



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

Modelos de Cómputo

Computación Heterogénea

Profesor: Dr. Joel Fuentes - jfuentes@ubiobio.cl

Ayudantes:

- Daniel López - daniel.lopez1701@alumnos.ubiobio.cl
- Sebastián González - sebastian.gonzalez1801@alumnos.ubiobio.cl

Página web del curso: <http://www.face.ubiobio.cl/~jfuentes/classes/ch>

Contenidos

- Taxonomía de Flynn
- Tipos de paralelismo
- Modelos de programación

Taxonomía de Flynn

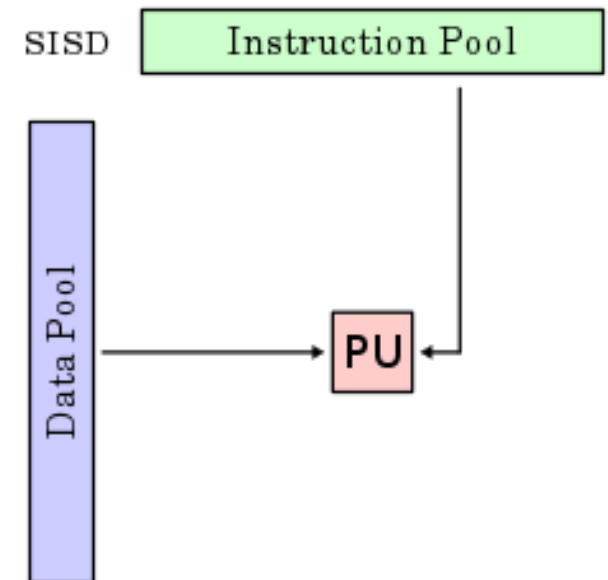
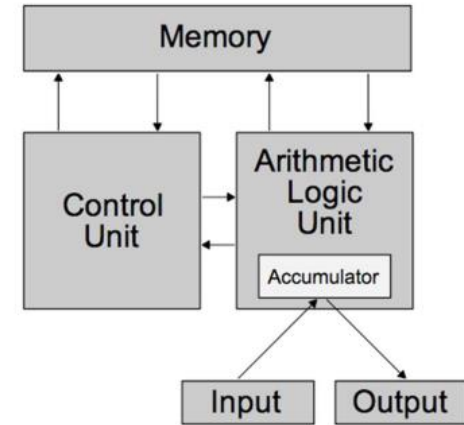
- Taxonomía para clasificar sistemas computacionales por el número de flujo de instrucciones y flujos de datos.
 - Definida en 1972. Teoría aún usada hoy en día.
 - Posee variadas restricciones, pero a nivel general es útil.

Taxonomía de Flynn

- SISD - Single Instruction Single Data
- SIMD - Single Instruction Multiple Data
- MISD - Multiple Instruction Single Data
- MIMD - Multiple Instruction Multiple Data

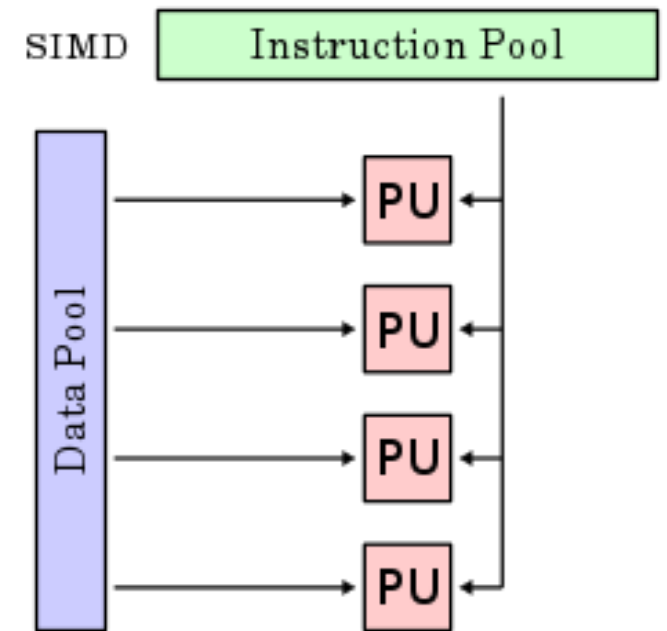
SISD

- Single Instruction Single Data
- Corresponde a la arquitectura de Von Neumann
 - Implementa la máquina universal de Turing
 - Algoritmos seriales
- Sistemas con este modelo de cómputo ejecutan una instrucción a la vez sobre un dato.
- Ejemplo: Procesadores x86 single-core



SIMD

- Single Instruction Multiple Data
- Corresponde unidades de cómputo paralelas que operan sobre múltiples datos a la vez.
- La misma instrucción es aplicada sobre múltiples (diferentes) datos.
- Programación basada en vectores.
- Ejemplos: GPU y aceleradores de IA.



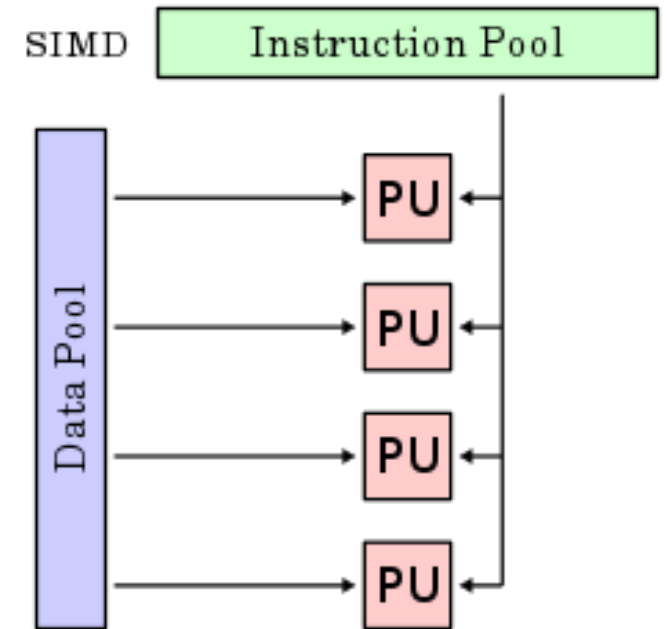
SIMD

- Ejemplo de uso:

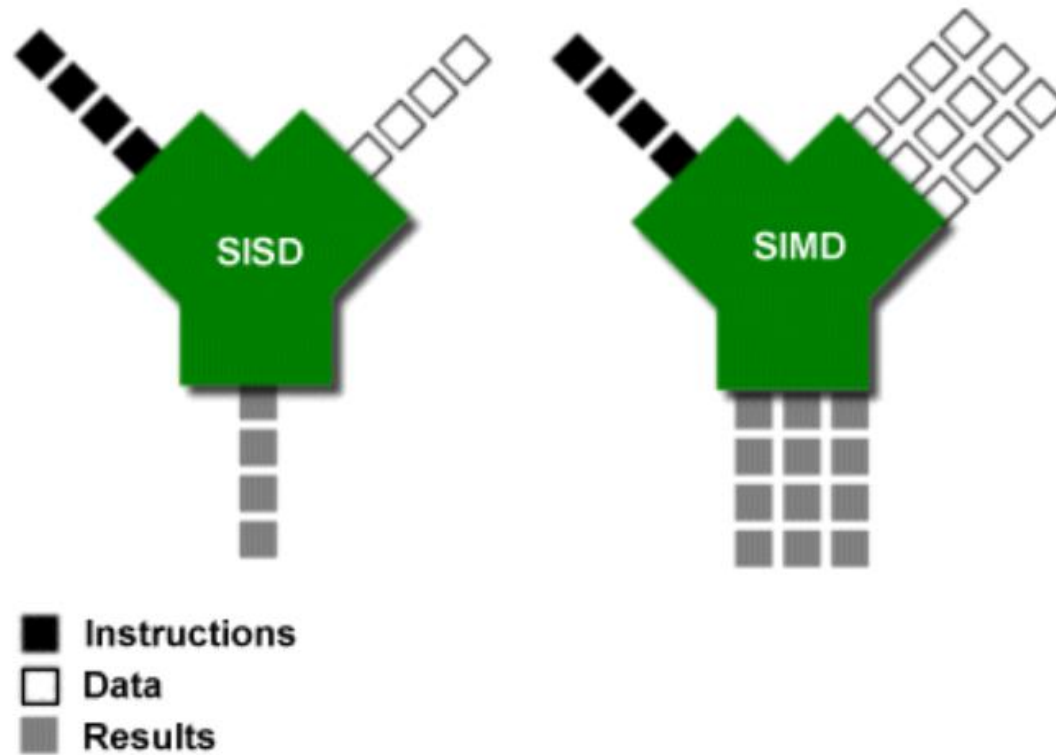
```
for (i = 0; i < n ; i++){  
    x[i] += y[i]  
}
```

Si existen n unidades de procesamiento (PU) y todas ejecutan la misma instrucción, entonces la iteración completa puede ser ejecutada por una instrucción SIMD.

SIMD es muy eficiente en resolver problemas masivos en datos y vectores/matrices.

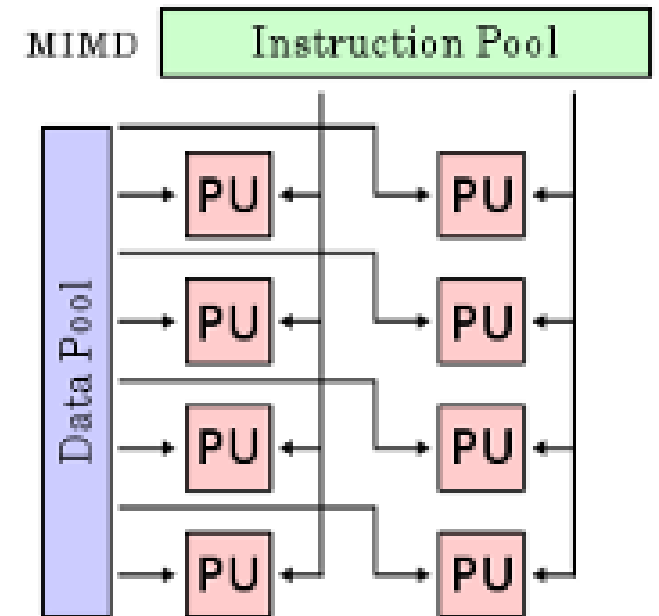


SISD vs SIMD



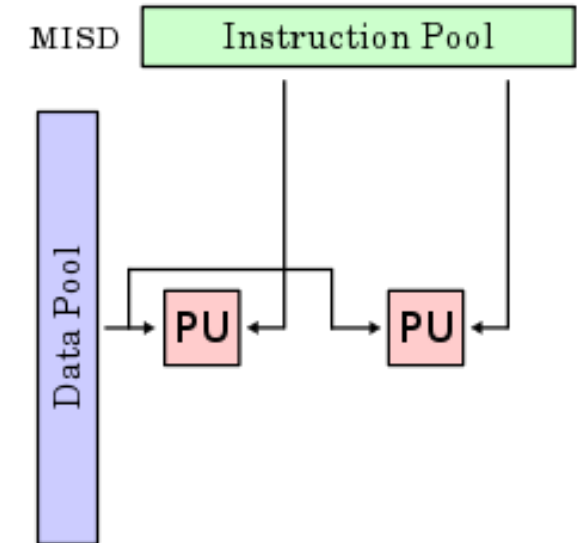
MIMD

- Multiple Instructions Multiple Data
- Suporta flujos de instrucciones simultáneos operando sobre múltiples flujos de datos.
- Corresponde a sistemas computacionales multi-core, clusters, ccNUMA, etc.
- Usualmente cada PU es ejecutado de forma asíncrona. No existe señal de reloj global.
- Puede ser implementado en sistema de memoria compartida o memoria distribuída.

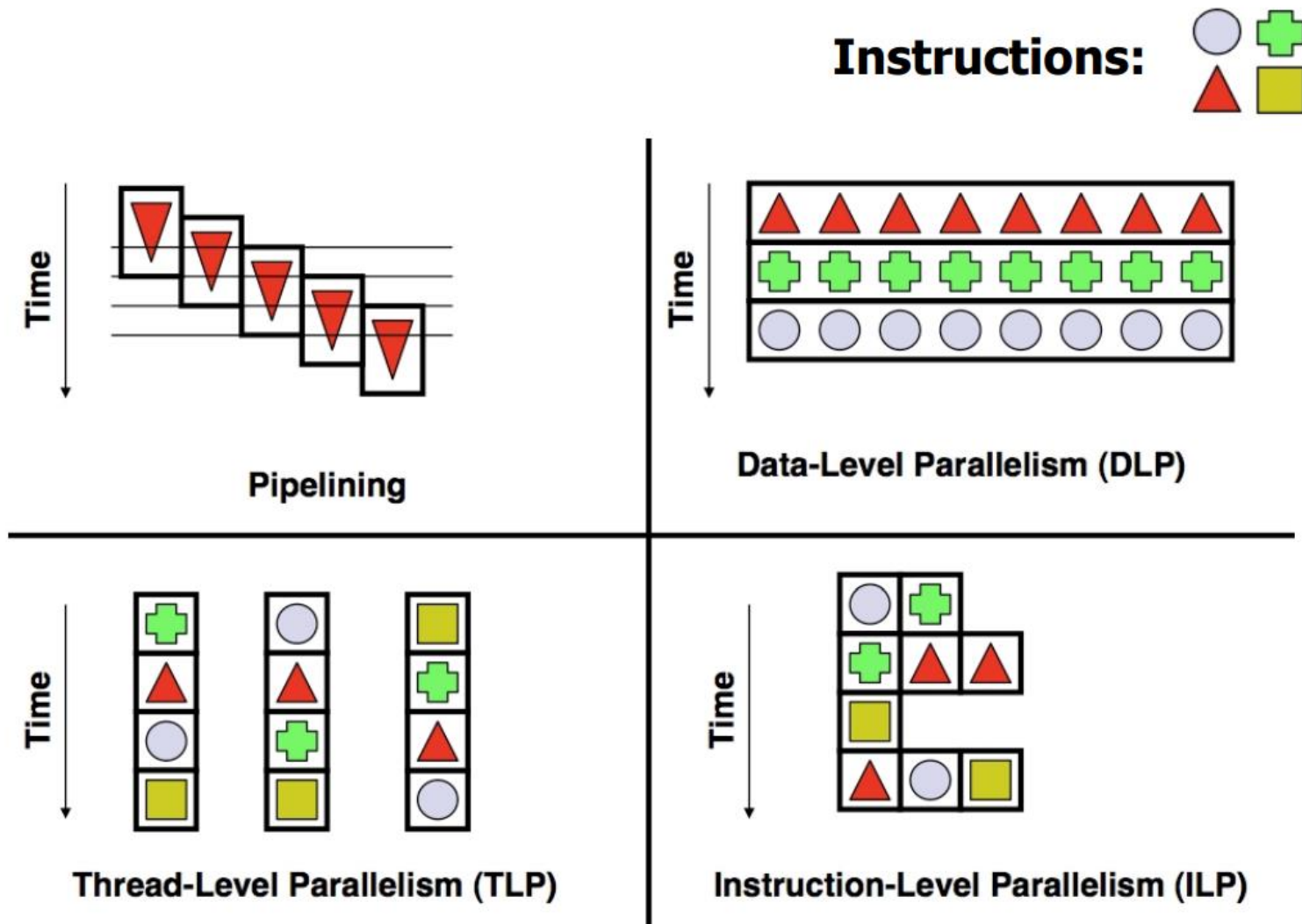


MISD

- Multiple Instructions Single Data
- Suporta flujos de instrucciones simultáneos operando sobre un dato.
- Múltiples PU operan de forma independiente sobre el mismo flujo de datos.
- Difícil y poco viable implementación.
- Ejemplo: sistemas que pueden ser usados para detectar y corregir errores.

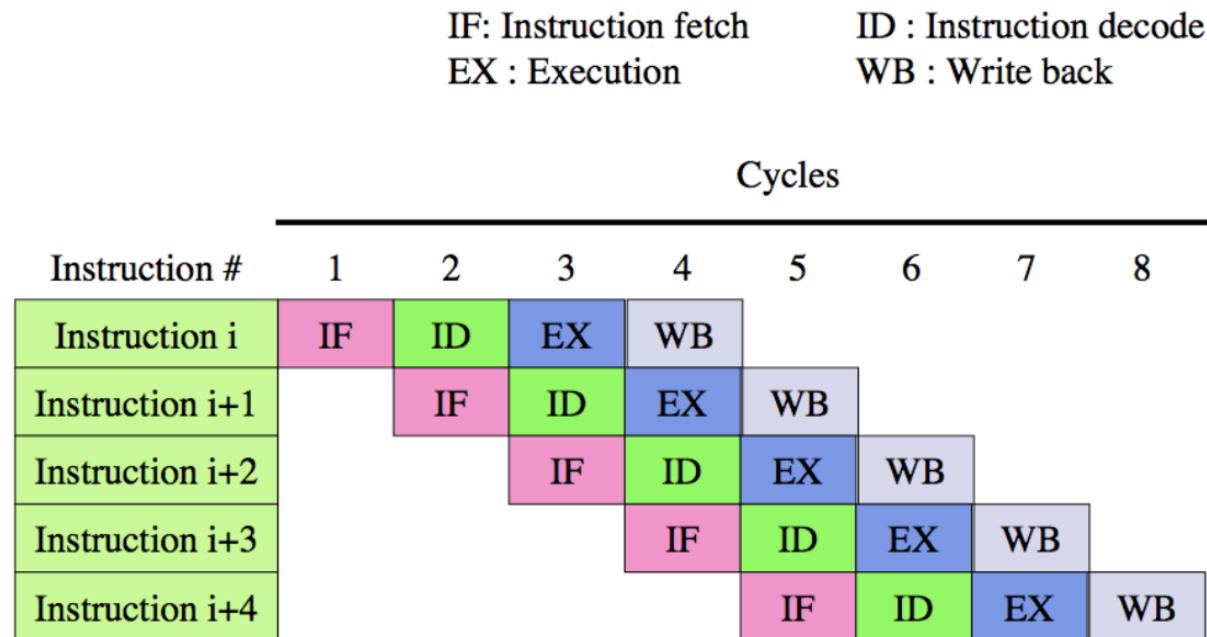


Tipos de Paralelismo



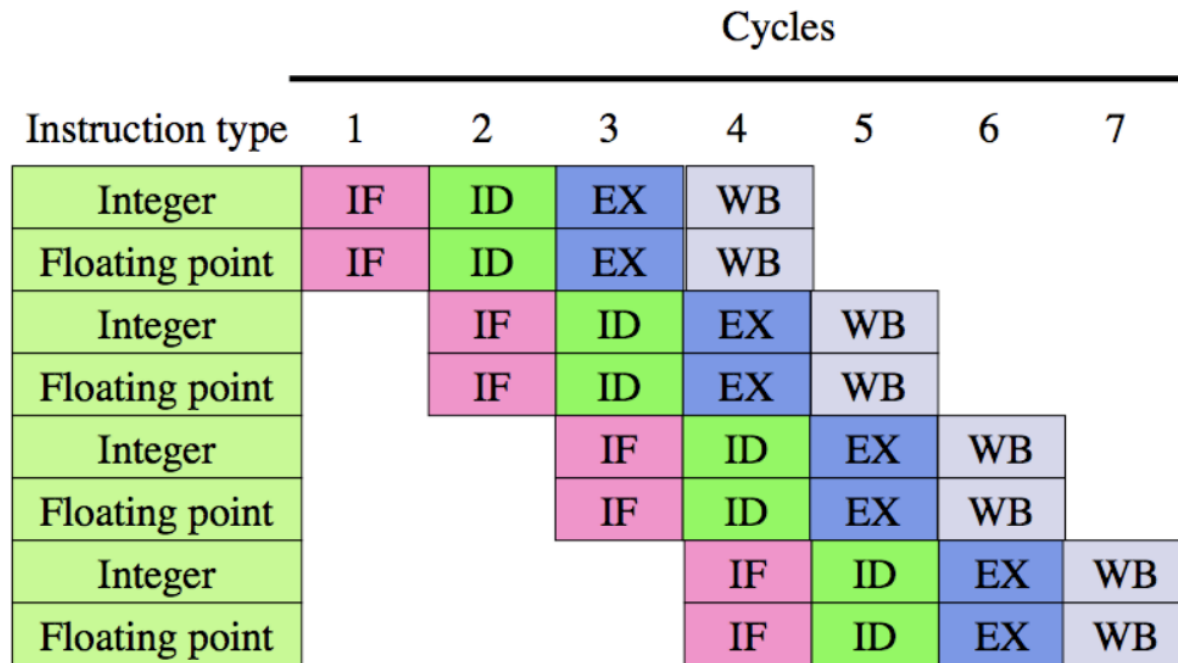
Pipelining

- Corresponde a arquitectura SISD



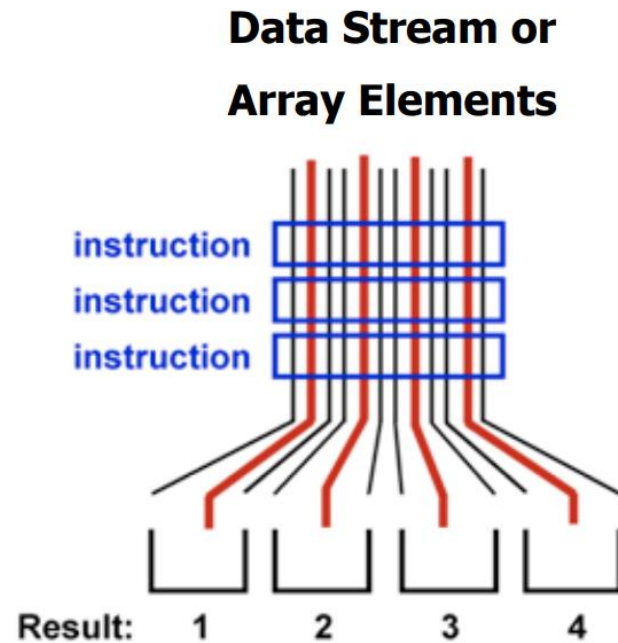
Paralelismo a nivel de instrucción (Instruction-level paralelismo – ILP)

- Corresponde a arquitectura SISD



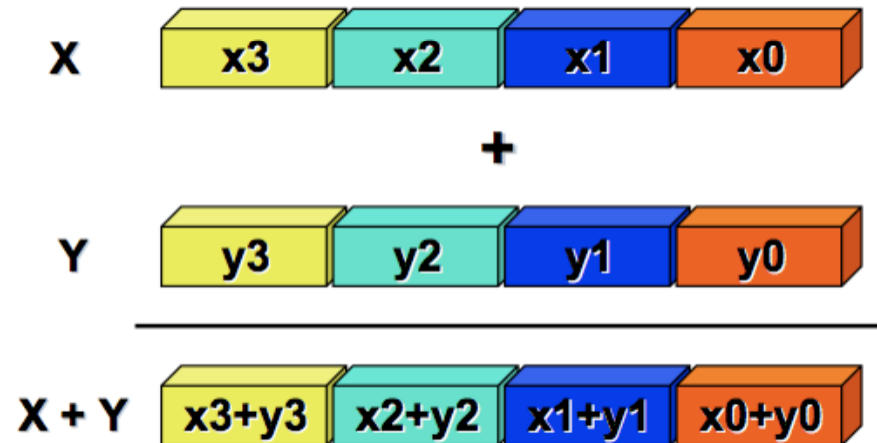
Paralelismo a nivel de datos

- Corresponde a arquitectura SIMD



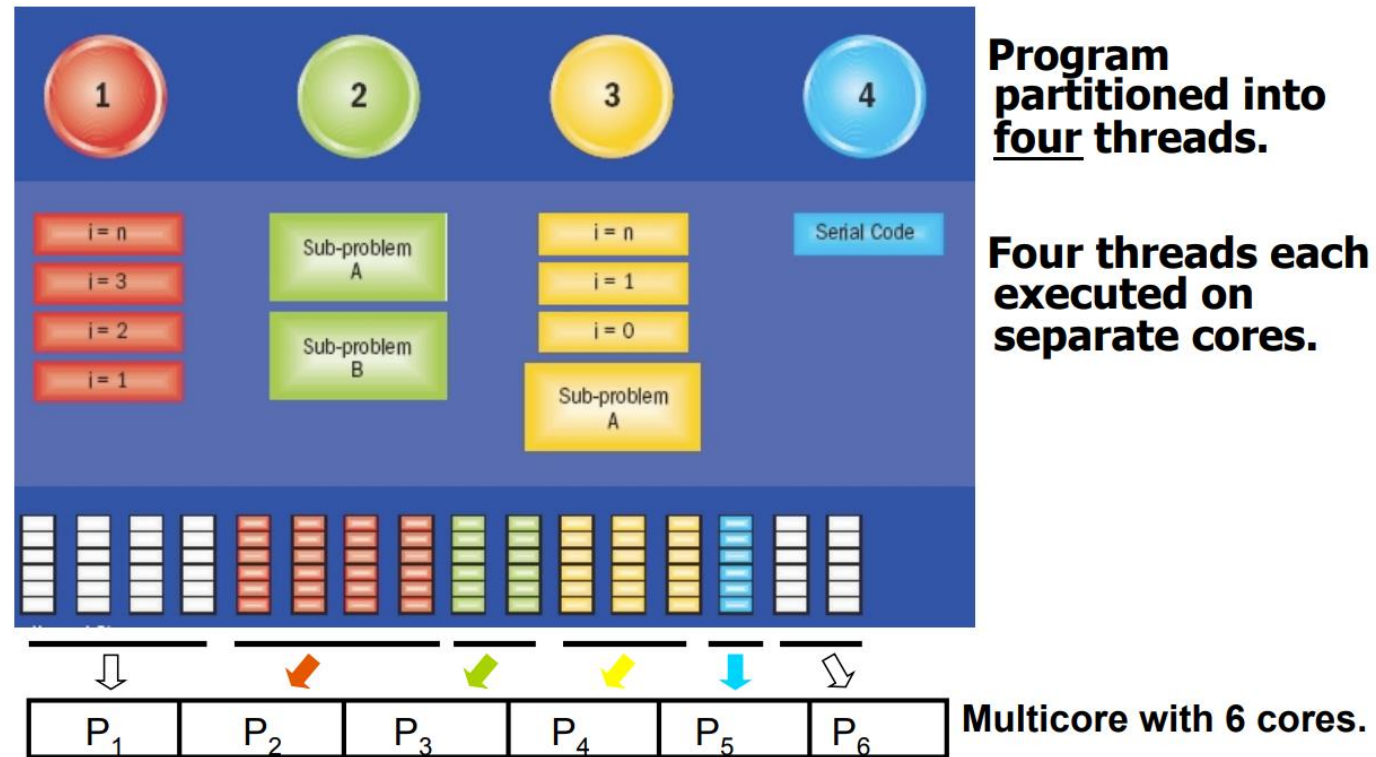
Paralelismo a nivel de datos

- Corresponde a arquitectura SIMD
- Ejemplo suma en paralelo:



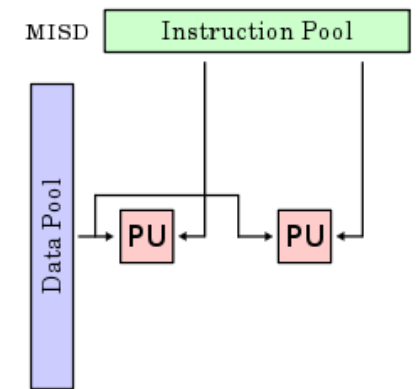
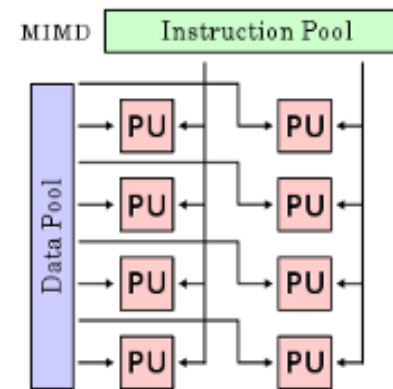
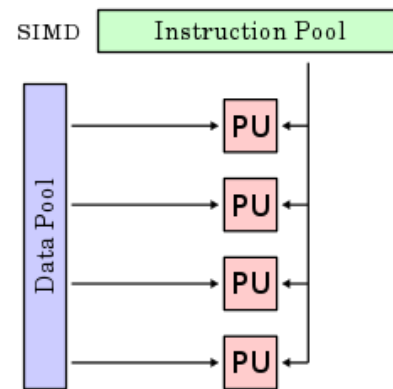
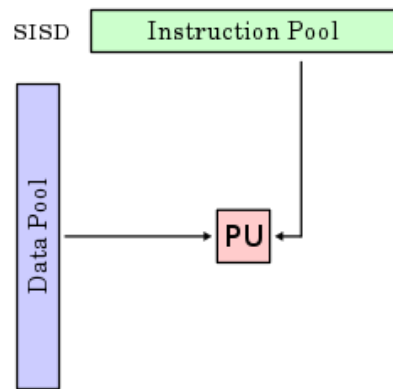
Paralelismo a nivel de hilos

- Corresponde a arquitectura MIMD



Modelos de Programación

- ¿Cómo programar los diferentes modelos de cómputo?

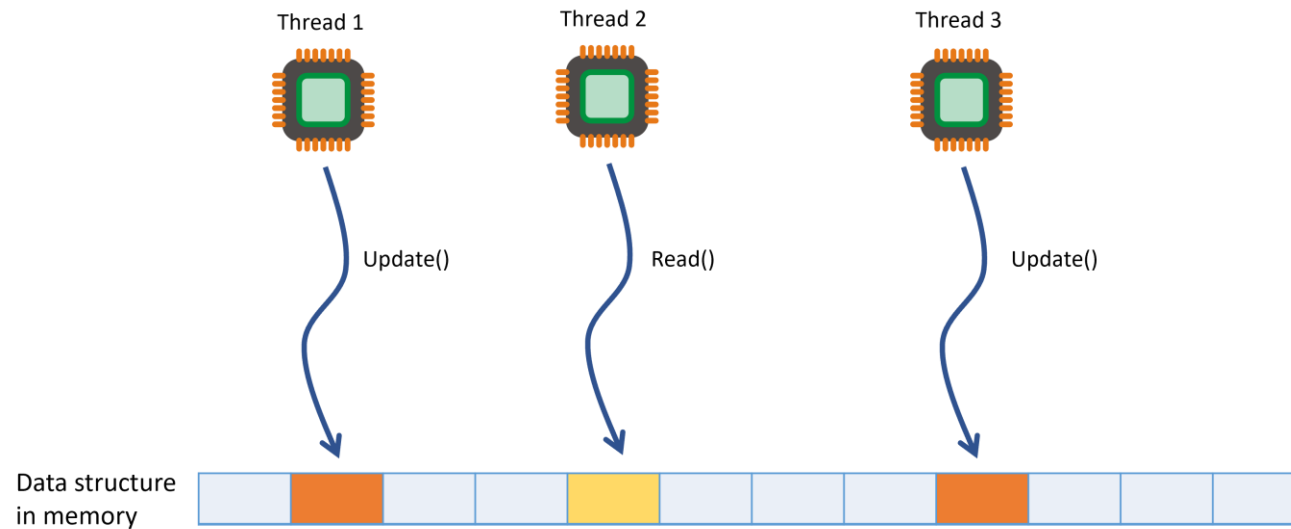


Modelos de Programación

- ¿Cómo programar los diferentes modelos de cómputo?
- ¿Cómo maximizamos el paralelismo?
- En la práctica existen 3 grandes enfoques utilizados en procesadores y aceleradores modernos.
 - Programación multi-hilos
 - Programación multi-hilos con múltiples de datos (SIMD)
 - Programación de multi-hilos con datos individuales (SIMT)

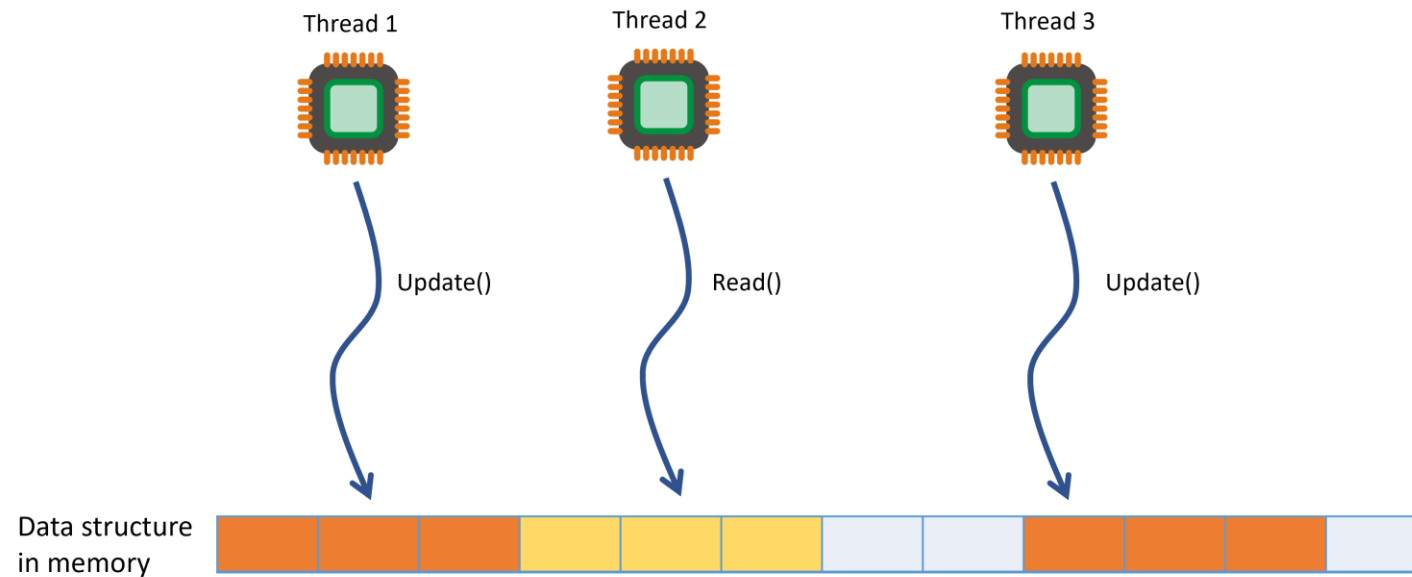
Modelos de Programación: Multi-Hilos

- Paralelismo multi-hilos
- Encontrado en CPUs modernas
- **Múltiples hilos accesan datos individuales** de estructuras de datos compartidas en memoria principal.



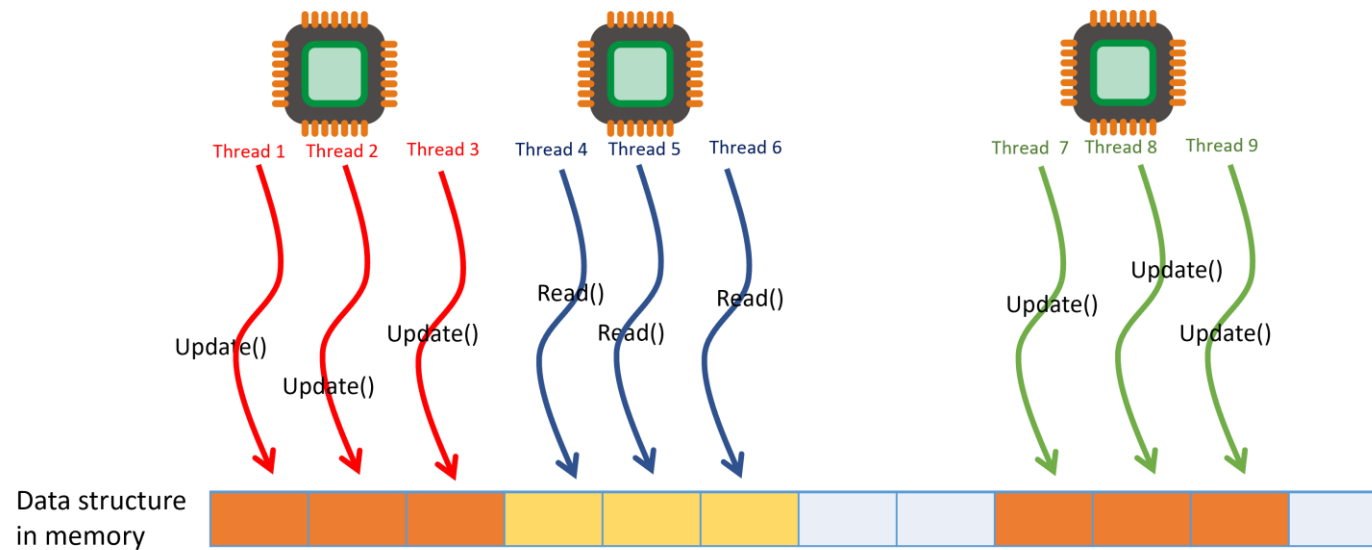
Modelos de Programación: Multi-Hilos SIMD

- Paralelismo multi-hilos + paralelismo de datos
- Encontrado en GPUs y algunas CPUs (ej. con soporte AVX)
- **Múltiples hilos accesan múltiples datos** de estructuras de datos compartidas en memoria principal.



Modelos de Programación: Multi-Hilos SIMT

- Paralelismo multi-hilos en unidades de cómputo SIMD
- Encontrado en GPUs y aceleradores de IA
- Múltiples hilos acceden datos individuales ejecutando la misma instrucción



Lenguajes y Frameworks de Programación

- SISD
 - C++, Java, etc.
- MIMD
 - C++, Java, OpenMP
- SIMD
 - DPC++, C-for-Metal, OpenCL, C++ con extensions
- SIMT
 - OpenCL, CUDA, DPC++

Lenguajes y Frameworks de Programación

- CPU multi-core
 - C++, Java, OpenMP, DPC++
- GPU
 - OpenCL, CUDA, DPC++, OpenACC
- FPGA
 - OpenCL, DPC++

Referencias

- S. Amarasinghe, MIT 6189 IAP 2007
- John Cavazos A General Discussion on Parallelism. University of Delaware
<http://www.cis.udel.edu/~cavazos/cisc879>