

Effizienter Zugriff auf den FlexRay-Bus



Busspezifische Hardware für Analyse und Simulation

In allen Entwicklungsphasen der Automobilelektronik sind PC-Schnittstellen unverzichtbare Hilfsmittel für den Zugang zum Busgeschehen. Mit der aktuellen Einführung des FlexRay-Busses sehen sich Hersteller und Zulieferer mit besonders komplexen Herausforderungen konfrontiert. Ungleich mehr als beim CAN-Bus ist hier eine hohe Leistungsfähigkeit der Hardware Voraussetzung dafür, dass in allen Situationen ein zuverlässiger Betrieb möglich ist und die Software-Tools für Simulation und Analyse ihr Potential vollständig nutzen können.

Von Carsten Böke, Alfred Kless und Martin Goßner

Für die verschiedenen Aufgaben der FlexRay-Entwicklung und die zugehörigen Tests werden sowohl Schnittstellen für stationäre PCs als auch für mobile Notebooks benötigt (Bild 1). In beiden Fällen

müssen sie den speziellen Anforderungen bei Simulation, Analyse, Kalibrierung und Test gerecht werden. So bemerkt ein Standard-Controller für ein Steuergerät zwar, dass ein Fehler vorliegt, liefert aber keinerlei Informatio-

nen über die Hintergründe. Für eine qualifizierte Analyse benötigt der Entwickler neben den FlexRay-Botschaften und -Signalen genaue Zeitstempel, umfassende Informationen und detaillierte Aufschlüsselungen über sämtliche Zustände von Bus und Schnittstellen. Im Vergleich zu den bisherigen Bussystemen sind die Anforderungen bei FlexRay deutlich gestiegen.

Da FlexRay nicht ereignis-, sondern zeitgesteuert arbeitet, ist eine Synchronisation aller Busteilnehmer erforderlich. Sendezeitpunkte sind durch das zyklische Zeitschlitzverfahren TDMA (Time Division Multiple Access) exakt vorgegeben.

FlexRay-Schnittstellen für alle Anforderungen

Eine neue Generation von FlexRay-Schnittstellen liefert für alle in der Praxis auftretenden Situationen die passenden Lösungen. Insbesondere wurde bei der Entwicklung Wert auf hohe Zukunftssicherheit gelegt. In diesem Sinne können beispielsweise Neuerungen beim FlexRay-Standard durch die FPGA-Technologie (Field Programmable Gate Array) vom Kunden durch Treiber-Updates selbst eingespielt werden.

Die FlexRay-Schnittstellen von Vector Informatik verhalten sich einerseits konform zum Standard und sind durch ihre zusätzliche FPGA-Logik andererseits in der Lage, alle denkbaren Busereignisse zu protokollieren. Sie erfassen 100 % des Busverkehrs beider FlexRay-Kanäle. Das Herz-



I Bild 1. Hardware-Schnittstellen müssen auch bei mobilen FlexRay-Anwendungen einsatzfähig sein.

(Bildquellen: Vector Informatik GmbH)

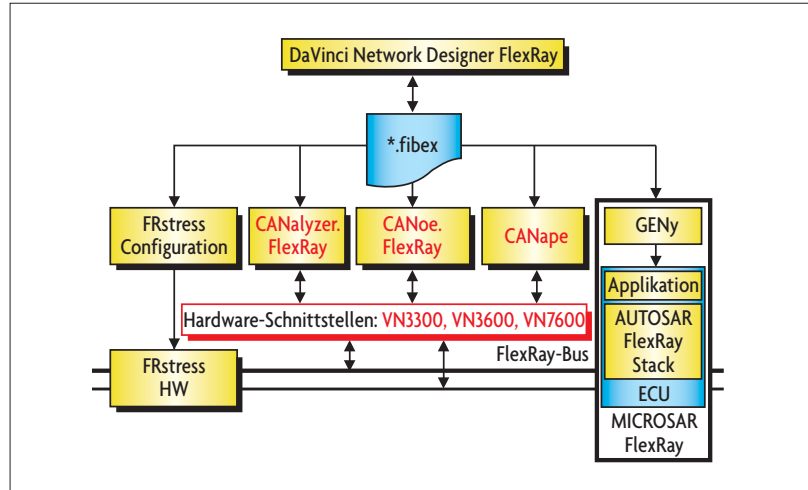
stück, ein Intel-Mikrocontroller PXA270 samt 8 Mbyte RAM, wird von den FlexRay-Communication-Controllern E-Ray (Bosch) und MB88121B (Fujitsu) unterstützt. Als Steckmodule austauschbare, galvanisch getrennte Bus-Transceiver verleihen sie Flexibilität hinsichtlich künftiger Anforderungen an den physikalischen Buszugang.

■ Optimiert für die Analyse

Insgesamt wurden die Schnittstellen auf eine bestmögliche Zusammenarbeit mit den Simulations- und Analyse-Tools CANoe, CANalyzer sowie dem Mess- und Kalibrier-Tool CANape optimiert (Bild 2). Die Schnittstellen erfassen nicht nur alle Busaktivitäten und puffern sie bei Bedarf, sondern leiten sämtliche Informationen auch an den Host weiter. Anders als bei Controllern für Steuergeräte, ist das Controller-Host-Interface so konzipiert, dass es sämtliche Daten-, Null- und Fehler-Frames sowie Symbole einschließlich der zugehörigen Zeitstempel erfasst und an die Software-Tools weiterreicht. Nur so sind Entwickler in der Lage, fehlerhafte Daten zu analysieren, sinnvoll zu interpretieren und damit Fehlerursachen systematisch aufzuspüren. Falls keine FlexRay-Synchronisation zustande kommt oder keine FIBEX-Datenbank mit den TDMA-Parametern zur Verfügung steht, ist eine asynchrone Busanalyse möglich. Das heißt, dass man nur lesend das Geschehen verfolgen und protokollieren kann. In diesem Modus lässt sich auch die Startup-Phase eines FlexRay-Netzwerks beobachten. Das Mess- und Kalibrier-Tool CANape versetzt Entwickler in die Lage, über das standardisierte XCP-on-FlexRay-Protokoll auf steuergeräteinterne Parameter zuzugreifen. In diesem Fall unterstützt die FlexRay-Hardware die Resynchronisation der FlexRay-Schnittstelle, wenn der Busverkehr unterbrochen wurde.

■ Maximaler Sendedurchsatz für Simulationen

Nochmals deutlich höhere Anforderungen als beim Analysebetrieb ergeben sich durch Simulationen von Steuergeräten auf dem PC, beispiels-



! Bild 2. Hardware-Schnittstellen für die komplette FlexRay-Werkzeugkette: Analyse, Simulation, Test und Software-Module sowie physikalische Erzeugung von Busstörungen.

weise mit CANoe. Da auf einem entsprechend schnellen Rechner mehrere Steuergeräte gleichzeitig simuliert werden können, muss auch die Schnittstelle den erhöhten Datendurchsatz unter Beachtung aller Timing-Vorgaben bewältigen. Eine parallele Simulation von zehn und mehr Steuergeräten ist durchaus realistisch. Bemerkenswert ist, dass dazu eine einzige der neuen FlexRay-Schnittstellen ausreicht. Dies ist durch den auf 2 Mbyte erweiterten Sendepuffer möglich, der über 1000 unabhängige Sendebotschaften fasst. Bisherige Lösungen verfügten typischerweise nur über 8 Kbyte Sendepuffer.

Für kleine bis mittelgroße Projekte mit Echtzeit-Anforderungen – beispielsweise Hardware-in-the-Loop-Simulationen – gibt es die besonders geeignete CANoe-RT-Plattform (Bild 3). Sie separiert die Visualisierungs- und Bedienfunktionen von der Echtzeit-Simulation. Die Simulation wird auf einem separaten Rechner unter Windows XP Embedded störungsfrei ausgeführt, wodurch verlässliche Updates zu den Sen-

dezeitpunkten garantiert sind. Für diesen RT-Box oder RT-Rack genannten Rechner kommt nur ein schnelles PCI-Interface wie das VN3300 in Frage.

Für minimale Antwortzeiten und ein deterministisches Zeitverhalten der

Applikation sind kurze Latenzzeiten und ein minimaler Jitter unabdingbar. Zu den eigentlichen Berechnungen der Applikation addieren sich die Zeiten für die Transportvorgänge durch verschiedenste Kommunikationsschichten.

Um dennoch eine geringe PC-Lastung zu erreichen, wurde DMA (Direct Memory Access) in die FlexRay-Hardware implementiert. DMA erlaubt hohe Übertragungsraten und entlastet gleichzeitig den Hauptprozessor bzw. stellt diesem mehr Zeit für Berechnungen zur Verfügung. Die Latenzzeiten

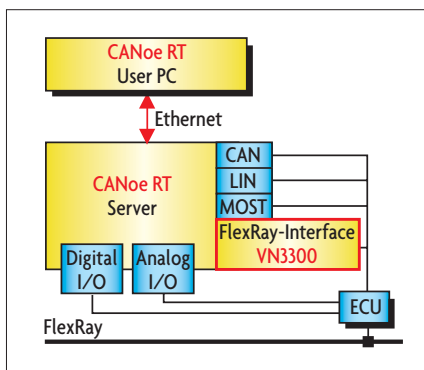


Bild 3. Hohen Anforderungen wird die echtzeitfähige und deterministische Ausführungsplattform CANoe RT gerecht.

wurden – wie schon bei den CAN-Schnittstellen der Vector Informatik – optimiert. Die kleinsten Latenzzeiten sind systembedingt mit den PCI-Schnittstellen erreichbar.

Intelligente Zusatzfunktionen für den Entwickler-Alltag

Erfahrungen und Kundenanforderungen aus zahlreichen FlexRay-Projekten haben die Entwickler bei Vector dazu bewegt, eine Reihe weiterer wichtiger Funktionen in die FlexRay-Schnittstellen zu integrieren: Hardware-Unterstützung für PDUs (Protocol Data Units), automatisch inkrementierende Botschaftszähler, Simulation inaktiver Steuergeräte, Gruppen-Updates sowie die Möglichkeit eines selbstständigen Busstarts.

Um die Transportschicht von den Anwendungen zu entkoppeln, hat man in den aktuellsten FlexRay-Netzwerken PDUs eingeführt, anstatt direkt mit den entsprechenden busspezifischen Datencontainern zu arbeiten. In einem

FlexRay-Frame können mehrere solcher logischen PDUs liegen. Dabei ist für jede PDU eine Zusatzinformation notwendig, ob der Inhalt für den aktuellen Zyklus gültig ist oder nicht. Ein und dieselbe PDU kann dabei zusätzlich noch in mehreren Frames definiert sein.

Das PDU-Konzept erhöht die Flexibilität und die einfache Wiederverwendbarkeit der Applikation, hat aber den Nachteil, dass deutlich mehr Rechenaufwand für die Generierung und Decodierung der FlexRay-Frames erforderlich ist. Leistungsfähige FlexRay-Schnittstellen kompensieren diesen Nachteil, indem sie das Multiplexing und Demultiplexing der PDUs in und aus den Frames hardware-seitig übernehmen.

Das hardware-basierte Inkrementieren eines Payload-Bereiches dient dazu, ein Lebenszeichen des Senders verlässlich zu simulieren. Denn sollte dieses in einer software-basierten Simulation nicht zuverlässig generiert werden, dann verwirft der Empfänger das Signal oder schaltet sich sogar ab. Die intelligente Hardware verhindert dies durch wiederholtes Verschicken der alten Signal-Werte mit inkrementiertem Zähler und signalisiert dadurch verlässlich, dass das sendende Gerät noch „lebt“.

Zweiter Startup-Controller zum Hochfahren integriert

Die Simulation inaktiver Steuergeräte ermöglicht im Nachhinein das Löschen und Ergänzen von zu sendenden Frames, auch wenn man sie beim Startup noch nicht definiert hatte. Die Bus-Transceiver können inaktiv geschaltet werden (Sleep-Mode) und dennoch Wakeup-Pattern jederzeit erkennen. Die Bus-Transceiver können natürlich auch aktiv ein Wakeup durchführen.

Wenn zusammengehörige Daten nicht in einen FlexRay-Slot passen, ist die konsistente Übertragung in zwei Frames des gleichen Zyklus möglicherweise gefährdet. Abhilfe schafft hier ein „Gruppen-Update“, das zusammengehörige Frames immer nur gemeinsam versendet.

Zum Hochfahren eines FlexRay-Clusters benötigt man mindestens zwei

Steuergeräte, die einen Startup durchführen. Nun gibt es aber Steuergeräte, die sich immer erst nach einem erfolgreichen externen Startup in die Kommunikation integrieren und folglich nicht startup-fähig sind. Hat man für die Messung oder Simulation nur solche Geräte in einem Netzstrang, ließe sich das Bussystem mangels startfähiger Teilnehmer nicht hochfahren. In allen FlexRay-Schnittstellen wurde deshalb ein zweiter Communication- bzw. Startup-Controller integriert.

Ankopplung eigener Applikationen an die Hardware

Mit den FlexRay-Schnittstellen der neuen Generation bietet Vector Informatik für die wichtigsten PC-Plattformen und Schnittstellen-Typen leistungsfähige Hardware-Lösungen, die insbesondere auf die Anforderungen in Simulation, Analyse, Kalibrierung und Test zugeschnitten sind (Bild 4). Die Stärken der USB-Varianten VN3600 und VN7600 liegen im mobilen Bereich. Sie eignen sich zur Analyse und für einfache Simulationen, während die PCI-Karte VN3300 für komplexe Simulationen von mehreren Steuergeräten unter Echtzeit-Vorgaben prädestiniert ist. FlexRay-Busse kommen derzeit vorwiegend zusammen mit vor-



Dr. rer. nat. Carsten Böke

studierte Informatik an der Universität Paderborn. Von 1995 bis 2004 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter im Heinz Nixdorf Institut, Fachgebiet Entwurf Paralleler Systeme. Dort beschäftigte er sich hauptsächlich mit der automatischen Konfigurierung von eingebetteten Kommunikationssystemen. Seit 2004 ist er Senior Software Development Engineer bei der Vector Informatik GmbH und entwickelt dort Werkzeuge für die Bus-Analyse und Bus-Simulation von FlexRay-Systemen.
carsten.boeke@vector-informatik.de



Bild 4. Den hohen Anforderungen des FlexRay-Busses an die Busschnittstelle werden die VN-Interfaces von Vector gerecht. Die USB-Varianten VN3600/VN7600 eignen sich für mobile Anwendungen, Analysen und einfache Simulationen. Komplexe Simulationen von mehreren Steuergeräten unter Echtzeit-Vorgaben unterstützt die PCI-Variante VN3300.

handenen CAN-Netzwerken zum Einsatz. Diesem Umstand wird das FlexRay/CAN-USB-Interface VN7600 mit zwei FlexRay- und drei CAN-Kanälen in einem Gerät gerecht. Entwickler von FlexRay/CAN-Anwendungen profitieren bei Busanalysen und Simulationen vom gleichzeitigen Zugriff auf beide Bussysteme mit nur einem Hardware-Modul. Die kombinierte Hardware-Lösung für FlexRay und CAN

möglicht eigenen Applikationen den Zugriff auf die Vector-FlexRay-Hardware. Für erweiterte Funktionen ist die „Advanced FlexRay Driver Library“ erhältlich. Mit ihr greift der Entwickler auf erweiterte Funktionen der Schnittstellen zu – beispielsweise auf den zweiten Communication-Controller, den erweiterten Sendepuffer und das automatische Payload-Inkrement.

go



**Dipl.-Ing. (FH)
Alfred Kless**

studierte Elektrotechnik an der Fachhochschule Esslingen. Von 1991 bis 2004 arbeitete er im Bereich Testsystementwicklung bei der Firma Alcatel. Seit 2004 ist er als Business Development Manager bei Vector Informatik für die Produktlinien „Network Interfaces“ und „Measurement and Calibration“ zuständig.
alfred.kless@vector-informatik.de



**Dipl.-Ing. (FH)
Martin Goßner**

studierte Technische Informatik an der Fachhochschule Ulm. Seit 1998 ist er für die Vector Informatik GmbH im Bereich „Network Interfaces“ tätig und seit 2000 Teamleiter für die Treiber- und Firmware-Entwicklung. Als Produktmanager ist er für die Vector FlexRay Interfaces verantwortlich.
martin.gossner@vector-informatik.de