Tema I: Modelos de Computación Paralela

Objetivos del curso

- Descripción de modelos de Computación Paralela.

- Diseño y análisis de algoritmos paralelos.

Dificultad de nuestro estudio:

- Existen modelos universales de Computación Secuencial (máquinas de Turing, funciones recursivas, máquinas RAM, URM, ...)

- No existen modelos universales de Computación Paralela.

- No existen relaciones de simulación entre los distintos modelos de Computación Paralela.

- Interrelación entre el diseño de algoritmos paralelos y el modelo de Computación Paralela elegido.

Necesidad del paralelismo

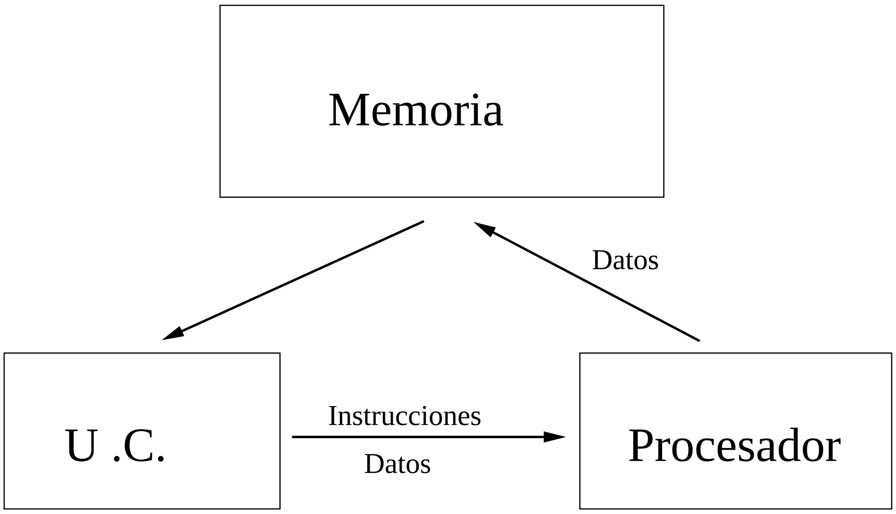
- Máquinas *secuenciales*:
  - ⋆ Una operación en una unidad de tiempo.
  - ⋆ Un sólo procesador.
  - ⋆ Son cada vez más potentes.
  - ⋆ Mejora del software y de los algoritmos.
- Principio de invariancia
  - ⋆ Mejora de la constante multiplicativa
- Limitación física:10^{10} oper/sg (Churchhouse, 1983)
- *Paralelismo*
  - ⋆ Capacidad de realizar varias operaciones simultáneamente.
  - ⋆ Existencia de varios procesadores.

Máquina paralela: conjunto de elementos de cálculo capaces de comunicarse y cooperar para resolver más rápidamente problemas de gran tamaño.

Máquinas RAM

Consta de:

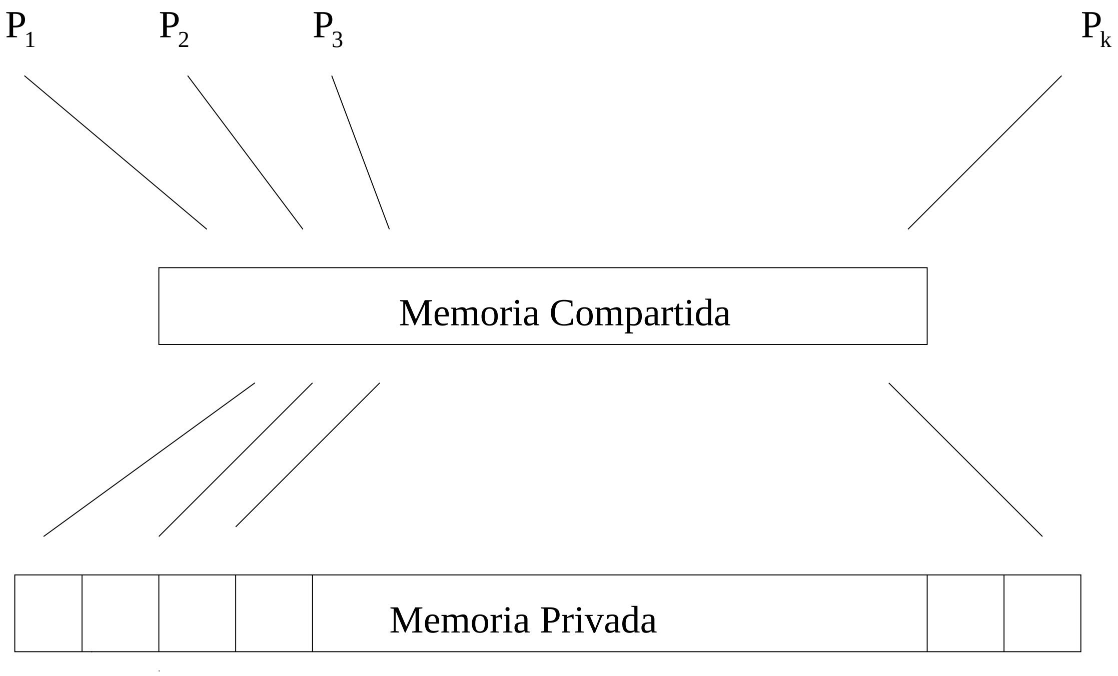
- Una unidad de control (UC).
- Un procesador (unidad aritmético–lógica).
- Una memoria.



Máquinas PRAM

Consta de un conjunto $P_1, \ldots, P_k$ procesadores comunicados entre sí por una *memoria compartida*.

Cada procesador tiene una *memoria privada*.



Las comunicaciones entre los procesadores se realiza en la memoria compartida.

Ejecución de un programa, A, en una PRAM

- Se reproducen k copias $A_1, \ldots, A_k$.
- Cada *paso* o unidad de tiempo consta de:
  - ⋆ Fase de lectura.
  - ⋆ Fase de cálculo.
  - ⋆ Fase de escritura.

En una máquina PRAM: *sincronización*.

Problemas de concurrencia:

- Conflictos de lectura y/o escritura.

El modelo PRAM: No realista

- Red de comunicaciones muy compleja.

Modelos de Computación

Clasificación de M.J. Flynn (1966) basada en:

- *Instrucción Stream*: conjunto de instrucciones que ejecuta la máquina.

- *Data Stream*: conjunto de datos que se usa en la ejecución.

Máquinas SISD

- En cada paso: **una** sóla instrucción es ejecutada sobre **un** sólo dato.

- Debido a J. von Newmann (final de los 40).

- Son las máquinas secuenciales (algoritmos secuenciales).

Máquinas SIMD

- En cada paso: **una** sóla instrucción es ejecutada sobre **varios** datos.

- Constan de k procesadores y una unidad de control

- Los procesadores pueden estar comunicados por:

  ⋆ Una memoria compartida.
  ⋆ Una red de interconexión.

En cada paso,

- La UC selecciona una instrucción y un conjunto de datos relativos a cada procesador.

- La UC ordena a cada procesador que ejecute **la** instrucción con su dato.

Los procesadores trabajan de forma $sincronizada$.

Procesadores $activos$ e $inactivos$.

Máquinas SIMD con memoria compartida

Los k procesadores comparten la misma memoria:

- Zona compartida.
- Zona privada.

Conflictos de lectura y/o escritura.

- EREW: **E**xclusive **R**ead, **E**xclusive **W**rite.
- CREW: **C**oncurrent **R**ead, **E**xclusive **W**rite.
- ERCW: **E**xclusive **R**ead, **C**oncurrent **W**rite.
- CRCW: **C**oncurrent **R**ead, **C**oncurrent **W**rite.

Conflictos de escritura:

(a) Sólo escribe el procesador de menor índice.

(b) Todos escriben si el contenido es el mismo.

(c) Se escribe la suma de los contenidos.

Máquinas MISD

- En cada paso: **varias** instrucciones son ejecutadas sobre **un** mismo dato.
- Constan de k procesadores cada uno con su unidad de control
- Los procesadores comparten una unidad de memoria

En cada paso,

- La UC$_j$ selecciona una instrucción, I_j, y un dato común de la memoria.
- La UC$_j$ ordena a P_j que ejecute **la** instrucción I_j con el dato común.

Máquinas MIMD

- En cada paso: **varias** instrucciones son ejecutadas sobre **varios** datos.

- Constan de k procesadores cada uno con su unidad de control, su memoria privada y su unidad de cálculo.

En cada paso,

- La UC$_j$ selecciona una instrucción, I_j, y un dato, d_j, de la memoria.

- La UC$_j$ ordena a P_j que ejecute **la** instrucción I_j con el correspondiente dato d_j.

Las máquinas **MIMD** trabajan de forma $asincronizada$.

- Los procesadores están comunicados por:
  - ⋆ Una memoria compartida (Multiprocesadores).
  - ⋆ Una red de interconexión (Multiordenadores, Sistemas distribuidos).