

Flash oder Festplatte – Wer macht das Rennen?

Beim Einsatz von Flash-Speicher stellt sich die Frage: Wie kommen die Daten auf die Speicherkarte?

Die Automobilindustrie schreitet nach Speicherplatz für immer aufwendigere 3D-Navigationskarten, Software und Medieninhalte. Aufgrund des schnellen Preisverfalls bei Flash-Speichern dürften sie schon bald einen Siegeszug um Automobil antreten. Doch bei ihrer Programmierung gibt es einiges zu beachten.

Von Joachim Mahn

In den letzten Jahren kommen immer mehr NAND-Flash-Speicher im Entertainment- und Infotainment-Sektor zum Einsatz. Grund hierfür ist, dass immer größere Datenmengen gespeichert und für den Endanwender vorgehalten werden müssen. Im Automobilssektor ist diese Entwicklung nicht nur bei Entertainment-Applikationen zu beobachten: Auch die Entwicklungspartner der Automobilindustrie für ECUs (Electronic Control Units), so genannten elektronischen Steuereinheiten, wissen von den großen Vorteilen von NAND-Bausteinen für ihre Anwendungen und forcieren deshalb den Einsatz dieser High-Density-Speicher.

NAND-Bausteine bieten zahlreiche Vorteile. Sie sind robust und müssen nicht in dem Maße gegen mechanische Einflüsse wie Stoß oder extreme Temperaturen geschützt werden, so wie es bei Festplatten oder CD-Laufwerken der Fall ist. Durch ihre kleinen Abmessungen sind sie sehr gut für den Einsatz im Automotive-Umfeld mit dessen strikten Platzbegrenzungen geeignet. NAND-Bausteine haben keine mechanischen Komponenten, die durch zu hohe oder zu niedrige Temperaturen beeinträchtigt werden, und sie reduzieren deutlich Stromverbrauch und Wärmeabstrahlung.

■ Kostenvergleich: Flash-Speicher gegen Festplatte

Wenn auch NAND-Flash wirtschaftlicher als NOR-Flash ist, sind beide Arten teurer als Festplatten. Heute kann man Festplatten für Heim- und Computeranwendungen für weniger als 0,50 US-Dollar pro Gbyte kaufen. Im Vergleich dazu kosten NAND-Flash-Speicher zehn Mal mehr, ca. 5 US-Dollar pro Gbyte (Stand 2007). Bei der Entscheidung für oder gegen Flash-Speicher müssen Applikationsdesigner abwägen. Festplatten für den Einsatz im Auto müssen völlig andere Eigenschaften mitbringen als im PC: Die Temperaturen reichen von -40 bis +80 °C, manchmal sogar bis 120 °C. Die Laufwerke sind laufend Stößen, ständiger Vibration, Luftfeuchtigkeit und Kondenswasser ausgesetzt.

Standard-Festplattenlaufwerke sind nicht auf derartige Umgebungsbedingungen ausgelegt. Für Festplattenlaufwerke mit Kapazitäten zwischen 20 und 40 Gbyte zahlen OEM-Kunden etwa 20 bis 40 US-Dollar. Das entspricht 1,0 bis 1,5 US-Dollar pro Gbyte. Zieht man die Gesamtkosten für das System in Betracht (Festplatten benötigen zusätzliche Schaltkreise wie etwa ATAPI-Bus, Stromversorgung usw.), verringert sich der Kostenunterschied zu NAND weiter.

Aktuelle Zahlen (siehe Bild 1) zeigen, dass der Markt eine Preiserosion für NAND von bis zu 60 Prozent in weniger als einem Jahr hatte. Das bedeutet, dass der Preisunterschied zwischen Festplatte und NAND künftig deutlich kleiner wird. Fachleute gehen bereits heute davon aus, dass NAND und SSD (Solid State Drives) schon in naher Zukunft Festplatten in Laptop-Computern ersetzen könnten.

■ Automotive-Umgebungen fordern die Festplatte

Der Trend zu immer größeren Speichermengen und -dichten für Automobil-Applikationen gründet auf der immer speicherintensiveren und komplexeren Software, wie sie etwa bei Navigationssystemen und Infotainment-Systemen eingesetzt wird. Die Software und die damit verbundene Funktionalität ist mittlerweile das eigentliche Unterscheidungsmerkmal für die OEM-Unternehmen. So hat die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine (HMI, Human Machine Interface) z.B. durch den zusätzlichen Einsatz von Farbdisplays an Attraktivität zugenommen. Die Anzahl der Systemfunktionen wächst dramatisch an – auch gerade, weil diese die Unterscheidung erleichtern. Die zusätzliche Unterstützung von Funktionen zum Abspielen

von Musik über MP3-Player sowie wachsende Dateninhalte für die 3D-Navigationskarten benötigen weiteren Speicherplatz.

Defekte Festplatten sind heute nichts Ungewöhnliches. Wie schwierig es ist, die Daten eines ausgefallenen Festplattenlaufwerkes wieder herzustellen oder zumindest einen Teil davon zu retten, ist allgemein bekannt.

Die Ursache für den Ausfall von Festplatten ist Verschleiß wie bei jedem anderen mechanischen System auch. Festplatten bestehen aus sich drehenden, magnetisch beschichteten Scheiben, auf denen die Daten gespeichert werden. Diese Drehbewegung der Platten und die dauernde Bewegung der mechanischen Arme führen nach einer langen Nutzungsdauer zu hoher Abnutzung. Die Betriebsdauer eines Computer-Festplattenlaufwerkes liegt in der Regel bei ca. drei Jahren, was für die OEM-Hersteller in der Automobilindustrie ein erhebliches Problem darstellt. Hier muss die Lebensdauer der Systeme mindestens der des gesamten Autos entsprechen.

Darüber hinaus müssen Media-Laufwerke (HDD, DVD etc.) Stöße von bis zu 200 g und Vibrationen von bis zu 1 g im Betrieb aushalten können. Dies kann in der Regel nur durch spezielle zusätzliche Dämpfungselemente erreicht werden. Weiterhin müssen Laufwerke, wie bereits erwähnt, hohen Temperaturschwankungen trotzen. Ein zuverlässiges Laufwerk, das unter diesen Bedingungen einsatzfähig bleibt, wird heute auf der ganzen Welt nur von ein paar wenigen Festplattenherstellern produziert. Die Kosten für diese Geräte sind deshalb – im Vergleich zu handelsüblichen Computeraufwerken – verständlicherweise hoch und ihre Lebensdauer ist wie die herkömmlicher Festplattenlaufwerke begrenzt.

■ Flash: zuverlässig, robust, stromsparend

Was die Zuverlässigkeit betrifft, kann ein Festplattenlaufwerk nicht mit Flash-Bausteinen und Flash-Medien konkurrieren. Der Verzicht auf mechanisch beanspruchte Bauteile ist einer der Hauptgründe für die Zuverlässigkeit der Flash-Speicher. Ermüdung

und Verschleiß kommen hier nicht vor. In anspruchsvollen Umgebungen bieten gerade Flash-Bausteine die Robustheit, die für mobile Anwendungen erforderlich ist. Anders als die Festplattenlaufwerke können Flash-Medien extremen Stößen und Vibrationen widerstehen und dabei Datenintegrität ohne jedwede Gefahr eines Datenverlusts sicherstellen. NAND-Flash kann somit beispielsweise als zuverlässiges und schnelles Datenspeichermedium für Navigationskartendaten, das Autohandbuch oder für Applikationssoftware von Navigations- und Unterhaltungssystemen eingesetzt werden.

Zusätzliche Faktoren machen Flash-Medien überlegen gegenüber den Festplatten. Eines der großen Ziele in Automobilanwendungen ist es, die Größe jedes im Auto eingebauten Teils zu minimieren.

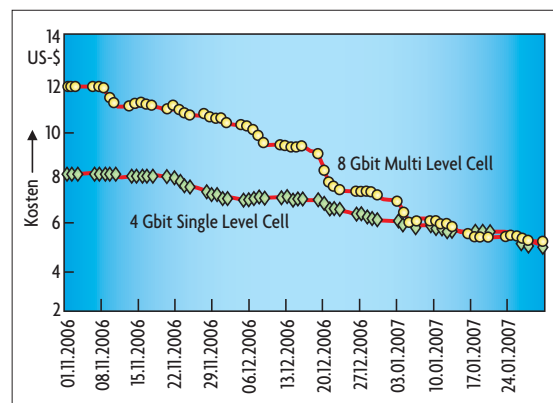
Ein standardmäßiges Festplattenlaufwerk misst 70 mm × 10 mm × 100 mm plus der zusätzlichen Beschaltung für Anschluss und Ansteuerung. Demgegenüber sind auf das Board gelötete NAND-Speicherbausteine deutlich kompakter.

Wegen des steigenden Stromverbrauchs in Kraftfahrzeugen wird immer stärker diskutiert, die allgemein verwendeten 12-V-Stromversorgungssysteme durch Powermanagement-systeme zu unterstützen bzw. durch 42-V-Systeme zu ersetzen. Angesichts dessen scheint es offensichtlich, dass Bausteine, die nur einen Bruchteil des Stroms eines Festplattenlaufwerkes verbrauchen, großen Nutzen für das Energiemanagement des Fahrzeugs mitbringen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in diesem Zusammenhang ist auch die Wärmeabstrahlung, die von der Festplatte ausgeht. Flash-Bausteine geben erheblich weniger Wärme ab, weil sie einen deutlich geringeren Stromverbrauch haben; auch entstehen keine Verlustwärme aus mechanisch bewegten Komponenten.

Zwar ist NAND-Flash auf 100 000 Lösch- bzw. Schreib-Zyklen pro Block beschränkt. Solange der Speicher jedoch als langlebiger Baustein genutzt wird, sollte dies die Anwendung nicht beeinträchtigen. Software-Funktionen wie „Block Cycle Management“ garantieren, dass alle Blöcke im Baustein gleichmäßig genutzt werden und sorgen für eine deutlich längere Lebensdauer der Speicher, was den Einsatzbereich wiederum erweitert.

Alle oben genannten Vorteile des Einsatzes von NAND-Bausteinen gel-



■ Bild 1. Preise von 4-Gbit-SLC und 8-Gbit-MLC auf dem Spotmarkt. Im Zeitraum vom November 2006 bis Juli 2007 sank der Preis für 8-Gbit-NAND-Speicherbausteine um 60 %.

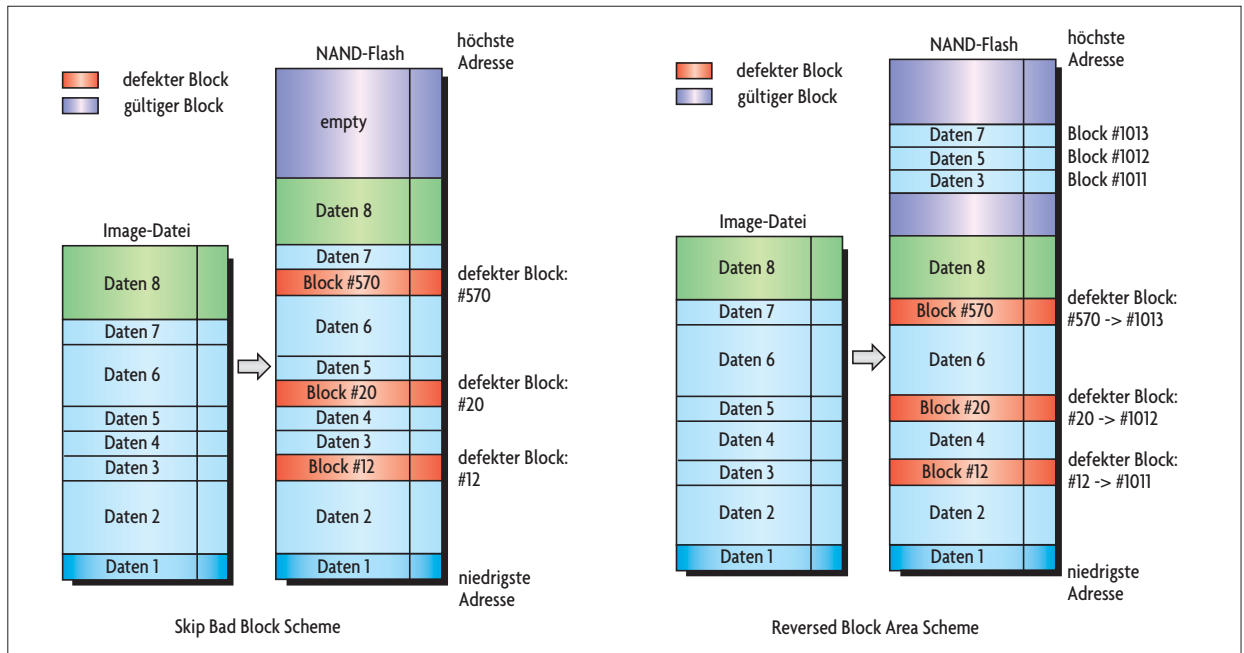
(Quelle: inSpectrum)

ten natürlich auch gegenüber Systemen, die CD- oder DVD-Laufwerke nutzen. Diese Laufwerke erhöhen die Wärmeabstrahlung durch die eingesetzten Laser. Ihre Bauform ist noch größer als die von Festplattenlaufwerken.

■ Methoden zur Verbreitung von Dateninhalten

Derzeit werden unterschiedliche Möglichkeiten erwogen, Inhalte für mobile Mediensysteme bereitzustellen. So wird beispielsweise diskutiert, ob man Video-on-Demand-Inhalte für Rear-Seat-Entertainment-Systeme über Tankstellen verteilen könnte. Denkbar wäre hier sowohl direkter Download über WiFi oder FireWire als auch der Erwerb von SD-Karten, die entsprechend vorprogrammiert wurden (Flash-Media-Programmierung).

Ein grundlegender Aspekt, der hier betrachtet werden muss, ist die Zeit, die der Endkunde bereit ist zu inves-



! Bild 2. Vergleich zweier grundlegender Verfahren zum Umgang mit fehlerhaften Flash-Speicherblöcken.

tieren, um die von ihm gewünschten Informationen/Filme etc. zu erhalten. Hierfür entscheidend ist die Zeit, die für Download und Beschreiben des im Entertainment-System eingebauten NAND-Bausteins benötigt wird. Bei einer standardmäßigen maximalen Schreibgeschwindigkeit von etwa 6 Mbyte/s braucht man etwa 7 Minuten, um 2 Gbyte in einem NAND-Flash-Speicher zu beschreiben. Darüber hinaus muss eine Zykluszeit von etwa einer Minute einkalkuliert werden, um den Baustein zu löschen. Das Lesen mittels DVD-Laufwerken erfolgt etwa in derselben Zeit mit ca. 5 Mbyte/s. Abhängig von der Ausgestaltung der Interfaces kann die Datenübertragungsrate also mit ca. 5 Mbyte/s angenommen werden. Somit dauert das Schreiben neuer Daten nach dieser Berechnung etwa 10 Minuten. Die Frage, die sich daraus stellt ist, ob solche Download-Zeiten den Endkunden und den Dienstleistern zugemutet werden können.

Wenn sich die Schreib- und Leseschwindigkeiten jedoch weiter verbessern, sind die Bausteine in der Zukunft womöglich in der Lage, mit sehr viel höheren Geschwindigkeiten zu arbeiten. Basierend auf diesen Fakten scheint die ideale Anwendung für fest verlötete NAND-Flash-Bausteine die Speicherung von Kartendaten, Autohandbüchern und anderen Informatio-

nen zu sein, die nicht häufig aktualisiert werden müssen.

Für Video-on-Demand allerdings sind Flash-Medien-Bausteine (SSD, SD, USB usw.) die richtige Lösung. Kleine Karten mit großem Speicherplatz erscheinen als der richtige Träger für Filme, Musik und Video-Clips. Statt mehrerer CD- oder DVD-Laufwerke existieren unterschiedliche Karteneinschübe in den Bedieneinheiten.

Eine wesentliche Einschränkung bei Verwendung von USB-Geräten im Fahrzeug gibt es aber im Hinblick auf die Crash-Sicherheit: Jegliche Elemente (z.B. USB-Sticks), die aus der Oberfläche des Armaturenbretts im Aufprallbereich hervorragen und somit Verletzungen hervorrufen können, erhalten keine Zulassung. Dies schränkt den Nutzungsbereich dieser Medien erheblich ein, was in der Vergangenheit schon dazu führte, dass die Steckbuchsen hierfür unter anderem im Handschuhfach zu finden sind.

Flash-Medien konkurrieren künftig direkt mit HD-DVD- und BluRay-Disk-Techniken. Letztere sind jedoch technisch ähnlich eingeschränkt wie DVD und Festplatte. Sie schneiden gegen die Flash-Medien schlechter ab, weil sie der Konkurrenz von zwei verschiedenen Datenträger-Formaten unterliegen und bezogen auf das speicherbare Datenvolumen beschränkt

sind. NAND-Flashbausteine dagegen sind bezüglich ihrer Speicherkapazität nahezu unbeschränkt. Erste Anwendungen mit Größen bis zu 1 Tbyte wurden Ende 2006 schon präsentiert. Wenn die Preise der Flash-Speicher weiterhin so rapide fallen, könnten DVD und CD schon bald aus den Wohnzimmern verschwinden und zum Beispiel die neue CD von Robbie Williams auf Disk-on-Chip bzw. SD-Card erscheinen.

Produktionskontrolle und Media-Duplizierung

Hersteller, die NAND-Flash- oder Flash-Medien in Automobilanwendungen einplanen, sollten eine zuverlässige und schnelle Bausteinprogrammierung von Anfang an in ihren Produktionsprozess integrieren. Denn die Technik zur Programmierung oder der Duplizierung von Flash-Karten ist sehr einfach. Eine kleine Zahl von Unternehmen bietet Produktionslösungen für das Programmieren und Kopieren von Flash-Speichern an. Data I/O hat sich hier seit den 90er Jahren speziell auf die Flash-Technologie konzentriert und weist einen erheblichen Erfahrungsschatz auf.

Das Geheimnis effektiver Programmierung von NAND-Flash liegt im Management so genannter „Bad Blocks“, das heißt, fehlerhafter Blöcke

im Speicher des Halbleiters. Im Idealfall arbeitet die Software für das Bad-Block-Management des NAND-Flashs direkt mit dem Programmiersystem zusammen. Data I/O hat bis heute über 50 Bad-Block-Managementmethoden für den Programmierprozess entwickelt. Diese sind häufig auf einen speziellen Baustein zugeschnitten, ebenso wie auf die vom Kunden bevorzugte Methode, die fehlerhaften Blöcke im Speicher zu erkennen und zu verwalten. Alle diese Schemata basieren grundlegend auf zwei generischen Algorithmen: dem Skip-Bad-Block- und dem Reverse-Bad-Block Schema (**Bild 2**).

Darüber hinaus können während der Bausteinprogrammierung unterschiedliche Dateisysteme erzeugt und im Betriebsmodus auf unterschiedliche Weise behandelt werden. Automobilhersteller werden feststellen, dass die folgenden Prozessmerkmale ihre Anforderungen einer „Lean Production“ erfüllen:

▶ *Partial Image Download* erlaubt, nur die „realen Daten“ in die Bausteine zu schreiben. Es müssen keine Komplett-Images geladen und programmiert werden, weil leere Blöcke erkannt und aus dem zu programmierenden Image ausgeschlossen werden.

▶ *Dynamic Data Management* erlaubt die Verwendung eindeutiger ID-Nummern, wie etwa Seriennummern, Chargennummern usw.

▶ *Elemente für die Nachverfolgbarkeit (Traceability)* wie beispielsweise Herstellungsstatistiken, die für SPC-Analysen (Statistical Process Control) aufgezeichnet werden, sind notwendig und verfügbar.

All dies kann durch robuste Herstellungsprozesse und zuverlässige Ausrüstung sichergestellt werden. Data I/O als bewährter Partner der Automobilindustrie unterstützt die Unterhaltungselektronikbranche beim Vorstoß in das neue Zeitalter der digitalen Medien. jk

Literatur

- [1] *Kanellos, M:* Bye-bye hard drive, hello flash. CNET News.com.
- [2] *Toshiba, Fujitsu hit by price falls, outlook;* REUTERS Jan 31.
- [3] *A tough start for NAND Flash market.* www.inspectrumtech.com; 2007.
- [4] *Musch, E.:* Böse Blöcke im Griff. *Elektronik* 2004, H. 25, S. 60 bis 62.



Dipl.-Ing. Joachim Mahn

studierte Allgemeinen Maschinenbau an der TU Darmstadt. Bis zu seinem Eintritt bei DATA I/O als Business Development Manager Automotive arbeitete er mehr als zehn Jahre bei verschiedenen Automobilzulieferern.

j.mahn@data-io.de