

Differenzierungsmöglichkeit durch MCU-Integration Prozessoren der Reihe Jacinto™ 7



Mahmut Ciftci
Systemarchitekt,
Jacinto-Prozessoren

Yashwant Dutt
Engineering Manager,
Jacinto-Prozessoren

Sujith Shivalingappa
Engineering Manager,
Jacinto-Prozessoren

Bei den Automobilarchitekturen gab es im letzten Jahrzehnt gewaltige Veränderungen, weil die Kunden mehr Funktionen in den Bereichen Unterhaltung, Vernetzung und funktionaler Sicherheit verlangen. Die jüngste Fokussierung auf das autonome Fahren verwandelte das Automobil in eine Innovationsdrehscheibe und machte es zum Vorreiter für technologische Fortschritte. Dies führte zu einer exponentiellen Zunahme bei der Komplexität, der Anzahl der Halbleiter und der Kosten von Systemen.

Ein typisches Automobil enthält heute Hunderte von elektronischen Steuergeräten (ECUs) zur Bewältigung verschiedener Funktionen. Die meisten dieser ECUs sind einfache Mikrocontroller (MCUs). Allerdings erfordern komplexere Systeme wie beispielsweise Fahrerassistenzsysteme (ADAS) und automobiler Gateway-Systeme zusätzlich zu einer Fahrzeug-MCU auch leistungstärkere Anwendungsprozessoren zur Ausführung bestimmter Systemfunktionen.

Das vorliegende Whitepaper beschreibt zunächst die Rolle der Fahrzeug-MCU in Automobilsystemen. Im Anschluss daran wird die Halbleiterarchitektur der Prozessoren Jacinto™ 7 vorgestellt, bei denen die Fahrzeug-MCU im Anwendungsprozessor integriert ist.

Fahrzeug-MCUs in Automobilsystemen

Komplexe eingebettete Automobilsysteme teilen die Verarbeitungsaufgaben zwischen dem Anwendungsprozessor und der Fahrzeug-MCU (auch als Wake-up-MCU bezeichnet) auf. **Abbildung 1** zeigt ein Blockschaltbild eines solchen Systems. Dabei könnte der Anwendungsprozessor aus einem oder mehreren Kernen bestehen und ein oder mehrere höhere Betriebssysteme ausführen. Darüber hinaus könnte er auch Displays ansteuern, Software und Middleware handhaben sowie die

Verarbeitung großer Datendurchsätze, komplexer Grafik, Kameras und Sichtverarbeitung übernehmen.

Die MCU ist für alle von der ECU eingeleiteten Aktionen verantwortlich. Sie überwacht den Anwendungsprozessor und wertet seine Verarbeitungsergebnisse aus. Die MCU verarbeitet darüber hinaus auch andere Sensoreingaben, handhabt die Kommunikation mit dem Fahrzeugnetzwerk (durch Controller Area Network [CAN], Local Interconnect Network [LIN] und Ethernet) und übernimmt andere Verwaltungsaufgaben. Nicht zuletzt unterstützt sie auch Wake-up- und Standby-Funktionen. Je nach den Anwendungsfällen im Bereich der funktionalen Sicherheit kann die Fahrzeug-MCU auch deren Anforderungen übernehmen.

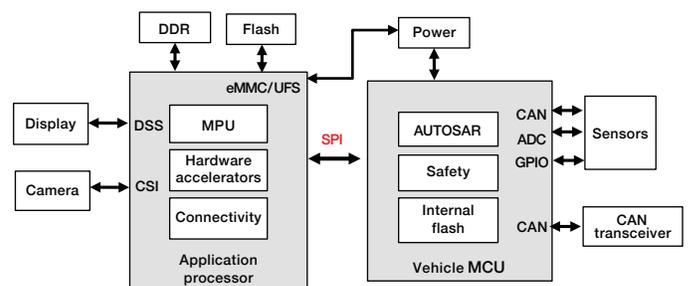


Abbildung 1. Ein allgemeines Blockschaltbild für ein komplexes Automobilsystem.

Eine typische Fahrzeug-MCU unterstützt folgende Aspekte:

- Diverse Vernetzungsschnittstellen zur Kommunikation mit anderen Knoten eines Fahrzeugnetzwerks durch CAN, LIN und Ethernet.
- Diverse Eingangs- und Ausgangsschnittstellen (z. B. universelle Ein-/Ausgänge [General-Purpose Inputs/Outputs, GPIOs], Analog-Digital-Wandler [ADCs], Serial Peripheral Interface [SPI] und I2C) zur Überwachung und Steuerung verschiedener Sensoren und Peripheriekomponenten.
- Highspeed-Speicherbausteine für Daten und Programme (eingebettete/externe Speicher).
- Energieeffiziente Standby-Modi.
- Schneller Systemstart zur Reaktion auf Meldungen im Fahrzeugnetzwerk (z. B. CAN-Antwort innerhalb von 50 bis 100 ms).
- Unterstützung für Fahrzeugsicherheit gemäß Automotive Safety Integrity Level (ASIL)-D, falls zur Erfüllung von Systemsicherheitszielen erforderlich.
- Stack und Anwendungen gemäß Automotive Open System Architecture (AUTOSAR).

Mit der Zunahme der Komplexität und des Funktionsumfangs wachsen auch die Anforderungen an die Fahrzeug-MCU.

Dazu zählen:

- Erhöhte Rechenleistung zur Erfüllung höherer Verarbeitungsanforderungen komplexer Software.
- Höhere eingebettete Flash-Speicherkapazitäten zur Ausführung komplexerer Software.
- Schnellere Speicherkomponenten zur Bewältigung umfangreicher Software (Daten und Instruktionen).
- Mehrere Ethernet-Schnittstellen zur Unterstützung mehrerer Netzwerke.
- Größere Anzahl von Ein- und Ausgangsschnittstellen (CAN, LIN und ADCs).
- Höhere Anforderungen im Hinblick auf die Cybersicherheit.

Die gestiegenen Anforderungen bedeuten höhere Kosten für Fahrzeug-MCUs und vergrößern dadurch auch die Stückliste (BOM).

Die Softwareentwicklung ist wegen der in **Abbildung 1** dargestellten geteilten Architektur eine Herausforderung. Die Anwendungsprozessoren und die Fahrzeug-MCU basieren auf unterschiedlichen Architekturen und besitzen ihre eigenen jeweiligen Softwareentwicklungskits (SDKs). Die Entwicklung und Validierung der Software muss in zwei unterschiedlichen Softwareumgebungen erfolgen. Dadurch erhöhen sich die Komplexität und der Aufwand für die Entwicklung und Validierung von Software erheblich.

Eine geteilte Architektur erschwert auch die Fähigkeit zur Erfüllung der Anforderungen in Bezug auf funktionale Sicherheit und Systemsicherheit. Sich sowohl mit dem Anwendungsprozessor als auch der MCU zu befassen, kann schwierig sein, wenn Sie sich um die Anforderungen beider Komponenten kümmern müssen. Bei einem System, das den Sicherheitsvorschriften von ASIL-D gerecht werden muss, wird darüber hinaus auch eine erhebliche CPU-Leistung für die Interprozesskommunikation (IPC) benötigt, um die Anforderungen in Bezug auf die funktionale Sicherheit zu erfüllen (insbesondere bei großen Datenmengen).

Die Einchip-Systeme (SoCs) mit den Prozessoren Jacinto DRA8xx und TDA4xx sind Mitglieder der Prozessorfamilie Jacinto 7 und bieten eine neuartige Architektur, in der die Fahrzeug-MCU in einen Anwendungsprozessor integriert ist. Diese Architektur wird nicht nur den ständig wachsenden Systemanforderungen gerecht. Sie optimiert auch die BOM-Kosten des Systems, vereinheitlicht die Softwareentwicklung und vereinfacht die Unterstützung für funktionale Sicherheit und Schutz.

MCU-Integration bei Prozessoren der Reihe Jacinto 7

Die Prozessorplattform Jacinto 7 für Automobilanwendungen beinhaltet innovative Funktionen für Fahrerassistenzsysteme, Fahrzeug-Gateways und Cockpit-Systeme – insbesondere mit der Integration der Fahrzeug-MCU. **Abbildung 2** zeigt die Highlevel-Architektur eines Jacinto 7 SoC. Der Anwendungsprozessor ist in zwei unabhängige Domänen aufgeteilt: die Hauptdomäne und die MCU-Domäne. Die Hauptdomäne bietet leistungsstarke Computerkerne wie beispielsweise eine Mikroprozessor-Einheit und eine

Grafikverarbeitungseinheit, Multimedia-Beschleuniger sowie Hardwarebeschleuniger für die Verarbeitung von Sichtdaten einschließlich Prozessoren zur digitalen Signalverarbeitung. Die Hauptdomäne stellt auch die erforderlichen Ein- und Ausgänge sowie Videoschnittstellen (z. B. Erfassung und Anzeige) bereit.

Die MCU-Domäne übernimmt die Funktionen, die gewöhnlich auf eine externe Fahrzeug-MCU ausgelagert werden. Hauptdomäne und MCU-Domäne sind voneinander unabhängig und besitzen eigene Funktionen für Spannungsversorgung, Leistung, Takt und Reset. Hardware-Firewalls garantieren Störungsunabhängigkeit zwischen den beiden Domänen (Freedom from Interference, FFI).

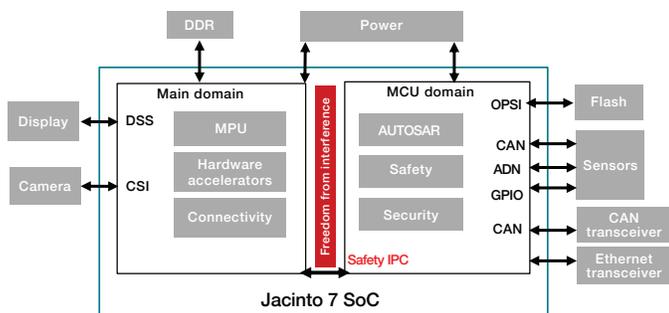


Abbildung 2. Systemarchitektur auf Basis des SoC-Prozessors Jacinto 7.

Die MCU-Domäne von Jacinto 7 SoCs beinhaltet:

- **Verarbeitungskerne.** Die MCU-Domäne basiert auf ARM® Cortex®-R5F-Prozessoren mit zwei Kernen, von denen jeder wahlweise für Lockstep- oder Split-Modi konfigurierbar ist. Cortex-R5F-Kerne ermöglichen eine Taktfrequenz bis zu 1 GHz und bieten erheblich höhere Leistung im Vergleich zu eigenständigen Fahrzeug-MCUs.
- **Peripheriekomponenten und E/A-Schnittstellen.** Das MCU-Subsystem besitzt eine umfangreiche Auswahl von E/As zur Unterstützung von Fahrzeug-Einsatzbereichen. Dazu zählen:
 - Mehrere Instanzen von CAN – flexible Datenrate.
 - Ethernet.
 - Mehrere Instanzen von GPIO, SPI, I2C und Pulsweitenmodulation.
 - Mehrkanal-ADCs.

- **Funktionale Sicherheit.** Die MCU-Domäne des Jacinto 7 SoC ist zur Unterstützung von Systemen bis hinauf zu ASIL-D ausgelegt. Die MCU-Domäne ermöglicht eine höhere Sicherheitseinstufung durch die Integration der nachfolgenden funktionalen Einheiten:
 - Integrierte Selbsttests.
 - Error Correction Code (ECC) zur Fehlerkorrektur in allen Speicherbereichen.
 - Fehlermeldungsmodule.
 - Zyklische Redundanzprüfungen.
 - Watchdog-Timer.
 - Doppelte Taktkomparatoren und Temperatursensoren.

Nähere Einzelheiten finden Sie in unserem Whitepaper [Leverage Jacinto™ 7 processors functional safety features for automotive designs](#) für funktionale Sicherheitsfunktionen in der Automobilentwicklung.

- **Sicherheit.** Die MCU-Domäne der Jacinto 7-Architektur ist die Hauptsicherheitseinheit des gesamten SoC. Die MCU-Domäne beinhaltet einen Geräteverwaltungs- und Sicherheitscontroller mit den folgenden Funktionen:
 - Sicherer Systemstart mit einem eindeutigen Schlüssel.
 - Kryptografie-Beschleuniger: Rivest, Shamir und Adelman-4K; Generator für echte Zufallszahlen/ deterministische Random-Bits; Secure Hash Algorithm 2-512 und Advanced Encryption Standard-256.
 - Dienste für Hardware-Sicherheitsmodule.
 - Firewalls für Speicher und Peripherie.

Stromversorgung

Zu den wichtigen Merkmalen der Fahrzeug-MCU zählt auch ihre geringe Standby-Stromaufnahme. Das SoC Jacinto 7 erreicht die geringe Standby-Stromaufnahme durch die unabhängige Stromversorgung der MCU-Domäne. In einem typischen Szenario wird die MCU-Domäne nur abgeschaltet und aktiviert, wenn eine Aktivität auf dem CAN-Bus vorliegt. Je nach empfangener CAN-Meldung leitet das SoC entweder die vollständige Systemeinschaltung ein oder wechselt wieder in den Abschaltmodus.

Flash

Das SoC Jacinto 7 unterstützt keinen integrierten Flash-Speicher zum Speichern von Boot- oder anderen Images, sondern verwendet hierzu externen NOR-Flash wie beispielsweise Octal SPI (OSPI) oder Hyperflash. Die MCU-Domäne beinhaltet einen internen RAM-Speicherbereich mit ECC-Unterstützung zur Ausführung des AUTOSAR-Stacks oder anderer Software. Ferner hat sie Zugriff auf einen großen externen DDR-Speicher mit Platz für zusätzliche Programme und Daten. XIP zur direkten Ausführung am jeweiligen Speicherort (Execute in Place) wird im OSPI unterstützt, um kürzere Aufweckzeiten zu ermöglichen. Ferner wird das Image in XIP vor dem Beginn der Ausführung authentifiziert.

Systemstart und frühe CAN-Antwort

Die Prozessorplattform Jacinto 7 mit MCU-Integration ermöglicht die kurze Startzeit für die frühe CAN-Antwort. Die MCU-Domäne ist die Boot-Zentrale des gesamten SoC. Sie ermöglicht das Starten und Ausführen des CAN-Stacks, um die Zeitanforderung von 50 ms bis 100 ms zu erfüllen.

MCU-Integration bei Jacinto 7 im Vergleich zu einer externen Fahrzeug-MCU

Tabelle 1 zeigt einen Funktionsvergleich zwischen der MCU-Domäne der Jacinto 7-Plattform und einer externen MCU.

Merkmale	Jacinto 7-MCU	Externe MCU
Verarbeitungskerne	Höhere Leistung; höhere mögliche Taktfrequenz der Kerne im Vergleich zu einer externen MCU	Niedrige Leistung
Unterstützung für E/A	CAN, ADC, SPI, GPIO, PWM, Ethernet	CAN, ADC, SPI, GPIO, PWM, Ethernet
Funktionale Sicherheit	Bis zu ASIL-D; vereinfacht die Sicherheitsunterstützung für Mixed-Criticality-Anwendungen	Bis zu ASIL-D; kann hinter den neuesten Anforderungen in Bezug auf die funktionale Sicherheit zurückbleiben
Sicherheit	Neueste Sicherheitsunterstützung	Kann hinter den neuesten Sicherheitsanforderungen zurückbleiben
Stromversorgung	Kann Anforderungen zur Senkung des Stromverbrauchs erfüllen	Niedriger Standby-Strom
Systemmaterialkosten	Ermöglicht erhebliche Materialkosteneinsparungen durch den Wegfall einer externen MCU sowie geringeren Platinenfläche (PCB)	Kann erhebliche Kostensteigerungen nach sich ziehen, je nach Flash-Größe, Anforderungen an die funktionale Sicherheit usw.
Boot	Ermöglicht die für CAN-Antwort erforderlichen Startzeiten zwischen 50 und 100 ms	Ermöglicht die für CAN-Antwort erforderlichen Startzeiten zwischen 50 und 100 ms
Software-Entwicklung	Vereinheitlichte Softwareentwicklung mit Anwendungsprozessor	Getrennte SDKs
Flash	Externer Flash-Speicher (OSPI, Hyperflash)	Interner Flash-Speicher; MCU-Kosten steigen erheblich mit höheren Anforderungen an die Speicherkapazität.
Kommunikation	Interne IPC ermöglicht schnellere und sicherere Kommunikation	Externe Schnittstelle, SPI usw.

Tabelle 1: Merkmale von Jacinto 7-Prozessoren mit MCU-Integration im Vergleich zu herkömmlichen externen MCUs.

Software-Architektur von Jacinto 7

Die Softwareentwicklung für Jacinto 7, einschließlich Entwicklung für DRA8xx- und TDA4xx-SoCs, ist einheitlich für den Anwendungsprozessor und die Fahrzeug-MCU. Die Softwareentwicklung für die Hauptdomäne und die MCU-Domäne erfordert nur ein SDK für die Jacinto 7-Plattform.

Abbildung 3 und 4 zeigen Beispiele von Softwarearchitekturen für Gateway- und ADAS-Nutzungsfälle. In diesen Beispielen werden in der MCU-Domäne die folgenden Funktionen ausgeführt:

- Systemstart und Geräteverwaltung.
- Echtzeit-Fahrzeugbetriebssystem AUTOSAR, Stack und Anwendungen.
- Diagnostik.
- Funktionale Sicherheit und Sicherheitsdienste.

In der Hauptdomäne werden die folgenden Funktionen ausgeführt:

- Highlevel-Betriebssysteme.
- Anwendungen, z. B. AUTOSAR- und Kundenanwendungen.
- Middleware und Konnektivität.
- Sicht- und Multimedia-Algorithmen.

Leistungsstarke IPC mit Eignung für funktionale Sicherheit zur Verwaltung der Kommunikation zwischen der Hauptdomäne und der MCU-Domäne.

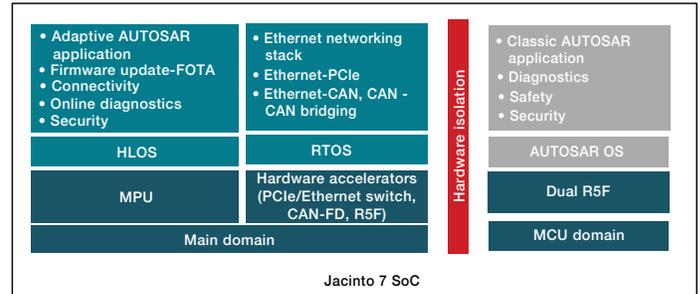


Abbildung 3. Software-Architektur von Jacinto 7 für ein typisches Gateway-System.

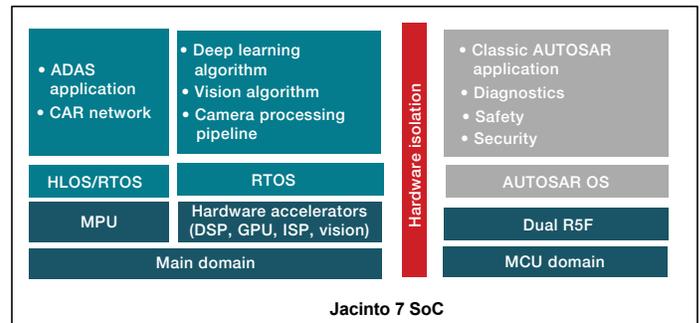


Abbildung 4. Software-Architektur von Jacinto 7 für ein Fahrerassistenzsystem.

Fazit

Integration der Fahrzeug-MCU in die Jacinto 7-Plattform bietet zahlreiche Vorteile im Vergleich zu einer externen MCU. Dazu zählen:

- Flexible und leistungsstarke MCU.
- Geringere Materialkosten (BOM) für das System.
- Vereinheitlichte Softwareentwicklung.
- Vereinfachte Unterstützung für funktionale Sicherheit und Systemsicherheit.

Darüber hinaus ist die MCU-Integration ein gemeinsames Merkmal aller Produkte der Jacinto 7-Familie. Dies ermöglicht die Skalierung über verschiedene Arten von Endgeräten mit der Möglichkeit zur Wiederverwendung von Software und Hardware.

Weitere Informationen zu Jacinto 7-Prozessoren finden Sie unter ti.com/jacinto7.

Wichtiger Hinweis: Die hier beschriebenen Produkte und Dienstleistungen von Texas Instruments Incorporated und seinen Tochterunternehmen werden unter den Standard-Verkaufsbedingungen von TI verkauft. Den Kunden wird empfohlen, aktuelle und vollständige Informationen zu TI-Produkten und Dienstleistungen einzuholen, bevor sie Bestellungen platzieren. TI übernimmt keine Haftung für Anwendungsunterstützung, Kundenanwendungen oder Produktdesigns, Softwareleistung oder Verletzung von Patenten. Die Veröffentlichung von Informationen über Produkte oder Dienstleistungen anderer Unternehmen bedeutet keine Genehmigung, Garantie oder Empfehlung seitens TI.

Alle anderen Marken sind Eigentum der jeweiligen Rechtsinhaber.

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to TI's Terms of Sale (www.ti.com/legal/termsofsale.html) or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated