

MODULO 1 – Capítulo 1 – Memoria

La **SRAM** (Static Random Access Memory) y la **DRAM** (Dynamic Random Access Memory) son dos tipos de memoria RAM, pero tienen diferencias importantes en su funcionamiento, velocidad, costo y aplicación:

1. Estructura y Almacenamiento de Datos

- **SRAM (Memoria estática):**
 - Almacena cada bit de datos utilizando un *flip-flop*, un circuito electrónico que no necesita ser refrescado constantemente.
 - Debido a su estructura más compleja, cada bit ocupa más espacio, lo que hace que sea más cara y menos densa en capacidad.
 - Es más rápida debido a que no requiere refresco constante.
- **DRAM (Memoria dinámica):**
 - Almacena cada bit de datos en un *condensador* y un *transistor*. El condensador tiende a perder la carga, por lo que la memoria DRAM necesita ser refrescada miles de veces por segundo.
 - Es más simple y compacta, lo que permite mayores capacidades de almacenamiento por chip.
 - Es más lenta que la SRAM debido al refresco constante de los datos.

2. Velocidad

- **SRAM:** Es mucho más rápida, lo que la hace ideal para aplicaciones donde se necesita velocidad, como la memoria caché del procesador.
- **DRAM:** Es más lenta que la SRAM debido al tiempo que necesita para refrescar los datos.

3. Costo

- **SRAM:** Es más cara de producir debido a su diseño más complejo y la mayor cantidad de transistores por bit.
- **DRAM:** Es más barata y permite fabricar módulos de memoria con mayores capacidades.

4. Uso Común

- **SRAM:** Se utiliza en la memoria caché de los procesadores, buffers y otros componentes donde se necesita velocidad alta y menor tamaño de memoria.
- **DRAM:** Es la memoria principal de la mayoría de los sistemas (como en las computadoras y dispositivos móviles) debido a su gran capacidad y costo relativamente bajo.

5. Consumo de Energía

- **SRAM:** Consume menos energía cuando está en uso continuo, ya que no necesita ser refrescada, pero puede consumir más en estado inactivo.
- **DRAM:** Consume más energía debido al refresco constante.

En resumen, la **SRAM** es más rápida y costosa, mientras que la **DRAM** es más barata y ofrece mayor capacidad, pero es más lenta.

¿Qué es DDR?

DDR (Double Data Rate) es una tecnología utilizada en módulos de memoria RAM que permite transferir datos en dos puntos de una señal de reloj: tanto en el flanco ascendente como en el descendente. Esto duplica la tasa de transferencia de datos en comparación con la memoria **SDR** (Single Data Rate), que solo transfiere datos en un flanco del reloj (normalmente el ascendente).

Cómo funciona el DDR:

- En lugar de enviar datos solo una vez por ciclo de reloj, el **DDR** envía datos dos veces por ciclo, una en el flanco ascendente (cuando la señal sube) y otra en el flanco descendente (cuando la señal baja). Esto aumenta significativamente el ancho de banda sin tener que aumentar la frecuencia del reloj.

Generaciones de DDR:

A lo largo del tiempo, se han desarrollado varias versiones de DDR, cada una mejorando la velocidad, el consumo de energía y la capacidad de memoria.

1. DDR (DDR1):

- Primera generación de DDR.
- Transfería el doble de datos por ciclo de reloj que la memoria SDR convencional.
- Velocidades de transferencia entre 200 y 400 MHz.

2. DDR2:

- Segunda generación.
- Mejoras en la velocidad y reducción del consumo de energía respecto a DDR1.
- Velocidades de transferencia entre 400 y 1066 MHz.

3. DDR3:

- Tercera generación.
- Ofrecía más velocidad, menor voltaje (menos consumo de energía) y mejor eficiencia que DDR2.
- Velocidades de transferencia entre 800 y 2133 MHz.

4. DDR4:

- Cuarta generación.
- Mejoras importantes en capacidad, velocidad y eficiencia energética.
- Velocidades de transferencia entre 1600 y 3200 MHz (y más en versiones overclock).
- Reducción en el voltaje, ayudando a una menor generación de calor.

5. DDR5:

- Quinta generación y la más reciente.
- Aumenta aún más el ancho de banda, duplicando prácticamente las velocidades de DDR4.
- Velocidades de transferencia que empiezan en 3200 MHz y pueden llegar a 6400 MHz o más.

- Mayor eficiencia energética y mejoras en la corrección de errores.

Beneficios del DDR:

- **Mayor rendimiento:** El doble de datos por ciclo de reloj mejora considerablemente el rendimiento, especialmente en aplicaciones que dependen de un acceso rápido a la memoria.
- **Menor latencia percibida:** Aunque el tiempo de acceso físico puede no cambiar mucho, la mayor tasa de transferencia da como resultado tiempos de respuesta más rápidos en general.
- **Más eficiente:** Cada nueva generación tiende a reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia, especialmente en dispositivos móviles y portátiles.

Aplicación de DDR:

- **DDR** se utiliza principalmente en módulos de memoria RAM en computadoras, servidores y dispositivos móviles. Las versiones más modernas (DDR4 y DDR5) se encuentran en los sistemas más recientes debido a su mayor capacidad y rendimiento. Las generaciones anteriores, como DDR2 y DDR3, todavía se usan en sistemas más antiguos.

En resumen, **DDR** mejora el rendimiento de la memoria RAM al permitir que los datos se transfieran dos veces por ciclo de reloj, y cada nueva generación (DDR2, DDR3, DDR4, DDR5) introduce mejoras en velocidad, capacidad y eficiencia energética.

Aquí tienes una tabla que resume las diferentes generaciones de memoria **DDR** con sus características clave, como el número de pines, las velocidades de transferencia, el año de lanzamiento y el voltaje típico:

Tipo de DDR	Número de Pines	Velocidad de Transferencia (MHz)	Ancho de Banda (GB/s)	Año de Lanzamiento	Voltaje
DDR1	184 (DIMM) / 200 (SO-DIMM)	200 - 400 MHz	1.6 - 3.2 GB/s	2000	2.5 V
DDR2	240 (DIMM) / 200 (SO-DIMM)	400 - 1066 MHz	3.2 - 8.5 GB/s	2003	1.8 V
DDR3	240 (DIMM) / 204 (SO-DIMM)	800 - 2133 MHz	6.4 - 17 GB/s	2007	1.5 V
DDR4	288 (DIMM) / 260 (SO-DIMM)	1600 - 3200 MHz	12.8 - 25.6 GB/s	2014	1.2 V
DDR5	288 (DIMM) / 262 (SO-DIMM)	3200 - 6400 MHz	25.6 - 51.2 GB/s	2020	1.1 - 1.05 V

Explicación de los términos:

- **Número de Pines:** El número de pines se refiere a la cantidad de contactos eléctricos en el módulo de memoria. Los módulos **DIMM** se usan en computadoras de escritorio y servidores, mientras que los **SO-DIMM** se usan en portátiles y dispositivos compactos.
- **Velocidad de Transferencia:** Es la velocidad a la que la memoria puede transferir datos al sistema, expresada en MHz.

- **Ancho de Banda:** El ancho de banda es la cantidad máxima de datos que puede mover la memoria por segundo, expresada en GB/s.
- **Año de Lanzamiento:** El año en que cada generación de DDR fue introducida al mercado.
- **Voltaje:** El voltaje requerido para operar el módulo de memoria, que se ha ido reduciendo en cada generación para mejorar la eficiencia energética.

Cada nueva generación de **DDR** ha introducido mejoras en velocidad, ancho de banda y consumo de energía, lo que ha permitido a los sistemas informáticos manejar tareas más exigentes con mayor eficiencia.

En el contexto de la memoria **DDR** (Double Data Rate), el término **CAS** y otros tiempos de latencia hacen referencia a los tiempos que tarda la memoria en realizar ciertas operaciones internas. Estas métricas son importantes para medir el rendimiento de la memoria, especialmente en términos de su capacidad de respuesta.

CAS (Column Access Strobe) Latency:

- **CAS Latency (CL)**, también conocida como **latencia CAS**, es el tiempo que transcurre entre la solicitud de un dato a la memoria RAM y el momento en que el dato comienza a ser transmitido al controlador de memoria. Se mide en ciclos de reloj.
- En otras palabras, es el número de ciclos de reloj que transcurren desde que la memoria recibe la orden de acceder a una columna de datos hasta que esos datos están disponibles para su lectura.
- **Ejemplo:** Si una memoria tiene un **CAS Latency de 16 (CL16)** y su reloj está a 3200 MHz, esto significa que tarda 16 ciclos de reloj para acceder a la información solicitada. Cuanto menor sea el valor de CL, más rápida será la respuesta de la memoria.

Tiempos de Latencia (Timing)

Además de la latencia CAS (CL), existen otros tiempos que afectan el rendimiento de la memoria, y a menudo se expresan juntos en una serie de números como **16-18-18-36** o similares. Estos valores se refieren a diferentes latencias dentro del ciclo de operación de la memoria. Aquí hay una descripción de cada uno:

1. **CL (CAS Latency):** El tiempo que tarda la memoria en comenzar a enviar datos después de recibir una solicitud. (Como mencionamos antes).
2. **tRCD (Row Address to Column Address Delay):** Es el tiempo que tarda la memoria en abrir una fila específica y luego acceder a una columna dentro de esa fila. Se mide en ciclos de reloj y representa el tiempo entre activar una fila y acceder a una columna.
3. **tRP (Row Precharge Time):** Es el tiempo que tarda en cerrar (o pre-cargar) una fila abierta antes de que pueda abrirse otra fila. Este tiempo es importante porque antes de que se acceda a una nueva fila, la anterior debe "cerrarse".

4. **tRAS (Row Active Time)**: Es el número de ciclos de reloj necesarios para mantener una fila activa después de que ha sido activada, y antes de que pueda cerrarse. Básicamente, tRAS es el tiempo que la fila debe permanecer abierta para permitir que todos los datos en esa fila sean accesibles.
5. **Command Rate (CR)**: Es el tiempo que tarda en emitir el comando a la memoria antes de realizar una operación, generalmente representado como 1T o 2T. Un valor más bajo indica una respuesta más rápida, pero puede ser menos estable a mayores velocidades.

Ejemplo de un valor típico de latencia (Timing)

Tomemos como ejemplo una memoria DDR4-3200 con el valor **16-18-18-36**:

- **CL (CAS Latency)** = 16 ciclos de reloj.
- **tRCD** = 18 ciclos.
- **tRP** = 18 ciclos.
- **tRAS** = 36 ciclos.

Esto significa que la memoria tomará 16 ciclos de reloj para comenzar a proporcionar datos después de recibir una solicitud, 18 ciclos para acceder a la columna después de abrir una fila, 18 ciclos para pre-cargar la fila anterior antes de abrir una nueva fila, y 36 ciclos para mantener la fila abierta.

Relación entre los tiempos de latencia y el rendimiento

- **Bajos tiempos de latencia** son preferibles, ya que significan que la memoria puede realizar operaciones más rápidamente. Sin embargo, hay un equilibrio entre la **frecuencia** (velocidad en MHz) y la **latencia**. Por ejemplo, una memoria con un **CAS Latency** más alto pero con una frecuencia mucho más rápida (por ejemplo, DDR4-4000 CL19) puede ser más rápida en términos de rendimiento general que una memoria con menor latencia pero menor frecuencia (por ejemplo, DDR4-2133 CL14).

Conclusión

- **CAS Latency (CL)** es solo uno de varios tiempos de latencia que afectan el rendimiento de la memoria.
- Los valores típicos que ves en módulos de memoria, como **16-18-18-36**, describen diferentes aspectos del comportamiento de la memoria.
- Al elegir una memoria RAM, tanto la frecuencia (en MHz) como los tiempos de latencia deben tenerse en cuenta para obtener el mejor rendimiento posible en función de tus necesidades.

En resumen, una memoria con alta frecuencia y baja latencia tiende a ofrecer el mejor rendimiento, pero también es importante que estos valores sean equilibrados según el tipo de tareas que se realicen y las capacidades de la placa base o el sistema.

La **DDR** (Double Data Rate) y la **LPDDR** (Low Power Double Data Rate) son dos tipos de memoria RAM, pero están diseñadas para diferentes propósitos y tienen características específicas

en cuanto a rendimiento y consumo de energía. A continuación te explico las principales diferencias entre ambas:

1. Consumo de Energía:

- **DDR (Double Data Rate):**
 - Tiene un mayor consumo de energía. Está diseñada para sistemas de alto rendimiento como las computadoras de escritorio, servidores y estaciones de trabajo.
 - Aunque cada nueva generación reduce el consumo en comparación con las anteriores, sigue siendo relativamente alto comparado con LPDDR.
- **LPDDR (Low Power Double Data Rate):**
 - Como su nombre indica, está optimizada para un bajo consumo de energía. Está diseñada para dispositivos móviles como teléfonos, tablets, laptops ultradelgadas y otros dispositivos portátiles donde la eficiencia energética es fundamental para prolongar la duración de la batería.
 - Las versiones más recientes de LPDDR (como **LPDDR4** y **LPDDR5**) tienen aún más optimizaciones de ahorro de energía, lo que las hace ideales para dispositivos móviles y sistemas que dependen de baterías.

2. Aplicación y Usos:

- **DDR:**
 - Es la memoria principal en **PCs de escritorio, estaciones de trabajo, y servidores**. Está orientada a sistemas que requieren **altas velocidades de transferencia** y **gran capacidad de memoria**.
- **LPDDR:**
 - Está diseñada para **dispositivos móviles**, donde el **ahorro de energía** es más importante que el rendimiento máximo. Se utiliza en teléfonos inteligentes, tablets, dispositivos portátiles, y también en algunos portátiles ultraligeros.

3. Velocidad de Transferencia:

- **DDR:**
 - Está diseñada para tener **mayor ancho de banda** y mayor **rendimiento** en términos de velocidad de transferencia. La DDR, especialmente en sus versiones más recientes como **DDR4** y **DDR5**, ofrece velocidades más altas que LPDDR.
- **LPDDR:**
 - Aunque es más eficiente en términos de energía, generalmente tiene **velocidades ligeramente más bajas** en comparación con la DDR de la misma generación. Sin embargo, versiones más recientes de LPDDR, como **LPDDR4X** y **LPDDR5**, han mejorado mucho en cuanto a velocidad y rendimiento, acercándose a los valores de DDR4 y DDR5.

4. Voltaje de Operación:

- **DDR:**

- Funciona a un **voltaje más alto**. Por ejemplo, DDR4 opera a 1.2V, y DDR5 a 1.1V, lo cual es adecuado para sistemas que no dependen tanto de la batería y pueden tolerar un mayor consumo energético.
- **LPDDR:**
 - Funciona a un **voltaje más bajo**, lo que reduce el consumo energético. Por ejemplo, **LPDDR4** y **LPDDR4X** funcionan a 1.1V o menos, y **LPDDR5** aún menos (1.05V o inferior en algunos casos).

5. Capacidad de Almacenamiento:

- **DDR:**
 - Los módulos de DDR suelen tener mayor **capacidad** (más gigabytes de memoria por módulo) porque están diseñados para sistemas que requieren manejar grandes cantidades de datos, como PCs o servidores.
- **LPDDR:**
 - Generalmente, los módulos de LPDDR tienen **menor capacidad** que los módulos DDR. Sin embargo, en dispositivos móviles, no es necesario tener capacidades tan grandes, y las optimizaciones de LPDDR para bajo consumo son más importantes que la capacidad total.

6. Físico y Empaquetado:

- **DDR:**
 - Los módulos **DDR** se instalan en ranuras **DIMM** (Dual Inline Memory Module) en placas base de PCs o servidores, lo que permite su fácil reemplazo o actualización.
- **LPDDR:**
 - Los módulos **LPDDR** suelen estar **soldados directamente** en la placa base de los dispositivos móviles, lo que significa que **no son reemplazables o actualizables** por el usuario. Este diseño optimizado ayuda a reducir el espacio y el peso en dispositivos compactos como smartphones o tablets.

7. Multitarea y Ancho de Banda:

- **DDR:**
 - Está diseñada para sistemas que manejan múltiples tareas y procesos simultáneamente. Tiene un mayor ancho de banda para manejar cargas de trabajo pesadas, como videojuegos, edición de video o computación de alto rendimiento.
- **LPDDR:**
 - Está optimizada para funcionar eficientemente en **tareas menos intensivas** pero constantes, como aplicaciones móviles, donde el consumo de energía y la capacidad de respuesta son más importantes que el rendimiento máximo.

Resumen en Tabla:

Característica	DDR	LPDDR
Consumo de Energía	Mayor	Bajo
Aplicación	PCs de escritorio, servidores, estaciones de trabajo	Dispositivos móviles, tablets, laptops ultraligeros

Característica	DDR	LPDDR
Velocidad de Transferencia	Mayor	Menor, pero mejorada en LPDDR4/LPDDR5
Voltaje de Operación	Más alto (1.2V para DDR4, 1.1V para DDR5)	Más bajo (1.1V o menos)
Capacidad	Mayor capacidad por módulo	Menor capacidad por módulo
Empaquetado	Instalación en ranuras DIMM	Soldado en la placa base (no reemplazable)
Optimización	Rendimiento	Eficiencia energética

Conclusión:

- **DDR** está optimizada para **alto rendimiento** y se usa en **PCs de escritorio y servidores**.
- **LPDDR** está diseñada para dispositivos móviles, con un **enfoque en el ahorro de energía**, sacrificando ligeramente la velocidad para lograr mayor eficiencia energética y duración de la batería.

También la **LPDDR3** existe y fue una de las generaciones clave en la evolución de la memoria **Low Power Double Data Rate (LPDDR)**. **LPDDR3** fue ampliamente utilizada en dispositivos móviles antes de la aparición de **LPDDR4** y **LPDDR5**.

Características de LPDDR3:

- **Consumo de Energía:** Funciona a un voltaje más bajo que **DDR3**, generalmente a 1.2V o 1.135V, lo que la hace más eficiente energéticamente, ideal para dispositivos que dependen de baterías, como smartphones, tablets y laptops ultradelgadas.
- **Velocidad de Transferencia:** Soporta velocidades de transferencia que oscilan entre **800 y 2133 MHz**, con un ancho de banda máximo teórico de **17 GB/s** (en su configuración de 64 bits). Esto la convierte en una mejora significativa en rendimiento y ancho de banda respecto a **LPDDR2**.
- **Aplicación:** LPDDR3 se utilizó principalmente en **dispositivos móviles y portátiles ultraligeros**, como teléfonos inteligentes y tablets, además de algunos **ultrabooks**. Fue adoptada en gran medida por su balance entre bajo consumo de energía y rendimiento adecuado para las necesidades de los dispositivos móviles de su época.
- **Multitarea y Rendimiento:** Aunque LPDDR3 es menos potente que LPDDR4, mejoró significativamente la capacidad de los dispositivos móviles para realizar **multitarea** y ejecutar aplicaciones gráficas más complejas o videojuegos.

Comparativa con DDR3:

- **DDR3** (usada en PCs de escritorio y portátiles convencionales) y **LPDDR3** (usada en dispositivos móviles) tienen diferencias clave en términos de **consumo de energía** y **diseño**.
 - **LPDDR3** es más eficiente energéticamente, lo que la hace ideal para dispositivos móviles, mientras que **DDR3** tiene mayores velocidades y capacidades, pero a un costo de mayor consumo de energía.

Comparación con LPDDR4:

- **LPDDR4** es la sucesora de LPDDR3, lanzada en 2014. **LPDDR4** ofrece velocidades de transferencia más altas (hasta 4266 MHz), menor consumo de energía (1.1V o menos) y mejor rendimiento general.
- A medida que los dispositivos móviles se volvieron más potentes y demandantes, **LPDDR4** reemplazó rápidamente a LPDDR3 en la mayoría de los dispositivos móviles modernos.

Resumen en Tabla:

Característica	LPDDR3	LPDDR4
Voltaje	1.2V - 1.135V	1.1V (o menos)
Velocidad de Transferencia	800 - 2133 MHz	1600 - 4266 MHz
Ancho de Banda	Hasta 17 GB/s	Hasta 34 GB/s
Aplicación	Móviles, tablets, ultrabooks	Móviles, tablets, ultrabooks
Año de Lanzamiento	2012	2014

Conclusión:

LPDDR3 fue una memoria de transición importante entre **LPDDR2** y **LPDDR4**, ofreciendo mejoras en el consumo energético y rendimiento en comparación con sus predecesoras. Aunque ya ha sido superada por versiones más recientes como **LPDDR4** y **LPDDR5**, sigue siendo relevante en algunos dispositivos más antiguos.