

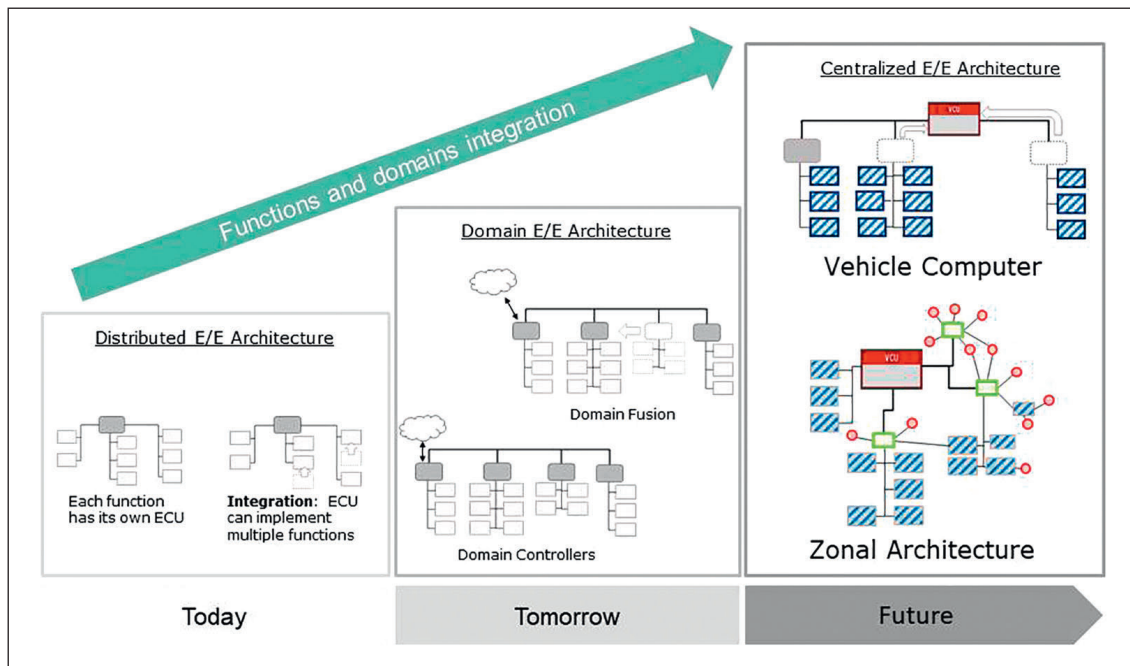


Bild 1: Entwicklungstrend bei E/E-Architekturen im Automobil.

© Infineon

SERVICE-ORIENTIERTE ARCHITEKTUR

Mikrocontroller für Zonen-Steuergeräte

Die Komplexität der Funktionen im Fahrzeug nimmt zu, mit höherem Aufwand bei der Verkabelung, der Absicherung und vor allem der Software-Integration. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es optimierter, software-orientierter E/E-Architekturen. Dieser Beitrag diskutiert die Auslegung dieser Architekturen mit einem besonderen Fokus auf die Zone-Controller-Unit (ZCU) sowie die Funktionalitäten der Aurix-Mikrocontroller von Infineon.

Fahrzeuge sind üblicherweise in funktionale Bereiche (Domänen) wie Karosserie, Fahrwerk, Antriebsstrang oder Infotainment gegliedert. Diese Domänen arbeiten normalerweise unabhängig voneinander mit spezifischen Security-, Safety- und Performance-Anforderungen. Steuergeräte in den Domänen sind über separate Bussysteme verbunden. Die aktuellen E/E-Architekturen mit Domänen-Controllern und einem zentralen Gateway haben sich über Jahre entwickelt, sind mittlerweile sehr komplex und machen mit einem Gewicht von bis zu 80 kg und einer gesamten Kabellänge von bis zu 5 km den dritt schwersten Teil eines Fahrzeugs aus.

Der Zuwachs an Komplexität und Kabellänge hat nicht nur einen großen Einfluss auf die Kosten und den Arbeitsaufwand, sondern auch auf die Leistungsaufnahme und die Leistungsfähigkeit. Hinzu kommen Trends wie das automatisierte Fahren, die Elektrifizierung des Antriebsstrangs, Safety- und Security-Belange sowie eine Reduzierung des Energieverbrauchs. Mit ihnen steigt der Bedarf an neuen Aktuatoren und Sensoren, Datenverarbeitung, Daten-Bandbreiten, Netzwerk-Sicherheit, Redundanz, Rekonfigurierbarkeit und intelligenter Leistungsverteilung weiter an.

Domänen-basierten Architekturen mangelt es an Flexibilität und Modularität, wenn es darum geht neue Funktio-

nen in die ECUs zu integrieren bzw. bestehende Fahrzeugfunktionen zu erweitern oder dynamische Konfigurationen zu ermöglichen. Darüber hinaus müssen immer mehr Fahrzeugfunktionen mit Sensordaten von verschiedenen Domänen versorgt werden. Herkömmliche Architekturen sind jedoch nur schlecht für die Interaktion zwischen verschiedenen Domänen geeignet. Außerdem erfordern höhere Safety-Anforderungen eine Netzwerk-Redundanz, die mit bisherigen Konzepten schwer realisierbar ist. Skalierbare, zentralisierte und domänenübergreifende E/E-Architekturen sind hierfür deutlich besser geeignet. Vor diesem Hintergrund wurde die Idee einer Zonen-Architektur vorgestellt (Bild 1).

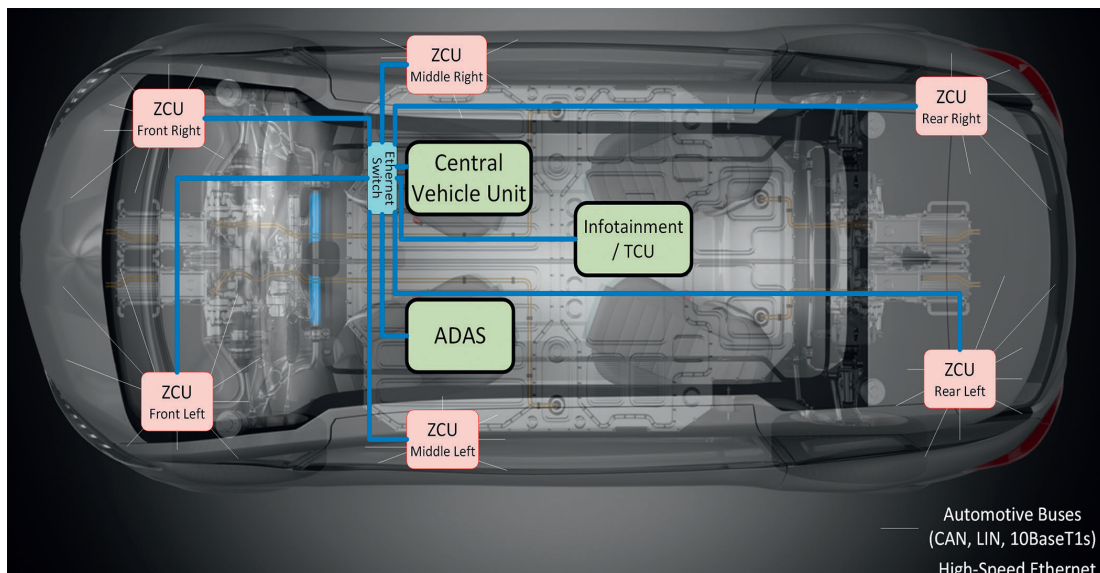


Bild 2: Computing-Plattformen und Zone-Controller-Units in einer Zonen-Architektur. © Infineon

Neue E/E-Architekturen

Die Zonen-Architektur stellt einen völlig neuen Ansatz im Vergleich zur herkömmlichen Domänen-Architektur dar: An die Stelle einer strikten funktionellen Partitionierung nach Domänen tritt eine räumliche Ausrichtung nach Fahrzeugbereichen wie Front, Heck, rechte und linke Seite. Funktionen verschiedener Domänen und mit verschiedener Kritikalität verteilen sich über mehrere ECUs und Netzwerke. So kann sich beispielsweise eine einzelne Funktion aus Teil-Funktionen zusammensetzen, die von verschiedenen ECUs ausgeführt werden. Wie in Bild 2 dargestellt, basieren typische Zonen-Architekturen auf drei verschiedenen ECU-Ebenen: Computing-Plattformen, Zone-Controller-Units sowie Sensoren, Aktuatoren und spezialisierten ECUs (Bild 2).

Bei Computing-Plattformen handelt es sich um SoC-basierte Steuereinheiten

mit schnellen Schnittstellen, die als fahrzeuginterne Applikationsserver agieren und eine service-orientierte Architektur (SOA) unterstützen. Die Einheiten verfügen üblicherweise über mehrere spezifische SoCs (z. B. für Bild- oder Radar-Verarbeitung, KI, etc.) und sind voll skalierbar und aufrüstbar.

Zone-Controller-Units (ZCU) bilden die Verbindung zwischen den zentralen Computing-Plattformen und der mechanischen Peripherie (bestehend aus Sensoren, Aktuatoren und spezialisierten ECUs). Außerdem fungieren sie in ihrer Fahrzeugzone zum Beispiel als lokales Gateway zwischen etablierten Automobilbussen (CAN, LIN, FlexRay) und dem Ethernet-Backbone. Sie sorgen für die Stromversorgung sowie die elektronische Absicherung und unterstützen alle Arten von Schnittstellen für Sensoren und Aktuatoren. Daneben stehen hoch spezialisierte ECUs, zum Beispiel für die Motorsteuerung, Getriebe oder Radar.

Zone-Controller-ECU

Die Anforderungen an eine typische ZCU ergeben sich aus ihrer Rolle. Wie in Bild 3 dargestellt, hat eine ZCU drei Hauptaufgaben, die künftig zusätzlich durch weitere Funktionen wie zum Beispiel die Vorverarbeitung von ADAS-Sensordaten ergänzt werden könnten:

Erstens übernimmt die ZCU die Rolle als lokales Gateway. Sie sammelt Daten aus ihrer Zone und sendet diese an den zentralen Fahrzeug-Computer. Sie interpretiert und verteilt aber auch Befehle des Zentralcomputers an die lokalen ECUs und Aktuatoren. Die ZCU muss also für eine sichere Kommunikation (Authentifizierung, Verschlüsselung und Schlüssel-Management) sowie für das lokale Netzwerk-Monitoring (partielle Netzwerke, Netzwerk-Konfiguration und -Initialisierung, Bus-Synchronisierung und Time-Management) sorgen. Ergänzend kann zu diesen üblichen Funktionen auch noch die Rolle als Diagnose-Server oder die I/O-Abstrahierung kommen. Abhängig vom E/E-Architektur-Konzept kann ein Zone-Controller zweitens lokale Aktuatoren steuern und zum Beispiel Karosserie-Funktionen, Batterie-Management, LED-Steuerung sowie andere Fahrwerk- und Antriebsstrang-Funktionen in seiner Zone unterstützen. Dabei kann es sich auch um sicherheitskritische Funktionen handeln. Dies ist wichtig, um zu verstehen, dass nicht alle Fahrzeug-Funktionen auf den zentralen Computing-Plattformen implementiert werden müssen.

HANSE
automotive

HANSE

Kraftstoff für unterwegs.

hanser-automotive.de/epaper

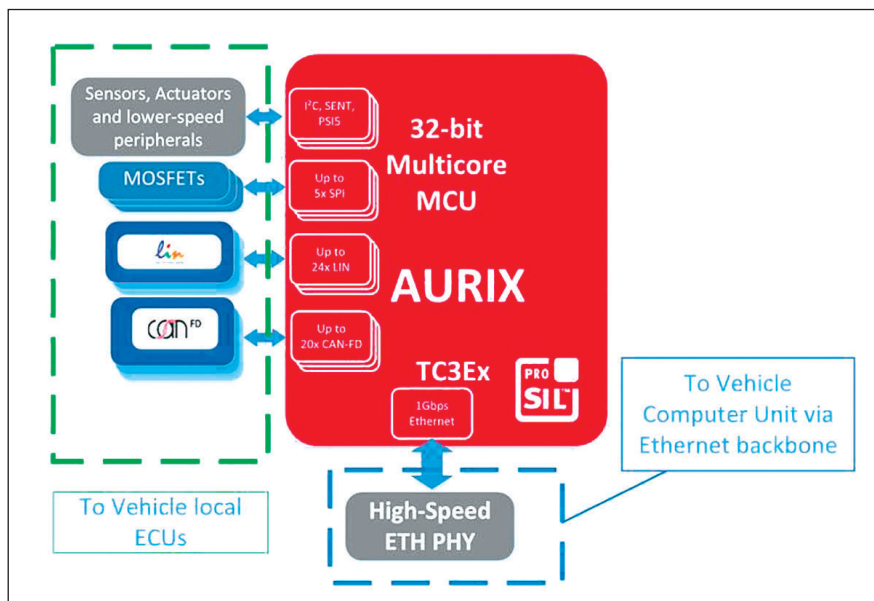


Bild 4: Aurix als Bestandteil eines Zonen-Steuergeräts. © Infineon

Drittens übernimmt die ZCU die lokale Stromversorgung und das lokale Monitoring. Sie agiert hier als smarter Leistungsschalter, um die Leistung in ihrer Zone zu verteilen und zu überwachen.

Um lokale Gateway-Funktionen wie das Routing von Daten von den Automobil-Bussen zum Ethernet-Backbone zu implementieren, sollten ZCUs eine entsprechende Konnektivität bereitstellen und gleichzeitig ausreichende Sicherheitsfunktionen bieten. Außerdem sollten sie eine hochgenaue Time-Synchronisation, ein Routing mit sehr kurzer Latenzzeit im zweistelligen Mikrosekundenbereich und eine partielle dynamische Netzwerk-Konfiguration ermöglichen. Im Hinblick auf die Interfaces sollte eine ZCU eine schnelle Ethernet-Verbindung mit den gängigen TSN-Features bereitstellen und Schnittstellen zu Automotive-Bussen wie LIN,

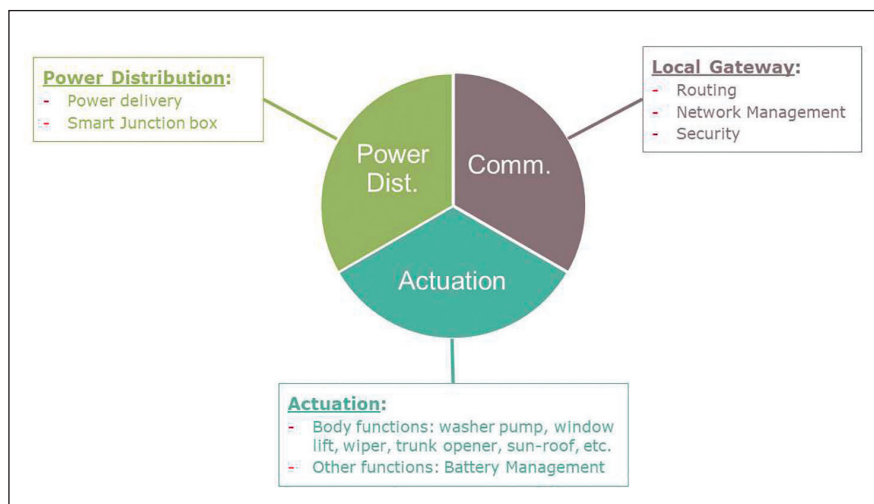


Bild 3: Kernfunktionen einer Zone-Controller-Unit. © Infineon

CAN, 10Base-T1S Ethernet und FlexRay unterstützen. Für die Stromversorgung und das Monitoring sollte eine ZCU die gängigen Schnittstellen für Sensoren

und Aktuatoren (PWM, SPI, UART, GPIO, etc.) mit schneller AD-Wandlung beinhalten. Da ein Zone-Controller die lokale Aktuatorik sowie sicherheitskritische Funktionen unterstützen sollte, muss er ASIL-Safety-Standards erfüllen und auch im rauen Automobil-Umfeld eine hohe Zuverlässigkeit gewährleisten.

Aurix-Mikrocontroller und ZCU-Anforderungen

Die bereits erfolgte Einführung der zweiten Generation von Aurix-Mikrocontrollern von Infineon mit 40-nm-Embedded-Flash geht einher mit einem Zuwachs an Performance, Speichergröße, Konnektivität und Skalierbarkeit gegenüber der ersten Generation. Die zweite Aurix-Generation ist besonders geeignet

für den Einsatz in ZCUs. Die Mikrocontroller bieten eine weitreichende Konnektivität mit zwei schnellen Ethernet-Interfaces, die TSN-Features unterstützen. Dazu gehören die Time-Synchronisation (IEEE 802.1 AS) und das "credit based" oder „preliminary" Time-Aware-Shaping (IEEE 802.1Qav bzw. 802.1Qbv). Für die Verbindung mit Automotive-Bussen bieten die Mikrocontroller zahlreiche Kommunikations-Optionen wie bis zu 20 CAN-FD, 4 FlexRay, 24 LIN und 5 SPI (Bild 4).

In Bezug auf die Security hat die Controller-Familie ein Hardware Security Modul (HSM) kompatibel zu eVita full (ECC256 und SHA2) integriert. Damit können zukunftsichere Security-Features wie eine Firewall, IDPS (Intrusion Detection and Prevention Systems) und



INFO

Nach einer Studie eines Tier1-Unternehmens können Zonen-Architekturen die Hälfte der benötigten Kabellängen für die Ansteuerung, Daten- und Leistungs-Verteilung einsparen. Bei Premiumfahrzeugen mit ihren vielen Sensoren und Aktoren könnten die Einsparungen noch größer sein. Erste Implementierungen von Zonen-Architekturen werden in wenigen Jahren eingeführt. Eine größere Marktdurchdringung bei verschiedenen Fahrzeugherstellern rund um den Globus ist in der zweiten Hälfte dieses Jahrzehnts zu erwarten.

kryptographische Protokolle für eine sichere Kommunikation (IPsec, DTLS, TLS, SecOC, etc.) implementiert werden. Um unterschiedliche ZCU-Konzepte zu adressieren, bietet die Aurix 2G-Familie mehr als 20 Produkte und damit ein höchst skalierbares Portfolio an Safety-Mikrocontrollern. Außerdem können mehrere Aurix-Controller über ein spezielles High-Speed-Interface (HSSL) gekoppelt werden, um die Performance und die Konnektivität der ECU weiter zu erhöhen.

Dritte Generation

Momentan entwickelt Infineon Technologies die dritte Aurix-Generation – mit ehrgeizigen Performance-Zielen. Ein Cybersecurity Real-time Module (CSRM) soll die Security weiter verbessern. Dieses erweiterte HSM-Konzept mit TriCore-Rechenleistung liefert eine höhere Performance und ermöglicht die sichere Abspeicherung von langfristigen Schlüsseln, die Generierung von kurzfristigen Schlüsseln und den sicheren Schlüssel-Transfer.

Außerdem ist ein CSS (Crypto Satellites Security)-Modul integriert. Dieser mehrkanalige Krypto-Beschleuniger ist speziell dafür ausgelegt, latenzkritische symmetrische Krypto-Funktionen (wie AES und ChaCha) sowie Hash-Funktionen (wie SHS und SHAKE) zu unterstützen, wie sie in Kommunikations-Protokollen (MACsec, IPsec, (D)TLS, SecOC, etc.) verwendet werden.

Zur erweiterten Konnektivität gesellen sich 8 GT/s PCIe 3.0, 5 Gbit/s-Ethernet und xSPI. Um die Performance weiter zu erhöhen und die CPU beim Routing und der Frame-Formatierung zu entlasten, wurde auch ein spezieller Routing-Hardware-Beschleuniger integriert. Der Routing-Beschleuniger bearbeitet die hohe Zahl an eingehenden Frames von den CAN-Schnittstellen und sorgt für das anschließende Routing an verschiedene mögliche Ziele (Speicher, CAN, Ethernet oder PCIe-Interface).

Der Accelerator unterstützt auch die Einbindung von CAN-Frames, die in Ethernet-Frames „getunnelt“ werden (entsprechend dem IEEE 1722 Standard). Diese Hardware-Mechanismen ermöglichen die nahtlose Weitergabe von latenzkritischen CAN-Frames über Ethernet, ohne die CPU zu belasten.

Die bisherigen bewährten und erfolgreichen Safety-Funktionalitäten für ASIL-D ISO 26262 wird die dritte Aurix-Generation beibehalten. Erste Muster der neuen Generation werden für die zweite Jahreshälfte 2022 erwartet.

Fazit

Zone-Controller-Units sind ein essentieller Bestandteil der neuen E/E-Architekturen. Als lokale Gateways stellen sie Daten bereit bzw. verteilen diese im Fahrzeug und ermöglichen skalierbare und serviceorientierte Architekturen. Um die erforderlichen Aufgaben ausführen zu können, müssen ZCUs spezifische Anforderungen im Hinblick auf Safety, Security, Performance und Schnittstellen erfüllen. Wie in diesem Artikel aufgezeigt, bieten die Aurix Echtzeit-Mikrocontroller alle erforderlichen Funktionalitäten für diese Anforderungen. ■ (oe)

www.infineon.com



Dr. Karel Heurtefeux ist System Architect Automotive Connectivity and Networks bei Infineon Technologies.



Edwin Nguyo Munyao ist Manager Business Development and Product Marketing Automotive Microcontroller for Connected Cars bei Infineon Technologies.

Universal Debug Engine®
Multicore ▪ Debugging ▪ Trace ▪ Test Automation

Top layer: eclipse, C/C++ Compiler, Test Automation, Workflow Tools

Universal Debug Engine (with logo) connected to COM based Control API

Universal Access Device (red bar)

Bottom layer: CAN Recorder, RTOS Support, Debug Interface, Trace Analysis

Custom Specific Hardware / Evaluation Boards

Supported Aurix / TriCore: Arm Cortex-M/R/A, SPC5 / MPC5xxx, RH850 / R-Car, XE166 / XC2000

pls Development Tools

www.pls-mc.com