

## Sicherheit für Automobil- und Industrie-Innovationen

NOR Flash



Mit den Fortschritten bei der Weiterentwicklung künstlicher Intelligenz übernehmen Maschinen immer mehr Aufgaben. Vor allem in Auto- und Industrie-Anwendungen überwachen Sensoren die Umgebung, Algorithmen ziehen aus den zusammengeführten Sensordaten Schlussfolgerungen (Bild 1).

Solche Systeme müssen nicht nur korrekt arbeiten, um Sicherheit zu gewährleisten, sondern auch die richtigen Entscheidungen treffen – jedes Mal und zu jeder Zeit. Moderne NOR-Flash-Speicher können dazu beitragen.



### Floating der Elektronen: Grundlagen der nichtflüchtigen Speicher

Beim NOR-Konzept werden Daten in parallel-verschalteten Speicherzellen in Form von Ladungen gespeichert. Eine NOR-Zelle ähnelt dabei einem MOSFET, wobei der Hauptunterschied darin besteht, dass erstere über zwei Gates – das Floating Gate und das Control Gate – verfügt. Diese bestimmen, wie elektrische Ladungen in der Zelle gespeichert werden. Getrennt werden die beiden Gates durch eine Isolierschicht. Das Floating Gate und das darunterliegende Substrat werden von einer Tunneloxidschicht separiert, welche dünn genug ist, um Elektronen in das Floating Gate hinein- und herauszulassen. So wird der Mechanismus zur Datenspeicherung realisiert. Für die Erhaltung der gespeicherten Informationen ist keine angelegte Energieversorgung nötig.

Man unterscheidet zwischen parallelen und seriellen NOR-Speichern. Die parallele Version ist bereits länger am Markt verfügbar, ist größer und verfügt über eine deutlich höhere Anzahl an Pins. Sie arbeitet mit einem parallelen Adress- und Datenbus und ermöglicht schnellere Systemstartzeiten als der serielle NOR-Flash. Dieser ist in der Regel kleiner, energieeffizienter und auch kostengünstiger. Durch integrierte serielle Peripherie-Schnittstellenbusse (Serial Peripheral Interface, SPI) werden sie auch als SPI-NOR bezeichnet werden (Bild 2).

### Parallel und seriell

Speziell für die funktionale Sicherheit hat Infineon den Semper NOR

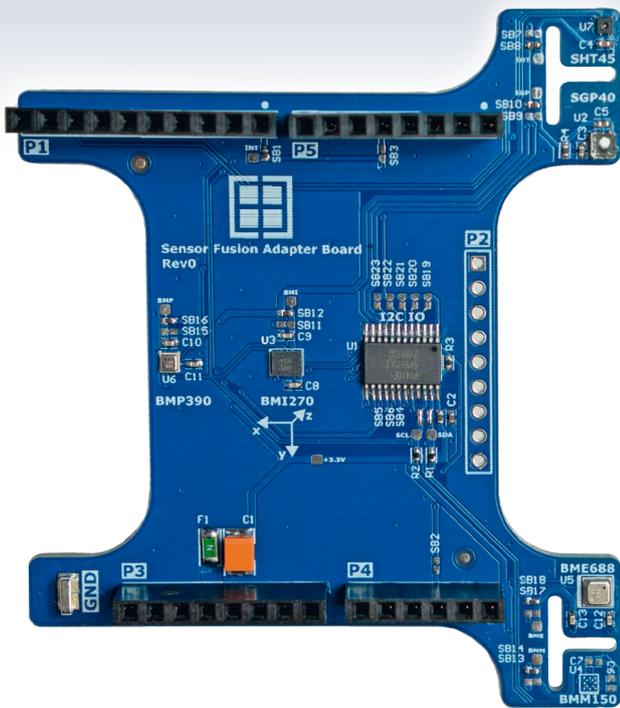
Ob Steuerungs-, Gas-, Brems-, Spurhalte- oder Einparkassistent – immer mehr Systeme unterstützen die Fahrzeugsteuerung. Sie bieten mehr Leistung, mehr Komfort und mehr Sicherheit. Für letzteres müssen sie jedoch selbst hohen Standards an funktionaler Sicherheit genügen. Diese sind in zwei Normen festgelegt: Die IEC 61508 unterscheidet vier Sicherheitsstufen (Safety Integrity Level, SIL) für industrielle Steuerungssysteme. Die ISO 26262 gilt für sicherheitsrelevante elektrische bzw. elektronische (E/E) Systeme in Kraftfahrzeugen. Sie definiert die Sicherheitsstufen ASIL A bis ASIL D, wobei ASIL A das geringste und ASIL D das höchste Risikopotenzial aufweist. Dieses wird anhand der Häufigkeit, Kontrollierbarkeit und Schwere des Unfalls bzw. des Schadens bestimmt. Die ISO 26262 basiert auf der IEC 61598, berücksichtigt aber die Besonderheiten der Automobilindustrie. Dazu gehört vor allem die Kontrollierbarkeit, d. h. die Möglichkeit des Fahrers oder anderer Verkehrsteilnehmer, einen Schaden oder Unfall im jeweiligen Szenario zu verhindern.

Industrial Standard (IEC 61508)	
Integrity Level	Random Failure Rate
SIL 4	$\geq 10^9$ to $< 10^8$
SIL 3	$\geq 10^8$ to $< 10^7$
SIL 2	$\geq 10^7$ to $< 10^6$
SIL 1	$\geq 10^6$ to $< 10^5$
Automotive Standard (ISO 26262)	
Integrity Level	Random Failure Rate
ASIL D	$< 10^8$
ASIL C	$< 10^7$
ASIL B	$< 10^7$

Tabelle 1: Sicherheitsstandards der IEC 61508 und ISO 26262 im Vergleich © Infineon

*Autoren:*  
Chen Grace Wang,  
Product Manager bei Rutronik  
und Stephan Wegstein,  
Director Product Marketing bei  
Infineon Technologies

Rutronik Elektronische  
Bauelemente GmbH  
www.rutronik.com



**Bild 1: Rutronik Sensorfusion – Board**

Flash entwickelt. Er enthält einen eingebetteten Arm Cortex M0 sowie Funktionsblöcke für die Diagnose, Datenintegrität und Zuverlässigkeit. Zudem nutzt er die firmeneigenen MirrorBit-Technologien, um schnelle Lösungen mit wahlfreiem Zugriff und hoher Dichte zu ermöglichen.

### Effizient, verlässlich und schnelles Lesen: Vor- und Nachteile von NOR

NOR überzeugt durch seine Zuverlässigkeit, Energieeffizienz und schnelle, wahlfreie Leseleistung: So weisen NOR-Flash-Geräte unter optimalen Bedingungen Leseraten von 80 bis 400 MB/s auf. Entscheidend dafür ist die direkte Konnektivität zu den einzelnen Speicherzellen über multiple Datenleitungen. Das ermöglicht einen schnelleren Zugriff auf jeden ausgewählten Bereich im Speicher.

Dafür sind die Schreib- und Löschvorgänge von NOR wesentlich langsamer als bei NAND Memory. Auch gilt es zu bedenken, dass die Gesamtspeicherkapazität von der Größe der einzelnen Zellen anhängig ist und NOR höhere Kosten pro Bit verursacht.

In Summe bedeutet das, dass NOR für diejenigen Anwendungsfälle geeignet ist, in denen lediglich eine begrenzte Datenmenge gespeichert werden muss und in denen vor allem Lese-IOPS den Speicher-I/Os besetzen. Dazu gehören vor allem Consumer-Geräten wie Tablets und Smartphones mit kompakten Betriebssystemen. Die schnelle Leseleistung von NOR

lässt das Betriebssystem viel schneller booten, als es mit einem NAND-Speicher möglich wäre. Lediglich hinsichtlich der Durchführung von Updates des Betriebssystems bremst die reduzierte Leseleistung das Tempo. Gerade bei eingebetteten Systemen (Embedded Systems) ist NOR die optimale Wahl: Diese Systeme lesen während des Bootvorgangs zwar Code, führen aber keine – oder kaum – Schreibvorgänge durch.

### NOR-Flash in sicherheitskritischen Systemen

In zahlreichen Fahrerassistenzsystemen (ADAS) übernehmen NOR Flash eine wichtige Rolle als Teil eines sicherheitskritischen Systems. Der Host-Prozessor kann Code ohne Umweg über externes DRAM direkt aus dem Flash-Speicher ausführen. Damit ist NOR Flash ideal zur Codeausführung, nicht nur im Auto, sondern auch in Industrierobotern und anderen IoT-Maschinen und -Geräten. Ein weiteres Plus ist sein großer Temperaturbereich, sodass er sich in den verschiedensten Umgebungen und Applikationen im Fahrzeug einsetzen lässt.

### Aufgaben der NOR-Flash-Speicher

Zu den gängigen Aufgaben von NOR-Flash-Speichern im Automobil- und Industriebereich gehören

- 1) langfristige Speicherung von Code, Daten und Bildern zur Verwendung beim Einschalten,

45-nm MirrorBit® NOR Flash Array	Memory Interconnect		arm Cortex® M0	
	Diagnostics	Safe RESET		
	SafeBoot	Sector Protection		
	Interface CRC	Data CRC		
	ECC	Serial Memory Controller		
	EnduraFlex™	Quad SPI	Octal	HyperBus™

**Bild 2: Speziell für die funktionale Sicherheit hat Infineon den Semper NOR Flash entwickelt © Infineon**

- 2) EEPROM-Emulation, d. h. die Speicherung sicherheitskritischer Daten,
- 3) kontinuierliches Lesen während der Laufzeit und
- 4) Codeausführung direkt aus dem Flash.

Je nach Applikation variieren die Anforderungen für jeden dieser Workloads. Systeme, die den hohen Standards der funktionalen Sicherheit genügen müssen, erfordern jedoch einen neuen Ansatz.

### Sicherheitsfaktor Langzeitverfügbarkeit

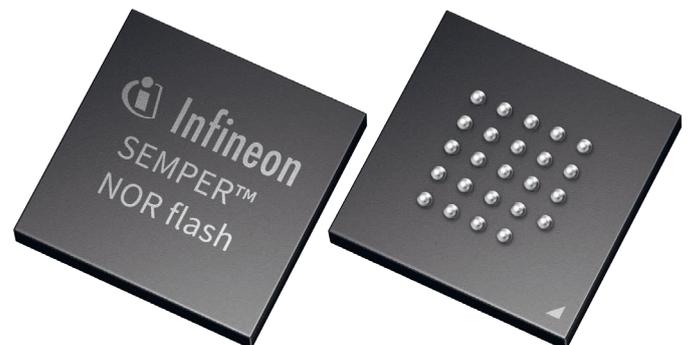
Die Entwicklung sicherheitskonformer Systeme erfordert in der Regel viele sorgfältig abzuwägende, komplexe Entscheidungen hinsichtlich Design, Evaluation, Tests und Zertifizierung. Die Produktlebenszyklen der Systeme sind daher meist lang und erstrecken sich über viele Jahre. Ein Redesign ist meist sehr kostspielig und schwierig. Das macht die Langzeitverfügbarkeit aller Komponenten zu einem entscheidenden Kriterium. Doch gerade bei Speicherlösungen beträgt diese selten mehr als drei bis fünf Jahre.

Für die Infineon SEMPER NOR-Flash-Familie gewährleistet bei-

spielsweise Infineon eine Verfügbarkeit von mehr als zehn Jahren. Sie zeichnet sich vor allem durch zwei Aspekte aus: Der Speicher übernimmt viele Prozesse, die hier bislang nicht abgebildet werden konnten und entlastet so den Mikrocontroller. Zudem ist sie konform zum expanded-SPI-Standard der JEDEC. Das macht den Semper NOR Flash zum idealen Speicher für industrielle und Automotive-Anwendungen.

### Wer schreibt:

Rutronik ist einer der weltweit führenden Broadline Distributoren für elektronische Bauelemente. Geleitet von der Unternehmensphilosophie „Committed to excellence“ und dank dem vielfältigen Produktportfolio ist der Global Player zuverlässiger Lösungsanbieter für Kunden und Partner. Unter „Rutronik System Solutions“ investiert Rutronik zudem in die eigenen Forschungs- und Entwicklungskapazitäten. Ziel ist es, hochinnovative Technologien in wegweisenden, teils patentierten Systemlösungen für komplexe Herausforderung umzusetzen, die exakt auf die jeweiligen Kundenbedürfnisse zugeschnitten sind. ◀



**Die Infineon SEMPER NOR-Flash-Familie hat eine Verfügbarkeit von mehr als zehn Jahren. Der Speicher übernimmt viele Prozesse und entlastet so den Mikrocontroller**