

## 4. Organización del sistema de memoria

- ❑ **Características y jerarquía de las memorias**
- ❑ **Organización de la memoria**
- ❑ **Memorias especiales y memoria caché**

## Memorias

Clasificación arquitectónica:

- ❑ **Memoria central:**
  - acoplada a la UCP a través del bus del sistema,
  - direccionable directamente por la UCP
- ❑ **Memorias auxiliares**
  - acopladas a la UCP a través de interfaces de E/S,
  - El direccionamiento no es directo por la UCP

## Características de las memorias

- **Capacidad:** cantidad total de información que puede almacenar.
  - Suele medirse en KB, MB o GB.
  - La memoria central puede ir de unos pocos Kbytes en dispositivos móviles a varios Gbytes en centros de cálculo.
  - La memoria auxiliar va de unos cuantos Mbytes en dispositivos de mano, a Terabytes en centros de cálculo.

## Características de las memorias

- **Longitud de palabra:** tamaño del átomo o celda de memoria direccionable en la computadora.
  - También se denomina *granularidad* (del direccionamiento) de la memoria.
  - Suele ser 1 byte en procesadores normales
  - Al acceder a memoria puede limitarse a un acceso a "fronteras pares" o de palabra y "fronteras de palabra larga"

## Granularidad

### □ Aplicado a la memoria central

- Aceptación 1: longitud de la celda de memoria con dirección independiente
- Aceptación 2: cantidad de datos accesibles en una operación de L/E
  - Aceptación aplicable a las otras memorias

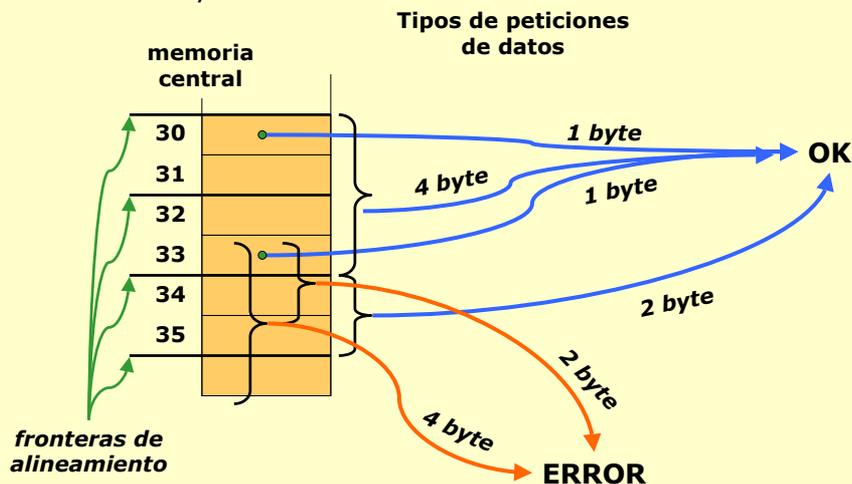
### □ ¿por qué dos acepciones?

- Por los mecanismos de alineamiento de datos en memoria central.

## Ejemplo: alineamiento en fronteras pares

### □ Sea una máquina con alineamiento par:

- Porque posiblemente sea una máquina con longitud de palabra de CPU de 2 bytes.



## Características de las memorias

- **Tiempo de acceso:** Tiempo medio necesario para realizar una operación de lectura.
  - Puede diferir del tiempo de escritura
  - se mide en segundos
  - Va de varios nanosegundos (ej. 20ns, 90ns, ... o menos) en la memoria central
  - ... a varios milisegundos en discos duros o minutos en caso de unidades de cinta.

## Características de las memorias

- **Modo de acceso:** Método empleado para acceder a una escritura o lectura en la memoria.
  - Secuencial: si es preciso acceder por orden de almacenamiento.
    - Penaliza el acceso posiciones altas.
  - Arbitrario o aleatorio: si se puede acceder a cualquier celda por su posición.
    - No penaliza por la posición de la celda.
  - Directo o semi-aleatorio: si para acceder a una celda hay que emplear ambos métodos en dos etapas diferenciadas
    - En ocasiones ayuda a jerarquizar los datos.

## Características de las memorias

- ❑ **Volatilidad:** En una memoria volátil se pierde su contenido al interrumpir el suministro de energía
  - Lo contrario es la **persistencia**.
  - Tenemos memorias dinámicas que exigen un refresco (reescritura) continuado.
  - Memorias estáticas que no exigen refresco.
  - Memorias grabables eléctricamente, que perduran sin alimentación
  - Memorias de larga vida: CD-ROM, disco duro,...

## Características de las memorias

- ❑ **Destructibilidad:** Una memoria es de lectura destructiva (DRO) si el acceso a los datos destruye la información.
  - Si no, es no destructiva (NDRO)
- ❑ **Orden:** los bits de una palabra de información se pueden numerar de izquierda a derecha (*big-endian*) o de derecha a izquierda (*little-endian*).

## Características de las memorias

- ❑ **Densidad de almacenamiento:** cantidad de bits por unidad de volumen o superficie.
  
- ❑ **Fiabilidad:** Tiempo medio entre dos averías consecutivas (MTBF)
  - La fiabilidad es mayor cuanto mayor es el MTBF.
  - Se puede aumentar incluyendo detección y corrección de errores.

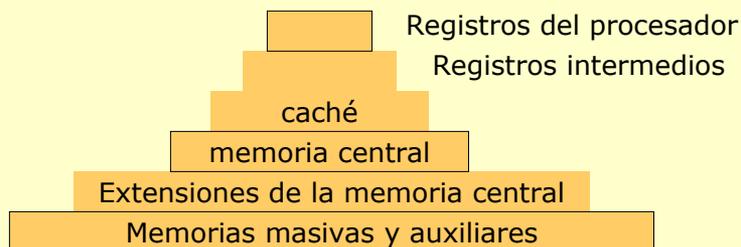
## Características de las memorias

- ❑ **Acoplamiento:** la relación de proximidad lógica entre los datos almacenados y la unidad de proceso.
  - En un sistema mono-procesador es **fuerte**.
  - En un sistema multiprocesador puede ser **fuerte** (si es compartida), o **débil** (si se usan mecanismos intermedios para su acceso).

## Clasificación Utilitaria de la memoria central

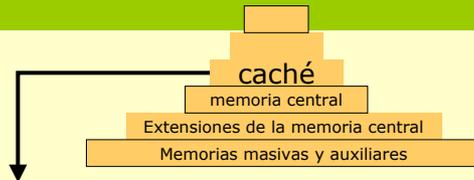
- ❑ RAM: Memoria de acceso arbitrario.
  - Dinámica: DRAM (requiere refresco)
  - Estática: SRAM
  - Flash: RAM de larga vida
- ❑ ROM: Memoria de solo lectura
  - ROM: suele utilizarse para referirse a la RAM de solo lectura
  - PROM: una escritura
  - EPROM: Erasable PROM (luz ultravioleta)
  - EEPROM: Electrically EPROM
- ❑ Caché: Antememoria  
acelera los accesos a memoria desde la UCP

## Jerarquía de Memorias



- ❑ Parámetros que dan la forma de pirámide son:
  - Velocidad
  - Capacidad de almacenamiento
  - Precio, ...

## Jerarquía de Memorias



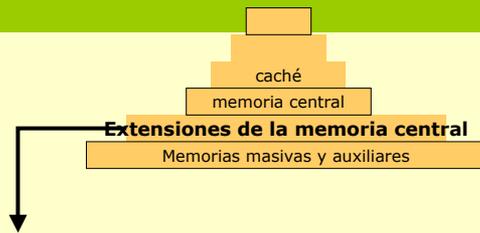
- ❑ Actúan como intermediarios entre la UCP y la memoria central
- ❑ Aceleran los accesos a memoria
  - Anticipándose a lecturas
  - Guardando datos ya accedidos
  - A veces se incluyen en el chip de la UCP (caché de nivel 1 – L1)
  - A veces son externas a la UCP (caché externa, secundaria, o de nivel 2 –L2)

## Jerarquía de Memorias



- ❑ Memoria direccionable por la UCP
  - A veces se organiza en **bancos**, cada uno de los cuales se encarga de un rango de direcciones.
  - Modos de manejo de la memoria:
    - Directamente por la UCP a través del BUS
    - Por mediación de una **unidad de gestión de memoria** (MMU)

## Jerarquía de Memorias



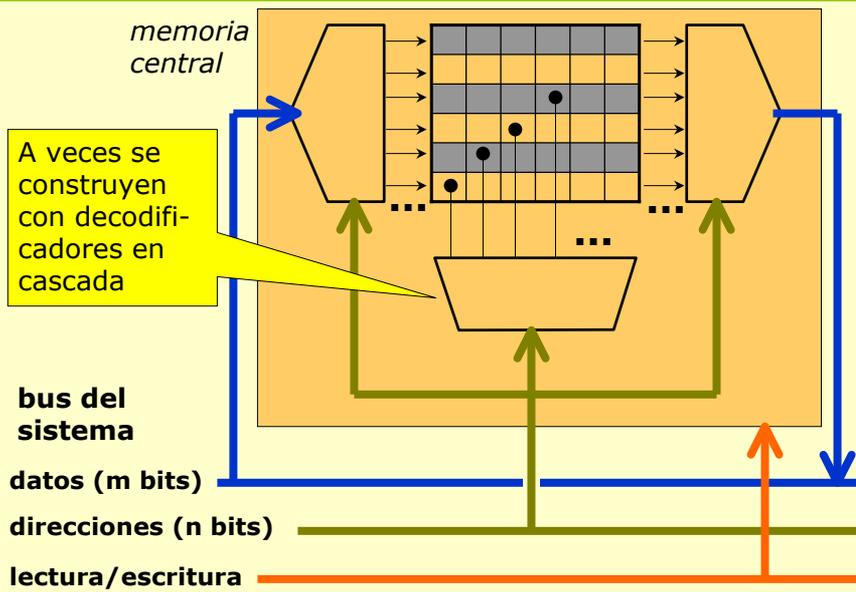
- ❑ Del mismo tipo que la memoria central aunque no directamente direccionables
  - Como bancos de memoria alternativos
    - Se pueden direccionar a través de *ventanas*
  - Como memorias de dispositivos con un tráfico intenso de datos, y tiempos de acceso muy cortos (tarjetas de video-sonido, co-procesadores, ...)

## Jerarquía de Memorias



- ❑ Suelen residir en periféricos como cintas, cartuchos, discos, ...
- ❑ Su acceso suele ser:
  - En forma de bloques de disco (bajo nivel)
  - En forma de archivo (por el S.O.)
  - Pueden formar parte del sistema de memoria virtual (por el S.O.)

## Estructura funcional de la memoria central



05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

19

## Características de la memoria central

- Organizada a modo de vector de datos (lineal).
- Acceso arbitrario
- En su mayoría es de lectura/escritura
- En ciertas regiones solo es de lectura (ROM)
  - Suele asociarse a programas de gestión de dispositivos (BIOS – *Basic Input Output System*– en los PCs)

05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

20

## Asociaciones de memorias para la M.Central

- ❑ Los módulos de memoria (chips) se proporcionan en bloques con celdas de 1 bit o de 1 o varios bytes.
  - En muchas ocasiones hay que combinarlos para conseguir bloques mayores
- ❑ Ejemplo:  
¿cuántos bloques de 4 kbit se precisan para construir una memoria de 14 kbyte?
  - Si 8 bloques de 4 kbit dan 4 kbytes, entonces
  - 32 bloques de 4 kbit dan 16 kbyte. (¡explíquese!)
- ❑ A menudo se entrelazan las posiciones de memoria sobre diferentes módulos reducir el tiempo de acceso.

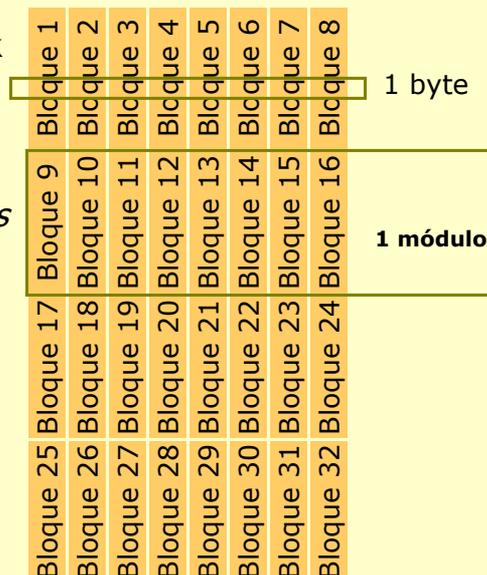
05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

21

## Ejemplo

- ❑ 1 bloque de 4 kbit da 4 k celdas de 1 bit.
- ❑ Precisamos celdas de 8 bits (1 byte).
- ❑ Luego, hacemos *módulos* de 8 bloques, que nos dan 4 kbyte.
- ❑ Como necesitamos 14 kbyte, precisamos de 4 módulos (es decir 32 bloques)
- ✓ **Cada módulo suele cubrir un rango de direcciones**



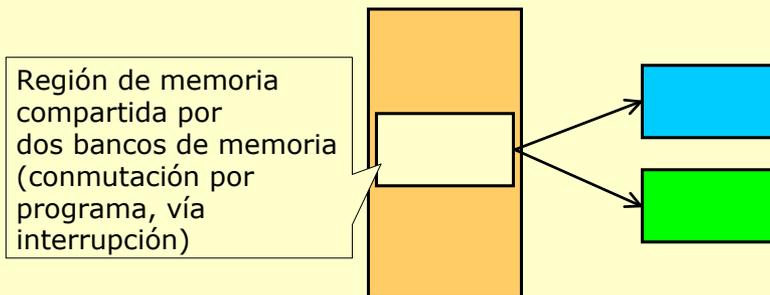
05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

22

## Ampliación del espacio de memoria direccionable

- ❑ En algunas arquitecturas se puede sobrepasar la capacidad de direccionamiento aparente:
  1. Conmutación de bancos
  2. Extensión de direcciones
- 1. Conmutación de bancos (expansión)



05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

23

## Ampliación del espacio de memoria direccionable

2. Extensión de direcciones
  - ❑ La dirección efectiva de los datos sufre una pequeña transformación antes de resultar en la posición real en el banco de memoria.
  - ❑ Suele utilizarse con segmentación:
    - ❑ Se suma a la dirección efectiva la dirección de la base del segmento de memoria que se encuentra almacenada en un registro de dirección base.

05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

24

## Memorias especiales

- ❑ Permiten un modo de acceso diferente al “lineal”, típico de la memoria central.
  - Colas
  - Pilas
  - Memorias asociativas

## Colas

- ❑ Cola o FIFO (*First In First Out*) (secuencial)
  - Puede estar soportada por *hard* o por *soft*.
- ❑ Dispone de dos instrucciones:
  - Escribe(dato): deposita un dato en la cola
  - dato ← Lee(): recupera el dato más antiguo de la cola, y lo elimina de ésta.
- ❑ Son útiles como *búfer* para acoplar componentes con diferente ritmo de lectura y escritura (ej.: disco duro, y programa)
- ❑ Suele programarse por software
  - En este caso suelen implementarse colas circulares.

## Pilas

- ❑ Pila (*Stack*) o LIFO (*Last In First Out*) (secuencial)
  - Puede estar soportada por *hard* o por *soft*.
- ❑ Dispone de dos instrucciones:
  - Escribe(dato): deposita un dato en la cola
  - dato ← Lee( ): recupera el dato más reciente de la cola, y lo elimina de ésta.
- ❑ Son útiles para implementar mecanismos de recursividad (p.ej.: llamadas recursivas a procedimientos, recorridos de árboles, etc.)
- ❑ Suele programarse por software
  - Los procesadores suelen disponer de instrucciones específicas para ello (p.ej.: call/return).

## Memorias asociativas

- ❑ También "Memorias Direccionables por Contenido" (CAM, Content Addressable Memory) (arbitrario)
  - Puede estar soportada por *hard* o por *soft*.
- ❑ Dispone de dos instrucciones:
  - Escribe(dato): deposita un dato en la cola
  - dato concordante ← Lee(patrón): recupera el dato que concuerda con el patrón de búsqueda.
- ❑ Una tabla hash es un caso particular de una memoria CAM, por *soft*.

## Memorias caché

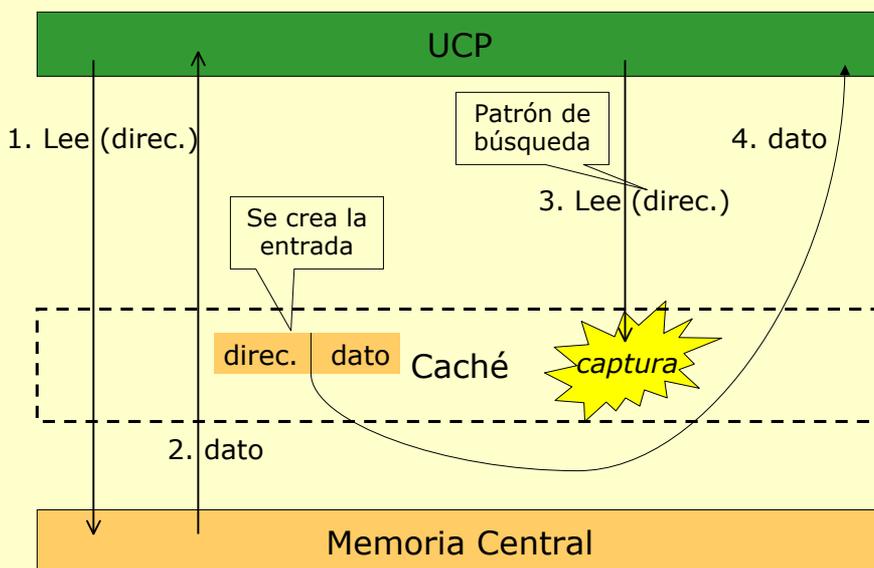
- ❑ Se inserta una memoria CAM entre el elemento que usa la memoria y la memoria.
  - Se denominan también antememorias.
- ❑ Se suelen insertar entre la UCP y la memoria central,
  - acelera el acceso a memoria en un orden de magnitud.
  - aunque también es posible insertarlas entre otros dispositivos.
- ❑ También se pueden apilar
  - Caso este de la caché de nivel 1 (L1) (en el chip de la UCP) y la caché de nivel 2 (L2) externa.

05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

29

## Memorias caché



05/05/2003

Fundamentos de Informática II (ITI Sistemas) (C) César Llamas Bello, 2003

30

## Memorias caché

- ❑ Funcionan si el programa trabaja con un conjunto de datos reducido y se repiten las referencias
  - “Principio de localidad de referencia”.
  - Suele darse en los programas compilados.
  - El contenido de cada celda de la CAM es el par (dirección, dato).
- ❑ Precisa de tres elementos:
  - Función de correspondencia
  - Algoritmo de remplazo
  - Algoritmo de extracción y actualización de memoria.

## Índice

- ❑ Características y jerarquía de las memorias
- ❑ Organización de la memoria
- ❑ Memorias especiales y memoria caché