

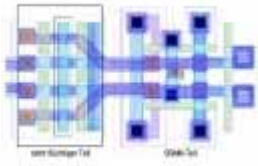
SPEICHER

nvSRAM, MRAM oder FRAM

Auswahlkriterien für nicht flüchtige Speichertechnologien

15.04.2008 | Autor: Colin Weaving*

Die noch jungen nicht flüchtigen Speichertechnologien nvSRAM, MRAM und FRAM scheinen sich kaum zu unterscheiden: Sie können Daten lange halten, sind bei industriellen Temperaturen einsatzfähig und bieten einen vergleichbaren Preis pro Bit. Erst der Blick auf die jeweilige Funktionsweise ermöglicht einen Vergleich.



nvSRAM-Zelle: Diese Speicherzellen enthalten sowohl ein statisches RAM (SRAM) als auch einen nicht flüchtigen (EEPROM) Speicher. Die Daten werden im SRAM gespeichert und nur bei Ausfall der Versorgungsspannung automatisch in den nicht flüchtigen Bereich transportiert.

Für den Fall eines Systemstromausfalls haben sich Flash-Speicher und EEPROM zum Speichern von Benutzerdaten und Konfigurationsinformationen bewährt. Jetzt haben diese Speichertechnologien Konkurrenz bekommen: Die jungen Speichertechnologien nicht flüchtiges SRAM (nvSRAM), magnetoresistives RAM (MRAM) und ferroelektrisches RAM (FRAM oder FeRAM) gelten als absolut zuverlässig, sind sofort programmierbar und im Preis mit Standardspeichersystemen vergleichbar. Sie werden zudem mit einer Versorgungsspannung betrieben und bieten eine unbegrenzte Anzahl an Lösch-/Schreibzyklen.

Dies erreichen die neuen Technologien auf ganz unterschiedliche Weise. Die Frage lautet daher: Gibt es eindeutige

Unterscheidungskriterien für Schaltungsentwickler? Sie ergeben sich nach einem Blick auf die jeweilige Funktionsweise.

nvSRAM kombiniert ein SRAM mit einem nicht flüchtigen Teil

nvSRAM von Cypress Semiconductor ist eine Hybridkomponente, die sowohl ein statisches RAM (SRAM) als auch einen nicht flüchtigen (EEPROM) Speicher enthält. Für den Anwender sieht es wie ein SRAM mit einem nicht flüchtigen Spiegel für jedes Bit aus. Im Normalbetrieb werden die Daten im SRAM gespeichert und dort abgerufen; bei Ausfall der Versorgungsspannung werden die Daten automatisch in den nicht flüchtigen Bereich des Arrays transportiert.

Die Spannung für diesen Prozess stammt von einem an die Komponente angeschlossenen Kondensator, der während der Programmierung von Bits auf das EEPROM die Aktivität aufrechterhält. Die Daten können jederzeit aus dem nicht flüchtigen Array abgerufen werden; sie überschreiben den Inhalt des RAM.

Kostengünstiger und skalierbarer Fertigungsprozess

nvSRAM basiert auf dem SONOS-Prozess (Silizium-Oxid-Nitrid-Oxid-Silizium-Halbleiter) von Cypress. Dabei werden Fowler-Nordheim-Techniken (Feldemissions-Tunneleffekt) zur Speicherung von Ladung und damit Daten, auf einer Nitridschicht genutzt.

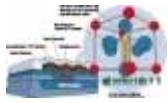
SONOS-Elemente können auf Standard-Siliziumverarbeitungsanlagen gefertigt werden, was die Herstellungskosten niedrig hält. Die SONOS-Technologie ist zudem auf hohe Arraygrößen skalierbar:

Elemente bis zu 4 MBit sind bereits erhältlich, künftige Prozessverbesserungen versprechen sehr viel höherer Speicherdichten.

Insgesamt stellt nvSRAM eine innovative Möglichkeit zur Fertigung und Verpackung alter Speichertypen dar.

FRAM speichert Daten in ferroelektrischen Kristallen

Nicht flüchtige Standardtechnologien nutzen quantenmechanische Tunneleffekte zur Speicherung von Daten auf Isolierschichten; bei FRAM – führender Hersteller ist Ramtron – werden Daten im Zustand eines ferroelektrischen Kristalls gespeichert: Das Atom im Zentrum des Kristalls hat zwei gleiche und stabile Zustände niedriger Energie. Diese Zustände bestimmen die Position des Atoms.



Durch Anwenden eines alternierenden elektrischen Felds auf den Kristall bewegt sich das Atom im Kristall von oben nach unten und zurück. Jeder Übergang erzeugt eine Ladung Q_s . Die Position des Atoms kann gelesen werden, wodurch ein nicht flüchtiger Datenspeichermechanismus erzeugt wird.

FRAM handhabt Daten als Worte. Damit sieht die Komponente für den Anwender wie ein herkömmliches CMOS-RAM aus. Da jede Zelle nur einen einzigen Transistor und Kondensator benötigt, kann FRAM hohe Speicherdichten erreichen, wodurch wiederum die Herstellungskosten sinken.

Keine hohen Programmierspannungen erforderlich

Da im Gegensatz zu vielen anderen nicht flüchtigen Speichern keine hohen Programmierspannungen erforderlich sind, besitzt FRAM eine verlängerte Lebensdauer. FRAM-Komponenten können einen Nennwert von 10^{14} Löschoperationen erreichen – 108-mal mehr als eine typische Flash-Komponente. Dieser Wert gilt, obwohl auch für das Lesen ein Haltbarkeitszyklus anwendbar ist, da aktuelle Architekturen das so genannte destruktive Lesen nutzen. Schließlich kann FRAM Programmieroperationen in ns durchführen – viel schneller als Flash.

MRAM nutzt magnetische Datenelemente zum Speichern von Informationen

Bei MRAM speichern magnetische Datenelemente die Informationen in Speicherzellen. Die Struktur dieser Speicher besteht aus zwei isolierten ferromagnetischen Polen, die durch eine Isolierschicht getrennt werden.



Freescale Semiconductor, das die kommerzielle Implementierung von MRAM vorangetrieben hat, nutzt eine Magnetic Tunnel Junction (MTJ –

Magnet-Tunnel-Übergang) als Speicherelement. Die feste Schicht der MTJ ist dauerhaft in eine Richtung polarisiert. Die andere Schicht ist frei und kann in die oder die andere Richtung polarisiert werden. Der Widerstand über der MTJ hängt davon ab, ob die Schichten in die entgegengesetzte oder dieselbe Richtung ausgerichtet sind.

So kann die Speicherlogik basierend auf dem gemessenen Widerstand über der MTJ entscheiden, wie die freie Polarität programmiert ist und ob die Zelle eine 1 oder eine 0 gespeichert hat. Das MRAM liest und schreibt in nur 35 ns. Da die Polarität des magnetischen Speicherelements ohne Spannung bestehen bleibt, funktioniert es als nicht flüchtige Zelle.

Vorteile sind durch die physischen Eigenschaften bedingt

Wie beim FRAM bringen einige der physischen Eigenschaften einer


MRAM-Komponente Vorteile für den Schaltungsentwickler: Die Magnetisierung der Zelle nimmt z.B. nicht zeit- oder temperaturbedingt ab, d.h. eine MRAM-Komponente kann lange Speicherintervalle bei relativ hohen Temperaturen bieten.

Weiterhin ist die Struktur in Zellen implementiert, die nur einen Transistor und eine MTJ enthalten. Dies ermöglicht künftig die Produktion von Komponenten mit höherer Speicherdichte bei geringeren Kosten.

Zudem gibt es keine verschleißanfälligen Mechanismen, da sich bei der Programmierung keine Elektronen oder Atome bewegen. Daher bietet MRAM einen hohen Nennwert an Schreib-/Löschzyklen.

Die Unterschiede der Technologien liegen im Detail

Worin unterscheiden sich die neuen Speichertechnologien? Alle drei behaupten, Daten lange halten zu können, alle sind bei industriellen Temperaturen einsatzfähig und alle bieten einen vergleichbaren Preis pro Bit (basierend auf einem Vergleich von 4-MBit-Komponenten).

 Laut Tabelle scheint nvSRAM eine niedrigere Lese-/Schreibzyklus-Kapazität aufzuweisen. Diese Angabe bezieht sich allerdings auf den nicht flüchtigen Teil des Arrays – der jedoch nur bei Stromausfall beschrieben wird. Daher wird die Haltbarkeit des nicht flüchtigen Teils des Arrays bei praktisch allen Applikationen ausreichen.

Das gleiche Argument gilt für die Programmierdauer von nvSRAM: Auch hier gilt der angegebene Wert ausschließlich für das nicht flüchtige Array. Bei normalem Betrieb schreibt das System auf das SRAM und erreicht so Lese-/Schreibgeschwindigkeiten von 25 ns – schneller als FRAM oder MRAM.

Aus diesem Grund können nvSRAM-Komponenten anspruchsvolle Hochgeschwindigkeitsprozessoren bei Applikationen, bei denen Wartezustände nicht akzeptabel sind, möglicherweise besser unterstützen.

Der Nachteil: Entwickler müssen einen zusätzlichen Kondensator auf der Platte vorsehen, um das nicht flüchtige Array mit Spannung zu versorgen, sollte die Systemstromversorgung ausfallen.

Keine Störungen durch magnetische Felder in der Praxis

Eine weiterer verbreiteter Irrtum betrifft MRAM: Sie soll anfällig sein gegen magnetische Felder – was in der Praxis kaum der Fall ist. Im technischen Datenblatt spezifiziert Freescale, dass seine MRAM-Komponenten gegenüber magnetischen Feldern unter 25 Gauss immun sind.

Zum Vergleich: Ein Lautsprecher hat in der Regel direkt auf seiner Oberfläche ein Feld von 90 Gauss. Dies fällt jedoch in einem Abstand von 5 mm auf einen Wert unter 10 Gauss ab; bereits 1 cm von seiner Oberfläche entfernt ist das magnetische Feld des Lautsprechers vernachlässigbar. Deshalb sollten sich Störungen durch magnetische Felder in der Praxis bei einem Großteil der Anwendungen weit gehend problemlos vermeiden lassen.

Bei neuen Designs keine unnötigen Risiken eingehen

Die beschriebenen Speichertechnologien sind relativ neu und fortschrittlich – ihre Verbreitung ist unsicher. Flash, EEPROM und sogar herkömmliches, batteriegestütztes SRAM halten einen deutlich größeren Anteil am Markt für nicht flüchtige Speichersysteme, und sie werden diesen Anteil noch solange halten, wie sie ihre Aufgabe

adäquat erfüllen. Es ist eine alte Binsenweisheit: Der herkömmliche Weg kann häufig der sicherste sein, und viele Entwickler wollen bei neuen Designs keine unnötigen Risiken eingehen.

Als Alternative scheint angesichts der technischen Daten MRAM besonders attraktiv: Diese Speicher sind ziemlich schnell, bieten eine gute Haltbarkeit und den niedrigsten Preis pro Bit (basierend auf einer 4-MBit-Komponente).

Als jüngster Zugang auf dem Markt wird es im Gegensatz zu FRAM oder SRAM jedoch nicht von mehreren Herstellern angeboten. Dies kann für einen industriellen OEM ein ausschlaggebendes Kriterium darstellen.

Zudem ist die Preisgestaltung dynamisch: Neuzugänge auf dem Markt wollen oft mit preispolitischen Maßnahmen Marktanteile gewinnen. Doch diese Angebote können manchmal langfristig nicht aufrechterhalten werden, wenn die produzierten Volumen nicht genügend ansteigen.

*Colin Weaving ist Technical Director bei Future Electronics (EMEA).

Redakteur: [Jan Vollmuth](#)

Weitere Informationen erhalten Sie bei

[Future Electronics Deutschland GmbH](#)

Ismaning, Deutschland

[Firmenprofil](#)

[Future Electronics Ltd](#)

Slough, Deutschland

[Firmenprofil](#)

Links zum Thema im Internet

[Wikipedia: Fowler-Nordheim](#)

[Die Berechnung von Fowler-Nordheim-Effekten \(engl.\)](#)

[Das Speicherportfolio von Future Electronics](#)

[FRAM von Ramtron](#)

[MRAM von Freescale](#)

[nvSRAM von Cypress Semiconductor](#)