

Dank ausgeklügelter Controller

NAND-ICs für die Industrie fit gemacht

NAND-Speicher-ICs in die Industrie zu bringen – darauf hat sich Hyperstone konzentriert. Ohne die ausgefeilte Hard- und Firmware wären diese Speichertypen im Zeitalter der 3D-NAND-ICs für die Industrie schlicht nicht brauchbar.

Wir machen Flash-Speicher einschließlich der 3D-NAND-Flash-Typen für die Industrielwelt fit, sagt Axel Mehnert, Vice President Marketing & Product Strategy von Hyperstone. Für die Industrie gilt: Die Flash-Speicher müssen für den Einsatz in den rauen Umgebungen im erweiterten Temperaturbereich von -40 bis +85 °C erst tauglich gemacht werden. Denn ihre Hersteller legen sie für den Konsumgütermarkt aus, in den die bei Weitem höchsten Stückzahlen wandern. Für die Industrienische braten die wenigen verbliebenen NAND-Flash-Hersteller keine Extrawürste. Damit sie in der Industrielwelt zuverlässig arbeiten, entwickelt Hyperstone spezielle Prozessoren und die zugehörige Firmware. Erst das verleiht ihnen die erforderliche Robustheit.

Die Controller steuern, wie die Zellen der Speicher-ICs beschrieben und gelesen werden; sie können beispielsweise dafür sorgen, dass sie gleichmäßig über die Zeit genutzt werden und sich nicht bestimmte Zellen durch häufiges Löschen und Beschreiben schnell abnutzen, weil sonst der gesamte Speicher sehr früh ausfallen würde. Das Verhalten der Flash-Speicher wird auch dadurch robuster, dass Zellen, die für die Speicherung von zwei oder drei Bits ausgelegt sind, nur mehr ein Bit speichern. In diesen „Pseudo-SLC“-Flash-Karten (Single-Level-Cell), in denen MLC- (Multi-Level-Cell) und TLC-Flash-Speicher (Triple-Level-Cell) verbaut sind, müssen weniger Spannungspegel unterschieden werden, die sehr nah beieinander liegen. Deshalb können die Speicher zuverlässiger über einen weiten Temperaturbereich arbeiten. Das muss zwar mit



Axel Mehnert, Hyperstone

Bild: MEKA Fachmedien

„Weil wir über die Schwellenspannung an die jeweils herrschenden Bedingungen adaptieren können, bleibt die Lese-Performance über die Lebenszeit konstant. Darin liegt die eigentliche Herausforderung.“



X1 mit FlashXE macht NAND-ICs robust

Den stromsparenden SSD-Controller X1 hat Hyperstone mit dem „FlashXE-Featureset“ ausgestattet, das NAND-Flash-basierte Speicherkarten den Einsatz in rauen Industrieumgebungen erlaubt. Den neuen Low-Power-SSD-Controller X1 für NAND-Flash-basierte Speichersysteme hat Hyperstone mit einem umfangreichen Feature-Set ausgestattet, das weitreichende Kalibrierungs-, Error-Correction-, Fehlervermeidungs- und Refresh-Mechanismen umfasst, „Hyperstone-FlashXE eXtended Endurance“ genannt. Weil die Kosten für hohe Speicherdichten weiter sinken – nicht zuletzt deshalb werden sie auch weniger zuverlässig – und weil neue 3D-NAND-Technologien auf den Markt gekommen ist, müssen die für die Verwaltung dieses Mediums erforderlichen Technologien und Algorithmen weiterentwickelt werden. Deshalb hat Hyperstone mit FlashXE ein Paket entwickelt, das den erhöhten Anforderungen an die Fehlerkorrektur und das komplexe Flash-Management entspricht.

Denn das Zusammenspiel aus Merkmalen, Mechanismen und Prozessen beginnt lange, bevor Fehler auftreten oder das System überhaupt aufgebaut ist. Ein Qualifikationsprozess charakterisiert jeden unterstützten Flash-Typ über seine Lebensdauer und unterschiedliche Betriebstemperaturen. Dieses Wissen wird dann in die Basisfirmware implementiert und mit dem Controller bereitgestellt. In der nächsten Phase, während des Betriebs, stellt der Controller sicher, dass der Spannungspegel der Read-out-Circuits über die Lebensdauer des Flashs kontinuierlich angepasst wird. Darüber hinaus unternimmt der Controller weitere Schritte wie Dynamic Data-Refresh, Near-Miss-ECC und Read-Disturb-Management, um Fehler zu vermeiden. In der folgenden Phase, in der trotz der oben genannten Vorsichtsmaßnahmen Fehler auftreten, gibt es eine starke Error-Correction in zwei getrennten Modulen, von denen eines auf einem BCH-Code und das andere auf dem neuen Generalized Concatenated Code (GCC) mit Unterstützung für Soft-Decodierung basiert. (ha)

einer Reduktion der Speicherkapazität erkaufte werden, was aber im Industrieinsatz meist keine große Rolle spielt. Die entsprechende Firmware zu erstellen ist nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick aussehen mag. Denn die Speicher-Hersteller geben nicht jedem den entsprechenden Zugang zu den Details, die es ihnen erlauben, die optimale Firmware zu erstellen. Hier schlagen die eigenen Erfahrungen von Hyperstone zu Buche.

Doch es gehört noch einiges mehr dazu, dass die Flash-ICs der unterschiedlichen Typen in anspruchsvollen Umgebungen zuverlässig arbeiten können. So testet Hyperstone alle Flash-Speicher über die Stadien ihrer Lebenszyklen, die sie an ihren jeweiligen Einsatzorten durchlaufen. Mithilfe der in den Tests ermittelten Daten können die Ingenieure die geeignete Error-Correction-Unit erstellen, um LLR-Tables (Logarithmic Likelihood-Table) zu gewinnen und den effektivsten Error-Recovery-Flow zu implementieren. Hier werden alle Einflüsse berücksichtigt, die sich auf die Zuverlässigkeit der Flash-Speicher auswirken, etwa die Programmier- und Löszyklen, die Störungen durch das Auslesen der Zellen sowie die Auswirkungen der Temperatur auf die Data-Retention. All diese Effekte beeinflussen sich auch gegenseitig, was ebenfalls berücksichtigt werden muss. Erst wenn all diese Effekte in Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen der Speicher einfließen, können die Fehlerkorrekturen die optimalen Ergebnisse liefern.

Dazu ein kurzer Blick darauf, was das Lesen einer Zelle eigentlich bedeutet: Hier wird die Schwellenspannung des Transistors mit einer

Referenzspannung verglichen. Wenn die Schwellenspannung höher als die Vergleichsspannung ist, wird eine „1“ gelesen, sonst eine „0“. Die exakte Schwellenspannung ist von vielen äußeren Einflüssen abhängig: die Anzahl der schon durchgeführten Programm-Lösch-Zyklen, die durch das Lesen hervorgerufenen Störungen, Störungen durch den Temperaturgang, Data-Retention und andere. Wird die Schwellenspannung dadurch über die Referenzspannung gehoben, kommt es zu Fehlern während des Lesens. Die Referenzspannung so anzupassen, dass Fehlerbits nicht entstehen können, wird als Kalibrierung bezeichnet.

Allerdings können sich die Bedingungen von Page zu Page eines Flash-Speichers ändern, sodass der Kalibrierungsprozess wiederholt werden muss, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Zu entscheiden, wann eine Kalibrierung erforderlich ist, und die dann notwendigen Kalibrierungsschritte durchzuführen zählt zu den Aufgaben des Controllers. Allerdings kostet die Kalibrierung Zeit und beeinträchtigt die Lese-Performance. Deshalb wird meist erst auf sie zurückgegriffen, wenn die Zahl der Bits über der Korrekturkapazität der ECC-Engine liegt. Das trifft besonders gegen Ende der Lebensspanne eines NAND-Flash-ICs zu.

Der effiziente Kalibrierungsprozess ist also einer der Schlüsselemente: »Weil wir über die Schwellenspannung an die jeweils herrschenden Bedingungen adaptieren können, bleibt die Lese-Performance über die Lebenszeit konstant. Darin liegt die eigentliche Herausforderung«, so Axel Mehnert.

Das ist wichtig, um mit einer ganz besonderen Herausforderung zurechtzukommen: dem Cross-Temperature-Verhalten. Denn den Flash-Speichern gefällt gar nicht, wenn Daten bei tiefen Temperaturen gelesen und bei hohen Temperaturen geschrieben werden oder umgekehrt. »Manche ignorieren das Problem, andere versuchen es, über den intensiven Einsatz von ECC (Error-Correction-Code) in den Griff zu bekommen«, sagt Mehnert. Das aber geht wieder zulasten der Performance, und die Fehlerkorrektur stößt an sich schon recht schnell an ihre Grenzen, wenn damit die Fehler über einen weiten Temperaturbereich kompensiert werden sollen.

Deshalb beschreitet Hyperstone einen anderen Weg: Die Voltage-Level-Steuerung. Ein Monitoring-System ermittelt das Verhalten der Speicherzellen und speichert die jeweils optimalen Spannungswerte für das Programmieren der Zellen ab. Das kann sogar kontinuierlich geschehen, sodass sich die Werte an den jeweiligen Abnutzungsgrad der Zellen anpassen lassen. Dazu kommt, dass die Controller auch das Leseverhalten überwachen und das Verhalten darauf anpassen. Beides zusammenzubringen, darin liege das besondere Know-how von Hyperstone: »Wenn Cross-Temperature- und Leseverhalten zusammenkommen, dann fangen wir an.«

Mit diesem Konzept, sich in einem wachsenden Nischenmarkt über die Technologie – sowohl die Hardware als auch die Firmware – zu differenzieren, ist Hyperstone über die vergangenen Jahre gut gefahren. Die Marktentwicklung kommt Hyperstone geradezu entgegen,



Use-Case-Tracker für optimierte NAND-Konfiguration

Für jeden Anwendungsfall die optimale Flash-Speichertechnologie identifizieren – das ermöglicht der neue „Use-Case-Tracker“ von Hyperstone: Die vom Use-Case-Tracker und dem Engineering-Team von Hyperstone analysierten Daten liefern den Kunden Empfehlungen, die auf ihren spezifischen Anwendungsfall zugeschnitten sind.

Die Tracking-Funktion analysiert sequenzielle und zufällige Lesemuster, die Größe der Datentransfers und das Gesamtvolumen der geschriebenen und gelesenen Daten. Damit gibt er einen tiefen Einblick in die speziellen Anwendungsfälle der Kunden. Durch eine Firmware-Erweiterung des hySMART-Tools aktiviert, speichert der Use-Case-Tracker die erfassten Daten, die durch den Datenverkehr zwischen dem Host und dem Speicher entstehen, auf eine Standard-Speicherkarte. Diese Datentransaktionen wiederum analysiert die hySMART-Software, um die für den jeweiligen Anwendungsfall optimale NAND-Flash-Konfiguration zu ermitteln.

»Der Use-Case-Tracker bietet einen erheblichen Mehrwert für Kunden, die ihre Anwendung hinsichtlich der tatsächlichen Nutzung optimieren müssen und sich nicht auf Annahmen verlassen wollen«, erklärt Steffen Allert, VP Sales von Hyperstone. »Der Unterschied kann beträchtlich sein. Wenn dieses Thema nicht adressiert wird, kann es zu vorzeitigem Verschleiß oder Ausfall des Systems führen.« Die erfassten Verhaltensdaten liefern Workload-Statistiken, die in Hyperstones Life Time Estimation Tool (LTET) eingegeben werden können, um die optimale Auswahl von Technologie und Speichergröße des NAND-Flashs zu ermöglichen. Dies dürfte für alle Unternehmen von hohem Interesse sein, die industrielle Speichersysteme in den Bereichen Telekommunikation, Medizin und Automobil, IoT, PoS oder Gaming einsetzen. Weitere Sektoren, die vom Use-Case-Tracker profitieren werden, sind Automatisierung, Transport, Sicherheit und Energie. (ha)

die Speicherkarten an sich haben über die letzten Jahre kräftig zugelegt, zudem ist die Zahl der Interfaces gestiegen. Gleichzeitig wachsen die Ansprüche nicht nur an funktionaler Sicherheit (Safety), sondern auch an die Zuverlässigkeit sowie die Security (Encryption, Authentifizierung). Axel Mehnert: »Die Grenzen verschimmen zunehmend. Deshalb bieten wir mit „Hyperstone-FlashXE eXtended Endurance“ ein Gesamtpaket an, um die Fehlervermeidung insgesamt sicherzustellen.« FlashXE umfasst Kalibrierungs-, Error-Correction-, Fehlervermeidungs- und Refresh-Mechanismen, die zusammen wirken, um die Flash-Speicher zu zuverlässigen Bauelementen für die Industrie zu machen.

Das ist beispielsweise in der Telekommunikation sehr wichtig. Weil die gesamte Firmware einer Basisstation auf einem eUSB-Modul gespeichert wird, darf es dort keinesfalls zu einer Fehlfunktion kommen. Dabei hilft das Health-

Monitoring, einen unerwarteten Ausfall zu verhindern. Denn gerade in Basisstationen spielt das Cross-Temperature-Verhalten eine wichtige Rolle. Ähnliches gilt auch für den Datenlogger der Bahn, für Patientenkarten von Fresenius für die Dialyse oder für die CodeMeter-USB-Sticks von WIBU. All diese Produkte sind mit den Controllern von Hyperstone ausgerüstet.

Derzeit lässt Hyperstone die neueren Controller in Fertigungsprozessen um die 40 nm fertigen. Doch Anforderungen an Rechenleistung und Stromverbrauch der Controller werden mit den immer schnelleren Interfaces kräftig steigen. Einen Hardware-Beschleuniger hat Hyperstone bereits entwickelt. Derzeit arbeiten die Ingenieure an einem neuen Design für Controller, die mit Strukturgrößen von unter 20 nm gefertigt werden. Eine große Aufgabe für eine kleine Halbleiterfirma, die einen Nischenmarkt bedient, so Mehnert: »Grundsätz-

lich müssen wir in Richtung hohe Stückzahlen gehen, denn nur so lassen sich die hohen Investitionen in ein Sub-20-nm-Design rechtfertigen.« Allerdings freut er sich auch über die Unterstützung der kleinen und mittleren Unternehmen im Rahmen von EU-Programmen. Einige derartige Projekte hat Hyperstone bereits abgeschlossen.

Auf jeden Fall will Hyperstone künftig die Strategie weiterverfolgen, sich auf die Controller für SSDs und Speicherkarten zu fokussieren, sowohl auf die Hardware als auch auf die Firmware. Vollständige Speichersysteme selber zu entwickeln und zu produzieren kommt für Mehnert nicht infrage. »Wir wollen keinesfalls mit unseren Kunden in Wettbewerb treten.« An neuen Herausforderungen dürfe es zu Zeiten, in denen die Hersteller schon NAND-Flash-ICs auf den Markt bringen, die 4 Bits pro Zelle speichern können, nicht mangeln. (ha) ■

Cigent Technology und Flexxon

Cyber-Secure-SSDs

In Zusammenarbeit mit Cigent Technology hat Flexxon Cyber-Secure-SSDs entwickelt, die sehr viel sicherer sind als bisherige SSDs.

Zusammen mit Cigent Technology können wir jetzt Cyber-Secure-SSD-Karten anbieten, die sehr viel sicherer sind als die heutigen SSDs, die ausschließlich über Software und Verschlüsselung geschützt sind«, sagt Camellia Chan, CEO von Flexxon. Die Cigent-Bare-Metal-SSDs der XPHY-Serie von Flexxon verbinden die eigenen SSD-Karten mit der Software von Cigent. Damit kommen KI und Machine-Learning zum Einsatz, um Anomalien aufzudecken, hinter denen Angriffe auf die Daten stehen könnten.

»Weil Flexxon ihre Speichertechnik auf ganz spezifische Anforderungen zuschneidet, können wir die Schutzfunktionen von Cigent bis auf die Hardware-Ebene bringen, bis in die Verdrahtung hinein. Daher die Bezeichnung „Cigent Bare Metal“, erklärt Bradley A. Rowe, CEO von Cigent. »Die Bare-Metal-SSD kann in

allen bestehenden Sicherheitsumgebungen arbeiten und die Daten proaktiv sichern.«

Existierende Sicherheitssysteme bieten allerdings nur bis zu einem gewissen Punkt Schutz. Deshalb gelingt es Angreifern immer wieder, sie zu überwinden. Weil sich jetzt die Schutzmaßnahmen bis auf die Firmware-Ebene auf der SSD ausdehnen, kann Bare-Metal Datendiebstahl verhindern und den Cyber-Kriminellen einen Strich durch die Rechnung machen.

Bare Metal modelliert die Muster von Angriffen auf die Daten und wehrt sie aktiv ab, ohne dass der Nutzer sich darum kümmern muss. Die Zugriffsmuster und andere Sensoren im System stellen sicher, dass die Authentifizierung von lokalen und Cloud-basierten Daten und Applikationen kontinuierlich erfolgt. Der Endpoint-Agent von Cigent unterstützt zudem ein API, um das System in das Sicherheitsumfeld von Drittanbietern wie Zero Trust, AV-AM und DER einzubinden.

»Der potenzielle Markt für Cyber-sichere SSDs ist riesig«, sagt Camellia Chan. Auf 6 Mrd. Dollar werde der Schaden geschätzt, den Cyber-Kriminalität im Jahr 2021 anrichten werde. Die Industrie müsse sich also neue Wege über-



Bild: WEKA Fachmedien

Camellia Chan, CEO von Flexxon

„Zusammen mit Cigent Technology können wir jetzt Cyber-Secure-SSD-Karten anbieten, die sehr viel sicherer sind als die heutigen SSDs.“

legen, um mit der Bedrohung zurechtzukommen.

Cigent hat ein KI-basiertes System entwickelt, das Hacker in Echtzeit aufspüren kann und die Daten dann aktiv schützt. In einem solchen Fall werden die Daten bzw. Anwendungen über Mehrfach-Authentifizierung geschützt und die Kommunikation zu den verdächtigen Komponenten blockiert. (ha) ■