



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería

Sistemas Operativos
Grupo 6

Investigación
Almacenamiento Flash

Integrantes:
Nombre:
Galdamez Pozos Yoav Farid
Ruelas Viurquez Ricardo

de ##### del 2022
Semestre 2022-2

¿Qué es?

El almacenamiento flash es una tecnología de almacenamiento de datos basada en una memoria de alta velocidad que se programa eléctricamente. La velocidad del almacenamiento flash es lo que le dio el nombre: escribe datos y realiza operaciones de I/O aleatorias a la velocidad del flash.

El almacenamiento flash utiliza un tipo de memoria no volátil que se denomina “memoria flash”. La memoria no volátil no requiere alimentación para mantener la integridad de los datos almacenados con lo que, si se interrumpe el suministro, no se pierde nada. Dicho de otro modo, la memoria no volátil no «olvida» los datos que ha almacenado cuando el disco se desconecta.

El almacenamiento flash utiliza celdas de memoria para almacenar datos. Las celdas que tienen datos escritos anteriormente se tienen que borrar antes de poder escribir datos nuevos en ellas. El almacenamiento flash también se presenta en varias formas: desde dispositivos USB a cabinas (matrices de discos¹) all-flash empresariales.

¿Cómo funcionan?

Están hechas de muchas celdas microscópicas que se encargan de acumular electrones con diferentes voltajes a medida que la electricidad pasa por ellas, esto crea un tipo de mapa de cargas eléctricas, esta es la forma en que se guarda la información del usuario.

Historia

La necesidad de almacenar información, de preservar datos, es endémica del ser humano como especie desde la invención del lenguaje, naturalmente a medida que la tecnología avanza los medios para preservar la información también lo hacen, es así como en los años 80 **Toshiba** inventó la tecnología de memorias flash. Este tipo de tecnología consta de dispositivos no volátiles (que no necesitan de estar conectados a la corriente para preservar la información), son una evolución de las memorias **EEPROM** (memoria de solo lectura programable y borrible eléctricamente) que almacenaban bits por medio de semiconductores, estas también eran no volátiles pero su tamaño y su lentitud comparadas con las memorias flash terminaron por desplazarlas.

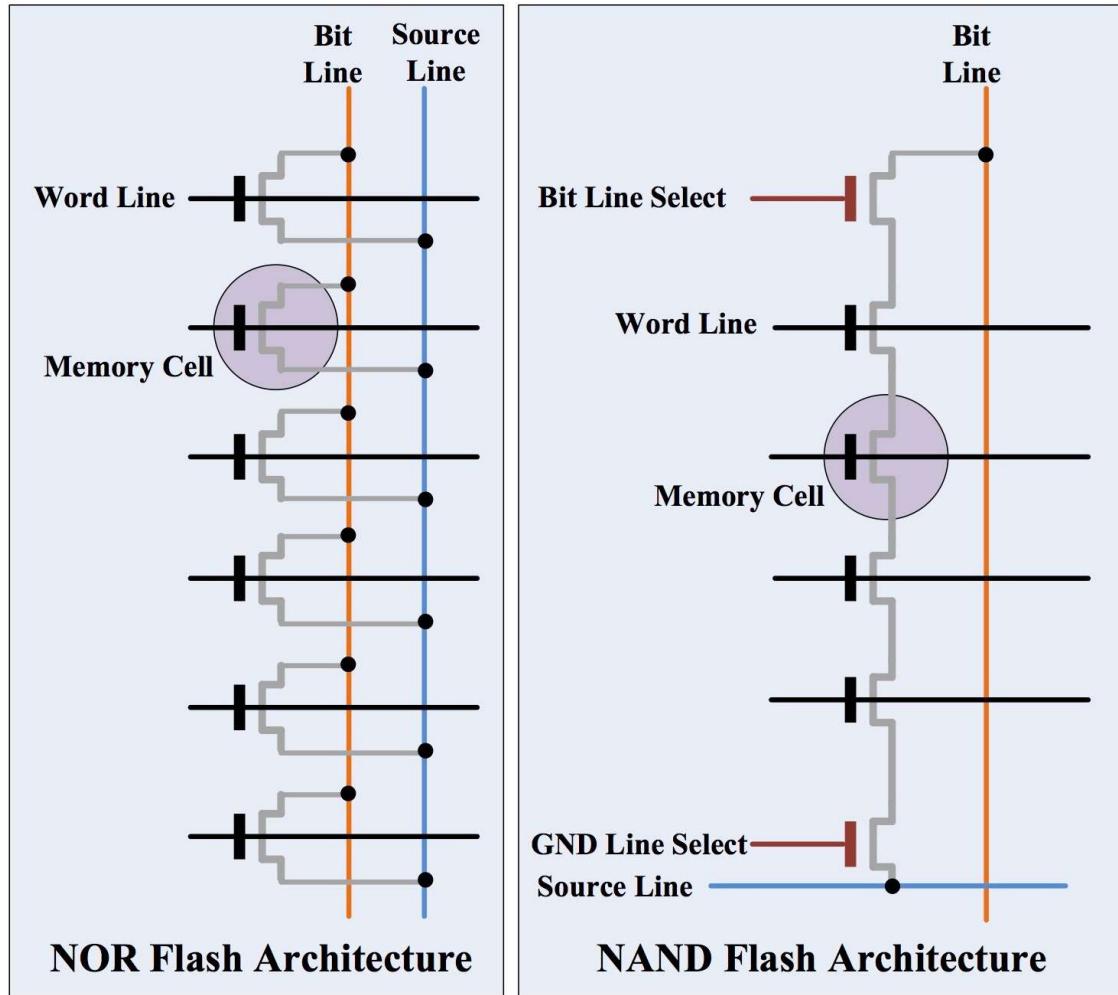
Tipos de memoria Flash: NOR y NAND

Las memorias flash almacenan información en celdas de memoria hechas de transistores de puerta flotante². Los nombres de las tecnologías explican la forma en que se organizan las celdas de memoria. En NOR Flash, un extremo de cada celda de memoria está conectado a la línea de origen y el otro extremo directamente a una línea de bits que se asemeja a una puerta

¹ Una matriz de discos es un sistema de almacenamiento en disco que contiene varias unidades de disco. Se diferencia de un gabinete de disco (PC) en que un arreglo tiene memoria caché y funcionalidad avanzada, como RAID, deduplicación, encriptación y virtualización.

² Transistor MOS convencional con la adición de un terminal de compuerta adicional, llamado compuerta flotante, ubicado entre el sustrato y la compuerta de Control y separado de ellos por dióxido de silicio.

NOR. En NAND Flash, varias celdas de memoria (generalmente ocho celdas) están conectadas en serie de manera similar a una puerta NAND.



La arquitectura NOR Flash proporciona suficientes líneas de dirección para mapear todo el rango de la memoria. Esto brinda la ventaja del acceso aleatorio y tiempos de lectura cortos, lo que la hace ideal para la ejecución de código. Otra ventaja son el 100% de bits conocidos durante la vida útil de la pieza. Las desventajas incluyen un tamaño de celda más grande que resulta en un mayor costo por bit y velocidades de escritura y borrado más lentas.

NAND Flash, por el contrario, tiene un tamaño de celda mucho más pequeño y velocidades de escritura y borrado mucho más altas en comparación con NOR Flash. Las desventajas incluyen la velocidad de lectura más lenta y una interfaz indirecta o de tipo mapeado de E/S, que es más complicada y no permite el acceso aleatorio³. Es importante tener en cuenta que la ejecución de código desde NAND Flash se logra ocultando el contenido en una RAM, que es diferente a la ejecución de código directamente desde NOR Flash. Otra gran desventaja es la presencia de bloques defectuosos. NAND Flash normalmente tiene un 98% de bits buenos cuando se envía, con fallas de bits adicionales durante la vida útil de la pieza, lo que recae en

³ Método mediante el cual, ciertos dispositivos de almacenamiento acceden a los datos de manera ágil y eficiente, sin necesidad de interactuar directamente con el espacio libre o espacio físico del resto de la información

una necesidad de una funcionalidad de “código de corrección de errores” (ECC por Error Correcting Code) dentro del dispositivo.

Capacidad de almacenamiento

Las memorias flash NAND están disponibles en capacidades mucho más altas comparadas con las memorias flash NOR, debido principalmente a su bajo costo por bit. Las memorias NAND típicamente vienen en capacidades de 1 GB a 16 GB. Las memorias NOR tienen un rango de capacidad desde 64 MB a 2 GB. Debido a su capacidad, las memorias NAND son usadas principalmente para almacenamiento de aplicaciones (**Aravindan, 2018**).

Borrado, escritura y lectura

Tanto en NOR como en NAND Flash, la memoria se organiza en bloques de borrado. Esta arquitectura ayuda a mantener un costo más bajo mientras mantiene el rendimiento. Por ejemplo, un tamaño de bloque más pequeño permite ciclos de borrado más rápidos. Sin embargo, la desventaja de los bloques más pequeños es un aumento en el área muerta y el costo de la memoria.

Debido a su menor costo por bit, NAND Flash puede admitir bloques de borrado más pequeños de manera más rentable en comparación con NOR Flash. El tamaño de bloque típico disponible en la actualidad oscila entre 8 KB y 32 KB para NAND Flash y entre 64 KB y 256 KB para NOR Flash. (**Aravindan, 2018**).

Para superar o reducir las limitaciones de velocidades de lectura más lentas, la memoria a menudo se lee como páginas en NAND Flash, siendo cada página una subdivisión más pequeña de bloques de borrado. El contenido de una página se lee secuencialmente con ciclos de dirección y comando solo al comienzo de cada ciclo de lectura.

La duración del acceso secuencial para NAND Flash normalmente es menor que la duración del acceso aleatorio en dispositivos NOR Flash. Con la arquitectura de acceso aleatorio de NOR Flash, las líneas de dirección deben alternarse para cada ciclo de lectura, acumulando así el acceso aleatorio para la lectura secuencial. A medida que aumenta el tamaño del bloque de datos para leer, el retraso acumulado en NOR Flash se vuelve mayor que en NAND Flash. Por lo tanto, NAND Flash puede ser más rápido para lecturas secuenciales. Sin embargo, debido a la mayor duración del acceso de lectura inicial para NAND Flash, la diferencia de rendimiento es evidente sólo cuando se transfieren grandes bloques de datos, a menudo para tamaños superiores a 1 KB.

En ambas tecnologías Flash, los datos se pueden escribir en un bloque solo si el bloque está vacío. La lenta operación de borrado de NOR Flash hace que incluso la operación de escritura sea aún más lenta. En NAND Flash, similar a la lectura, los datos a menudo se escriben o programan en páginas (típicamente 2 KB). Por ejemplo, escribir solamente una página con la memoria Flash S34ML04G2 NAND requiere 300 μ S.

Para acelerar las operaciones de escritura, los flashes NOR modernos también emplean una programación de búfer similar a la escritura de páginas. El S70GL02GT NOR Flash, por

ejemplo, admite la programación de búfer, lo que permite la programación multibyte con un tiempo de espera de escritura similar para una sola palabra⁴. Por ejemplo, la programación de búfer para 512 bytes de datos puede lograr un rendimiento de 1,14 MBps.

Consumo energético

Las memorias NOR Flash normalmente requieren más corriente que las memorias NAND Flash durante el encendido inicial. Sin embargo, la corriente de standby (espera) para NOR Flash es mucho más baja que para NAND Flash. La potencia activa instantánea es comparable para ambas memorias Flash. Por lo tanto, la potencia activa se decide por la duración del tiempo durante el cual la memoria está activa. NOR Flash tiene una ventaja cuando se trata de lecturas aleatorias, mientras que NAND Flash consume relativamente mucha menos energía para operaciones de borrado, escritura y lectura secuencial.

Fiabilidad de datos

La confiabilidad de los datos guardados es un aspecto importante para cualquier dispositivo de memoria. Las memorias flash sufren un fenómeno llamado ***bit-flipping (cambio de bits)***, en el que algunos bits pueden invertirse. Este fenómeno es más común en NAND Flash que en NOR Flash. Los flashes NAND se envían con bloques defectuosos dispersos aleatoriamente por problemas de producción. Más celdas de memoria se dañan a medida que los ciclos de borrado y programación se van dando a lo largo del ciclo de vida de una memoria NAND Flash. Por lo tanto, el manejo de bloques defectuosos es una capacidad obligatoria para la tecnología NAND Flash. Las memorias NOR Flash, por otro lado, se envían con cero bloques defectuosos con una acumulación muy baja de bloques defectuosos durante la vida útil de la memoria. Por lo tanto, cuando se trata de la confiabilidad de los datos almacenados, NOR Flash tiene una ventaja sobre NAND Flash.

A continuación, podemos observar una tabla en donde se resume de manera concisa lo analizado durante esta sección (**Aravindan, 2018**):

Feature	NOR Flash		NAND Flash	
	General	S70GL02GT	General	S34ML04G2
Capacity	8MB – 256MB	256MB	256MB – 2GB	256MB
Cost per bit	Higher	6.57×10^{-9} USD/bit for 1ku	Lower	2.533×10^{-9} USD/bit for 1ku
Random Read speed	Faster	120ns	Slower	30μS
Write speed	Slower		Faster	
Erase speed	Slower	520ms	Faster	3.5ms
Power on current	Higher	160mA (max)	Lower	50mA (max)
Standby current	Lower	200μA (max)	Higher	1mA (max)
Bit-flipping	Less common		More common	
Bad blocks while shipping	0%		Up to 2%	
Bad block development	Less frequent		More frequent	
Bad block handling	Not mandatory		Mandatory	
Data Retention	Very high	20 years for 1K program-erase cycles	Lower	10 years (typ)
Program-erase cycles	Lower	100,000	Higher	100,000
Preferred Application	Code storage & execution		Data storage	

⁴ En el contexto de la informática, una **palabra** es una cadena finita de bits que son manejados como un conjunto por la máquina. El tamaño o longitud de una palabra hace referencia al número de bits contenidos en ella, y es un aspecto muy importante al momento de diseñar una arquitectura de ordenadores.

Ejemplos de memoria flash

Flash Memory Card

Una tarjeta de memoria flash es un almacenamiento de datos portátil para los dispositivos electrónicos. Vienen en varios formatos que sirven para diferentes propósitos, como almacenamiento para una cámara digital o videocámara, espacio adicional para almacenar archivos en su teléfono inteligente o una forma de transportar datos entre computadoras de manera *offline*.

Cada tarjeta de memoria flash tiene una cosa en común: todas usan lo que se llama memoria no volátil. Esto significa que no necesitan una fuente de alimentación constante para retener datos durante períodos prolongados.

Dentro de este tipo de memorias tenemos:

- **SD Card:** Las tarjetas digitales seguras (Secure Digital - SD) son típicas en cámaras digitales, cámaras de acción y teléfonos inteligentes. Vienen en un par de factores de forma diferentes y hay múltiples clasificaciones de velocidad y capacidad. Hay dos tamaños de tarjeta SD: tarjetas SD estándar y la tarjeta **MicroSD** más pequeña. Las tarjetas SD se utilizan principalmente para cámaras DSLR y videocámaras, mientras que los teléfonos móviles y las cámaras de acción compactas suelen admitir MicroSD si admiten memoria ampliable. En algunos casos, es posible que necesite usar un adaptador o conector para acceder a ellos.



- **USB Flash Drive:** Una unidad flash USB es un dispositivo utilizado para el almacenamiento de datos que incluye una memoria flash y una interfaz de bus serie universal (USB) integrada. La unidad flash USB también se conoce como unidad de memoria USB, memoria USB o pendrive. Es un dispositivo de almacenamiento portátil liviano y se utiliza como "*Plug and Play*"⁵. La mayoría de las unidades flash USB son extraíbles y regrabables. Físicamente, son pequeños, duraderos y fiables. Cuanto mayor sea su espacio de almacenamiento, más rápido tienden a operar. Las unidades flash USB son mecánicamente muy robustas porque no tienen partes

⁵ Esta etiqueta hace referencia a los dispositivos que solo requieren de ser conectados a un sistema para poder ser utilizados.

móviles. Obtienen la energía para operar desde el dispositivo al que están conectados (típicamente una computadora) a través del puerto USB.



- **MMC:** MultiMediaCard o MMC es un estándar de tarjeta de memoria. Prácticamente igual a la Secure Digital, carece de la pestaña de seguridad que evita sobrescribir la información grabada en ella. Su forma está inspirada en el aspecto de los antiguos disquetes de 3,5 pulgadas. A la fecha marzo de 2019 tienen una capacidad de hasta de 512 GB de almacenamiento.

Presentada en 1997 por Siemens AG y SanDisk, se basa en la memoria flash de Toshiba base NAND, y por ello es más pequeña que sistemas anteriores basados en memorias flash de Intel base NOR, tal como la CompactFlash. MMC tiene el tamaño de un sello de correos: 24 mm x 32 mm x 1,4 mm. Originalmente usaba una interfaz serie de 1-bit, pero versiones recientes de la especificación permite transferencias de 4 o a veces incluso 8 bits de una vez. Han sido más o menos suplantadas por las Secure Digital (SD), pero siguen teniendo un uso importante porque las MMCs pueden usarse en la mayoría de aparatos que soportan tarjetas SD (son prácticamente iguales), pudiendo retirarse fácilmente para leerse en un PC.



- **CF (Compact Flash):** Compact Flash también es un tipo diferente de memoria flash, pero esta memoria se prefiere principalmente en las cámaras digitales para almacenar imágenes. Se utilizan también otros dispositivos como reproductores de música portátiles y PDA. La tarjeta Compact Flash tiene dos variantes como "Tipo I"

y "Tipo II". La tarjeta tipo I tiene un grosor de 3,3 mm, mientras que la otra tiene un grosor de 5 mm.



- **SmartMedia Card:** La tarjeta SM (SmartMedia) es un tipo de tarjeta de memoria flash. Fue una de las primeras tarjetas de memoria que se produjeron y se utilizó en cámaras digitales y otros dispositivos electrónicos. La tarjeta SmartMedia tenía una capacidad más pequeña, que oscilaba entre 2 MB y 128 MB, y unas dimensiones físicas de 45 mm x 37 mm x 0,76 mm.



- **SDHC Card:** Abreviatura de tarjeta Secure Digital High Capacity, la tarjeta SDHC es una versión mejorada de la tarjeta SD estándar con una capacidad de almacenamiento de hasta 32 GB. Debido a que SDHC funciona de manera diferente a una tarjeta SD estándar, no es compatible con versiones anteriores de dispositivos SD heredados. Las 3 versiones de la tarjeta SDHC, con sus dimensiones físicas, se muestran a continuación:
 - SDHC - 32 mm x 24 mm x 2,1 mm.
 - Mini SDHC - 21,5 mm x 20 mm x 1,4 mm.
 - Micro SDHC - 15 mm x 11 mm x 1,0 mm.

- **SDXC Card:** SDXC significa Secure Digital eXtended Capacity y tiene la mayor capacidad de los 3 subtipos. Una tarjeta SDXC tiene un espacio de almacenamiento de entre 64 GB y 2 TB. Eso significa que tiene la mayor capacidad posible de todas las tarjetas SD. No todos los dispositivos admiten una tarjeta SDXC. Esta tarjeta de memoria se puede encontrar mayoritariamente en cámaras que fotografian en formato RAW y graban en 4K.
- **SDUC Card:** El formato Secure Digital Ultra Capacity (SDUC), descrito en la especificación SD 7.0 y anunciado en junio de 2018, admite tarjetas de hasta 128 TB y ofrece velocidades de hasta 985 MB/s, independientemente del factor de forma, ya sea micro, tamaño completo o de tipo interfaz, incluidos UHS-I, UHS-II, UHS-III o SD Express. La interfaz SD Express también se puede utilizar con tarjetas SDHC y SDXC.

Las tarjetas SDXC y SDUC normalmente se formatean con el sistema de archivos exFAT⁶, lo que limita su uso a un conjunto limitado de sistemas operativos. Por lo tanto, las tarjetas SDXC con formato exFAT no son un medio de intercambio 100% universalmente legible. Sin embargo, las tarjetas SD se pueden reformatear a cualquier sistema de archivos requerido.

	Full SD	Mini SD	Micro SD	Capacities	File system
SD				8MB, 16MB, 32MB, 64MB, 128MB, 256MB, 512MB, 1GB, 2GB	FAT16
SDHC (High Capacity)				2GB, 4GB, 8GB, 16GB, 32GB	FAT32
SDXC (Extended Capacity)				32GB, 48GB, 64GB, 128GB, 256GB, 512GB, 1TB, 2TB	exFAT

SSD

“Una unidad de estado sólido (SSD) es una nueva generación de dispositivos de almacenamiento que se utilizan en las computadoras. Los SSD usan memoria basada en flash, que es mucho más rápida que un disco duro mecánico tradicional.” (**Villinger, 2022**).

Los chips de memoria en un SSD son comparables a la memoria de acceso aleatorio (RAM). En lugar de un plato magnético, los archivos se guardan en una cuadrícula de celdas flash NAND. Cada cuadrícula (también llamada bloque) puede almacenar entre 256 KB y 4 MB. El controlador de un SSD tiene la dirección exacta de los bloques, de modo que cuando su PC

⁶ exFAT es un sistema de archivos, patentado y propiedad de Microsoft, especialmente adaptado para memorias flash.

solicita un archivo, está (casi) disponible al instante. No hay que esperar a que un cabezal de lectura/escritura encuentre la información que necesita. Por lo tanto, los tiempos de acceso a SSD se miden en nanosegundos.

Para conectar un SSD a su sistema, debe conectarlo mediante una interfaz específica. Las interfaces comunes son:

- **SSD PCIe y NVMe:** PCI Express (PCIe) se usa normalmente para conectar tarjetas gráficas, tarjetas de red u otros periféricos de alto rendimiento. Esta interfaz le brinda un alto ancho de banda y una baja latencia, lo que la hace ideal cuando necesita una comunicación ultrarrápida entre el SSD y su CPU/RAM. Los SSD que usan este tipo de conexión se basan en el estándar Nonvolatile Memory Express (NVMe), que ofrece una mayor entrada y salida por segundo (IOPS) e incluso una latencia más baja que SATA (que veremos en un momento). NVMe cuenta con hasta 16 GBits por segundo de rendimiento bruto que, gracias a múltiples canales paralelos, se ejecuta a una velocidad de hasta 4000 MB por segundo.



- **mSATA III, SATA III y SSD tradicionales:** Serial Advanced Technology Attachment (SATA) es una interfaz más antigua que se diseñó específicamente para el almacenamiento, con velocidades de hasta 6 GBit/s o alrededor de 600 MB por segundo. SATA está siendo eliminado lentamente por NVMe, que es significativamente más rápido. Sin embargo, las PC o portátiles más antiguas con una unidad de disco duro aún se beneficiarían de una actualización a una SSD basada en SATA.



M.2 SSD

El factor de forma⁷ M.2 (anteriormente conocido como factor de forma de próxima generación o NGFF) es un tipo moderno de tarjeta de expansión montada internamente que reemplaza el estándar mSATA (Mini-SATA) anterior. A diferencia de los HDD y SSD estándar, las unidades M.2 no están conectadas a una placa base a través de un cable, sino que se conectan directamente a la placa base mediante una ranura de conector M.2 dedicada.

Según su tipo y funcionalidad, una unidad M.2 puede utilizar la interfaz SATA estándar o la interfaz PCIe (Peripheral Component Interconnect Express) que es mucho más rápida, pero en ambos casos se conecta directamente a la placa base. Dado que se pliegan y quedan al ras de la placa base una vez que se conectan en lugar de sobresalir como una tarjeta gráfica o un chip RAM (o un HDD o SSD tradicional), las unidades M.2 permiten un interior de PC más limpio y menos desordenado con menos cables a gestionar.

Es importante diferenciar M.2 SSD de la interfaz de protocolo NVMe:

NVMe significa Non-Volatile Memory Express (Memoria Express No Volatil), y se refiere a la forma en que se mueven los datos, en lugar de la forma de la unidad en sí. La forma principal en la que se diferencia del estándar SATA existente es que se basa en la interfaz PCIe de su placa base para obtener velocidades de transferencia de datos notablemente más rápidas que las que SATA es capaz de hacer. Según el fabricante de su unidad NVMe, puede ver velocidades hasta cinco o seis veces más rápidas que un equivalente basado en SATA.

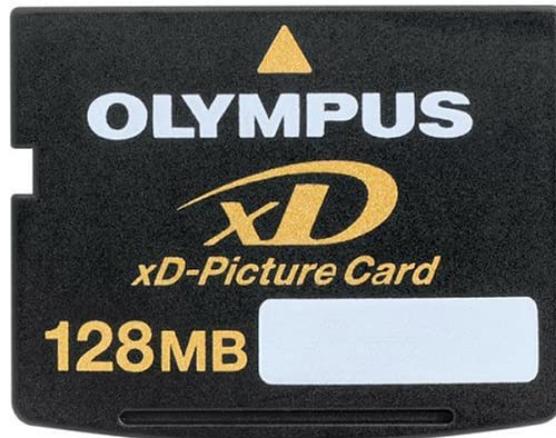
Hay algunas unidades NVMe que están diseñadas para encajar en una ranura de placa base PCIe estándar como una tarjeta gráfica, pero la mayoría de las unidades NVMe utilizan el factor de forma M.2. Además, dadas sus velocidades más rápidas, las unidades NVMe suelen costar más que sus equivalentes SSD estándar de 2,5", de forma similar a como las SSD suelen costar más que las HDD mecánicas por la misma cantidad de espacio de almacenamiento.



⁷ Un **form factor** o **factor de forma** define características muy básicas de un componente del equipo para que pueda integrarse en el resto de la computadora, al menos, física y eléctricamente.

xD Picture Card

Extreme Digital Picture Card, es una tarjeta de memoria flash antigua utilizada en cámaras digitales. Introducidas en 2002 por Fuji y Olympus, las tarjetas xD eran las tarjetas de memoria flash más pequeñas del mercado hasta que se anunció la tarjeta Mini SD en 2003. Las tarjetas xD proporcionaban transferencias de datos de alta velocidad y bajo consumo de hasta 5 Mbytes/seg en capacidades a 512 MB. Para adaptarse al nuevo formato, Olympus presentó nuevas cámaras que aceptaban formatos de tarjetas xD, CompactFlash y SmartMedia.



Diferencia entre almacenamiento Flash y SSD

A menudo los términos de “Almacenamiento Flash” y “SSD” se utilizan de manera indiscriminada, sin embargo, a pesar de que estas tecnologías almacenan información, vale la pena conocer algunas diferencias fundamentales entre ambas.

Ya explicamos que es el almacenamiento flash, ahora describamos el almacenamiento SSD: Las unidades de estado sólido son dispositivos de almacenamiento y son la forma más popular de almacenamiento en los PC's de hoy en día. Son capaces de velocidades de transferencia de datos muy rápidas, ideales para tareas tales como juegos de alto nivel, creación de contenido de nivel profesional e incluso análisis de datos (**CDW, 2022**).

Los SSD de hoy en día utilizan el **bus SATA o el PCIe** del ordenador, siendo los últimos más rápidos que los primeros dado que un SSD normal encuentra un cuello de botella en el bus SATA, ya que un SSD ofrece velocidades superiores a las que ofrece el bus SATA 3.

Similitudes entre ambos

Si bien existen muchas diferencias entre el almacenamiento flash y SSD, es importante comprender primero cómo se conectan las dos tecnologías. En pocas palabras, la mayoría de los SSD utilizan memoria flash, pero no todos los dispositivos de memoria flash se consideran SSD. Como se mencionó anteriormente, el almacenamiento flash se puede encontrar en una amplia gama de dispositivos, pero también es la razón principal por la que las unidades de estado sólido son tan rápidas.

Históricamente hablando, los SSD han existido sin el uso de memoria flash, pero estos dispositivos eran extremadamente caros para la época y tenían muchos otros problemas que limitaban su viabilidad. La similitud central entre los SSD y el almacenamiento flash es que no hay partes móviles en ninguna de las tecnologías y que los datos almacenados en ambos se consideran no volátiles.

Si bien no todos los SSD usan memoria flash, la mayoría de las unidades de estado sólido modernas se componen de varias secciones de almacenamiento flash que funcionan juntas para funcionar lo más rápido posible. Los SSD de primera línea también tendrán un componente llamado DRAM, que es una sección dedicada del dispositivo que funciona incluso más rápido que la memoria flash y se usa para almacenar datos de uso común.

Diferencias entre ambos

Para comprender las diferencias entre el almacenamiento flash y SSD, primero debemos conocer las diferentes variedades de almacenamiento flash. Comúnmente, hay dos tipos de almacenamiento flash que se utilizan hoy en día, NOR y NAND. NOR es el más antiguo de los dos y es físicamente más grande que la memoria NAND. NAND es más caro pero tiene un tamaño reducido y velocidades de escritura más rápidas, lo que lo convierte en la opción ideal para la mayoría de los SSD (*véase Tipos de memoria Flash: NOR y NAND para más información*).

Si bien la memoria flash puede venir en muchas formas diferentes, solo hay unas pocas variaciones de SSD que se encuentran comúnmente en las computadoras hoy en día. Esas son la unidad SATA estándar de 2.5" y las SSD NVMe más nuevas, que se conectan directamente a su placa base. Esta última requiere un puerto específico en su placa base, mientras que la primera utiliza la conexión SATA estándar que se encuentra en muchos dispositivos. Los dispositivos flash, como las unidades USB o las tarjetas SD, se pueden usar con una gama aún más completa de dispositivos, pero a menudo vienen en tamaños más pequeños que los SSD. Esto se debe a que la memoria flash se usa comúnmente en dispositivos móviles, como consolas de juegos portátiles, teléfonos o cámaras digitales, donde la portabilidad es más importante que el tamaño de almacenamiento ampliado (**CDW, 2022**).

Ventajas y desventajas de la memoria flash

Ventajas

Desventajas

UFS

Referencias

- Kingston. (s.f.). *Guía de Memoria Flash*. Xunta de Galicia.
<http://centros.edu.xunta.es/iesperdouro/files/MEMORIAS%20FLASH%20.pdf>
- Castañeda, S. (s.f.). *Memorias Flash*. Universidad de Valladolid: Departamento de Informática.
https://www.infor.uva.es/~cevp/FI_II/fichs_pdf_teo/Trabajos_Ampliacion/Memorias_Flash.pdf
- IBM. (2022). *What is flash storage?* <https://www.ibm.com/topics/flash-storage>
- Contribuidor Anónimo. (2019). *What Is a Storage Array? Data Server and Disk Architecture*. SolarWinds: DNS Stuff. <https://www.dnsstuff.com/storage-array>
- Wikipedia. (2021). *Disk array*. https://en.wikipedia.org/wiki/Disk_array
- Anónimo. (2022). *Difference Between Flash vs. SSD Storage*. CDW.
<https://www.cdw.com/content/cdw/en/articles/datacenter/difference-between-flash-vs-ssd-storage.html>
- Banger, R. (2020). *Flash Memory: Definition, Types, Examples, Devices, Advantage, Disadvantage*. DigitalThinkerHelp.
<https://digitalthinkerhelp.com/flash-memory-definition-types-examples-devices-advantage-disadvantage/>
- López, P. (2020). *SSD: ¿Qué es y para qué sirve?* Geeknetic.
<https://www.geeknetic.es/SSD/que-es-y-para-que-sirve>
- Miller, J. (s.f.). *Flash Storage*. TechTarget.
<https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/flash-storage>
- Anónimo. (s.f.). *MOSFET puerta flotante*. Kripkit
<https://kripkit.com/mosfet-puerta-flotante/>
- Aravindan, A. (2018). *Flash 101: NAND Flash vs NOR Flash*. Embedded.
<https://www.embedded.com/flash-101-nand-flash-vs-nor-flash/>
- Anónimo. (s.f.). *USB Flash Drive*. TechOpedia.
<https://www.techopedia.com/definition/2322/usb-flash-drive>
- Hohl, N. (2021). *M.2 and NVMe SSDs: What are they and how do they benefit your PC?* NewEgg INSIDER.
<https://www.newegg.com/insider/m-2-and-nvme-ssds-what-are-they-and-how-do-they-benefit-your-pc/>
- Wikipedia. (2022). *Factor de forma*. https://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_forma
- Adorama. (2021). *What is Flash Memory Card?*
<https://www.adorama.com/alc/what-is-a-flash-memory-card/>
- Wikipedia. (2021). *MultiMediaCard*. <https://es.wikipedia.org/wiki/MultiMediaCard>
- Computer Hope. (2018). *SDHC card*.
<https://www.computerhope.com/jargon/s/sdhc.htm>

- Brook, A. (2019). *Introduction of Speed, Capacity and Class of Different Types of SD Card*. Rene E Laboratory. <https://www.reneelab.com/what-is-sd-card.html>
- Sanne. (2021). *What is the difference between SDHC and SDXC cards?* CoolBlue. <https://www.coolblue.nl/en/advice/compare-sdhc-to-sdxc-cards.html>
- Wikipedia. (2022). *SD card*. https://en.wikipedia.org/wiki/SD_card
- Computer Hope. (2018). *SmartMedia*. <https://www.computerhope.com/jargon/s/smartmed.htm>
- Villinger, S. (2022). *What is SSD?* Avast. <https://www.avast.com/c-what-is-ssd>