

UNIDADES FUNCIONALES DEL COMPUTADOR

Tema 5

Principios de Computadoras

Temas

Introducción

1. Bus
 2. Memoria
 3. Entrada/Salida
 4. Unidad aritmética-lógica
 5. Unidad de Control
-

2. MEMORIA

Tema 5

Principios de Computadoras

2. Memoria

- Introducción
 - Propiedades de los sistemas de memoria
 - Objetivos en el diseño de la memoria
 - Jerarquía de memoria
 - Memoria caché
 - Memoria virtual
 - Tecnologías de fabricación de memoria
 - Tipos de RAM
 - Diseño de RAM
 - Memoria Secundaria
-

Introducción

- Cada ordenador contiene cierto número de sistemas para almacenar instrucciones y datos. Estos sistemas de almacenamiento y los algoritmos necesarios para gestionar la información almacenada constituyen la **UNIDAD DE MEMORIA** del ordenador.
 - Las memorias, aunque conceptualmente son sencillas, **presentan la más amplia diversidad de tipos, tecnología, estructura, prestaciones, coste, etc de entre todos los componentes del computador.**
-

Algunos Tipos de memorias (según características)

■ Según volatilidad

- Volátiles
- No volátiles

■ Según función

- Síncronas
- Asíncronas

■ Según tipo de transistor

- Bipolares
- MOSFET (incluye CMOS)

Principales Tipos de memorias (Según tecnología)

- ROM (Read Only Memory)
 - EEPROM
 - FLASH
 - RAM (Random Access Memory)
 - SRAM
 - DRAM
 - FPM (Fast Page mode)
 - EDO DRAM (Extended Data Out)
 - SDRAM (Síncrona)
 - DDR SDRAM (Double Data Rate)
 - DDR2 SDRAM
 - DDR3 SDRAM
 - DDR4 SDRAM
-

Propiedades de los sistemas de memoria

1. **Ubicación:** indica si la memoria es interna o externa al computador.
 - Memoria Interna: memoria principal, memoria de la CPU (registros), caché.
 - Memoria Externa: periféricos de almacenamiento (discos). Es la memoria secundaria
2. **Capacidad:** tamaño de palabra, número de palabras
 - Memoria principal: bytes o longitud de palabras.
 - Memoria secundaria: bytes.

Propiedades de los sistemas de memoria

3. Unidad de transferencia:

- Memoria principal: número de bits que se leen o se escriben en memoria a la vez.
- Memoria secundaria: los datos se transfieren normalmente en unidades más grandes que la palabra (bloques)

4. **Lectura destructiva:** en algunos tipos de almacenamiento el acto de leer una celda de información pone los bits de la celda en el mismo estado (destruye el dato almacenado). Para retener esta información es necesario utilizar una circuitería y tiempo extra para restaurar la celda de memoria a su condición previa.

Propiedades de los sistemas de memoria

5. Método de acceso a la memoria:

- *Acceso secuencial*: siguiendo una secuencia lineal específica. La lectura/escritura debe ir trasladándose desde su posición actual a la deseada, pasando y obviando cada posición de memoria intermedia. El tiempo necesario para acceder a una posición dada es muy variable (unidades de cinta).
- *Acceso directo*: las posiciones tienen una dirección única basada en su dirección física. El acceso se lleva a cabo mediante una lectura/escritura en una vecindad dada, seguido de una búsqueda secuencial hasta llegar a la posición final (unidades de disco).

Propiedades de los sistemas de memoria

5. Método de acceso a la memoria:

- *Acceso aleatorio* (“random”) – acceso por direcciones: cada posición direccionable de memoria tiene un mecanismo de acceso, cableado físicamente. El tiempo de acceso a una posición dada es constante e independiente de accesos previos. Por tanto, cualquier posición puede seleccionarse aleatoriamente y puede ser direccionada y accedida directamente (memoria principal, caché).
- *Asociativa – acceso por contenido*: memoria de tipo de acceso aleatorio, que permite hacer una comparación de ciertas posiciones de bits dentro de una palabra buscando que coincidan unos valores dados, y hacer esto para todas las palabras simultáneamente. Una palabra se recupera basándose en una porción de su contenido, en lugar de su dirección. El tiempo de acceso a una posición dada es constante e independiente de accesos previos (caché).

Propiedades de los sistemas de memoria

6. Prestaciones:

- *Tiempo de acceso*: para memorias aleatorias: tiempo que tarda en realizarse una operación de lectura o escritura. Para memorias de otro tipo: tiempo que se tarda en situar el mecanismo de lectura/escritura sobre la posición deseada (tiempo de latencia).
- *Tiempo de ciclo de memoria*: para memorias aleatorias: tiempo que se requiere para poder iniciarse un segundo acceso a memoria (tiempo del primer acceso + tiempo adicional para terminar las transiciones de las líneas de control, tiempo para regenerar datos en lecturas destructivas)
- *Velocidad de transferencia*: velocidad a la que se pueden transferir los datos a/desde la unidad de memoria

Comparación de distintas memorias

Tipo de Memoria	Tipo de chip	Velocidad del bus	Reloj de Memoria	Velocidad del bus	Transfer rate
FPM DRAM	45 ns	22 <u>MHz</u>	0.177 <u>GT/s</u>	1.416 <u>Gbit/s</u>	177 <u>MB/s</u>
EDO DRAM	30 ns	33 MHz	0.266 GT/s	2.128 Gbit/s	266 MB/s
PC-66 SDR SDRAM	10/15 ns	66 MHz	0.066 GT/s	4.264 Gbit/s	533 MB/s
PC-2100 DDR SDRAM	DDR-266	133 MHz	0.266 GT/s	17.034 Gbit/s	2.133 GB/s
PC2-3200 DDR2 SDRAM	DDR2-400	100 MHz	0.400 GT/s	25.6 Gbit/s	3.2 GB/s
PC3-6400 DDR3 SDRAM	DDR3-800	100 MHz	0.800 GT/s	51.2 Gbit/s	6.4 GB/s
PC4-17000 DDR4 SDRAM	DDR4-2133	266 MHz	2.133 GT/s	136.5 Gbit/s	17 GB/s
PC4-25600 DDR4 SDRAM	DDR4-3200	400 <u>MHz</u>	3.2 <u>GT/s</u>	204.8 <u>Gbit/s</u>	25.6 <u>GB/s</u>

Propiedades de los sistemas de memoria

7. Dispositivo físico de memoria:

- Memorias semiconductoras.
- Soporte magnético.
- Soporte óptico.
- Soporte magnético-óptico.

8. Coste: incluye el coste de las celdas de información y del equipamiento necesario para operar con la memoria.

Propiedades de los sistemas de memoria

9. Sistemas volátiles/no volátiles:

En los sistemas volátiles la información almacenada se pierde al desconectarse la alimentación (SC).

En los sistemas no volátiles la información permanece grabada hasta que se modifica intencionadamente (magnéticas, SC). Ej: ROM, flash, ..

10. Sistemas dinámicos/estáticos:

Las memorias que necesitan refrescos periódicos se denominan DINÁMICAS. Las ESTÁTICAS no necesitan refresco.

Objetivos en el diseño de la memoria

- Restricciones en el diseño de la memoria:

¿cuánta capacidad?

¿cómo de rápida?

¿de qué coste?

- En todo el espectro de posibles tecnologías se cumple que:
 - A menor tiempo de acceso, mayor coste por bit
 - A mayor capacidad, menor coste por bit.
 - A mayor capacidad, mayor tiempo de acceso.

Objetivos en el diseño de la memoria

- El diseñador desearía utilizar tecnologías de memoria que proporcionen una gran capacidad (porque es necesaria y porque así el bit es menos costoso) pero para satisfacer los requisitos de rapidez es necesario usar memorias costosas, de capacidad relativamente baja y con tiempo de acceso reducidos.
- SOLUCIÓN: no contar con un único componente de memoria, sino emplear una **JERARQUÍA DE MEMORIA**.

Objetivos en el diseño de la memoria

- El principal objetivo en el diseño de un sistema de memoria es dar una capacidad de almacenamiento adecuada con un nivel de prestaciones razonable a un coste razonable.

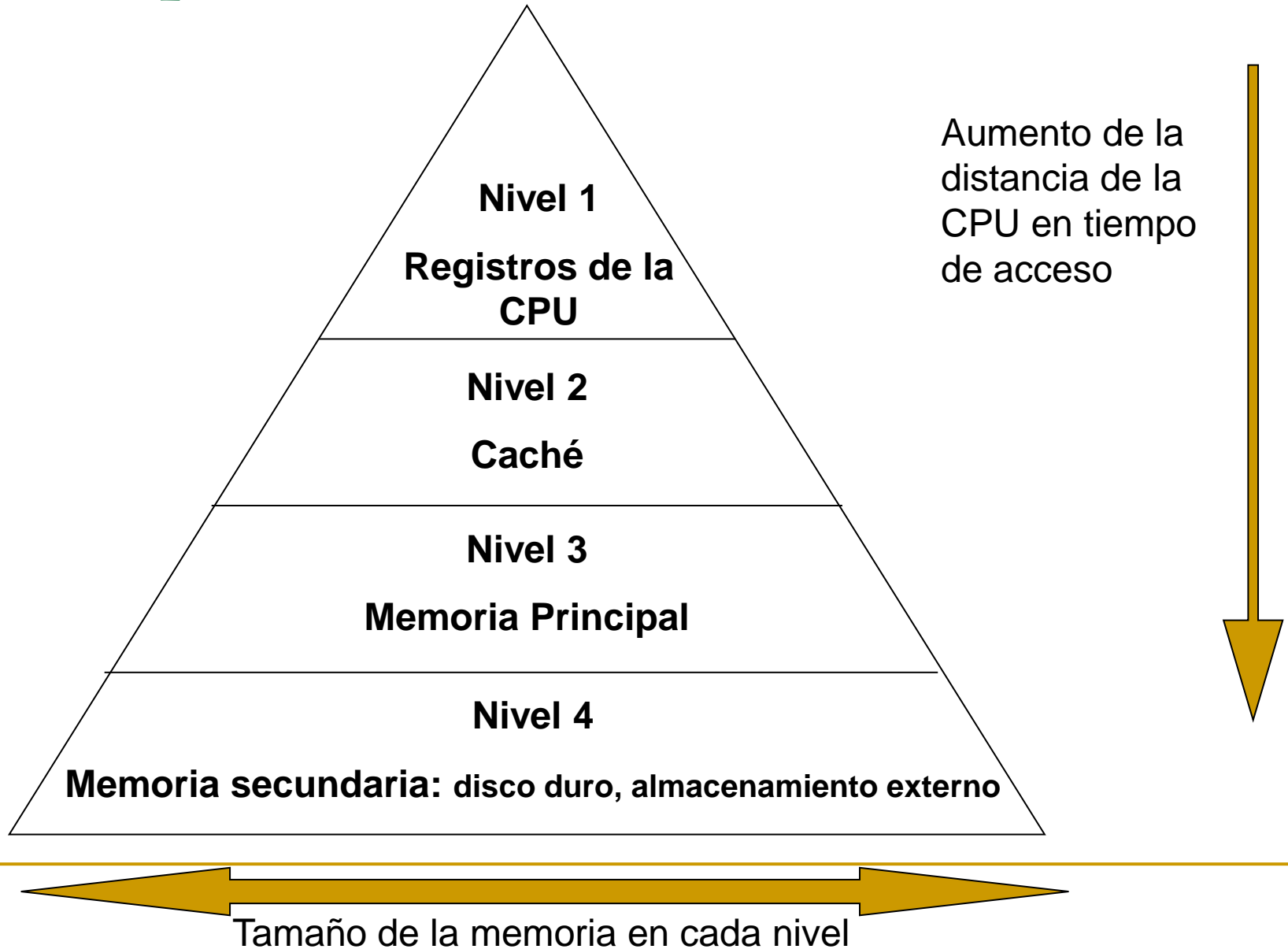
Estrategias:

1. Usar distintos dispositivos de memoria con diferentes relaciones coste/prestaciones. Ej.: caché
2. Diseñar conexiones de comunicaciones al sistema de memoria de forma que se minimice el tiempo de esta comunicación. Ej.: bus local (CPU-memoria) más rápido y con más líneas de datos.

Jerarquía de memoria

- Se estructura en L niveles. En cada nivel i la memoria M_i está caracterizada por su tamaño, tiempo de acceso y coste por bit. Un mismo nivel puede contener varios módulos distintos, pero aproximadamente de las mismas prestaciones.
- Cuando se desciende por la jerarquía:
 - a) Disminuye el coste por bit
 - b) Aumenta la capacidad
 - c) Aumenta el tiempo de acceso
 - d) Disminuye la frecuencia de accesos a la memoria por parte del procesador

Jerarquía de memoria



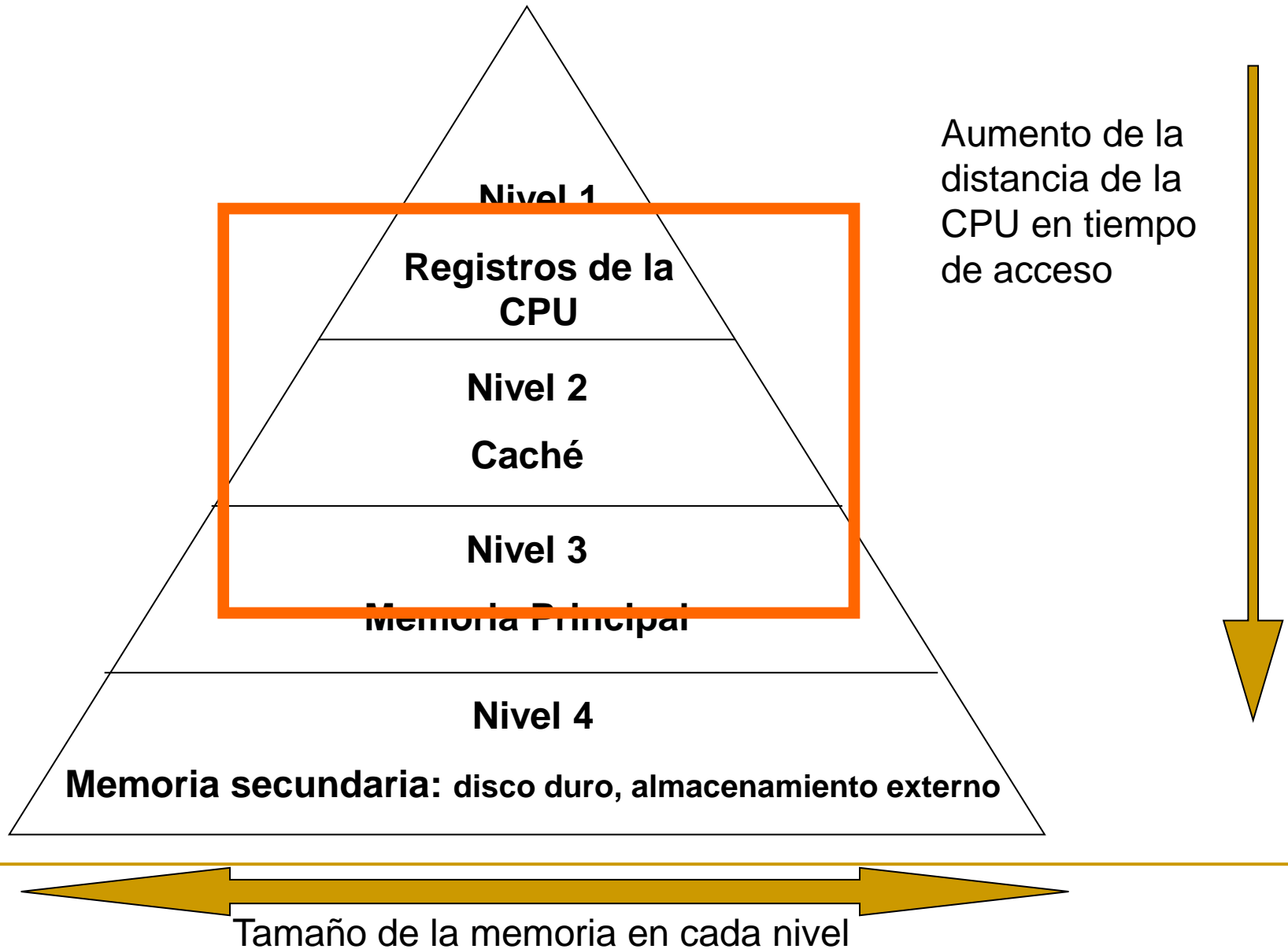
Jerarquía de memoria

- La jerarquía tiene múltiples niveles, pero los datos sólo se transfieren entre dos niveles adyacentes. El nivel superior, más cercano al procesador, más pequeño y rápido que el nivel inferior. La unidad mínima de información que puede estar presente o no en los dos niveles es el BLOQUE.
- Si el procesador requiere un dato y éste se encuentra en algún bloque contenido en el nivel superior, se dice que es un ACIERTO (HIT). Si los datos no están en el nivel superior, entonces es un FALLO (MISS). En este caso es necesario acceder al nivel inferior a buscar los datos.

Jerarquía de memoria

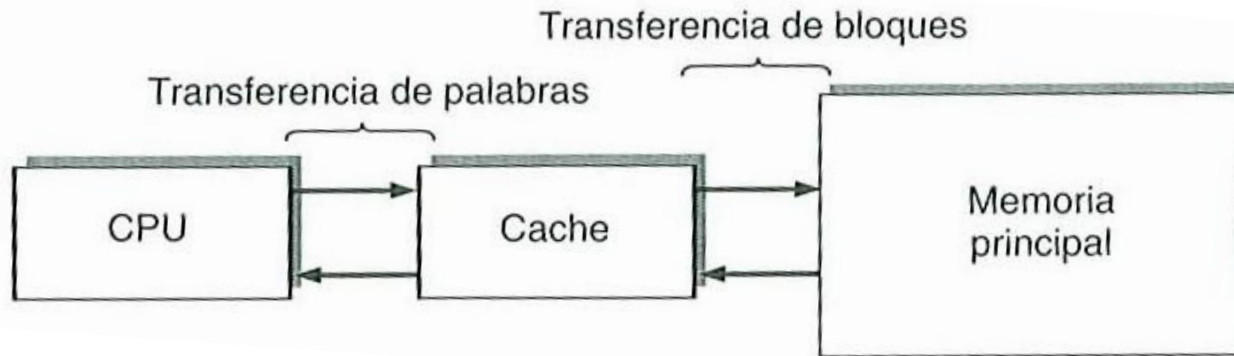
- Los programas muestran tanto LOCALIDAD TEMPORAL (tendencia a volver a utilizar en breve datos a los que ya se ha accedido) como LOCALIDAD ESPACIAL (tendencia a referenciar datos que están cerca de otros recientemente accedidos).
- La jerarquía de memoria saca provecho de la localidad temporal (manteniendo los datos accedidos más recientemente cerca del procesador) y de la localidad espacial (moviendo entre niveles bloques de varias palabras contiguas a la deseada).
- La memoria es una verdadera jerarquía: los datos no pueden estar presentes en un nivel i si no están en el nivel $i+1$.

Memoria caché



Memoria caché

- El objetivo de la memoria caché es lograr que la velocidad de la memoria sea lo más rápida posible consiguiendo al mismo tiempo un tamaño grande al precio de memorias menos costosas.
- La memoria principal, más grande y más lenta, se comunica con la caché (más pequeña y más rápida). La caché contiene una **copia de partes de la memoria principal**.

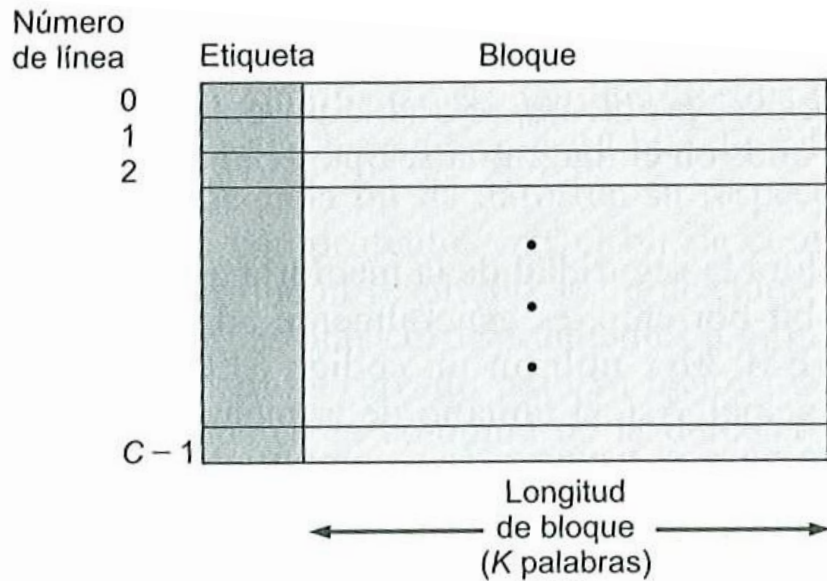


Memoria caché

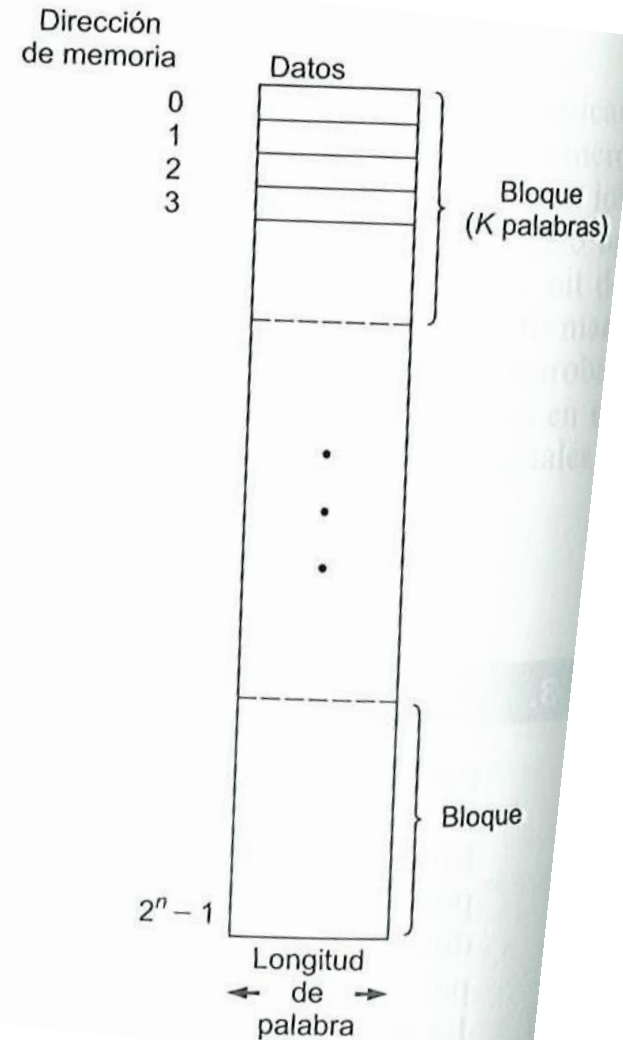
- Cuando el procesador intenta leer una palabra de memoria, se hace una comprobación para ver si la palabra está en la caché. Si es así se entrega dicha palabra al procesador. Si no, un bloque de memoria principal (**localidad espacial**), consistente en un cierto número de palabras se transfiere a la caché, y después la palabra es entregada al procesador.
- Fenómeno de localidad de las referencias: cuando un bloque de datos es captado por la caché para satisfacer una referencia a memoria simple, es posible que se hagan referencias futuras a otras palabras del mismo bloque (**localidad temporal**).

Memoria caché

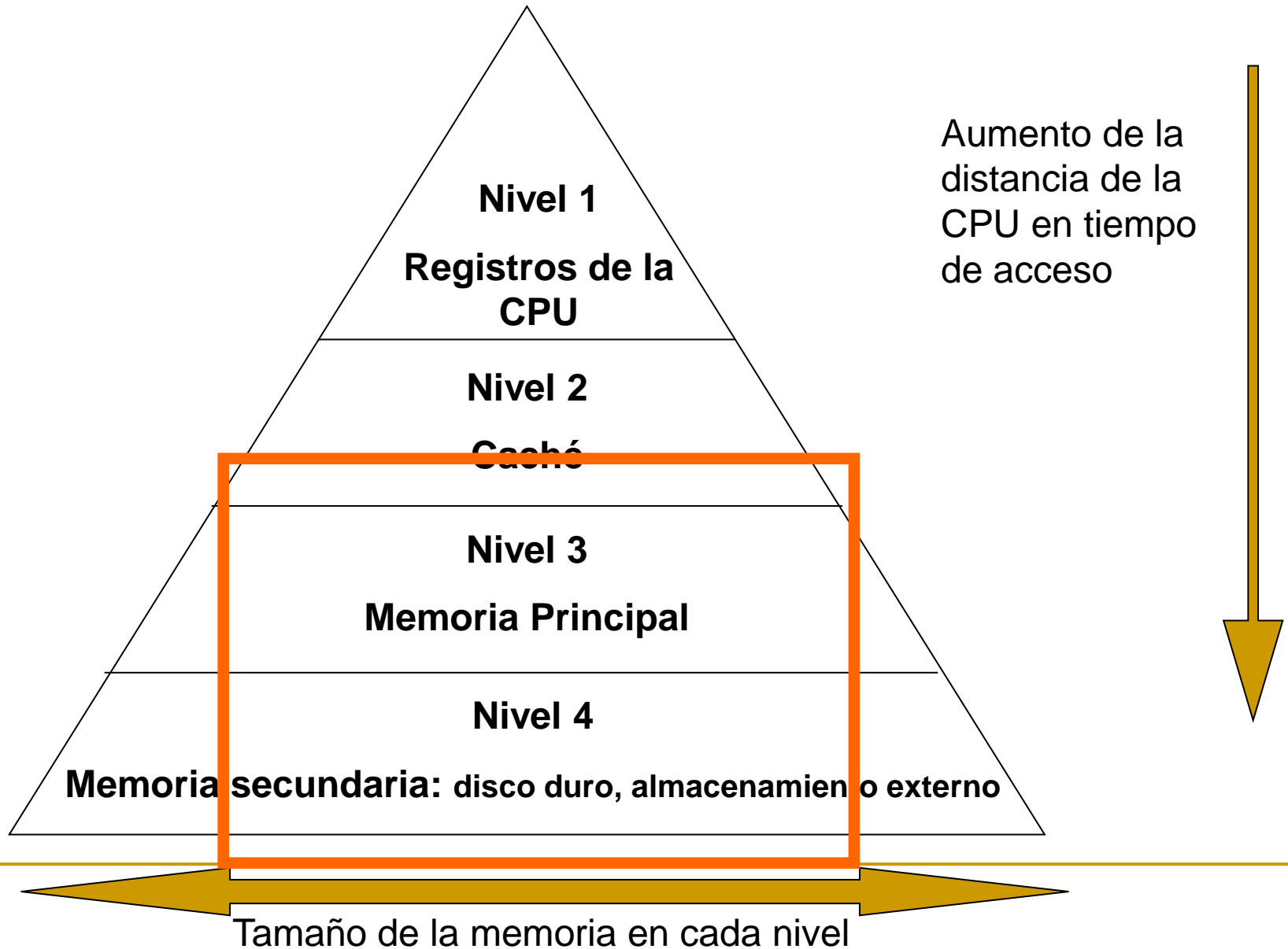
■ Estructura de memoria cache y memoria principal



(a) Cache.



Memoria virtual



Memoria virtual

- La caché sirve como método para lograr accesos rápidos para los datos y código usado más recientemente. De la misma forma, la memoria principal puede actuar como una “caché” para el almacenamiento secundario. Esta técnica se llama MEMORIA VIRTUAL.
 - La memoria virtual se usa para:
 - permitir compartir eficientemente la memoria entre múltiples programas
 - eliminar el inconveniente de tener un espacio de memoria principal pequeño y limitado.
-

Memoria virtual

- Supongamos que varios programas se ejecutan al mismo tiempo en la máquina. Puede ocurrir que la memoria total requerida por los programas sea mayor que el espacio de memoria principal libre.
 - Pero los programas sólo usan en realidad una pequeña parte de esta memoria de modo activo. Solución: la memoria principal contiene sólo las partes activas de los programas en ejecución.
-

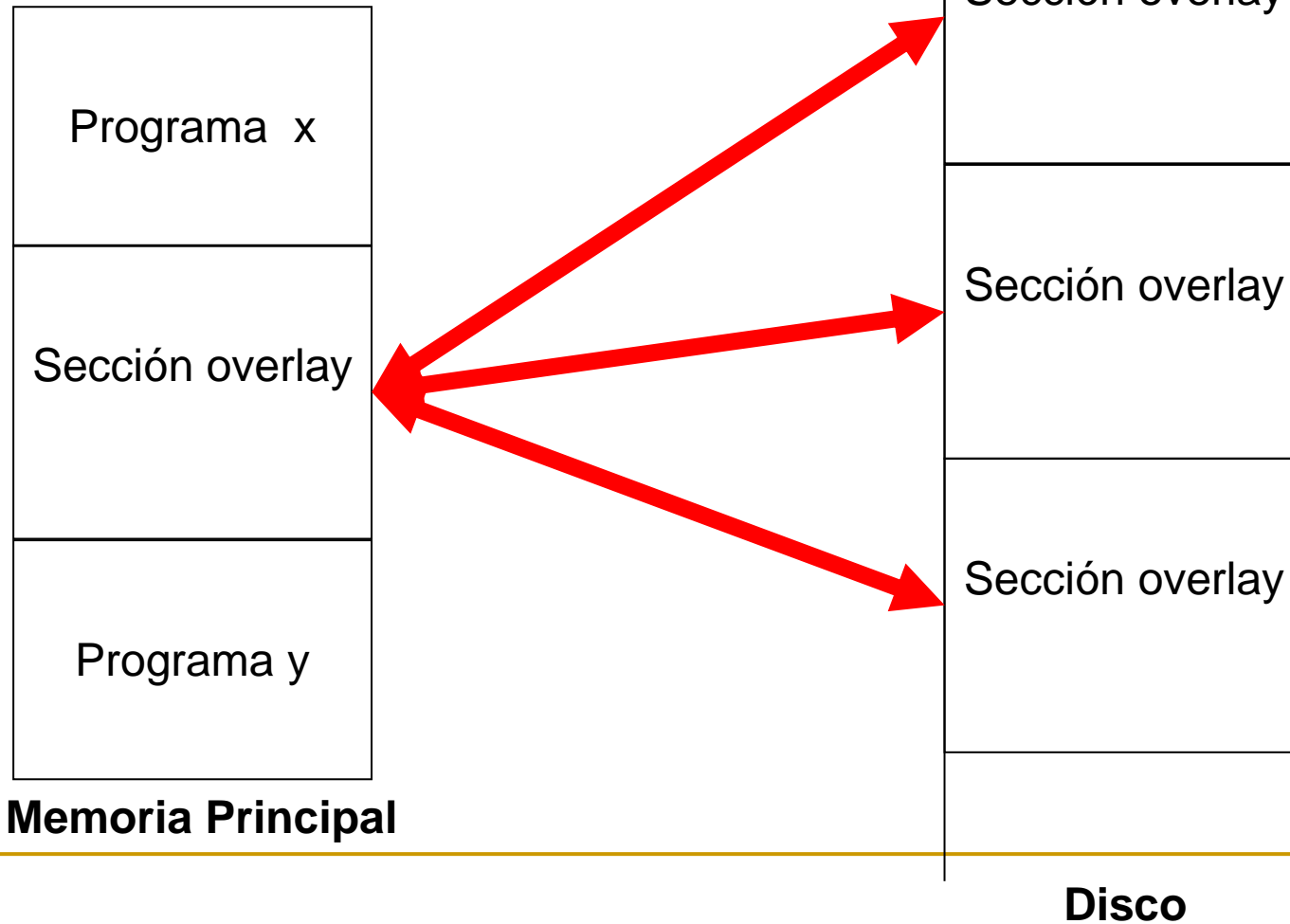
Memoria virtual

- Para que varios programas puedan compartir la misma memoria, hay que proteger a unos de otros, asegurando que un programa sólo pueda leer y escribir las partes de la memoria que tiene asignadas.
 - Los programas que comparten memoria cambian dinámicamente mientras se van ejecutando. Debido a esta interacción conviene compilar cada programa en su propio espacio de direcciones (parte de direcciones de memoria sólo accesibles a ese programa). La memoria virtual realiza la traducción de este espacio de direcciones a direcciones físicas.
-

Memoria virtual - Overlay

- La memoria virtual permite que un programador exceda el tamaño de la memoria principal.
 - ❑ 64k en el 8086,
 - ❑ 1MB en el 80286 (16 bits, ya disponía de algo parecido a memoria virtual pero poco usado)
 - ❑ 16MB en el 80386 (primer PC de 32 bits con memoria virtual, en su versión de 24 bits de bus de direcciones)
 - ❑ hasta 4 GB en el 80386 (en su versión con 32 bits de bus de direcciones).
- Antes, si un programa era demasiado grande para la memoria, era responsabilidad del programador hacerlo caber. El programador lo dividía en partes e identificaba los fragmentos que eran mutuamente exclusivos. Estas partes se cargaban o se cambiaban bajo control del usuario, asegurando así que el programa no accedía a una zona de memoria que no le correspondía y que las partes cargadas no excedían el tamaño de la memoria: OVERLAY.

Memoria virtual Overlay



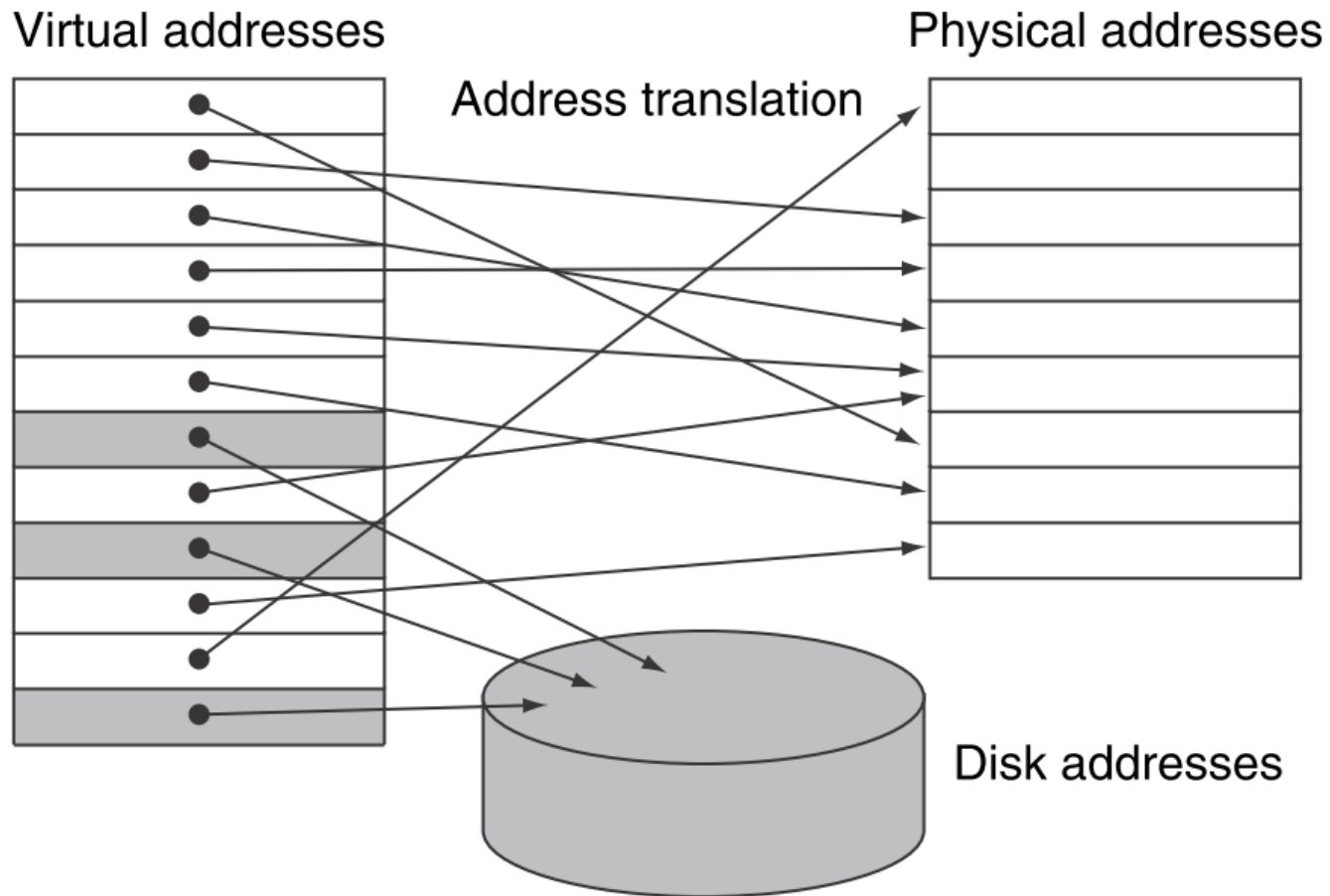
Memoria virtual

- La memoria virtual se inventó para liberar a los programadores de este proceso y gestionar automáticamente la transferencia de información entre la memoria principal y la secundaria.
- Los conceptos de funcionamiento de la caché y de la memoria principal son similares, pero hay alguna diferencia:
 - La transferencia de memoria con la caché se controla a nivel hardware.
 - La transferencia de memoria entre memoria principal y secundaria se controla a nivel software (Sistema Operativo).

Memoria virtual – páginas virtuales

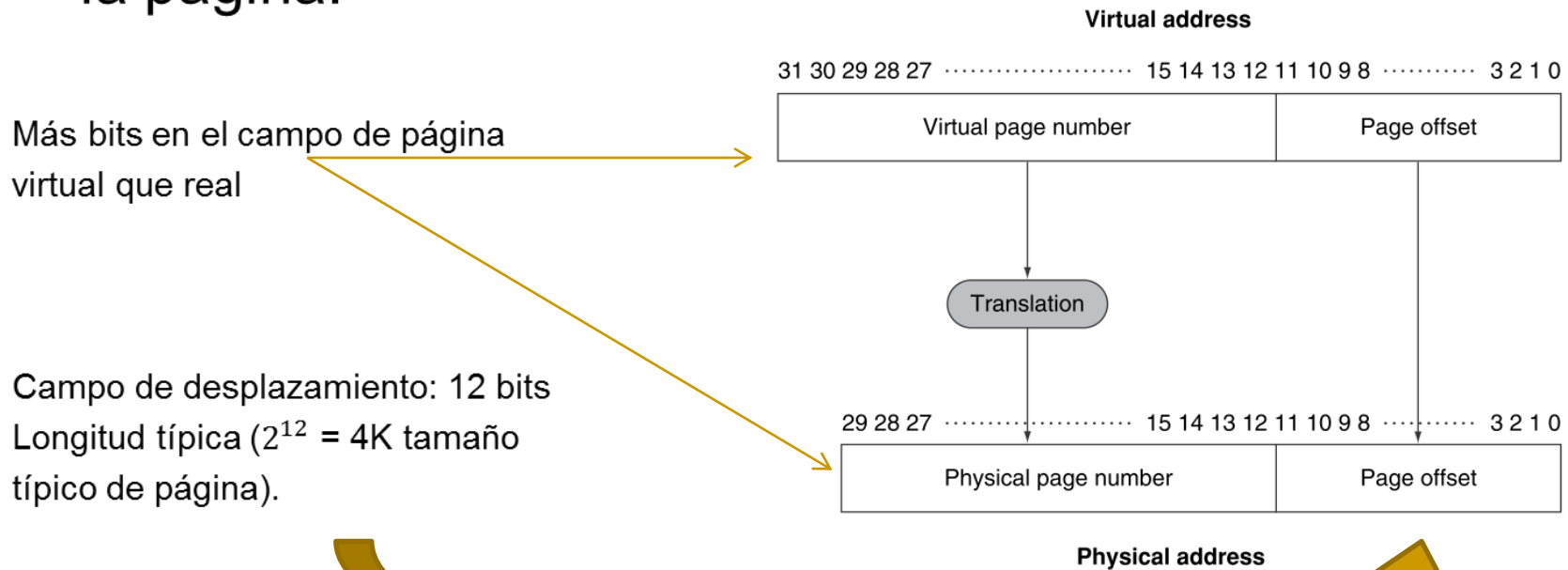
- Un bloque de memoria virtual se llama PÁGINA, y un fallo de memoria virtual se llama FALLO DE PÁGINA.
 - La CPU genera DIRECCIONES VIRTUALES, que se traducen posteriormente a DIRECCIONES FÍSICAS (con las que se accede a memoria). Las páginas virtuales están asociadas a páginas físicas. Es posible que una página virtual no esté en la memoria principal y que no tenga asignada una dirección física, esto es porque se encuentra en disco.
-

Memoria virtual – páginas virtuales



Memoria virtual – direcciones virtuales

- TRADUCCIÓN DE DIRECCIONES: pasar de una dirección virtual a una física.
- Una dirección virtual se compone de dos campos: el número de página virtual y el desplazamiento dentro de la página.



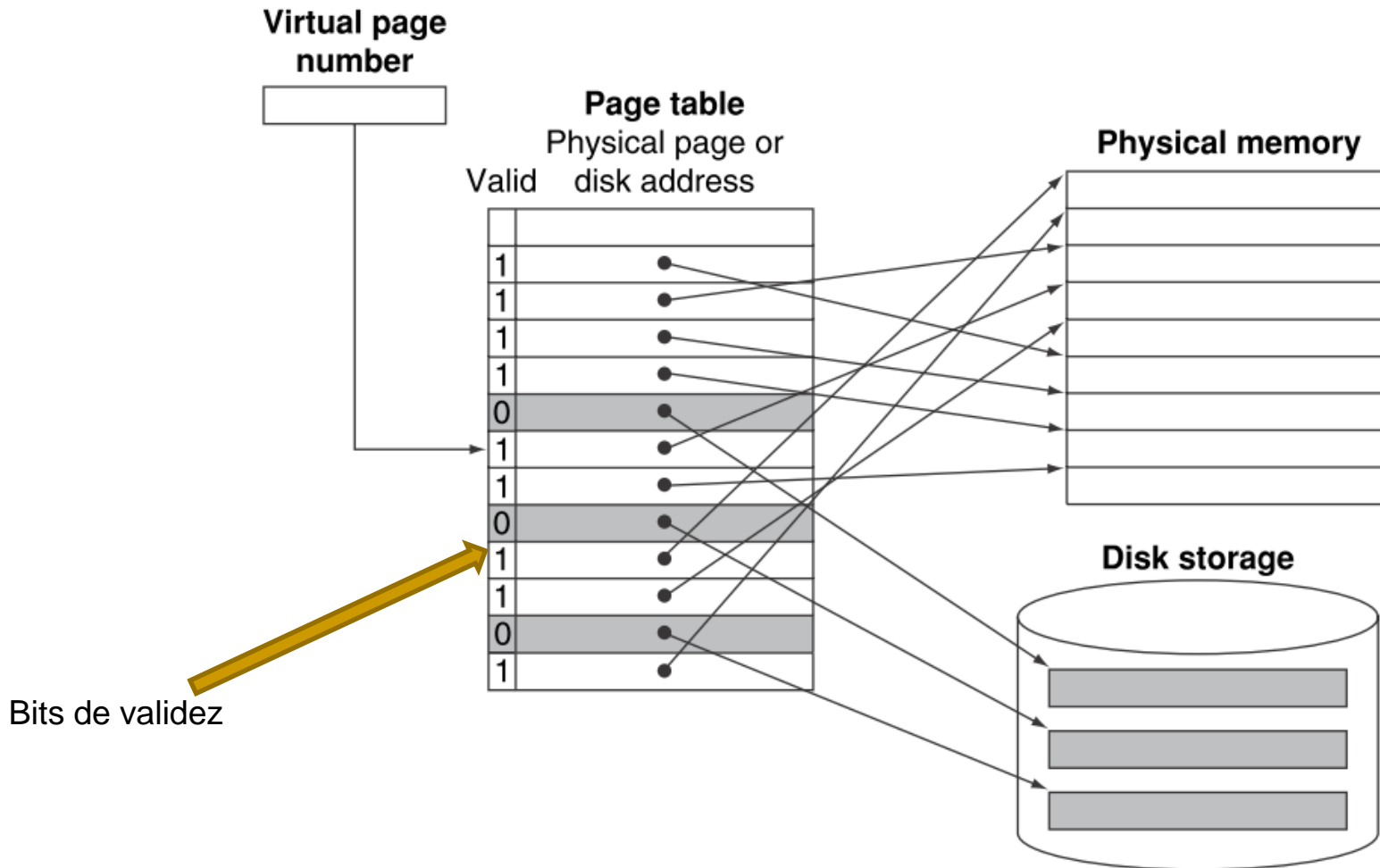
Memoria virtual – direcciones virtuales

- Las páginas se localizan usando una tabla que indexa la memoria: TABLA DE PÁGINAS. Cada programa tiene su propia tabla de páginas, que traduce el espacio de direcciones virtual del programa a direcciones de memoria principal.
- La tabla se guarda en un área de memoria fija, y hay un registro (*registro de la tabla de páginas*) que apunta al principio de ésta.
- La tabla de páginas, junto con el contador de programa y los registros, especifican el estado de un programa. Si se quiere permitir que otro programa use la CPU se debe salvar este estado. Posteriormente, después de restaurar este estado, el programa puede continuar su ejecución.

Memoria virtual – fallo de página

- La dirección virtual sola no dice dónde se encuentra la página en disco. Si hay un fallo de página, ¿cómo buscamos la página en el disco? En este caso el sistema operativo toma el control.
 - El sistema operativo es el encargado de crear una estructura de datos para almacenar el lugar donde se guarda cada página virtual en el disco. Esta estructura puede ser parte de la tabla de páginas o puede ser una tabla asociada a ésta (auxiliar).
-

Memoria virtual – fallo de página



Memoria virtual – fallo de página

- Cuando ocurre un fallo de página, si todas las páginas de la memoria principal están en uso, el sistema operativo ha de escoger una para reemplazar.
 - Debido a que se intenta minimizar el número de fallos de página, la mayoría de los sistemas operativos escogen una página que creen que no se necesitará en un futuro breve (la menos usada recientemente).
-

Memoria virtual - esquemas

- Hay dos esquemas posibles en memoria virtual:
 - PAGINACIÓN: los bloques son todos del mismo tamaño (páginas)
 - SEGMENTACIÓN: los bloques pueden ser de distintos tamaños (segmentos). En este caso la traducción de direcciones es más compleja.
-

Lectura obligatoria

“Estructura y diseño de computadores”

David A. Patterson, John L. Hennessy

Cap. 7: “Grande y rápida: explotar la jerarquía de memorias”

Tecnologías de fabricación de memorias

REGISTROS

- Memorias de pequeña capacidad (tamaño de palabra) y alta velocidad (más alta que la memoria del nivel 0) que se usan en la CPU para el almacenamiento temporal de instrucciones y datos.
- Se implementan con flip-flops (SC). Es la tecnología más cara, compleja y rápida. Un flip-flop es un circuito electrónico que almacena un bit de información. Por lo tanto, se usan agrupados para formar registros de longitud de una palabra.

Tecnologías de fabricación de memorias

CACHÉ Y MEMORIA PRINCIPAL

- Se fabrican con memorias de SC. Las estáticas utilizan un **biestable** como unidad de memoria, las dinámicas un **condensador**.
- Tienen organización matricial, donde un biestable ocupa cada celda.
- Las memorias SC comenzaron en los años 50 usando circuitos con transistores como celdas de almacenamiento para registros de alta velocidad. No fueron económicas hasta el desarrollo de los circuitos VLSI en los años 70. A partir de este momento se comenzó a producir grandes chips de RAM para memoria principal.

Tecnologías de fabricación de memorias

CACHÉ Y MEMORIA PRINCIPAL

- Se utilizan tanto los transistores bipolares (BJT) como los transistores MOS, siendo los MOS los dominantes para grandes chips de RAM.
- Normalmente no se fabrica toda la memoria en un chip, sino que se construye conectando cierto número de circuitos integrados de RAM entre sí (módulos de memoria)
- Las memorias de SC son volátiles, tanto las estáticas como las dinámicas.

Tipos de RAM

1. RAM ESTÁTICA

- Compuesta por celdas con flip-flops como los que se usan en los registros.
 - Difieren de estos últimos en los métodos para direccionar las celdas y para transferir los datos a/desde ellas.
 - Se usan líneas multifunción para minimizar el número de conexiones externas a cada celda de RAM y para facilitar la fabricación de grandes matrices planas (2D) de celdas
 - No necesita refresco: mayor simplicidad en el diseño y mayor velocidad, aunque la celda es mayor.
-

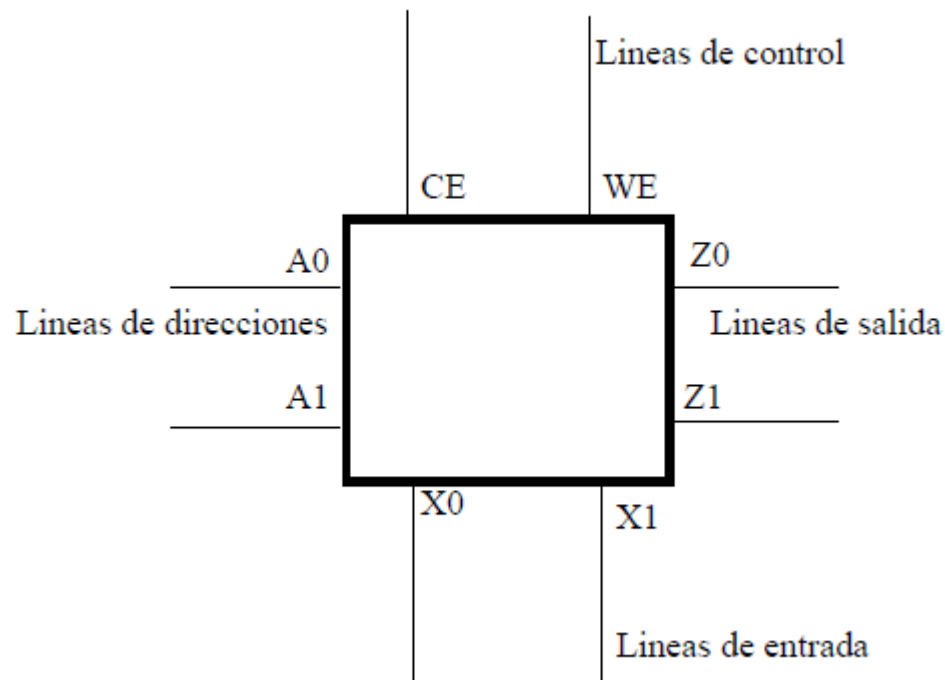
Tipos de RAM

2. RAM DINÁMICA

- Los estados 1 y 0 corresponden a la presencia o ausencia de carga en un condensador controlado por un circuito de conmutación transistorizado.
- La densidad de almacenamiento es mayor que con la RAM estática (la celda es más pequeña). Las RAM dinámicas están entre los circuitos VLSI más densos.
- La carga de una celda RAM dinámica decae con el tiempo, por lo que tiene que ser periódicamente refrescada. Esto hace necesario una circuitería de control extra y solapar los ciclos de refresco con su funcionamiento normal. Son más complicadas que las estáticas.
- La celda es más rápida, pero el proceso de refresco hace perder velocidad a este tipo de memorias

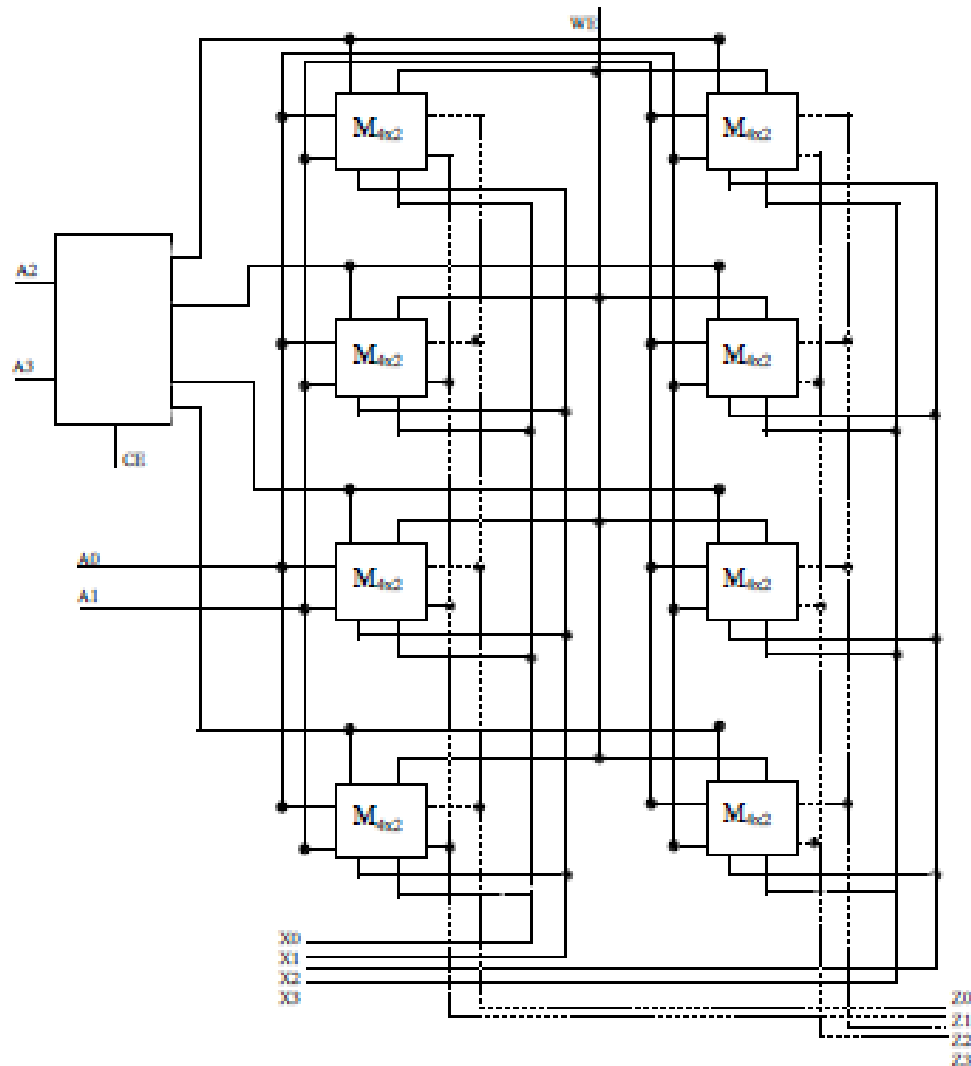
Diseño de RAM

- Normalmente no se fabrica toda la memoria en un chip, sino que se construye conectando cierto número de circuitos integrados de RAM entre sí (módulos de memoria).
- Ejemplo: Módulo RAM de 4x2 bits



Diseño de RAM

- Si necesitamos una RAM de 16x4 bits:



MEMORIA SECUNDARIA

Memoria Externa

- Los **discos magnéticos** son la base de la memoria externa de casi todos los computadores.
 - Un disco magnético está formado por una capa de material no magnético denominado **sustrato** cubierta por una capa de material magnetizable.
-

Mecanismos de lectura y escritura

- Los datos se graban y leen del disco mediante una bobina denominada **cabeza**. En muchos sistemas hay dos cabezas:
 - una de **escritura**
 - y otra de **lectura**.
- Durante una operación de lectura o escritura la cabeza permanece fija mientras el plato rota bajo ella.

Mecanismo de Escritura

- **El mecanismo tradicional de escritura** se basa en el hecho de que un flujo eléctrico atravesando una bobina crea un campo magnético.
 - Se envían pulsos eléctricos a la cabeza de escritura y se graban los patrones magnéticos en la superficie bajo ella, con patrones diferentes para corrientes positivas y negativas.
 - Cambiando la dirección de la corriente cambia el sentido de magnetización del medio de grabación.
-

Mecanismo de Lectura

- **El mecanismo tradicional de lectura** se basa en el hecho de que un campo magnético en movimiento respecto a una bobina induce una corriente eléctrica en la misma.
 - Cuando la superficie del disco pasa bajo la bobina, en ésta se genera una corriente de la misma polaridad que la que produjo la grabación magnética.
-

Mecanismos magnetoresistivo

- Los discos duros de hoy utilizan un mecanismo diferente para la lectura, siendo necesaria una cabeza de lectura separada aunque cerca de la cabeza de escritura. La cabeza de lectura (gura 2.1) consiste en un **sensor magnetoresistivo (MR) parcialmente blindado**.
- El MR tiene una resistencia eléctrica que depende de la dirección de magnetización del medio que se mueve bajo él.
- Haciendo pasar una corriente a través del sensor MR, los cambios de resistencia se detectan como cambios de tensión.
- El diseño MR permite operar a altas frecuencias, lo que es equivalente a grandes densidades de almacenamiento y alta velocidad de funcionamiento.

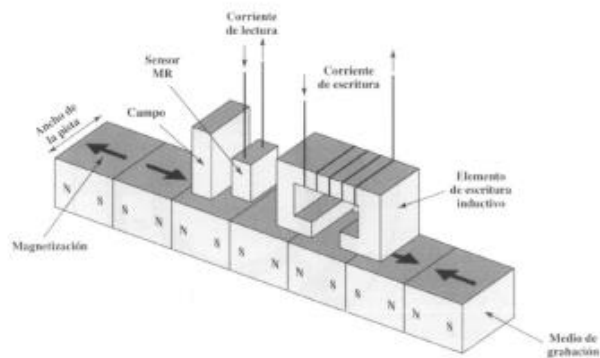


Figura 2.1: Cabeza de escritura por inducción y lectura magnetoresistiva

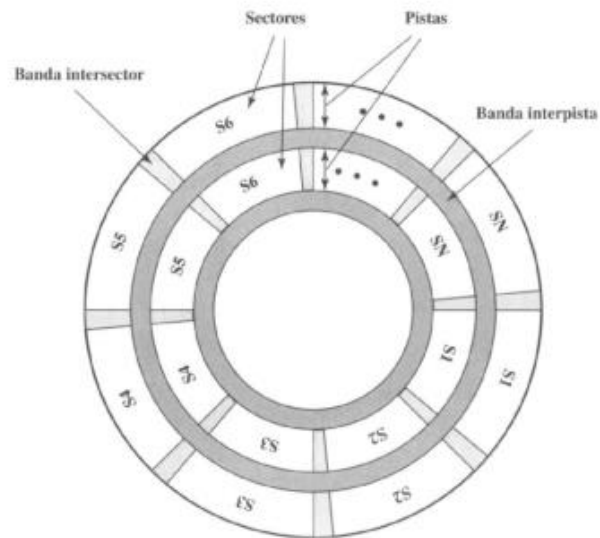


Figura 2.2: Organización de los datos en el disco duro

Organización y formato de los datos

- La cabeza es un dispositivo relativamente pequeño. Los datos se organizan en un conjunto de anillos concéntricos, denominados pistas.
 - Cada pista es del mismo ancho que la cabeza.
 - Las pistas adyacentes están separadas por bandas vacías.
 - Esto minimiza los errores por desplazamiento de la cabeza y por interferencias del campo magnético.
-

Organización y formato de los datos

- Los datos se transfieren a y desde el disco por sectores (figura).
 - Normalmente hay cientos de sectores por pista y pueden tener longitudes fijas o variables.
 - En la mayoría de los sistemas de hoy se utilizan sectores de longitud fija de 512 bytes.
 - Para evitar imprecisiones, los sectores adyacentes se separan mediante zonas vacías.
-

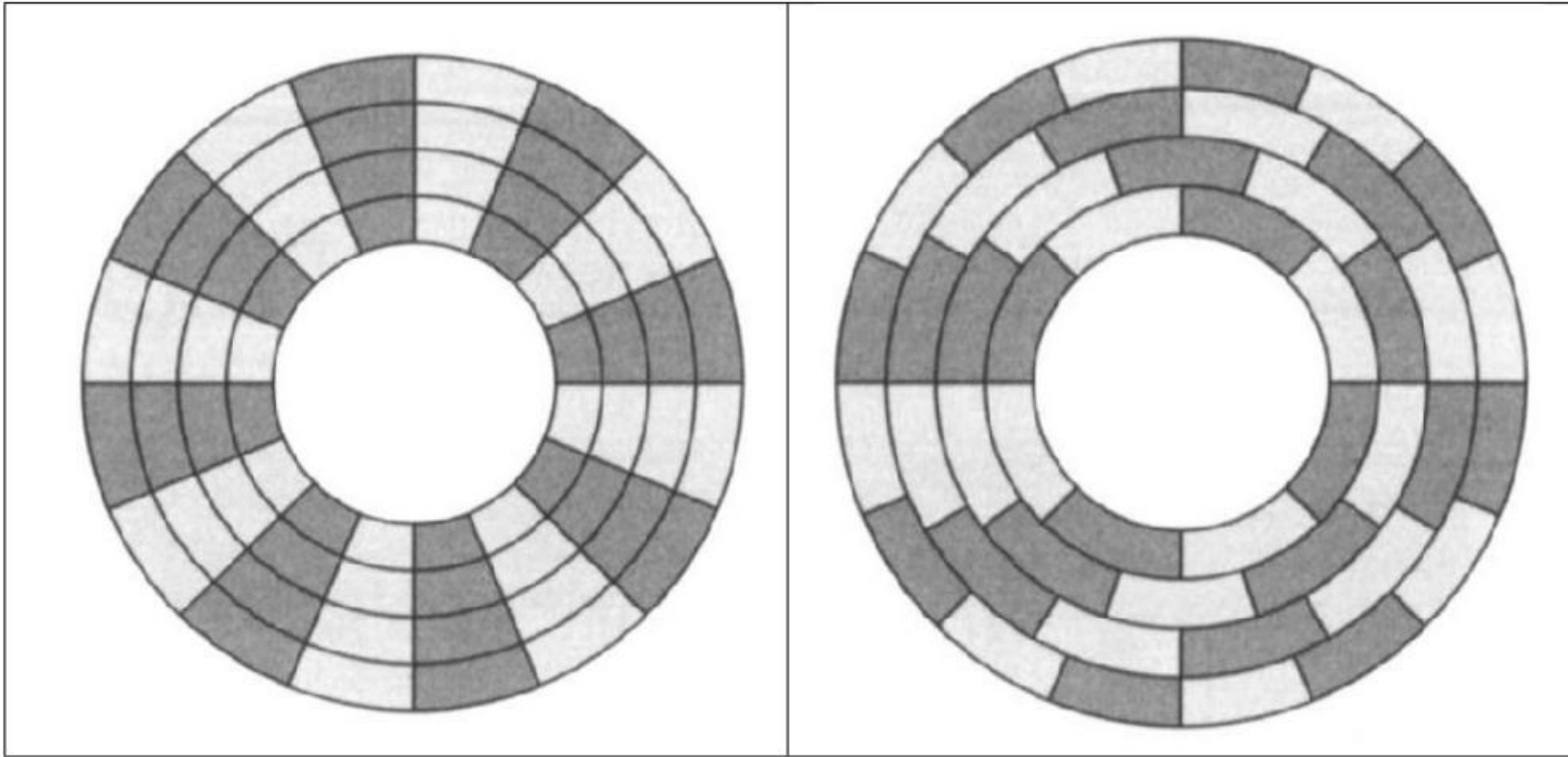
Organización y formato de los datos (CAV)

- Un bit cercano al centro pasa por un punto fijo más despacio que un bit más externo.
 - Por tanto, debe haber alguna manera de compensar la variación de velocidad, de forma que la cabeza pueda leer todos los bits a la misma velocidad. La información se puede escanear a la misma velocidad rotando el disco a una velocidad fija, conocida como **velocidad angular constante**(constant angular velocity, CAV).
 - Esto se puede hacer incrementando el espacio entre bits de la información grabada en los segmentos del disco a medida que nos alejamos del centro.
 - Debido a que la densidad, en bits por pulgada, aumenta a medida que nos movemos desde la pista más externa a la más interna, la capacidad de almacenamiento de un disco con sistema CAV viene limitada por la máxima densidad de grabación que se puede llevar a cabo en la pista más interna.

Organización y formato de los datos (CLV)

- ❑ Para aumentar la capacidad, los discos duros modernos utilizan una técnica conocida como **grabación en varias zonas (multiple zone recording)**, en la que la superficie se divide en varias zonas concéntricas (usualmente 16).
- ❑ La velocidad lineal es constante (el cabezal recorre exactamente la misma distancia sobre el disco independientemente de si está más al interior o al exterior). Se denomina **CLV (Constant Linear Velocity)**. Esto requiere que el disco cambie su velocidad de rotación según la posición del cabezal).
- ❑ Dentro de una zona, el número de bits por pista es constante.
- ❑ Las zonas más alejadas del centro contienen más bits (más sectores) que las zonas próximas al centro.
- ❑ Esto permite capacidades mayores a expensas de una circuitería más compleja.

Organización y formato de los datos



Cuadro 2.1: Comparación de los métodos de organización de un disco. Izquierda: Sistema CAV. Derecha: Sistema de varias zonas

Prestaciones de un disco

- Cuando la unidad de disco esta funcionando, el disco esta rotando a una velocidad constante.
 - Para leer o escribir la cabeza debe posicionarse en la pista deseada y al principio del sector deseado en la pista.
 - La selección de la pista implica un movimiento de la cabeza, en un sistema de cabeza móvil, o una selección electrónica de una cabeza en un sistema de cabezas fijas.
 - **Tiempo de búsqueda:** Tiempo que tarda la cabeza, en un sistema de cabeza móvil, en posicionarse sobre la pista.
 - **Retardo rotacional:** Tiempo que tarda el sector en alcanzar la cabeza.
 - **Tiempo de acceso:** Suma del tiempo de búsqueda (si lo hay) y del retardo rotacional.
-

Prestaciones de un disco

- **Tiempo de transferencia interna de datos** (internal data transfer rate): Una vez posicionada la cabeza se lleva a cabo una operación de lectura o escritura, desplazándose el sector bajo la cabeza.
 - El tiempo que tarda, en promedio, en transferirse una cantidad determinada de información es el tiempo de transferencia.
 - Según datos de Seagate de 2011 la velocidad de transferencia de datos puede variar entre 942 MB/s de un disco SCSI, 1030 MB/s de un ATA y 1142 MB/s de un High-end SCSI.
-

Prestaciones de un disco

- **Tiempo de transferencia externa de datos** (external data transfer rate): Describe la cantidad de datos que se pueden transferir desde el controlador de disco a la interface.
 - Según datos de Seagate de 2011 la velocidad de transferencia externa de datos puede variar entre los 300 MB/s de un disco ATA y los 320 de un SCSI.
- **Velocidad de rotación** (rotational speed).
 - Según datos de Seagate de 2011 puede variar entre 7200 RPM de un disco ATA y las 15.000 RPM de un disco High-end SCSI.

Lectura recomendada

Discos magnéticos, Memoria óptica, Cintas magnéticas

“Organización y arquitectura de computadores”

W. Stallings

Capítulo 5 – Memoria externa
