

Memoria interna. Tipos.
Direccionamiento.
Características y funciones.

TEMA 4

ABACUS NT

Índice

1. Introducción

- 1.1.1. Definición de memoria
- 1.1.2. Componentes básicos

2. Funciones de la Memoria

2.1. La memoria en la arquitectura de Von Neumann

2.2. Jerarquía de Memoria.

- 2.2.1. Funciones por niveles

2.3. Tipos de memoria Interna

- 2.3.1. Registros de memoria
- 2.3.2. Memoria caché
- 2.3.3. Memoria Principal

2.4. Características y Funcionamiento de la Memoria

- 2.4.1. Estructura
- 2.4.2. Parámetros característicos
- 2.4.3. Capacidad.
- 2.4.4. Duración de la información
- 2.4.5. Modo de acceso
- 2.4.6. Velocidad.
- 2.4.7. Caudal o ancho de banda.
- 2.4.8. Voltaje
- 2.4.9. Latencia

2.5. Composición de una Memoria

- 2.5.1. Memoria de biestables.
- 2.5.2. Condensadores y transistores MOS

3. Tipos de memorias

3.1. Memoria volátil y no volátil

- 3.1.1. Memorias no volátiles
- 3.1.2. Memorias volátiles

3.2. Memorias SRAM y DRAM

3.3. Memorias ROM

- 3.3.1. Memorias ROM
- 3.3.2. PROM (Programmable ROM)
- 3.3.3. EPROM (Erasable PROM)
- 3.3.4. EEPROM (Electrically-Erasable PROM)

3.4. Tecnologías y Encapsulados de Memoria

- 3.4.1. Módulos de memoria
- 3.4.2. Encapsulado de los chips
- 3.4.3. Tecnologías de memoria

3.5. Direccionamiento de Memoria

- 3.5.1. Direccionamiento 2D vs 3D
- 3.5.2. Métodos de direccionamiento

4. Conclusión

4.1. Relación del tema con el sistema educativo actual

5. Bibliografía

1. Introducción

La información en la sociedad actual es un aspecto relevante en múltiples ramas del conocimiento; incluyendo la biología genética, la física cuántica, la divulgación científica y por supuesto la informática, Internet y el tratamiento de la información.

Cada día, se intercambian unos 2,5 billones de bytes de datos. Se estima que el 90% de los datos existentes en el mundo actual se han generado en el curso de los últimos dos años. Este diluvio se conoce como **Big Data**.

Sin embargo, este tremendo gigante en el que se apoya la sociedad moderna, nos obliga a una evolución constante tanto en la fiabilidad de los soportes de memoria como en su capacidad y velocidad de comunicación de la misma.

Nos enfrentamos al reto de almacenar de forma fiable, duradera y fácilmente transmisible, **exabytes** de datos. Para ello necesitamos soportes que mantengan la información más allá del ciclo de trabajo de un ordenador, de forma local y en red.

Contamos con la **jerarquía de memoria**, que nos permite clasificar memoria en orden creciente a su capacidad e inversamente proporcional a su velocidad, de forma que los soportes de mayor volumen se van a corresponder a la memoria secundaria, de velocidad relativamente baja pero de precio asequible en coste por megabyte.

1.1.1. Definición de memoria

En informática, el término “Memoria” define un componente con una facultad similar a la de la memoria humana, esto es, la de retener información. En un sistema informático existen diversos tipos de memoria, diferenciadas según para qué son usadas y qué elementos la conforman.

De forma similar a como los humanos trabajamos con la memoria a corto y largo plazo, los ordenadores también tienen distintos tipos de memoria clasificada en una jerarquía.

1.1.2. Componentes básicos

Los componentes básicos de una memoria son las **celdas** y se corresponden con la unidad de almacenamiento. Cada celda tiene una longitud de almacenamiento en bits, limitado y fijo, conocido como **longitud de palabra**. Cada palabra se almacena en una posición consecutiva. A su posición dentro de la memoria se le llama **dirección de memoria**.

Para poder acceder a la memoria y realizar sus operaciones básicas de lectura o escritura, son necesarias una serie de subelementos funcionales.

2. Funciones de la Memoria

2.1. La memoria en la arquitectura de Von Neumann

En otros temas se veía que el principio de la arquitectura de Von Neumann era el de “Programa Almacenado”. Todo programa que se deseé ejecutar debe estar previamente almacenado en lo que

se denominaba en dicha arquitectura “Memoria Principal”. Las tres ideas en las que se fundamenta la arquitectura Von Neumann son:

- En la memoria del ordenador se almacenan simultáneamente datos e instrucciones.
- Se puede acceder a cualquier parte de esta memoria mediante una “dirección de memoria”.
- La ejecución de un programa se realiza de forma secuencial pasando de una instrucción a la que sigue inmediatamente.

La memoria principal es la encargada de almacenar el programa que se va a ejecutar, y la CPU gracias a la Unidad de Control que emitirá las señales oportunas y la Unidad Aritmético-Lógica que realizará los cálculos, irá tomando de ésta, instrucción a instrucción el programa y lo irá ejecutando.

2.2. Jerarquía de Memoria.

La memoria es considerada un único componente funcional, compuesto de celdas que pueden almacenar **bits** de forma independiente, con dos operaciones básicas: **lectura y escritura**.

Sin embargo, las limitaciones en términos de **rendimiento, coste económico y velocidad** hacen necesaria una estructuración de la misma.

El autor **Pedro de Miguel de Anasagasti**, en su libro Fundamentos de los computadores, caracteriza la memoria según:

- El coste por bit
- Tiempo que se tarda en acceder a la información
- Capacidad de almacenamiento o tamaño

Los valores deseados para una memoria son una gran capacidad de almacenamiento, un tiempo de acceso pequeño, y un precio reducido. Sin embargo, esta combinación no existe: **una memoria rápida es una memoria cara**. Esta limitación es válida desde que surgieron las primeras memorias hasta la actualidad. Las memorias rápidas, sin ciclos de refresco, con latencias casi inexistentes, requieren del uso de componentes caros: biestables integrados de alta conductividad, cuyo proceso de fabricación es caro y cuyos materiales son caros. De este imperativo se deduce que, a **más capacidad de memoria, más coste económico**.

Afortunadamente **no toda la memoria necesita ser accedida en un momento dado**. Esto posibilita que las instrucciones y datos requeridos por el procesador **se puedan jerarquizar en distintas memorias** dependiendo de la inmediatez necesaria para su proceso.

La jerarquía de memoria se conforma entonces con **memorias muy rápidas, caras y de baja capacidad** para los datos en proceso hasta **memorias relativamente lentas, de alta capacidad y bajo coste por bit** para los datos que no van a ser procesados en un futuro próximo (no en los próximos segundos). Las distintas memorias de menor a mayor capacidad y de mayor a menor velocidad y coste se clasifican en:

- **Registros** (del procesador)
- **Memoria caché** (estructurada en niveles: L1, L2, L3, etc.)

- **Memoria Principal** (RAM Dinámica)
- **Memoria secundaria** (Discos duros y de estado sólido)
- **Memoria masiva auxiliar** (Soportes de respaldo)

Los datos deben ser transferidos de una memoria a otra según la disponibilidad necesaria.

2.2.1. Funciones por niveles

Como vemos en la jerarquía de memoria, la **memoria interna** está compuesta por 3 niveles. Cada uno de los cuales tienen las siguientes funciones específicas:

- **Nivel 0** - Registros: Almacena datos sobre los que la unidad de control está trabajando directamente.
- **Nivel 1** - Caché: Memoria formada por circuitos integrados SRAM. A su vez se encuentra dividida en varios niveles. Se utiliza para minimizar los accesos a la memoria principal.
- **Nivel 2** - Memoria principal. Memoria formada por DRAM, cuya función es almacenar las instrucciones y datos que se están utilizando en la ejecución de un proceso.

2.3. Tipos de memoria Interna

2.3.1. Registros de memoria

Los registros son dispositivos digitales que nos permiten almacenar información y acceder a ella en tiempos bastante menores que el que necesitaríamos para acceder a memoria principal. La UC y la ALU los utilizan para almacenar información necesaria para su funcionamiento. Podemos clasificar los registros de un procesador en función de la información que almacenan:

Registros de propósito general: En estos registros se almacena la información que utilizamos más frecuentemente. Podemos distinguir dos tipos:

- **Registros de datos:** Almacenan información a procesar. Su longitud está determinada por la longitud de palabra de la CPU
- **Registros de direcciones:** Almacenan direcciones de memoria de la información a procesar. Su longitud es igual al bus de direcciones

Contador de programa (PC o IP): Contiene la dirección de memoria de la cual se leerá la siguiente instrucción a ejecutar. Normalmente el contenido del CP se incrementa al ejecutar cada instrucción para que apunte a la siguiente instrucción a ejecutar. Si modificamos el contenido del CP cargándolo con la dirección x, estamos realizando un salto a la instrucción almacenada en la dirección x de memoria.

Registro de instrucción (IR): Almacena el código de la siguiente instrucción que estamos ejecutando en un momento dado. Este registro tiene la siguiente estructura:

- Código de operación
- Método de direccionamiento
- Operandos

Es un registro transparente al usuario, es decir, el usuario o el programador no pueden acceder a ese registro y modificar su valor, sino que es un registro que actualiza automáticamente la UC.

Acumulador (AC): En muchos procesadores hay uno o varios registros acumuladores en el que implícitamente hay un operando y donde se acumula el resultado de las operaciones de la ALU.

Puntero de Pila (SP): Puede ser un registro de dirección que contiene el puntero a la posición de la pila escrita más recientemente (la cima de la pila).

Registros Temporales: Normalmente incluidos dentro del procesador para almacenar resultados intermedios de algunas operaciones. Estos registros no suelen ser accesibles por el usuario.

Registros de estado (flags): Es un registro en el que cada bit o campo de bits tienen información independiente, normalmente relacionadas con el resultado de las operaciones realizadas en la ALU. A cada uno de esos bits independientes se les llama bandera (flag) y se activan o desactivan en función de la ejecución de ciertas instrucciones. Estos flags son testeados o chequeados por otras instrucciones para realizar saltos condicionales.

Los flags más comunes son los siguientes:

- Zero: Se activa si el resultado de la operación es cero.
- Carry: Se activa cuando existe un acarreo en la salida.
- Signo: Se pone a 1 si el resultado es negativo.
- Overflow: se activa cuando se produce desbordamiento, esto es, cuando el resultado se sale del rango de valores representables.
- Paridad: Cuando el número de unos del resultado es par, se activa
- Habilitación de interrupciones: activado cuando se desean permitir.
- Traza: Activación de un modo de depuración de programa
- Supervisor: a 1, el procesador trabaja en modo supervisor, esto es un modo en el que se pueden ejecutar instrucciones privilegiadas y no hay limitaciones en el acceso a datos.

2.3.2. Memoria caché

Es una memoria rápida, cara y pequeña, formada por biestables.

Se encuentra situada entre el procesador y la memoria principal. En principio se puede considerar que funciona como un buffer de la memoria principal.

La caché se usa para almacenar una copia de aquellas palabras de la memoria principal que están siendo usadas actualmente (y que son las que se usarán con mayor probabilidad en un futuro cercano), ya que, debido a su reducido tamaño, no podemos almacenar toda la información que nuestro programa necesita.

La memoria caché trabaja almacenando los datos en sus chips, que son tomados de ella por la CPU cuando los necesita; al encontrarlos en la caché, se ahorra tener que ir a buscarlos a la RAM, redundando en un considerable ahorro de tiempo.

El procesador, cuando tiene que acceder a memoria, siempre mira antes si la información que busca se encuentra en la memoria caché. Pueden darse dos posibilidades:

- La información solicitada se encuentra en la caché: lee la copia en caché
- La información solicitada no se encuentra en la caché (fallo de caché): lee en la memoria principal la información buscada y guarda una copia en la caché. A la hora de escribir el nuevo dato en la caché pueden ocurrir dos cosas:
 - Hay espacio libre en la caché: se escribe el dato en las posiciones libres.
 - No hay espacio libre en la caché: hay que buscar el dato a sustituir por el que acaba de llegar. Si algún dato de los que se van a sacar ha sido modificado, se debe actualizar la copia en memoria del mismo.

Niveles de caché

Los ordenadores actuales suelen montar hasta tres niveles de caché:

- L1: caché interna asociada a los núcleos de la CPU. Es utilizada para almacenar y acceder a datos e instrucciones importantes y de uso frecuente, agilizando los procesos al ser el nivel que ofrece un tiempo de respuesta menor. Se divide en dos subniveles:
 - Nivel 1 Data Cache: se encarga de almacenar datos usados frecuentemente.
 - Nivel 1 Instruction Cache: se encarga de almacenar instrucciones usadas frecuentemente.
- L2: caché interna al microprocesador, pero comúnmente compartida por varios núcleos al mismo tiempo.
- L3: este nivel de caché suele ser de menor velocidad y mayor capacidad que las anteriores y frecuentemente se sitúa dentro del encapsulado del procesador, pero en su periferia, compartida por todos los núcleos del mismo.

2.3.3. Memoria Principal

La memoria principal es llamada comúnmente memoria RAM por su carácter de acceso aleatorio (no secuencial). Este tipo de memoria es volátil, es decir, necesita suministro eléctrico para no perder la información que almacena.

Para que un programa se ejecute es necesario que se almacene en la RAM. Este tipo de memorias suelen encontrarse en forma de módulos, conectadas a la placa base a través de ranuras o slots de memoria, que son unas ranuras especiales dedicadas a contener únicamente memoria.

La memoria RAM además de memoria principal, es utilizada también por algunos dispositivos del ordenador, que disponen de una memoria propia, como las tarjetas gráficas.

Por otro lado, la mayoría de ordenadores cuentan también con una memoria CMOS que contiene información sobre la configuración del ordenador y que necesita de la alimentación de una pila para mantenerse.

Podemos destacar las siguientes características de la RAM:

1. Es una memoria de Lectura y Escritura.
2. Es una memoria volátil que necesita de refresco constante.
3. Es de acceso aleatorio, es decir, que el tiempo de acceso no depende de la posición de la celda de memoria.
4. Otra característica importante es su velocidad, que se mide en nanosegundos (60,70,100...)

Los componentes electrónicos por los que está formada la RAM son las denominadas celdillas, compuestas de condensadores, de tal forma que la presencia de energía se puede traducir por un 1 lógico y la ausencia, por un cero.

2.4. Características y Funcionamiento de la Memoria

2.4.1. Estructura

Los circuitos integrados de las memorias internas están formados por los elementos relacionados a continuación:

1. **Decodificador de direcciones:** Es un circuito decodificador que sirve para seleccionar la celdilla de memoria a la que queremos acceder. Está conectada con el bus de direcciones. Para n entradas permitirá seleccionar un total de 2^n celdillas.
2. **Registro de Información.** conectado con el bus de datos, alberga el contenido a escribir en memoria o el contenido leído de memoria previamente.
3. **Circuito de control.** Controla la operación de entrada y salida de información a memoria, a indicación de las líneas del bus de control.
4. **Transductor.** Se divide a su vez en dos tipos:
 1. **Transductor de escritura:** encargados de aplicar la energía adecuada para que se almacene un bit en las celdillas de memoria.
 2. **Transductor de lectura:** Debe detectar el estado en el que se encuentra cada celda de memoria para leer su contenido.
5. **Matriz de memoria:** Contiene las **celdas** donde se va a almacenar la información. Cada celda está compuesta de un número de **celdillas** que contienen los bits individuales.

2.4.2. Parámetros característicos

Aquí entran en juego parámetros importantes. Se verá que no solo es importante la cantidad de memoria RAM, como nos quieren hacer creer y es lo que se usa como reclamo publicitario a la hora de vender.

2.4.3. Capacidad.

Es uno de los parámetros más importantes e indica la cantidad de memoria que puede almacenar en ella. Cuantos más datos pueda almacenar en ella, más programas se podrán ejecutar y tener abiertos a la vez en el ordenador o dispositivo. La capacidad se mide en gigabytes. Los módulos de memoria más comunes tienen capacidades de 4 GB, 8 GB y 16 GB, aunque existen otros de menor capacidad (para placas base antiguas) y de mayor capacidad también.

2.4.4. Duración de la información

Es decir, el tiempo que la información se mantiene en el soporte.

2.4.5. Modo de acceso

se define así al procedimiento por el cual un ordenador puede dirigirse a una posición determinada de memoria para leer o escribir su contenido.

2.4.6. Velocidad.

Es la cantidad de tiempo que tarda la RAM en acceder a una posición de memoria desde que el procesador se lo pide hasta que lee o escribe ese dato. La velocidad se mide en MHZ, aunque en las memorias RAM se da en MT/s, que expresa millones de transferencias por segundo.

2.4.7. Caudal o ancho de banda.

Es la cantidad de bits que se puede transmitir por unidad de tiempo, y coincide con el ancho del bus. Las memorias DDR además pueden emitir o recibir dos ráfagas por unidad de tiempo,

La tasa de transferencia (Mbytes/s) = Frecuencia del bus de memoria (Mhz) X 2 (por ser DDR) x 64 bits (ancho de bus) / 8 bits/byte=(F.bus x 2 x 8) MB/s

Los fabricantes para clasificar a las memorias DDR Utilizan una doble nomenclatura: Se puede encontrar una memoria RAM DDR3-1600, donde el 1600 indica la velocidad efectiva en MHZ (Es decir la velocidad del bus multiplicada por dos), o se puede encontrar la misma memoria llamada como PC3-12800, qué quiere decir que funciona a 12.800 megabytes por segundo.

2.4.8. Voltaje

La tendencia es a disminuir el voltaje que utilizan las memorias, garantizando así una mayor durabilidad y un menor consumo. Los voltajes siempre difieren entre memorias de distinto tipo, pero hay que tener especial cuidado ya que, para un mismo tipo de memoria, por ejemplo, SO-DIMM DDR3 existen distintas versiones según voltaje: DDR3L (Low) o DDR3U (Ultra Low); Mientras que la primera funciona a 1,5v, la segunda a 1,35v y la ultra baja a 1,25v, siendo todas de igual factor de forma.

2.4.9. Latencia

Entre un ciclo de lectura/escritura y el siguiente es necesario tener en cuenta unos tiempos de espera (refresco, selección de fila, selección de columna, etc.) a esos tiempos los llamamos latencia de la memoria y son por orden cronológico:

- Latencia ACTIVE: latencia al activar el tablero donde se encuentra la celda.
- Latencia RAS: latencia hasta seleccionar una fila determinada.
- Latencia CAS: latencia hasta seleccionar una celda.
- Latencia PRECHARGE: para desactivación del tablero activo

Cuando el fabricante nos facilita la latencia de una celda, lo hace en el siguiente orden: CAS-RAS-PRE-ACT, por ejemplo: 2-2-2-8 en nanosegundos.

De todas, **la latencia CAS es la más importante**, ya que normalmente las posiciones de memoria que se transmiten son consecutivas, por lo que el tablero y la fila ya están activas y hay que seleccionar la celda concreta a partir de la que se transmite. Además, **La latencia es muy significativa al comparar memorias de la misma velocidad, pero también entre distintas velocidades.**

2.5. Composición de una Memoria

Una memoria puede ser diseñada utilizando diferentes componentes, como:

- Biestables
- Condensadores
- Transistores

2.5.1. Memoria de biestables.

Un biestable es el circuito secuencial más pequeño. Podemos definir un circuito secuencial como aquel cuyo valor de salida no sólo depende de las entradas sino además de los valores de las salidas anteriores.

Un biestable es capaz de almacenar un bit, mientras esté alimentado por una corriente eléctrica. Para almacenar un byte (8 bits) necesitamos un grupo de 8 biestables.

Los biestables están compuestos por puertas lógicas cuyas entradas se entrelazan con sus salidas. Existen:

- Biestables asíncronos: los cambios se producen en cualquier momento que cambien sus entradas.
- Biestables síncronos: Los cambios se producen en función de los ciclos de reloj

Los biestables más comunes son los RS, D, T y JK.

Esta tecnología se utiliza principalmente para memorias de tipo caché (SRAM).

2.5.2. Condensadores y transistores MOS

Otra tecnología usada en la creación de memorias es la que se basa en la utilización de condensadores junto con un único transistor de tipo MOS (Metal-Oxide Semiconductor).

Se consiguen de este modo memorias más pequeñas, espacialmente ocupan menos y son más baratas, aunque poseen la desventaja de necesitar ser refrescadas cada cierto tiempo para mantener el valor almacenado.

Esta tecnología es la más utilizada actualmente para la memoria DRAM.

Otra tecnología implementa únicamente transistores MOS con puertas NAND o NOR, que hacen innecesarios esos ciclos de refresco a cambio de una velocidad de respuesta muchísimo menor, utilizándose principalmente para memorias ROM tipo FLASH EEPROM.

3. Tipos de memorias

3.1. Memoria volátil y no volátil

Como comentamos anteriormente, existen mucho tipo de tecnologías para implementar las memorias, dichas tecnologías se pueden clasificar en:

3.1.1. Memorias no volátiles

Este tipo de memoria no pierde la información en ausencia de alimentación. Los tipos existentes son:

- ROM (Read only memory): Son programadas en el proceso de fabricación.
- PROM (Programmable ROM): Sólo pueden ser programada una vez.
- EPROM (Erasable PROM): Pueden ser reprogramada varias veces.
- EEPROM (Electrically EPROM): Memoria reprogramable, la cual realiza el borrado de los datos mediante tensión eléctrica.

3.1.2. Memorias volátiles

Este tipo de memoria pierde la información en ausencia de alimentación, y a su vez se clasifican en:

- SRAM (Static Random Access Memory): Se utilizada en la caché de los procesadores, debido a su alta velocidad.
- DRAM (Dynamic Random Access Memory): En esta memoria cada bit se almacena de forma de carga eléctrica en una celda constituida por un pequeño condensador. Comercialmente se suministran en módulos de memoria. Alguno de los tipos que podemos encontrar actualmente son: DIMM (Dual In-line Memory Module), y SODIMM (Small Outline DIMM).

3.2. Memorias SRAM y DRAM

Las memorias RAM (Random Access Memory) son las utilizadas actualmente en la memoria principal y pueden ser de dos tipos:

Las memorias estáticas SRAM (Static RAM) que no necesitan refresco (aunque sí alimentación eléctrica para mantener sus valores) basadas en biestables y utilizadas principalmente en memorias de tipo caché.

Dentro de la categoría de SRAM encontramos las

- Sync SRAM (Synchronous SRAM) - Sincronizada con el reloj del microprocesador
- PB SRAM (Pipeline Burst SRAM) - Realiza las operaciones en ráfagas múltiples

Las memorias dinámicas DRAM (Dynamic RAM) que necesitan “recordar” mediante continuos ciclos de refresco el valor almacenado.

Estas pueden ser:

- FPM (Fast Page Mode) - Se mantiene activa la señal RAS permitiendo acceso rápido por “páginas” ya que sólo es necesario activar la señal CAS.
- EDO (Extended Data Output) - Son FPM con la ventaja de que se puede iniciar un ciclo de acceso antes de finalizar el ciclo anterior.
- SDRAM (Synchronous DRAM) - Mejorando las anteriores funcionan sincronizadas con el reloj del procesador y cuya velocidad irá en función del bus que comunica memoria y microprocesador.
- DDR SDRAM - (Double Data Rate SDRAM) - Utiliza tanto el flanco de bajada como el de subida de la señal de reloj, duplicando de esta forma la velocidad del bus.
- DR DRAM - Direct Rambus DRAM - Propietaria de la empresa RAMBUS, con velocidades de bus muy altas, aunque con latencias considerables, no prosperaron debido a la política de royalties de la empresa. Estas memorias han evolucionado hacia las XDR y XDR2 usadas en las Playstation.
- DDR2, DDR3, DDR4, DDR5: Son mejoras sobre las memorias DDR SDRAM que soportan mayores velocidades de bus, mayores capacidades y menores voltajes, aunque las latencias van aumentando paralelamente.

Otras tecnologías de memoria son las Magnetoresistivas (MRAM), las de cambio de fase -de vidrio calcógeno- (PRAM) y las ZRAM (sin condensadores)

3.3. Memorias ROM

Las memorias de sólo lectura Read-Only Memory, son memorias que en principio estaban hechas para ser escritas una sola vez y el resto de los accesos serían de lectura.

La necesidad de modificar puntualmente el contenido de estas memorias ha ido configurando su evolución:

3.3.1. Memorias ROM

Son solo escribibles en el momento de su fabricación, no admitiendo ninguna modificación posterior.

Se basan en transistores MOS (Metal-Oxide Semiconductor) y MOSFET (MOS Field-Effect Transmision)

3.3.2. PROM (Programmable ROM)

Utilizan tecnología MOS y se pueden modificar una sola vez con un dispositivo especializado que funde los “fusibles” que el usuario quiere que tomen el valor cero.

3.3.3. EPROM (Erasable PROM)

Son memorias que pueden ser borradas (totalmente en una sola operación) y vueltas a escribir mediante dispositivos específicos para ello.

Sus puertas tienen estructura FA-MOS (Floating-gate Avalanche Injection MOS).

El borrado se realiza aplicando luz ultravioleta a través de una pequeña ventanita de cuarzo; ésta excita los electrones de las celdas, descargándolas.

3.3.4. EEPROM (Electrically-Erasable PROM)

Evolución de las anteriores, son borradas aplicando una carga eléctrica en lugar de luz.

Utilizan puertas lógicas SA-MOS (Stacked-gate Avalanche-Injection MOS)

3.4. Tecnologías y Encapsulados de Memoria

3.4.1. Módulos de memoria

Podemos decir que un módulo de memoria es un circuito impreso rectangular al que se sueldan diferentes chips de memoria.

Estos módulos se conectan a su vez a la placa base a través de una ranura llamada “banco de memoria”.

Básicamente existen tres tipos de módulos:

- SIMM: Single In-line Memory Module (Para DRAM, FPM y EDO)
- DIMM Double In-line Memory Module (SDRAM Y DDRx). Es un doble SIMM con el doble de conectores y capacidad.
- RIMM Rambus In-line Memory Module (RDRAM)

Los módulos de memoria poseen una muesca significativa que impiden que puedan ser colocados en el banco equivocado o en la posición incorrecta.

También es necesario tener en cuenta que las velocidades de los módulos y de la placa base sean compatibles, así como los voltajes ya que existen módulos similares, pero de diferente voltaje (por ejemplo, DDR3 y DDR3L -low-)

Los módulos para portátiles así mismo tienen un factor de forma más pequeño:

- SO-DIMM
- SO-RIMM
- Micro-DIMM

Los módulos SODIMM (Small Office DIMM) son con diferencia los más utilizados en Portátiles, barebones y equipos compactos, con módulos DDRx.

3.4.2. Encapsulado de los chips

Los módulos de memoria son el soporte de los chips que se encuentran encapsulados en esta. Han ido evolucionando desde las antiguas “cucarachas” DIP soldadas en placa hasta las actuales:

DIP (Dual In-line Package): soldadas en placa en forma de chip rectangular.

SOJ (Small Outline J-lead): Llamados así por la forma en J de los contactos y que permitía su montaje directo.

TSOP (Thin Small Outline Package) las patillas se curvan hacia fuera al contrario que los SOJ. Aún en uso.

sTSOP (Shrink TSOP): Versión reducida de TSOP.

BGA -Ball Grid Array - (y derivados: FBGA, Micro BGA, CSP): Utilizados actualmente en las memorias DDRx utilizan bolitas de contactos en lugar de patillas lo que permite un tamaño realmente reducido y mayor eficiencia energética.

3.4.3. Tecnologías de memoria

Módulos Registered o Buffered

Los módulos Registered también denominados Buffered, disponen de unos chips que actúan de buffer de salida de la memoria y aunque hacer esto consume un ciclo de reloj extra, puede ser necesario en ordenadores que necesitan un nivel de estabilidad alto.

Dicho modo de funcionamiento debe ser opcional o estar implementado en la placa base para que el ordenador sea compatible con dichos módulos.

Dual, triple y quad channel.

Esta característica es exclusiva de las placas bases y puede ser implementada con cualquier tipo de memoria.

Consiste en utilizar dos controladores (para Dual Channel) en el puente norte para poder acceder simultáneamente a dos módulos de memoria y así acelerar a casi el doble las operaciones de lectura y escritura.

Este modo de funcionamiento se puede implementar con tres o cuatro controladores igualmente, dando lugar a Triple o Quad Channel: eso sí, es imprescindible obviamente, que el número de módulos de memoria sea igual (o múltiplo) del número de controladores existente (dos módulos de memoria mínimo para Dual Channel)

Módulos ECC

Error-Correcting Code, ECC es un modo de funcionamiento que sirve para garantizar la integridad de los datos. Es imprescindible que tanto la memoria como la placa base lo soporten.

Esta técnica implica que memoria incorpora bits de paridad de forma que siempre se garantiza que no contiene datos erróneos.

3.5. Direccionamiento de Memoria

3.5.1. Direccionamiento 2D vs 3D

- **Direccionamiento 2D:** Se utiliza un decodificador que toma como entrada una palabra de m bits y activa una de las $2m$ salidas (posiciones de memoria). Este direccionamiento suele ser adecuado para memorias de tamaño reducido y alta velocidad de acceso.
- **Direccionamiento 3D:** La memoria se encuentra estratificada en n capas o planos (tantos como bits tenga la palabra). Para poder acceder a una palabra de memoria, la dirección estará dividida en dos partes iguales, una de las cuales indicaría la fila y la otra la columna y la unión de ambas daría como resultado la lectura o escritura de los bits de todas las capas con el mismo número de fila y de columna. Para su implementación es necesario disponer de dos decodificadores.

3.5.2. Métodos de direccionamiento

Podemos definir el método o modo de direccionamiento al procedimiento que permite averiguar la ubicación en memoria de un operando o una instrucción.

Los modos de direccionamiento son independientes de la tecnología de la memoria en sí, y dependen más bien del microprocesador.

Existen diferentes tipos de direccionamiento:

- **Inmediato:** En este caso no hay que realizar búsqueda del operando ya que este se incluye en la propia instrucción.
- **Directo absoluto:** en la instrucción se encuentra la dirección o direcciones donde se ubican efectivamente los datos.
- **Directo relativo:** en la instrucción se encuentra la dirección del dato, pero esta no es la real, sino que indica el desplazamiento respecto a una ubicación base.
- **Direccionamiento indirecto:** En este caso en la dirección se incluye la dirección de la dirección del dato; aunque parece raro es algo muy útil en programación cuando se utilizan punteros (variables con valores de direcciones)
- **Direccionamiento implícito:** En este caso la instrucción no contiene dirección alguna, sino que es implícita a la misma y se encuentra en un lugar determinado.

4. Conclusión

La memoria principal está en continua evolución: la tecnología actual diferencia claramente la memoria interna al procesador (memoria caché) de la externa a este y a su vez de la memoria ROM en sus distintas variantes.

La tendencia actual a incluir cada vez más memoria caché puede dar el salto definitivo hacia ordenadores sin memoria RAM próximamente; por otro lado, la memoria ROM se ha especializado actualmente en memoria ROM Flash tipo NAND para memorias secundarias, pasando de ser un simple contenedor de firmware a un claro sustituto a los discos duros y ópticos.

No debemos olvidar que la jerarquía de memoria surge como una solución temporal a un problema económico: la memoria rápida es cara; al menos por ahora. Quizás en un futuro la tecnología traiga de su mano memoria principal más barata, rápida y eficiente, pero lo que está claro es que esta siempre será indispensable en cualquiera de sus formas, ya sea caché, RAM o ROM.

4.1. Relación del tema con el sistema educativo actual

Este tema es aplicado en el aula en los módulos profesionales siguientes, con las atribuciones docentes indicadas (PES/SAI):

Formación profesional básica

- Montaje y Mantenimiento de sistemas y componentes informáticos (TPB en Informática de Oficina/ TPB en informática y Comunicaciones) (PES/SAI)

Grado Medio

- Montaje y Mantenimiento de Equipos (SMR) (PES/SAI)

Grado Superior

- Sistemas informáticos (DAM / DAW) (PES/SAI)
- Fundamentos de hardware (ASIR) (PES/SAI)

5. Bibliografía

- De Anasagasti, Miguel. "Fundamentos de la Computadora" 9^aed 2004 Edt. Paraninfo
- Patterson D.A. y Hennessy JL. "Estructura y diseño de computadoras: la interfaz hardware/software" 4^a Ed. (2005) Edt McGraw-Hill
- Prieto A, Lloris A, Torres JC. "Introducción a la Informática" 4^aed. (2006) Edt. McGraw-Hill
- Stallings W. "Organización y Arquitectura de Computadoras" (2006) 5^a Ed. Edt. Prentice-Hall
- Ramos A, Ramos MJ y Viñas S "Montaje y Mantenimiento de Equipos" (2012). Edt McGraw-Hill
- Jiménez Cembreras, Isabel M^a "Sistemas Informáticos" 2^aEd (2018) Edt. Garceta
- Moreno Pérez, JC. "Fundamentos del Hardware" (2019) Edt. Síntesis
- Gallego Cano JC y Otros. "Montaje y Mantenimiento de Equipos y Componentes Informáticos" 2018 Edt.Editex.10-14 Estructura de datos