

MRAM: La promesa Electromagnetica

David Pachon
Sergio Montoya

Bogota, Colombia, May 20, 2025

Imagina...

Imagina que estás queriendo conseguir el récord mundial de cálculo de dígitos de Pi (que actualmente se encuentra en aproximadamente 300.000.000.000.000). Entonces, el espacio que ocuparía, asumiendo que usas un *nibble* (4 bits) para almacenar cada dígito, sería de unos **150 terabytes**. ¿Donde podrias guardar tanta información?

SOTA: HD



SOTA: DRAM



¿Por que no se usa una sola?

- Velocidad de un SSD (Mucho mas rapido que un HD): 50 microsegundos
- Velocidad de un DRAM: 17 nanosegundos (3000 veces mas rapido)
- DRAM es volatil

De ahi nace una propuesta de solución: MRAM

¿Qué es una MTJ (Magnetic Tunnel Junction)?

Capa de barrera (generalmente de óxido de magnesio, MgO): Es una barrera delgada (1 nm) que permite el tunelamiento cuántico de electrones.

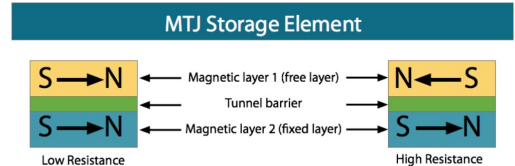
¿Qué es una MTJ (Magnetic Tunnel Junction)?

La resistencia eléctrica de la MTJ depende de la relación entre las direcciones de magnetización de las dos capas ferromagnéticas:

Paralela → baja resistencia (estado lógico 0).

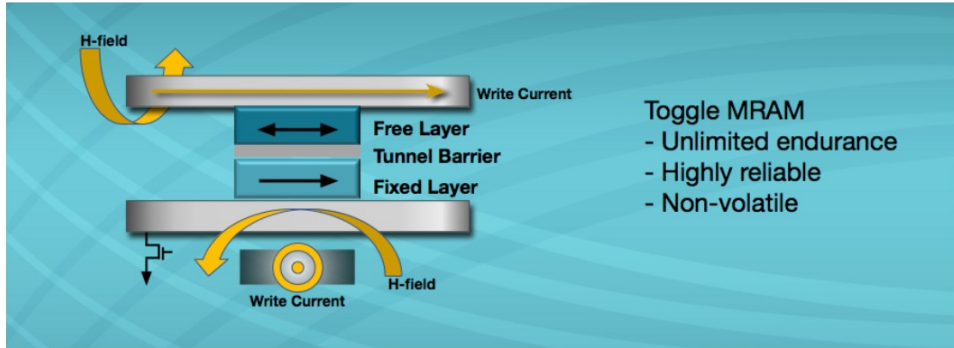
Antiparalela → alta resistencia (estado lógico 1).

Este fenómeno se conoce como magnetorresistencia de túnel (TMR).

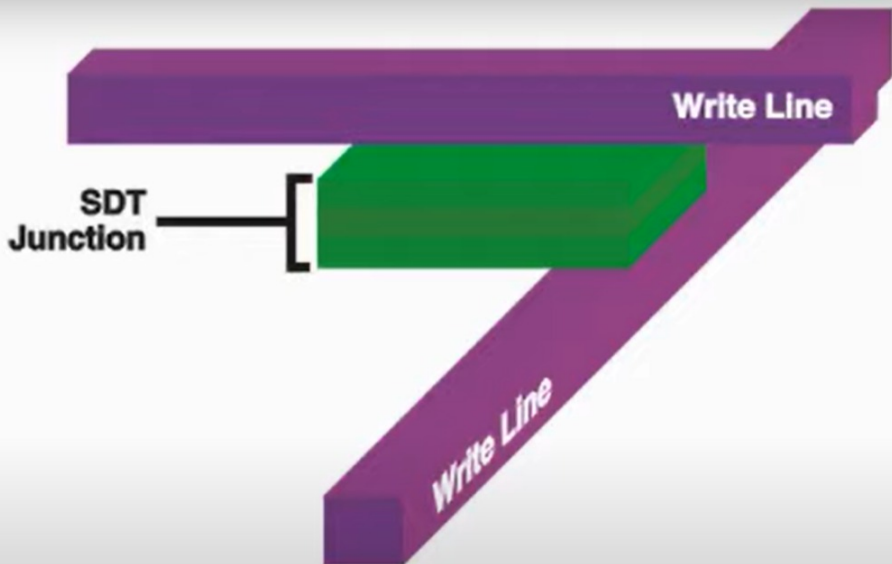


Toggle MRAM

Toggle MRAM Technology



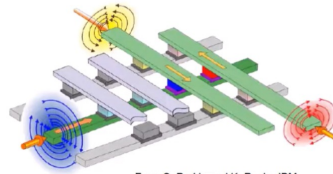
spin dependent tunnel junction



MRAM

Corriente por la word line \rightarrow genera un campo magnético en una dirección (por ejemplo, horizontal).

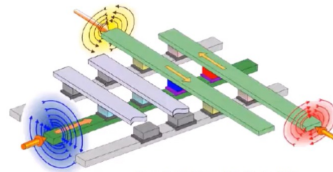
Corriente por la bit line \rightarrow genera un campo magnético en la dirección perpendicular (por ejemplo, vertical).



From S. Parkin and K. Roche IBM

MRAM

Solo la capa libre cambia su magnetización porque está diseñada para ser sensible a los campos magnéticos. En cambio, la capa fija está “anclada” mediante una capa antiferromagnética y materiales más resistentes al cambio, por lo que permanece inalterada.



From S. Parkin and K. Roche IBM

Lectura de un bit en MRAM

Se aplica un voltaje de lectura entre la bit line y la tierra. La corriente atraviesa la MTJ (Magnetic Tunnel Junction). Se mide la corriente resultante. Usando la ley de Ohm

$$R = \frac{V}{I}$$

Se calcula la resistencia de la MTJ. Según el valor de resistencia:

Baja resistencia → Estados paralelos → bit = 0

Alta resistencia → Estados antiparalelos → bit = 1

La lectura no cambia el estado del bit.

La corriente de lectura es muy pequeña para no afectar la magnetización.



The End

References

1. *Dynamic Random Access Memory (DRAM) Explained — 'All About Semiconductor' by Samsung Semiconductor.*
https://youtu.be/_pdwsakYhMk?feature=shared
2. *How does Computer Memory Work?.*
<https://youtu.be/7J7X7aZvMXQ?feature=shared>
3. *What Is MRAM?.*
https://youtu.be/VRJ7xYPMfGA?si=rT4iHyEM_GpyUh2x
4. *Prof. Tiffany Santos: Spins, Bits & Flips: Essentials for a High-Density MRAM.*
<https://youtu.be/GyjPeqqWeKA?feature=shared>
5. Libro: Scott, J. C. *But How Do It Know? - The Basic Principles of Computers for Everyone.*
<https://www.amazon.com/But-How-Know-Principles-Computers/dp/0615303765>