

LA MEMORIA, EL OBSTÁCULO DEL PROGRESO EN LA ERA POSTMOORE

Paola Caicedo, Karoll Contreras y Edward Caballero

Universidad Industrial de Santander, Decanato de Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas, Colombia

paolacaicedouis@gmail.com

karollconcal@gmail.com

eduardcaballerop@gmail.com

Abstract—The processor isn't the only responsible for the quickness of your computer, the fact in speed of this its restricted by a system of different memories that manage the computer data, this is why the technologies focused into computer hardware development are investing in the technological advance of this subsystem on the PostMoore Era. This is the discussion topic in the document, which is the search of alternatives for the computer memory performance development, explaining the importance of the memory for the computational architecture advancement in the Postmoore Era.

procesador como componente independiente no define la rapidez y/o desempeño de un computador.

Procesador	Año	Nº de Transistores	Tecnología (micras)
4004	1971	2.250	10
8008	1972	3.500	10
8080	1974	6.000	6
8086	1978	29.000	3
286	1982	134.000	1.5
386	1985	275.000	1
486DX	1989	1.200.000	0.8
Pentium	1993	3.100.000	0.8
Pentium II	1997	7.500.000	0.35
Pentium III	1999	28.000.000	0.18
Pentium4	2002	55.000.000	0.13

I. RESUMEN

El procesador no es el único responsable de la rapidez de su ordenador, de hecho la rapidez de este es limitada por un sistema de diferentes memorias que gestionan los datos en su ordenador, por lo que las tecnologías enfocadas al desarrollo del hardware en la computación, están invirtiendo en el avance tecnológico de este subsistema en la Era PostMoore. En este tema es en lo que se centra el documento, que es la búsqueda de alternativas para el desarrollo de la rapidez de las memorias, ilustrando la importancia de la memoria para el avance de la arquitectura computacional en la Era PostMoore.

II. INTRODUCCIÓN

En Xataka [1] se dice que el 19 de abril de 1965, Gordon Earl Moore publicaba una editorial en la revista Electronics que cambió el cómo entendíamos la tecnología. En ella aseguraba que la complejidad de los circuitos integrados se duplicaría cada año (luego se modificó para fijar el periodo de dos años), a la vez que los precios y costes de fabricación se verían reducidos.

Cincuenta años después se conoce esta afirmación como la Ley de Moore, un exponente de la tecnología que se ha ido cumpliendo generación tras generación, pero con muchas dudas al respecto. Esta ley se volverá obsoleta a mediados del año 2025, esto debido a que el

Tabla 1. Procesadores y número de transistores. Ley de Moore

Aunque la Ley de Moore fallará esto no implica que la rapidez de los ordenadores no seguirá aumentando, los estudios que actualmente se realizan están enfocados en seguir aumentando la rapidez de un computador por métodos diferentes a el que se ha venido utilizando (incrementar el número de transistores), aplicando métodos innovadores, por lo que ya no solo se enfocan en el procesador sino también en la memoria del dispositivo. Y estos estudios relacionados con el avance de la memoria son los que procederemos a exponerles en este artículo, con un fin netamente informativo.

III. ESTADO DEL ARTE

La Ley de Moore es una ley que propuso Gordon E. Moore resultado de la observación experimental, el cual propone que aproximadamente cada 2 años la cantidad de transistores en un microprocesador sería duplicada. Pero el incremento del número de los transistores aumenta el consumo energético y el calor que puede emitir un microprocesador, alcanzando los límites físicos. Por lo que para aumentar la eficiencia de un chip es necesario encontrar

soluciones alternativas al aumento del número de transistores y a este hecho se le conoce como Era Post-Moore.

Para reforzar la idea de Era Post-Moore cito el siguiente párrafo: “impulsar el rendimiento de la computadora más allá de los límites de escalado de la ley de Moore probablemente requerirá un replanteamiento integral de las tecnologías, desde materiales hasta dispositivos, circuitos y arquitecturas. Las nuevas tecnologías innovadoras como la computación cuántica, neuromórfica, aproximada y estocástica pueden proporcionar soluciones a estos desafíos, mientras que las nuevas estrategias de integración, como el apilamiento en 3D, están madurando para proporcionar opciones arquitectónicas adicionales.”[2]

Una de estas alternativas es la tecnología ofrecida por los procesadores cuánticos pero otros componentes se les quedan cortos a la eficiencia que ofrece este procesador, esto crea un *cuello de botella*, pues aunque el procesador es eficaz esta no es reflejada por el ordenador. De ahí a que el foco de investigación se dirija más a otros componentes, como la memoria.

IV. ¿POR QUÉ LA MEMORIA ES CLAVE?

Es claro que Intel y AMD han influenciado la creencia que lo que vuelve potente a un computador u ordenador es la rapidez de su procesador o la cantidad de núcleos que estos poseen, estas empresas nos han convencido de esto a través de su publicidad y de los nombres que le ponen a sus procesadores, llevan compitiendo por esto durante ya bastante tiempo, lo que no nos dicen es que no importa que tan veloz es un procesador si la memoria no es lo suficientemente rápida en el momento de almacenar la información y proveer más operaciones al procesador, entonces su potente procesador no podrá realizar su función y le tocará esperar a que la memoria haga la suya.

Por lo que el procesador no puede aprovechar toda su eficacia y tecnología, la siguiente gráfica (Figura 1) revela el gran abismo tecnológico que presentan estos tan importantes componentes de la arquitectura computacional.

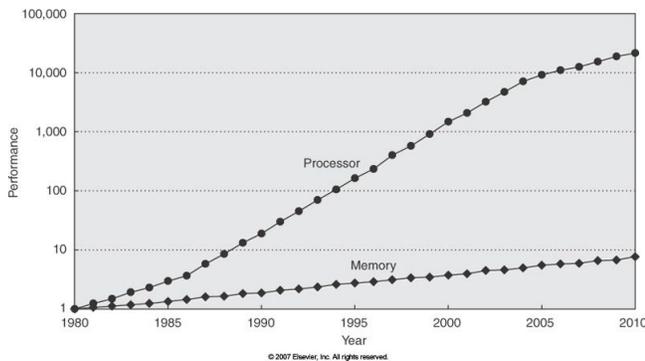


Fig 1. Rendimiento del CPU vs Memoria

Para entender mejor cómo trabajan en conjunto estos componentes, hay que ver el computador como una fábrica, más concretamente una fábrica de operaciones. Entonces la memoria es como el inventario, acá se guarda lo que falta por procesar y lo que ya ha sido procesado. Los procesadores son tan potentes que las memorias a duras penas pueden mantener el caudal de datos que pueden manejar esas CPUs y GPUs y ya que la memoria tiene millones de datos almacenados, cuando el procesador termina una operación, la memoria debe guardar el resultados e ir a buscar lo que falta por procesar. El problema existente es que como esta guarda una gran cantidad de datos, es demasiado lenta para encontrar lo que necesita.

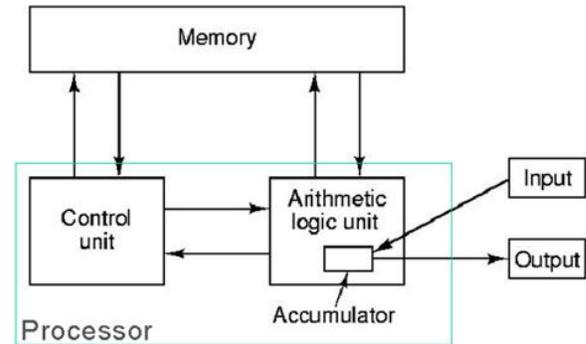


Fig 2. Arquitectura de un computador, memoria/procesador.

En la figura 2, se puede observar de forma gráfica cómo interactúan estos importantes componentes. Ahora bien, el mayor problema de la memoria como ya lo mencionamos, es la búsqueda de los archivos, este está siendo tratado de diferentes formas. Actualmente el método más usado es creando diferentes memorias con diferentes tipos de funciones específicas.

En principio solo existía otro tipo de memoria a parte del disco duro conocida como la memoria RAM, esta trabaja en conjunto con el disco duro y el procesador, es rápida a la hora de buscar y mandar información al procesador. Por este motivo cuando encendemos el computador lo que este hace es pasar todos los programas y archivos necesarios para el sistema operativo del Disco Duro a la memoria RAM, del mismo modo cuando se apaga este guarda los datos de la RAM al Disco Duro.

La memoria RAM aún existe en nuestros equipos y aunque resuelve hasta cierto punto ese problema de rapidez también se queda corta al procesador, por este motivo un solo computador puede llegar a tener más de tres tipos de memorias aparte de la RAM.

V. TIPOS DE MEMORIA

Las memorias más usadas aparte de la RAM son la HDD, SSD, SRAM y las VRAM. Para poder entender cuán diferentes son entre sí

estos componentes, a continuación se muestran las principales características de estos.

La HDD (unidades de disco duro) almacena información, grandes archivos y carpetas a largo plazo, cuando el archivo que se está leyendo se ha escrito secuencialmente, el disco duro lo lee rápidamente. Sin embargo, a medida que el disco se llena de datos, es fácil que un archivo se escriba en varias secciones. Esto se denomina "fragmentación" y lleva los archivos a tomar más tiempo para leer lo cual hace que esta memoria sea lenta. Es *no volátil*.

La SSD (unidades de estado sólido) es como un HDD guarda, busca y copia información pero es 10 veces más rápida ya que los archivos se pueden escribir esporádicamente en celdas, y de hecho están diseñados para hacerlo con poco impacto en los tiempos de lectura ya que cada celda se accede simultáneamente. Este acceso fácil y simultáneo significa que los archivos se leen a velocidades increíblemente rápidas, independientemente de la fragmentación. Esta velocidad de lectura más rápida viene con una captura. Las celdas SSD pueden desgastarse con el tiempo ya que estas empujan los electrones a través de una puerta para establecer su estado. Este proceso se desgasta en la celda y con el tiempo reduce su tiempo de funcionamiento hasta que la SSD se agota. Este tipo de memorias entre más son usadas más van perdiendo su capacidad de guardar información.

La SRAM (memoria de acceso aleatorio estática) es un paso intermedio entre la RAM y el HDD, el tiempo de acceso es de aproximadamente 10 nanosegundos mientras la DRAM (memoria dinámica de acceso aleatorio) es de aproximadamente 60 nanosegundos por lo tanto esta es más veloz que la DRAM. Esta memoria es muy costosa y ocupa mucho más espacio físico para guardar un bit de memoria; debido a su tamaño condensado no es ideal para la memoria principal. La SRAM es más adecuada para operaciones secundarias como la memoria caché rápida de la CPU y el almacenamiento de registros. Es *no volátil*.

Las VRAM (memoria gráfica de acceso aleatorio) es un poco más lenta que la RAM pero da varios resultados a la vez, esta es la memoria utilizada para almacenar los datos de imagen que muestra la computadora; actúa como un buffer entre la CPU y la tarjeta de video.

Todas o algunas memorias (según el computador) trabajan en conjunto con el fin de abastecer al procesador. Y aun así, no pueden conseguirlo. Por este motivo es necesario enfocarse un poco más en el proceso de las memorias.

VI. TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS

A continuación trataremos las diferentes soluciones que describen algunos artículos respecto al tema.

En primer lugar está el artículo [3] titulado Heterogeneous Computing Meets Near-Memory Acceleration and High-Level Synthesis in the Post-Moore Era, en este artículo se comenta que en

la computación heterogénea en la Era Post-Moore ha mejorado el rendimiento considerablemente, pero como ya se ha comentado antes esta mejora conlleva a un problema de memoria, ya que esta computación heterogénea requiere un ancho de banda de memoria mayor al que exige la computación homogénea tradicional.

Para dar solución a este problema, un conjunto de investigadores han propuesto una arquitectura de aceleración de memoria cercana, aprovechando la integración de nuevas tecnologías, pero para esto requieren sobrepasar la barrera de los costos y las limitaciones de estas nuevas tecnologías.

Esta propuesta de arquitectura que brindan los investigadores es menos costosa y mas practica, ya que esta no depende de las tecnologías emergentes, como sí lo requieren otras arquitecturas de aceleración de memoria cercana. Ellos demuestran la veracidad y practicidad de esta arquitectura utilizando una reciente plataforma experimental para permitir que la interfaz de memoria patentada de los sistemas IBM Power8 admiten varios módulos de memoria especializada (DDR, DIMM, NVDIMM).

A. Los módulos DRAM emergentes

La DRAM mantiene un equilibrio en capacidad, ancho de banda y costo, por lo tanto sigue siendo la tecnología más usada e importante para la memoria de los procesadores y aceleradores de propósito general. Mientras tanto, los sistemas heterogéneos, exigen más ancho de banda de DRAM cuando se ejecutan aplicaciones potentes, porque los aceleradores consumen datos mucho más rápido que los procesadores convencionales.

El ancho de banda de la tecnología DRAM convencional no ha incrementado significativamente debido a limitaciones y costos tecnológicos Además, las interconexiones se han escalado a un ritmo mucho más lento y esto aumenta significativamente la fracción de energía de transferencia de datos en la energía total del sistema y, por lo tanto, limita fundamentalmente la eficiencia energética obtenida por los aceleradores.

Lo que ha motivado a aprovechar los módulos DRAM emergentes, como Hybrid Memory Cube (HMC) y High Bandwidth Memory (HBM), que hace más fácil la integración 3D de DRAM con aceleradores y exploran varias arquitecturas de aceleración cercana DRAM (NDA) para conseguir el rendimiento y los beneficios de eficiencia energética de ambos aceleradores y procesamiento near-DRAM.

B. Aceleración de memoria cercana en la tarjeta ConTutto

ConTutto es una tarjeta de memoria basada en FPGA que se conecta en la ranura de memoria DMI de un IBM Power8.

Se pueden usar diferentes tecnologías de memoria de las que se mencionan anteriormente.

El IBM Zurich Research Laboratory está investigando sistemas informáticos híbridos que descargan parte del procesamiento en aceleradores programables de memoria cercana que integran estrechamente el cálculo con la operación de la memoria principal.

Además de explotar un concepto centrado en datos para limitar las transferencias de datos, esta investigación apunta a mejorar aún más la eficiencia energética, al permitir que el sistema de memoria juegue un papel más importante en la optimización de la carga de trabajo al permitir diferentes formas de adaptar el funcionamiento del sistema de memoria al comportamiento de la carga de trabajo y explotando una arquitectura novedosa y un modelo de programación para reducir la programabilidad y los gastos generales relacionados en comparación con las arquitecturas tradicionales.

El dispositivo FPGA en una placa ConTutto es un Stratix V de gama alta, y una gran parte de los recursos no se utiliza después de implementar la función principal como una interfaz de memoria intermedia entre DMI y DDR. Aprovechando los recursos FPGA no utilizados, podemos implementar aceleradores en el dispositivo FPGA. Es decir, una placa ConTutto se puede programar en una plataforma para arquitecturas NDA similar a la arquitectura NDA presentada en esta sección, lo que demuestra la practicidad y verosimilitud de la arquitectura NDA presentada. Finalmente, debido a que múltiples placas ConTutto pueden conectarse a las ranuras de memoria de un sistema IBM Power8 y cada placa ConTutto proporciona dos canales DDR DRAM (es decir, doblando el ancho de banda DRAM por canal)

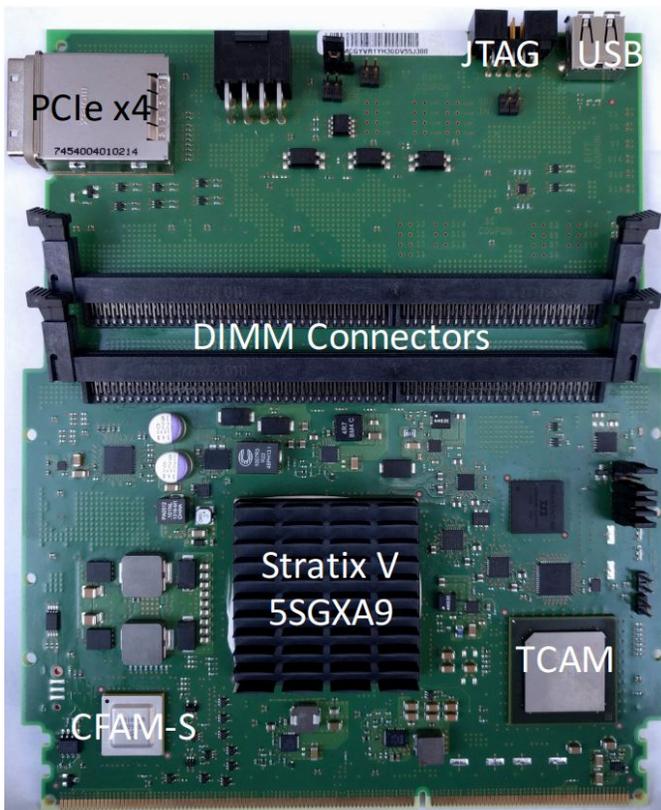


Fig 3. Tarjeta ConTutto

C. Aceleración de la memoria DIMM de carga reducida

El módulo de memoria dual en línea DIMM es un módulo que contiene una placa de circuito más un chip de memoria de acceso

aleatorio, de este tipo de memoria surge el LRDIMM que usa un dispositivo repetidor RCD (Controlador de Reloj de Registro) y una memoria de datos (DB).

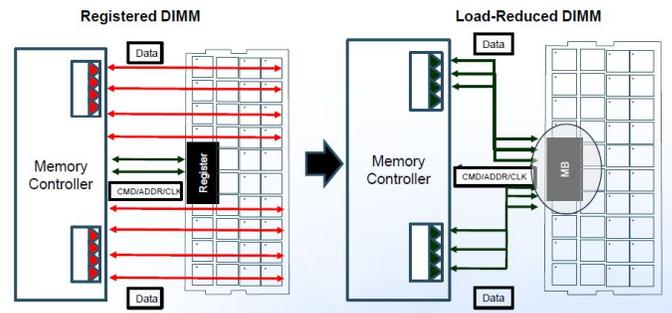


Fig 4. Memoria DIMM

Este tipo de memoria se utiliza comúnmente para proporcionar hasta ocho veces más capacidad de memoria principal que los DIMM sin búfer (UDIMM) sin sacrificar el ancho de banda máximo de los dispositivos DDR4 básicos usando un chip o chips de memoria intermedia en lugar de un registro.

> Problemas de la LRDIMM

La memoria cuenta con unas características que la hacen ser mejor que otras, sin embargo, esta presenta algunos problemas, ya que al poderse aumentar el número de módulos DIMM, la latencia de la línea de datos aumentaría y se requerirá más tiempo de escritura/lectura.

D. Memoria NVDIMM

Un NVDIMM (módulo de memoria dual en línea no volátil) es una memoria de computadora híbrida que conserva los datos durante una interrupción del servicio. Los NVDIMM integran memoria flash NAND no volátil con memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM) y energía de respaldo dedicada en un único subsistema de memoria.

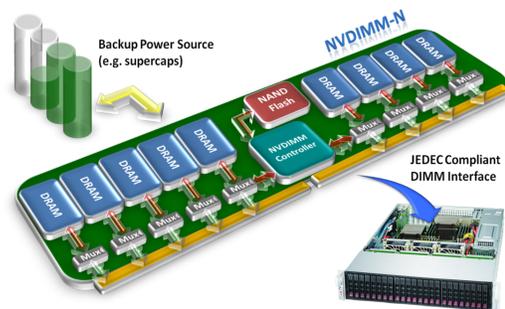


Fig 5. Memoria NVDIMM

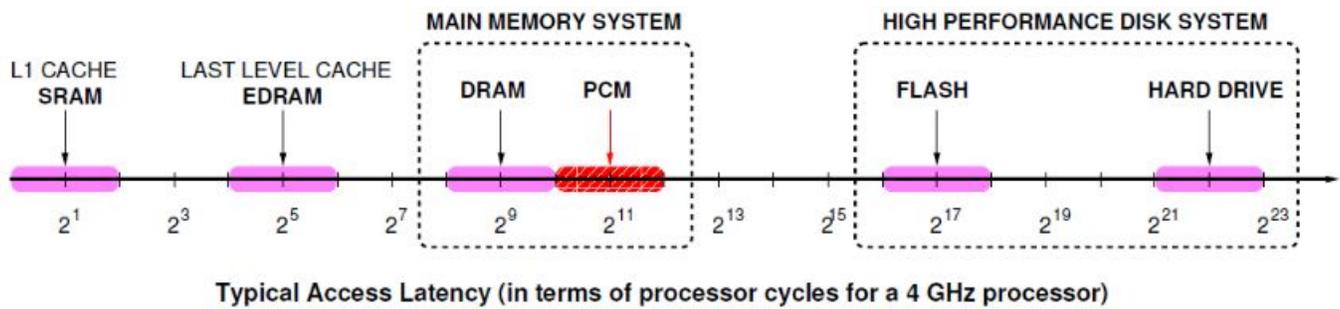


Fig 6. Latencia de diferentes tecnologías en la jerarquía de la memoria. Números precisos dentro de un factor de dos. [4]

El factor de forma NVDIMM se conecta a un conector DIMM estándar en un bus de memoria. La memoria flash en el módulo se utiliza exclusivamente para realizar copias de seguridad y restaurar el almacenamiento en DRAM.

Las tarjetas DIMM no volátiles se pueden usar para ampliar la memoria del sistema o proporcionar almacenamiento de alto rendimiento. Un NVDIMM es uno de varios tipos de DIMM híbridos en el mercado.

E. La memoria de cambio de fase (PRAM)

Por otro lado se están creando y perfeccionando tecnologías, como por ejemplo la que se menciona en el artículo [4], el cual nos explica el funcionamiento de las memorias de material de cambio de fase o también conocidas memorias PRAM o PCM.

Según [5] este tipo de memoria pretende reemplazar la memoria FLASH ya que en [6] dice que es usada en muchos dispositivos como en Modems, Routers y en la BIOS de los PC entre otros. Aunque también se habla de reemplazar la DRAM por la memoria FLASH ya que la memoria flash consume menos energía, pero esto no ha sido posible debido a la lentitud de esta con respecto a la RAM. Por lo que la PRAM no sólo reemplazaría la FLASH sino podría reemplazar también la DRAM.

En la figura 6 se puede apreciar la latencia en cuanto a respuesta de datos por parte de algunas de las memorias que ya mencionamos, esta latencia se puede traducir como; entre más latencia tiene una memoria más lenta es en dar una respuesta. Como podemos apreciar la PRAM supliría la deficiencia de rapidez de la memoria FLASH por este motivo es mejor opción para reemplazar a la DRAM. Otro aspecto a tener en cuenta es que la PRAM puede soportar 1000 veces más escrituras que Flash. Pero la PRAM tiene algunas falencias que expondremos más adelante una vez comprendido cómo funciona esta tecnología.

Ya conociendo el impacto tecnológico que conlleva el desarrollo de la PRAM, me en detalle cómo funciona. Como ya comentamos la PRAM es una memoria que se basa en el material de cambio de fase, esto quiere decir que esta memoria se basa entre el cambio de los estados específicamente entre el estado cristalino y el estado amorfo de un material conocido como vidrio calcógeno.

➤ Estructura de la PRAM

La memoria PRAM lo que hace es cambiar de un estado a otro con pulsos eléctricos, los dos estados (el cristalino y el amorfo) poseen resistividad diferente debido a esto modifica el voltaje para expresar un nivel de voltaje lógico. Por lo que cuando se apage el computador el estado de dicho material prevalecerá, esto implica que la memoria sea una memoria no volátil.

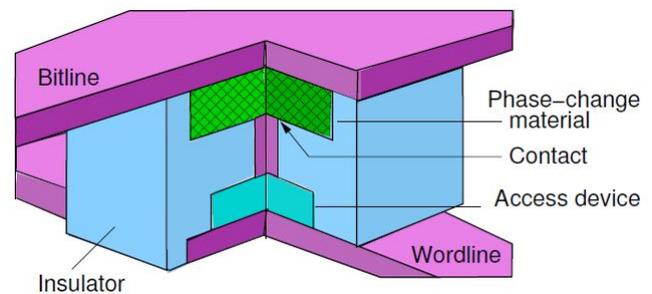


Fig 7. Arquitectura típica de un dispositivo de cambio de fase. [4]

La figura 7 nos muestra la estructura base de las memorias PRAM el material de cambio de fase se encuentra en medio de dos electrodos junto con un calentador, este calentador es el que proporciona el cambio de fase del vidrio calcógeno. Este material de cambio de fase, tiene una temperatura de cristalización, si la temperatura del calentador sobrepasa dicha temperatura pero no sobrepasa la temperatura de fusión se inducirá sobre el material un estado de cristalización que da como resultado una celda de memoria de baja resistencia u oposición a la electricidad.

➤ Problemas de la PRAM

Teniendo en cuenta el funcionamiento básico de este tipo de memoria podemos inferir el mayor problema de esta memoria.

Como se menciona en [5], esta tecnología depende de un proceso térmico que de uno electrónico (como se ve en la memorias actuales más utilizadas). Esto implica que el estado de fase puede verse afectado por estado del clima impidiendo asegurar la perpetuación de los datos. Lo puede significar que un día muy caluroso puede costarle al ordenador todos los datos almacenados en la memoria,

debido a que este tipo de memoria es muy sensible a los cambios de temperatura.

Claramente es una tecnología que aún debe ser desarrollada para poder implementarse en la industria comercial, pero debe reconocerse el potencial de esta tecnología.

➤ ¿Cómo se implementaría?

Hay quienes piensan que va a reemplazar la DRAM, o quienes creen que podría reemplazar la memoria HDD y hay otros que consideran que estos dos componentes aún no pueden ser reemplazados debido a sus características únicas y a su fiabilidad. Estas personas proponen usarlo como intermediario de la DRAM y la HDD, debido a que la PRAM es no volátil pero mucho más veloz que la HDD reduciría la latencia producida por la HDD, y la HDD actuaría como es respaldo para ir corroborando la información que en la PRAM se encuentra, esto con el fin de evitar información errónea a causa del cambio de temperatura.

En caso de que el problema de la preservación de datos sea solucionado a cabalidad, es más viable que la PRAM reemplace la memoria HDD, para aumentar la velocidad del computador, debido a que aunque la PRAM es muy rápida sigue siendo muy lenta en comparación a la DRAM. Por este motivo aunque se desarrolle la tecnología de la PRAM es muy difícil que termine reemplazando la DRAM.

F. Síntesis de alto nivel

El rápido aumento de la complejidad en el diseño del sistema en un chip (SoC) ha llevado a buscar abstracciones de diseño con una mejor productividad que el nivel de transferencia de registro (RTL).

Se dice [7] que la automatización de diseño de nivel de sistema electrónico ha sido ampliamente identificada como el próximo impulso de productividad para la industria de semiconductores, donde la síntesis de alto nivel HSL (High-Level Synthesis) juega un papel central, permitiendo la síntesis automática de especificaciones de alto nivel, sin tiempo o parcialmente temporizadas (como en C o SystemC) a especificaciones de RTL de bajo nivel y ciclos precisos para una implementación eficiente en circuitos integrados específicos de la aplicación o arreglos de compuertas programables en el campo (FPGA). Esta síntesis se puede optimizar teniendo en cuenta los requisitos de rendimiento, potencia y costo de un sistema en particular. También optimiza la generación de estructuras de bucles y mosaicos, interfaces de funciones, canalización y revestimiento interior, y diversas instancias de recursos.

Además la base de código para los diseños HLS es de 5 a 10 veces más pequeña que la de los diseños RTL equivalentes, y las simulaciones HLS pueden ser hasta 1.000 veces más rápidas que las simulaciones RTL equivalentes.

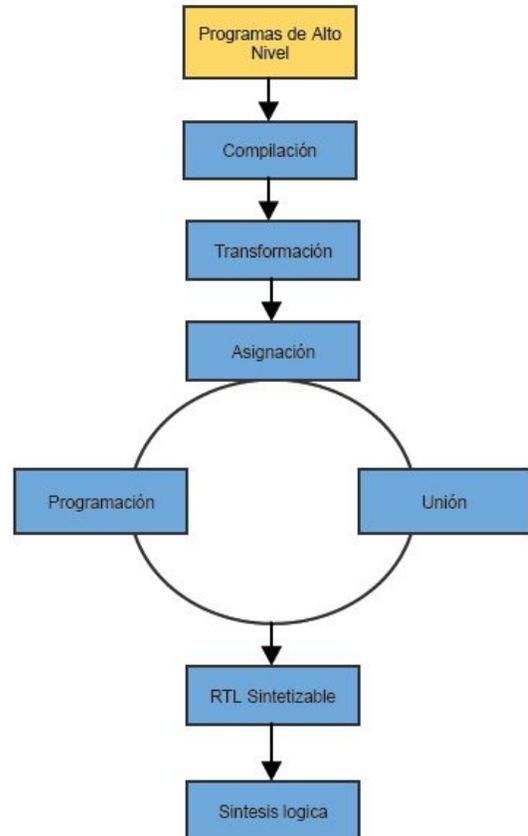


Fig 8. Flujo para síntesis de alto nivel

G. Memoria magnetoresistiva MRAM (LPDDR4)

El avance de la memoria de acceso aleatorio es uno de los principales problemas que la espintrónica espera resolver. SRAM y DRAM son los componentes principales de memoria en la mayoría de las máquinas ahora, siendo estas más rápidas, más costosas y menos densas en términos de almacenamiento de información. La SRAM contiene solo la información inmediata que un procesador necesita y es lo que está justo delante de un microprocesador, mientras que DRAM hace las cosas que deberían estar justo en frente de un microprocesador, pero no lo está, debido a las limitaciones de costo / espacio de SRAM.

Los últimos años han visto el desarrollo de un tercer tipo de RAM, MRAM. La MRAM usa espintrónica para almacenar información. Spintronics es una tecnología que abandona la propiedad de la carga eléctrica, los glóbulos rojos de la civilización tecnológica, a favor de una propiedad de partículas diferente llamada spin. Spin es lo que suena: una medida del momento angular de una partícula a medida que gira, creando un campo magnético muy pequeño. Las partículas

tienen diferentes "estados" de espín; los electrones se pueden encontrar con una orientación "hacia arriba" o "hacia abajo".

Estas memorias LPDDR4 emplean el mismo sistema que las anteriores generaciones pero son capaces de reducir la tensión de funcionamiento, de forma que disponen de su propio sistema de ahorro de energía (Low Power). La principal característica de esta memoria RAM es que muy veloz pero también es efímera. Una vez desconectamos la memoria, la RAM se vacía o drena y con ella desaparecen todos los procesos temporales que estuviesen almacenados.

Aunque puede resultar un proceso realmente veloz, cuando volvemos a conectar el dispositivo éste debe reiniciar los procesos y, de nuevo, volver a cargar la memoria RAM con esos datos de intercambio que emplea constantemente en sus procesos. Es por ello que desde hace tiempo se investiga la MRAM, que dista mucho de ser una tecnología nueva aunque ahora podría ser mucho más viable.

Esta memoria MRAM se construye a base de celdas de almacenamiento magnético. Así, con un par de imanes separados por un pequeño aislante, la memoria cuenta con un sistema interno capaz de modificar el spin de los electrones de esta celda, de forma que puede obtener valores de 0 y 1 de forma permanente ya que el propio spin también lo sería, incluso cuando la memoria dejase de recibir energía.

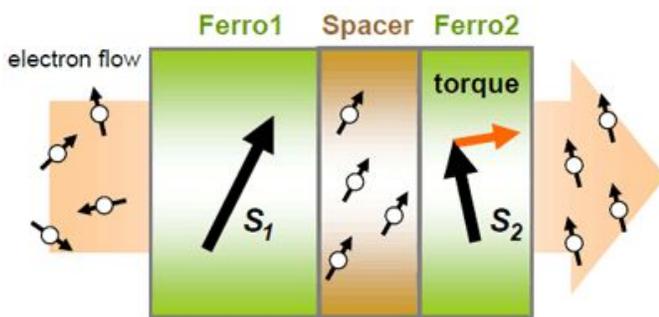


Fig 9. Arquitectura base de las memorias MRAM

➤ Ventajas

La memoria MRAM aportaría numerosas ventajas al funcionamiento de los teléfonos móviles y otros sistemas como el famoso IoT, dado que permitiría operar con mucha menos energía y ofrecería velocidades 100.000 veces superiores a la de las actuales memorias NAND. Así, se podrían introducir memorias MRAM en wearables, dispositivos para IoT, sensores de todo tipo. Ya sea como memorias principales o en el interior de procesadores.

Otro importante aspecto de estas memorias MRAM es que no precisan de un constante flujo de electricidad como las actuales memorias DRAM. Simplemente se aplica esta electricidad en el

momento de la lectura y la escritura, pudiendo permanecer las celdas apagadas el resto del tiempo. Esto ahorra mucha energía en el proceso por no precisarse el drenaje que sí requiere la DRAM.

Una línea de investigación MRAM alternativa, una vez abandonada, implica algo llamado el efecto magnetorresistivo gigante (GMR). Un esquema de lectura / escritura de la memoria RAM este principio operaría usando "inyecciones" actuales de electrones polarizados en ángulos perpendiculares a las superficies de la placa de memoria. El bit de información es "leído" por un cabezal de memoria que entrega esta corriente: si los electrones tienen el mismo giro, la resistencia a la corriente es mínima; si tienen diferentes giros, la resistencia es mayor. Por lo tanto, la carga eléctrica que se desplaza alrededor de una computadora a dos tercios de la velocidad de la luz sigue siendo parte del esquema de MRAM, pero no es necesaria para llevar a cabo la información real. Lo ideal es que puedan tener todo de la información de la computadora, sin embargo, en una ubicación a la vista del procesador. De aquí viene la ventaja de la velocidad, ya no es necesario realizar búsquedas de direcciones que consumen mucho tiempo en DRAM. Sería como el contenido de una unidad de almacenamiento que se ajusta a una mochila.

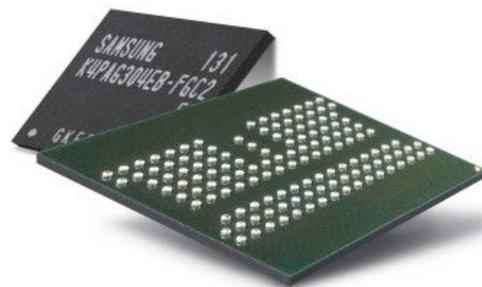


Fig 10. Memoria magnetorresistiva

➤ Desventajas

Existen dos desventajas a MRAM, sin embargo, que le impidió unirse a la corriente principal. Cambio de datos en los campos magnéticos requiere una mayor potencia de entrada convencional de chips de RAM, en efecto, la necesidad de una constante fuente de alimentación se sustituye por un mayor requerimiento de energía. Además, la naturaleza de los campos magnéticos más grandes de memoria física implica 'células' - un chip MRAM tiendas menos memoria de la que un chip de memoria RAM del mismo tamaño.

Los condensadores que constituyen una memoria DRAM pierden la carga pasado un tiempo si no se restablece con frecuencia. Dicha frecuencia es de unas 1000 veces por segundo leyendo y reescribiendo sus valores. Dadas las circunstancias, requieren de una alimentación continua y si el suministro de energía se interrumpe, los

datos se pierden. Este ciclo se reduce con el tamaño de las DRAM, pero incrementa el consumo.

VII. CONCLUSIONES

Es claro que en ninguna de las alternativas tecnológicas que en este artículo se habló, se puede hablar de escalabilidad de potencia o eficiencia. Es decir se pueden mejorar y perfeccionar, pero su límite físico se alcanza más rápidamente, por lo que se debe estar encontrando más formas innovadoras de resolver este problema de velocidad a medida que el procesador continúe avanzando. Esto hasta que se encuentre una invención que sea escalable durante mucho tiempo, y nuevamente toque innovar (como sucedió con los procesadores).

Toda la temática tratada en el presente artículo es importante para el público en general y aún más importante para las personas que trabajan con ciencias de la computación y desarrollo de software, debido a que deben tener en cuenta estos aspectos de la arquitectura computacional a la hora de diseñar los algoritmos, eso con el fin de que estos programas o algoritmos se hagan en base a estos conceptos para ayuden al computador a administrar mejor los recursos con los que cuenta y no solo enfocarse en la computación en paralelo y el aprovechamiento de los núcleos de un procesador.

Es imprescindible que una de las alternativas tecnológicas sea aplicada en la mayoría de los algoritmos se vayan desarrollando lo que se define como síntesis de alto nivel.

REFERENCIAS

- [1] Pablo Espeso, 50 años de la ley de Moore, quizás la "ley" más incomprendida de la tecnología [online]. Xataka, 2015 Apr 19. Disponible en: <https://www.xataka.com/componentes/50-anos-de-la-ley-de-moore-la-quizas-ley-mas-incomprendida-de-la-tecnologia>
- [2] Vetter, Jeffrey S., Erik P. DeBenedictis, and Thomas M. Conte. "Architectures for the Post-Moore Era." *IEEE Micro* 37.4 (2017): 6-8.
- [3] Kim, Nam Sung, et al. "Heterogeneous Computing Meets Near-Memory Acceleration and High-Level Synthesis in the Post-Moore Era." *IEEE Micro* 37.4 (2017): 10-18.
- [4] Qureshi, Moinuddin K., Vijayalakshmi Srinivasan, and Jude A. Rivers. "Scalable high performance main memory system using phase-change memory technology." *ACM SIGARCH Computer Architecture News* 37.3 (2009): 24-33.
- [5] Colaboradores de Wikipedia. PRAM [Internet]. Wikipedia, La enciclopedia libre; 2017 nov 22, 09:48 UTC. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=PRAM&oldid=103611370>.
- [6] Colaboradores de Wikipedia. Memoria flash [Internet]. Wikipedia, La enciclopedia libre; 2017 nov 14, 15:02 UTC. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Memoria_flash&oldid=103404262.
- [7] Cong, Jason, et al. "High-level synthesis for FPGAs: From prototyping to deployment." *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems* 30.4 (2011): 473-491.