



Tipos de Memorias

Humberto Alejandro Ortega Alcocer

2016630495

2CV15

ESCOM IPN

Diseño de Sistemas Digitales

Dr. Luis Octavio López Leyva

8 October 2021

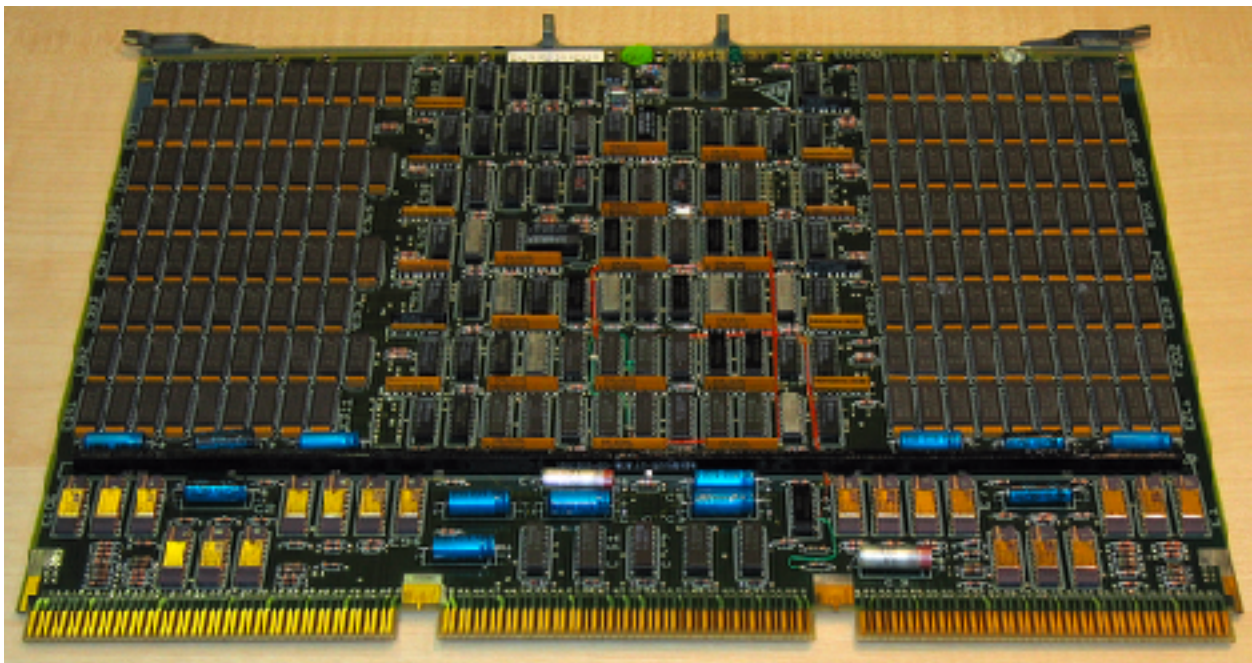
Índice

Memorias RAM	3
Memorias SDRAM	4
Memorias DRAM	6
Memoria ROM	9
Memoria PROM	10
Memoria EPROM	12
Memoria EEPROM	16
Memoria Flash	17
Memoria FIFO	23
Memoria NVRAM	25
Bibliografía	27

Memorias RAM

La **memoria de acceso aleatorio** (*Random Access Memory*, **RAM**) se utiliza como memoria de trabajo de computadoras y otros dispositivos para el sistema operativo, los programas y la mayor parte del software. En la RAM se cargan todas las instrucciones que ejecuta la unidad central de procesamiento (CPU) y otras unidades del computador, además de contener los datos que manipulan los distintos programas.

Se denominan «de acceso aleatorio» porque se puede leer o escribir en una posición de memoria con un tiempo de espera igual para cualquier posición, no siendo necesario seguir un orden para acceder (acceso secuencial) a la información de la manera más rápida posible.



4MiB de memoria RAM para una computadora VAX de finales de los 70.

Durante el encendido de la computadora, la rutina POST verifica que los módulos de RAM estén conectados de manera correcta. En el caso que no existan o no se

detecten los módulos, en la mayoría de las placas base emiten una serie de sonidos que indican la ausencia de memoria principal. Terminado ese proceso, la memoria BIOS puede realizar un test básico sobre la memoria RAM indicando fallos mayores en la RAM.

Memorias SDRAM

Tradicionalmente, la memoria dinámica de acceso aleatorio DRAM tenía una interfaz asíncrona, lo que significaba que el cambio de estado de la memoria se efectúa en un cierto tiempo (marcado por las características de la memoria) desde que cambian sus entradas. En cambio, en las SDRAM el cambio de estado tiene lugar en un momento señalado por una señal de reloj y, por lo tanto, está sincronizada con el bus de sistema del ordenador.



Módulos de memoria SDR SDRAM

El reloj también permite controlar una máquina de estados finitos interna que controla la función de "pipeline" de las instrucciones de entrada. Esto permite que el chip tenga un patrón de operación más complejo que la DRAM asíncrona, que no tiene una interfaz de sincronización.

El método de «segmentación» (pipeline) significa que el chip puede aceptar una nueva instrucción antes de que haya terminado de procesar la anterior. En una escritura de datos, el comando "escribir" puede ser seguido inmediatamente por otra instrucción, sin esperar a que los datos se escriban en la matriz de memoria. En una lectura, los datos solicitados aparecen después de un número fijo de pulsos de reloj tras la instrucción de lectura, durante los cuales se pueden enviar otras instrucciones adicionales. (Este retraso se llama latencia y es un parámetro importante a considerar cuando se compra una memoria SDRAM para un ordenador.)

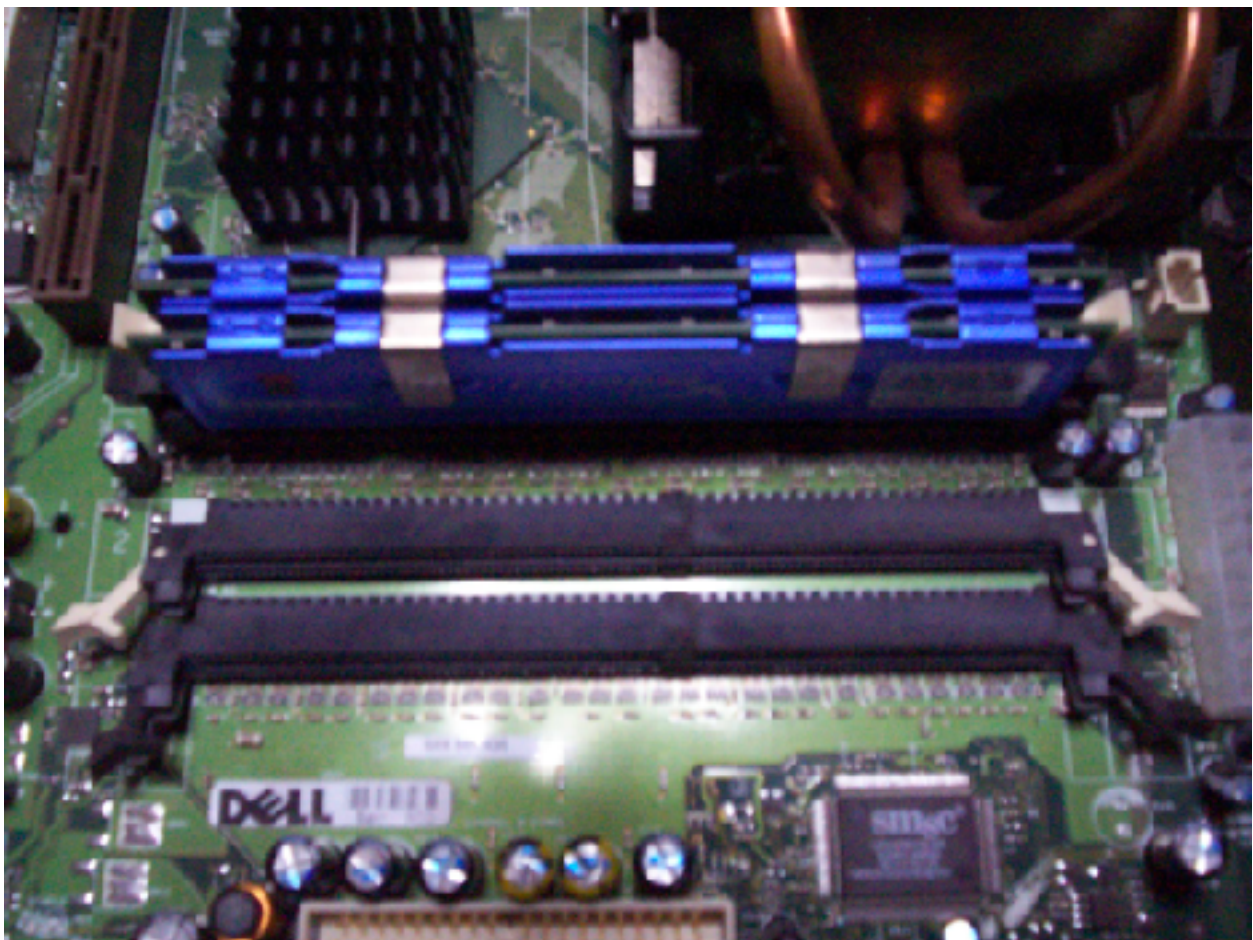
Existen varios límites en el rendimiento de la DRAM. El más conocido es el tiempo de ciclo de lectura, esto es el tiempo entre las sucesivas operaciones de lectura a una fila abierta. Este tiempo se redujo de 10 ns en las SDRAM de 100 MHz a 5 ns en las DDR-400, pero se ha mantenido relativamente sin cambios a través de las generaciones DDR2-800 y DDR3-1600. Sin embargo, al operar la circuitería de interfaz en múltiplos cada vez mayores de la tasa de lectura fundamental (con periodos cada vez más pequeños), el ancho de banda alcanzable ha aumentado rápidamente.

Otro límite es la latencia CAS, el tiempo entre el suministro de la dirección de una columna y la recepción de los datos correspondientes. De nuevo, esto se ha mantenido relativamente constante entre 10 y 15 ns en las últimas generaciones de SDRAM DDR. En la práctica la latencia CAS es un número específico de ciclos de reloj programados en el registro de modo de la SDRAM, y tenidos en cuenta por el controlador de la memoria SDRAM. Cualquier valor puede ser programado, pero la

SDRAM no funcionará correctamente si es demasiado bajo, ya que este valor de guarda no cubrirá la latencia real. A mayores tasas de reloj la latencia CAS medida en ciclos aumenta, aunque en el tiempo sea la misma: 10-15 ns son 2-3 ciclos de reloj de 200 MHz de la DDR-400, 4-6 ciclos para la DDR2-800, y 8-12 ciclos para la DDR3-1600.

Memorias DRAM

La **memoria dinámica de acceso aleatorio** o **DRAM** (del inglés *dynamic random-access memory*) es un tipo de tecnología de memoria de acceso aleatorio (RAM) basada en condensadores, los cuales pierden su carga progresivamente, *necesitando de un circuito dinámico de refresco* que, cada cierto período, revisa dicha carga y la repone en un ciclo de refresco. En oposición a este concepto surge el de SRAM (RAM estática), con la que se denomina al tipo de



tecnología RAM basada en semiconductores que, mientras siga alimentada, no necesita refresco.

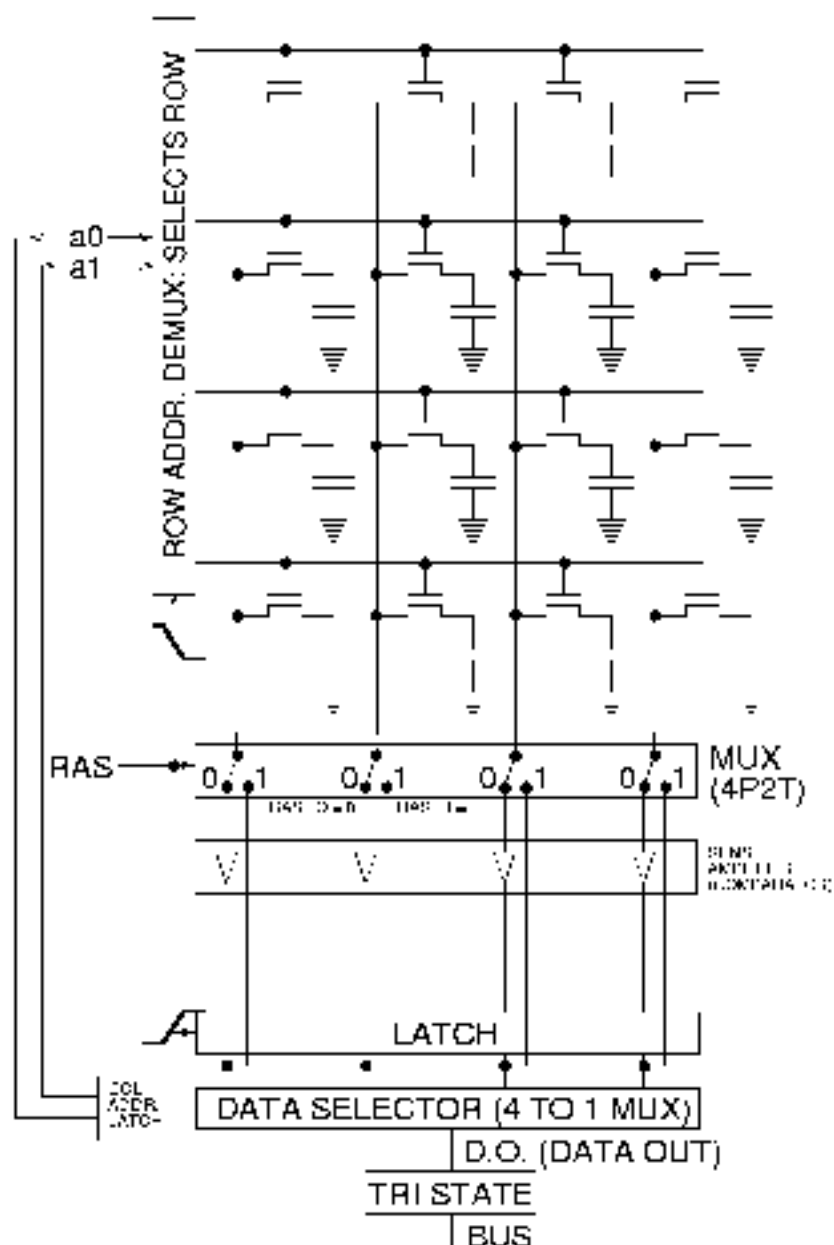
Se usa principalmente como módulos de memoria principal de ordenadores y otros dispositivos. Su principal ventaja es la posibilidad de construir memorias con una gran densidad de posiciones y que todavía funcionen a una velocidad alta: en la actualidad se fabrican integrados con millones de posiciones y velocidades de acceso medidos en millones de bit por segundo.

Como el resto de tipos de RAM, es volátil por lo que si se interrumpe la alimentación eléctrica la información almacenada se pierde. Fue inventada a finales de los sesenta y es una de las memorias más usadas en la actualidad.

Para 1973 Intel y otros fabricantes construían y empacaban sus integrados de DRAM empleando un esquema en el que se aumentaba un pin por cada vez que se doblaba la capacidad. De acuerdo a este esquema, un integrado de 64 kilobits tendría 16 pines solo para las direcciones. Dentro de los costos más importantes para el fabricante y el ensamblador de circuitos impresos estaba la cantidad de pines del empaque y en un mercado tan competido era crucial tener los menores precios. Debido a eso, un integrado con una capacidad de 16 pines y 4Kb de capacidad fue un producto apreciado por los usuarios, que encontraban a los integrados de 22 pines, ofrecidos por Intel y Texas Instruments como insumos costosos.

El lanzamiento de la memoria MK4096 de 4K, con un solo transistor por celda y con direccionamiento multiplexado resultó del trabajo de Robert Proebsting quien observó que en las celdas con un solo transistor, era imposible acceder la información en una posición, enviando al mismo tiempo los datos de fila y columna a la matriz: había que enviar las señales una después de la otra. La solución a nivel de la celda conducía a un ahorro en el empaque, ya que la dirección podría recibirse en dos etapas, reduciendo la cantidad de pines usados.⁹ Por ejemplo para

un integrado de 64 Kb se pasaba de 16 pines dedicados a solo 8 y dos más para señales de control extra. La multiplexación en tiempo es un esquema de direccionamiento que trae muchas ventajas, a costa de unos pocos cambios en el circuito externo, de manera que se convirtió en un estándar de la industria que todavía se mantiene. Mucha de la terminología usada en la hoja de datos del MK4096 todavía se usa y muchos de los parámetros de temporización como el retardo RAS a CAS fueron instaurados con ese producto, entre otros aspectos.¹⁰



información y no su escritura,¹ independientemente de la presencia o no de una fuente de energía.

Los datos almacenados en la ROM no se pueden modificar, o al menos no de manera rápida o fácil. Se utiliza principalmente para contener el firmware² (programa que está estrechamente ligado a hardware específico, y es poco probable que requiera actualizaciones frecuentes) u otro contenido vital para el funcionamiento del dispositivo, como los programas que ponen en marcha el ordenador y realizan los diagnósticos.

En su sentido más estricto, se refiere solo a máscara ROM -en inglés, MROM- (el más antiguo tipo de estado sólido ROM), que se fabrica con los datos almacenados de forma permanente, y por lo tanto, su contenido no puede ser modificado de ninguna forma. Sin embargo, las ROM más modernas, como EPROM y Flash EEPROM, efectivamente se pueden borrar y volver a programar varias veces, aun siendo descritos como "memoria de solo lectura" (ROM). La razón de que se las continúe llamando así es que el proceso de reprogramación en general es poco frecuente, relativamente lento y, a menudo, no se permite la escritura en lugares aleatorios de la memoria. A pesar de la simplicidad de la ROM, los dispositivos reprogramables son más flexibles y económicos, por lo cual las antiguas máscaras ROM no se suelen encontrar en hardware producido a partir de 2007.

Memoria PROM

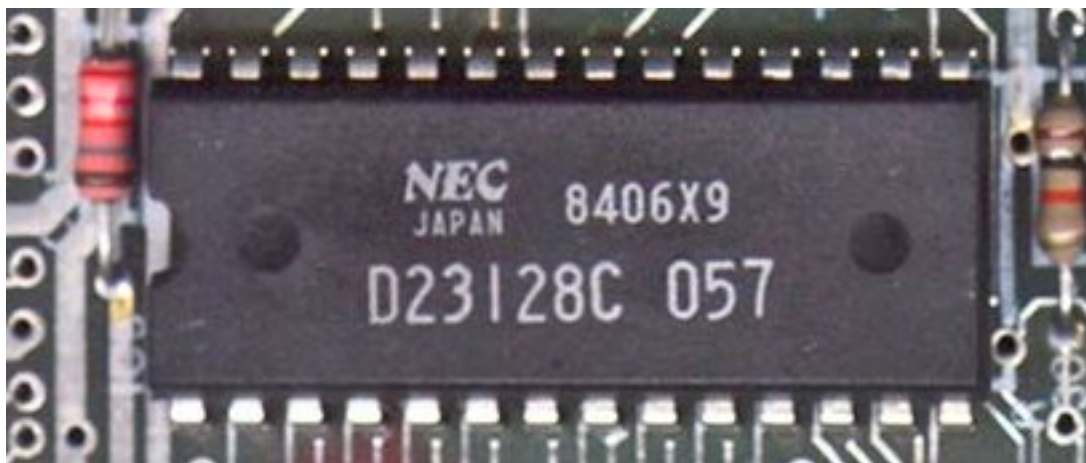
La **memoria programable de solo lectura** o **PROM** (del inglés *programmable read-only memory*) es una memoria digital donde el valor de cada bit depende del estado de un fusible (o antifusible), que puede ser quemado una sola vez. Por esto la memoria puede ser programada (pueden ser escritos los datos) una sola vez a través de un dispositivo especial, un programador PROM. Estas memorias son

utilizadas para grabar datos permanentes en cantidades menores a las ROM, o cuando los datos deben cambiar en muchos o todos los casos.

Pequeñas PROM han venido utilizándose como generadores de funciones, normalmente en conjunción con un multiplexor. A veces se preferían a las ROM porque son bipolares, habitualmente Schottky, consiguiendo mayores velocidades.

La memoria PROM fue inventada en 1956 por Wen Tsing Chow, trabajando para la «División Arma», de la American Bosch Arma Corporation en Garden City, Nueva York. La invención fue concebida a petición de la Fuerza aérea de los Estados Unidos, para conseguir una forma más segura y flexible para almacenar las constantes de los objetivos en la computadora digital del MBI *Atlas E/F*.

La patente y la tecnología asociadas fueron mantenidas bajo secreto por varios años mientras el *Atlas E/F* era el principal misil de Estados Unidos. El término «quemar», refiriéndose al proceso de grabar una PROM, se encuentra también en la patente original, porque como parte de la implementación original debía quemarse literalmente los diodos internos con un exceso de corriente para producir la discontinuidad del circuito. Las primeras máquinas de programación de PROMs también fueron desarrolladas por ingenieros de la División Arma bajo la dirección del Sr. Chow y fueron ubicados el laboratorio Arma de Garden City, y en la jefatura del Comando estratégico aéreo de las Fuerzas Aéreas.



PROM D23128C en la placa base de una Sinclair ZX Spectrum

Memoria EPROM

EPROM son las siglas de *Erasable Programmable Read-Only*

Memory (ROM programable borrable). Es un tipo de chip de memoria ROM no volátil inventado por el ingeniero Dov Frohman de Intel.¹ Está formada por celdas de FAMOS (Floating Gate Avalanche-Injection Metal-Oxide Semiconductor) o "transistores de puerta flotante",² cada uno de los cuales viene de fábrica sin carga, por lo que son leídos como 1 (por eso, una EPROM sin grabar se lee como **FF** en todas sus celdas).

Las memorias EPROM se programan mediante un dispositivo electrónico, como el Cromemco Bytesaver, que proporciona voltajes superiores a los normalmente utilizados en los circuitos electrónicos. Las celdas que reciben carga se leen entonces como un 0.

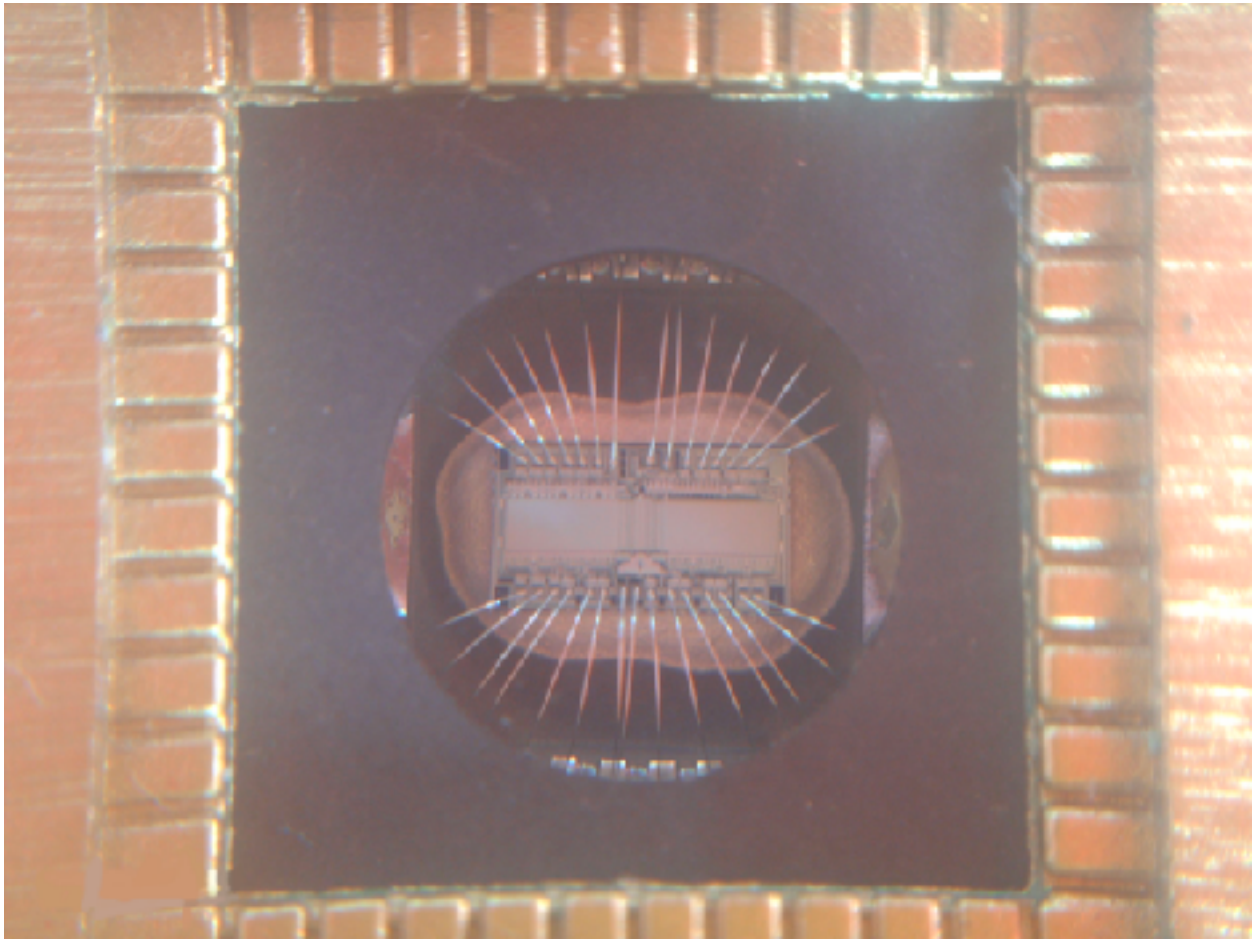
Una vez programada, una EPROM se puede borrar solamente mediante exposición a una fuerte luz ultravioleta.³ Esto es debido a que los fotones de la luz excitan a los electrones de las celdas provocando que se descarguen. Las EPROM se reconocen fácilmente por una ventana transparente en la parte alta del encapsulado, a través de la cual se puede ver el chip de silicio y que admite la luz ultravioleta durante el borrado.

Como el cuarzo de la ventana es caro de fabricar, se introdujeron los chips OTP (*One-Time Programmable*, programables una sola vez). La única diferencia con la EPROM es la ausencia de la ventana de cuarzo, por lo que no puede ser borrada. Las versiones OTP se fabrican para sustituir tanto a las EPROM normales como a las EPROM incluidas en algunos microcontroladores. Estas últimas fueron siendo sustituidas progresivamente por EEPROMs (para fabricación de pequeñas cantidades donde el coste no es lo importante) y por memoria flash (en las de mayor utilización).

Una EPROM programada retiene sus datos durante diez o veinte años, y se puede leer un número ilimitado de veces. Para evitar el borrado accidental por la luz del sol, la ventana de borrado debe permanecer cubierta. Las antiguas BIOS de los ordenadores personales eran frecuentemente EPROM y la ventana de borrado



EPROM de 32KB (256Kbit)



Vista detallada del interior de una memoria

estaba habitualmente cubierta por una etiqueta que contenía el nombre del productor de la BIOS, su revisión y una advertencia de copyright.

Una memoria EPROM puede ser borrada con una lámpara de luz UV, del tipo UV-C, que emita radiación en torno a los 2537 \AA (Angstrom) o 254 nm , a una distancia de unos $2,5 \text{ cm}$ de la memoria. La radiación alcanza las células de la memoria a través de una ventanilla de cuarzo transparente situada en la parte superior de la misma. Para borrar una EPROM se necesita que la cantidad de radiación recibida por la misma se encuentre en torno a los 15 W/cm^2 durante un segundo. El tiempo de borrado real suele ser de unos 20 minutos debido a que las lámparas utilizadas suelen tener potencias en torno a los 12 mW/cm^2 ($12 \text{ mW} \times 20 \times 60 \text{ s} = 14.4 \text{ W}$ de

potencia suministrada). Este tiempo también depende del fabricante de la memoria que se desee borrar. En este tiempo todos sus bits se ponen a 1. Es importante evitar la sobreexposición del tiempo de radiación a las EPROM; es decir, la potencia luminosa suministrada a la memoria, pues se produce un envejecimiento prematuro de las mismas.

Debido a que la radiación solar e incluso la luz artificial proveniente de tubos fluorescentes borra la memoria lentamente (de una semana a varios meses), es necesario tapar dicha ventanilla con una etiqueta opaca que lo evite, una vez que son grabadas.

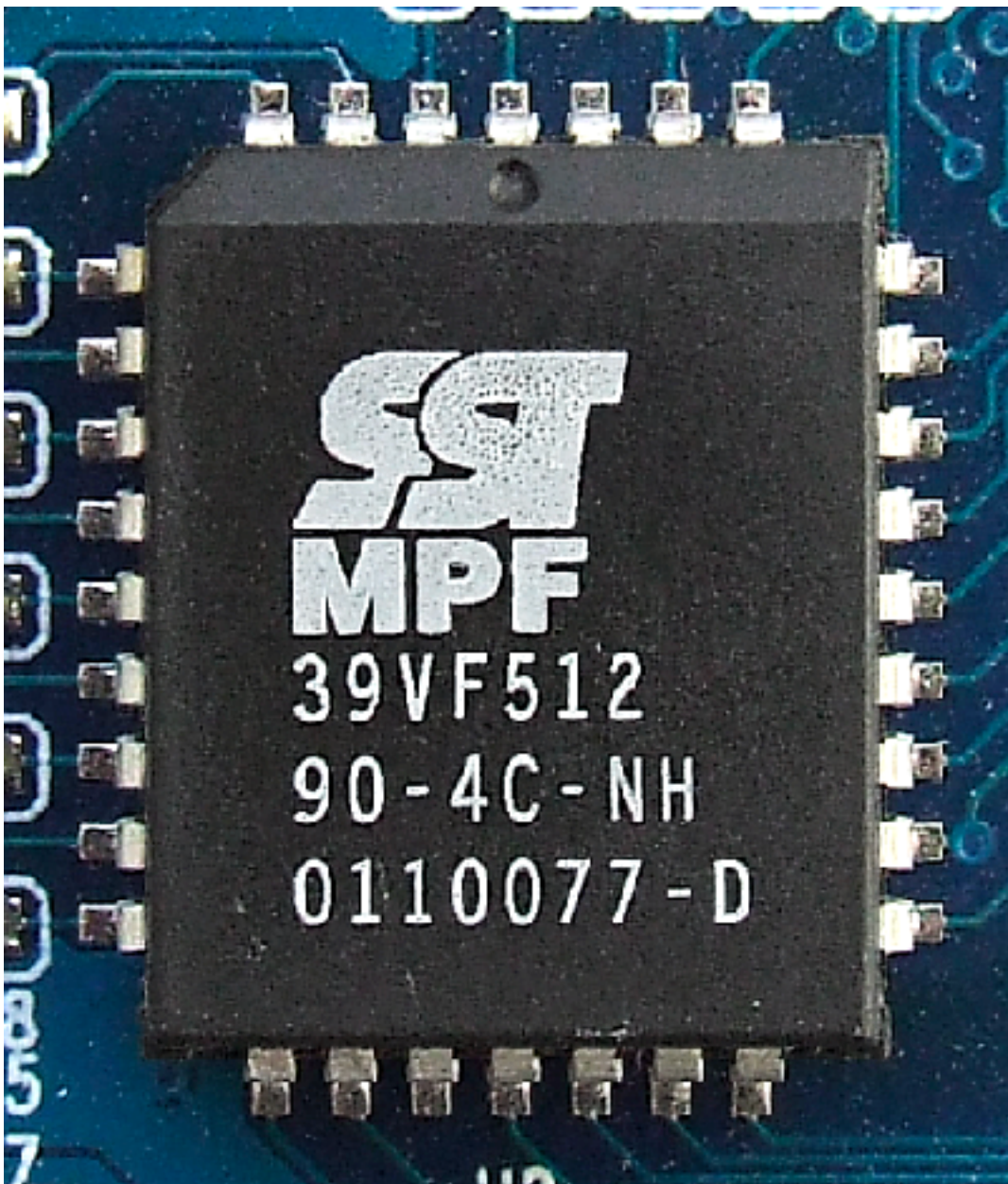
Se debe aclarar que una EPROM no puede ser borrada parcial o selectivamente; de ahí que por muy pequeña que fuese la eventual modificación a realizar en su contenido, inevitablemente se deberá borrar y reprogramar en su totalidad.

La única diferencia entre los 27256 y los 27C256 es que los 27256 usan NMOS mientras los 27C usan tecnología CMOS. CMOS solo consume potencia apreciable cuando una señal está cambiando. NMOS usa canal N FET's con elementos resistores, mientras CMOS evita las resistencias que desperdician energía por utilizar ambos canales N y P FET. Además los CMOS evitan la producción de calor, permitiendo arreglos más compactos de transistores de los que los NMOS son capaces. La alta densidad de elementos de los CMOS reduce las distancias de interconexión lo cual incrementa la velocidad. Además CMOS brilla cuando hay una cantidad limitada de energía como cuando se utiliza un sistema alimentado por baterías.

Se presentan algunos problemas en las EPROM CMOS usando programadores viejos, debido a las diferencias en los voltajes de programación, (CMOS tiene 12,5 Vpp). EPROM CMOS también requieren una fuente de voltaje, (Vcc), de exactamente 6 Voltios. CMOS son fáciles de borrar pero tienden a dañarse si son sobre expuestos a la luz UV.

Memoria EEPROM

EEPROM o **E²PROM** son las siglas de *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (ROM programable y borrrable eléctricamente). Es un tipo de memoria ROM que puede ser programada, borrada y reprogramada eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante un aparato que emite rayos ultravioleta. Son memorias no volátiles.



EEPROM de Silicon Storage Technology 39VF512

Las celdas de memoria de una EEPROM están constituidas por un transistor MOS, que tiene una compuerta flotante (estructura SAMOS), su estado normal está cortado y la salida proporciona un 1 lógico.

Aunque una EEPROM puede ser leída un número ilimitado de veces, sólo puede ser borrada y reprogramada entre 100.000 y un millón de veces.

Estos dispositivos suelen comunicarse mediante protocolos como I²C, SPI y Microwire. En otras ocasiones, se integra dentro de chips como microcontroladores y DSPs para lograr una mayor rapidez.

La memoria flash es una forma avanzada de EEPROM creada por el Dr. Fujio Masuoka mientras trabajaba para Toshiba en 1984 y fue presentada en la Reunión de Aparatos Electrónicos del IEEE de 1984. Intel vio el potencial de la invención y en 1988 lanzó el primer chip comercial de tipo NOR.

Memoria Flash

La **memoria flash** permite la lectura y escritura de múltiples posiciones de memoria en la misma operación. Gracias a ello, la tecnología *flash*, mediante impulsos eléctricos, permite velocidades de funcionamiento superiores frente a la tecnología EEPROM primigenia, que solo permitía actuar sobre una única celda de memoria en cada operación de programación.

Se trata de la tecnología empleada en las memoria USB , unidades de estado sólido y las actuales BIOS.

La historia de la memoria flash siempre ha estado muy vinculada con el avance del resto de las tecnologías a las que presta sus servicios

como *routers*, módems, BIOS de las PC, *wireless*, etcétera. En 1984, fue Fujio

Masuoka quien inventó este tipo de memoria como evolución de

las EEPROM existentes por aquel entonces.¹ Intel intentó atribuirse la creación de esta sin éxito, aunque sí comercializó la primera memoria flash de uso común.{{sin referencias:}} En los periféricos se encuentran el : {{fax-Módem,tarjeta de red. Entre

los años 1994 y 1998, se desarrollaron los principales tipos de memoria conocidas, como la SmartMedia o la CompactFlash. La tecnología pronto planteó aplicaciones en otros campos. En 1998, la compañía *Río* comercializó el primer reproductor de audio digital sin piezas móviles aprovechando el modo de funcionamiento de la memoria flash. Este producto inauguraría una nueva clase de reproductores que causarían una revolución en la industria musical llevando al escándalo Napster, el lanzamiento del iPod y el eventual reemplazo de los reproductores de cinta y CD.



En 1994, SanDisk comenzó a comercializar tarjetas de memoria (CompactFlash) basadas en estos circuitos, y desde entonces la evolución ha llegado a pequeños dispositivos de mano de la electrónica de consumo como reproductores de MP3 portátiles, tarjetas de memoria para videoconsolas y teléfonos móviles, capacidad de almacenamiento para las PC Card que permiten conectar a redes inalámbricas y un largo etcétera, incluso llegando a la aeronáutica espacial.

Económicamente hablando, el precio en el mercado cumple la ley de Moore aumentando su capacidad y disminuyendo el precio.

Algunas de sus ventajas son una gran resistencia a los golpes, tiempos de acceso más rápidos, bajo consumo de energía y un funcionamiento silencioso, ya que no contiene actuadores mecánicos ni partes móviles comparados con un disco duro convencional. Su pequeño tamaño también es un factor determinante a la hora de escoger para un dispositivo portátil, así como su ligereza y versatilidad para todos los usos hacia los que está orientado. En vista de ello, comienzan a popularizarse las unidades SSD que usan memoria flash en lugar de platos.

Sin embargo, todos los tipos de memoria flash solo permiten un número limitado de escrituras y borrados, generalmente entre 10.000 y un millón, dependiendo de la celda, de la precisión del proceso de fabricación y del voltaje necesario para su borrado. Además su relación costo capacidad es menos favorable respecto a otros medios como los discos ópticos y los discos duros.

Este tipo de memoria está fabricado con puertas lógicas NOR y NAND para almacenar los ceros (0) o unos (1) correspondientes.

Los sistemas de ficheros para estas memorias están en pleno desarrollo aunque ya en funcionamiento como por ejemplo JFFS originalmente para NOR, evolucionado a JFFS2 para soportar además NAND o YAFFS, ya en su segunda versión, para NAND. Sin embargo, en la práctica se emplea un sistema de ficheros FAT por compatibilidad, sobre todo en las unidades de memoria extraíble.

Otra característica ha sido la resistencia térmica de algunos encapsulados de tarjetas de memoria orientadas a las cámaras digitales de gama alta. Esto permite funcionar en condiciones extremas de temperatura como desiertos o glaciares ya que el rango de temperaturas soportado abarca desde los -25°C hasta los 85°C . Las aplicaciones más habituales son:

- Las memorias USB que, además del almacenamiento, puede incluir otros servicios como, lector de huella digital, radio FM, grabación de voz y, sobre todo como reproductores portátiles de MP3 y otros formatos de audio.
- Las PC Card (descontinuado).
- Las tarjetas de memoria flash que son usadas para almacenar fotos y videos en las cámaras digitales. También son comunes en los teléfonos móviles y tabletas para ampliar la capacidad de almacenamiento.

Existen varios estándares de encapsulados promocionados y fabricados por la mayoría de las multinacionales dedicadas a la producción de hardware. Los más comunes hoy en día son Secure Digital, Compact Flash y Memory Stick.

Flash, como tipo de EEPROM que es, contiene una matriz de celdas con un transistor evolucionado con dos puertas en cada intersección.

Tradicionalmente solo almacenan un bit de información. Las nuevas memorias flash, llamadas también dispositivos de celdas multinivel, pueden almacenar más de un bit por celda variando el número de electrones que almacenan.

Estas memorias están basadas en el transistor FAMOS (*Floating Gate Avalanche-Injection Metal Oxide Semiconductor*) que es, esencialmente, un transistor NMOS con un conductor (basado en un óxido metálico) adicional localizado o entre la puerta de control (CG – Control Gate) y los terminales fuente/drenador contenidos en otra puerta (FG – Floating Gate) o alrededor de la FG conteniendo los electrones que almacenan la información.

El futuro del mundo de la memoria flash es bastante alentador, ya que se tiende a la ubicuidad de las computadoras y electrodomésticos inteligentes e integrados y, por ello, la demanda de memorias pequeñas, baratas y flexibles seguirá en alza hasta que aparezcan nuevos sistemas que lo superen tanto en características como en costo. En apariencia, esto no parecía muy factible ni siquiera a medio plazo ya que la miniaturización y densidad de las memorias flash estaba todavía lejos de alcanzar niveles preocupantes desde el punto de vista físico. Pero con la aparición del memristor el futuro de las memorias flash comienza a opacarse. El desarrollo de las memorias flash es, en comparación con otros tipos de memoria sorprendentemente rápido tanto en capacidad como en velocidad y prestaciones. Sin embargo, los estándares de comunicación de estas memorias, de especial forma en la comunicación con los PC es notablemente inferior, lo que puede retrasar los avances conseguidos.

La apuesta de gigantes de la informática de consumo, como AMD y Fujitsu, en formar nuevas empresas dedicadas exclusivamente a este tipo de memorias, como *Spansion*^(en) en julio de 2003, auguran fuertes inversiones en investigación, desarrollo e innovación en un mercado que en 2005 seguía creciendo y que registró en 2004 un crecimiento asombroso hasta los 15.000 millones de dólares (después de haber superado la burbuja tecnológica del llamado "boom punto com") según el analista de la industria Gartner, que avala todas estas ideas.

Es curioso que esta nueva empresa, concretamente, esté dando la vuelta a la tortilla respecto a las velocidades con una técnica tan sencilla en la forma como compleja en el fondo de combinar los dos tipos de tecnologías reinantes en el mundo de las memorias flash en tan poco tiempo. Sin duda se están invirtiendo muchos esfuerzos de todo tipo en este punto.

Sin embargo, la memoria flash se seguirá especializando fuertemente, aprovechando las características de cada tipo de memoria para funciones

concretas. Supongamos una Arquitectura Harvard para un pequeño dispositivo como un PDA; la memoria de instrucciones estaría compuesta por una memoria de tipo ORNAND (empleando la tecnología *MirrorBit* de segunda generación) dedicada a los programas del sistema, esto ofrecería velocidades sostenidas de hasta 150 MB/s de lectura en modo ráfaga según la compañía con un costo energético ínfimo y que implementa una seguridad por hardware realmente avanzada; para la memoria de datos podríamos emplear sistemas basados en puertas NAND de alta capacidad a un precio realmente asequible. Solo quedaría reducir el consumo de los potentes procesadores para PC actuales y dispondríamos de un sistema de muy reducidas dimensiones con unas prestaciones que hoy en día sería la envidia de la mayoría de las computadoras de sobremesa. Y no queda mucho tiempo hasta que estos sistemas tomen, con un esfuerzo redoblado, las calles.

Cualquier dispositivo con datos críticos empleará las tecnologías basadas en NOR u ORNAND si tenemos en cuenta que un fallo puede hacer inservible un terminal de telefonía móvil o un sistema médico por llegar a un caso extremo. Sin embargo, la electrónica de consumo personal seguirá apostando por las memorias basadas en NAND por su inmensamente reducido costo y gran capacidad, como los reproductores portátiles de MP3 o ya, incluso, reproductores de DVD portátiles. La reducción del voltaje empleado (actualmente en 1,8 V la más reducida), además de un menor consumo, permitirá alargar la vida útil de estos dispositivos sensiblemente. Con todo, los nuevos retos serán los problemas que sufren hoy en día los procesadores por su miniaturización y altas frecuencias de reloj de los microprocesadores.

Los sistemas de ficheros para memorias flash, con proyectos disponibles mediante CVS (*Concurrent Version System*) y código abierto permiten un desarrollo realmente rápido, como es el caso de YAFFS2, que, incluso, ha

conseguido varios patrocinadores y hay empresas realmente interesadas en un proyecto de esta envergadura.

La integración con sistemas inalámbricos permitirá unas condiciones propicias para una mayor integración y ubicuidad de los dispositivos digitales, convirtiendo el mundo que nos rodea en el sueño de muchos desde la década de 1980. Pero no solo eso, la Agencia Espacial Brasileña, por citar una agencia espacial, ya se ha interesado oficialmente en este tipo de memorias para integrarla en sus diseños; la NASA ya lo hizo y demostró en Marte su funcionamiento en el Spirit (*rover* de la NASA, gemelo de Opportunity), donde se almacenaban incorrectamente las órdenes como bien se puede recordar. Esto solo es el principio. Y más cerca de lo que creemos. Intel asegura que el 90 % de los PC, cerca del 90 % de los móviles, el 50 % de los módems, etc., en 1997 ya contaban con este tipo de memorias.

Memoria FIFO

Los *FIFO* se usan comúnmente en circuitos de electrónica para almacenaje y hacer control de flujo. Hablando de hardware, un *FIFO* consiste básicamente en un conjunto de punteros de lectura/escritura, almacenamiento y lógica de control. El almacenamiento puede ser *SRAM*, *flip-flops*, *latches* o cualquier otra forma adecuada de almacenamiento. Para *FIFO* de un tamaño importante se usa usualmente una *SRAM* de doble puerto, donde uno de los puertos se usa para la escritura y el otro para la lectura.

Un «*FIFO* síncronico» maneja el mismo reloj tanto para las lecturas como para las escrituras. Un «*FIFO* asíncronico» es aquel que utiliza diferentes relojes uno para lectura y otro para la escritura. Cuando se habla de *FIFO* asíncronico se introduce el tema de la meta-estabilidad.

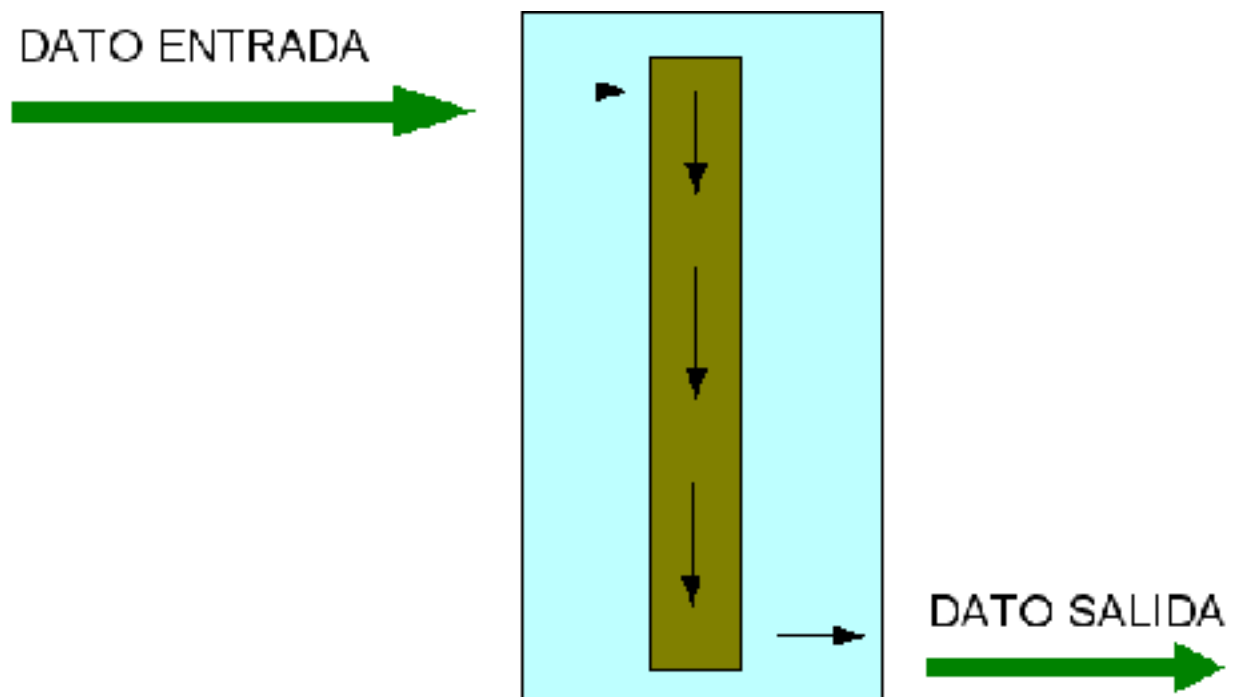
Una implementación común de un *FIFO* asíncronico usa un código Gray (o cualquier código de unidad de distancia) para los punteros de lectura y escritura de modo de asegurarse una generación de banderas (*flags*) segura/estable. Otra

nota adicional respecto de la generación de banderas es que uno debe necesariamente usar punteros aritméticos para generar banderas para implementaciones asincrónicas de *FIFO*.

Por otro lado, uno puede usar tanto un acercamiento *leaky bucket* o punteros aritméticos para generar banderas en una implementación *FIFO* sincrónica.

En FIFO, se pueden enumerar:

- *full* (lleno),
- *empty* (vacío),
- *almost full* (casi lleno),
- *almost empty* (casi vacío).



Esquema de funcionamiento de una cola FIFO

Memoria NVRAM

La **memoria no volátil de acceso aleatorio**, referida a veces por sus siglas en inglés **NVRAM** (*Non-volatile random access memory*) es un tipo de memoria de acceso aleatorio que, como su nombre indica, no pierde la información almacenada al interrumpirse la alimentación eléctrica.

En los enrutadores se utiliza para almacenar un archivo de configuración de respaldo/inicio.

La mayoría de memorias NVRAM son memorias flash ya que son muy usadas para teléfonos móviles y reproductores portátiles de audio.

La necesidad de mantener los datos, incluso cuando cesa la alimentación, motivó el surgimiento de diversos tipos de memorias ROM reprogramables:

eléctricamente alterables - EAROM, eléctricamente borrables - EEPROM, programables y borrables - EPROM y flash EEPROM. Cada nuevo tipo mejora la facilidad de grabación y duración de los datos, pero distan de poder utilizarse como memoria RAM.

Para obtener una memoria de escritura rápida y de un número ilimitado de ciclos de escritura existen dos estrategias diferentes:

La primera, propuesta por Dallas Semiconductor, consiste en un circuito híbrido que integra una RAM cmos de bajo consumo, una pila de litio y un controlador, que consiste en un monitor de tensión y la lógica necesaria para inhibir la escritura y mantener los buses en alta impedancia cuando la tensión está fuera de especificaciones. Esta solución aprovecha las ventajas de las CMOS-RAM:

velocidad y bajo consumo, y la larga duración de las pilas de litio (unos diez años).

Otros modelos incluyen reloj en tiempo real y otras prestaciones.

La segunda estrategia consiste en superponer una RAM a una EEPROM, bit a bit. En funcionamiento normal los datos se escriben y leen de la RAM, pero ante un pulso de "retención", el contenido de la RAM pasa a la EEPROM en paralelo. Estas

EEPROM pueden mantener los datos sin alimentación más de 10 años, superando la vida de pila de litio. El pulso de retención lo puede generar tanto un monitor de tensión interno como una señal generada externamente. Estas memorias necesitan que la alimentación se extinga lo suficientemente despacio como para permitir que se complete la grabación de los datos. En la práctica, los condensadores de la alimentación son suficientes. Cuando la alimentación vuelve a su valor nominal, los datos pasan de la EEPROM a la RAM.



Memoria NVRAM de Dallas Semiconductor

Bibliografía

- Mano, M. (2003). *Diseño digital*. Pearson Prentice Hall Editores. México, Tercera Edición, 522 págs. ISBN-10: 970-26-0438-9.
- Parhami, Behrooz (2007). *Arquitectura de Computadoras: De los Microprocesadores a las Supercomputadoras*. Mc Graw Hill, 2007. ISBN-10: 9701061462.
- Pedroni, V.A. (2004). *Circuit design with VHDL*. MIT Press Edition. Cambridge, Massachusetts, 2004, 363 pags. ISBN-10: 0-262-16224-5.
- Petterson, D. A. Hennessy, J. L. (2008). *Computer organization and design*. USA: The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and design. ISBN-10: 0123744938.
- Stallings W. (2005). *Organización y Arquitectura de Computadores*. España: Perason Educación. Séptima edición. ISBN-10: 84-8966-082-4.