

# Organización y Aquitectura de Computadoras

**Computadoras**

# Organización y Arquitectura de una Computadora

La **Arquitectura de computadora** se refiere a la abstracción y diseño conceptual de la estructura del sistema de una computadora. Incluye aspectos como el conjunto de instrucciones, modos de direccionamiento, y las capacidades funcionales de la CPU desde un punto de vista de programación.

## Ejemplo: Arquitectura x86

La arquitectura x86 es un conjunto de instrucciones (ISA) utilizado en procesadores como los de Intel y AMD.

### Aspectos arquitectónicos:

- Conjunto de instrucciones (ADD, SUB, MOV).
- Modos de direccionamiento (inmediato, directo, indirecto).
- La arquitectura define cómo se ejecutan las instrucciones, la longitud de palabras, y el número de registros.

Es el **nivel de abstracción** de programación que un desarrollador de software o un compilador entiende.

# Organización y Arquitectura de una Computadora

La **organización de computadora** se refiere a la implementación física de una arquitectura específica. Involucra detalles de hardware, como la cantidad de memoria, tipo de memoria, conectividad, bus de datos, y cómo están conectados los componentes internos.

## Ejemplo: Estructura de una CPU basada en x86

La organización de una CPU x86 incluye detalles como:

- Cantidad y tipo de registros internos (AX, BX, CX, CS, SS).
- Cómo se conectan los buses de datos y control.
- Organización interna de la memoria caché (L1, L2, L3).
- Implementación de las unidades aritmético-lógicas (ALU), controladores, etc.

## Aspectos organizacionales:

- Diseño de los circuitos, la longitud de los buses y su conexión a los componentes de la CPU.
- Organización de memoria y jerarquía de memoria (caché, RAM, almacenamiento).
- Detalles de interconexiones internas y externas (buses de datos, direccionamiento físico).

Es el **nivel de abstracción** de diseño y construcción para ingenieros de hardware.

# Organización y Arquitectura de una Computadora

## Diferencia Clave

- **Arquitectura:** Se centra en la **funcionalidad y diseño conceptual** desde el punto de vista de un programador o desarrollador. Es más sobre el conjunto de instrucciones y las operaciones lógicas de alto nivel.
- **Organización:** Se centra en la **implementación física** y la interconexión de los componentes dentro del sistema, es decir, cómo el hardware lleva a cabo la arquitectura definida.

# **Estructura y función de un Computadora**

Una computadora es un sistema complejo pues contienen millones de componentes electrónicos elementales. Por lo que su descripción radica en reconocer la naturaleza jerárquica. Un sistema jerárquico es un conjunto de subsistemas interrelacionados, cada uno de los cuales, a su vez, tiene una estructura jerárquica hasta que alcanzamos algún nivel más bajo de subsistema elemental.

**Estructura:** la forma en que los componentes están interrelacionados.

**Función:** el funcionamiento de cada componente individual como parte de la estructura.

# Función de un Computadora

Tanto la estructura como el funcionamiento de una computadora son en esencia simples. En términos generales, solo hay cuatro funciones básicas que una computadora puede realizar:

**Procesamiento de datos:** los datos pueden adoptar una amplia variedad de formas y la gama de requisitos de procesamiento es amplia.

**Almacenamiento de datos:** La computadora debe almacenar temporalmente al menos aquellos datos en los que se está trabajando en cualquier momento dado (datos a corto plazo y largo plazo).

**Movimiento de datos:** Cuando los datos se reciben o se envían a un dispositivo que está conectado directamente a la computadora, el proceso se conoce como entrada-salida (E/S) y el dispositivo se denomina periférico.

**Control:** Dentro de la computadora, una unidad de control opera los recursos de la computadora y orquesta el desempeño de sus partes funcionales en respuesta a instrucciones.

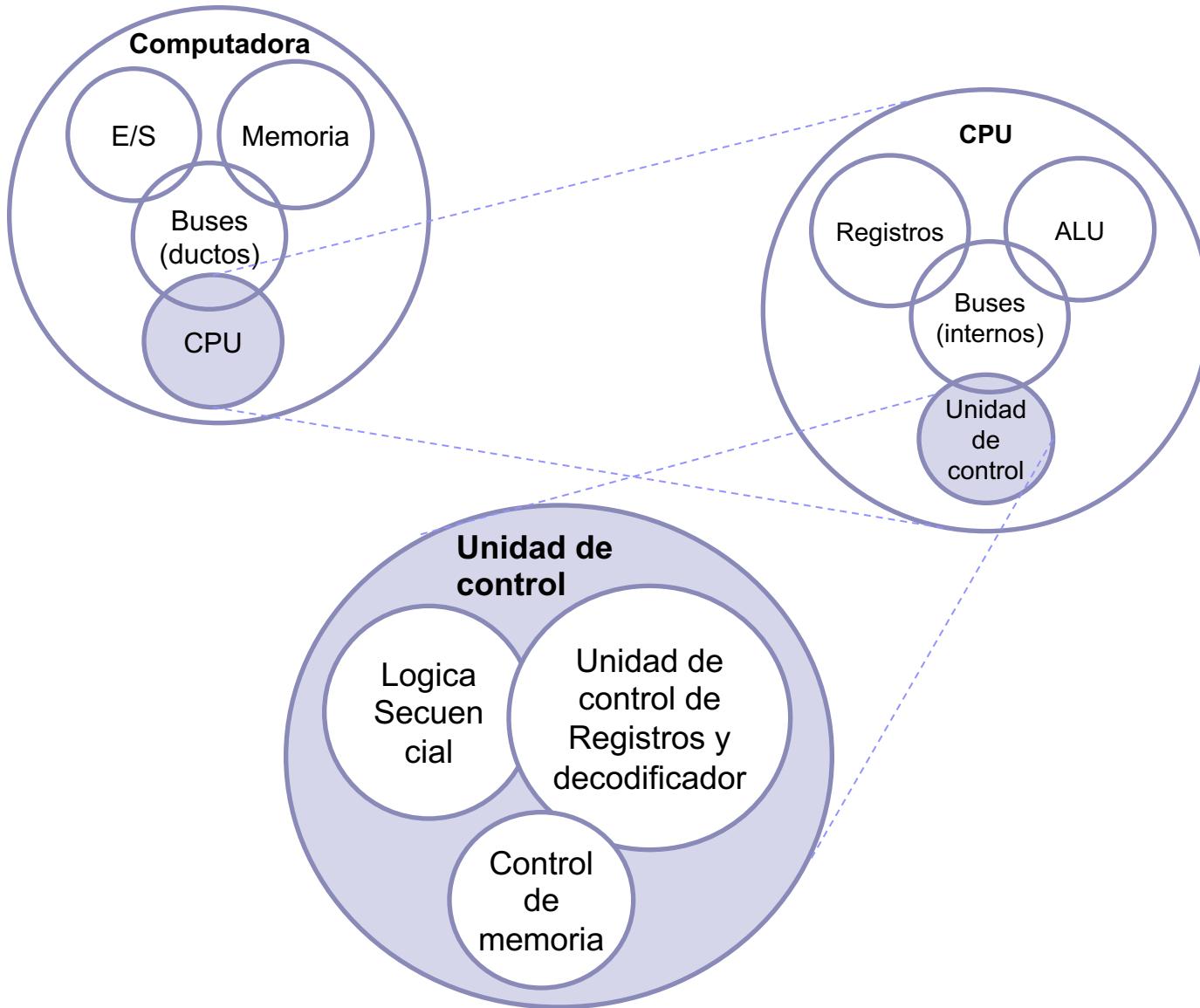
# Estructura

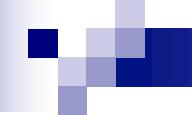
Considerando de manera general la estructura interna de una computadora, primero se puede iniciar con una computadora tradicional con un **solo procesador** que emplea una unidad de control microprogramada.

Una computadora simple de un solo procesador se puede visualizar de manera jerárquica que la estructura interna cuenta con cuatro elementos estructurales principales:

- **Unidad central de procesamiento (CPU):** controla el funcionamiento de la computadora y realiza sus funciones de procesamiento de datos; a menudo denominado simplemente procesador.
- **Sección de Memoria principal:** almacena datos.
- **Sección de Entrada/Salida (I/O):** Transfiere datos entre la computadora y su entorno externo.
- **Interconexión del sistema:** mecanismo que proporciona comunicación entre la CPU, la memoria principal y E/S. Comúnmente este mecanismo de interconexión del sistema es por medio de un bus del sistema, que consta de varios cables conductores a los que se unen todos los demás componentes.

# Computadora: estructura de nivel superior





Componentes básicos estructurales de un CPU son

Una computadora simple de un solo procesador se puede visualizar de manera jerárquica que la estructura interna cuenta con cuatro elementos estructurales principales:

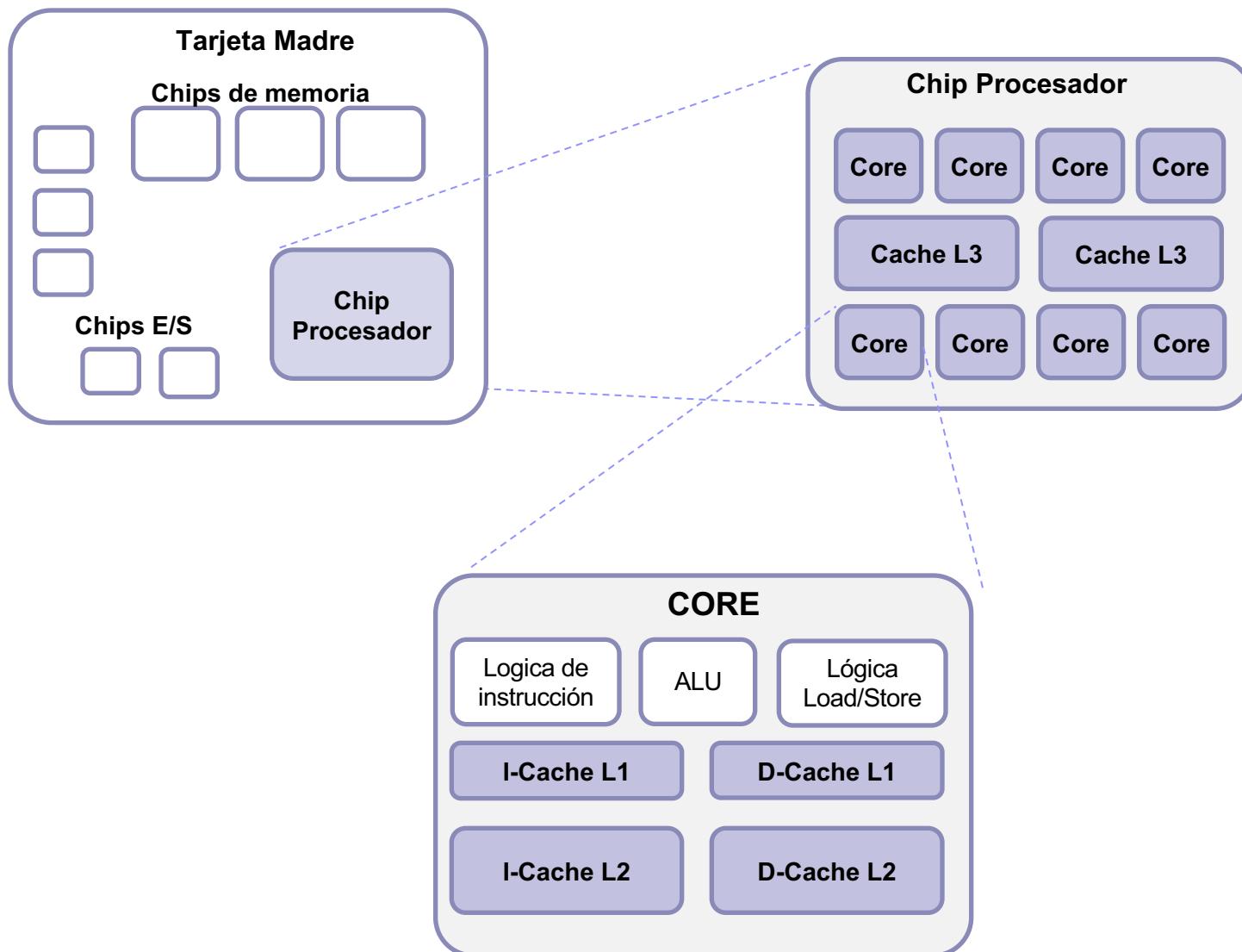
- **Unidad de control:** controla el funcionamiento del CPU y, por tanto, de la computadora.
- **Unidad aritmética y lógica (ALU):** realiza el procesamiento de datos de la computadora funciones básicamente operaciones aritméticas y lógicas.
- **Registros:** proporciona almacenamiento interno en el CPU.
- **Interconexión de CPU:** mecanismo que proporciona comunicación entre la unidad de control, la ALU y los registros.

# Multicore

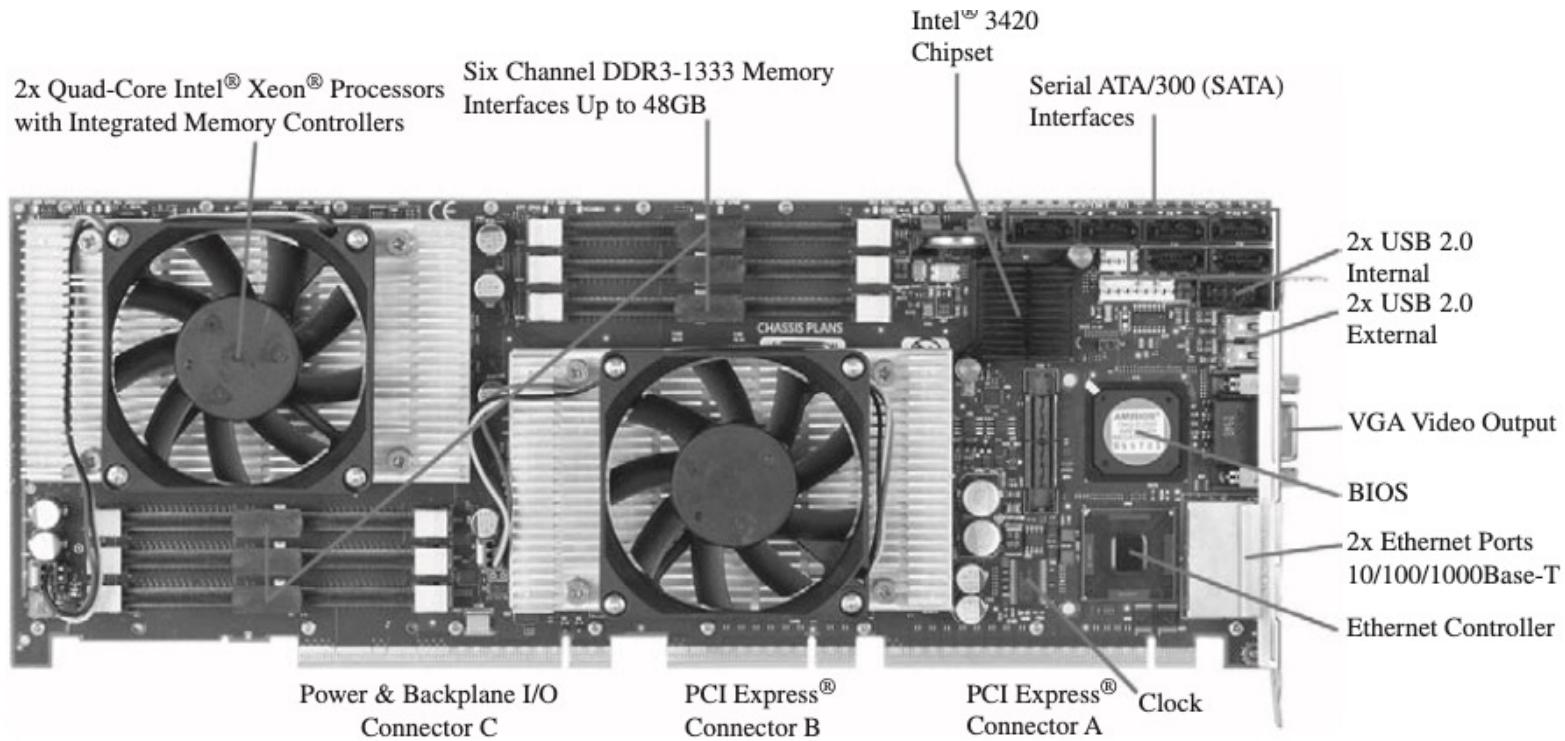
Las computadoras contemporáneas generalmente tienen múltiples procesadores. Cuando todos estos procesadores residen en un solo chip, se usa el término computadora multinúcleo (*multicore*), y cada unidad de procesamiento (que consta de una unidad de control, ALU, registros y quizás caché) se denomina núcleo.

- **Unidad central de procesamiento (CPU):** la parte de una computadora que busca y ejecuta instrucciones. Consta de una ALU, una unidad de control y registros.
- **Núcleo:** una unidad de procesamiento individual en un chip de procesador. Un núcleo puede ser equivalente en funcionalidad a una CPU en un sistema de una sola CPU. Otras unidades de procesamiento especializadas, como una optimizada para operaciones vectoriales y matriciales, también se denominan núcleos.
- **Procesador:** una pieza física de silicio que contiene uno o más núcleos. El procesador es el componente de la computadora que interpreta y ejecuta las instrucciones. Si un procesador contiene varios núcleos, se denomina procesador multinúcleo.

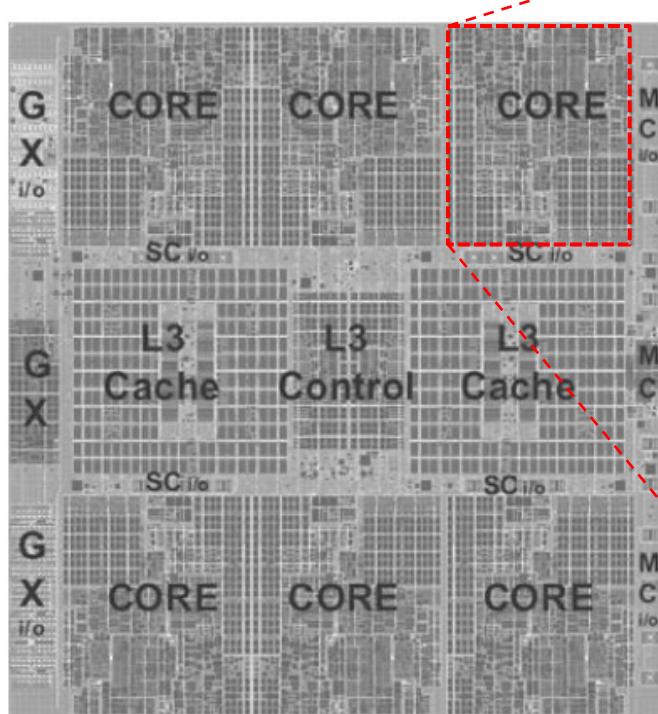
## Vista simplificada de una computadora multicore



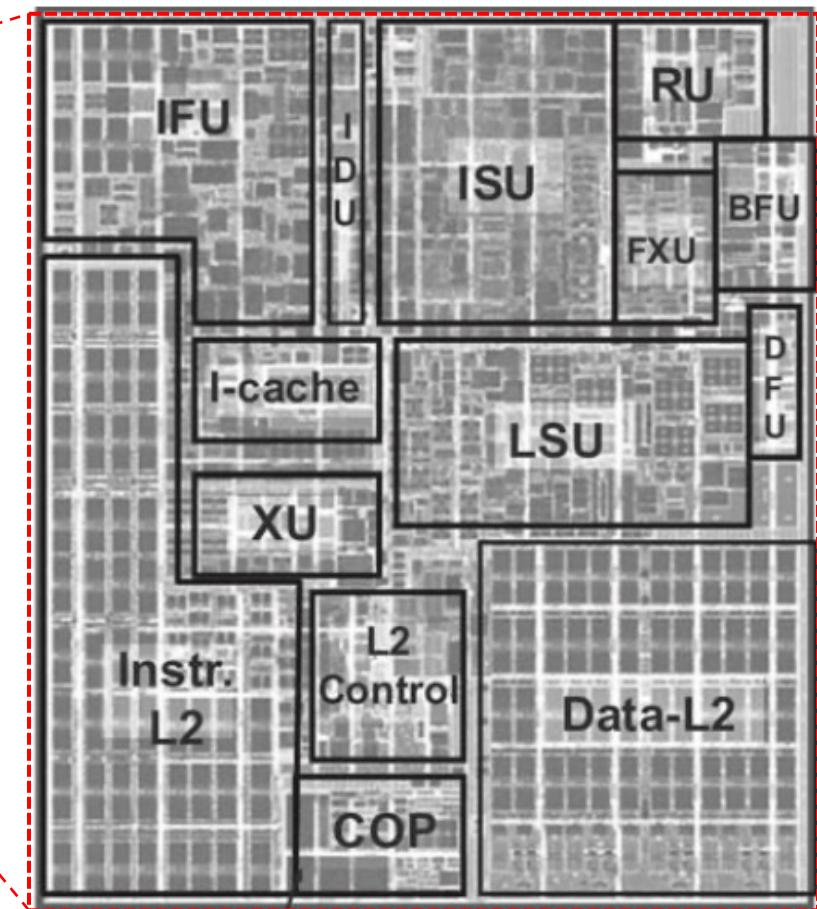
## Tarjeta Madre con dos Intel Quad-Core Xeon Processor



# zEnterprise EC12 Processor Unit



EC12 Processor Unit



Processor Core layout

# Evolución de Arquitecturas

## Breve historia de las computadoras

| Generation | Approximate Dates | Technology                          | Typical Speed (operations per second) |
|------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1          | 1946–1957         | Vacuum tube                         | 40,000                                |
| 2          | 1957–1964         | Transistor                          | 200,000                               |
| 3          | 1965–1971         | Small- and medium-scale integration | 1,000,000                             |
| 4          | 1972–1977         | Large scale integration             | 10,000,000                            |
| 5          | 1978–1991         | Very large scale integration        | 100,000,000                           |
| 6          | 1991–             | Ultra large scale integration       | >1,000,000,000                        |

## Breve historia de las computadoras

| <b>Generation</b> | <b>Approximate Dates</b> | <b>Technology</b>                   | <b>Typical Speed (operations per second)</b> |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------------|--|
| 1                 | 1946–1957                | Vacuum tube                         | 40,000                                       |
| 2                 | 1957–1964                | Transistor                          | 200,000                                      |
| 3                 | 1965–1971                | Small- and medium-scale integration | 1,000,000                                    |
| 4                 | 1972–1977                | Large scale integration             | 10,000,000                                   |
| 5                 | 1978–1991                | Very large scale integration        | 100,000,000                                  |
| 6                 | 1991–                    | Ultra large scale integration       | >1,000,000,000                               |

# Evolución de los microprocesadores de Intel

(a) 1970s Processors

|                                | <b>4004</b> | <b>8008</b> | <b>8080</b> | <b>8086</b>          | <b>8088</b>  |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|--------------|
| Introduced                     | 1971        | 1972        | 1974        | 1978                 | 1979         |
| Clock speeds                   | 108 kHz     | 108 kHz     | 2 MHz       | 5 MHz, 8 MHz, 10 MHz | 5 MHz, 8 MHz |
| Bus width                      | 4 bits      | 8 bits      | 8 bits      | 16 bits              | 8 bits       |
| Number of transistors          | 2,300       | 3,500       | 6,000       | 29,000               | 29,000       |
| Feature size ( $\mu\text{m}$ ) | 10          | 8           | 6           | 3                    | 6            |
| Addressable memory             | 640 bytes   | 16 KB       | 64 KB       | 1 MB                 | 1 MB         |

## Evolución de los microprocesadores de Intel

(b) 1980s Processors

|                                | <b>80286</b> | <b>386TM DX</b> | <b>386TM SX</b> | <b>486TM DX CPU</b> |
|--------------------------------|--------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| Introduced                     | 1982         | 1985            | 1988            | 1989                |
| Clock speeds                   | 6–12.5 MHz   | 16–33 MHz       | 16–33 MHz       | 25–50 MHz           |
| Bus width                      | 16 bits      | 32 bits         | 16 bits         | 32 bits             |
| Number of transistors          | 134,000      | 275,000         | 275,000         | 1.2 million         |
| Feature size ( $\mu\text{m}$ ) | 1.5          | 1               | 1               | 0.8–1               |
| Addressable memory             | 16 MB        | 4 GB            | 16 MB           | 4 GB                |
| Virtual memory                 | 1 GB         | 64 TB           | 64 TB           | 64 TB               |
| Cache                          | —            | —               | —               | 8 kB                |

## Evolución de los microprocesadores de Intel

(c) 1990s Processors

|                                | <b>486TM SX</b> | <b>Pentium</b> | <b>Pentium Pro</b>       | <b>Pentium II</b> |
|--------------------------------|-----------------|----------------|--------------------------|-------------------|
| Introduced                     | 1991            | 1993           | 1995                     | 1997              |
| Clock speeds                   | 16–33 MHz       | 60–166 MHz,    | 150–200 MHz              | 200–300 MHz       |
| Bus width                      | 32 bits         | 32 bits        | 64 bits                  | 64 bits           |
| Number of transistors          | 1.185 million   | 3.1 million    | 5.5 million              | 7.5 million       |
| Feature size ( $\mu\text{m}$ ) | 1               | 0.8            | 0.6                      | 0.35              |
| Addressable memory             | 4 GB            | 4 GB           | 64 GB                    | 64 GB             |
| Virtual memory                 | 64 TB           | 64 TB          | 64 TB                    | 64 TB             |
| Cache                          | 8 kB            | 8 kB           | 512 kB L1 and<br>1 MB L2 | 512 kB L2         |

## Evolución de los microprocesadores de Intel

(d) Recent Processors

|                       | Pentium III | Pentium 4   | Core 2 Duo   | Core i7 EE 4960X   |
|-----------------------|-------------|-------------|--------------|--------------------|
| Introduced            | 1999        | 2000        | 2006         | 2013               |
| Clock speeds          | 450–660 MHz | 1.3–1.8 GHz | 1.06–1.2 GHz | 4 GHz              |
| Bus width             | 64 bits     | 64 bits     | 64 bits      | 64 bits            |
| Number of transistors | 9.5 million | 42 million  | 167 million  | 1.86 billion       |
| Feature size (nm)     | 250         | 180         | 65           | 22                 |
| Addressable memory    | 64 GB       | 64 GB       | 64 GB        | 64 GB              |
| Virtual memory        | 64 TB       | 64 TB       | 64 TB        | 64 TB              |
| Cache                 | 512 kB L2   | 256 kB L2   | 2 MB L2      | 1.5 MB L2/15 MB L3 |
| Number of cores       | 1           | 1           | 2            | 6                  |

# Rendimiento de una Computadora

Se puede definir el **rendimiento** de una computadora como el tiempo que tarda en llevar a cabo una tarea. El rendimiento es inversamente proporcional al tiempo que le toma realizar una tarea, es decir, menor tiempo mayor el rendimiento.

Los diseñadores de procesadores han ideado técnicas cada vez más elaboradas para mejorar el rendimiento de los procesadores y por ende de las computadoras. Entre las técnicas integradas en los procesadores contemporáneos se encuentran las siguientes:

**Pipelining** (segmentación encauzada): la ejecución de una instrucción implica múltiples etapas de operación, incluida la obtención de la instrucción, la decodificación del código de operación, la obtención de operaciones, la realización de un cálculo, etc. La **segmentación encauzada** permite que un procesador trabaje simultáneamente en múltiples instrucciones al realizar una fase diferente para cada una de las múltiples instrucciones al mismo tiempo. El procesador superpone las operaciones moviendo datos o instrucciones a una tubería (pipe) conceptual con todas las etapas del procesamiento de la tubería simultáneamente. Por ejemplo, mientras se ejecuta una instrucción, la computadora decodifica la siguiente instrucción. Este es el mismo principio que se ve en una línea de ensamble.

## ... continuación.

**Predicción de salto (bifurcaciones):** el procesador mira hacia adelante en el código de instrucción extraído de la memoria y predice qué bifurcaciones, o grupos de instrucciones, es probable que se procesen a continuación. Si el procesador acierta la mayor parte del tiempo, puede obtener previamente las instrucciones correctas y almacenarlas en búfer para que el procesador se mantenga ocupado. Los ejemplos más sofisticados de esta estrategia predicen no solo la siguiente rama sino varias ramas más adelante. Por lo tanto, el potencial de predicción de ramas aumenta considerablemente la cantidad de trabajo disponible para que lo ejecute el procesador.

**Ejecución superescalar:** es la capacidad de emitir más de una instrucción en cada ciclo de reloj del procesador. En efecto, se utilizan múltiples tuberías paralelas.

**Análisis del flujo de datos:** el procesador analiza qué instrucciones dependen de los resultados o datos de cada uno para crear un programa optimizado de instrucciones; de hecho, las instrucciones están programadas para ejecutarse cuando estén listas, independientemente del orden del programa original. Esto evita retrasos innecesarios.

**Ejecución especulativa:** mediante la predicción de rama y el análisis del flujo de datos, algunos procesadores ejecutan instrucciones especulativamente antes de su aparición real en la ejecución del programa, manteniendo los resultados en ubicaciones temporales. Esto permite al procesador mantener sus motores de ejecución tan ocupados como sea posible mediante la ejecución de instrucciones que probablemente sean necesarias.

# Caso de la segmentación encausada (Pipelining)

Diagrama de tiempo para la operación de segmentación encausada de instrucciones

|               | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Instruction 1 | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Instruction 2 |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |    |    |    |    |    |    |
| Instruction 3 |    |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |    |    |    |    |    |
| Instruction 4 |    |    |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |    |    |    |    |
| Instruction 5 |    |    |    |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |    |    |    |
| Instruction 6 |    |    |    |    |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |    |    |
| Instruction 7 |    |    |    |    |    |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |    |
| Instruction 8 |    |    |    |    |    |    |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |    |
| Instruction 9 |    |    |    |    |    |    |    |    | FI | DI | CO | FO | EI | WO |

- **Obtener instrucción (FI):** leer la siguiente instrucción esperada en un búfer.
- **Instrucción de decodificación (DI):** determinar el código de operación y los especificadores de operando.
- **Calcular operandos (CO):** calcular la dirección efectiva de cada operación de origen. Esto puede implicar desplazamiento, registro indirecto, indirecto u otras formas de cálculo de dirección.
- **Obtener operandos (FO):** obtener cada operando de la memoria.  
No es necesario buscar los operandos de los registros.
- **Ejecutar instrucción (EI):** realizar la operación indicada y almacena el resultado, si lo hay, en la ubicación del operando de destino especificado.
- **Escribir operando (WO):** almacenar el resultado en la memoria.

# Clasificación de Flynn de las computadoras

La taxonomía introducida por primera vez por Flynn sigue siendo la forma más común de categorizar o clasificar sistemas con capacidad de procesamiento paralelo. Flynn propuso las siguientes categorías de sistemas computo:

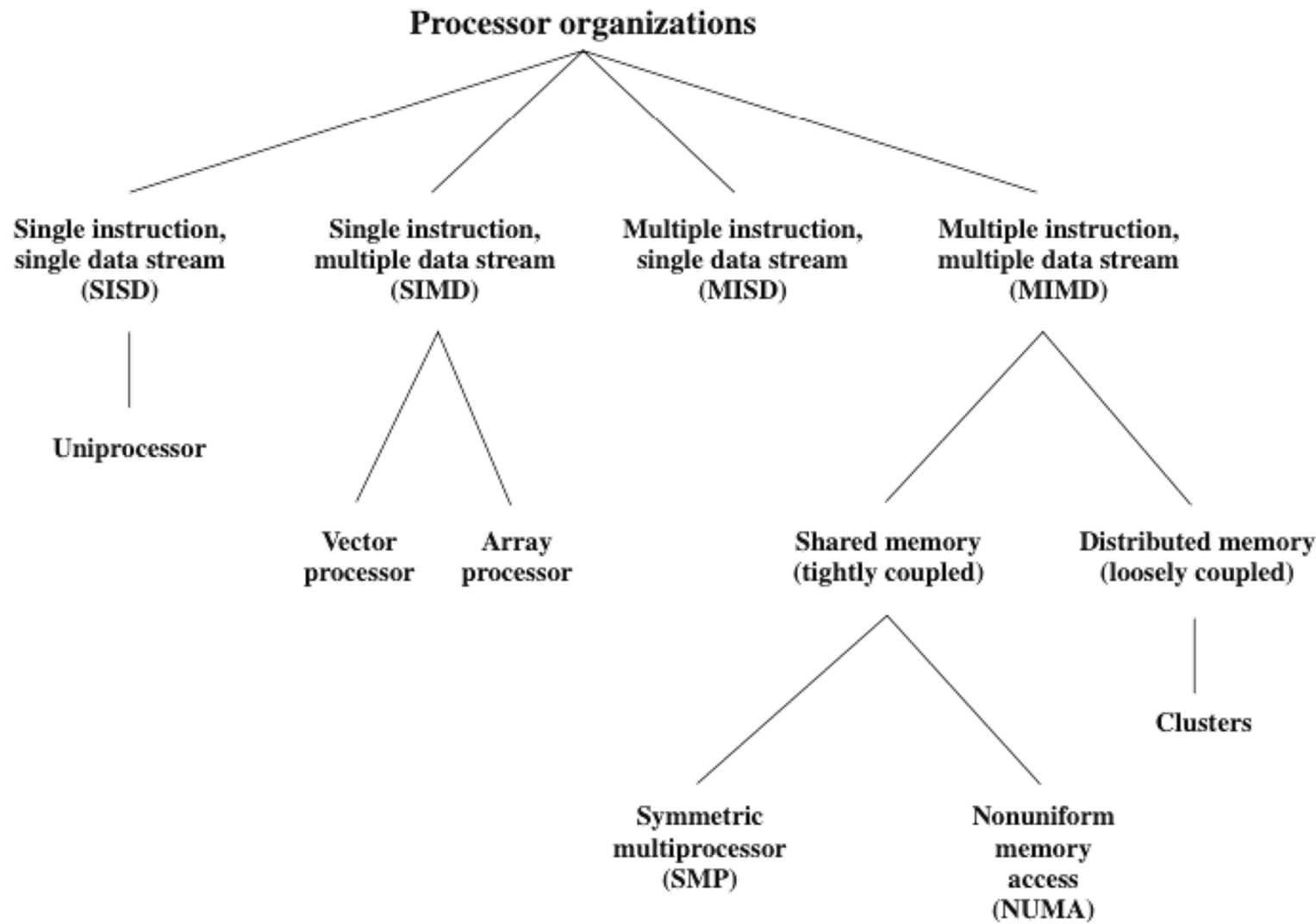
**Secuencia de instrucción única, datos únicos (SISD):** un solo procesador ejecuta una secuencia de instrucciones única para operar con los datos almacenados en una única memoria. Los monoprocesadores entran en esta categoría.

**Instrucción única, flujo de datos múltiples (SIMD):** una única instrucción de máquina controla la ejecución simultánea de varios elementos de procesamiento en forma sincronizada. Cada elemento de procesamiento tiene una memoria de datos asociada, de modo que las instrucciones se ejecutan en diferentes conjuntos de datos por diferentes procesadores. Los procesadores de vectores y arreglos entran en esta categoría.

**Flujo de instrucciones múltiples, datos únicos (MISD):** una secuencia de datos se transmite a un conjunto de procesadores, cada uno de los cuales ejecuta una secuencia de instrucciones diferente. Esta estructura no se implementa comercialmente.

**Flujo de instrucciones múltiples, datos múltiples (MIMD):** un conjunto de procesadores ejecuta simultáneamente diferentes secuencias de instrucciones en diferentes conjuntos de datos. Los sistemas SMP (*Symmetric Multi-Processor*), clústeres y NUMA (*Non-Uniform Memory Access*) entran en esta categoría.

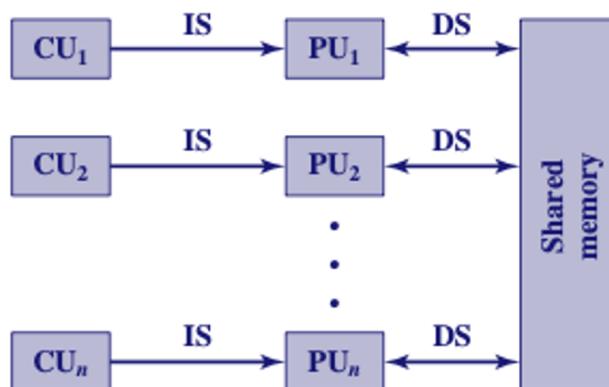
# Clasificación de Flynn de las computadoras



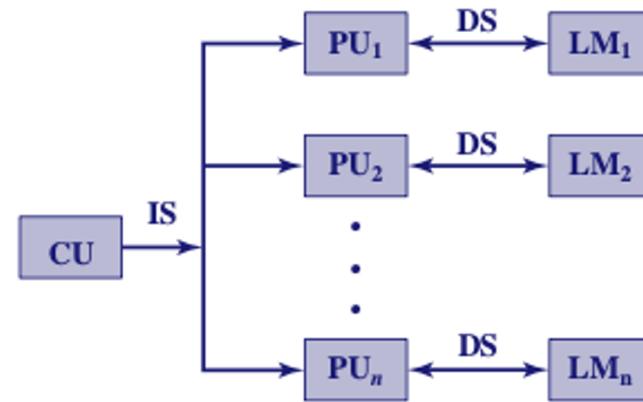
# Clasificación de Flynn de las computadoras



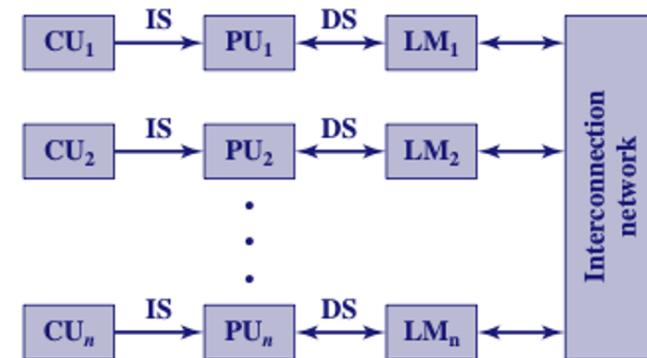
(a) SISD



(c) MIMD (with shared memory)



(b) SIMD (with distributed memory)



(d) MIMD (with distributed memory)

**CU** = Control unit  
**IS** = Instruction stream  
**PU** = Processing unit  
**DS** = Data stream  
**MU** = Memory unit  
**LM** = Local memory

**SISD** = Single instruction,  
= single data stream  
**SIMD** = Single instruction,  
multiple data stream  
**MIMD** = Multiple instruction,  
multiple data stream