

# Multiprocesadores. Memoria compartida y distribuida.

Arquitectura Avanzada de Procesadores

José Manuel González Escobar



# **ÍNDICE**

## **1-INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA DE MULTIPROCESADORES**

### **1.1- CONCEPTO**

### **1.2- VENTAJAS**

## **2-TIPOS DE MULTIPROCESADORES**

### **2.1 MULTIPROCESADOR SIMÉTRICO**

### **2.2 MULTIPROCESADOR ASIMÉTRICO**

### **2.3 MULTIPROCESADOR DE MEMORIA DISTRIBUIDA**

### **2.4 MULTIPROCESADOR DE MEMORIA COMPARTIDA**

## **3-MEMORIA COMPARTIDA**

### **3.1 CONCEPTO**

### **3.2 MECANISMOS**

## **4-MEMORIA DISTRIBUIDA**

### **4.1 CONCEPTO**

### **4.2 VENTAJAS DE SU USO**

## **5-COMUNICACIÓN ENTRE PROCESOS**

### **5.1 PROTOCOLOS Y MECANISMOS DE COMUNICACIÓN**

### **5.2 LATENCIA Y ANCHO DE BANDA**

## **6-PROBLEMAS Y DESAFÍOS EN SISTEMAS MULTIPROCESADORES**

### **6.1 CONCURRENCIA Y SINCRONIZACIÓN**

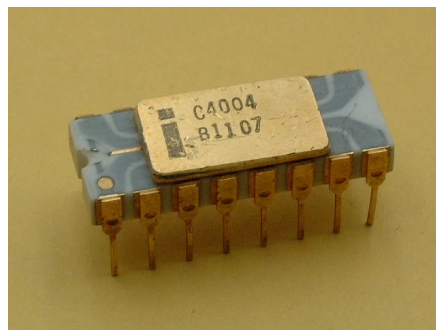
## **7-USO Y APLICACIONES**

## **8-BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

# 1-INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA DE MULTIPROCESADORES

## 1.1- CONCEPTO

Desde el surgimiento del primer multiprocesador en 1961, la sociedad ha procurado mejorar el funcionamiento de estos haciéndolos más pequeños, eficientes y cómodos. Un sistema informático multiprocesador es aquel que incluye varias unidades de procesamiento (CPU) que trabajan simultánea y cooperativamente para ejecutar tareas y procesos de manera más eficiente. Esto permite realizar múltiples operaciones al mismo tiempo, mejorando el rendimiento y la capacidad de procesamiento del sistema. La aparición de los multiprocesadores ha ayudado a la sociedad en multitud de aplicaciones desde su surgimiento como avances en la investigación médica para el desarrollo de tratamientos más efectivos, mejoras en la predicción y gestión de desastres naturales, avances en la inteligencia artificial para mejorar la toma de decisiones en diversos campos.



1.1- Primer multiprocesador fue el Burroughs B5000

## 1.2- VENTAJAS

Como ya se ha mencionado los multiprocesadores han ayudado mucho al desarrollo de la humanidad desde su surgimiento. Entre todas las ventajas que posee el uso de multiprocesadores en lugar de multiprocesadores cabe mencionar las siguientes.

*Mejor rendimiento:* La presencia de múltiples unidades de procesamiento que trabajan simultáneamente impulsa un incremento en la capacidad de procesamiento y ejecución de tareas, resultando en un desempeño más rápido y eficiente de programas y aplicaciones.

*Mayor capacidad de procesamiento:* Los multiprocesadores posibilitan la realización simultánea de múltiples operaciones, ampliando así la capacidad de procesamiento del sistema. Esta característica es especialmente beneficiosa en entornos donde se requiere procesar grandes volúmenes de datos o llevar a cabo tareas complejas que demandan un alto poder de cómputo.

*Paralelismo y multitarea:* La capacidad de ejecutar múltiples tareas simultáneamente facilita el paralelismo y la multitarea en entornos donde es necesario ejecutar varios programas o procesos al mismo tiempo, como en servidores o estaciones de trabajo de alto rendimiento.

*Mejor aprovechamiento de recursos:* Distribuir las cargas de trabajo entre múltiples unidades de procesamiento optimiza la utilización de los recursos disponibles, evitando cuellos de botella y maximizando la eficiencia del sistema.

Cabe mencionar que son solo alguna de las ventajas que los multiprocesadores tienen pueden ofrecer.

## 2-TIPOS DE MULTIPROCESADORES

A día de hoy existen en el mercado más de mil millones de multiprocesadores por el mundo en circulación. Por ello, a continuación se van a nombrar los más relevantes y versátiles del mercado.

Cabe mencionar que todos los multiprocesadores son válidos y que todos cumplen con sus requerimientos demostrando en varias ocasiones que son eficientes y efectivos en una amplia gama de aplicaciones y entornos informáticos.

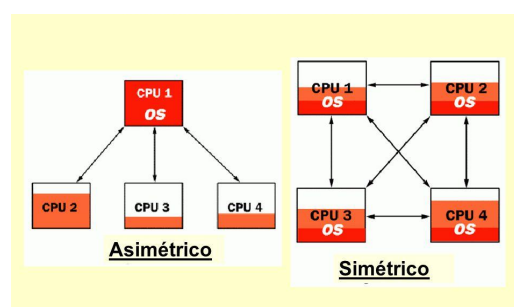
No obstante, es crucial considerar que la selección del tipo de multiprocesador está determinada por las necesidades específicas de la aplicación y los requisitos de rendimiento.

### 2.1 MULTIPROCESADOR SIMÉTRICO

*Multiprocesador simétrico (SMP):* En un SMP, todas las CPU comparten acceso a la misma memoria y dispositivos de E/S, siendo capaces de ejecutar cualquier tarea con igual capacidad. Este enfoque es común en computadoras de escritorio y servidores.

### 2.2 MULTIPROCESADOR ASIMÉTRICO

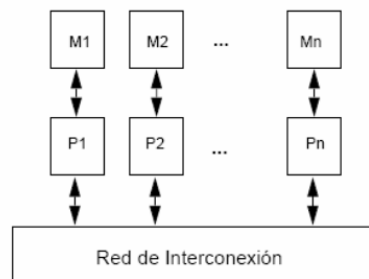
*Procesadores asimétricos (AMP):* En un sistema AMP, cada CPU cumple una función específica y puede tener capacidades distintas. Cada procesador se encarga de tareas particulares y puede acceder a diferentes recursos. Este modelo se emplea en sistemas embebidos y aplicaciones especializadas.



1.2- Comparación entre un multiprocesador asimétrico y uno simétrico

## 2.3 MULTIPROCESADOR DE MEMORIA DISTRIBUIDA

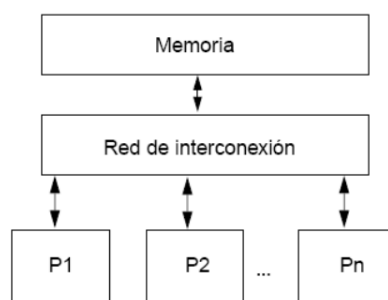
*Multiprocesador de memoria distribuida (DMP):* En un DMP, cada CPU dispone de su propia memoria local, sin compartir con otras unidades. La comunicación entre CPUs se realiza a través de una red o bus de interconexión para el intercambio de datos. Este diseño se encuentra en sistemas de alto rendimiento y supercomputadoras.



1.3- Representación de un multiprocesador de memoria distribuida.

## 2.4 MULTIPROCESADOR DE MEMORIA COMPARTIDA

*Multiprocesador de memoria compartida (SMP):* En un SMP, todas las CPUs comparten la misma memoria física, teniendo acceso directo a ella. Las CPUs pueden ejecutar tareas de manera simultánea y compartir datos eficientemente. Este tipo de multiprocesador se implementa en servidores de gama alta y sistemas de alto rendimiento.



1.4- Representación de un multiprocesador de memoria compartida.

## **3-MEMORIA COMPARTIDA**

### **3.1 CONCEPTO**

Como ya hemos comentado anteriormente un multiprocesador de memoria compartida es una técnica en la que varios procesadores comparten una región de memoria física común permitiendo a los procesadores acceder y compartir datos entre sí de manera más rápida y eficiente que si tuvieran que comunicarse a través de otros mecanismos.

El uso de este tipo de multiprocesadores tiene varias ventajas como

*Comunicación eficiente:* Facilita una comunicación directa y veloz entre los procesadores, agilizando el intercambio de datos y la sincronización entre ellos.

*Mayor rendimiento:* La compartición de datos en memoria posibilita un acceso más rápido por parte de los procesadores, reduciendo la latencia y mejorando el rendimiento general del sistema.

*Sincronización de tareas:* La memoria compartida también posibilita la sincronización de tareas entre los procesadores, resultando crucial para asegurar la coherencia de los datos compartidos y prevenir problemas como condiciones de carrera o inconsistencias en los resultados.

### **3.2 MECANISMOS**

De igual manera, se necesita poder regular de alguna manera la entrada a memoria por parte de los procesos. Por ello nacen los “LOCKS” y “SEMÁFOROS”. Son herramientas utilizadas para sincronizar y controlar el acceso a los datos compartidos en sistemas multiprocesadores.

*Locks (bloqueos)*: Los locks son mecanismos que permiten a un proceso adquirir un bloqueo exclusivo sobre una sección crítica de código o datos compartidos. Al obtener un lock, el proceso asegura la exclusividad de acceso a la sección crítica hasta que el lock sea liberado, evitando así condiciones de carrera y garantizando la exclusión mutua.

Existen distintos tipos de locks, como los locks binarios (mutex) y los locks de exclusión mutua (semáforos binarios). Los locks binarios permiten que solo un proceso adquiera el lock a la vez, mientras que los locks de exclusión mutua pueden permitir que varios procesos adquieran el lock, aunque solo uno pueda acceder a la sección crítica simultáneamente.

*Semáforos*: Los semáforos son variables especiales utilizadas para controlar el acceso concurrente a recursos compartidos. Con un valor entero, indican o cuentan la disponibilidad de recursos. Los semáforos regulan el acceso a secciones críticas de código o datos compartidos y se dividen en dos tipos principales: binarios y contadores.

*Exclusión mutua*: Los mecanismos de bloqueo, como los locks, garantizan que sólo un proceso pueda acceder a una sección crítica de código o datos compartidos a la vez. Esto asegura la exclusión mutua, previniendo conflictos cuando varios procesos intentan modificar los mismos datos simultáneamente.



## 4-MEMORIA DISTRIBUIDA

### 4.1 CONCEPTO

Retomando la definición de la memoria distribuida, ésta se refiere a una arquitectura en la que varios sistemas o nodos de procesamiento poseen su propia memoria local y establecen comunicación a través de una red. Cada nodo alberga su propio conjunto de datos y programas en su memoria local.

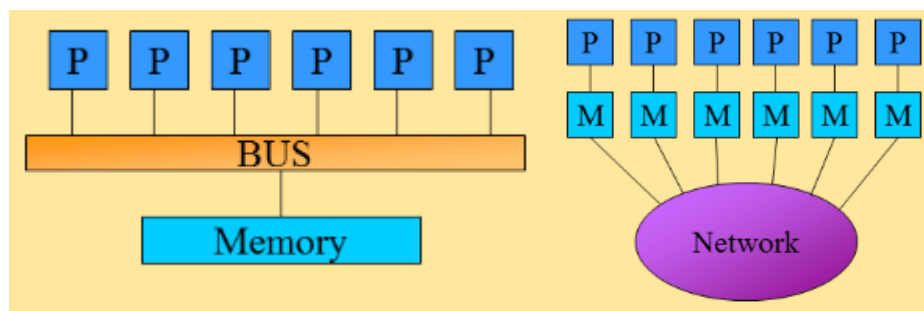
En contraste, la memoria compartida implica que múltiples procesadores tienen acceso directo a una región de memoria común. En cambio, en la memoria distribuida, cada procesador dispone de su propia memoria local y se comunica con otros nodos para acceder a los datos compartidos.

### 4.2 VENTAJAS DE SU USO

Esta presenta ciertas ventajas sobre la memoria compartida:

*Resiliencia ante fallos:* En un sistema de memoria distribuida, en caso de que un nodo o procesador presente una falla, los restantes nodos pueden mantener su operatividad de manera independiente. Este enfoque brinda una tolerancia a fallos superior, ya que el sistema puede seguir funcionando aun en situaciones donde uno o varios nodos experimenten problemas.

*Amplia disponibilidad de datos:* La distribución de datos en diversos nodos permite la replicación para incrementar su disponibilidad. En situaciones de fallo de un nodo, los datos siguen siendo accesibles desde otros nodos que contienen réplicas de los mismos. Esto optimiza la disponibilidad de datos y disminuye el riesgo de pérdida de información.



1.4 Comparación entre una memoria compartida y una distribuida en cuanto a estructura

## 5-COMUNICACIÓN ENTRE PROCESOS

### 5.1 PROTOCOLOS Y MECANISMOS DE COMUNICACIÓN

En entornos multiprocesadores, se emplean diversos protocolos y mecanismos de comunicación para facilitar la transferencia de datos y la coordinación entre los procesadores.

*Protocolo de paso de mensajes:* Este mecanismo fundamental implica la comunicación entre procesadores mediante el envío de mensajes a través de la red. Estos mensajes pueden contener datos, solicitudes de operaciones o señales de control.

*Protocolo de memoria compartida:* En sistemas multiprocesadores con memoria compartida, se recurre a protocolos especializados para coordinar el acceso a dicha memoria. Estos protocolos pueden incluir técnicas como el protocolo de invalidación, donde los procesadores mantienen copias locales de los datos que se invalidan al realizarse escrituras en otros procesadores.

*Protocolo de sincronización:* Los protocolos de sincronización se utilizan para coordinar el acceso simultáneo a datos compartidos, asegurando la consistencia. Estos protocolos pueden incorporar mecanismos como locks (bloqueos), semáforos, barreras y variables condicionales.

*Protocolo de coherencia de caché:* En sistemas multiprocesadores con caché, se emplean protocolos de coherencia de caché para garantizar la consistencia de todas las copias en caché de un bloque de memoria específico. Estos protocolos gestionan la invalidación y actualización de las copias en caché en situaciones de escrituras o lecturas concurrentes.

*Protocolo de enrutamiento:* En sistemas multiprocesadores distribuidos, se utilizan protocolos de enrutamiento para determinar la ruta óptima de envío de mensajes entre nodos o procesadores. Estos protocolos pueden aplicar algoritmos como enrutamiento basado en la distancia más corta o enrutamiento basado en vectores de distancia.

## 5.2 LATENCIA Y ANCHO DE BANDA

La latencia y el ancho de banda son dos aspectos fundamentales en la comunicación entre procesadores en sistemas multiprocesadores.

Tanto la latencia como el ancho de banda son factores críticos en esta interacción, y se busca una baja latencia y un alto ancho de banda para minimizar retrasos y favorecer una comunicación eficiente entre procesadores. Sin embargo, lograr estos objetivos puede depender de varios factores, incluida la arquitectura del sistema, la tecnología de red empleada y la carga de trabajo específica del sistema.

La latencia se refiere al tiempo que lleva que un mensaje o solicitud viaje desde el emisor hasta el receptor y reciba una respuesta. Por otro lado, el ancho de banda indica la cantidad de datos que pueden transmitirse en un intervalo de tiempo determinado y se mide en bits por segundo (bps), así como en unidades mayores como kilobits por segundo (Kbps) o megabits por segundo (Mbps).

## 6-PROBLEMAS Y DESAFÍOS EN SISTEMAS MULTIPROCESADORES

### 6.1 CONCURRENCIA Y SINCRONIZACIÓN

En el ámbito de la programación concurrente, diversas situaciones problemáticas pueden surgir cuando múltiples procesos o hilos compiten por acceder y modificar recursos compartidos. Estos desafíos incluyen las siguientes

*Condición de carrera:* Ocurre cuando varios procesos o hilos intentan acceder y modificar un recurso compartido simultáneamente, generando resultados impredecibles y no deseados. Estas situaciones surgen cuando no se implementa un mecanismo de sincronización para controlar el acceso a los recursos compartidos.

*Interbloqueo (deadlock):* Se presenta cuando dos o más procesos o hilos quedan bloqueados de manera permanente, ya que cada uno espera la liberación de un recurso necesario para continuar su ejecución. Este problema puede originarse por la adquisición incorrecta de recursos o la competencia por recursos limitados.

*Starvation (inanición)*: Sucede cuando un proceso o hilo es privado continuamente de los recursos necesarios para su ejecución debido a una priorización incorrecta o injusta. Esto puede resultar en un rendimiento deficiente o incluso en la falta de progreso de ciertos procesos.

*Lectura-escritura inconsistente*: Puede ocurrir cuando varios procesos intentan leer y escribir en la misma ubicación de memoria compartida simultáneamente. Sin el uso de mecanismos adecuados de sincronización, los datos pueden quedar en un estado inconsistente, conduciendo a resultados incorrectos.

*Condiciones de carrera en actualizaciones*: Se generan cuando múltiples procesos intentan actualizar una estructura de datos compartida al mismo tiempo. La ausencia de mecanismos de sincronización apropiados puede dar lugar a actualizaciones incorrectas o inconsistentes en los datos.

## **7-USO Y APLICACIONES**

Los sistemas multiprocesadores desempeñan un papel crucial hoy en día en una variedad de aplicaciones que demandan un alto rendimiento.

En el ámbito de la simulación, tales sistemas desempeñan un papel esencial en disciplinas como la física, la simulación de fluidos y la modelación de sistemas complejos, donde el procesamiento intensivo y paralelo se requiere para calcular y simular el comportamiento de sistemas en tiempo real.

En el campo de la Computación de Alto Rendimiento (HPC), los sistemas multiprocesadores son pilares fundamentales para ejecutar cálculos intensivos en términos de recursos computacionales. Aplicaciones como la modelización científica, el análisis de datos masivos, la criptografía y la investigación en inteligencia artificial se benefician significativamente de la capacidad de procesamiento paralelo proporcionada por estos sistemas.

El Procesamiento de Big Data se beneficia notablemente de los sistemas multiprocesadores, ya que abordan la necesidad de capacidades de procesamiento masivo y paralelo. Tareas como el análisis de datos, la minería de datos, el aprendizaje automático y el procesamiento de

lenguaje natural se optimizan al dividir y distribuir la carga de trabajo entre múltiples procesadores, acelerando así el procesamiento y análisis de conjuntos de datos voluminosos.

En el ámbito del renderizado y animación 3D, aplicaciones como la producción de películas animadas, efectos visuales y juegos se benefician enormemente del procesamiento paralelo que ofrecen los sistemas multiprocesadores. Estas aplicaciones, que exigen un alto rendimiento para renderizar gráficos complejos en tiempo real, encuentran en la capacidad de dividir la carga de trabajo entre múltiples núcleos una solución eficaz para acelerar estos procesos.

En entornos empresariales, los sistemas multiprocesadores desempeñan un papel crucial en servidores web y bases de datos al manejar múltiples solicitudes simultáneas y ejecutar operaciones de lectura/escritura en paralelo. Esta capacidad mejora significativamente la capacidad de respuesta y el rendimiento en entornos con alta concurrencia.

## **8-BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

**Multiprocesadores. (2009, julio). Universidad de Occidente. Recuperado de**  
**<https://multiprocesadores.blogspot.com/2009/07/universidad-de-occidente-campus.html>**

**Autor, A. A. (Año). Título del documento. Recuperado de**  
**<https://www.utm.mx/~merg/AC/pdfs/Multiprocesadores.pdf>**

**Climent, C. (s.f.). Arquitectura de Computadoras. Recuperado de**  
**[:https://carmenclimentarquitecturadecomputadoras.wordpress.com/](https://carmenclimentarquitecturadecomputadoras.wordpress.com/)**

**Luis Gonzalez. (9 mayo 2011) UNIDAD 4. Memoria compartida distribuida.**  
**parte2. Youtube. [<https://www.youtube.com/watch?v=X21GmnuY-Wo>]**

**Luis Gonzalez. (9 mayo 2011) UNIDAD 4. Memoria compartida distribuida.**  
**parte1. Youtube. [<https://www.youtube.com/watch?v=Z14gg4l1NHc>]**