



# Politechnika Wrocławska

## Architektura Systemów Komputerowych

Wykład 3

Dr inż. Radosław Michalski

Katedra Inteligencji Obliczeniowej, Wydział Informatyki i Zarządzania  
Politechnika Wrocławska

Wersja 1.1, wiosna 2018



# Źródła i licencja

Najbardziej aktualna wersja tego wykładu znajduje się tu:

<https://github.com/rmhere/lecture-comp-arch-org>

Opublikowany jest on na licencji Creative Commons Attribution NonCommercial ShareAlike license 4.0 (**CC BY-NC-SA 4.0**).



# Zawartość tego wykładu

**Klasyfikacja architektur komputerowych**



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Wprowadzenie do klasyfikacji

### ► Czym właściwie jest klasyfikacja?

Klasyfikacja pomaga scharakteryzować obiekt. Bazując na zbiorze cech obiektu klasyfikacja pozwala przypisać go do kategorii w ramach pewnej taksonomii.

### ► Dlaczego warto klasyfikować architektury komputerów?

Aby móc łatwo określić jakie są możliwości i ograniczenia danej architektury. Następnie można przejść do analizy szczegółów.



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Najpopularniejsze klasyfikacje architektur

- ▶ **Taksonomia Flynna** analizuje sposób przetwarzania instrukcji i danych w systemach komputerowych (1966)
- ▶ **Klasyfikacja Fenga** dokonuje klasyfikacji pomiędzy przetwarzaniem szeregowym a równoległym (1972)
- ▶ **Klasyfikacja Handlera** ocenia stopień zrównoleglenia komputera pod kątem potoków (1977)



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Taksonomia Flynna

- ▶ **Taksonomia Flynna** została stworzona przez Michaela J. Flynna w 1966r.<sup>1</sup>
- ▶ klasyfikując architektury komputerowe odnosimy się najczęściej właśnie do niej
- ▶ rozróżnia ona architektury komputerowe bazując na liczbie równoległych strumieni instrukcji i danych:
  - ▶ **strumień instrukcji** - sekwencja instrukcji przetwarzanych przez jednostkę (processing unit)
  - ▶ **strumień danych** - wymiana danych pomiędzy procesorem i pamięcią

---

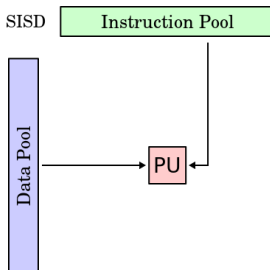
<sup>1</sup>Michael J Flynn. "Some computer organizations and their effectiveness". In: *IEEE transactions on computers* 100.9 (1972), pp. 948–960.



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Taksonomia Flynna - SISD

- **SISD: jeden strumień instrukcji, jeden strumień danych**  
Brak zrównoleglenia: pobieranie jednej instrukcji, następnie danych. Przykładowo: jednordzeniowe procesory, wczesne komputery klasy mainframe.

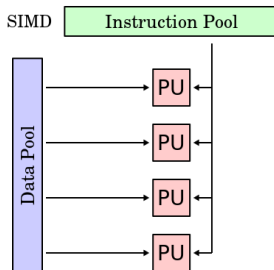




# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Taksonomia Flynna - SIMD

- **SIMD: jeden strumień instrukcji, wiele strumieni danych**  
Ta sama instrukcja jest wykonywana na wielu strumieniach danych. Np. obliczanie odwrotności wielu macierzy.  
Przykładowo: obliczenia na jednostkach graficznych (GPU).



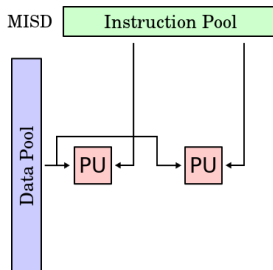




# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Taksonomia Flynna - MISD

- ▶ **MISD: wiele strumieni instrukcji, jeden strumień danych**  
Wiele instrukcji operuje na tych samych danych. Stosowane w architekturach odpornych na błędy, ale rzadko spotykane. Wykorzystywane w obliczeniach czasu rzeczywistego (real-time computing).

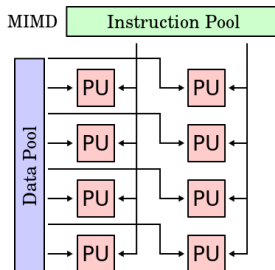




# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Taksonomia Flynna - MIMD

- **MIMD: wiele strumieni instrukcji, wiele strumieni danych**  
Wiele autonomicznych jednostek przetwarza różne instrukcje na różnych danych w sposób asynchroniczny. Typowe zrównoleglenie we współczesnych komputerach.





# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Klasyfikacja Fenga

- ▶ **Klasyfikacja Fenga** została zaproponowana przez Tse-yun Fenga w 1972 roku
- ▶ bazuje na pojęciu **stopnia zrównoleglenia** w celu klasyfikacji różnych architektur komputerowych



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Klasyfikacja Fenga - szczegóły

- ▶ **maksymalna liczba bitów jakie mogą być przetworzone w jednostce czasu** nazywana jest **maksymalnym stopniem równoleglenia  $P$**
- ▶ zdefiniujmy  $P_i$  jako **liczbę bitów jakie mogą być przetworzone podczas  $i$ -tego cyklu procesora**; w ogólności  $P_i \leq P$
- ▶ **średni stopień równoleglenia** można wyrazić jako  $P_a$

$$P_a = \frac{\sum_{i=1}^T P_i}{T} \quad (1)$$



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Klasyfikacja Fenga - poziom wykorzystania

- ▶ **poziom wykorzystania** systemu komputerowego w  $T$  cyklach można zdefiniować jako

$$\mu = \frac{P_a}{P} = \frac{\sum_{i=1}^T P_i}{P \cdot T} \quad (2)$$

- ▶ gdy system jest maksymalnie wykorzystywany,  $P_i = P$  dla wszystkich cykli, stąd  $\mu = 1$
- ▶ **maksymalny stopień zrównoleglenia  $P$**  jest określony jako produkt liczby bitów w słowie ( $n$ ) i liczby słów przetwarzanych równolegle ( $m$ ), czyli  $P = (m, n)$



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Klasyfikacja Fenga - klasy

Bazując na podejściu Fenga, wyłaniają się cztery klasy:

- ▶ **Word Serial Bit Serial (WSBS)** - jeden bit jednego słowa przetwarzany jest jednocześnie. Jest to typowe szeregowe przetwarzanie,  $P = (1, 1)$ .
- ▶ **Word Serial Bit Parallel (WSBP)** - wszystkie bity jednego słowa przetwarzane są jednocześnie,  $P = (1, *)$ .
- ▶ **Word Parallel Bit Serial (WPBS)** - jeden bit ze wszystkich słów przetwarzany jest jednocześnie,  $P = (*, 1)$ .
- ▶ **Word Parallel Bit Parallel (WPBP)** - wszystkie bity wszystkich słów przetwarzane są jednocześnie, maksymalne zrównoleglenie,  $P = (*, *)$ .



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Klasyfikacja Handlera

- ▶ **Klasyfikacja Handlera** została zaproponowana przez Wolfganga Handlera w 1977 roku
- ▶ odnosi się ona do systemu komputerowego na trzech poziomach:
  - ▶ PCU - program control unit
  - ▶ ALU - arithmetic logic unit
  - ▶ ELC - elementary logic circuit
- ▶ **PCU** kontroluje ALU
- ▶ **ALU** odpowiada **jednostce funkcjonalnej** lub elementowi przetwarzającemu
- ▶ **ELC** odpowiada **układowi logicznemu** potrzebnemu do przetworzenia jednobitowej operacji w ALU



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Klasyfikacja Handlera - szczegóły

Klasyfikacja Handlera opisuje system komputerowy w sposób następujący:

$$\mathbf{Komputer} = (p \cdot p', a \cdot a', b \cdot b')$$

Where:

- ▶  $p$  – liczba PCU
- ▶  $p'$  – liczba PCU, które można potokować
- ▶  $a$  – liczba ALUs kontrolowanych przez każde PCU
- ▶  $a'$  – liczba ALUs, które można potokować
- ▶  $b$  – liczba bitów w ALU
- ▶  $b'$  – liczba segmentów potokowania we wszystkich ALU





# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Podsumowanie

- ▶ klasyfikacja architektur komputerowych dzieli systemy komputerowe pod kątem stopnia zrównoleglenia
- ▶ każda z omawianych klasyfikacji dokonuje ewaluacji systemów w nieco inny sposób
- ▶ każdy system komputerowy można sklasyfikować powyższymi klasyfikacjami
- ▶ omawiane klasyfikacje:
  - ▶ taksonomia Flynna
  - ▶ klasyfikacja Fenga
  - ▶ klasyfikacja Handlera
- ▶ jeśli chcesz wiedzieć więcej, [przeczytaj ten artykuł](#)



# Klasyfikacja architektur komputerowych

## Źródła i polecane materiały

- ▶ B. Barney, *"Introduction to Parallel Computing"*, Lawrence Livermore National Laboratory (tutorial)
- ▶ S.S. Jadhav, *"Advanced Computer Architecture and Computing"*, Technical Publications Pune (książka)
- ▶ N. Kandel, *"Feng's Classification"* (prezentacja)
- ▶ M. A. Salih, *"Architectural Classification"*, University of Technology, Iraq (prezentacja)



# Slajd końcowy

Pytania? Komentarze?

Jeśli masz pomysł jak poprawić lub wzbogacić te wykłady,  
proszę zgłoś to jako issue w tym repozytorium:

<https://github.com/rmhere/lecture-comp-arch-org>