragment, który jest tylko do odczytu oraz jest *cache*-owany, dzięki czemu dostęp do niego jest bardzo szybki. Czas życia oraz jej dostępność taka sama.
    - \* **Pamięć lokalna** - wykorzystywana do przechowywania danych lokalnych wątku, które nie mieszczą się w rejestrach
    - \* **Pamięć tekstur** - posiada specyficzne metody adresowania i *cache*-owanie dla zastosowań graficznych
  - **Pamięć współdzielona** - niewielka, o czasie życia bloku, dostępna dla każdego wątku w bloku dla którego jest dedykowana, o bardzo krótkim czasie dostępu.
  - **Rejestry** - niewielka, bardzo szybka, o czasie życia wątku. Tylko jeden wątek może w danym momencie korzystać z danego rejestru.

### 2. Omów budowę systemów o niejednorodnym dostępie do pamięci (NUMA).

- Systemy NUMA zbudowane są z wielu procesorów, gdzie każdy procesor posiada własną, bardzo szybką pamięć lokalną.
- Dodatkowo procesory posiadają wspólną, ogromną pamięć wspólną.
- Dostęp do nielokalnej pamięci jest znacznie wolniejszy niż do lokalnej (ok. 10 razy).
- W celu zapewnienia spójności między pamięciami podręcznymi stosowane są węzły i katalogi, i tylko katalogi, które są znacznie lepsze od protokołu MESI.
- Można wyróżnić podkategorie systemów: NC-NUMA (non-cached) i CC-NUMA (cache coherent)
- Systemy te posiadają średniej jakości skalowalność
- Pamięć podręczna jest fizycznie rozproszona, ale logicznie wspólna.
- Dostęp do pamięci nielokalnej odbywa się z użyciem katalogów oraz odczytywanie całych linii pamięci podręcznej.
- Architektura NUMA jest bardzo efektywna dla aplikacji, które częściej odczytują z nielokalnej pamięci i nieefektywna dla aplikacji, które części zapisują do niej.  
Przy zapisie trzeba zaktualizować stan tej linii we wszystkich węzłach, które je pobrały do siebie.

### 3. Porównaj realizację rozkazów wektorowych w komputerach wektorowych i macierzowych. 9.2

- **W komputerze wektorowym:**

- Szybkość realizacji rozkazów jest liniowo proporcjonalna do długości wektora.
- Moc obliczeniowa rośnie logarytmicznie (nieliniowo) wraz ze zwiększeniem długości wektora.
- Przyspieszenie (stosunek czasu wykonywania na komputerze szeregowym do czasu na wektorowym) jest w idealnym przypadku równa długości wektora.
- Efektywność wykonywania rozkazów dąży do pewnej stałej wartości, która jest efektywnością idealną.

- **Z kolei w komputerze macierzowym:**

- Rozkaz wektorowy może być wykonywany w jednym kroku (jeśli jest wystarczająca liczba jednostek przetwarzających), czyli w stałym czasie.
- Dzieje się tak dzięki sieci elementów przetwarzających.

### 4. Wymień różnice między systemami SMP a MPP.

- SMP posiada pamięć logicznie wspólną, ale może ona być fizycznie jednorodna (UMA) lub rozproszona (NUMA). Z kolei MPP posiada pamięć fizycznie i logicznie rozproszoną.
- MPP jest znacznie bardziej skalowalne niż SMP (UMA - słabo, NUMA - średnio).
- W SMP wymagany jest mechanizm do zachowania spójności pamięci podręcznych procesorów - może to być protokół MESI (UMA) lub katalogi (UMA i NUMA).
- W MPP do kontroli wystarcza przesył komunikatów. Jest on realizowany programowo (MPP I generacji) lub sprzętowo przez routery (MPP II generacji).
- W SMP istnieje jedna wspólna pamięć, z kolei w MPP każdy węzeł ma swoją pamięć lokalną plus opcjonalnie wspólną.
- W MPP jest wolniejsza komunikacja między węzłami sieci - potrzebna jest wymiana większej liczby informacji.
- SMP węzłem jest zwykły procesor, w MPP jest to procesor lub system wieloprocesorowy (właśnie SMP).

### 5. Omów rozwiązania stosowane w klastrach o wysokiej niezawodności.

- Redundancja węzłów (mocy obliczeniowej) - większa moc obliczeniowa, więcej mocy w zapasie, różne tryby pracy klastrów (aktywny-pasywny, pasywny-pasywny, mieszane)
- Dostęp do wspólnych zasobów (pamięci zewnętrznych) - więcej pamięci, współdzielona lub nie ("współdziel wszystko", "nie współdziel nic").
- *Mirroring* dysków - zabezpieczenie przed utratą danych, zapis na dwóch dyskach jednocześnie tych samych danych
- Mechanizmy kontrolujące funkcjonowanie węzłów - efektywniejsza praca całości jako jednego systemu
- Redundancja sieci łączących (dla 3 rodzajów sieci) - przypadku błędu sieci klastr nie przestaje działać, tylko inna sieć przejmuje kontrolę
- Redundancja zasilania - wincyj mocy i prądu
- Mechanizmy kontrolujące funkcjonowanie węzłów - "Heartbeat" oraz "Fail-over". Heartbeat to regularne wysyłanie sygnałów przez węzeł do sieci, które świadczą o poprawnej pracy. Jeżeli "bicie serca" zostanie przerwane / zakłócone, do akcji wkracza Fail-over - obsługa awarii. Ten przełącza system, który uległ awarii na system rezerwowy. Poprzez Fail-back określa się powrót do stanu sprzed awarii.

# Zadania egzaminacyjne

## 1 Sparc

Uwagi:

- W języku assemblera SPARC komentarze są oznaczane przez znak wykrzyknika (!), a nie średnika (;). W listingach są średniki ze względu na wbudowany listingu assemblera w latexie.

### 1.1 Laborka: min, max oraz max - min

Ocena nieznana.

#### 1.1.1 Funkcja w języku C

```
#include <stdio.h>
extern int minmax(int *tab, int n, int *max, int *min);

int main()
{
    int i, N, *tab;
    int max, min, span;
    scanf("%i", &N);
    if (N < 0) {
        printf("N<0!\n");
        return -1;
    }
    tab = malloc(N*sizeof(*tab));
    for (i = 0; i < N; ++i)
        scanf("%i", tab + i);
    span = minmax(tab, N, &max, &min);
    printf("min=%i, max=%i, span=%i\n",
        min, max, span);
    free(tab);
    return 0;
}
```

### 1.1.2 Odpowiednik w SPARCu

```
.global minmax
.proc 4
; rejestry:
; %i0 - adres do tablicy
; %i1 - ilosc liczb (N)
; %i2 - adres do max
; %i3 - adres do min
;
; %l6 - pomocnicza do przechowania przesuniecie w bajtach
; %l7 - pomocnicza do porownywania z min/max
; %l1 - max
; %l2 - min
minmax:
    save %sp, -96, %sp ; przesuniecie okienka
    ; zaladuj wartosci dla max i min, gdy n <= 0
    mov 0, %l1
    mov 0, %l2
    ; sprawdz czy n > 0
    subcc %i1, 1, %i1
    blt end
    nop
    ; zaladuj startowe max (%l1) i min(%l2) z pierwszej liczby
    ld [%i0], %l1
    mov %l1, %l2
petla:
    ; sprawdz koniec petli
    blt end
    ; wylicz adres i zaladuj kolejna liczbe
    smul %i1, 4, %l6
    ld [%i0+%l6], %l0 ; %l0 - obecna liczba

    ; update max
    subcc %l0, %l1, %l7 ; %l1 - max
    blt next
    nop
    mov %l0, %l1
next:
    ; update min
    subcc %l0, %l2, %l7 ; %l2 - min
    bgt next2
    nop
    mov %l0, %l2
next2:
    ba petla
    subcc %i1, 1, %i1
end:
    ; zapisz wynik
    st %l1, [%i2]
    st %l2, [%i3]
    sub %l1, %l2, %i0
    ret
    restore ; odtworzenie okienka
```

## 1.2 Laborka, szukanie min i max

Ocena nieznana.

```
.global _start
; 'defajny:'
define (ilosc, 4)
define (delta, 3)
; 'rejestry:'
define (adres, 13)           ; ' %l3 - przesuniecie tablicy'
define (min, 11)             ; ' %l1 - min'
define (max, 12)             ; ' %l2 - max'
define (indeks, 14)          ; ' %l4 - indeks'
define (pobrane, 15)         ; ' %l5 - pobrana wartosc'
define (tmp, 16)             ; ' %l6 - pomocniczy'
define (rozpietosc, 0)       ; ' %o1 - zurocona rozpietosc'
; 'kod:'
_start:
    save %sp, -96, %sp
    mov 0, %adres
    mov 0, %indeks
    ; 'zapis wartosci poczatkowych min i max'
    ld [%adres], %min
    ld [%adres], %max
    ; 'dodajemy delte do pierwszej komorki'
    add %min, delta, %tmp
    st %tmp, [%adres]
petla:
    add %indeks, 1, %indeks    ; 'indeks++'
    add %adres, 4, %adres     ; 'przesuniecie na kolejny element'
    cmp %indeks, ilosc
    be end
    nop
    ; 'zwiększamy o delte'
    ld [%adres], %pobrane
    add %pobrane, delta, %pobrane
    st %pobrane, [%adres]
; 'sprawdzamy czy pobrana wartosc jest mniejsza niz min'
    subcc %pobrane, %min, %tmp
    bg dalej
    nop
    mov %pobrane, %min
    ba petla_end
    nop
dalej:
    ; 'sprawdzamy czy pobrana wartosc jest wieksza niz max'
    subcc %pobrane, %max, %tmp
    bl petla_end
    nop
    mov %pobrane, %max
petla_end:
    ba petla
    nop
end:
    sub %max, %min, %rozpietosc ; 'zapisujemy rozpietosc'
    ret
```

## 1.3 2008, I termin, Jerzy Respondek

### 1.3.1 Treść

Napisz funkcję w asemblerze procesora SPARC obliczającą sumę liczb naturalnych od 1 do danej  $n$  jako argument funkcji. Założyć, że  $n \geq 1$ .

Przykład:  $f(5) = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15$

### 1.3.2 Propozycja rozwiązania 1

```
.global funkcja
.proc 4
funkcja:
    save %sp, -96, %sp        ; trzeba tutaj to robić ???
    mov %i0, %l0              ; a
    mov 1, %l1                ; liczba naturalna
    mov 0, %l2                ; wynik
petla:
    add %l1, %l2, %l2         ; liczba + suma = suma
    add %l1, 1, %l1           ; liczba++
    subcc %l0, 1, %l0         ; a--
    bl koneic
    nop
    ba petla
    nop
koneic:
    mov %l2, %i0              ; wynik
    ret
    restore
```

### 1.3.3 Propozycja rozwiązania 2

```
.global sumator
.proc 4
sumator:
    save %sp, -96, %sp        ! przesunięcie okna
    mov %i0, %l1              ! a w l1
    mov %l1, %l0              ! suma = a
petla:
    subcc %l1, 1, %l1         ! dekrementacja licznika
    bneg koneic
    add %l0, %l1, %l0         ! suma += licznik
    ba petla
koneic:
    mov %l0, %i0              ! zwrócenie sumy
    ret
    restore                  ! przywrócenie stanu okna
```



## 1.4 2010, I termin, Jerzy Respondek

### 1.4.1 Treść

Napisz w asemblerze procesora SPARC funkcję obliczającą sumę kwadratów wszystkich liczb całkowitych z przedziału  $a$  do  $b$ . Założyć  $a < b$ , np.

$f(2, 5) = 2 * 2 + 3 * 3 + 4 * 4 + 5 * 5$

Nagłówek funkcji ma mieć postać:

```
int f(int a, int b)
```

### 1.4.2 Propozycja rozwiązania

## 1.5 2012, I termin, Jerzy Respondek

### 1.5.1 Treść

Napisz w asemblerze procesora SPARC funkcję realizującą dokładnie tę samą operację co jej odpowiednik w języku C:

```
int f(int *tab, int n)
{
    int i, suma = 0;
    for(i = 0; i < n; i++)
    {
        suma -= (2 * i + 1) * tab[i];
        suma *= suma;
    }
    return suma;
}
```

### 1.5.2 Propozycja rozwiązania 1

```
.global func
.proc 4

funkcja:
    save %sp, -96, %sp
    mov %i0, %l0          ; wskaźnik tablicy, tak podano argument
    ld [%i0], %l1         ; wartość tablicy spod wskaźnika odczytujemy
                          ; poprzez LD
    mov %l1, %l2          ; rozmiar
    mov 1, %l3            ; i
    mov 0, %l4            ; temp
    mov 0, %l5            ; suma

pętla:
    subcc %l2, 1, %l2     ; n--
    bl koniec            ; if n < 0 koniec
    nop

    smul %l3, 2, %l4      ; temp = 2*i
    add %l4, 1, %l4       ; temp = temp + 1 = 2*i+1
    smul %l1, %l4, %l4    ; temp = temp * tab[i] = (2*i+1)*tab[i]
    subcc %l5, %l4, %l5   ; suma = suma - temp = suma - (2*i+1)*tab[i]

    smul %l5, %l5, %l5    ; suma = suma * suma
    add %l0, 4, %l0       ; *tab++ przesuwamy się o 4 na kolejny element
                          ; bo tyle ma int
    ld [%l0], %l1         ; pobieramy nowy element
    ba pętla
    nop

koniec:
    mov %l5, %i0          ; zwracamy wynik w i0 bo po restore zamienia się
                          ; input na output
    ret                  ; ret bo było save
    restore
```

### 1.5.3 Propozycja rozwiązania 2

```
.global fun
.proc 4

;   a(n) = a(n - 1) ^ k + n * k; a(0) = 1
fun:
    save %sp, -96, %sp
    ; %i0 == n
    ; %i1 == k

    subcc %i0, 1, %o0    ; %o0 == n - 1
    bneg return1
    nop

    ; trzeba obliczyc a(n - 1)
    mov %i1, %o1
    call fun
    nop

    ; %o0 == a(n - 1)
    mov %i1, %l1        ; %l1 == k
    mov 1, %l2          ; %l2 == 1 (tu bedzie wynik potegowania)
power:
    umul %l2, %o0, %l2
    subcc %l1, 1, %l1    ; dekrementuj licznik petli
    bg power            ; skok, gdy licznik > 0
    nop

    ; %l2 == a(n - 1) ^ k
    umul %i0, %i1, %i0
    ; %i0 == n * k
    add %i0, %l2, %i0
    ; %i0 == a(n - 1) ^ k + n * k == a(n)
    ba return
    nop

return1:
    mov 1, %i0
return:
    ret
    restore
```

## 1.6 2013, I termin, Jerzy Respondek

### 1.6.1 Treść

Napisz w asemblerze procesora SPARC funkcję zwracającą  $a(n)$  wyliczoną z poniższego wzoru rekurencyjnego, a pobierającą dwa argumenty:  $n$  oraz  $k$ , obydwu typu *unsigned int*.

$$a(n) = a(n-1)^k + n \cdot k, \quad a(0) = 1, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

### 1.6.2 Rozwiązanie nr 1 by Dexus

```
.global _start

_start:
    MOV    0x05,    %g1                ;! g1 - K
    MOV    0x0A,    %o7                ;! rej o7 i i7 -> N (lokalne)
    MOV    %o7,     %g7                ;! N absolutne

_petla:
    SAVE   %sp,     -96,    %sp        ;! otworzenie okna

    SUBcc  %i7,     0x00,    %g0        ;! sprawdzenie, czy to dno
    BE     _nzero
    NOP

    SUB    %i7,     0x01,    %o7        ;! wykonanie rekurencji
    BA     _petla
    NOP

_nzero:
    MOV    0x00,    %i5
    MOV    0x00,    %g2                ;! g2 temp n

_petlapowrot:
    RESTORE                ;! zamknięcie koła

    MOV    %i5,     %l0                ;! obliczenia
    MOV    0x01,    %l1                ;! temp k

_petlamnoz:
    UMUL   %i5,     %l0,    %l0        ;! obliczenia zgodnie ze wzorem
    ADD    %l1,     0x01,    %l1
    SUBcc  %l1,     %g1,    %g0
    BNE    _petlamnoz

    UMUL   %g2,     %g1,    %l2
    ADD    %l1,     %l2,    %o5

    ADD    %g2,     0x01,    %g2

    SUBcc  %g2,     %g7,    %g0        ;! czy koniec odkręcania koła
    BLE    _petlapowrot
    NOP

    MOV    %i5,     %g1                ;! g1 - wynik koncowy
    NOP                                ;! koniec
```

### 1.6.3 Rozwiązanie nr 2 by Trimack

```
.global _start
.proc 4
;! Rejestry:
;! %i0 - n. Numer elementu ciągu, który chcemy pobrać
;! %i1 - k. Parametr równania ciągu
;!
;! %l0 - zmienna tymczasowa do porównań
;! %l1 - licznik potęgowania
;! %l2 - wynik potęgowania
;! %l3 - wynik mnożenia n * k
;!
;! Wzór:  $a(n) = a(n - 1) ^ k + n * k$ ;  $a(0) = 1$ 
;! Wartość zwracana:  $a(n)$ 

_start:
    save    %sp,    -96,    %sp    ;! Przesunięcie okienka

    subcc   %i0,    1,        %o0    ;! %o0 -> n - 1. if (n == 0)
    bneg    zwroc1
    nop

    subcc   %i1,    1,        %l0    ;! if (k == 0)
    bneg    zwroc1
    nop

    mov     %i1,    %o1        ;! %o1 -> k
    call    _start
    nop

    ;! %o0 -> a(n - 1)
    mov     %i1,    %l1        ;! %l1 -> k
    mov     %o0,    %l2        ;! %l2 -> a(n - 1)

power:
    ;! dekrementacja licznika i sprawdzenie, czy skończyliśmy potęgować: if
    ;! (%l1 - 1 = 0)
    subcc   %l1,    1,        %l1
    be      powerEnd
    nop
    umul     %l2,    %o0,    %l2    ;! %l2 *= a(n - 1)
    ba      power
    nop
powerEnd:
    ;! %l2 ->  $a(n - 1) ^ k$ 
    umul     %i0,    %i1,    %l3    ;! %l3 = n * k
    add      %l2,    %l3,    %i0    ;! %i0 = wynik
    ba      end
    nop
zwroc1:
    mov     1,        %i0
end:
    ret
    restore
```

### 1.6.4 Rozwiązanie nr 3

Podobno otrzymano za to 5, choć rozwiązanie NIE JEST w pełni poprawne.

```
.global fun
.proc 4

fun:
    save    %sp,    -96,    %sp

    mov     %i0,    %l0          ; l0 - n
    mov     %i1,    %l1          ; l1 - k
    mov     0,      %l2          ; power
    mov     1,      %l3          ; a(n) = 1

    subcc   %i0,    1,          %i0
    bl      theEnd              ; if n = 0 then jump to theEnd
    nop

    mov     %l0,    %l2          ; power = n
    smul    %l2,    %l1,    %l2  ; power = power * k
    add     %l2,    %l1,    %l2  ; power = power + k

    call    fun
    mov     %i0,    %l3          ; get score of recursion

expo:
    smul    %l3,    %l3,    %l3
    subcc   %l2,    1,          %l2
    bl      theEnd
    nop
    ba      expo
    nop
theEnd:
    mov     %l3,    %i0          ; return score
    ret
    restore
.end
```

## 1.7 2015, 0 termin, Jerzy Respondek

### 1.7.1 Treść

Napisz w assemblerze procesora SPARC funkcję realizującą dokładnie tę samą operację, co jej odpowiednik w języku C:

```
int f(int *tab, int n)
{
    int i, suma = 0;
    for(i = 0; i < n; i++)
    {
        suma += i*tab[i];
    }
    return suma;
}
```

### 1.7.2 Rozwiązanie 1 by Dexus

```
.global _start
_start:
; ! i1 wskaźnik na pocz tablicy
; ! i2 n
; ! i0 - wyjściowa suma (RESTORE spowoduje że będzie to w rej.
; ! wyjściowych funkcji nadrzędnej
; ! l0, l1 - wskaźnik na el. tablicy, n
; ! l2 - iterator
; ! l3 - suma
    mov    %i1,    %l0
    mov    %i2,    %l1
    mov    0x00,    %l2
    mov    0x00,    %l3
_loop:
    ; ! if sprawdzaj czy i < n
    subcc  %l2,    %l1,    %g0
    bge    _koniec
    nop

    ld     [%l0],    %l7
    umul   %l7,    %l2,    %l7
    add    %l7,    %l3,    %l3

    add    %l2,    0x01,    %l2

    ba     _loop
    add    %l0,    0x04,    %l0
    ; !można zamienić miejscami i dać nop, ale tak optymalniej

_koniec:
    mov    %l3,    %i0
```

### 1.7.3 Rozwiązanie 2 by Trimack

```
.global f
.proc 4
;! Rejestry:
;! %i0 - adres tablicy wejsciowej
;! %i1 - rozmiar tablicy (n)
;! %l0 - zmienna tymczasowa do porównań
;! %l1 - suma
;! %l2 - licznik (i)
;! %l3 - i * a[i]
;! int f(int *tab, int n)

f:
    save    %sp,    -96,    %sp
    mov     0,     %l1          ;! suma = 0
    mov     0,     %l2          ;! i = 0

    subcc   %i1,    1,         %l0    ;! if (n == 0)
    bneg    koniec
    nop

petlaFor:
    subcc   %l2,    %i1,    %l0    ;! if (i >= n)
    bge     koniec
    nop

    ld      [%i0],   %l3          ;! %l3 = a[i]
    smul    %l3,     %l2,    %l3    ;! %l3 = i * a[i]

    add     %l1,     %l3,    %l1    ;! suma += i * a[i]
    add     %i0,     4,      %i0    ;! %i0 wskazuje na kolejny e. tablicy

    add     %l2,     1,      %l2    ;! i++
    ba      petlaFor
    nop

koniec:
    mov     %l1,     %i0          ;! zwrócenie wyniku
    ret
    restore
```



## 2 PVM

### 2.1 Wstęp z laberek, szukanie min i max

#### 2.1.1 Treść

Napisać program znajdujący minimum i maksimum z macierzy.

Hello.c - program główny, rodzic; Hello\_other.c - program podrzędny, potomek.

#### 2.1.2 Rozwiązanie

Program przekazuje kolejne wiersze macierzy do programów potomnych, które znajdują lokalne minimum i maksimum. Program zbiera wszystkie minima i maksima do tablicy o rozmiarze wysokości macierzy. Pod koniec sam ręcznie wylicza min i max z tych dwóch tablic.

Należy pamiętać, że programy potomne muszą fizycznie znajdować się na dyskach innych komputerów w sieci PVM.

**Program działający, oceniony na 5.**

```
/* - Autorzy:
   -- Forczu Forczmański
   -- Wuda Wudecki
*/
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include "pvm3.h"
#define WYSOKOSC 5          // liczba wierszy
#define SZEROKOSC 5        // liczba kolumn
/// Program rodzica
main()
{
    // dane potrzebne do obliczeń
    int matrix[WYSOKOSC][SZEROKOSC];
    int min_result[WYSOKOSC], max_result[WYSOKOSC];
    int minimum, maksimum;
    // wypełnienie macierzy danymi
    int i, j;
    for ( i = 0; i < WYSOKOSC; ++i )
        for ( j = 0; j < SZEROKOSC; ++j )
            matrix[i][j] = rand() % 30;
    // wypisanie macierzy na konsoli
    for ( i = 0; i < WYSOKOSC; ++i )
    {
        for ( j = 0; j < SZEROKOSC; ++j )
            printf("%d ", matrix[i][j]);
        printf("\n\n");
    }
    // pobranie informacji
    int ilhost, ilarch;
    struct pvmhostinfo * info;
    pvm_config(&ilhost, &ilarch, &info);
    printf("Liczba hostów: %d\n", ilhost);

    int id1 = 0;
    int tid;
```

```

// Dla każdego hosta - inicjujemy go
for ( i = 0; i < ilhost; i++ )
{
    pvm_spawn( "/home/pvm/pvm3/sekcja11/bin/LINUX/hello_other", 0,
        PvmTaskHost, info[i].hi_name, 1, &tid);
    if ( tid < 0 )
    {
        ilhost--;
        continue;
    }
    printf("tid: %d\n", tid);
    pvm_initsend(PvmDataDefault);
    // wysyłamy:
    // id wiersza
    pvm_pkint(&id1, 1, 1);
    // elementy wiersza
    pvm_pkint(&matrix[id1][0], SZEROKOSC, 1);
    pvm_send(tid, 100);
    id1++;
}
//// Wykonywanie programu aż do przedostatniej pętli
int bufid, child_tid, child_id1, tmp;
while ( id1 < WYSOKOSC )
{
    bufid = pvm_recv(-1, 200);
    pvm_buinfo(bufid, &tmp, &tmp, &child_tid);
    printf("recv: %d\n", child_tid);
    // pobranie id wiersza
    pvm_upkint(&child_id1, 1, 1);
    // pobranie nowych min / max
    pvm_upkint(&min_result[child_id1], 1, 1);
    pvm_upkint(&max_result[child_id1], 1, 1);
    // wysłanie nowych danych
    pvm_initsend(PvmDataDefault);
    // id kolejnego wiersza
    pvm_pkint(&id1, 1, 1);
    // nowy wiersz
    pvm_pkint(&matrix[id1][0], SZEROKOSC, 1);
    pvm_send(child_tid, 100);
    id1++;
}
//// Odebranie ostatnich danych
for ( i = 0; i < id1 - ilhost + 1; i++ )
{
    bufid = pvm_recv(-1, 200);
    pvm_buinfo(bufid, &tmp, &tmp, &child_tid);
    printf("recv: %d\n", child_tid);
    // pobranie id wiersza
    pvm_upkint(&child_id1, 1, 1);
    // pobranie nowych min / max
    pvm_upkint(&min_result[child_id1], 1, 1);
    pvm_upkint(&max_result[child_id1], 1, 1);
}

```

```

// uzyskanie minimum z wiersza
minimum = min_result[0];
maksimum = max_result[0];
for (j = 1; j < WYSOKOSC; j++)
{
    if ( max_result[j] > maksimum )
        maksimum = max_result[j];
    if ( min_result[j] < minimum )
        minimum = min_result[j];
}
printf("Uzyskane_wartosci:\nMIN: %d, MAX: %d\n", minimum, maksimum);
pvm_exit();
return 0;
}

```

### Program potomka

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include "pvm3.h"
#define WYSOKOSC 5 // liczba wierszy
#define SZEROKOSC 5 // liczba kolumn
/// Program potomka
int main()
{
    int masterid, id1, j, curr_row[SZEROKOSC], curr_min, curr_max;
    // pobierz id rodzica
    masterid = pvm_parent();
    if (masterid == 0)
        exit(1);
    while(1)
    {
        pvm_recv(masterid, 100);
        // pobranie wartosci:
        // id wiersza
        pvm_upkint(&id1, 1, 1);
        pvm_upkint(&curr_row[0], SZEROKOSC, 1);
        // uzyskanie minimum z wiersza
        curr_min = curr_max = curr_row[0];
        for (j = 1; j < SZEROKOSC; j++)
        {
            if ( curr_row[j] > curr_max )
                curr_max = curr_row[j];
            if ( curr_row[j] < curr_min )
                curr_min = curr_row[j];
        }
        // wysłanie nowych danych
        pvm_init send(PvmDataDefault);
        pvm_pkint(&id1, 1, 1);
        pvm_pkint(&curr_min, 1, 1);
        pvm_pkint(&curr_max, 1, 1);
        pvm_send(masterid, 200);
    }
    pvm_exit();
    return 0;
}

```

## 2.2 Laborki, odejmowanie macierzy

### 2.2.1 Treść

Odejmowanie macierzy.

### 2.2.2 Rozwiązanie

Ocena nieznana.

```
/* AK Lab 2 - PVM
   Anna Kusnierz
   Tomasz Szoltysek
   Temat: Odejmowanie dwóch macierzy
*/
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include "pvm3.h"
#define MATRIX_SIZE 20
int main()
{
    int i,j;
    int count = 0;           //licznik wierszy macierzy
    int rescount;
    int tidmaster, ilhost, ilarch, bufid, t_id, bytes, msgtag;
    struct pvmhostinfo info;

    int a[MATRIX_SIZE][MATRIX_SIZE], b[MATRIX_SIZE][MATRIX_SIZE], r[
        MATRIX_SIZE][MATRIX_SIZE];
    FILE *txt = fopen("result.txt", "w");

    for (i=0; i<MATRIX_SIZE; i++)
    {
        for (j=0; j<MATRIX_SIZE; j++)
        {
            a[i][j] = rand();
            b[i][j] = rand();
        }
    }
    fprintf(txt, "Macierz A:\n
    _____\n\n");
    for (i=0; i<MATRIX_SIZE; i++)
    {
        for (j=0; j<MATRIX_SIZE; j++)
            fprintf(txt, "%d\t", a[i][j]);
        fprintf(txt, "\n");
    }
    fprintf(txt, "Macierz B:\n
    _____\n\n");
    for (i=0; i<MATRIX_SIZE; i++)
    {
        for (j=0; j<MATRIX_SIZE; j++)
            fprintf(txt, "%d\t", b[i][j]);
        fprintf(txt, "\n");
    }
}
```

```

tidmaster = pvm_mytid();
pvm_config(&ilhost, &ilarch, &info);
printf("%d", ilhost);
for(i=0; i < (ilhost > MATRIX_SIZE ? MATRIX_SIZE : ilhost); i++)
{
    pvm_spawn("/home/pvm3/pvm3/sekcja4/hello_other", 0, PvmTaskHost, info[
        i].hi_name, 1, &t_id);
    pvm_initsend(PvmDataDefault);
    pvm_pkint(&a[count][0], MATRIX_SIZE, 1);
    pvm_pkint(&b[count][0], MATRIX_SIZE, 1);
    pvm_pkint(&count, 1, 1);
    pvm_send(t_id, 100);
    ++count;
}
while(count < MATRIX_SIZE)
{
    bufid = pvm_recv(-1, 200);
    pvm_buinfo(bufid, &bytes, &msgtag, &t_id);
    pvm_upkint(&rescount, 1, 1);
    pvm_upkint(&r[rescount][0], MATRIX_SIZE, 1);
    pvm_initsend(PvmDataDefault);
    pvm_pkint(&a[count][0], MATRIX_SIZE, 1);
    pvm_pkint(&b[count][0], MATRIX_SIZE, 1);
    pvm_pkint(&count, 1, 1);
    pvm_send(t_id, 100);
    ++count;
}
for(i = 0; i < (ilhost > MATRIX_SIZE ? MATRIX_SIZE : ilhost); i++)
{
    bufid = pvm_recv(-1, 200);
    pvm_buinfo(bufid, &bytes, &msgtag, &t_id);
    pvm_upkint(&rescount, 1, 1);
    pvm_upkint(&r[rescount][0], MATRIX_SIZE, 1);
    pvm_kill(t_id);
}
fprintf(txt, "Macierz _wynikowa:\n
    _____\n\n");
for(i=0; i < MATRIX_SIZE; i++)
{
    for(j=0; j < MATRIX_SIZE; j++)
        fprintf(txt, "%d\t", r[i][j]);
    fprintf(txt, "\n");
}
fclose(txt);
exit(0);
}

```

### Program potomny

```
#include <stdio.h>
#include "pvm3.h"
#define MATRIX_SIZE 20
int main()
{
    int masterid, count, i;
    double vecta[MATRIX_SIZE], vectb[MATRIX_SIZE], vectr[MATRIX_SIZE];
    masterid = pvm_parent();
    if(masterid == 0) exit(1); //zabezpieczenie przed uruchomieniem z
    //poziomu rodzica
    //OBSŁUGA OBLICZEŃ i WYSYŁANIA WYNIKÓW
    while(1)
    {
        pvm_recv(masterid, 100);
        pvm_upkdouble(&vecta[0], MATRIX_SIZE, 1);
        pvm_upkdouble(&vectb[0], MATRIX_SIZE, 1);
        pvm_upkint(&count, 1, 1);
        for(i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
            vectr[i] = vecta[i] - vectb[i];
        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        pvm_pkint(&count, 1, 1);
        pvm_pkdouble(&vectr[0], MATRIX_SIZE, 1);
        pvm_send(masterid, 200);
    }
    return(0);
}
```

## 2.3 Laborki, Szyfr Cezara

### 2.3.1 Treść

Szyfr Cezara

### 2.3.2 Rozwiązanie

Podobno działa, ocena nieznana.

```
/// program główny
main()
{
    if(pvm_parent() == PvmNoParent)
        rodzic();
    else
        potomek();
    return 0;
}
```

```
/// Potomek
void potomek()
{
    int masterid, dlugosc, pozycja;
    char znak;
    masterid = pvm_parent();    /*kto mnie stworzył*/
    while(1)
    {
        pvm_recv(-1,100);
        pvm_upkbyte(&znak,1,1);
        pvm_upkint(&pozycja,1,1);
        if(znak != '\0')
        {
            if (((znak >= 'A') && (znak <= 'Z')) ||
                ((znak >= 'a') && (znak <= 'z')))
            {
                if (znak == 'x')
                    znak = 'a';
                if (znak == 'y')
                    znak = 'b';
                if (znak == 'z')
                    znak = 'c';
                if (znak == 'X')
                    znak = 'A';
                if (znak == 'Y')
                    znak = 'B';
                if (znak == 'Z')
                    znak = 'C';
            }
            else
                znak += 3;
        }
        pvm_init send(PvmDataDefault);
        pvm_pkbyte(&znak,1,1);
        pvm_pkint(&pozycja,1,1);
        pvm_send(masterid,200);
    }
}
```

```

/// Rodzic
void rodzic()
{
    char* text = "ala_ma_kota";
    char* text2;
    int length = strlen(text);
    int tidmaster, ilhost, ilarch, *tid, i, procesy = 0, budif, temp_id,
        zml, zm2;
    struct pvmhostinfo *info;
    if ((tidmaster = pvm_mytid()) < 0) exit(1);
    pvm_config(&ilhost, &ilarch, &info);
    tid = (int*) calloc (ilhost, sizeof(int));
    text2 = (char*) calloc (length + 1, 1);
    text2[length] = '\0';
    for(i = 0; i < ilhost; ++i) {
        if(i >= length) break;
        pvm_spawn("/home/pvm/pvm3/sekcja15/bin/LINUX/hello", 0, PvmTaskHost
            , info[i].hi_name, 1, &tid[i]);
        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        pvm_pkbyte((text + i), 1, 1);
        pvm_pkint(&i, 1, 1);
        pvm_send(tid[i], 100);
        ++procesy;
    }
    i = ilhost;
    while (1) {
        budif = pvm_recv(-1, 200);
        char temp;
        int recIndex;
        pvm_upkbyte(&temp, 1, 1);
        pvm_upkint(&recIndex, 1, 1);
        text2[recIndex] = temp;
        if (i >= length) break;
        else {
            pvm_bufinfo(budif, &zml, &zm2, &temp_id);
            printf("Od: %d\n", temp_id);
            pvm_initsend(PvmDataDefault);
            pvm_pkbyte((text + i), 1, 1);
            pvm_pkint(&i, 1, 1);
            pvm_send(temp_id, 100);
            ++i;
        }
    }
    for (i = 0; i < (ilhost - 1); ++i) {
        budif = pvm_recv(-1, 200);
        char temp;
        int recIndex;
        pvm_upkbyte(&temp, 1, 1);
        pvm_upkint(&recIndex, 1, 1);
        text2[recIndex] = temp;
        pvm_bufinfo(budif, &zml, &zm2, &temp_id);
        printf("Od: %d\n", temp_id);
        pvm_kill(temp_id);
    }
    printf("Tekst: %s\n", text2); pvm_exit();
}

```



## 3 Egzamin 2012, T1, Hafed Zghidi

### 3.1 Treść

Naszym zadaniem jest przeszukiwanie fragmentu obrazu (*wzorzec*) o rozmiarze  $n \times n$  w obrazie *Obraz* o rozmiarze  $m \times n$  ( $m \gg n$ ). Do tego celu służy nam odpowiednia funkcja

```
int find_pattern(x, y, n)
```

gdzie  $x, y$  to współrzędne w obrazie, a  $n$  rozmiar wzorca. Funkcja zwraca 1, jeśli wzorec znajduje się w obrazie lub 0 jeśli go nie ma. Wzorec może się powtarzać w obrazie.

Napisać w oparciu o środowisko PVM kod programu rodzica zliczającego ile razy wzorec znajduje się w obrazie. Program powinien zapewnić równoległe rozwiązanie tego zadania z zachowaniem dynamicznego podziału zadań. Dodatkowe punkty można uzyskać za zapewnienie lepsze granulacji podziału zadań.

### 3.2 Propozycja rozwiązania

```
#include <stdio.h>
#include "pvm3.h"
#include <string.h>

void parent();
void child();
/// program główny
int main(void) {
    if(pvm_parent() == PvmNoParent)
        parent();
    else
        child();
    return 0;
}
/// rodzic
void parent()
{
    ///rozmiary obrazu
    int n = 32;
    int m = 1024;
    ///aktualna pozycja
    int x = 0, y = 0;

    ///pvm-owe zmienne
    int tIdMaster = 0, *tId;
    int ilHost = 0, ilArch = 0;
    struct pvmhostinfo *info;

    ///suma zliczen
    int sum = 0;

    ///dane do przeslania, odpowiednio x y n
    int dataToSend[3];

    if( (tIdMaster = pvm_mytid()) < 0 )
        exit(0);

    ///pobranie konfiguracji
    pvm_config(&ilHost, &ilArch, &info);
```

```

//stworzenie tablicy z id dzieci
tId = (int*)calloc(ilHost, sizeof(int));

//wyslanie poczatkowych danych
for(int i = 0; i < ilHost; ++i)
{
    pvm_spawn("/home/pvm/...", 0, PvmTaskHost, info[i].hi_name, 1, &tId[i]);

    //przygotowanie i wyslanie danych
    pvm_initsend(PvmDataDefault);

    dataToSend[0] = x;
    dataToSend[1] = y;
    dataToSend[2] = n;

    pvm_pkint(dataToSend, 3, 1);
    pvm_send(tId[i], 100);
    //przesuniecie w obrazie o pixel w prawo
    ++x;

    //jesli wyjdzie poza prawa strone, zejście w dol
    if(x >= (m - n) ) {
        x = 0;
        ++y;
    }
    //sam koniec obrazu - zakoncz
    if(y >= (m - n) )
        break;
}
//jesli zostalo cos jeszcze do wyslania...
if(y >= (m - n) )
    while(true)
    {
        int childId = 0;

        //odbieramy dowolna paczke wyslana przez dzieci
        int bi = pvm_recv(-1, 100);
        int rcvdData = 0;

        //pobieramy jego id
        pvm_buinfo(bi, &dlbuf, &msgtag, &childId);

        //rozpakowujemy dane, dodajemy do sumy
        pvm_upkint(&rcvdData, 1, 1);

        suma += rcvdData;

        //inicjujemy dane
        dataToSend[0] = x;
        dataToSend[1] = y;
        dataToSend[2] = n;

        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        pvm_pkint(dataToSend, 3, 1);
    }
}

```

```

        //wysylamy do dziecka, z ktorego aktualnie odebrano rezultat
        pvm_send(childId , 100);

        //tak jak poprzednio, przesuniecie w obrazie
        ++x;
        if(x >= (m - n) ) {
            x = 0;
            ++y;
        }
        if(y >= (m - n) )
            break;
    }

    //w tym momencie wyslalismy juz wszystko
    //odbieramy wiec ostatnia paczke od kazdego z dzieci
    for(int i = 0; i < ilHost; ++i)
    {
        int tmp;
        pvm_rcv(masterId , 100);
        pvm_upkint(&tmp, 1, 1);

        suma += tmp;
        pvm_kill(tId[i]);
    }
}

/// Potomek
void child()
{
    //id rodzica
    int masterId = pvm_parent();

    //tablica do ktorej zapiszemy odebrane dane
    int points[3];

    //odbieramy paczke od rodzica
    pvm_rcv(masterId , 100);
    pvm_upkint(points , 3, 1);

    //funkcja z zadania
    int result = find_pattern(points[0] , points[1] , points[2]);

    //odsylamy dane
    pvm_init send(PvmDataDefault);
    pvm_pkint(result , 1, 1);
    pvm_send(masterId , 100);
}

```

## 4 Egzamin 2013, T1, Hafed Zghidi

### 4.1 Treść

Naszymi danymi wejściowymi są tabela A zawierająca 10000 łańcuchów znakowych i tabela B zawierająca 10000 wartości typu *integer* będących wartościami skrótu łańcuchów tabeli A. Napisać kod programu głównego (rodzic) realizującego w oparciu o środowisko PVM równoległe wykonanie porównywania zgodności łańcuchów z tabeli A ze skrótami z tabeli B. Program potomny ma otrzymywać łańcuch znakowy z tabeli A oraz odpowiadającą mu wartość typu *integer* z tabeli B. Program główny ma zliczyć ile par jest poprawnych, a ile nie zgadza się. Program potomny ma zostać uruchomiony na wszystkich węzłach w maszynie PVM. Rozdział zadania na podzadania dla procesów potomnych ma uwzględniać aspekt równoważenia obciążenia poszczególnych węzłów maszyny PVM (napisać tylko program rodzica).

### 4.2 Rozwiązanie

```
#include "pvm3.h"
#include <stdio.h>
const int RECORD_NUMBER = 10000
void fill_tables(char* input[RECORD_NUMBER], int output[RECORD_NUMBER]);

int main_pvm()
{
    // dane wejściowe
    char* input[RECORD_NUMBER];
    int output[RECORD_NUMBER];
    // zakładamy, że ta funkcja wypełnia tablice jak należy
    fill_tables(input, output);
    // liczniki wystąpień
    unsigned int true_count = 0;
    // pobranie informacji
    int ilhost, ilarch;
    struct pvmhostinfo * info;
    pvm_config(&ilhost, &ilarch, &info);
    printf("Liczba hostow: %d\n", ilhost);

    int id, tid;
    id = 0;
    int i;
    // dla każdego hosta
    for (i = 0; i < ilhost; i++, id++)
    {
        pvm_spawn("/egzamin/dziecko", 0, PvmTaskHost, info[i].hi_name, 1, &tid);
        if (tid < 0)
        {
            ilhost--;
            continue;
        }
        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        // wyślijmy:
        pvm_pkint(&id, 1, 1); // id wiersza
        pvm_pkstr(input[id]); // łańcuch
        pvm_pkint(&output[id], 1, 1); // suma kontrolna
        pvm_send(tid, 100);
    }
}
```

```

{
    // ...
    int bufid, child_tid, child_id, tmp, result;
    while (id < RECORD_NUMBER)
    {
        bufid = pvm_recv(-1, 200);
        pvm_bufinfo(bufid, &tmp, &tmp, &child_tid);
        // pobranie danych
        pvm_upkint(&child_id, 1, 1);    // id wiersza
        pvm_upkint(&result, 1, 1);      // wynik
        // dziecko zwraca 0, jeśli suma nie była poprawna
        // lub 1, jeśli była poprawna
        true_count = true_count + result;
        // wysłanie nowych danych
        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        pvm_pkint(&id, 1, 1);          // id kolejnego wiersza
        pvm_pkstr(input[id]);          // łańcuch
        pvm_pkint(&output[id], 1, 1);  // suma kontrolna
        pvm_send(child_tid, 100);
        id++;
    }
    // odbieranie ostatnich wyników od potomków
    for (i = 0; i < ilhost; i++)
    {
        bufid = pvm_recv(-1, 200);
        pvm_bufinfo(bufid, &tmp, &tmp, &child_tid);
        pvm_upkint(&child_id, 1, 1);    // pobranie id wiersza
        pvm_upkint(&result, 1, 1);      // wynik
        true_count = true_count + result;
    }
    // wypisanie wyniku
    printf("Liczba poprawnych sum kontrolnych = %d\n", true_count);
    printf("Liczba niepoprawnych sum kontrolnych = %d", RECORD_NUMBER -
        true_count);
    pvm_exit();

    return 0;
}

```

### 4.3 Propozycja rozwiązania z forum - dlaczego jest źle i możesz ujebać bezmyślnie przepisując

```
#include <stdio.h>
#include "pvm3.h"
#define SIZE 10000
#define STR_SIZE 256
#define PATH "pvm_child"
int main()
{
    int tidmaster, *tid, ilhost, ilarch, bufid, a, b, temp, wynik;
    struct pvmhostinfo *info;
    // idea jest taka, by porównać rozmiar stringi, zapisany w drugim
    // wymiarze, z wartościami w 'wartosci'. Treść zadania mówi o dwóch
    // tabelach w jednym wymiarze, więc średnie to.
    // Porównywanie stringów na char* z liczbami boli bez gotowych funkcji,
    // co? :P
    // A nas to nawet nie interesuje, bo za to odpowiada potomek, zatem
    // mamy przykład popieprzenia z poplątaniem XD
    char stringi[SIZE][STR_SIZE];
    int wartosci[SIZE];
    const int ROZMIAR = 10;
    wynik = 0;
    tidmaster = pvm_mytid(); // zupełnie zbędne
    pvm_config(&ilhost, &ilarch, &info);
    // tid nie musi być tablicą, bo nigdy nie korzystamy z innego, niż
    // aktualnie wykorzystywany
    tid = (int*) malloc(ilhost * sizeof(int));
    for (a = 0; a < ilhost; a++)
    {
        pvm_spawn(PATH, 0, PvmTaskHost, info[a].hi_name, 1, &tid[a]);
        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        pvm_pkint(&ROZMIAR, 1, 1);
        temp = STR_SIZE; // chujowe konsekwencje trzymania stałej
        // przez define - brak adresu, hłehłeh
        pvm_pkint(&temp, 1, 1);
        for (b = 0; b < ROZMIAR; b++)
        {
            // zabawa z dwoma wymiarami, kiedy wystarczy jeden
            // dziwna idea, raczej nieintuicyjna
            pvm_pkint(&wartosci[a * ROZMIAR + b], 1, 1);
            pvm_pkstr(stringi[a * ROZMIAR + b]);
        }
        pvm_send(tid[a], 100); // tid jest wykorzystywany tylko w tej pę
        // tli, tabela nie sensu
    }
    a = ilhost; // nikt nie zauważył, że ma tę wartość po wyjściu z pę
    // tli?
```

```

{ // ...
    while( a < SIZE/ROZMIAR ) {
        bufid = pvm_recv(-1, 200);
        pvm_upkint(&temp, 1, 1);
        wynik += temp;           // w ANSI C nie ma tego operatora
        pvm_bufinfo(bufid, &temp, &b, &tmp_id);
        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        pvm_pkint(&ROZMIAR, 1, 1);
        temp = STR_SIZE;         // ZNOWU XD
        pvm_pkint(&temp, 1, 1);
        for (b = 0; b < ROZMIAR; b++)
        {
            pvm_pkint(&wartosci[a * ROZMIAR + b], 1, 1);
            pvm_pkstr(stringi[a * ROZMIAR + b]);
        }
        pvm_send(tmp_id, 100);
        a++;
    }
    for(a = 0; a < ilhost; a++)
    {
        bufid = pvm_recv(-1, 200);
        pvm_upkint(&temp, 1, 1);
        wynik += temp;           // co coś
        pvm_bufinfo(bufid, &temp, &b, &tmp_id);
        pvm_kill(tmp_id);
    }
    printf("wynik_%d", WYNIK);
    return 0;
}

```

## 4.4 2015, 0 termin, Hafed Zighdi

### 4.4.1 Treść

Naszym zadaniem jest przeszukanie fragmentu obrazu (*wzorzec*) o rozmiarze  $n \times n$  w obrazie *Obraz* o rozmiarze  $m \times m$  ( $m \gg n$ ). Do tego celu służy funkcja *int find\_pattern(x, y, n)*, gdzie  $x, y$  to współrzędne w obrazie, a  $n$  rozmiar wzorca. Funkcja zwraca 1 jeśli wzorzec znajduje się w obrazie lub 0 jeśli go nie ma. Wzorzec można powtarzać się w obrazie.

Napisać w oparciu o środowisko PVM kod programu rodzica zliczającego ile razy wzorzec znajduje się w obrazie. Program powinien zapewnić równoległe rozwiązywanie zadania z zachowaniem dynamicznego podziału zadań. Dodatkowe punkty można uzyskać za zapewnienie lepszej granulacji podziału zadań.

### 4.4.2 Rozwiązanie

```
#include "pvm3.h"
extern int m;           // wymiar obraz
extern int n;           // wymiar wzorca

int main()
{
    int liczbaWystapien = 0;
    // tablica pikseli, zakładamy że tak reprezentowany jest obraz
    int obraz[m][m];
    int ilhost, ilarch;   //parametry z PVMA
    struct pvmhostinfo * info;
    pvm_config(&ilhost, &ilarch, &info);
    printf("Liczba hostow: %d\n", ilhost);

    int id_wiersza = 0;
    int tid;
    // Dla każdego hosta - inicjujemy go
    for ( i = 0; i < ilhost; i++ )
    {
        //powołanie potomka
        pvm_spawn( "/potomek", 0, PvmTaskHost, info[i].hi_name, 1, &tid);
        //jeśli nie udało się powołać potomka, zmniejszamy liczbę hostów i
        //kontynuujemy
        if ( tid < 0 )
        {
            ilhost--;
            continue;
        }
        pvm_initsend(PvmDataDefault);
        // wysyłamy:
        // elementy obrazu
        for (int i = 0; i < n; i++)
        {
            //pakowanie całego wiersza
            pvm_pkint(&obraz[id_wiersza + i][0], m, 1);
        }
        pvm_send(tid, 100);   //wysłanie wiersza
        id_wiersza++;
    }
}
```



```

{
    // ...
    //// Wykonywanie programu aż do przedostatniej pętli
    int bufid, child_tid, child_liczba_wystapien, tmp;
    while ( id_wiersza < (m - n) )
    {
        // odebranie info o zakończeniu pracy
        bufid = pvm_recv(-1, 200);
        pvm_bufinfo(bufid, &tmp, &tmp, &child_tid);
        // pobranie liczby wystapien
        pvm_upkint(&child_liczba_wystapien, 1, 1);
        // zwiększenie wystapien wzorca
        liczbaWystapien += child_liczba_wystapien;
        // wysłanie nowych danych
        pvm_init send(PvmDataDefault);
        // nowa czesc obrazu
        for (int i = 0; i < n; i++)
        {
            pvm_pkint(&obraz[id_wiersza + i][0], m, 1);
        }
        pvm_send(child_tid, 100);
        id_wiersza++;
    }
    //// Odebranie ostatnich danych
    for (i = 0; i < id_wiersza - ilhost + 1; i++)
    {
        bufid = pvm_recv(-1, 200);
        pvm_bufinfo(bufid, &tmp, &tmp, &child_tid);
        // pobranie liczby wystapien
        pvm_upkint(&child_liczba_wystapien, 1, 1);
        // zwiększenie wystapien wzorca
        liczbaWystapien += child_liczba_wystapien;
    }
    printf("Liczba_wystapien_wzorca: %d", liczbaWystapien);
    pvm_exit();
    return 0;
};

```

## 5 Java Spaces

### 5.1 Wstęp z laberek

#### 5.1.1 Treść

Napisać program zawierający jednego Nadzorcę oraz wielu Pracowników. Nadzorca przekazuje do Java-Space 2 równe tablice zawierające obiekty typu Integer, a następnie otrzymuje wynikową tablicę zawierającą sumy odpowiadających sobie komórek. Operację dodawania mają realizować Pracownicy.

#### 5.1.2 Rozwiązanie

Zadanie obliczania sumy tabel dzielimy na dwie części: *Task* oraz *Result*. *Taski* są generowane przez *Nadzorcę* i przekazywane *Pracownikom*, ci zaś wykonują zadanie i tworzą obiekty klasy *Result*, a następnie przekazują je *Nadzorcę*. *Nadzorca* je odbiera, kompletuje i ew. coś z nimi robi.

*Nadzorca* przydziela tyle zadań, ile potrzebuje, z kolei *Pracownicy* działają w nieskończoność. Aby zakończyć ich pracę, *Nadzorca* musi wysłać zadania z tzw. zatrutą pigułką (ang. *Poisoned Pill*), czyli obiekt zadania z nietypowym parametrem, który sygnalizuje zakończenie pracy. Może to być np. *Boolean* o wartości *false*, *Integer* o wartości -1, itp. Składowymi klas implementujących interfejs *Entry* nie mogą być typu prostego (*int*, *double* itp.), muszą być opakowane (*Integer*, *Double* itp.). Najbezpieczniej dawać je wszędzie.

```
/**
 * @author Son Mati
 * @waifu Itsuka Kotori
 */
public class Task implements Entry {
    public Integer cellID; // ID komórki tabeli
    public Integer valueA; // wartość z tabeli A
    public Integer valueB; // wartość z tabeli B
    public Boolean isPill; // czy zadanie jest zatrutą pigułką

    // Domyślny konstruktor, musi się znajdować
    public Task() {
        this.cellID = this.valueA = this.valueB = null;
        this.isPill = false;
    }

    public Task(Integer entryID, Integer valueA, Integer valueB, Boolean
        isPill) {
        this.cellID = entryID;
        this.valueA = valueA;
        this.valueB = valueB;
        this.isPill = isPill;
    }
}
```

```

/**
 * @author Son Mati
 * @waifu Itsuka Kotori
 */
public class Result implements Entry {
    public Integer cellID , value;
    public Result() {
        this.cellID = this.value = null;
    }
    public Result(final Integer EntryID , final Integer Value) {
        this.cellID = EntryID;
        this.value = Value;
    }
}

```

```

public class Client {
    protected Integer defaultLease = 100000;
    protected JavaSpace space;
    protected Lookup lookup;
    public Client() {
        lookup = new Lookup(JavaSpace.class);
    }
}

```

```

/**
 * @author Son Mati
 * @waifu Itsuka Kotori
 */
public class Worker extends Client {
    public Worker() {
    }
    public void startWorking() {
        while(true) {
            try {
                this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
                Task task = new Task();
                task = (Task) space.take(task, null, defaultLease);
                if (task.isPill == true)
                {
                    space.write(task, null, defaultLease);
                    System.out.println("Koniec_pracy_workera.");
                    return;
                }
                Integer res = task.valueA + task.valueB;
                Result result = new Result(task.cellID, res);
                space.write(result, null, defaultLease);
            }
            catch (Exception ex) {}
        }
    }
    public static void main(String[] args) {
        Worker w = new Worker(); // utworzenie obiektu
        w.startWorking();         // realizacja zadania
    }
}

```

```

/**
 * @author Son Mati
 * @waifu Itsuka Kotori
 */
public class Supervisor extends Client {
    static final Integer INT_NUMBER = 125;
    public Integer [] TableA = new Integer [INT_NUMBER];
    public Integer [] TableB = new Integer [INT_NUMBER];
    public Integer [] TableC = new Integer [INT_NUMBER];
    // konstruktor
    public Supervisor () {
    }
    // wygenerowanie zawartości tablic
    public void generateData () {
        Random rand = new Random();
        for (int i = 0; i < INT_NUMBER; ++i) {
            TableA[i] = rand.nextInt(INT_NUMBER);
            TableB[i] = rand.nextInt(INT_NUMBER);
            TableC[i] = 0;
        }
    }
    // rozpoczęcie pracy
    public void startProducing () {
        try {
            this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
            // utworzenie zadania
            for (Integer i = 0; i < INT_NUMBER; ++i) {
                Task task = new Task(i, this.TableA[i], this.TableB[i],
                    false);
                space.write(task, null, defaultLease);
            }
            // pobranie wyniku zadania
            System.out.println("Tablica C:");
            for (Integer i = 0 ; i < INT_NUMBER; ++i) {
                Result result = new Result();
                result = (Result) space.take(result, null, defaultLease);
                TableC[result.cellID] = result.value;
            }
            // utworzenie zatrutej pigulki na sam koniec
            Task poisonPill = new Task(null, null, null, true);
            space.write(poisonPill, null, defaultLease);
        }
        catch (Exception ex) {
        }
    }

    public static void main(String [] args) {
        // utworzenie obiektu
        Supervisor sv = new Supervisor();
        // utworzenie zadan
        sv.generateData();
        sv.startProducing();
    }
}

```

## 5.2 Zadanie 1

### 5.2.1 Treść

Napisać program odbierający z przestrzeni JavaSpace kolejno 100 obiektów klasy Zadanie posiadające w atrybucie typ (typu całkowitego) wartość 15 i dla każdego obiektu Zadanie wygenerować i umieścić w przestrzeni JavaSpace obiekt klasy Silnia posiadający jako atrybut... (dalej nie pamiętam dobrze) wartość będącą silnią wartości uzyskanej z liczba (typu całkowitego) z klasy Zadanie.

## 5.3 2010, I termin, Adam Duszeńko

### 5.3.1 Treść

Napisać kod programu głównego zarządzającego równoległym wykonywaniem zadania w maszynie JavaSpace polegającym na wyznaczeniu zbioru klatek video zawierających ruch. Wykrywanie ruchu ma odbywać się w procesorach wykonawczych na zasadzie porównania różnicowego, czyli wymaga poddania analizie dwóch kolejnych klatek. W tym celu program główny posługując się *byte[] getImage()* (przyjąć, że jest zdefiniowana i zaimplementowana) ma pobierać kolejne klatki obrazu i umieszczać je w przestrzeni JavaSpace, wraz z jej kolejnym numerem (numerowania ma odbywać się na poziomie programu głównego). Program główny kończy wysyłania zadań gdy funkcja *getImage* zwróci wartość *NULL*. Jako wynik swojego działania programy wykonawcze zwracają obiekt odpowiedzi zawierający numer pierwszego obrazu z analizowanej pary oraz wartość logiczną czy para była identyczna czy też zawierała wykryty ruch. Na zakończenie działania program główny po zebraniu wszystkich odpowiedzi powinien wypisać numery obrazów dla których wykryto ruch oraz zakończyć procesy wykonawcze rozsyłając "zatrutą pigułkę". Zaproponować strukturę obiektu zadania i odpowiedzi.

### 5.3.2 Propozycja rozwiązania 1

Nie jest do końca prawidłowa, ponieważ kod nie jest spójny i nie wiadomo czy analizuje pary klatek.

```
public class Image implements Entry {
    //należy pamiętać o tym aby każde pole było publiczne!
    public byte[] frame;
    public Integer id;
    //wymagane konstruktory
    public Image() {}
    public Image(Integer id, byte[] frame) {
        this.id = new Integer(id);
        this.frame = frame;
    }
}
```

```
//Dane przesyłane jako odpowiedź
public class Result implements Entry {
    public Integer id;
    public Boolean move;
    public Result() {}
    public Result(Integer id, Boolean move) {
        this.id = new Integer(id);
        this.move = new Boolean(move);
    }
}
```

```

public class Program {
    public int defaultLease = 100000;
    public int id = 1;

    public void producer() {
        byte [] img1, img2;
        img1 = getImage();
        try {
            Lookup lookup = new Lookup(JavaSpace.class);
            JavaSpace space = (JavaSpace) lookup.getService();
            img2 = getImage();
            while(true) {
                img = getImage();    // dostarczone w zadaniu
                if (img == null || img2 == null) break; // null = koniec
                Package data = new Data(id, img1, id + 1, img2);
                space.write(data, null, defaultLease);    // paczka do space
                img1 = img2;
                id++;
            }
            // bo breaku przełączamy się w tryb odbierania
            for (int i = 1; i < id; i++) {
                Result result = (Result) space.takeIfExists(new Result(), null
                    , defaultLease);
                if (result.move())
                    System.out.println("Ruch_obrazków: " + result.id1 + " " +
                        result.id2);
            }
            space.write(new Image(), null, defaultLease);
        } catch (Exception e) {}
    }

    public void consumer() {
        try {
            Lookup lookup = new Lookup(JavaSpace.class);
            JavaSpace space = (JavaSpace) lookup.getService();
            int i = 0;
            while(true) {
                Image img1 = new Image();    img1.id = i++;
                Image img2 = new Image();    img2.id = i;
                img1 = (Image) space.take(img1, null, defaultLese);
                img2 = (Image) space.read(img2, null, defaultLese);
                //czy wysłano "zatrutą pigułkę"
                if (img2.frame == null && img2.id == null) break;
                // czy wykonano ruch na obrazkach
                if (img1.frame.equals(img2.frame)) {
                    // tego chyba nie trzeba nawet wysyłać w tym zadaniu
                    result = new Result(img2.id, false);
                } else {
                    result = new Result(img2.id, true);
                }
                // wysyłanie wyniku do space
                space.write(result, null, defaultLease);
            }
        } catch (Exception e) {}
    }
}

```

## 5.4 2011, I termin, Adam Duszeńko

### 5.4.1 Treść

Napisać program umieszczający w przestrzeni `JavaSpace` **10** obiektów zadań zawierających **dwa** pola typu całkowitego oraz **dwa** pola typu łańcuch znakowy (zawartość nieistotna, różna od `NULL`), podać deklarację klasy zadań. Następnie odebrać z przestrzeni kolejno **10** obiektów klasy *Odpowiedź* o atrybutach *id* typu *Integer* oraz *wynik* typu *Integer* posiadające w atrybucie *id* wartość **15**, a następnie wszystkie z atrybutem *id* = **110**. Przyjąć, że klasa *Odpowiedź* jest już zdefiniowana zgodnie z powyższym opisem.

## 5.5 2012, I termin, Adam Duszeńko

### 5.5.1 Treść

Napisać program umieszczający w przestrzeni `JavaSpace` **1000** obiektów zadań zawierających **trzy** pola typu całkowitego oraz **dwa** pola typu łańcuch znakowy (zawartość nieistotna, różna od `NULL`), podać deklarację klasy zadań. Następnie odebrać z przestrzeni kolejno **1000** obiektów klasy *Odpowiedź* o atrybutach *id* typu *Integer* oraz *wynik* typu *Integer* posiadające w atrybucie *id* wartość **35**, a następnie wszystkie z atrybutem *id* = **10**. Przyjąć, że klasa *Odpowiedź* jest już zdefiniowana zgodnie z powyższym opisem.



## 5.6 2013, I termin

### 5.6.1 Treść

Napisać program umieszczający w przestrzeni JavaSpace **200** obiektów zadań zawierających **dwa** pola typu całkowitego oraz **dwa** pola typu łańcuch znakowy (zawartość nieistotna, różna od NULL), podać deklarację klasy zadań. Następnie odebrać z przestrzeni kolejno **100** obiektów klasy *Odpowiedź* o atrybutach *id* typu *Integer* oraz *wynik* typu *Integer* posiadające w atrybucie *id* wartość **35**, a następnie wszystkie z atrybutem *id* = **10**. Przyjąć, że klasa *Odpowiedź* jest już zdefiniowana zgodnie z powyższym opisem.

### 5.6.2 Rozwiązanie

#### Klasa Zadanie

```
// deklaracja klasy, muszą być widoczne:
// implementacja interfejsu Entry
public class Zadanie implements Entry {
    // publiczne składowe, opakowujgce typy zmiennych
    public Integer liczba;
    public String napis1;
    public String napis2;
    public Boolean poisonPill;
    // konstruktor domyślny, obowiązkowy
    public Zadanie() {
        Random rand = new Random();
        this.liczba = rand.nextInt();
        this.napis1 = Integer.toString(rand.nextInt());
        this.napis2 = Integer.toString(rand.nextInt());
        this.poisonPill = false;
    }
    public Zadanie(Integer liczba, String napis1, String napis2, Boolean
        poisonPill) {
        this.liczba = liczba;
        this.napis1 = napis1;
        this.napis2 = napis2;
        this.poisonPill = poisonPill;
    }
}
```

#### Nadrzędna klasa Klienta

```
/**
 * @author Son Mati & Doxus
 */
public class Klient {
    protected Integer defaultLease = 100000;
    protected JavaSpace space;
    protected Lookup lookup;
    public Klient() {
        lookup = new Lookup(JavaSpace.class);
    }
}
```

## Klasa Nadzorcy

```
/**
 * @author Son Mati & Dexus
 */
public class Boss extends Client {
    // domyślne wartości dla zadania
    static final int DEFAULT_TASK_NUMBER = 200;
    static final int DEFAULT_MAX_MISSES = 100;

    Integer taskNumber;
    Integer maxMisses;

    public Integer getTaskNumber() {
        return taskNumber;
    }
    public Integer getMaxMisses() {
        return maxMisses;
    }
    // obowiązkowy domyślny konstruktor
    public Boss() {
        taskNumber = DEFAULT_TASK_NUMBER;
        maxMisses = DEFAULT_MAX_MISSES;
    }
    public Boss(Integer taskNumber, Integer maxMisses) {
        this.taskNumber = taskNumber;
        this.maxMisses = maxMisses;
    }
    /**
     * Wygenerowanie zadania z losowymi wartościami
     * @param id identyfikator
     * @param poisonPill pigułka, tak czy nie
     */
    public Zadanie generateTask(int id, boolean poisonPill) {
        Random rand = new Random();
        return new Zadanie(id, Integer.toString(rand.nextInt(1000)),
            Integer.toString(rand.nextInt(1000)), poisonPill);
    }
    /**
     * Utworzenie zadań
     * @param count ilość zadań
     */
    public void createTasksInJavaSpace(int count) {
        try {
            this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
            for (int i = 0; i < count; ++i) {
                Zadanie zad = this.generateTask(i, false);
                space.write(zad, null, defaultLease);
                System.out.println("Wygenerowałem zad_ " + i + "_o_stringach_ " + zad.napis1 + "_i_" + zad.napis2);
            }
        }
        catch (RemoteException | TransactionException ex) {
            System.out.println("Dupa_XD");
        }
    }
}
```

```

public class Boss extends Client {
    /**
     * Uzyskanie odpowiedzi
     * @param id odpowiedzi, która nas interesuje
     * @param costam interesujący nas wynik
     * @param count liczba odpowiedzi do odbioru
     */
    public Integer receiveData(Integer id, Integer costam, Integer count) {
        Integer found = 0;
        try {
            this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
            Odpowiedz wzor = new Odpowiedz(id, costam);
            for (int i = 0; i < count; i++) {
                // odczyt blokujący, zatrzymuje przepływ dopóki odp się nie
                // pojawi
                Odpowiedz wynik = (Odpowiedz) space.takeIfExists(wzor, null,
                    defaultLease);
                if (wynik != null) {
                    System.out.println("Odpowiedz: „id „ + wynik.getId() +
                        „ „wynik „ + wynik.getWynik());
                    found++;
                }
            }
        } catch (UnusableEntryException | TransactionException |
            InterruptedException | RemoteException ex) {
        }
        return found;
    }
    /**
     * ZATRUIJ DZIECIACZKI XD
     */
    public void poisonKids() {
        // utworzenie zatrutej pigulki
        Zadanie poisonPill = new Zadanie(null, null, null, true);
        try {
            space.write(poisonPill, null, defaultLease);
        } catch (TransactionException | RemoteException ex) {
        }
    }

    public static void main(String[] args) {
        Integer misses = 0;
        Boss boss = new Boss();
        boss.createTasksInJavaSpace(boss.getTaskNumber());
        boss.receiveData(35, null, 100);
        // boss odbiera pozostałe odpowiedzi, o id 10, dopóki nie trafi na
        // pewną liczbę chybień
        while(misses < boss.getMaxMisses()) {
            if (boss.receiveData(10, null, 1) == 0)
                misses++;
        }
        boss.poisonKids();
    }
}

```

## Klasa Pracownika

```
/**
 * @author Son Mati & Dexus
 */
public class Sidekick extends Client {
    // obowiązkowy domyślny konstruktor
    public Sidekick() {
    }
    // praca
    public void zacznijMurzynic() {
        while(true) {
            try {
                Random rand = new Random();
                this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
                Zadanie zad = new Zadanie(null, null, null, null);
                zad = (Zadanie) space.takeIfExists(zad, null, defaultLease)
                ;
                if (zad != null) {
                    if (zad.poisonPill == true) {
                        space.write(zad, null, defaultLease);
                        return;
                    }
                    System.out.println("Odebrałem zadanie o id " + zad.
                        liczba
                        + " i napisach " + zad.napis1 + " i " + zad.napis2);
                }
                Odpowiedz odp = new Odpowiedz(rand.nextInt(51), rand.
                    nextInt(1000));
                space.write(odp, null, defaultLease);
            } catch (TransactionException | RemoteException |
                UnusableEntryException | InterruptedException ex) {
                Logger.getLogger(Sidekick.class.getName()).log(Level.SEVERE
                    , null, ex);
            }
        }
    }
    // obowiązkowy Run
    public static void main(String[] args) {
        Sidekick murzyn = new Sidekick();
        murzyn.zacznijMurzynic();
    }
}
```

## 5.7 2014, I termin, Adam Duszeńko

### 5.7.1 Treść

Napisać kod programu głównego wykonawczego do przetwarzania z wykorzystaniem maszyny JavaSpace przetwarzającego obiekty zadań zawierające dwie wartości całkowite, oraz numer obiektu i flagę logiczną początkowo zawierającą wartość *FALSE*. W momencie pobrania obiektu zadania program wykonawczy ma podmienić w przestrzeni JavaSpace pobrany obiekt na ten sam, ale z flagą ustawioną na wartość *TRUE*. Przetwarzanie obiektu realizowane jest w funkcji *int check(int, int)* do której należy przekazać wartości z obiektu zadania. PO skończeniu przetwarzania zadania, przed zwróceniem wyniku, należy usunąć z przestrzeni JavaSpace obiekt przetwarzanego zadania. Wynik funkcji *check* należy umieścić w obiekcie wynikowym którego strukturę proszę zaproponować. Obsłużyć koniec działania programu przez skonsumowanie "zatrutej pigułki".

### 5.7.2 Propozycja rozwiązania 1

## 5.8 2015, 0 termin, Adam Duszeńko

### 5.8.1 Treść

Napisać program umieszczający w przestrzeni JavaSpace **1000** obiektów zadań zawierających **dwa** pola typu całkowitego oraz **dwa** pola typu łańcuch znakowy (zawartość nieistotna, różna od NULL), podać deklarację klasy zadań. Następnie odebrać z przestrzeni **20** obiektów klasy *Odpowiedź* o atrybutach *id* typu *Integer* oraz *wynik* typu *Integer* posiadające w atrybucie *id* wartość **50** (przyjąć, że klasa *Odpowiedź* jest już zdefiniowana zgodnie z powyższym opisem).

### 5.8.2 Rozwiązanie

Działające i przetestowane w warunkach domowych na Jini.

#### Klasa Zadanie

```
/**
 * @author Son Mati & Doxus
 */
// deklaracja klasy, muszą być widoczne:
// implementacja interfejsu Entry
public class Zadanie implements Entry {
    // publiczne składowe, muszą być wielkich typów opakowujących
    public Integer liczba;
    public String napis1;
    public String napis2;
    public Boolean poisonPill;
    // konstruktor domyślny, wymagany
    public Zadanie() {
        Random rand = new Random();
        this.liczba = rand.nextInt();
        this.napis1 = Integer.toString(rand.nextInt());
        this.napis2 = Integer.toString(rand.nextInt());
        this.poisonPill = false;
    }
    // konstruktor z parametrami
    public Zadanie(Integer liczba, String napis1, String napis2, Boolean
        poisonPill) {
        this.liczba = liczba;
        this.napis1 = napis1;
        this.napis2 = napis2;
        this.poisonPill = poisonPill;
    }
}
```

## Klasa nadzorcy

```
/**
 * @author Son Mati & Dorus
 */
public class Boss extends Client {
    // liczba zadań do wykonania
    static final int TASKNUMBER = 1000;
    // obowiązkowy domyślny konstruktor
    public Boss() {
    }
    /**
     * Wygenerowanie zadania z losowymi wartościami
     * @param count ilość zadań
     */
    public Zadanie generateTask(int id, boolean poisonPill) {
        Random rand = new Random();
        return new Zadanie(id, Integer.toString(rand.nextInt(1000)),
            Integer.toString(rand.nextInt(1000)), poisonPill);
    }
    /**
     * Utworzenie zadań
     * @param count ilość zadań
     */
    public void createTasksInJavaSpace(int count) {
        try {
            this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
            for (int i = 0; i < count; ++i) {
                Zadanie zad = this.generateTask(i, false);
                space.write(zad, null, defaultLease);
                System.out.println("Wtgenerowałem zad_" + i + "_o_stringach"
                    + zad.napis1 + "_i_" + zad.napis2);
            }
        }
        catch (RemoteException | TransactionException ex) {
            System.out.println("Dupa XD");
        }
    }
}
```

```

public class Boss extends Client {
    /**
     * Uzyskanie odpowiedzi
     * @param id odpowiedzi, ktora nas interesuje
     * @param costam interesujacy nas wynik
     * @param count liczba odpowiedzi do odbioru
     */
    public void receiveData(Integer id, Integer costam, Integer count) {
        try {
            this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
            Odpowiedz wzor = new Odpowiedz(id, costam);
            for (int i = 0; i < count; i++) {
                // odczyt blokujacy, zatrzymuje przeplyw dopóki odp się nie
                // pojawi
                Odpowiedz wynik = (Odpowiedz) space.take(wzor, null,
                    defaultLease);
                System.out.println("Odpowiedz: id=" + wynik.getId() + ",
                    wynik=" + wynik.getWynik());
            }
        } catch (UnusableEntryException | TransactionException |
            InterruptedException | RemoteException ex) {
            Logger.getLogger(Boss.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
                ex);
        }
    }
}

/**
 * ZATRUIJ DZIECIACZKI XD
 */
public void poisonKids() {
    // utworzenie zatrutej pigulki
    Zadanie poisonPill = new Zadanie(null, null, null, true);
    try {
        space.write(poisonPill, null, defaultLease);
    } catch (TransactionException | RemoteException ex) {
        Logger.getLogger(Boss.class.getName()).log(Level.SEVERE, null,
            ex);
    }
}

/**
 * Obowiazkowy Run dla nadzorcy
 */
public static void main(String[] args) {
    Boss boss = new Boss();
    boss.createTasksInJavaSpace(TASK_NUMBER);
    boss.receiveData(50, null, 20);
    boss.poisonKids();
}
}

```



## Klasa Pracownika

```
/**
 * @author Son Mati & Dorus
 */
public class Sidekick extends Client {
    // obowiązkowy domyślny konstruktor
    public Sidekick() {
    }
    // rozpoczęcie pracy
    public void zacznijMurzynic() {
        while(true) {
            try {
                Random rand = new Random();
                this.space = (JavaSpace)lookup.getService();
                Zadanie zad = new Zadanie(null, null, null, null);
                zad = (Zadanie) space.takeIfExists(zad, null, defaultLease)
                ;
                if (zad != null) {
                    if (zad.poisonPill == true) {
                        space.write(zad, null, defaultLease);
                        return;
                    }
                    System.out.println("Odebrałem_zadanie_o_id_" + zad.
                        liczba
                        + "_i_napisach_" + zad.napis1 + "_i_" + zad.napis2);
                }
                Odpowiedz odp = new Odpowiedz(rand.nextInt(51), rand.
                    nextInt(1000));
                space.write(odp, null, defaultLease);
            } catch (TransactionException | RemoteException |
                UnusableEntryException | InterruptedException ex) {
                Logger.getLogger(Sidekick.class.getName()).log(Level.SEVERE
                    , null, ex);
            }
        }
    }
    // obowiązkowy punkt wejścia
    public static void main(String[] args) {
        Sidekick murzyn = new Sidekick();
        murzyn.zacznijMurzynic();
    }
}
```

## 6 CUDA

### 6.1 2013, 1 termin, Hafed Zighdi

#### 6.1.1 Treść

W oparciu o środowisko CUDA napisać równoległy program zapewniający wyszukiwanie minimum i maksimum elementów macierzy A i B. Można zakładać, że macierze wejściowe są kwadratowe. Program powinien zwracać 2 macierze zawierające min oraz max elementów macierzy wejściowych:

- $\text{minMatrix}[i, j] = \min(A[i, j], B[i, j])$
- $\text{maxMatrix}[i, j] = \max(A[i, j], B[i, j])$

należy zaproponować kod kernela oraz jego wywołanie z kodem odpowiedzialnym za przydział pamięci z podziałem na bloki w dwóch wymiarach.

#### 6.1.2 Rozwiązanie

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#define MATRIX_SIZE 10

__global__ void transposeKernel(int * matrixA, int * matrixB, int *
    matrixMin, int * matrixMax)
{
    int i = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
    int j = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;
    if (i < MATRIX_SIZE && j < MATRIX_SIZE)
    {
        int index = i * MATRIX_SIZE + j;
        matrixMin[index] = matrixA[index] > matrixB[index] ? matrixB[index]
            : matrixA[index];
        matrixMax[index] = matrixA[index] < matrixB[index] ? matrixB[index]
            : matrixA[index];
    }
}

cudaError_t calculateMinMaxWithCuda(int ** matrixA, int ** matrixB, int **
    matrixMin, int ** matrixMax)
{
    // zdefiniowanie macierzy, która jest w pamięci karty
    int * dev_a;
    int * dev_b;
    int * dev_max, dev_min;
    size_t size = MATRIX_SIZE * MATRIX_SIZE;
    // cudne dynksy
    cudaError_t cudaStatus;
    cudaStatus = cudaSetDevice(0);
    // alokacja pamięci po 100 elementów
    cudaStatus = cudaMalloc((void **)&dev_a, size * sizeof(int));
    cudaStatus = cudaMalloc((void **)&dev_b, size * sizeof(int));
    cudaStatus = cudaMalloc((void **)&dev_min, size * sizeof(int));
    cudaStatus = cudaMalloc((void **)&dev_max, size * sizeof(int));
```

```

{
    // Spłaszczamy macierze do jednego wymiaru
    // Kopiujemy po wierszu, 10 x 10
    for (int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
    {
        cudaMemcpy((dev_a + i * MATRIX_SIZE), matrixA[i], MATRIX_SIZE *
            sizeof(int), cudaMemcpyHostToDevice);
        cudaMemcpy((dev_b + i * MATRIX_SIZE), matrixB[i], MATRIX_SIZE *
            sizeof(int), cudaMemcpyHostToDevice);
    }
    // blok z wątkami 3x3
    dim3 block_size(3, 3);
    // liczba potrzebnych bloków, tak żeby size = liczba wątków
    int block_count = MATRIX_SIZE / block_size.x + (MATRIX_SIZE %
        block_size.x == 0 ? 0 : 1);

    minMaxKernel << <grid_size, block_size >> >(dev_a, dev_b, dev_min,
        dev_max);
    // przywrócenie dwóch wymiarów i przepisanie wyników
    for (int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
    {
        cudaMemcpy(matrixMin[i], (dev_min + i * MATRIX_SIZE), MATRIX_SIZE *
            sizeof(int), cudaMemcpyDeviceToHost);
        cudaMemcpy(matrixMax[i], (dev_max + i * MATRIX_SIZE), MATRIX_SIZE *
            sizeof(int), cudaMemcpyDeviceToHost);
    }
    return 1;
}

int main()
{
    int ** matrixA, ** matrixB;
    int ** matrixMin, ** matrixMax;
    matrixA = (int**) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
    matrixB = (int**) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
    matrixMin = (int**) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
    matrixMax = (int**) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
    for (int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
    {
        matrixA[i] = (int*) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
        matrixB[i] = (int*) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
        matrixMin[i] = (int*) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
        matrixMax[i] = (int*) malloc(sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
    }
    for (int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
    {
        for (int j = 0; j < MATRIX_SIZE; j++)
        {
            matrixA[i][j] = rand() % 20;
            matrixB[i][j] = rand() % 20;
            matrixMin[i] = matrixMax[i] = 0;
        }
    }
    cudaError_t cudaStatus = calculateMinMaxWithCuda(matrixA, matrixB,
        matrixMin, matrixMax);
    return 0;
}

```

## 6.2 2015, 0 termin, Hafeed Zighdi

### 6.2.1 Treść

W oparciu o środowisko CUDA napisać równoległy program zapewniający transpozycję macierzy kwadratowej ( $a_{out}[i,j] = a_{in}[j,i]$ ). Należy zaproponować kod kernela oraz jego wywołanie z kodem odpowiedzialnym za przydział pamięci z podziałem na bloki w dwóch wymiarach.

### 6.2.2 Rozwiązanie

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
const unsigned int MATRIX_SIZE = 5;

cudaError_t transposeWithCuda(int ** matrix, int ** matrixOut)
{
    int * dev_a, dev_b;
    size_t size = MATRIX_SIZE * MATRIX_SIZE;
    // blocek z wgtkami 2x2, zgodnie z treścią zadania
    dim3 block_size(2, 2);
    // liczba potrzebnych bloków, tak żeby size = liczba wgtków
    int block_count;
    block_count = MATRIX_SIZE / block_size.x + (MATRIX_SIZE % block_size.x
        == 0 ? 0 : 1);
    // rozmiar gridu w blokach
    // blocek jest naszą podstawową jednostką (ma 4 wgtki)
    // grid ma mieć tyle bloków ile potrzebujemy
    dim3 grid_size(block_count, block_count);
    // jakieś dynksy do cudy
    cudaError_t cudaStatus;
    cudaStatus = cudaSetDevice(0);
    //alokacja tablic w pamięci karty graficznej
    cudaStatus = cudaMalloc((void**) &dev_a, size * sizeof(int));
    cudaStatus = cudaMalloc((void**) &dev_b, size * sizeof(int));
    // Spłaszczamy macierze do jednego wymiaru
    // przekopiowanie matrixa do dev_a
    for(int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
    {
        cudaStatus = cudaMemcpy((dev_a + i * MATRIX_SIZE), matrix[i],
            MATRIX_SIZE * sizeof(int), cudaMemcpyHostToDevice);
    }
    transposeKernel<<<grid_size, block_size>>>>(dev_a, dev_b);
    // Konwersja z wektora 1D na macierz 2D
    // przekopiowanie dev_b do matrixOut
    for(int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++) {
        cudaStatus = cudaMemcpy(matrixOut[i], (dev_b + i * MATRIX_SIZE),
            MATRIX_SIZE * sizeof(int), cudaMemcpyDeviceToHost);
    }
    return 1;
}
```

```

__global__ void transposeKernel(int * a, int * out)
{
    int i = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
    int j = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;
    if (i < MATRIX_SIZE && j < MATRIX_SIZE)
    {
        out[i * MATRIX_SIZE + j] = a[j * MATRIX_SIZE + i];
    }
}

int main()
{
    int ** matrix;
    int ** matrixOut;
    matrix = (int**) malloc (sizeof(int*) * MATRIX_SIZE);
    matrixOut = (int**) malloc (sizeof(int*) * MATRIX_SIZE);

    for (int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
    {
        matrix[i] = (int*) malloc (sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
        matrixOut[i] = (int*) malloc (sizeof(int) * MATRIX_SIZE);
    }
    for (int i = 0; i < MATRIX_SIZE; i++)
    {
        for (int j = 0; j < MATRIX_SIZE; j++)
        {
            matrix[i][j] = rand() % 20;
            printf("%d\t", matrix[i][j]);
        }
        printf("\n");
    }
    // Add vectors in parallel.
    cudaError_t cudaStatus = transposeWithCuda(matrix, matrixOut);

    return 0;
}

```

## 7 MOSIX

### 7.1 2013, 1 termin, Daniel Kostrzewa

#### 7.1.1 Treść

Wykorzystując  $n$  węzłów klastra napisać funkcję, która obliczy wartość  $F(x, y)$ . Nagłówek funkcji ma wyglądać następująco:

```
double fun(double x, double y, int k)
```

gdzie wartością zwracaną jest obliczona wartość funkcji;  $k$  - liczba elementów iloczynu;  $x, y$  - argumenty funkcji. Założyć, że  $k$  jest podzielne przez  $n$  bez reszty.

#### 7.1.2 Rozwiązanie

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

double calculateProduct(double x, double y, double a) {
    return a * sqrt(x * y) / (2 * pow(x, 3) + 5 * y);
}

int main(int argc, char * argv[]) {
    int n = atoi(argv[1]); // liczba węzłów klastra
    int k = atoi(argv[2]); // liczba elementów iloczynu
    double x = atof(argv[3]); // pierwszy argument
    double y = atof(argv[4]); // drugi argument
    int final_product = 1; // iloczyn wynikowy
    int process_number = k / n;
    int response_stream[2]; // strumień dla danych
    double part_result = 1; // jebnięcie potoków
    pipe(response_stream);
    // utworzenie procesów potomnych
    int i, j;
    for (i = 0; i < process_number; i++)
    {
        if (fork() == 0)
        {
            for (j = i * process_number; j < (i + 1) * process_number; j++)
            {
                part_result = part_result * calculateProduct(x, y, j);
                write(response_stream[1], &part_result, sizeof(double));
            }
            exit(0);
        }
    }
    // odczytanie danych częściowych
    for (i = 0; i < process_number; i++)
    {
        read(response_stream[0], &part_result, sizeof(double));
        final_product = final_product * part_result;
    }
    printf("Twój_szczęśliwy_iloczyn_to_%g", final_product);
    return 0;
}
```

## 7.2 2015, 0 termin, Daniel Kostrzewa

### 7.2.1 Treść

Napisać program, który utworzy  $n$  procesów potomnych. Proces zarządzający ma wysyłać zestaw liczb do procesów potomnych (założyć, że liczba przesyłanych danych wynosi  $k$ ). Procesy potomne mają w pętli wykonywać następujące czynności: czekać na liczbę wysłaną przez proces zarządzający, na podstawie odebranej liczby obliczyć pole koła (odebrana liczba jest promieniem koła), odesłać wynik do procesu zarządzającego. Proces zarządzający po wysłaniu wszystkich liczb przechodzi w stan odbierania danych i sumuje pola kół. Końcowa wartość ma zostać wyświetlona na ekranie.

### 7.2.2 Rozwiązanie

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#define PI 3.14159

float calculate_circle_area(int radius)
{
    return PI * pow((float) radius, 2);
}

int main(int argc, char* argv[])
{
    int n = atoi(argv[1]);
    int k = atoi(argv[2]);
    //promień -1 oznacza że jest to trujaca pigulka zabijajaca proces
    //potomny
    int poison = -1;
    //allokacja tablicy k liczb (promieni)
    int * tab = (int*) malloc(sizeof(int) * k);
    int i;
    for (i = 0; i < k; i++)
    {
        tab[i] = rand() % 20;
    }
    int process_number = n / k;
    // 2 strumienie, jeden do wysyłania danych, drugi do odbioru odpowiedzi
    int data_stream[2], response_stream[2];
    // wyniki
    int part;
    int sum = 0;
    // jebnięcie potoków
    // odpowiedzi z procesów potomnych
    pipe(response_stream);
    // in - promienie kół
    // out - otrzymane wyniki - pola kół
    pipe(data_stream);
```

```

// utworzenie procesów potomnych
for (i = 0; i < n; i++)
{
    if (fork() == 0)
    {
        int radius;
        // wykonywanie obliczeń dopóki nie zostanie OTRUTY(!)
        while(true)
        {
            if (read(data_stream[0], &radius, sizeof(int)) != sizeof(int))
                continue;
            if (radius == -1) // wyłącza się tylko jak otrzymamy pigułkę
                exit(0);
            float result = calculate_circle_area(radius);
            write(response_stream[1], &result, sizeof(float));
        }
    }
}
// wysłanie danych do procesów potomnych
for (i = 0; i < k; i++)
{
    write(data_stream[1], &tab[i], sizeof(int));
}
// Halo odbjooor danych
for (i = 0; i < n; i++)
{
    read(response_stream[0], &part, sizeof(int));
    sum = sum + part;
}
// ZABIJANIE DZIECI
for (i = 0; i < k; i++)
{
    write(data_stream[1], &poison, sizeof(int));
}
// wypisanie odpowiedzi
printf("Suma_pól_kół: %d", sum);
return 0;

```



## 7.3 Termin nieznany, Daniel Kostrzewa

### 7.3.1 Treść

Znaleźć wartość wielomianu  $k$ -tego stopnia w punkcie  $x$  wyrażonego poniższym wzorem. Liczby  $k$  oraz  $x$  są podawane jako parametry wywołania programu. W Zadaniu należy stworzyć potok oraz dwa procesy potomne. Jeden z procesów potomnych wyznacza wartość wielomianu dla  $k-1$  stopnia, natomiast drugi dla  $k-2$  stopnia. Zadanie rozwiązać metodą rekurencyjną.

$$P_k(x) = 15P_{k-1}\left(\frac{3}{8}x\right) - P_{k-2}\left(\frac{x^2}{2}\right) \quad P_0(x) = 1 \quad P_1(x) = x$$

### 7.3.2 Rozwiązanie

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
// Main
int main(int argc, char *argv[])
{
    double wynik = 0; // Ostateczny wynik programu
    double x;
    int k;
    if (argc == 3)
    {
        k = atoi(argv[1]);
        x = atof(argv[2]);
        wynik = liczWielomian(k, x);
        printf("Wielomian jest rowny: %f\n", wynik);
    }
    else
        printf("Podano nieprawidlowe parametry!\n");
    return 0;
}
// Metoda do liczenia wartosci wielomianu
double licz2(int k, double x)
{
    double result, Pk1, Pk2;
    if (k == 0)
        return 1;
    if (k == 1)
        return x;
    Pk1 = licz2(k - 1, 0.375 * x);
    Pk2 = licz2(k - 2, x*x / 2.0);
    result = 15 * Pk1 - Pk2;
    return result;
}
```

```

// Obliczenie całości wielomianu
double liczWielomian(int k, double x)
{
    double mainResult = 0, childResult1, childResult2;
    int potok[2];
    if (k == 0)
        return 1;
    if (k == 1)
        return x;
    pipe(potok);
    // Pierwsze dziecko - wielomian k-1 stopnia
    if ( fork() == 0 )
    {
        childResult1 = 15 * licz2(k - 1, 0.375 * x);
        write( potok[1], &childResult1, sizeof(childResult1) );
        exit(0);
    }
    // Drugie dziecko - wielomian k-2 stopnia
    if ( fork() == 0 )
    {
        childResult2 = licz2(k - 2, x*x / 2.0);
        write( potok[1], &childResult2, sizeof(childResult2) );
        exit(0);
    }
    read( potok[0], &childResult1, sizeof(childResult1) );
    read( potok[0], &childResult2, sizeof(childResult2) );
    mainResult = childResult1 - childResult2;
    return mainResult;
}

```