



Batteriegepufferte SRAMs

By Doug Mitchell, Senior Product Manager, Non-Volatile Memory Business Unit, Cypress Semiconductor Corp.

Vorwort/Einführung

Schon seit Jahrzehnten sind batteriegepufferte statische RAMs in der Industrie die Standardlösung, um Datenverluste durch Ausfall der Versorgungsspannung zu verhindern. Nachteilig waren jedoch stets die eingeschränkte Zuverlässigkeit der Batterie, die zusätzlichen Fertigungsschritte und die insgesamt höheren Kosten. Die Tatsache, dass Batterien teils umweltschädliche Stoffe enthalten, ist für die Industrie ein zusätzlicher Anlass, nach Alternativen zu suchen.

Nichtflüchtige SRAMs (non-volatile SRAMs bzw. kurz nvSRAMs) auf der Basis robuster SONOS-Technologie (Silicon-Oxide-Nitride-Oxide-Silicon) verbinden die Funktionalität traditioneller batteriegepufferter Lösungen mit höherer Zuverlässigkeit, effizienter Fertigung und echter RoHS-Konformität bei völligem Verzicht auf Batterien.

Haupttext

Seit dreißig Jahren kombiniert man Batterien und statische SRAMs, um sich gegen Datenverluste bei geplanten und ungeplanten Abschaltungen der Versorgungsspannung zu schützen. Die zunächst gewählten diskreten Lösungen waren nicht frei von Problemen. Damit die Batterie lange hielt, schied man Speicher mit kurzen Zugriffszeiten aus, und auch die Batterien selbst boten nur begrenzte Kapazität und waren von fragwürdiger Zuverlässigkeit. Dann ging man dazu über, die batteriegepufferten Speicher in Form von Modulen anzubieten, indem man entweder alle Komponenten in einen Baustein integrierte oder die Batterie auf das IC mit den Steuerungsschaltungen aufsteckte. Für Schaltungsdesign, Produktion und Zuverlässigkeit war nun der Bauelemente-Hersteller verantwortlich. Eine weitere Funktion, die man bei batteriegepufferten SRAMs beinahe selbstverständlich voraussetzte, war die Echtzeituhr, um beispielsweise Uhrzeit und Datum anzuzeigen oder Ereignisse mit Zeitstempeln versehen zu können. Wegen der stets bereiten Versorgungsspannung im batteriegepufferten SRAM lag es nahe, diese Funktion mit zu integrieren.

Trotz der Verbesserungen bei den Speicherdichten, den integrierten Steuerungsschaltungen und den Batterietechnologie blieben einige grundlegende Mängel der batteriegepufferten SRAMs bestehen, gleich ob diese in Modulform oder mit diskreten Bauelementen implementiert waren. Mangelnde Zuverlässigkeit, komplexe Fertigung, großer Flächenbedarf, niedrige Geschwindigkeit und mangelnde Umweltfreundlichkeit sind hier anzuführen.

Ein typisches batteriegepuffertes SRAM setzt sich aus vier Bauteilen zusammen, nämlich einem SRAM, einem Spannungswächter bzw. -controller, einer Batterie und einem Stecksockel für die Batterie, wobei letzterer bei Modullösungen entfällt. Um eine Aussage über die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems zu bekommen, könnte man schlicht die Ausfallraten aller Bauteile multiplizieren. Dabei dürfen aber die Verbindungen zwischen den Bauteilen nicht übersehen werden. Insbesondere die Kontakte der häufig gesockelten Batterie weisen eine hohe Ausfallwahrscheinlichkeit auf. Nicht übersehen werden darf die nicht genau vorhersagbare Lebensdauer der Batterie. In Verbindung mit einem SRAM, das eine Standby-

Stromaufnahme von 5 μA hat, hält eine 165-mAh-Batterie nominell weniger als vier Jahre. Die Zeitspanne verkürzt sich sogar deutlich, wenn das System extremen Temperaturen ausgesetzt wird.

Probleme bei der Fertigung ergeben sich in erster Linie daraus, dass Batterien die extremen Temperaturen bei der Reflow-Lötung nicht verkraften. Abhilfe schaffte man zunächst, indem man die Batterie bzw. das Modul nachträglich, d. h. in einem zweiten Fertigungsschritt montierte. Später fasste man SRAM und Steuerungs-IC in einem Modul zusammen, in das die Batterie nach erfolgter Lötung eingesteckt wurde. Kunststoffklammern boten den nötigen Halt, aber die elektrische Verbindung erfolgte nur mit Druckkontakten, die denselben Korrosions- und Vibrationsproblemen unterlagen wie früher die gesockelte Batterie.

Die technische Entwicklung hat zwar den Platzbedarf der batteriegepufferten SRAMs schrumpfen lassen, doch effizient kann man die Lösungen diesbezüglich nicht nennen. Die besten diskreten Lösungen benötigen heute mindestens 555 mm^2 , nicht eingerechnet die zusätzliche Fläche für Verdrahtung und Fertigungstoleranzen. Ein typisches Modul erfordert 729 mm^2 . An die Fläche und Höhe eines standardmäßigen Speichers kommt somit kein batteriegepuffertes SRAM heran.

Da kurze Zugriffszeiten bei den ersten batteriegepufferten SRAMs unkritisch waren, traf es sich gut, dass Low-Power-Designs ebenfalls nicht zu den schnellsten gehörten. Die meisten batteriegepufferten Lösungen sind heute für Zugriffszeiten zwischen 55 und 100 ns ausgelegt. Es gilt zwischen Geschwindigkeit und Datenerhalt abzuwägen, wobei letzterer vom Standby-Strom und der Batteriekapazität abhängig ist.

Dem nächsten Aspekt wird mehr Aufmerksamkeit gewidmet als allen anderen Themen zusammen. Gemeint ist die Umweltfreundlichkeit, die bei batteriegepufferten SRAMs besonders problematisch ist, da diese Bauteile nicht ohne weiteres inspiziert, repariert und – was am wichtigsten ist – entsorgt werden können. Die EU-Direktive zu Batterien, Akkus und Altbatterien strebt die Verwendung weniger gefährlicher Stoffe bei der Batterieherstellung und eine Verbesserung der Altstoffbehandlung an. Ähnliche Initiativen gibt es in anderen Staaten. Ein völliger Verzicht auf Batterien ist unrealistisch. Die eingeleiteten Maßnahmen sollen jedoch Restriktionen bezüglich der verwendeten Stoffe sowie für das Einsammeln und Wiederaufbereiten gebrauchter Batterien vorgeben. Unter dem Strich ergeben sich dadurch Mehrkosten für die Entsorgung, die letztendlich jegliches Produkt, in dem Batterien zum Einsatz kommen, teurer machen.

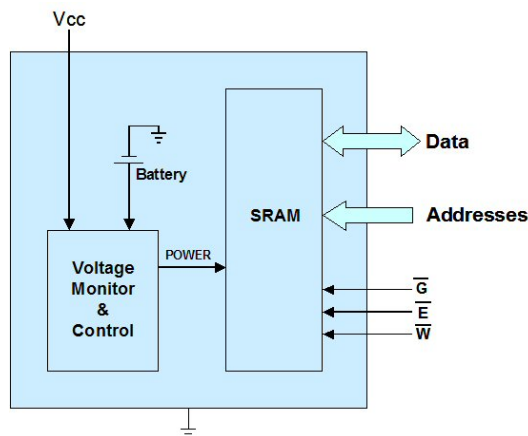


Bild: Blockschaubild eines batteriegepufferten SRAM

Alternativen zu batteriegepufferten SRAMs zu finden, erwies sich als schwierig. Gelegentlich kombinierte man SRAMs mit EEPROMs oder bildete Kombinationen aus SRAMs und Flash-Speichern. Hier konnte nur eine begrenzte Datenmenge über den Datenbus gesichert werden, wobei beispielsweise ein großer Kondensator als Hilfsstromversorgung fungierte. Exotische neue Technologien wie etwa ferroelektrische, magnetische oder Phasenwechsel-Speicher bieten sich für die Entwicklung nichtflüchtiger Speicher an, die in der Zukunft kommerziell tragbar werden könnten. Dem stehen bislang die begrenzte Leistungsfähigkeit, die teure Herstellung und die speziellen Werkstoffe dieser Speicher entgegen.

Die bessere Lösung: nvSRAMs

Cypress hat eine Familie nichtflüchtiger SRAMs (non-volatile SRAMs; kurz: nvSRAMs) vorgestellt, die die Nachteile batteriegepuffertter Lösungen vermeiden. Eine schnelle SRAM-Zelle wird hier mit nichtflüchtigen Elementen kombiniert, um völlig ohne Batterien eine Sicherung der gespeicherten Daten beim Ausfall der Versorgungsspannung zu erreichen. Wie das Blockschaltbild des nvSRAM zeigt, ist die System-Schnittstelle identisch mit der eines herkömmlichen asynchronen SRAM-Bausteins. Adress- und Datenleitungen sowie die Steuersignale /CE, /OE und /WE sind dem Systemdesigner in der x8- und x16-Konfiguration bestens vertraut. Schreib- und Lesezugriffe werden im Normalbetrieb auf den SRAM-Teil ausgeführt. Die nichtflüchtige Funktion wird erst beim Ausfall der Stromversorgung oder auf einen Store-Befehl des Anwenders hin aktiviert.

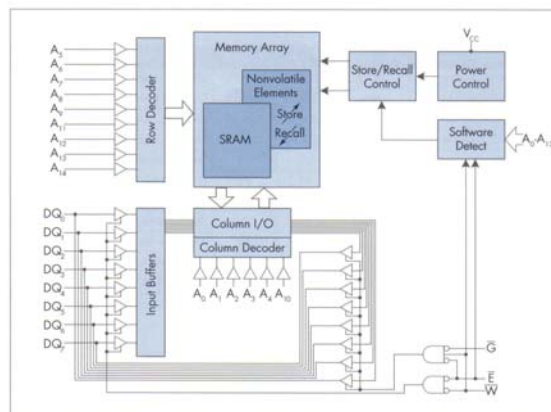


Bild: Blockschaltbild eines nvSRAM

Meist wird die Autostore™-Funktion zum Abspeichern benutzt. Sobald der interne Spannungswächter feststellt, dass die Versorgungsspannung einen bestimmten Grenzwert unterschreitet, werden die I/O-Leitungen gesperrt, um ein Verfälschen der Daten im SRAM zu verhindern. Mit der Energie aus einem kleinen Kondensator (meist zwischen 22 und 68 µF) werden dann die Daten aus allen SRAM-Zellen gleichzeitig in die zugehörigen nichtflüchtigen Elemente kopiert. Nach dem Wiedereinschalten der Versorgungsspannung veranlasst der Spannungswächter mit Hilfe der Recall-Funktion das Zurückladen der Daten in das SRAM, und der reguläre Betrieb kann wieder aufgenommen werden. Abhängig vom gewählten Baustein kann das Kopieren des SRAM-Inhalts auch durch einen Hard- oder Softwarebefehl angestoßen werden.

Cypress produziert nvSRAMs mit einem SONOS-Prozess (Silicon-Oxide-Nitride-Oxide-Silicon), um die nichtflüchtigen Elemente in leistungsfähige SRAM-Zellen integrieren zu können. Dabei ermöglicht die Quantum Trap™-Technologie die



Verwendung niedriger Lösch- und Programmierströme und schwacher elektrischer Felder für das Speichern von Ladung in einem Siliziumnitrid-Isoliermaterial. Da die Ladung durch eine dünne Oxidschicht gepumpt wird, können die Ströme niedrig gehalten werden, was die Zuverlässigkeit verbessert und das gleichzeitige Abspeichern des gesamten Speicherinhalts ermöglicht. Das Speichern von Ladung in einer isolierenden Siliziumnitrid-Schicht ist überdies weniger anfällig gegen kontaktbedingte Spannungsspitzen, Risse in der Oxidschicht oder Fertigungsfehler. Insgesamt hat der SONOS-Prozess seine hohe Zuverlässigkeit, Produzierbarkeit und Skalierbarkeit bewiesen.

Das nvSRAM benötigt keine Batterie und ist damit sehr verlässlich. Der SRAM-Teil verkraftet unbegrenzt viele Schreibzyklen, und der nichtflüchtige Abschnitt ist für 200.000 Store-Zyklen garantiert. Das Rückspeichern aus den nichtflüchtigen Elementen hat keinen Einfluss auf die Endurance. Selbst über den industriellen Temperaturbereich ist ein Datenerhalt von 20 Jahren nach dem letzten Store-Zyklus spezifiziert.

Als monolithischer Baustein bietet ein nvSRAM sämtliche effizienten Montage- und Zuverlässigkeits-Eigenschaften eines konventionellen SRAM-Speichers und wird auch in ähnlichen Gehäusen angeboten. Cypress bietet zurzeit nvSRAMs mit 256 Kb bis 4 Mb an und entwickelt zusätzlich Versionen mit noch höherer Dichte. Jede Variante gibt es außerdem mit einer eingebauten Echtzeituhr mit vollem Funktionsumfang. Es werden Zugriffszeiten ab 15 ns geboten. Die oberflächenmontierbaren SSOP-, SOIC-, TSOPII- und BGA-Gehäuse sind bleifrei. Durch den Verzicht auf Batterien sowie durch das RoHS-konforme Gehäuse löst das nvSRAM somit viele Probleme, die bei batteriegepufferten SRAMs auftraten.

Informationen zum Autor

Doug Mitchell, Senior Marketing Consultant bei Cypress Semiconductor, besitzt mehr als 25 Jahre Erfahrung im Bereich der Halbleiter und der elektronischen Systeme. Er erwarb an der University of Texas ein Bachelor-Diplom in Elektrotechnik und absolvierte ein Studium der Betriebswirtschaftslehre an der National University als MBA.



Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
Phone: 408-943-2600
Fax: 408-943-4730
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.