

Jetzt drucken 

## EMBEDDED COMPUTING

### Embedded-Speicher-ICs

## FRAM mit bisher höchster Kapazität

16.05.2007 | Autor: Mike Alwais\*

**FRAM überbrückt die Kluft zwischen den traditionellen Halbleiter-Speichertechniken flüchtiges RAM und nichtflüchtiges ROM. Unter Entwicklern wird FRAM als nichtflüchtiger Speicher der Wahl immer populärer. Die Speicherkapazität dieser Bausteine nimmt zu, genauso wie deren Einsatzbereiche im Embedded-Computing.**



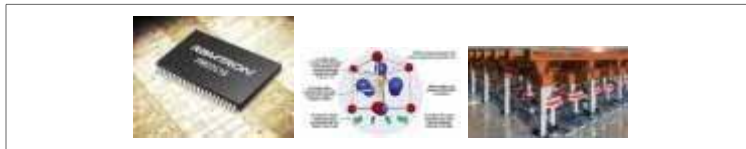
Unlängst vereinbarte Ramtron ein Fertigungsabkommen mit Texas Instruments, bei dem es um die Implementierung der FRAM-(Ferroelektrisches Random Access Memory-)Technologie in den 130-nm-CMOS-Prozess von TI geht. Damit hat FRAM die Kapazitätsschwelle von 1 MBit durchbrochen und vervierfacht so seine

Speicherdichte. Erste Samples dieses 4-MBit-Speicher-ICs (FM22L16) stehen bereits zur Verfügung (Bild 1). Die Produktion in Stückzahlen wird planungsgemäß etwas später anlaufen, und Ramtron entwickelt bereits Folgeprodukte, die sich zur Zeit noch im Teststadium befinden.

FRAM-Speicher verbindet die Eigenschaften schnellen Zugriffs und niedrigen Stromverbrauchs von flüchtigem RAM mit der Fähigkeit, Daten ohne Stromzufuhr aufzubewahren. Andere nichtflüchtige Speicher wie EEPROM und Flash sind nicht so effizient in ein Embedded-System zu integrieren: In der Fertigung erfordern sie mehrere Maskenschritte, sie haben längere Schreibzeiten und sind beim Schreiben energieaufwändiger. FRAM verbraucht weniger Strom als MRAM und hat sich bereits großtechnisch in anspruchsvollen Kfz-, prüf- und messtechnischen, industriellen und Computeranwendungen bewährt.

FRAM schreibt Daten mit Busgeschwindigkeit und damit so schnell wie es Daten liest. Daher sind keine Verzögerungen erforderlich, um die Schreibdaten nichtflüchtig zu machen. Bei nichtflüchtigen Speicherbausteinen auf Floating-Gate-Basis treten hingegen lange Schreibverzögerungen auf. So dauert es beispielsweise bei einem herkömmlichen EEPROM rund 10 ms, bis die bereits in den Eingangspuffer geschriebenen Daten tatsächlich im Chip gespeichert sind. Bei FRAM entfällt zudem die Löschoperation, da es hier keinen Ursprungs- oder Vorgabezustand gibt. Wie bei anderen RAM-Technologien wie etwa SRAM werden die Daten ohne Rücksicht auf den vorhergehenden Zustand geschrieben.

### Bildergalerie zu diesem Beitrag



Klicken Sie auf ein Bild um die Fotogalerie zu starten. (3) Bilder.

## Warum ist FRAM so beliebt?

FRAM bietet eine praktisch unbegrenzte Schreib-Lebensdauer. Der Chip verschleißt nicht, wie es bei anderen nichtflüchtigen Speicher-Alternativen der Fall ist. Floating-Gate-Bausteine können keine Daten mehr halten, sobald sie zu oft gelöscht worden sind. Das ist ein „harter“ Fehlermechanismus. Eine ermüdete Speicherzelle kann den programmierten Zustand nicht mehr speichern. FRAM kennt diese Art von Verschleiß nicht.

FRAM arbeitet auch ohne Ladungspumpe und hat daher einen niedrigen Stromverbrauch. Floating-Gate-Techniken benötigen hohe Spannungen, um einen neuen Zustand zu programmieren. Schreiboperationen haben daher einen viel höheren Stromverbrauch als Leseoperationen. Demgegenüber schreibt FRAM-Speicher mit der Core-Spannung des Prozesses, also mit 5 V, 3 V oder noch weniger bei moderneren Prozessen.

Als RAM-basierte Technologie eignet sich FRAM sowohl für die Ausführung von Programmcode als auch für die Datenspeicherung. Hinzu kommen die Vorteile der Nichtflüchtigkeit, was bedeutet, dass die Daten auch ohne Stromzufuhr erhalten bleiben. FRAM kann potentiell als einzige Art von Memory für Code und Daten dienen. Damit entfällt das ständige Designproblem, welche Art von Speicher implementiert werden sollte. Bei den Entwicklern lief es letztlich immer darauf hinaus, zwei Typen zu implementieren – einen für Code und einen für Daten. In der Praxis war die Verwendung von FRAM durch die verfügbare Speicherdichte begrenzt, die dessen Einsatz für manche Anwendungen ausschloss. Nach dem Abkommen mit TI schwindet aber auch diese Beschränkung schnell dahin.

## Wie funktioniert FRAM eigentlich?

Den Kern der FRAM-Technologie bilden winzige in einen Kondensator integrierte ferroelektrische Kristalle. Durch sie können FRAM-Bausteine so schnell wie nichtflüchtiges RAM arbeiten. Durch Anwendung eines elektrischen Felds lässt sich die elektrische Polarisierung der ferroelektrischen Kristalle zwischen zwei stabilen Zuständen umschalten. Interne Schaltungen erkennen diese elektrische Polarisierung als hohen oder niedrigen Logikzustand. Jede Orientierung ist stabil und bleibt auch dann bestehen, wenn das elektrische Feld nicht mehr besteht. So bleiben die Daten im Speicher ohne periodisches Auffrischen erhalten. Der ferroelektrische Dünnschicht wird über CMOS-Basisstrukturen platziert und zwischen zwei Elektroden eingebettet. Metalldurchschaltung und -passivierung vervollständigen den Prozess (Bild 2).

Seit ihren Anfängen hat sich die FRAM-Speichertechnik enorm weiterentwickelt. Die ersten FRAM-Speicherbausteine erforderten eine Speicher-Architektur mit zwei Transistoren und zwei Kondensatoren (2T/2C), was zu relativ großen Zellen führte. Fortschritte in ferroelektrischen Materialien und in der Verarbeitung machten einen internen Bezugskondensator in jeder Zelle des ferroelektrischen Speicherarrays überflüssig. Die neue Ein-Transistor-/Ein-Kondensator-Zellenarchitektur arbeitet wie ein DRAM und nutzt einen einzigen Kondensator als gemeinsamen Bezug für jede Spalte im Speicherarray. Dadurch wird die erforderliche Zellenfläche gegenüber derzeitigen 2T/2C-Architekturen praktisch halbiert. Diese Architektur führte zu einer signifikanten Verbesserung der Rohchip-Ausnutzung und reduzierte die Fertigungskosten für FRAM-Speicherkomponenten.

FRAM bewegte sich außerdem in Richtung kleinerer Technologieknoten, um die Wirtschaftlichkeit der Speicherzellen zu steigern. Der Schritt hin zu einem 0,35-µm-Fertigungsprozess reduzierte den Betriebsstromverbrauch und verbesserte die Rohchip-Ausnutzung je

Wafer gegenüber früheren FRAM-Generationen, die auf Ramtrons eigener 0,5- $\mu\text{m}$ -Fertigungsanlage entstanden. Durch den 130-nm-Prozess von TI wurden die Prozessbeschränkungen im Hinblick auf die Speicherdichte von FRAM-Chips beseitigt, und es entstand eine neue Messlatte für die Produktion von FRAM-Bausteinen hoher Speicherdichte.

### 130-nm-Prozess mit nur zwei zusätzlichen Maskenschritten

Zur Herstellung des neuen 4-MBit-FRAM fügte TI seinem standardmäßigen 130-nm-Prozess lediglich zwei Maskenschritte hinzu. Der Baustein arbeitet mit den bisher kleinsten kommerziellen FRAM-Zellen (0,71  $\mu\text{m}^2$ ). Das bedeutet eine deutlich höhere Speicherdichte, als es mit SRAM-Zellen möglich wäre. Um solche Zellenabmessungen zu erreichen, wird ein „Capacitor-over-Plug“-Prozess verwendet, der den nichtflüchtigen Kondensatorstapel direkt auf den W-Plug-Transistorkontakt aufsetzt (Bild 3). Der ferroelektrische Kondensator besteht aus Iridiumelektroden und einer dünnen ferroelektrischen Bleizirkonat-Titanat-Schicht (PZT).

TI fügt die nichtflüchtigen Speicherkondensatoren über den Kontakten und unterhalb der ersten Metallschicht ihres standardmäßigen 5-Layer-Cu-Prozesses ein. Die 0,4  $\mu\text{m}$  großen Kondensatoren werden mit einer einzigen Maske gebildet; eine zweite Maske stellt die Verbindung zwischen der oberen Elektrode des Kondensators und dem Metall her. Die zwei zusätzlichen Masken nehmen sich gegenüber den fünf bis sieben bei anderen Speichertechnologien erforderlichen Masken sehr günstig aus. Der zusätzliche FRAM-Prozessschritt wirkt sich auf die zugrunde liegende CMOS-Technologie kaum aus. Die umfangreiche Standardzellenbibliothek von TI kann daher vollständig genutzt werden.

Laut TI setzt der neue Prozess Maßstäbe für Kosten, Stromverbrauch und Leistungsverhalten, an die andere Technologien für nichtflüchtiges Memory nicht herankäme. Ramtrons paralleles 4-MBit-FRAM FM22L16 geht als erste Komponente in Produktion. Der Chip ist ein Drop-In-Ersatz für 256 KBit  $\times$  16 SRAM-Sockel.  $\times$ 16-Schnittstelle und ATD-Zugriffsmodus sorgen für ein Glueless Interface zu vielen Mikrocontrollern, während eine separate Kontrollfunktion für unteres und oberes Byte eine einfache Integration mit 8-Bit-Systemen ermöglicht. Der FM22L16 ist im RoHS-konformen 44L-TSOP-II-Gehäuse erhältlich und zu 4-MBit-SRAMs pinkompatibel. Mit einer Zykluszeit von 110 ns ist er der schnellste parallele Speicher von Ramtron. Dank 4-Wörter-Seitenmodus kommt die durchschnittliche Zykluszeit an 55 ns heran. Wie bei allen FRAM-Komponenten erfolgt das Schreiben mit Busgeschwindigkeit und ist sofort nichtflüchtig. Im Betrieb bei voller Geschwindigkeit zieht der FM22L16 nur 18 mA. Der typische Standby-Strom beträgt 150  $\mu\text{A}$ , im Schlafmodus werden weniger 5  $\mu\text{A}$  verbraucht. Der FM22L16 ist damit ein interessanter nichtflüchtiger Speicher für batteriebetriebene Geräte.

\*Mike Alwais ist Vice President Marketing bei Ramtron International in Colorado Springs, Colorado.

Redakteur: [Holger Heller](#)

#### Links zum Thema im Internet

[Ramtron: Das Online-Datenblatt zum FM22L16 FRAM](#)  
[Versa 8051: MCU mit integriertem FRAM](#)