

© Toshiba

## System-on-Chips

# 10-Gbit/s-Ethernet in der Zonenarchitektur und Telematik

Vernetztes und automatisiertes Fahren spiegelt sich in einer angepassten E/E-Architektur wider, die auf Hochleistungscomputer und Zonenrechner basiert. Diese wiederum macht geeignete System-on-Chips notwendig, die über die für die Datenanbindung erforderlichen Schnittstellen verfügen.

**Klaus Neuenhüskes**

Mit der Einführung immer intelligenter Fahrerassistenzsysteme und den Plänen, in naher Zukunft autonomes Fahren anzubieten, nimmt die Automobilindustrie signifikante Änderungen an der E/E-Architektur im Fahrzeug vor. Die Lidar-, Radar- und Kamerasensoren, auf die sich solche Systeme

stützen, erzeugen erhebliche Datenmengen, die zur Auswertung an leistungsstarke zentrale Rechner weitergeleitet werden.

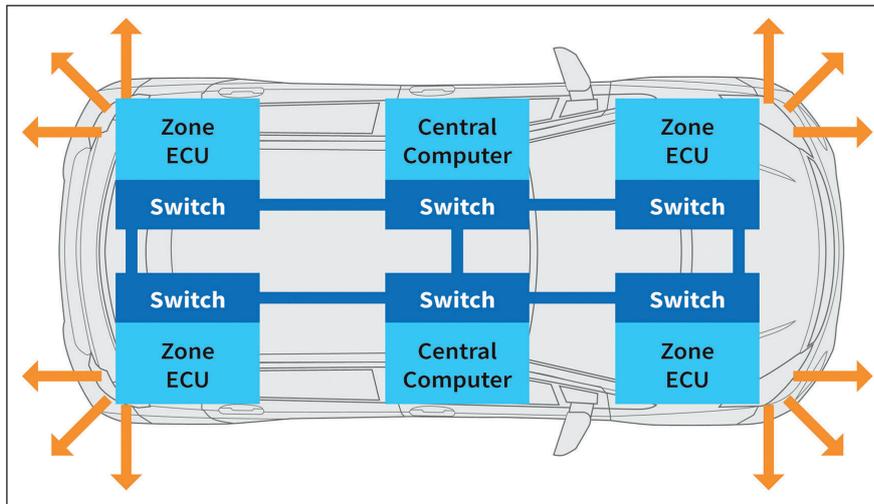
Abgestimmt auf die Anforderungen der Automobilindustrie bietet Ethernet eine Reihe von neuen Standards, u. a. höhere Bandbreiten, definierte Übertra-

gungsqualität und Latenzkontrolle bei der (Daten-)Paketzustellung. Die neue Zonenarchitektur fußt auf einem Hochleistungscomputer (HPC) und Zonenrechner, die wiederum auf leistungsstarke Multicore-System-on-Chip-Prozessoren (SoC) basieren. Die Halbleiterindustrie hat mit einer Auswahl geeig-

netter SoCs darauf reagiert – die Systementwickler stehen jedoch vor der Herausforderung, die für die Datenanbindung erforderlichen Schnittstellen auf den SoCs abzubilden.

**Der wachsende Kabelbaum**

Der dezentrale Ansatz für die elektrische Architektur des Fahrzeugs stößt dabei an seine Grenzen. Heute ist der Kabelbaum das dritt schwerste und dritt teuerste Bauteil in modernen Fahrzeugen und es gilt daher beide Merkmale zu optimieren. Werden einer Plattform zudem neue Funktionen hinzugefügt – sei es für ein Facelift oder um neue Vorschriften zu erfüllen – kann es dazu kommen, dass eine neue Verkabelung eingeführt werden muss, die die zusätzliche Kommunikation bereitstellt. Die Rückfahrkamera ist ein gutes Beispiel. Um den rückwärtigen Fahrweg zu beobachten, liefert eine rückseitig montierte Kamera Bilder an das Zentral-Display der Infotainment-Einheit (In-Vehicle Infotainment, IVI). Das führt dazu, dass weitere Kabel und Anschlüsse hinzugefügt werden müssen, um eine Signalübertragung mit hoher Bandbreite zu unterstützen. Weil sich die Kamera hinten und das Zentral-Display im vorderen Bereich befindet, ist ein entsprechend langer Kabelweg erforderlich.



**Bild 1:** In zukünftigen E/E-Architekturen werden die Funktionen dem zentralen Rechner und den Zonenrechnern zugewiesen und nicht wie bei früheren dezentralen Ansätzen einzelnen ECUs.

© Toshiba

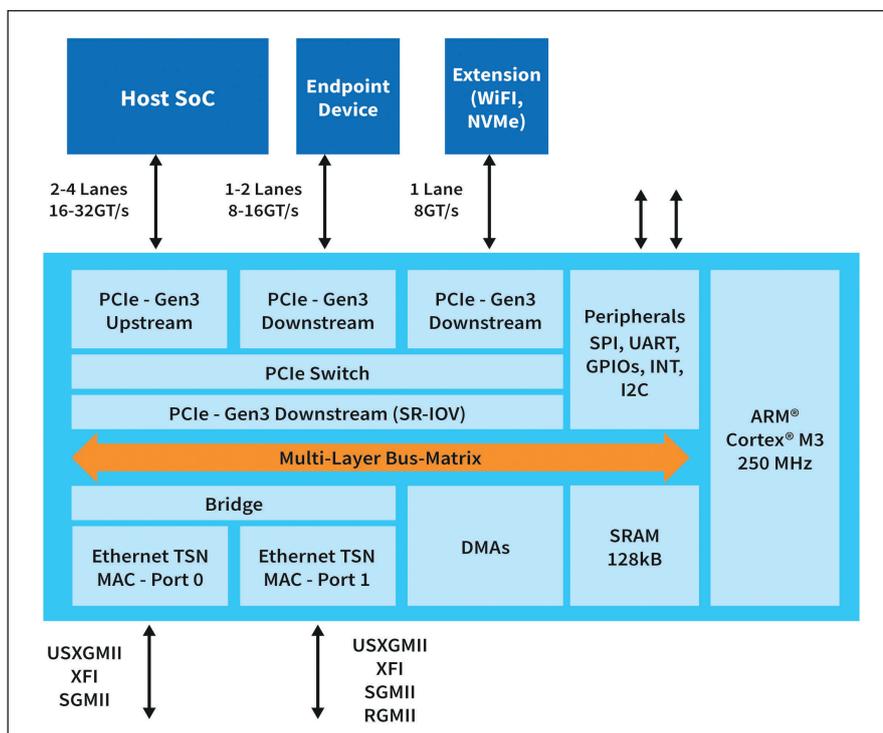
Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird eine Zonen-Architektur angestrebt (Bild 1). Jedes Fahrzeug verfügt über bis zu zwei HPC Zentralrechner (einen davon als Backup), die in einem Netzwerk mit mehreren leistungsfähigen Zonenrechnern verbunden sind. Automotive Ethernet ist die gewählte Kommunikationsschnittstelle, die über das Core-Backbone hohe Datenraten von 1 bis zu 10 GBit/s bereitstellt. Mit diesem Ansatz werden Funktionen wie Adaptive Driving Beam (ADB) nicht mehr in einem eigenen dafür vorgesehenen Steuergerät berechnet. Stattdessen wird die Funktion einem HPC oder

Zonenrechner zugewiesen. Im Laufe der Lebensdauer des Fahrzeugs kann sie möglicherweise sogar verlagert werden, wenn neue Funktionen durch Software-Updates installiert und die Rechenaufgaben unter den zur Verfügung stehenden SoCs neu partitioniert werden.

Alle für eine Funktion erforderlichen Sensorwerte und Daten werden erfasst und an das Zonen-Netzwerk weitergegeben – zum Beispiel der Lenkwinkel oder die Kamera(s) – dort berechnet und die Ausgabe an das lokale Steuergerät weitergegeben. Bei diesem Ansatz befinden sich die meisten lokalen Steuergeräte nur in kurzer Entfernung von einem Zonenrechner. Das verringert das Gewicht und die Komplexität des Kabelbaums und erleichtert das Hinzufügen zusätzlicher Hardware während des Facelifts, um neue Funktionen der Baureihe zu unterstützen.

**Ethernet für die Automotive-Branche**

Ethernet leistet seit Jahrzehnten zuverlässige Dienste für IT-Systeme und stellt sicher, dass die gesendeten Daten ihr Ziel erreichen. Genauso wichtig wie die zuverlässige Bereitstellung sind jedoch End-to-End-Timing und Synchronität zwischen Netzwerkknoten in Automotive-Anwendungen. Wie bereits erwähnt, gilt es Kosten und Gewicht zu optimieren, weswegen für die Datenübertragung ungeschirmte Kabel (UTP) Verwendung finden. Um die strengen Anforderungen der Automobilindustrie an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) zu erfüllen, wurden Ethernet-Standards definiert, die Datenraten



**Bild 2:** Automotive Interface Bridge der dritten Generation von Toshiba. Der TC9563XBG erweitert die Anzahl der PCIe- und Automotive-Ethernet-Ports in SoC-basierten Designs. © Toshiba

zwischen 10 Mbit/s und 10 Gbit/s über UTP-Kabel unterstützen.

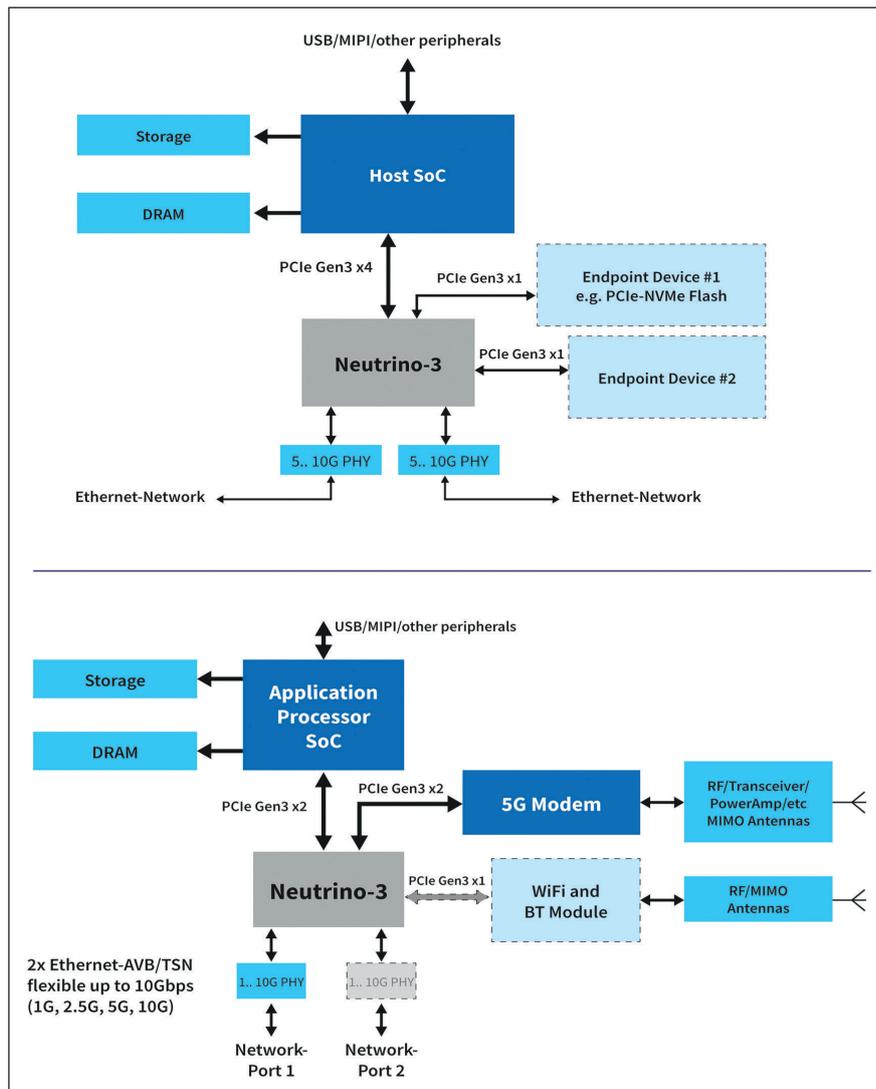
Ferner wurden mit Audio Video Bridging (AVB) beziehungsweise Time Sensitive Networking (TSN) neue Standards entwickelt, die die rechtzeitige Übermittlung von Daten sicherstellen. Zusammen werden sie verwendet, um Bandbreite für zeitkritische Pakete zu reservieren, die Synchronisierung von Netzwerknoden durchzuführen und um Unterbrechungen von Audio- und Videodaten zu vermeiden.

Für AVB gibt es Standards wie IEEE 802.1Qav für die Handhabung von Warteschlangen und Weiterleitung. So ist gesichert, dass Daten-Bursts zeitkritische Daten nicht stören. IEEE 802.1Qat deckt die End-to-End-Stream-Reservierung ab, um genügend Ressourcen wie Bandbreite für die entsprechenden Audio-Video-Streams bereitzustellen. IEEE 802.1AS stellt sicher, dass die Latenzen der Netzwerkpfade ermittelt und alle Teilnehmer zeitlich synchronisiert werden. Mit IEEE 1722 steht ein weiterer Standard zur Verfügung, der verschiedene Audio-Video-Formate überträgt und zu einem definierten Zeitpunkt auf dem Endgerät abspielt.

Durch die zugrundeliegenden TSN-Standards kann Ethernet auch für geschlossene Regelkreise zum Einsatz kommen. Besonders für die Unterstützung von geringen und konstanten Latenzen der Paketlaufzeiten kann auch auf IEEE-Standards wie 802.1Qbv, 802.1Qbu und 802.1Qbr zurückgegriffen werden. Energieeffizienz ist ein weiterer Aspekt, der von Belang ist. Energy Efficient Ethernet (EEE) ermöglicht es, die Leistungsaufnahme eines Knotens zu reduzieren, wenn keine Daten über das Netzwerk übertragen werden (IEEE 802.3az).

### Die SoC-Anbindung

Trotz ihrer hohen Verarbeitungsleistung mangelt es bei den SoCs oft an den erforderlichen Schnittstellen, um die exter-



**Bild 4:** HPCs und Zonenrechner (oben) mit zwei 10-Gbit/s-fähigen Automotive-Ethernet-Ports, während Telematik-Einheiten häufig einen Automotive-Ethernet und mehrere PCIe-Ports benötigen. © Toshiba

ne Ethernet-Anbindung und/oder interne Anbindung an weitere Peripherie-Bausteine in Zonenrechnern, Telematik- oder IVI-Plattformen zu ermöglichen. Aufgrund der zum Einsatz kommenden Topologien benötigen Zonenrechner in der Regel zwei oder mehr Automotive-Ethernet-Ports, während SoCs meist nur einen bieten, der womöglich zudem nicht die geforderte Geschwindigkeitsklasse aufweist. Gleiches gilt für die Point-to-Point-basierte PCIe-Schnittstelle, an die viele der heutigen Funkmodule und Speichermedien angeschlossen werden.

Um dieses Problem anzugehen, bietet Toshiba seinen Automotive Interface

Bridge Baustein der dritten Generation an. Der TC9563XBG integriert einen PCIe-Gen3-Switch zusammen mit zwei TSN-MAC-Ethernet-Schnittstellen in einem, Automotive-qualifiziertem 10 mm x 10 mm PBGA-Gehäuse mit einem Ball-Pitch von 0,65 mm (**Bild 2**).

Der integrierte PCIe-Switch bietet einen Upstream-Port zum Host-SoC und drei Downstream-Ports. Zwei davon sind für externe Komponenten wie Funkmodule oder NVMe-Massenspeicher vorgesehen, während der letzte Port interne Verbindungen mit den Ethernet-MAC-Ports und den Peripherie-Schnittstellen herstellt. Dabei werden zwei Betriebsmodi mit unterschiedlichen Datenratenkonfigurationen unterstützt. (**Bild 3**).

Zwei AVB/TSN-fähige Ethernet-Ports sind für die Automotive-Ethernet-Anbindung vorgesehen. Zusammen mit der PCIe-Schnittstelle unterstützen diese Single Root I/O Virtualization (SR-IOV)

| PCI port setting | Upstream port     | Downstream port0  | Downstream port1 |
|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Setting A        | 4 lane (32GT/sec) | 1 lane (8GT/sec)  | 1 lane (8GT/sec) |
| Setting B        | 2 lane (16GT/sec) | 2 lane (16GT/sec) | 1 lane (8GT/sec) |

**Bild 3:** Der PCIe-Switch des TC9563XBG bietet zwei verschiedene Konfigurationen, um unterschiedliche Anforderungen an die Datenrate der Anwendung zu erfüllen. © Toshiba

mit bis zu sechs virtuellen Funktionen, drei für jeden Port. Dieses erlaubt zum Beispiel einen effizienteren Einsatz von virtuellen Maschinen auf dem Host-System. Die Schnittstelle Media Independent Interface (Schnittstelle) unterstützt RGMII und SGMII bis hin zu XFI und USXGMII (portabhängig).

Der Ethernet-MAC im TC9563XBG verfügt u. a. über jeweils 8 Rx/Tx-Warteschlangen. Die GPIO-Pins lassen sich so konfigurieren, dass sie bei Eingangssignalen gPTP-Zeitstempel erfassen oder Ausgangssignale basierend auf gPTP-Zeitstempeln generieren. Durch die Kombination von Hard- und Software werden die Standards für AVB/TSN unterstützt. Die Register vom TC9563XBG werden über die PCIe-Schnittstelle durch den SoC-Host konfiguriert. Zusätzliche Firmware für den integrierten Arm-Cortex-M3-Prozessor lässt sich bei Bedarf in das 128-KB-SRAM herunterladen, um zusätzliche Funktionen zu integrieren oder Schnittstellen wie SPI, I2C und UART zu nutzen.

### TC9563XBG in Zonenrechnern und Telematik-Einheiten

In Zonenrechnern oder HPCs wird der TC9563XBG über PCIe an den Host-SoC angebunden und stellt somit bis zu 2x 10 Gbit/s Automotive-Ethernet zur Verfügung (**Bild 4**). Durch die zusätzlichen PCIe-Ports lassen sich NVMe-Massenspeicher oder zusätzliche Endpoint-Geräte anschließen. Telematik-Einheiten haben etwas andere Anforderungen. Sie benötigen möglicherweise nur einen der verfügbaren Automotive-Ethernet-Ports, nutzen aber stattdessen verstärkt die zusätzlichen PCIe-Ports. Das liegt an der zunehmenden Verwendung dieser Schnittstellentechnik, wie sie bei Funkmodulen, Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation (Vehicle-to-Vehicle-Communication, V2V) und Bluetooth-Wi-Fi/WLAN-Modulen zum Einsatz kommt.

### Datenanbindung in Zonenarchitekturen

Wenn Fahrerassistenzsysteme und au-

tonome Fahrfunktionen die wachsenden Erwartungen der Verbraucher erfüllen sollen, ist mehr Bandbreite im Fahrzeug erforderlich. Durch die umfangreiche Arbeit von Standardisierungsgruppen erfüllt Automotive Ethernet diese Anforderungen. Jetzt als Daten-Backbone des Fahrzeugs ausgewählt, besteht die nächste Herausforderung darin, Hardware mit geeigneten Schnittstellen zu finden, um die Probleme der begrenzten PCIe- und Ethernet-Anbindungen auf heutigen SoCs zu lösen. Der TC9563XBG von Toshiba bietet eine auf die Anforderungen von Telematik-Einheiten, Zonenrechnern und IVI-Systemen optimierte Lösung, die sich einfach integrieren lässt und die Vorgaben der Automobilindustrie erfüllt. ■ (eck)

[www.toshiba.semicon-storage.com](http://www.toshiba.semicon-storage.com)

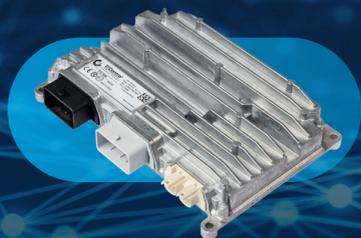


**Klaus Neuenhüskes** ist Senior Manager Semiconductor Marketing bei Toshiba Electronics Europe.

© Toshiba

## TTC 2300 Family

Powerful and scalable safety electronic control units for highly automated vehicles



## HY-TTC 500 Family

Powerful safety controllers for high-end applications



## Vision 3

The new generation of robust operator interfaces



TTTech Auto provides solutions for the challenges of future vehicle generations and specializes in software and hardware for electronic control platforms for high safety and performance demands. Thanks to compatibility with MATLAB/Simulink, rugged automotive housings and functional safety certifications (e.g. ISO26262), TTTech Auto's off-the-shelf, freely programmable ECUs can be seamlessly deployed from proof-of-concept and prototype programs to full series production, enabling a wide range of applications where custom ECU development is not an option.

The TTC 2300 Family and HY-TTC 500 Family products, as well as the Vision 3 Displays are supplied by TTControl and distributed by TTTech Auto for the automotive market.

For more information, including pricing and availability, please contact us at: [contact@tttech-auto.com](mailto:contact@tttech-auto.com)



For more information visit  
<https://www.tttech-auto.com/products/automotive-devices/ecus-displays/>



[linkedin.com/company/tttech-auto](https://www.linkedin.com/company/tttech-auto)