Fraunhofer IPMS

Whitepaper

CAN IP-Core Design

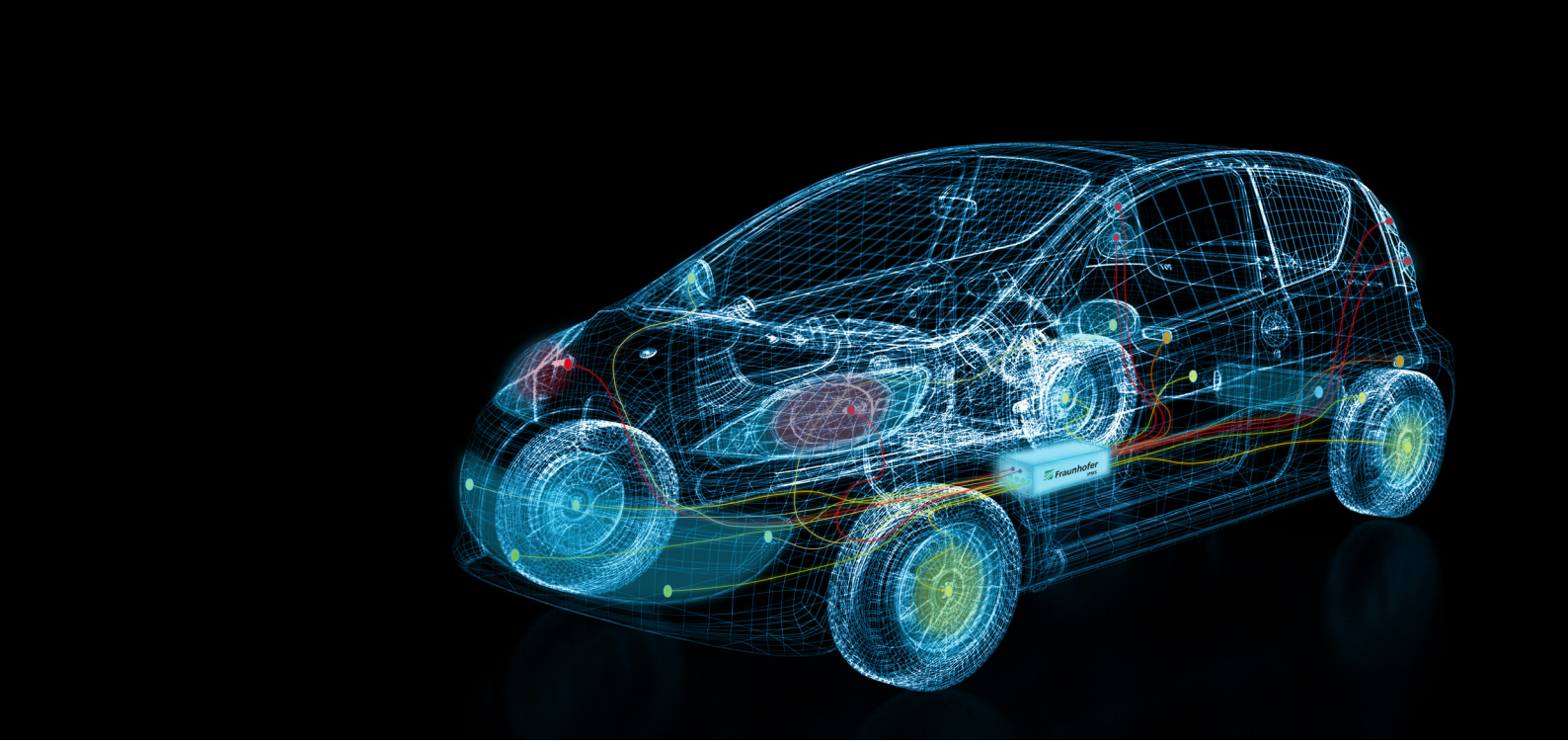
Inhalt

1. CAN - Historie des Protokolls & Standards
2. Erfolgreicher Praxistest beim CiA Plugfest
3. Anwendungsbeispiele: Automotive Networking Subsystem
4. Fazit

Gesellschaftliche Herausforderungen wie der Klimawandel, die zunehmende Urbanisierung und der Einfluss von technologischen Megatrends wie Automatisierte Mobilität, künstliche Intelligenz oder Elektromobilität fordern radikal neue Architekturkonzepte für Elektronik im Automobil. Neuartige Fahrerassistenzsysteme (ADAS), Fahrzeug-zu-Fahrzeug Vernetzung und nutzerzentrische Infotainment Anwendungen beispielsweise integrieren beispielsweise eine Vielzahl zusätzlicher Sensoren und Applikationen in die Automobile, welche teils hohe Bandbreiten und garantierte niedrige Latenzen bei der Übertragung der Nutzdaten fordern. Es ist daher nicht verwunderlich, dass CAN als weit verbreitetes Kommunikationsprotokoll mit hoher Robustheit, Flexibilität und den damit verbundenen Kosteneinsparungen mittlerweile in praktisch jedem Fahrzeug eingesetzt wird.

Der Automobilbereich deckt jedoch nur einen Teil der diversen Anwendungsmöglichkeiten ab, denn auch in anderen Fahrzeugtypen, von Zügen bis Schiffen, sowie in industriellen Steuerungen ist CAN eines der dominierenden Busprotokolle - vielleicht sogar das führende serielle Bussystem weltweit. Zudem wird CAN im Bereich der Robotertechnik sowie in Fertigungsstraßen, der Raumfahrt, in Aufzügen, ja sogar Kaffeemaschinen eingesetzt. Es gilt: faktisch jede kostensensitive Anwendung, die zudem eine hohe Zuverlässigkeit der Datenkommunikation erfordert, kann durch CAN optimiert werden.

Die 1986 entwickelten Grundfunktionen werden auch heute noch in diversen Systemen eingesetzt. Um mit den stark steigenden Anforderungen an Übertragungsbandbreite und konkurrierenden Lösungen wie Automotive-Ethernet und Ethernet TSN (Time Sensitive Networking) Schritt zu halten und eine der beliebtesten Optionen für die digitale Kommunikation der nächsten Produktgeneration zu bleiben, findet eine stetige Weiterentwicklung der CAN-Protokolle statt. Im Folgenden wird die CAN-Historie detailliert beleuchtet sowie deren beispielhafter Einsatz in einem kundenspezifischen Fraunhofer IPMS Subsystem vorgestellt.



1. CAN - Historie des Protokolls & Standards

Während die erste Generation des VW Golf aus dem Jahr 1974 mit 214 Metern elektrischer Verdrahtung ausgestattet war, erreichte die Kabellänge des VW Golf VII 2017 bereits 1,6 Kilometer. Zurückzuführen ist dies auf die erhöhte Funktionsvielfalt moderner Automobile wie Motor-Kontrolle, Anti-Blockier-System, Klimaanlagen, Sitzheizungen, Fahrerassistenz- und Multimediasystemen. Um trotz dieser zusätzlichen Funktionen einer stetigen Erweiterung der Kabelbäume in Fahrzeugen entgegenzuwirken, begann bereits frühzeitig die Planung digitaler Übertragungsprotokolle. Mit dem Ziel, Kosten- und Gewichtseinsparungen zu erreichen, entwickelten Bosch und Intel das erste CAN-Protokoll, welches 1986 veröffentlicht wurde.

CAN - Controller Area Network

Im Februar 1986 wurde das serielle Bussystem Controller Area Network (CAN) erstmals auf einem Kongress der Society of Automotive Engineers einem interessierten Fachpublikum präsentiert. Laut CAN in Automation (CiA), der internationalen Anwender- und Herstellervereinigung, die die Verbreitung und Standardisierung von CAN zur Aufgabe hat, gilt jener Moment als „die Geburtsstunde eines der erfolgreichsten Netzwerkprotokolle überhaupt".

CAN wird seither konsequent weiterentwickelt und den Bedürfnissen der Anwender nachgeführt. Es erlaubt die Verbindung mehrerer gleichberechtigter Busteilnehmer, sogenannte CAN nodes, mittels eines 2-Draht Busses in linearen- und Sterntopologien. Die Nutzdatenlänge einer Nachricht kann dabei 8 Bytes betragen, während die Bitrate bis zu 1Mbit/s erreicht. Aufgrund der hohen Ausfallsicherheit und geringerer Kosten im Vergleich zu komplexen Kabelbäumen, wie sie 1986 noch üblich waren, hat sich CAN schnell als Protokoll etabliert. CAN folgt dem ISO/OSI Referenzmodell und ist seit 2003 in der ISO 11898 genormt.

Bereits seit 2011 ist der CAN-CTRL IP Core am Fraunhofer IPMS verfügbar, welcher seither den Weiterentwicklungen des CAN-Protokolls folgt und seit 2019 in einer ASIL ready zertifizierten Version vorliegt.

CAN FD - Controller Area Network with Flexible Datarate

Im Jahr 2011 begann CiA mit der gemeinsamen Entwicklung einiger Verbesserungen des CAN-Protokolls. Oberstes Ziel sollte ein höherer Durchsatz sein. Insbesondere Automobilhersteller wie General Motors litten unter der Vervielfachung der zu ladenden Softwarepakete in elektronische Steuergeräte. Um diese zeitraubende Aufgabe zu optimieren, musste ein leistungsfähiges Kommunikationssystem geschaffen werden. So wurde die Übertragungsgeschwindigkeit von CAN durch die Einführung einer zweiten Bitrate erhöht während die Kompatibilität mit klassischen Knoten gewahrt bleibt. In Zusammenarbeit von Experten aus der Industrie und Forschung wurde die CAN FD Spezifikation erarbeitet und final 2012 auf der 13. Internationalen CAN-Konferenz offiziell als „Controller Area Network with Flexible Datarate“ (CAN FD) präsentiert.

Während des Standardisierungsprozesses innerhalb der ISO wurden mehrere akademische Schwachstellen in den vorgeschlagenen Fehlererkennungsmechanismen gefunden. Dies erforderte eine Überarbeitung des CAN FD Protokolls und die Einführung zusätzlicher Schutzmaßnahmen (z. B. Stuff-Bit-Zähler). Die offizielle ISO 11898-1 Zertifizierung erfolgte schließlich 2015.

Die Steigerung an Übertragungsbandbreite bei CAN FD wurde durch eine Steigerung der Nutzdaten pro Frame auf bis zu 64 erzielt, womit ein effizienterer Einsatz der verfügbaren Bandbreite ermöglicht wird. Hinzu kommt eine Steigerung der Datenrate über die für Classic CAN definierten (1Mbit/s) hinaus. Es gilt: auch heute noch steigen die Datenraten von CAN FD. Mit den neusten CAN FD SIC Transceivern können bereits 10Mbit/s (bei Nutzung einfacher Bus-Topologien) erreicht werden.

Im Rahmen von CiA Aktivitäten ist zudem das CANopen FD Protokoll entwickelt worden, welches auf dem CAN FD Protokoll basiert. Insbesondere industrielle Anwendungen, wie etwa Bewegungssteuerung in der Automation, profitieren von den gesteigerten Übertragungsraten und größeren Datenblöcken von bis zu 64 Byte.

CAN XL - die 3. CAN Generation

Im Jahr 2018 wurde im Rahmen der CiA unter aktiver Mitarbeit des Fraunhofer IPMS mit ersten Arbeiten zur Entwicklung der dritten Generation CAN-basierter Data-Link-Layer-Protokolle begonnen. Die Arbeiten wurden abermals durch Initiative eines Automobilherstellers (Volkswagen) angeregt. CAN XL bietet eine maximale Nutzlast von 2048 Bytes pro Frame. Mittels eines „Acceptance Fields“ ist es nun möglich, eine Trennung der Prioritätsfunktion (11-Bit-Prioritätsfeld) von der Adress-& Inhaltsfunktion (32-Bit-Akzeptanzfeld) vorzunehmen, welche beispielsweise für den Einsatz in Automotive Anwendungen bedeutsam ist.

Mit einer beabsichtigten Datenrate von bis zu 20Mbit/s sowie dem maximalen Payload von 2048 Bytes erlaubt CAN XL das Tunneln von TCP/IP-Paketen, womit eine deutlich bessere Interoperabilität und darüber eine Öffnung für neuartige Anwendungen erreicht wird. Dennoch können Anwender unter Nutzung von CAN XL auf die Vorteile des klassischen CAN-Protokolls zurückgreifen:

- Arbitrierung verhindert Kollisionen (d.h. verlustlose Priorisierung)
- Robuste Fehlerbehandlung
- Geringe Kosten für Transceiver
- Sehr geringe Kosten für Verkabelung
- Nahezu jede beliebige Topologie bei Verkabelung möglich

CAN XL bringt zudem mit der skalierbaren Nutzdatenlänge (1 bis 2048 Bytes) und der Bitrate (1 Mbit/s bis 20Mbit/s) eine hohe Flexibilität für Protokolle höherer Schichten des OSI Modells und Topologie sowie Montage mit sich.

Das Fraunhofer IPMS war maßgeblich an der Konzeption des neuen Standards beteiligt

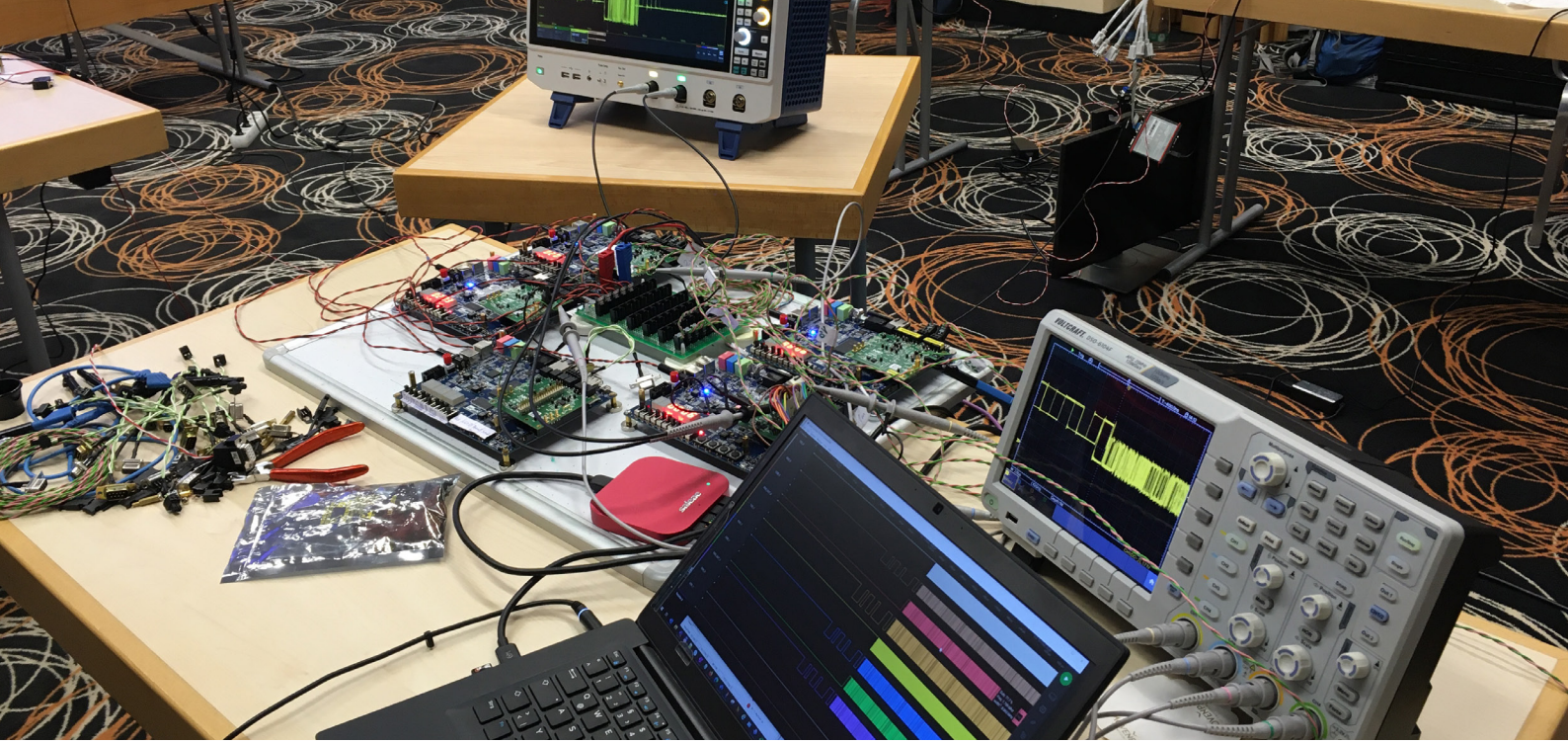


Abbildung 1: IPMS Gesamtsystem kommuniziert während des CAN XL Plugfestes mit 20Mbit/s in einem CAN XL Netzwerk

2. Erfolgreicher Praxistest beim CiA Plugfest

Um die Interoperabilität des eigenen CAN XL Protocol Controller mit weiteren führenden Anbietern zu testen, beteiligt sich das Fraunhofer IPMS regelmäßig an Plugfests. So konnte ein erster Praxistest im Rahmen des CiA Plugfests 2021 erfolgreich abgeschlossen werden. Ein Gesamtsystem bestehend aus Fraunhofer IPMS CAN XL Controller, dem ASIL-D ready zertifizierten Microcontroller IP EMSA5-FS und dem neusten SIC CAN XL Transceiver von NXP konnte während des CAN XL Plugfest mit 20Mbit/s in einem CAN XL Netzwerk kommunizieren.

Die Teilnehmer des CAN XL Plugfestes testeten dabei die Kompatibilität von CAN XL-Protokoll-Controllern mit CAN FD SIC Transceivern nach CiA 601-4 und CiA 610-3 SIC CAN XL Transceivern in verschiedenen Bus-Topologien bei 1 Mbit/s bis 20 Mbit/s und Buslasten bis 100%. Der IPMS CAN-CTRL IP Core passierte dabei all diese Tests problemlos. Darüber hinaus wurden Mechanismen zur Fehlersignalisierung und gemischten Übertragung der drei CAN-Protokollgenerationen Classic CAN, CAN FD, und CAN XL erfolgreich getestet.

CiA hat sich verpflichtet, in naher Zukunft weitere Plugfests zu organisieren, an denen auch das Fraunhofer IPMS im Bereich der Protokollentwicklung maßgeblich mitwirken wird.

3. Anwendungsbeispiel: Automotive Networking Subsystem

Die Vorteile von CAN Bussystemen bieten in Verbindung mit weiteren Protokollen ein breites Anwendungsspektrum. Beispielhaft wird im Folgenden eine Automotive Networking Lösung skizziert – ein Fraunhofer IPMS Automotive Networking Subsystem -, das auf Basis von Fraunhofer IPMS IP Cores kundenspezifisch angepasst werden kann.

Für automobile Bussysteme sind garantierte niedrige Latenzen und teils hohe Bandbreiten bei der Übertragung von Nutzdaten erforderlich. Dabei kommen neue Kommunikationsprotokolle wie CAN-XL oder Ethernet-TSN im Kontext von Automotive Ethernet parallel zu klassischen Protokollen wie CAN-FD, CAN2.0 oder LIN zum Einsatz. Damit alle Vorteile diverser Bussysteme in Automotive Anwendungsszenarien parallel genutzt werden können, wird zudem Bridging- und Interbus-Switching integriert. Gateways erlauben beispielsweise das Bridging von Datenpaketen zwischen CAN XL und Ethernet und vice versa sowie die Integration von Echtzeitstandards wie TSN. Damit können Echtzeitdatenströme aus Powertrain, Chassis, Cabin und Infotainment, die jeweils verschiedene spezifische Anforderungen mitbringen, in effizienten E / E-Architekturen kombiniert werden. Die gezielte Kombination diverser Protokolle ermöglicht so für jeden Kunden eine zugeschnittene anwendungsnahe Lösung.

Ein flexibler Baukasten für Inter-Protokoll Routing von Datenpaketen kann diese Szenarien effizient adressieren. Auf Basis des skalierbaren IPMS TSN-SW Switch IP können so mit kurzen Entwicklungszeiten angepasste Netzwerklösungen für das Automobil oder die industrielle Steuerung bereitgestellt werden.

Abbildung 2 demonstriert ein solches kundenspezifisches Automotive Networking Subsystem, welches neben CAN auch LIN, TSN und den EMSA5-FS Controller für Verwaltungsaufgaben in einem System kombiniert.

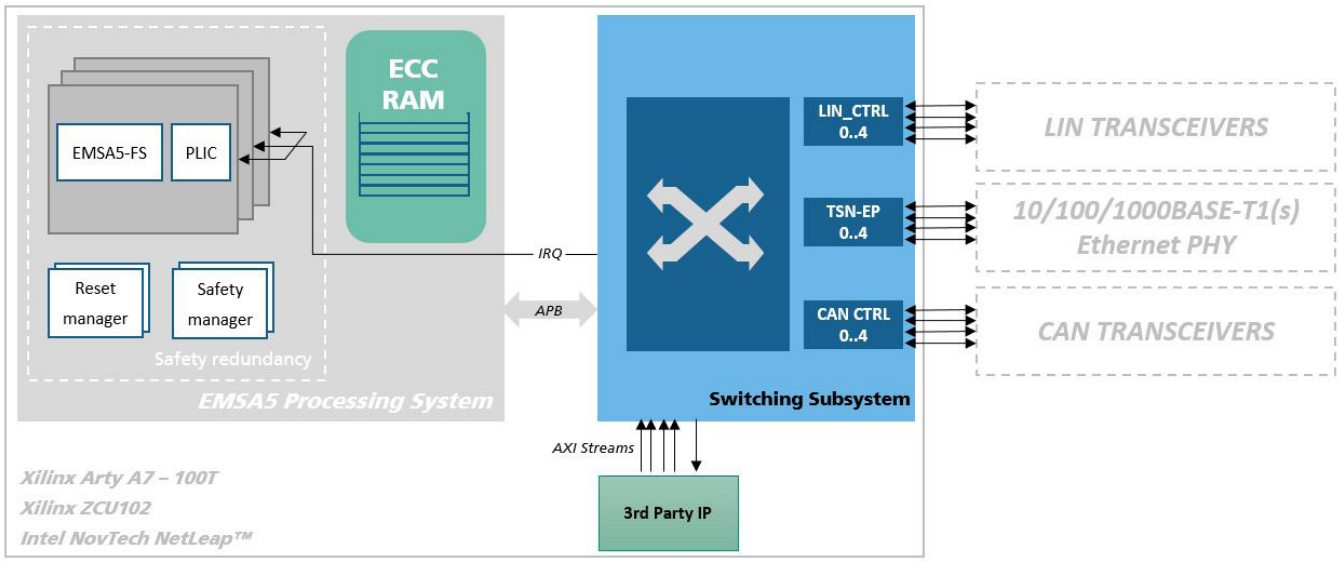


Abbildung 2: kundenspezifisches Multi Protocol Automotive Communication Subsystem des Fraunhofer IPMS

Der Fraunhofer IPMS EMSA5-FS verwendet hier unter anderen den CAN-CTRL IP Core als Peripheriebaustein. Der EMSA5-FS ist ein RISC-V Prozessor für eingebettete funktionale Sicherheit und ist als 32-Bit-Prozessor mit fünfstufiger Pipeline nach der offenen RISC-V Befehlssatzarchitektur (ISA) ausgelegt. Der EMSA5-FS IP Core ist sowohl als Stand-Alone Prozessor als auch als vorkonfiguriertes Subsystem erhältlich. Mit dem fehlertoleranten Design des EMSA5-FS Prozessors und den mitgelieferten Sicherheitsdokumenten können Anwender problemlos eine ISO 26262-Zertifizierung bis zu ASIL-D, dem höchsten Automotive Safety Integrity Level, erreichen. Er eignet sich somit für den Einsatz in funktionell sicheren Systemen im Fahrzeug, Industrie oder Aviation. Im Rahmen spezifischer Kundenentwicklungen stellen wir Ihnen ein Plug&Play System als Basis für komplette Kundensysteme gern bereit.

4. Fazit

Klassische CAN Varianten haben sich seit über drei Jahrzehnten in diversen Anwendungen bewährt. Mit CAN XL steht eine neue Variante des Datenbusses in den Startlöchern, die die Lücke in der Übertragungsrate zwischen signalbasierter Kommunikation und der Automotive Ethernet Technologie schließen soll. Nicht allein auf Grund der Hardwarekosten und hohen Übertragungssicherheit ist CAN XL interessant für alle Anwender, die ihre Entwicklungen auf Basis der bestehenden Architektur weiterführen wollen.

Das Fraunhofer IPMS war maßgeblich an der Konzeption des neuen Standards beteiligt und verfügt über ASIL-D ready Zertifizierungen, die eine Integration von CAN für sicherheitsrelevante Anwendungen erleichtern. Der Fraunhofer IPMS CAN-CTRL IP Core kann beispielsweise als Peripheriebaustein an den ASIL-D ready zertifizierten EMSA5-FS integriert werden. Das Subsystem eignet sich insbesondere für den Einsatz in sicherheitsrelevanten Systemen. Im Rahmen der Analyse individueller Kundenszenarien unterstützen wir Sie gern bei Ihren Überlegungen.

ÜBER DAS FRAUNHOFER IPMS

Das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS steht für angewandte Forschung und Entwicklung in den Bereichen industrielle Fertigung, Medizintechnik und verbesserte Lebensqualität. Unsere Forschungsschwerpunkte sind miniaturisierte Sensoren und Aktoren, integrierte Schaltungen, drahtlose und drahtgebundene Datenkommunikation sowie kundenspezifische MEMS-Systeme.

Das Fraunhofer IPMS verfügt über jahrelange Erfahrung im Entwurf und Design von IP-Cores zur automobilen Kommunikation und verfügt über eine Familie von TSN-IP-Cores. Weltweit nutzen viele Anwender die IP-Cores des Fraunhofer IPMS unter anderem in den Branchen Automotive, Aerospace und Automatisierung. Das multidisziplinäre IP-Designteam des Fraunhofer IPMS mit Fachwissen von Computerarchitekturen, Netzwerkstrukturen über RTL-Design bis hin zur Implementierung elektronischer Systeme steht auch als kompetenter Entwicklungspartner für anwendungsspezifische Anpassungen der IP-Cores sowie deren Integration in komplexe Netzwerkarchitekturen zur Verfügung.

Kontakt

Stephan Kube
0351 88 23-1211
stephan.kube@ipms.fraunhofer.de

Fraunhofer IPMS
Maria-Reiche-Str. 2
01109 Dresden
www.ipms.fraunhofer.de