



Patrik Hellmüller

Alternativen bei Flash-Speichern

Die Vielfalt bei NAND-Speichern ist groß: SLC (Single Level Cell) ist die langlebige Technologie, aber auch die teuerste. Welche Anwender können auf MLC- oder auf neue pSLC-Speicher ausweichen?

NAND-Flash-Speicher eignen sich ideal für Industrieanwendungen. Denn sie sind im Gegensatz zu Harddisks unempfindlich gegen Schocks und Vibrationen. Jedoch hat die Technologie auch Nachteile: etwa die beschränkten Schreib- und Lesezyklen von NAND-Speichern. Trotzdem eignen sie sich für Anwendungen, die eine lange Lebensdauer verlangen. Vorausgesetzt, die Speicher werden bedarfsgerecht evaluiert: Denn es gibt unterschiedliche Technologie bei den NAND-Speichern.

Etwa die SLC-NAND-Speicher, welche die höchste Lebensdauer haben – eine Grundregel, die nach wie vor Bestand hat. SLC-NAND-Speicher (Single Level Cell) lassen mit Abstand am meisten Schreib- und Löschkzyklen zu und haben dadurch die höchste Lebensdauer.

SLC- und MLC-Speicher im Vergleich

Die von Syslogic vertriebenen SLC-Speicher von Cactus Technologies

verfügen über A-Grad-Flash-Zellen (NAND) von Toshiba mit 43- oder 32-Nanometer-Technologie. Dabei handelt es sich um die größten erhältlichen NAND-Shrinks. Sie erlauben 100.000, respektive 80.000 Schreib- und Löschkzyklen – entsprechend müssen sie lange nicht ersetzt werden. Einzige Nachteile von SLC-Speichern sind der höhere Preis gegenüber MLC-Speichern (Multi Level Cell) sowie die beschränkten Speicherkapazitäten.

Die SLC-Speicher eignen sich für alle Anwendungen, bei denen eine lange Lebensdauer wichtig ist und welche die benötigte Speicherkapazität von 16 GByte nicht überschreiten. Auch bei hoher thermischer Belastungen lohnt sich die Investition in SLC-Speicher, da diese unter extremen Temperaturen wesentlich zuverlässiger funktionieren als beispielsweise MLC-Speicher.

MLC-Speicher waren in der Industrie lange verpönt. Mittlerweile gibt es

(Bild: Computer & AUTOMATION; Quellen: Fotolia/artstudio_pro; Syslogic)

aber Speicherhersteller, die mit cleverer Firmware die Langlebigkeit und Zuverlässigkeit von MLC-Flash-Speichern verlängern. Gleichwohl erreichen MLC-NAND bis zu 30-mal weniger Schreib- und Lesezugriffe als SLC-Speicher. Entsprechend empfehlen sich MLC-Speicher nur für Anwendungen, bei denen entweder die Langlebigkeit nicht zentral ist, oder bei denen sehr große Speicherkapazitäten nötig sind. Die Haltbarkeit von MLC-Speichern lässt sich verlängern, indem man große Speicherkapazitäten einsetzt. Dadurch werden die Schreib- und Lesezugriffe auf mehr NAND-Zellen verteilt.

pSLC-Speicher – die Alternative

Eine Innovation bei industriellen Flash-Speichern ist die pSLC-Technologie (Pseudo Single Level Cell). Um diese zu erklären, ist es wichtig, die Funktionsweise eines NAND-Flash-Speichers zu kennen (siehe *Bild 1*). NAND-Zellen funktionieren mittels eines Transistorkanals (Source-Drain) und zwei Gates, einem Control Gate und einem Floating Gate. Das Floating Gate ist mittels einer Oxidschicht von Control Gate und Transistorkanal isoliert. Werden per Speicherspannung Elektronen durch die Oxidschicht hindurch in das Floating Gate gedrückt (Tunneleffekt), bleiben sie dort permanent, auch ohne Spannung.

(Bilder: SyslogiC)

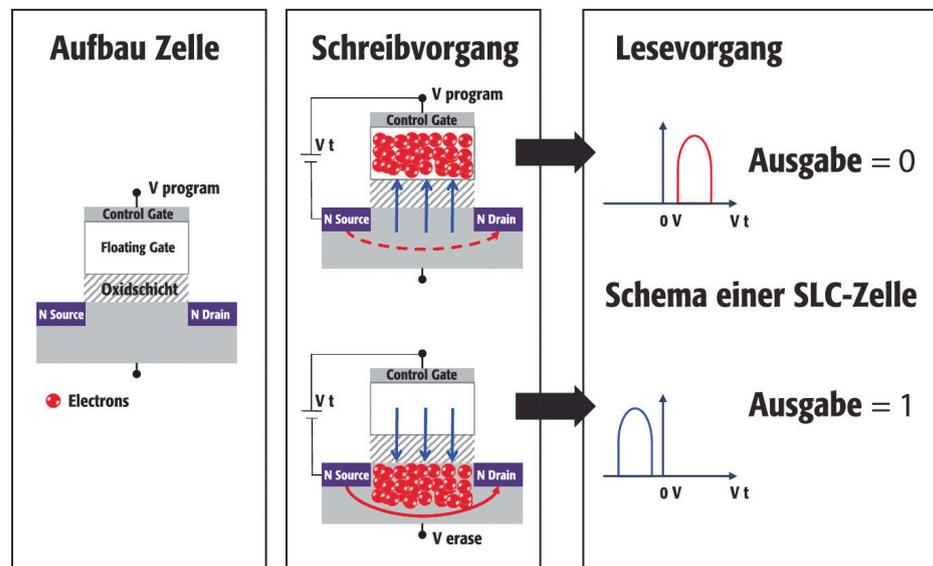


Bild 1. Die Funktionsweise eines NAND-Flash-Speichers: Je nachdem, wo sich die Elektronen befinden, wird der Zustand 0 oder 1 ausgelesen.

Zum Auslesen der Speicherzelle wird eine Lesespannung an den Transistor gelegt und der Strom, der zwischen Source und Drain fließt, gemessen. Ist das Floating Gate geladen – es befinden sich also viele Elektronen im Floating Gate – ist der Zustand 0. Das, weil kein Strom zwischen Source und Drain fließt.

Mittels Löschspannung können die Elektronen wieder freigesetzt werden. Befinden sich also wenig Elektronen im Floating Gate, ist der Zustand 1, weil Strom zwischen Source und Drain fließt.

Alle NAND-Zellen nutzen sich mit der Zeit ab und die Oxidschicht zersetzt sich. Je dicker die Oxidschicht ist, desto langsamer schreitet dieser Prozess voran. Entsprechend sind NAND-Speicher mit großen Shrink langlebiger als solche mit kleinen. Die Zeit, in der eine einmal eingespeicherte Information fehlerfrei bleibt, heißt Retention. Eine hohe Retention erreichen also NAND-Zellen mit einer dicken Oxidschicht.

SLC-Speicher kennen nur zwei Ladungszustände, fast keine oder sehr viele Elektronen im Floating Gate. Bei MLC-Speichern werden mit unter-

athletec[®]
INDUSTRIE-COMPUTER



Embedded PCs. Beeindruckend ausdauernd.



- Komplett lüfterloses, wartungsfreies Design
- Kabelloser, schock- und vibrationsresistenter Aufbau für dauerhafte Zuverlässigkeit
- Intel® Core™ i und Atom™ oder RISC Prozessoren der neuesten Generation
- Als kompakte Box-PCs, Hutschienen-PCs und Schaltschrank-PCs verfügbar
- Viele Interfaces und Slots für Feldbus- und I/O-Module



athletec[®] ist eine Marke der gbm mbH

gbm

gbm mbH · Lehmkuhlenweg 16 · 41065 Mönchengladbach · Fon: 02161 30899-0 · Fax: 02161 30899-1
Vertrieb: sales@gbm.de · Support: support@gbm.de · www.athletec.de



Bild 2. Cactus Technologies bietet ein breites Portfolio industrieller Flash-Speicher, etwa SLC-, pSLC- und MLC-Speicher in allen gängigen Formfaktoren wie SD und microSD Card, Compact Flash, CFast, 2,5-Zoll-Disk oder m.2.

schiedlichen Spannungsniveaus vier verschiedene Ladungszustände pro Zelle gespeichert, das entspricht 2 Bits.

Funktionsweise von SLC- und MLC-NAND

SLC-NAND mit Abnutzungserscheinungen sind wesentlich länger auslesbar als MLC-NAND mit Abnutzungserscheinungen. Bei nur zwei Ladungszuständen fällt die Zuordnung leicht, selbst wenn der Ladungszustand nicht mehr so deutlich ausfällt wie bei einer neuwertigen Zelle. Bei vier Ladungszuständen (MLC-NAND) ist die Zuordnung im Vergleich wesentlich schwieriger. Bereits kleine Abnutzungserscheinungen reichen und die Ladungszustände können nicht mehr zugeordnet werden. Entsprechend lassen SLC-Speicher eine vielfach höhere Anzahl an Schreib- und Lesezyklen pro Flash-Zelle zu als MLC-Speicher. Zudem sind SLC-Speicher durch die klaren Spannungsunterschiede wesentlich schneller als MLC-Speicher.

Es gibt die Möglichkeit, MLC-NAND zu nutzen, aber nur 1 Bit darauf zu speichern. Für diesen Ansatz gibt es die Bezeichnung ‚Fast Page Mode‘, einige Hersteller sprechen von ‚MLC+‘ oder

‚Turbo Mode‘. Der Vorteil des Fast Page Mode liegt vor allem in der Geschwindigkeit: Lese- und Schreibgeschwindigkeit sind zu Lasten der Speicherkapazität erhöht. Sämtliche MLC-NAND-Speicher lassen sich im Fast Page Mode betreiben, ohne dass Anpassungen an der Firmware nötig sind.

Der Nachteil ist, dass die Lebensdauer (Endurance) der einzelnen Flash-Zelle (NAND) gegenüber herkömmlich genutzten MLC-Speichern nur unwesentlich höher ist. Zwar werden im Fast Page Mode lediglich zwei Ladungszustände abgespeichert, doch ist der Unterschied der Spannungsniveaus gleich klein wie bei vier Ladungszuständen. Entsprechend kommen die oben erwähnten Nachteile von MLC-NAND zum Tragen: Fehleranfälligkeit durch schwierige Zuordnung der Spannungsniveaus, beschränkte Schreib-/Lesezyklen und daraus resultierend beschränkte Lebensdauer.

Das kann pSLC

Bei der pSLC-Technologie, teilweise auch ‚SLC Light‘ genannt, werden die MLC-NAND ebenfalls mit nur einem Bit beschrieben. Gleichzeitig vergrößert man aber die Spannungsunterschiede zwischen den beiden Ladungszuständen. Durch die deutlichen Spannungsunterschiede kommen die Vorteile von SLC-Speichern zum Tragen. Die Ladungszustände lassen sich einfacher zuordnen als beim Fast Page Mode oder bei herkömmlich genutzten MLC-NAND, was mehr Schreib- und Lesezyklen erlaubt. Gleichzeitig sorgen die deutlichen Spannungsunterschiede für verminderte Anfälligkeit auf Datenfehler. Entsprechend sind die Datensicher-

heit und die Langlebigkeit von pSLC-Speichern deutlich besser als die von herkömmlichen MLC-Speichern oder von MLC-Speichern im Fast Page Mode. Um die Spannungsunterschiede zwischen den Ladungszuständen zu vergrößern, muss der Speicherhersteller allerdings die Firmware anpassen. Im Gegensatz zum Fast Page Mode sind bei der pSLC-Technologie spezielle MLC-NAND nötig, welche die pSLC-Technologie unterstützen. Mit der pSLC-Technologie kann die Lebensdauer von MLC-NAND deutlich erhöht werden. Bei pSLC ist nur die Hälfte der physischen Speicherkapazität verfügbar. Ein 32-GB-pSLC-Speicher ist also rein physikalisch ein 64GB-MLC-Speicher. Die Lebensdauer wird aber durch die größeren Spannungsunterschiede der Ladungszustände nicht nur verdoppelt, sondern versechsfacht. Daher sind pSLC-Speicher für viele Anwendungen eine lohnende Investition.

In puncto Lebensdauer kann pSLC klassischen SLC-Speichern aber nicht das Wasser reichen, denn pSLC basiert auf MLC-NAND-Technologie. Entsprechend erreichen echte SLC-NAND 5-mal mehr Schreib- und Lesezyklen als pSLC-NAND. Die SLC-Technologie bleibt also unangefochtene Spitzenreiterin in puncto Lebensdauer und eignet sich für Industrieanwendungen am besten. Insbesondere wenn sehr hohe Speicherkapazitäten nötig sind oder wenn sich die Schreib- und Löszyklen in Grenzen halten, greifen Industrieunternehmen auf pSLC- oder MLC-Speicher zurück. Bei kleinen und mittleren Kapazitäten zahlt sich die Investition in echte SLC-Industriespeicher aus. Auch wenn Flash-Speicher extremen thermischen Belastungen ausgesetzt sind, lohnt sich die Investition in SLC-Speicher, denn es gibt spezielle SLC-NAND, die für den erweiterten Temperaturbereich zwischen -40 und +90 °C gefertigt werden. *ld*

Fernstudium SPS
Nach IEC 61131. Inkl. STEP 7,
TIA-Portal, CODESYS
FERNSCHULE WEBER
Tel. 0 44 87 / 263 - Abt: D73
www.fernschule-weber.de



Patrik Hellmüller

ist verantwortlich für Public Relations bei Syslogics.