

TEMA 4 – MEMORIA INTERNA. TIPOS. DIRECCIONAMIENTO. CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES

ÍNDICE

0. Referencias legislativas
1. Introducción. Definición
2. Tipos
3. Direccionamiento
4. Características y funciones
5. Conclusión

0. REFERENCIAS LEGISLATIVAS

- Orden de 1 de febrero de 1996 (BOE del 13 de febrero de 1996), por la que se aprueban los temarios que han de regir en los procedimientos de ingreso, adquisición de nuevas especialidades y movilidad para determinadas especialidades de los Cuerpos de Profesores de Enseñanza Secundaria y Profesores Técnicos de Formación Profesional.
- Real Decreto ECD/206/2016 — currículo del título de FPB en Informática y Comunicaciones.
- Real Decreto ECD/213/2016 — currículo del título de FPB en Informática de Oficina.
- Real Decreto/Orden de 26 de mayo de 2016 — currículo del título de Técnico en Sistemas Microinformáticos y Redes (SMR).
- Contextualización: el tema se relaciona con el módulo de "Montaje y Mantenimiento de Equipos" y profundiza en uno de los elementos funcionales ya introducidos en el Tema 2 (memoria principal), ampliando su tipología, direccionamiento y funcionamiento interno.

1. INTRODUCCIÓN. MEMORIA INTERNA

1.1. Definición

La memoria interna se encarga de almacenar las instrucciones y los datos que procesa la UCP (Unidad Central de Proceso). Físicamente se encuentra formada por celdas en las cuales se almacena información. Cada celda está definida por su dirección de memoria. Para poder trabajar con esa información hará falta conocer la dirección de memoria y la operación de lectura/escritura a realizar.

En función del tipo de memoria se pueden realizar dos operaciones:

- Lectura: recuperar información de una dirección de memoria.
- Escritura: almacenar información en una dirección de memoria.

La memoria interna se clasifica en:

- Memoria principal: ROM y RAM.
- Memoria caché: asociativa (por conjuntos o directa).

1.2. Capacidad y unidades de medida

La cantidad de información que puede almacenar una memoria es su "capacidad". La unidad más pequeña de información en un sistema digital es el bit, que puede tomar 2 valores del sistema binario (0, 1). La capacidad de una memoria se expresa en las siguientes unidades:

- Bit: unidad mínima, con valores (0,1).
- Byte: grupo de 8 bits con valores (0,1). Ejemplo: 01010111.
- Palabra: cantidad total de información que se transmite en un ciclo de lectura/escritura. Su longitud (longitud de palabra) depende de la arquitectura del ordenador; suele ser de 16, 32 o 64 bits.

Múltiplos de bytes (al ser un sistema binario, 2^n ; por ejemplo $2^{10} = 1024$, y no 1000):

1 KB = 1024 bytes
1 MB = 1024 KB
1 GB = 1024 MB
1 TB = 1024 GB

Prefijos decimales/binarios según el Sistema Internacional de Unidades: kilobyte (2^{10}), megabyte (2^{20}), gigabyte (2^{30}), terabyte (2^{40}), petabyte (2^{50}), exabyte (2^{60}), zettabyte (2^{70}), yottabyte (2^{80}). En la nomenclatura binaria estricta se emplea "kibibyte" (2^{10}), etc.

La cantidad de memoria que puede emplear un ordenador está relacionada con el número de líneas del bus de direcciones: si el bus tiene 30 líneas $\rightarrow 2^{30}$ posiciones de memoria direccionables.

La longitud de palabra está relacionada con el bus de datos: por ejemplo, con un bus de 16 líneas la longitud de palabra es de 32 bits, por lo que cada acceso completo necesitaría 2 ciclos (32 bits repartidos en 2 transferencias de 16 bits).

Mapa de memoria: estructura de datos en forma de tabla que recoge, para cada dirección de memoria, el contenido almacenado.

1.3. Estructura física. Circuitos básicos de memoria

A continuación se describen dos circuitos básicos capaces de recordar un valor (almacenar 1 bit):

- Latches (biestables SR): circuito básico que puede almacenar 1 bit. El "Latch SR" está formado por puertas lógicas NOR. S y R son las entradas (Set y Reset); Q y Q-negada son las salidas (siendo Q-negada el inverso de Q).

Tabla de verdad del Latch SR:

$S=0, R=0 \rightarrow$ mantiene el último valor

$S=0, R=1 \rightarrow Q=0$

$S=1, R=0 \rightarrow Q=1$

$S=1, R=1 \rightarrow$ estado indeterminado

- Flip-Flop (Biestable D): se activa con un flanco de reloj. Cuando llega el flanco de reloj (E), muestra el valor de la entrada D en la salida Q.

Tabla de verdad del Flip-Flop D:

$D=1, E=1 \rightarrow Q=1$

$D=0, E=1 \rightarrow Q=0$

$E=0 \rightarrow Q$ mantiene el valor anterior (no cambia)

Estos circuitos se basan en el álgebra de Boole, empleada en electrónica digital, informática y otros circuitos electrónicos, y sirve para representar operaciones lógicas con 0 y 1.

La memoria interna está formada por chips con circuitos como los descritos anteriormente y otros más complejos (transistores, circuitos combinacionales...). Estos chips se pueden conectar a la placa base u otros elementos del circuito mediante patillas, pistas o conectores (buses).

- La memoria RAM suele insertarse en zócalos o módulos (SIMM, DIMM...).
- La memoria ROM suele ir integrada; en versiones antiguas venía integrada en la placa base.
- La memoria caché va integrada en el microprocesador.

1.4. Jerarquía de memoria

Registros > Caché > Memoria interna (RAM, ROM) > Memoria secundaria (HD, DVD...)

A medida que se asciende en la jerarquía (registros, caché) aumenta la velocidad y disminuyen la capacidad y el coste; a medida que se desciende (memoria secundaria) aumenta la capacidad y disminuyen la velocidad y el coste por unidad de almacenamiento.

2. TIPOS

Podemos clasificar las memorias según varias características.

2.1. Por su propiedad de lectura/escritura (volatilidad)

2.1.1. ROM (Read Only Memory)

Pueden leerse pero solo escribirse una vez. Una vez escritos los bits en las celdas de memoria,

no pueden cambiarse. Son memorias no volátiles, es decir, conservan la información sin necesidad de estar continuamente alimentadas.

Suelen usarse en algunas máquinas para guardar rutinas e instrucciones esenciales y básicas (ejemplo: calculadoras, máquinas expendedoras).

Problema: no se puede actualizar el programa ni modificar los datos.

Tipos de ROM (ante el problema de no poder volver a modificar la información, se desarrollaron memorias ROM que, bajo ciertas condiciones, podían modificar su valor):

- PROM (Programmable Read Only Memory): memorias formadas por microfusibles que pueden quemarse para establecer el programa deseado. De serie el chip viene con todo a 1, y cuando fundimos un fusible equivale a 0.

- EPROM (Erasable PROM): memorias ROM programables y borrables. Se borran aplicando luz ultravioleta sobre el chip. Problema: necesita un dispositivo especial (extraer el chip y borrarlo con luz ultravioleta).

- EEPROM (Electrically Erasable PROM): memorias ROM programables y borrables mediante impulsos eléctricos. Se puede borrar directamente sin necesidad de extraer el chip. Tienen un ciclo alto de borrados. Actualmente bastante usadas. Las unidades flash son un avance de las memorias EEPROM.

2.1.2. RAM (Random Access Memory)

Pueden leerse y escribirse. Se llaman de "acceso aleatorio" porque se puede leer/escribir en una posición de memoria de manera aleatoria, sin ser necesario seguir una secuencia o depender del estado anterior.

Son memorias volátiles: pierden la información a no ser que estén alimentadas.

Tipos de RAM:

- SRAM (Static RAM): RAM estática basada en semiconductores (biestables), capaz de mantener los datos mientras esté alimentada, sin necesidad de un circuito de refresco. Sigue siendo volátil. Memoria muy rápida, se usa en caché, buffers, registros. Cada bit se almacena en un circuito formado por 4 transistores que forman un biestable (0,1), más 2 transistores adicionales para controlar la lectura/escritura.

- DRAM (Dynamic RAM): RAM dinámica basada en condensadores; pierden su carga progresivamente, por lo que necesitan un circuito de refresco para mantener los datos. Cada bit se almacena en un circuito formado por un transistor + 1 condensador. El acceso se realiza mediante multiplexores: para acceder a una posición de memoria se envían dos señales, RAS

(fila / Row) y CAS (columna / Column), que identifican la fila y columna a acceder. Problema: tiempo de acceso; acceso asíncrono. Actualmente es la más usada para memoria RAM.

- SDRAM (Synchronous DRAM): es una DRAM síncrona. Dispone de una señal de reloj interna que marca el instante en que cambia el estado almacenado en su interior, lo que permite que esté sincronizada con el resto del ordenador.

Generaciones de SDRAM:

- SDR (Single Data Rate): 168 pines, 66-133 MHz.
- DDR (Double Data Rate): 184 pines, 133-200 MHz.
- DDR2, DDR3, DDR4: van duplicando la unidad mínima de lectura/escritura a 4, 8 y 16 palabras respectivamente.

Tipos de SDRAM (estándares): la nomenclatura DDRx-XXX indica la velocidad en MHz, mientras que PC-XXX indica el ancho de banda del módulo (por ejemplo, 1600 Mb/s).

- SDR (Single Data Rate): frecuencias de reloj usadas de 66-133 MHz. Tensión de trabajo 3,3V. 168 pines.

PC66 → SDR SDRAM a 66 MHz

PC100 → SDR a 100 MHz

PC133 → SDR a 133 MHz

- DDR (Double Data Rate): lee/escribe 2 palabras consecutivas por ciclo de reloj (8 bytes por cada ciclo). Se reduce la tensión de trabajo a 2,5V. 184 pines. Capacidad 128 Mb-1Gb.

DDR-133 (frec. bus 133 MHz, frec. reloj 66 MHz, nombre módulo PC-1064, 1064 Mb/s)

DDR-200 (frec. bus 200 MHz, frec. reloj 100 MHz, PC-1600, 1600 Mb/s)

DDR-400 (frec. bus 400 MHz, frec. reloj 200 MHz, PC-3200, 3200 Mb/s) — rango 133-400 MHz

- DDR2 (Double Data Rate x2): lee/escribe 4 palabras consecutivas por ciclo de reloj (8 bytes por ciclo). Aumenta la velocidad de lectura/escritura respecto a DDR. Tensión de trabajo 1,8V. 240 pines. Rango 333-1200 MHz.

DDR2-333 (166 MHz bus, 100 MHz reloj, PC2-2600)

DDR2-400 (200 MHz bus, 100 MHz reloj, PC2-3200)

DDR2-800 (400 MHz bus, 200 MHz reloj, PC2-6400)

DDR2-1066 (533 MHz bus, 266 MHz reloj, PC2-8500)

DDR2-1200 (600 MHz bus, 300 MHz reloj, PC2-9600)

- DDR3 (Double Data Rate x3): lee/escribe el doble que DDR2. Aumenta la tasa de transferencia de lectura/escritura. Tensión de trabajo 1,5V. 240 pines. Rango 800-2133 MHz.

DDR3-800 (400 MHz bus, 100 MHz reloj, PC3-6400)

DDR3-1333 (533 MHz bus, 166 MHz reloj, PC3-8500)

DDR3-1600 (800 MHz bus, 200 MHz reloj, PC3-12800)

DDR3-2133 (1066 MHz bus, 266 MHz reloj, PC3-17000)

- DDR4 (Double Data Rate x4): lee/escribe el doble que DDR3. Rango 1600-4400 MHz.

Tensión de trabajo 1,2V. 288 pines.

DDR4-1600 (800 MHz bus, 200 MHz reloj, PC4-12800)

DDR4-2133 (1066 MHz bus, 266 MHz reloj, PC4-17064)

DDR4-2600 (1333 MHz bus, 333 MHz reloj, PC4-21300)

2.2. Por su propiedad de secuencia

En electrónica digital, la gestión de registros y flujos de datos de manera secuencial o no secuencial puede clasificarse en:

- FIFO (First In, First Out): el primer dato en entrar es el primer dato en salir.

- LIFO (Last In, First Out): el último dato en entrar es el primer dato en salir.

Podemos encontrar estos esquemas en pilas, registros de estados o flags, y en la memoria caché.

2.3. Por su factor de forma

Las memorias, dependiendo de su estructura física o factor de forma, pueden ser: SIMM, DIMM, RIMM o PCMCIA. Describen su forma y configuración de pines.

- SIMM (Single Inline Memory Module): tiene una única línea de contactos; es el mismo contacto por ambas caras. 30 o 72 contactos.

30 contactos → podía manejar 8 bits (ej. 386, 486, usaban x4).

72 contactos → podía manejar 32 bits (ej. 486, usaban x1 o x2).

- DIMM (Dual Inline Memory Module): tiene doble línea de contactos, separados en cada cara. Entre 168 y 288 contactos.

168 contactos → SDRAM

184 contactos → DDR

240 contactos → DDR2 y DDR3

288 contactos → DDR4

- SO-DIMM (Small Outline Memory Module) / micro-DIMM: dimensiones más pequeñas, usadas en portátiles.

72 contactos → 32 bits

144 contactos → 64 bits

- RIMM (Rambus Inline Memory Module): 184 pines, altas frecuencias de trabajo, requieren disipadores. Alto coste. Se dejaron de usar en favor de la tecnología DDR.

2.4. Memoria caché

Es un tipo de memoria muy rápida que guarda copia de los datos usados con más frecuencia. Su capacidad es pequeña. A nivel lógico se encuentra entre el procesador y la memoria principal.

Todos los microprocesadores actuales tienen una caché de nivel 1 (L1) asociada al núcleo. Existen niveles L2, L3, L4... A medida que los niveles aumentan, también aumenta la capacidad pero disminuye la velocidad. La L4 suele ir asociada a procesadores con gráficos integrados.

Ejemplo de notación: cuando L1 aparece como 64KB+64KB significa que 64 KB son para instrucciones y 64 KB para datos. Cuando aparece como 2x4MB, quiere decir 4 MB por núcleo.

Cuando el microprocesador ejecuta una instrucción, primero la busca en L1 → L2 → L3, y si no la encuentra, en la RAM. Puede ser beneficioso y rápido si la información está "cacheada" (mapeada), o si no, consumir un ciclo completo y ser menos eficiente. Por eso en la caché se suelen almacenar las instrucciones más usadas, entre otros datos.

Según el orden/posición donde se almacena, existen tres tipos de caché:

- Asociativa (CAM): cualquier bloque de la memoria principal puede ir a cualquier bloque de la memoria caché.
- Asociativa por conjuntos (RAM y CAM): cada bloque de memoria puede ir a un conjunto determinado de la memoria principal. Ejemplo: 2 vías → 2 huecos; 4 vías → 4 huecos.
- Directa (RAM): 1 vía. Cada bloque de memoria principal solo puede ir a 1 bloque de memoria caché concreto. Es la más rápida.

Si se encuentra la información en caché se produce "acierto en caché" y se procede a la escritura/lectura directamente. Si no se encuentra, se produce "fallo en caché" y se procede a leer/escribir en memoria principal, copiando el bloque correspondiente y reemplazándolo en caché.

3. DIRECCIONAMIENTO

3.1. Definición

El direccionamiento hace referencia al acceso de lectura/escritura sobre una posición de memoria, y a cómo se localiza el operando de una instrucción.

Estructura de referencia de una instrucción en memoria:

- Código de operación
- Operando

- Dirección

3.2. Tipos de direccionamiento

- Implícito: el operando está implícito en la propia instrucción (no requiere especificar dirección).
- Inmediato: el propio operando forma parte de la instrucción.
- Directo: la instrucción contiene la dirección de memoria donde se encuentra el operando.
- Indirecto: la instrucción contiene la dirección de memoria donde se encuentra, a su vez, la dirección del operando.
- Indexado: se accede al operando sumando un valor de un registro índice a una dirección base.
- Relativo: la dirección del operando se calcula respecto a la posición actual del contador de programa (dirección relativa).

3.3. Direccionamiento en memoria caché

La memoria caché emplea un esquema de direccionamiento propio para determinar en qué posición se almacena cada bloque de memoria principal (según sea de tipo directa, asociativa o asociativa por conjuntos, como se ha descrito en el apartado 2.4).

4. CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONES

4.1. Métodos de acceso

- Secuencial: acceso a la información recorriendo las posiciones de memoria en orden (por ejemplo, cintas magnéticas).
- Directo (o aleatorio): acceso directo a cualquier posición de memoria sin necesidad de recorrer las posiciones anteriores (por ejemplo, memoria RAM).

4.2. Volatilidad

- ROM: no volátil, conserva la información sin alimentación.
- RAM: volátil, pierde la información sin alimentación.

4.3. Tiempos

- Tiempo de acceso: tiempo de ciclo completo de lectura/escritura.
- Latencia (timing): tiempo que transcurre desde que se solicita el dato hasta que está disponible. Parámetros habituales: CAS, RAS, PRE (Precharge), ACT (Activate).
- Velocidad de transferencia: capacidad de la memoria de transmitir datos, medida en MB/s.
- Capacidad: cantidad total de información que puede almacenar la memoria.

4.4. Identificación (etiqueta del módulo)

Los módulos de memoria suelen identificarse mediante una etiqueta con los siguientes datos:

- Modelo: por ejemplo, DDR2, PC2-3200.
- Latencia (CL).
- Kit (número de módulos que forman el kit).
- Total (capacidad total).
- Versión.
- Refrigeración/disipación (heatsink).
- LEDs (si dispone de iluminación, en módulos gaming/RGB).

4.5. Funciones

- Función lectura/escritura: capacidad de almacenar y recuperar información.
- Función firmware: en el caso de la ROM, almacenar las instrucciones básicas necesarias para el arranque y funcionamiento del equipo (BIOS/UEFI).
- Ejemplo característico: la memoria RAM es volátil, mientras que la ROM es persistente y almacena el firmware.
- Ancho de banda / tasa de transferencia: cantidad de datos que se pueden transferir por unidad de tiempo.
- Errores de lectura/escritura y corrección de errores (ECC): mecanismos que permiten detectar y, en algunos casos, corregir errores producidos durante el acceso a memoria, especialmente relevantes en entornos donde la fiabilidad es crítica (servidores, estaciones de trabajo).

5. CONCLUSIÓN

El estudio de la memoria interna —su tipología, direccionamiento, características y funciones— resulta fundamental para comprender el funcionamiento global de un sistema informático, ya que constituye, junto con la UCP, uno de los pilares sobre los que se sustenta cualquier arquitectura de ordenador.

Conocer la evolución tecnológica de la memoria RAM (desde SDR hasta DDR4), los distintos tipos de memoria ROM (PROM, EPROM, EEPROM) y el papel de la memoria caché en la mejora del rendimiento del sistema, permite al alumnado de los ciclos de Sistemas Microinformáticos y Redes tomar decisiones fundamentadas a la hora de seleccionar, instalar y diagnosticar módulos de memoria, así como comprender su impacto directo en el rendimiento de un equipo.

Este tema se relaciona directamente con los Temas 2 y 3 (elementos funcionales y UCP), completando la visión del subsistema de memoria dentro de la arquitectura Von Neumann, y sienta las bases para el estudio posterior del montaje y mantenimiento de equipos informáticos.

NOTA: Documento elaborado a partir de apuntes propios de preparación de oposición (Tema 4

del temario oficial de la especialidad Sistemas y Aplicaciones Informáticas). Revisar y actualizar referencias normativas y datos técnicos (especialmente los estándares de memoria más recientes, como DDR5) antes de su uso definitivo.