

MIKROCONTROLLER-MESSTECHNIK

# ECU-Messkonzept für höchste Datenraten

Die bisherigen Methoden zum Messen, Kalibrieren und Flashen stoßen bei der Entwicklung komplexer Steuergeräteeinheiten wegen des benötigten Datendurchsatzes zunehmend an ihre Grenzen. Vor diesem Hintergrund war die Entwicklung eines neuen Fernbereichsradarsensors bei der Robert Bosch GmbH für Vector Informatik der Anlass, ein leistungsfähigeres und insbesondere auch zukunftsfähiges Messkonzept für die nächsten Steuergeräteeinheiten zu entwickeln.

Der Fernbereichsradarsensor LRR3 (Long-Range Radar) von Bosch auf 77-GHz-Basis ist der „Tast-sinn“ vieler Sicherheits- und Fahrerassistenzsysteme. Dazu gehören unter anderem die verschiedenen Varianten der vorausschauenden Sicherheitssysteme (Predictive Safety Systems, kurz PSS) oder der adaptive Tempomat (Adaptive Cruise Control, kurz ACC). Der große Erfassungsbereich von 250 Metern, ein breiter Öffnungswinkel mit bis zu 45° und ein günstiger Preis kombiniert mit einem erweiterten Einsatzbereich in Fahrzeugen der Mittelklasse und in Nutzfahrzeugen zeichnen den seit Anfang 2009 im Serieneinsatz befindlichen kleinsten Radarsensor für den Automobilbereich

aus. Die Entwicklung stellte die Bosch-Ingenieure hinsichtlich der Mess- und Kalibrieraufgaben vor erhebliche Herausforderungen: Neben Möglichkeiten zum Messen und Aufzeichnen von Daten sind effiziente Methoden zum Applizieren (Kalibrieren), zum Flashen sowie für Bypassing unverzichtbar. Bei allen diesen Anwendungen stehen höchste Übertragungsraten bei gleichzeitig geringen Latenzzeiten im Vordergrund.

Aus technischer Sicht sind ein modularer Aufbau des Messsystems sowie die Verwendung einer standardisierten PC-Schnittstelle sinnvoll. Dabei ermöglicht eine seriensteuergerätenahe Entwicklung später den einfachen Übergang von der Entwicklung zur Serie. Zum fehlerfreien Erfas-





**Bild 1:** Das VX1000-System zeichnet sich durch besonders hohe Messdatenraten bei sehr geringer Software-Anpassung und Steuergerätauflaufzeit-Beeinflussung aus.

© automotive

Interface, mit dem immer mehr moderne Mikroprozessoren zu Debugging-Zwecken ausgestattet sind. Das ist im konkreten Fall ein standardisiertes Nexus Class 3 Interface, welches jede Änderung im Steuergerätespeicher mit minimaler Prozessorbelastung nach außen kommuniziert.

Der Grundgedanke des Konzepts basiert darauf, die Daten vom Steuergerät über die Debug-Schnittstelle zu erfassen und an einen externen Messadapter mit Hilfe eines speziellen Hochgeschwindigkeitskabels weiterzuleiten. Die Daten werden hierbei über ein eigenes Protokoll seriell übertragen. Von dem externen Messadapter

sen der hohen Anzahl von bis zu 100.000 Messsignalen ist eine Datenrate von mindestens 4 MB/s bei möglichst geringer Prozessorbeeinflussung erforderlich.

Bei den bestehenden Lösungen über die standardisierten Mess- und Kalibrierprotokolle CCP oder XCP on CAN, FlexRay, JTAG oder SPI ist ein im Steuergerät integrierter Treiber für das zyklische Lesen, Kopieren und Versenden der gewünschten Signalwerte verantwortlich. Entsprechend der zu messenden Datenmenge benötigt der Treiber Hauptspeicher- und Prozessorressourcen, die nur in begrenztem Maße zur Verfügung stehen. Zusätzlich entsteht auf dem Datenbus eine erhöhte Belastung, die sich negativ auf die Laufzeit der Steuergerätesoftware auswirkt. Die Messdatenraten reichen dabei von 50 KB/s bei CAN bis hin zu maximalen Werten von 400 KB/s bei FlexRay, JTAG und SPI (siehe **Tabelle 1**).

**Leistungsfähige Debug-Schnittstelle des Mikrocontrollers**

Bosch hat daher in Zusammenarbeit mit Spezialisten von Vector Informatik ein neues Mess- und Kalibriersystem konzipiert. Es nutzt als Messschnittstelle das Data Trace

lassen sich die eigentlichen Messdaten unabhängig vom Steuergerät über das standardisierte Protokoll XCP on Ethernet zur Anwendung auf den PC übertragen.

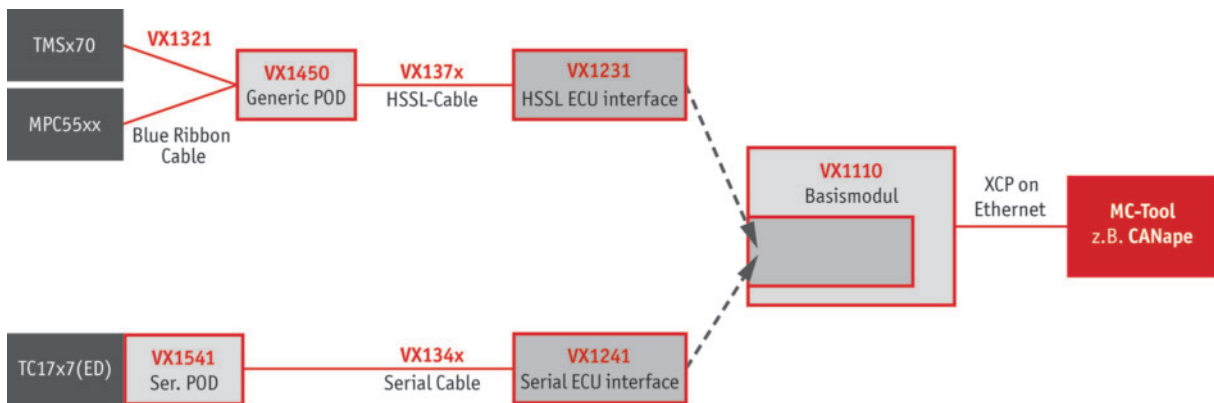
Beim realisierten Projekt wird die Schnittstelle am Steuergerät über ein Plug-on-Device (POD) hergestellt. Dieser POD ist besonders kompakt und kann einfach an das Steuergerät angebaut werden. Der POD beinhaltet dabei die komplette, zum Erfassen und Versenden von Messdaten notwendige, Elektronik. Um einen fehlerfreien Betrieb zu gewährleisten, erfüllt der POD die gleichen mechanischen und elektronischen Umwelthanforderungen wie das zugehörige Steuergerät. Dies ermöglicht den Verbau auch an kritischen Stellen im Motorraum, was für die Entwicklung bei Bosch zwingend notwendig ist.

**Messadapter mit Spiegelspeicher**

Der POD ist über eine HSSL-Verbindung (High Speed Serial Link) mit bis zu 5 Metern Länge an das Grundgerät VX1110 (Messadapter) des von Vector entwickelten modularen VX1000-Systems angeschlossen (**Bild 1**). Das Grundgerät besteht im Wesentlichen aus einem FIFO-Speicher, einem Dual-Port-RAM (DPRAM) und einer XCP-Engine mit

ECU Interface	ECU Software-Änderung	ECU RAM-Bedarf	Messdatenrate	ECU-Laufzeit-Beeinflussung	Bypass-Latenzzeit
CCP/XCP on CAN	CCP/XCP-Treiber-Software	1-2 kB	50 kB/s	mittel	hoch
XCP on FlexRay	XCP-Treiber-Software	2-16 kB	50-400 kB/s	groß	mittel
XCP on JTAG/SPI	Tabellen für DAQ-Transfer über Software	4-16 kB	200-400 kB/s	groß	mittel
Datentrace VX1000	gering	keine	5.000 kB/s	sehr gering	gering

**Tabelle 1:** Vergleich der verschiedenen Konzepte zur Messdatenerfassung.



**Bild 2: Hohe Flexibilität bei Mess- und Kalibrieraufgaben ist durch den modularen Aufbau mit Basisgerät, Steuergeräte-Schnittstelle, Kabeln und POD gegeben.**

© automotive

ebenfalls eigenem RAM. Über die HSSL-Verbindung werden die Schreibzugriffe auf die Daten innerhalb der zwei frei definierbaren Speicherbereiche über die Debug-Schnittstelle in die FIFO im Grundgerät übertragen. Dort erfolgt die Weiterverarbeitung und das Schreiben in den DPRAM. Da die Daten aus logischer Sicht identisch zum Steuergerät abgelegt werden, entsteht so im DPRAM ein stets aktuelles Abbild der Daten entsprechend der Speicherbereiche im Steuergerät. Der entscheidende Punkt an diesem Konzept ist, dass nun alle Messvorgänge über den Spiegelspeicher erfolgen. Um eine Messung und damit den Datenversand auszulösen, genügt es, dass das Steuergerät an eine vordefinierte Speicheradresse eine Eventnummer schreibt, welche den zu messenden Daten zugeordnet ist. Genau zu diesem Zeitpunkt wird gleichzeitig die Verbindung zwischen FIFO und DPRAM getrennt und damit das Speicherabbild zum Triggerzeitpunkt „eingefroren“. Damit bleiben die zu messenden Daten für die Messdauer konstant. Die XCP Engine verarbeitet die Daten nun entsprechend des Protokolls.

Für die XCP-on-Ethernet-Verbindung zwischen Messadapter VX1100 und dem Mess- und Kalibrier-Tool auf dem PC ist eine Übertragungsrate von bis zu 5 MB/s realisiert. Um eine absolut fehlerfreie Datenübertragung durch den Motorraum zu gewährleisten, kommt ein besonders robustes, temperaturbeständiges HSSL-Kabel zum Einsatz. Ein Retransmission-Protokoll sorgt im Falle von Übertragungsfehlern für die schnelle Wiederholung von Datenpaketen. Ein Blick auf die Fähigkeiten zeigt, dass sich der Aufwand mehr als lohnt: Das VX1000-Messsystem überzeugt mit einer Messdatenrate von bis zu 5 MB/s, ermöglicht eine Schreibrate von etwa 1 MB/s und bewältigt die 100.000 Signale der Bosch-Anwendung problemlos. Die Genauigkeit der Zeitstempel liegt bei 1 Mikrosekunde, während Bypass-Turnaround-Zeiten von 300 Mikrosekunden erreicht werden.

## Von Laborsimulationen bis zum Rapid-Prototyping

Mit diesen Eigenschaften eignet sich das System für die beiden Haupteinsatzfälle bei Bosch. Das ist zum einen die bitgenaue Nachsimulation im Labor, bei der z. B. bestimmte Szenarien in die Simulation eingespeist werden, ohne dass reale Fahrten notwendig sind. Die zweite Anwendung, das Bypassing, dient der Ausführung und dem Testen von Funktionen außerhalb des Steuergerätes. Das beschriebene Messsystem erfüllt alle für die LRR-Entwicklung notwendigen Anforderungen, so dass es inzwischen für weitere Projekte im Hause Bosch eingesetzt wird. Verglichen mit klassischen Messprinzipien bietet die VX1000-Lösung in allen Disziplinen eine um Faktor 10 bis 100 höhere Leistungsfähigkeit. Auch der Einfluss von Messungen auf das Steuergerät liegt mit einer CPU-Belastung von kleiner 1% deutlich unter den sonst üblichen Werten. Durch den modularen Aufbau des VX1000-Systems ist die Wiederverwendung der Messtechniklösung bei Nachfolgeprojekten, auch beim Einsatz anderer Mikrocontroller, kostengünstig gewährleistet.

## Für jede Messdatenrate die passende Lösung

Mit dem VX1000 System rundet Vector seine Familie von Mess- und Kalibrierwerkzeugen leistungsmäßig nach oben ab. Durch die hohen Messdatenraten erfüllt sie im Bosch-Projekt alle Erwartungen. Neben der guten Kooperation der beiden Unternehmen trägt zu dem erfolgreichen Projektabschluss nicht zuletzt das Mess-, Kalibrier- und Diagnosewerkzeug CANape einen wesentlichen Anteil bei. Das Haupteinsatzgebiet von CANape liegt in der Parametrierung von Steuergeräten. Für die Entwicklung und Optimierung von Fahrerassistenzsystemen wie ACC ist insbesondere die CANape Option Advanced Multimedia interessant. Sie ermöglicht unter anderem eine perspektivische

Darstellung der vom System erkannten Objekte im zeit-synchron aufgezeichneten Videobild und damit die zuverlässige Verifikation der Objekterkennungsalgorithmen.

### Weitere Anwendungsmöglichkeiten

Durch den Einsatz des standardisierten XCP-on-Ethernet-Protokolls lässt sich die VX1000-Familie auch mit anderen Mess- und Kalibrier-Tools verwenden. Bei Mess- und Verstellaufgaben im Motorraum ist VX1000 weniger als Produkt von der Stange zu betrachten, da es aufgrund der harten Umgebungsbedingungen und des begrenzten Einbauplatzes in der Regel einer individuellen Anpassung des Steuergeräteanschlusses bedarf. Im Rahmen einer Projektarbeit erarbeitet Vector im engen Dialog mit seinen Kunden hier eine individuelle Lösung. Unterstützt werden aktuell neben dem Freescale PowerPC der Texas Instruments TMS570-Controller sowie die Infineon TriCore Prozessoren mit DAP-Schnittstelle, welche in Motorsteuergeräten weit verbreitet sind (**Bild 2**). DAP ermöglicht eine kostengünstige Lösung über eine via Steckverbindung an das Steuergerät angeschlossene Miniplatine. Mit dem Mess- und Kalibriersystem sind Zykluszeiten von 50 Mikrosekunden möglich. Diese Anforderungen bestehen beispielsweise bei der Entwicklung von Fahrzeugen mit Elektro-/Hybridantrieben. Durch die Akzeptanz des VX1000-Systems bei Fahrzeugherstellern und Zulieferern gibt es in naher Zukunft etliche Erweiterungen und Neuheiten. Unter anderem ist die Unterstützung weiterer Prozessoren geplant. So kommen mittlerweile namhafte Halbleiterhersteller auf Vector zu, um sich Empfehlungen für die Anpassung ihrer Prozessorarchitekturen in Richtung optimaler Messfunktionalität zu holen. (oe)



**Dipl.-Ing. (FH) Andreas Riedl** ist als Projektleiter für Motorsteuergeräte im internationalen Umfeld bei der Robert Bosch GmbH tätig.



**Dipl.-Ing. (FH) Alfred Kless** ist seit 2004 als Business Development Manager bei der Vector Informatik GmbH für die Produktlinien „Network Interfaces“ und „Measurement and Calibration“ zuständig.

@ Vector Informatik  
www.vector.com

### Literaturhinweise:

- [1] XCP-Protokoll:  
www.asam.net
- [2] Vorträge von Riedl, A. und Kless, A. auf dem Vector Congress 2008. Download  
www.vector.com/veco08