



## FRAM-Technologie bringt „Intelligenz“ in Smart-Airbag-Systeme

In Applikationen wie den so genannten Smart-Airbags hat sich die FRAM-Speichertechnologie bereits etabliert, wie das Beispiel des Zulieferers für Automobil Elektronik Hyundai Autonet zeigt. Dieser Beitrag der Ramtron International Corporation beschreibt die Funktionsweise von FRAM (ferroelektrisches Random-Access-Memory), stellt die Technik anderen Speicherkonzepten gegenüber und zeigt die Vorteile von FRAM am Beispiel des Smart-Airbags auf.

## 1 Einleitung

Die Airbag-Technologie für Automobile wird immer „intelligenter“. Statt nach einem festen Schema zu funktionieren – nicht jeder Aufprall ist gleich –, wird die Wirkkraft von Unfallparametern wie Aufprallheftigkeit, Passagiergewicht und Interaktion bestimmt, und dies in Interaktion mit anderen Sicherheitssystemen im Fahrzeug. Außerdem werden Fahrzeuge zunehmend mit Ereignisdaten-Recordern (EDRs) ausgestattet, die Unfalldaten ähnlich wie die „Black Box“ eines Flugzeugs aufzeichnen. Die EDR-Funktion ist normalerweise in der elektronischen Airbag-Steuereinheit (ECU) enthalten. Das ist sinnvoll, weil der EDR nicht so zerstörungsfest wie die Black Box eines Flugzeugs sein muss und weil der Airbag-Controller auch der Hauptempfänger der verschiedenen relevanten Sensor-Inputs ist.

## 2 FRAM in der Praxis

Hyundai Autonet hatte sich unlängst für Bausteine mit nichtflüchtigem ferroelektrischem Random-Access-Memory (FRAM) zum Einsatz in ihren Smart-Airbag-Systemen der nächsten Generation entschieden. Das zeigt die wachsende Akzeptanz der FRAM-Technologie bei führenden Anbietern von Kfz-Systemen für solche sicherheitskritische Applikationen. Hyundai Autonet schloss sich damit acht anderen Autoherstellern in USA, Asien und Europa an, die die FRAM-Technologie nutzen, um Smart-Airbag-Systeme und zugehörige Unfalldaten-Recorder mit „Intelligenz“ auszustatten.

Die an die ECU des Fahrzeugs gesendeten Parameterdaten werden von Sensoren erzeugt, die an verschiedenen Stellen im Fahrzeug angebracht sind. Dazu gehören auch Sensoren in den Sitzen, die Daten an die ECU senden, damit der Airbag im Notfall auf „intelligente“ Weise zum Einsatz kommen kann. Je mehr Sensoren ein Fahrzeug hat, umso mehr Daten sind zu sammeln. Mit FRAM ist es den Autoherstellern nun möglich, in schnellerem Takt ein größeres Datenvolumen zu erfassen. Für Speicherung und Aktion stehen den Fahrzeugsystemen dadurch jederzeit aktuelle Informationen zur Verfügung.

FRAM bietet Leistungsmerkmale für Smart-Airbag-Systeme, die konkurrierende Speichertechnologien nicht ohne weiteres bereitstellen können. Nichtflüchtigkeit sowie unübertroffene Schreib-Haltbarkeit und Geschwindigkeit bei der Datenerfassung machen FRAM zu einer idealen Speichertechnologie für moderne Airbag-Systeme. Ramtrons FM25C160 mit 16 Kbit ist wegen

seiner Arbeitsspannung von 5 V und seinem SPI-Interface bei Entwicklern von Smart-Airbag-Systemen besonders populär. Die Nichtflüchtigkeit des Speichers ist wichtig, da bei Unfällen oft die Stromversorgung in Mitleidenschaft gezogen wird. Man kann davon ausgehen, dass irgendwann während einer Kollision der Kontakt zwischen ECU und Autobatterie unterbrochen wird. Eine hohe Dauerhaltbarkeit ist wünschenswert, weil die Systeme ständig neue Daten aufzeichnen müssen, die laufend von noch neueren Daten überschrieben werden. Zusätzlich zur EDR-Funktion ist es auch wünschenswert, einen Zeitraum übergreifende Passagiersensor-Daten für das Smart-Airbag-System aufzuzeichnen. Schnelles Schreiben ist ebenfalls unabdingbar: Bei den wachsenden Datenmengen wird die Schreibgeschwindigkeit zu einem kritischen Aspekt, denn bei einem Unfall kann nach kurzer Zeit die Stromversorgung versagen.

## 3 Vergleich verschiedener Speichertechnologien

Die vorherrschenden Techniken für nichtflüchtigen Speicher, die heute in Kfz-Applikationen verwendet werden, sind „Floating-Gate“-Bausteine wie EEPROM oder Flash. Floating-Gate-Bausteine haben Polysilikon-Gates, die vom Kanal durch eine dünne  $\text{SiO}_2$ -Schicht isoliert sind. Um einen Baustein zu programmieren, wird am Kontrollgate eine hohe Spannung erzeugt, um die Elektronen (N-Kanal-Baustein) in Richtung Quelle zu beschleunigen. Die Elektronen erhalten dadurch genügend kinetische Energie, um die Isolierschicht durchdringen zu können, und sind dann im Polysilikonmaterial gefangen, **Bild 1**.

Im Kanal bildet sich eine Sperrregion, so dass bei einer bestimmten Gatespannung ein programmierter Baustein auf „aus“ (hö-

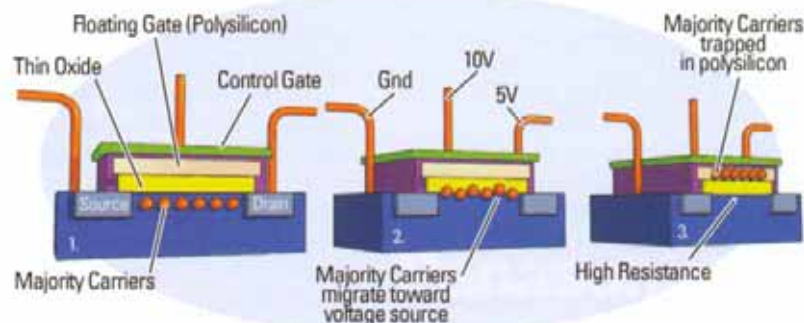
## Der Autor



**Mike Alwais**  
ist Vice President FRAM Products bei der Ramtron Corporation in Colorado Springs, USA.

herer Widerstand) und ein unprogrammierter oder gelöschter Baustein auf „ein“ (niedrigerer Widerstand) geschaltet ist.

Die Anforderungen an das Automobildesign werden immer komplexer. Dadurch treten die beschränkenden Eigenschaften der Floating-Gate-Speichertechnik deutlicher zu Tage. Beispielsweise dauert der Programmierprozess einige Millisekunden – ungünstig viel für sicherheitskritische Applikationen. Außerdem wirkt er auf die Isolationsschicht zerstörerisch, weshalb die Bausteine eine begrenzte Beschreibbarkeit von typischen 100.000 bis einer Million Schreibvorgängen aufweisen. Beispielsweise werden in einem Passagiersensor die Daten laufend aktualisiert. Wenn die Anforderung besteht, Daten einmal pro Sekunde zu schreiben, wäre der Floating-Gate-Baustein in weniger als zwölf Betriebstagen abgenutzt. Es gibt natürlich eine Alternative zum laufenden Schreiben von Daten. Sie besteht darin, einen Puffer zu verwenden und die Daten nur beim Abschalten oder beim Eintritt eines Ereignisses in einen nichtflüchtigen Speicher zu schreiben. Das erfordert aber Ressourcen vom CPU-Sensorinput für die Signalisierung des Ereignisses sowie eventuell eine alternative Stromversorgung, um zuverlässiges Schreiben auf den Floating-Gate-Baustein zu gewährleisten.



**Bild 1:** Datenspeicherung in Floating-Gate-Bausteinen

**Figure 1:** Data storage in floating gate devices

#### 4 Anforderungen bei Smart-Airbags

Bei Smart-Airbag-Systemen ist es nicht nur erforderlich, im Kollisionsfall Daten abzuspeichern, sondern es ist auch wünschenswert, vor dem Unfall liegende Daten abzulegen. Zur Abspeicherung von Daten vor dem Aufprall wäre ein Fahrprotokoll erforderlich, doch wieder wäre die Dauerhaltbarkeit von Floating-Gate-Speicherbausteinen problematisch. Da Airbagmodule über große Kondensatoren verfügen, die genug Energie speichern können, um den Airbag auszulösen, wäre vielleicht ausreichend Restenergie vorhanden, um die Daten aus einem Puffer herunterzuschreiben, nachdem die Zündpille ausgelöst wurde. Die verfügbare Energie – das heißt die im Kondensator vorhandene Restenergie sowie die Geschwindigkeit, mit der die Daten in den Speicher geschrieben werden können – setzt dem schreibbaren Datenvolumen Grenzen. Ein typischer Floating-Gate-Speicherbaustein von 2 KByte lässt Schreiben mit zirka 4 Byte pro 5 ms zu. Es würde daher über eine Sekunde dauern, bis der ganze Floating-Gate-Speicherbaustein beschrieben ist.

#### 5 Vorteile von FRAM

Die FRAM-Technologie von Ramtron integriert ferroelektrische Materialien mit standardmäßigem Halbleiterchip-Design und einer Fertigungstechnik, die nichtflüchtiges Memory und Analog /Mixed-Signal-Bausteine liefert. Diese Bausteine verbinden schnelles Lesen und Schreiben, unbegrenzte Beschreibbarkeit und den niedrigen Energieverbrauch von DRAM und statischem RAM (SRAM) mit sicherer Datenspeicherung bei einer Stromunterbrechung, was RAM-Standardtechniken nicht bieten können.

Eine FRAM-Zelle wird in einem „Complementary Metal Oxide Semiconductor“-Prozess (CMOS) nach Industriestandard gefertigt. Dabei bildet ein ferroelektrischer Kristall zwischen zwei Elektrodenplättchen einen Kondensator, der im Aufbau einem DRAM-Kondensator ähnlich ist. Statt Daten als Ladung im Kondensator zu speichern, wie es bei flüchtigen Memorys der Fall ist, speichert ein FRAM die Daten innerhalb der ferroelektrischen Kristalle.

Die Speicherung der Daten geschieht durch Anlegen eines elektrischen Feldes an die ferroelektrischen Kristalle in der Speicherzelle. Das zentrale Atom bewegt sich dadurch in Richtung des Feldes, wobei es eine Energieschranke durchläuft, was zu einer Ladungsspitze führt. Diese wird von einer Schaltung registriert, welche den Speicher entsprechend einstellt. Wenn kein

elektrisches Feld mehr am Kristall anliegt, bleibt das zentrale Atom in seiner Position stehen und bewahrt somit den Zustand der Speicherzelle. Ein FRAM-Memory benötigt daher keine periodische Auffrischung. Wenn die Stromversorgung ausfällt, behält ein FRAM-Memory seine Daten bei. Es ist schnell und erschöpft sich nicht, Bild 2.

Die FRAM-Speichertechnik ist zu CMOS-Fertigungsprozessen nach Industriestandard kompatibel. Der ferroelektrische Dünnschicht wird über CMOS-Basischichten platziert und zwischen zwei Elektroden eingebettet. Metaldurchschaltung und passivierung vervollständigen den Prozess, Bild 3.

Der FRAM-Speicher erfordert also keine wiederkehrende Auffrischung, und wenn die Stromversorgung ausfällt, bleiben die Daten erhalten. Er arbeitet schnell und ist praktisch verschleißfrei. In einem Kfz-Sicherheitssystem, das pro Sekunde eine Datenaktualisierung erfordert, hätte ein FRAM-Memory eine Betriebslebensdauer von über

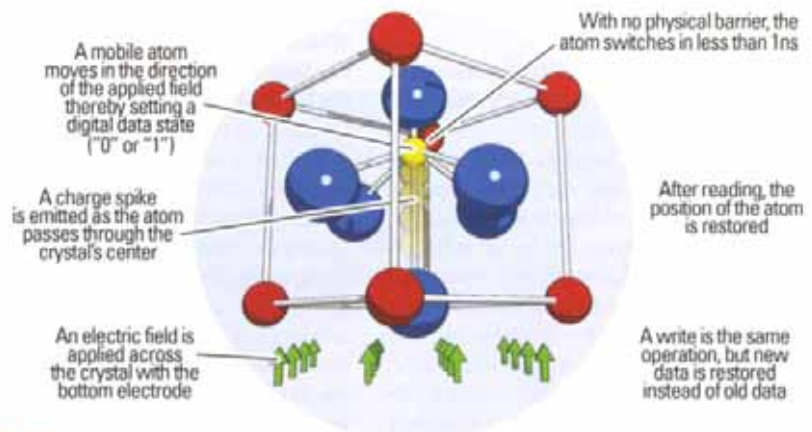


Bild 2: Datenspeicherung in FRAM-Bausteinen

Figure 2: Data storage in FRAM devices

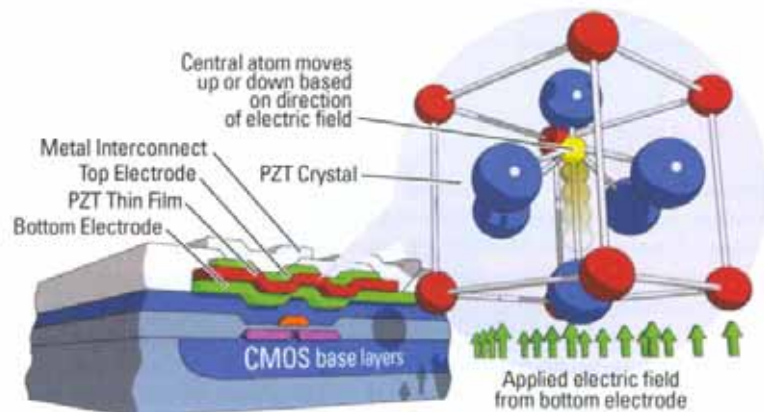


Bild 3: Aufbau eines FRAM-Bausteins

Figure 3: Structure of an FRAM device

31.000 Jahren. Es würde daher ausreichen, um die Daten in Intervallen von genügender Granularität zu schreiben und somit zu gewährleisten, dass ein korrekter Status gespeichert wird. FRAM-Memory kann bei einer Betriebslebensdauer von 25.000 Stunden (1.500.000 km bei 60 km/h) 10.000 mal in der Sekunde aktualisiert werden (ein Schreibvorgang alle 100 µs). Für Schreibvorgänge bei begrenzter Energieverfügbarkeit, wie es in einem Airbagsystem der Fall sein kann, bietet FRAM beachtliche Vorteile. Ein 16 Kbit-Baustein kann mit wesentlich geringerem Energieaufwand in nur 3,3 ms beschrieben werden. ■

Download des Beitrags online unter [www.allengineers.de](http://www.allengineers.de)

Download this article online at [www.allengineers.de](http://www.allengineers.de)

ATZ elektronik  
WORLDWIDE

For an English version of this article, see ATZelektronik Worldwide.