Memorias ferroeléctricas (FRAM)

por Sergio R. Caprile, Senior Engineer de Cika Electrónica
traducido y adaptado de material de la firma Ramtron

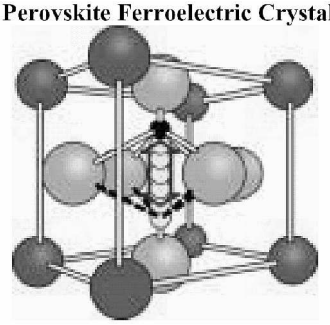
De una forma muy amplia, podemos dividir los tipos de memorias en dos categorías: volátiles y no-volátiles. Las memorias de tipo no-volátil tienen su aplicación mayormente en sistemas donde su contenido permanece inalterado (código ejecutable), o debe actualizarse con una frecuencia relativamente baja (código ejecutable actualizable, constantes de calibración, logs, etc.). Esto se debe a que, según su tipo, no es posible alterar su contenido (ROM), o se requiere de un borrado y re-escritura que no sólo demoran un tiempo considerable (EPROM, EEPROM), sino que además no es posible realizarlo más de una determinada cantidad de ciclos, antes de tornar el dispositivo inusable.
Las memorias de tipo volátil, por el contrario, tienen su aplicación mayormente en sistemas donde su contenido es casi permanentemente alterado, con una frecuencia de escritura relativamente elevada, o donde se requiere de un tiempo de acceso corto.
Cuando la aplicación requiere características de ambos mundos, el desarrollador debe considerar cuidadosamente la frecuencia de actualización de los datos, la vida útil del dispositivo, el costo, el volumen, la capacidad de almacenamiento requerida. Bajo determinadas características, una flash o algunas EEPROMs pueden funcionar; otras requieren el empleo de un sistema de batería de respaldo (battery back-up) y el empleo de RAM, de modo de poder mantener el contenido de la memoria en ausencia de alimentación.
El párrafo anterior, en realidad, incurre en un error de tiempo verbal; dado que en la actualidad, existe una tecnología que por sus características es el nexo entre ambos mundos: el tiempo de acceso y la capacidad de virtualmente ilimitadas escrituras, con la capacidad de retener la información sin consumo de energía. Nos referimos a las FRAM, o Ferroelectric Random Access Memories.

FRAM

Una memoria de tipo FRAM posee internamente una estructura similar a una DRAM (RAM dinámicas), pero el almacenamiento de la información se realiza mediante el aprovechamiento de un efecto ferroeléctrico, por oposición a la conservación de la carga del capacitor intrínseco de una compuerta flotante en una RAM dinámica.
El efecto ferroeléctrico es la habilidad de un material de conservar una polarización eléctrica en ausencia de un campo eléctrico aplicado.
Una celda de memoria FRAM se crea depositando un film de material ferroeléctrico en forma cristalina entre dos placas, formando un capacitor, de forma similar a como se realiza en una DRAM. En vez de almacenar carga eléctrica en este capacitor, como en una DRAM, las memorias ferroeléctricas almacenan la información en forma de uno de dos estados estables de esa estructura cristalina. Dichos estados son estables, de modo que la FRAM no necesita refresco ni presencia de ningún campo eléctrico para retener la información grabada.

Operación

Figure 1. Perovskite Ferroelectric Crystal



Si observamos el modelo simplificado de la estructura cristalina de una cristal ferroeléctrico, veremos que éste tiene un átomo móvil en el centro del mismo. La aplicación de un campo eléctrico entre dos caras produce el movimiento de dicho átomo en la dirección y sentido del campo eléctrico, con lo cual, la reversión de la polaridad del campo ocasiona el movimiento en sentido opuesto. La remoción del campo simplemente no afecta a este átomo, el cual permanece donde estaba, en una posición estable. Como puede apreciarse, se requiere de muy poco tiempo y energía para producir un cambio de estado, mientras que los estados son estables.

Lectura

Si bien un elemento de memoria es un capacitor, la información no se almacena en forma de carga dentro del mismo. Para poder leer una celda FRAM, es necesario detectar la posición del átomo libre dentro del cristal. Esto, desafortunadamente, no puede sensarse de forma directa, debiéndose aplicar un campo eléctrico y detectar el consumo de energía necesario para producir el movimiento del átomo, o la ausencia de éste. LA lectura es, por ende, destructiva, debiendo volverse la celda a su estado anterior, lo cual es realizado por el dispositivo en sí.

Escritura
El proceso de escritura es muy similar al de lectura, no es aquí necesaria la detección del estado, simplemente se fuerza uno de los estados, pudiendo pasarse entre ambos de forma indistinta, al contrario que en las EPROM y EEPROM.

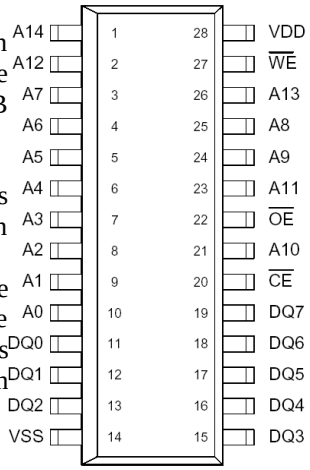
En conclusión, tanto una lectura como una escritura demoran aproximadamente el mismo tiempo, obteniéndose chips con tiempos de acceso del orden de los 70ns.

En cuanto a la durabilidad, existe un límite en la cantidad de cambios de estado posibles, lo que limita la cantidad de accesos posibles a la memoria. Si bien esto varía según las diversas tecnologías para los distintos modelos, por lo general la cantidad permitida de accesos supera el orden de 10^{10}, es decir, varios órdenes de magnitud más que las otras memorias no volátiles regrabables, si bien también deberemos computar las lecturas. Los dispositivos más recientes ya anuncian una cantidad virtualmente ilimitada de accesos.

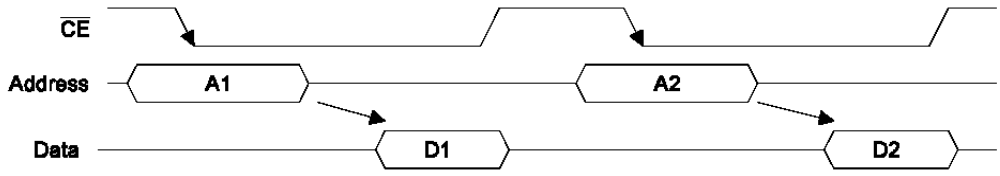
Utilización

Los chips de memoria con tecnología FRAM de la firma Ramtron, pionera en este campo, vienen en dos grandes familias: acceso paralelo, y acceso serie.

Acceso paralelo
Los chips de acceso paralelo están orientados a ser conectados al bus de un microprocesador, o equivalente. Son pin compatibles con las memorias estáticas de similar capacidad, por ejemplo el FM1808 se ve como una 62256, de 32KB (32Kx8), con el agregado de disponer de la versión FM18L08, en 3,3V.

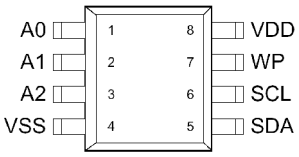


La única diferencia respecto a un chip tradicional de SRAM, en cuanto a su uso, es que debido a la tecnología constructiva y su funcionamiento, el chip realiza un latching de las líneas de address en el flanco descendente del chip enable ($\overline{CE}$) , lo que requiere que éste sea aplicado y retirado en cada acceso, además de respetar el timing mínimo de acceso y espacio entre accesos. Es decir, no es posible conectar permanentemente $\overline{CE}$ a masa. En cuanto a tiempo de acceso, 70ns es más que suficiente para la gran mayoría de los microcontroladores de 8-bits con acceso al bus, disponibles hoy en el mercado.

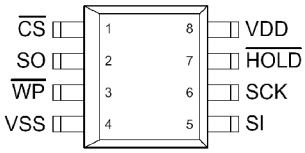


Acceso serie
Los chips de acceso serie se dividen a su vez es dos familias, según el tipo de interfaz: 2-wire (similar a I2C pero con velocidad de operación de hasta 1MHz) y SPI.
Dentro de la familia 2-wire, disponemos de modelos clásicos como FM24C64 y FM24CL64, de 64Kbits en 5 y 3,3V respectivamente; así como también FM24C256, en 256Kbits. Ambos son reemplazos pin a pin de modelos similares de EEPROMs de otros fabricantes, con un gran ahorro de energía y fundamentalmente

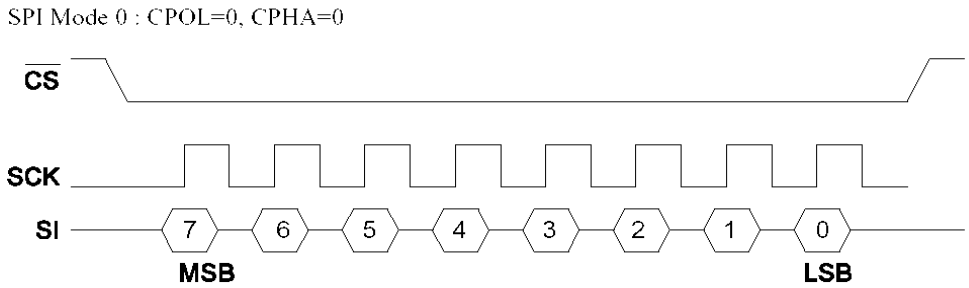
bajísimos tiempos de escritura. Por ejemplo, para borrar un byte en un chip EEPROM se requiere de alrededor de 10ms, mientras que una FRAM se borra en 75us, más de dos órdenes de magnitud más rápido



Dentro de la familia SPI, y dentro de las mismas capacidades, tenemos FM25256 y FM25L256, de 256Kbits, con velocidades de bus de 15 y 10 MHz, operando a 5 y 3,3V, respectivamente.



La única consideración a tener en cuenta, es que el tipo de modo de trabajo es SPI modo 0, como indica el gráfico a continuación:



Cika Electrónica, representante en la Argentina de la firma Ramtron, se complace en agregar a su amplio portfolio esta novedosa y útil tecnología, que ya puede solicitar a su vendedor habitual.