

75.03 Organización del Computador

# U5 – COMPONENTES DE UN COMPUTADOR MEMORIA

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Memoria

- Componente complejo (Sistema de memoria)
- Formado por elementos con distintas cualidades:
  - Tecnología
  - Organización
  - Performance
  - Costo
- Jerarquía de subsistemas de memoria
  - Internos al sistema (accedidos directamente por el procesador)
  - Externos al sistema (accedidos por el procesador a través de un módulo de E/S)

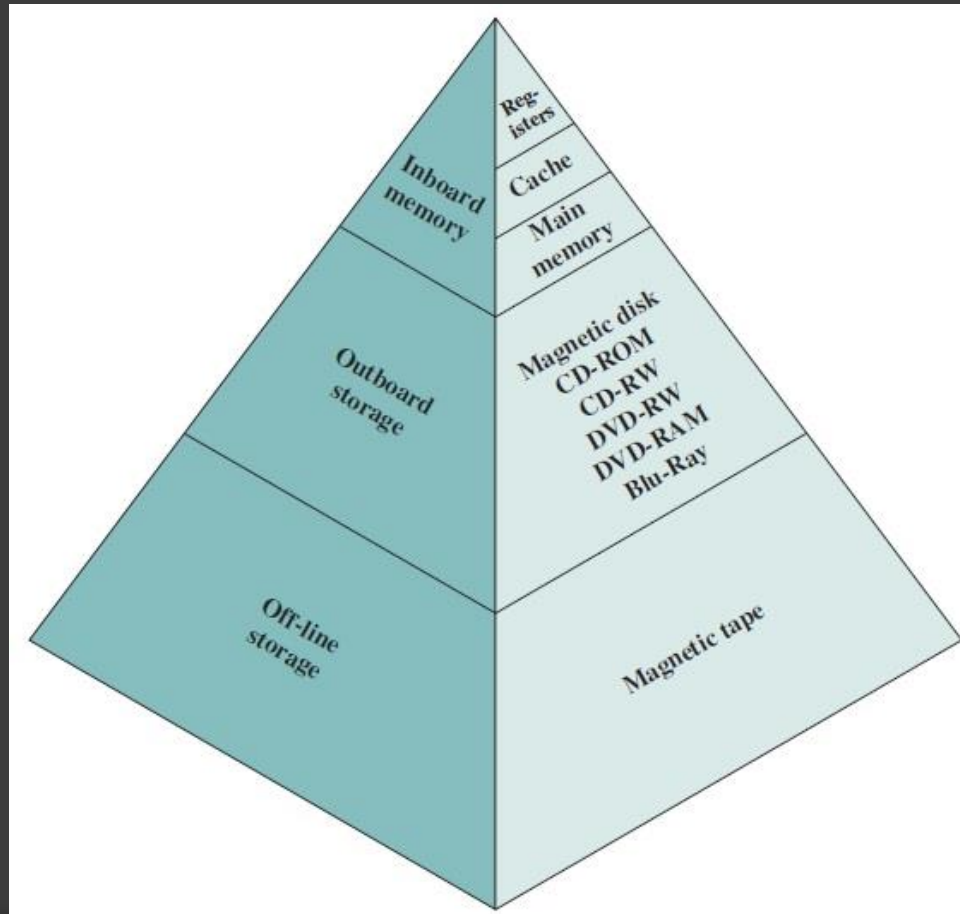
# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Jerarquía de memoria

- Tres características a tener en cuenta
  - Capacidad
  - Tiempo de acceso
  - Costo
- Subsistemas de memoria con relación de compromiso entre estas características => No se usa un solo componente de memoria

# U5 – Componentes de un computador

## ● Jerarquía de memoria



# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Jerarquía de memoria

- A medida que se baja de la pirámide:
  - Costo por bit decreciente
  - Capacidad creciente
  - Tiempo de acceso creciente
  - Frecuencia de acceso de la memoria por parte de procesador decreciente

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Locación

##### • Interna

- Registros
- Memoria interna para unidad de control
- Memoria Cache

##### • Externa

- Dispositivos de almacenamiento periféricos (discos, cintas, etc.)

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Capacidad

- Bytes / Palabras (memoria interna)
- Bytes (memoria externa)

#### ○ Unidad de transferencia

- Número de líneas eléctricas del módulo de memoria, típicamente el tamaño de palabra o 64, 128 o 256 bits (memoria interna)
- Bloques (memoria externa)

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Métodos de acceso de unidades de datos

##### • Acceso secuencial

- Unidades de datos: registros (records)
- Acceso lineal en secuencia
- Se deben pasar y descartar todos los registros intermedios antes de acceder al registro deseado
- Tiempo de acceso variable
- Ej. cintas magnéticas



# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Métodos de acceso de unidades de datos

##### • Acceso directo

- Dirección única para bloques o registros basada en su posición física
- Tiempo de acceso variable
- Ej. discos magnéticos

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Métodos de acceso de unidades de datos

##### • Acceso aleatorio

- Cada posición direccionable de memoria tiene un mecanismo de direccionamiento cableado físicamente
- Tiempo de acceso constante, independiente de la secuencia de accesos anteriores
- Ej. memoria principal y algunas memorias cache

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Métodos de acceso de unidades de datos

##### • Acceso asociativo

- Tipo de acceso aleatorio por comparación de patrón de bits
- La palabra se busca por una porción de su contenido en vez de por su dirección
- Cada posición de memoria tiene un mecanismo de direccionamiento propio
- Tiempo de acceso constante, independiente de la secuencia de accesos anteriores o su ubicación
- Ej. memorias cache

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

- Características

- Parámetros de performance

- Tiempo de acceso (latencia)
      - Memorias de acceso aleatorio: tiempo necesario para hacer una operación de lectura o escritura
      - Memorias sin acceso aleatorio: tiempo necesario para posicionar el mecanismo de lectura/escritura en la posición deseada
    - Tiempo de ciclo de memoria
      - Memorias de acceso aleatorio: tiempo de acceso más el tiempo adicional necesario para que una nueva operación pueda comenzar

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Parámetros de performance

##### • Tasa de transferencia

- Tasa con la cual los datos son transferidos dentro o fuera de la unidad de memoria
- Memorias de acceso aleatorio:  $1/\text{Tiempo de ciclo de memoria}$
- Memorias sin acceso aleatorio:

$$T_n = T_A + n/R$$

donde

$T_n$  = Tiempo promedio para leer o escribir  $n$  bits

$T_A$  = Tiempo promedio de acceso

$n$  = Número de bits

$R$  = Tasa de transferencia, en bits por segundo (bps)

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Tipos físicos

- Memorias semiconductoras (memoria principal y cache)
- Memorias de superficie magnética (discos y cintas)
- Memorias ópticas (medios ópticos)

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Características

#### ○ Características físicas

- Memorias volátiles: se pierde su contenido ante la falta de energía eléctrica (Ej. algunas memorias semiconductoras)
- Memorias no volátiles: no se necesita de energía eléctrica para mantener su contenido (Ej. memorias de superficie magnéticas y algunas memorias semiconductoras)
- Memorias de solo lectura: (ROM – Read Only Memory) no se puede borrar su contenido (Ej. algunas memorias semiconductoras)

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

- Memorias semiconductoras (acceso aleatorio)

Memory Type	Category	Erase	Write Mechanism	Volatility
Random-access memory (RAM)	Read-write memory	Electrically, byte-level	Electrically	Volatile
Read-only memory (ROM)	Read-only memory	Not possible	Masks	Nonvolatile
Programmable ROM (PROM)				
Erasable PROM (EPROM)	Read-mostly memory	UV light, chip-level	Electrically	
Electrically Erasable PROM (EEPROM)		Electrically, byte-level		
Flash memory		Electrically, block-level		



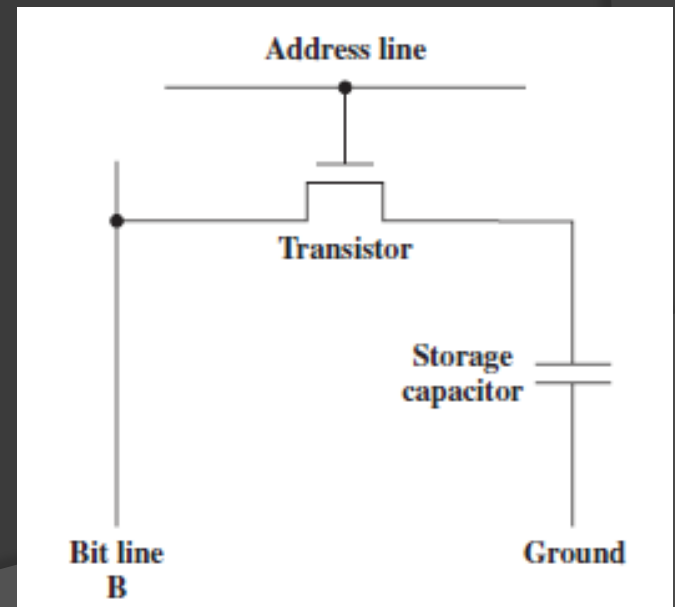
# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Memorias RAM

#### ○ Dynamic RAM (DRAM)

- Celdas que almacenan datos como carga en capacitores (bit 0 o 1 si hay presencia o ausencia de carga en el capacitor)
- Requieren refrescar su carga periódicamente para mantener los datos almacenados
- Se suelen usar en memoria principal



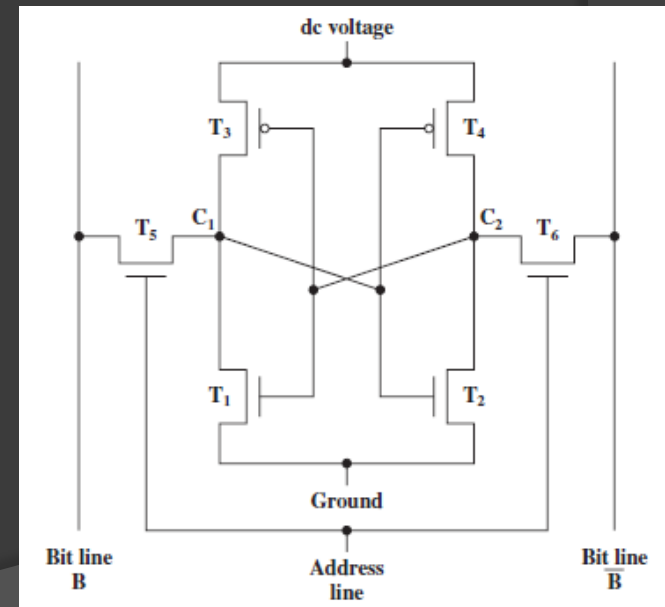
# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

### • Memorias RAM

#### ○ Static RAM (SRAM)

- Los valores binarios se almacenan usando compuertas lógicas flip-flop
- Son más complejas y grandes que las DRAM
- Son más rápidas que las DRAM
- Se suelen usar en memoria cache



# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Sistema de memoria

- Memorias RAM

- Tipos de DRAM

- SDRAM (Synchronous DRAM)

- Intercambia datos con el CPU en forma sincronizada vía el reloj del sistema
      - Evita los estados de espera del CPU

- DDR DRAM (Double data rate DRAM)

- Incrementa la tasa de transferencia con
      - Usa un esquema de buffering

	DDR1	DDR2	DDR3	DDR4
Prefetch buffer (bits)	2	4	8	8
Voltage level (V)	2.5	1.8	1.5	1.2
Front side bus data rates (Mbps)	200–400	400–1066	800–2133	2133–4266

# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Jerarquía de memoria

- Principio de localidad de referencia
  - “Durante la ejecución de un programa, las referencias a memoria que hace el procesador tanto para instrucciones como datos tienden a estar agrupadas”  
(Ej. loops, subrutinas, tablas, vectores)

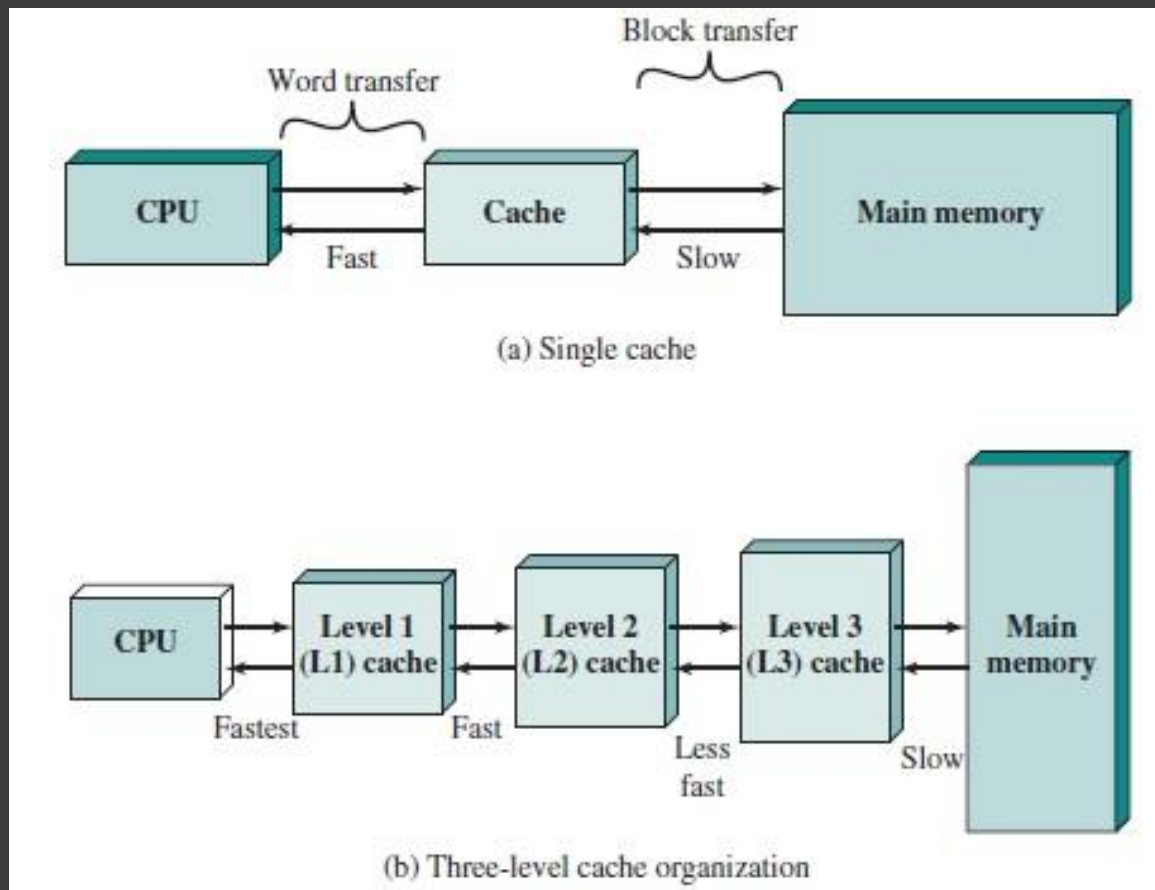
# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Memoria Cache

- Memoria semiconductor más rápida (y costosa) que la principal
- Se ubica entre el procesador y la memoria principal
- Permite mejorar la performance general de acceso a memoria principal
- Contiene una copia de porciones de memoria principal

# U5 – Componentes de un computador

## ● Memoria Cache



# U5 – Componentes de un computador

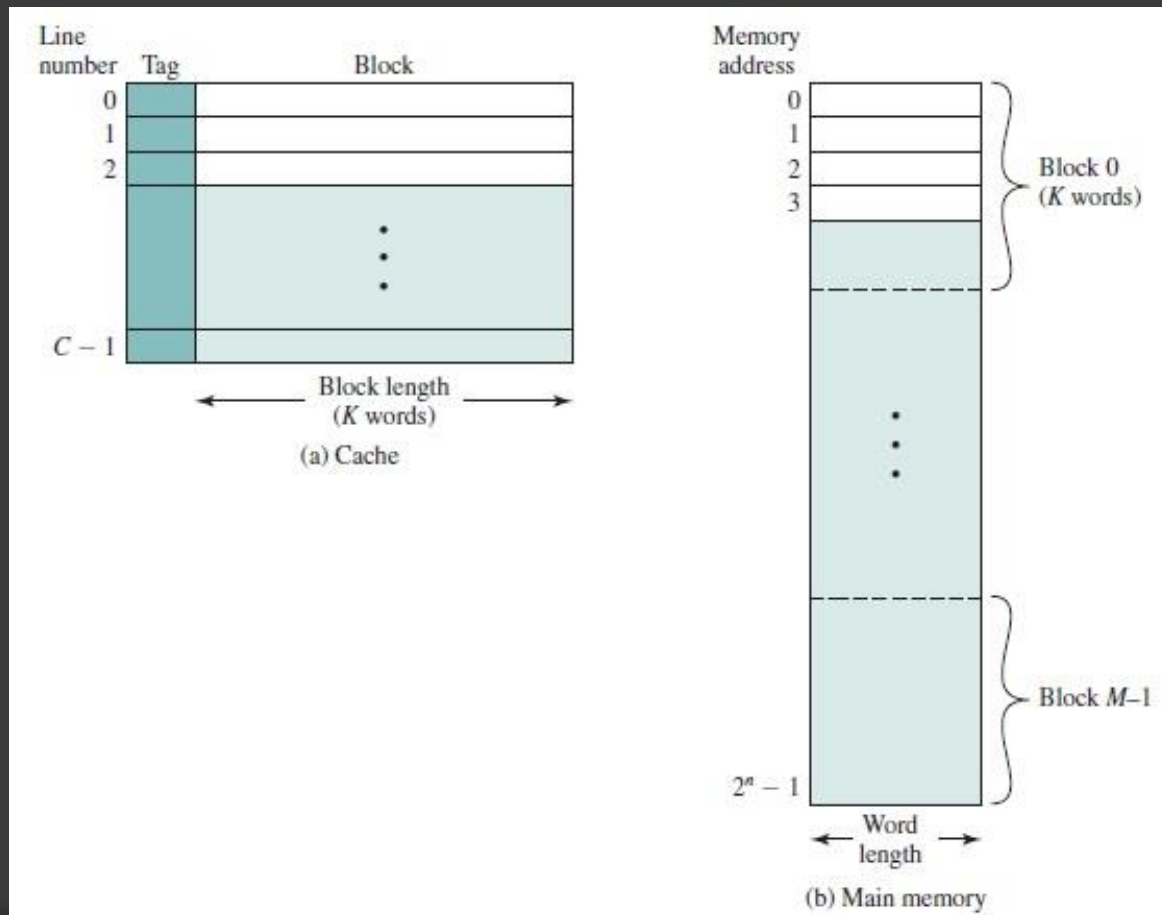
## ⦿ Memoria Cache

- Cómo funciona

- CPU trata de leer una palabra de la memoria principal
- Se chequea primero si existe en la memoria cache.
  - Si es así se la entrega al CPU
  - Sino se lee un bloque de memoria principal (número fijo de palabras), se incorpora a la cache y la palabra buscada se entrega al CPU
- Por el principio de localidad de referencia es probable que próximas palabras buscadas estén dentro del bloque de memoria subido a la cache

# U5 – Componentes de un computador

## Memoria Cache





# U5 – Componentes de un computador

## ● Memoria Cache

- Estructura sistema cache/memoria principal
  - Memoria principal
    - $2^n$  palabras direccionables (dirección única de  $n$ -bits para cada una)
    - Bloques fijos de  $K$  palabras cada uno ( $M$  bloques)
  - Cache
    - $m$  bloques llamados líneas
    - Cada línea contiene:
      - $K$  palabras
      - Tag (conjunto de bits para indicar qué bloque está almacenado, usualmente una porción de la dirección de memoria principal)
      - Bits de control (Ej. bit para indicar si la línea se modificó desde la última vez que se cargó en la cache)

# U5 – Componentes de un computador

- Memoria Cache
  - Ejemplos (1/2)

**Table 4.3** Cache Sizes of Some Processors

Processor	Type	Year of Introduction	L1 Cache <sup>a</sup>	L2 Cache	L3 Cache
IBM 360/85	Mainframe	1968	16–32 kB	—	—
PDP-11/70	Minicomputer	1975	1 kB	—	—
VAX 11/780	Minicomputer	1978	16 kB	—	—
IBM 3033	Mainframe	1978	64 kB	—	—
IBM 3090	Mainframe	1985	128–256 kB	—	—
Intel 80486	PC	1989	8 kB	—	—
Pentium	PC	1993	8 kB/8 kB	256–512 kB	—
PowerPC 601	PC	1993	32 kB	—	—
PowerPC 620	PC	1996	32 kB/32 kB	—	—
PowerPC G4	PC/server	1999	32 kB/32 kB	256 kB to 1 MB	2 MB
IBM S/390 G6	Mainframe	1999	256 kB	8 MB	—

Notes:

<sup>a</sup> Two values separated by a slash refer to instruction and data caches.

<sup>b</sup> Both caches are instruction only; no data caches.

# U5 – Componentes de un computador

- Memoria Cache
  - Ejemplos (2/2)

**Table 4.3** Cache Sizes of Some Processors

Processor	Type	Year of Introduction	L1 Cache <sup>a</sup>	L2 Cache	L3 Cache
Pentium 4	PC/server	2000	8 kB/8 kB	256 kB	—
IBM SP	High-end server/supercomputer	2000	64 kB/32 kB	8 MB	—
CRAY MTA <sup>b</sup>	Supercomputer	2000	8 kB	2 MB	—
Itanium	PC/server	2001	16 kB/16 kB	96 kB	4 MB
Itanium 2	PC/server	2002	32 kB	256 kB	6 MB
IBM POWER5	High-end server	2003	64 kB	1.9 MB	36 MB
CRAY XD-1	Supercomputer	2004	64 kB/64 kB	1 MB	—
IBM POWER6	PC/server	2007	64 kB/64 kB	4 MB	32 MB
IBM z10	Mainframe	2008	64 kB/128 kB	3 MB	24–48 MB
Intel Core i7 EE 990	Workstation/server	2011	6 × 32 kB/32 kB	1.5 MB	12 MB
IBM zEnterprise 196	Mainframe/server	2011	24 × 64 kB/128 kB	24 × 1.5 MB	24 MB L3 192 MB L4

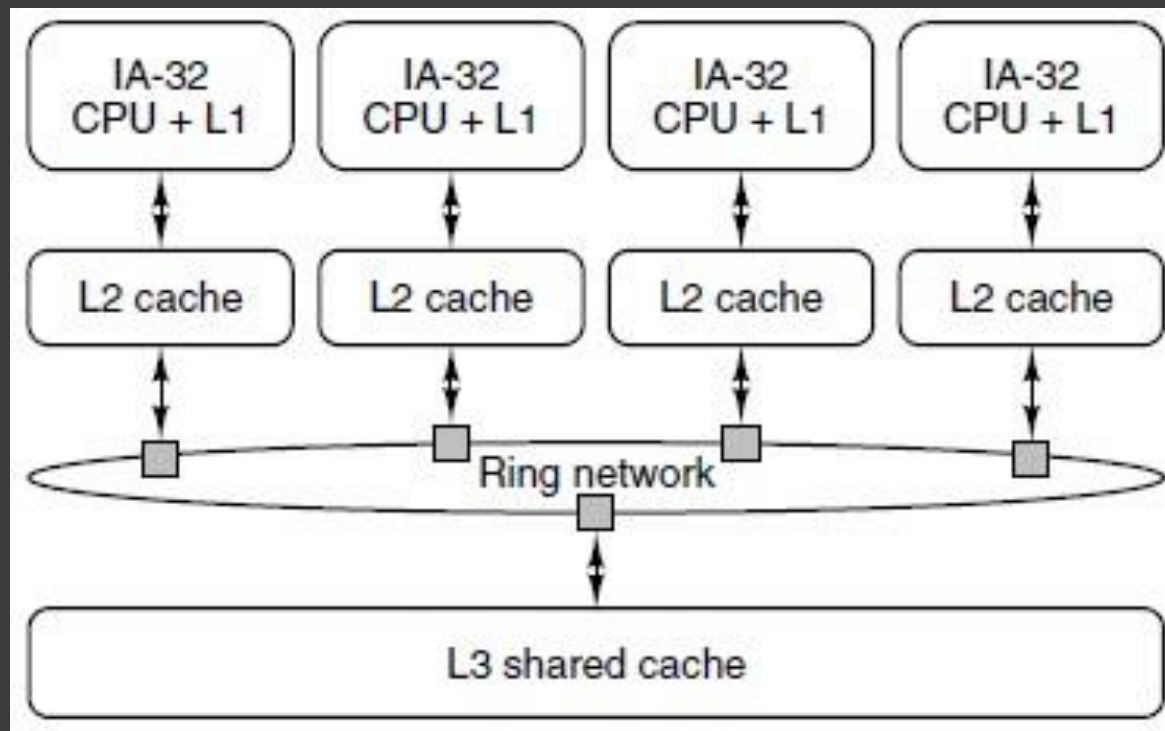
*Notes:*

<sup>a</sup> Two values separated by a slash refer to instruction and data caches.

<sup>b</sup> Both caches are instruction only; no data caches.

# U5 – Componentes de un computador

- Memoria Cache
  - Intel Core i7



# U5 – Componentes de un computador

## ⦿ Referencias

- “Computer Organization and Architecture – Designing for Performance” 9na edición. William Stallings  
(<http://williamstallings.com/ComputerOrganization/>)
- “Structured Computer Organization” 6ta edición. Andrew Tanenbaum / Todd Austin  
(<http://www.pearsonhighered.com/educator/product/Structured-Computer-Organization-6E/9780132916523.page>)