



MOBILES MESSNETZWERK ZUR ANALYSE DER FAHRZEUG- UND REIFENDYNAMIK

Labview in der Radnabe

Regelmäßig jedes Frühjahr, nach den großen Messen in Genf und Detroit, schicken die Autobauer ihre neuesten Modelle ins Rennen. Zur selben Zeit kommen durchgestylte Reifen auf den Markt – die jedoch zuvor auf Herz und Nieren sind. Dies ist die Aufgabe einer mobilen Messeinrichtung, die anhand präziser Drehzahl- erfassung in allen vier Rädern die Fahrdynamik untersuchen soll.

MARCO SCHMID

Der Zeitrahmen des Entwicklungsprojekts war auf vier Monate festgelegt. Es galt, anwendungsspe-

zifische Sensorsignale, wie Raddrehzahl, zwei flexibel definierbare Sensoreingänge, 3D-Beschleunigung, 3D-Drehrate und Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs mit GPS-Datum und Zeitstempel zu verknüp-

fen, live auf einem Display anzuzeigen und synchronisiert auf mobilen Speichermedien abzulegen (Bild 1). Gleichzeitig sollten die Prozessdaten über eine analoge Telemetrie-Einrichtung in Echtzeit an eine Recheneinheit kommuniziert werden. Für eine spätere Phase ist vorgesehen, sie drahtlos an ein Tablet zu senden und mit dem fahrzeuginternen CAN-System zu verbinden.

Anhand der Sensordaten und der daraus abgeleiteten Messgrößen lassen sich verschiedene Modelle zur Qualität der Fahrdynamik erstellen. Wichtig im Zusammenhang mit dem seit November 2012 verbindlichen Reifenlabel (siehe **Online-Service** am Artikelende) sind Messungen zum Charakterisieren der Kraftstoffeffizienz, der Nasshaftung und des externen Rollgeräuschs der Reifen. Weiterhin sind

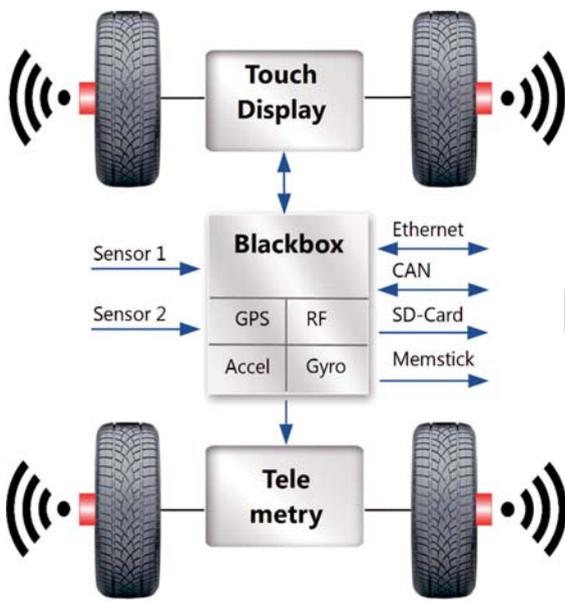
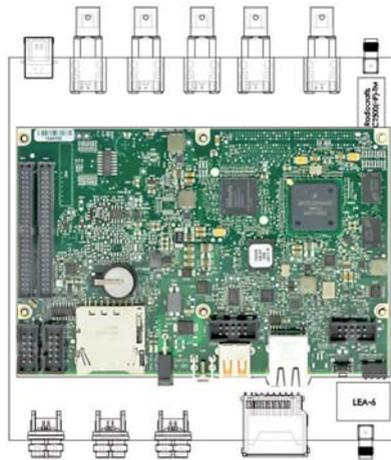
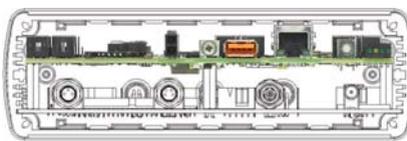


Bild 1. Drehzahlsensoren in den Radnaben senden ihre Daten an eine Blackbox (unten rechts) mit Touchdisplay (oben rechts), Datenspeicher und Telemetrie-Interface

Anwendungen wie die Leistungsmessung an Motoren bei Lastwagen im Bergbau, Geschwindigkeitstest von 600-PS-Polizeifahrzeugen, das Messen von Extrembeschleunigungen in Kurven beim Motorsport und das Blockieren der Räder beim Bremsen vorgesehen.

Drahtlose Drehzahlmessung im rotierenden Rad

Die individuelle Raddrehzahl zwischen 50 und 2800 min⁻¹ als wichtigste Messgröße im Netzwerk wird in miniaturisierten, wasserdichten und vibrationsresistenten Drehzahlsensoren erfasst (Titelbild). Sie werden dort befestigt, wo die Drehzahlmessung erfolgen soll: im Zentrum der Felge. Mit der erreichbaren Messgenauigkeit von 0,1 mHz bei einer Frequenz von 20 Hz gehört dieses Verfahren derzeit zu den genauesten, um die Winkelgeschwindigkeit an einem rotierenden Körper zu erfassen. Die Sensoren werden nacheinander in jeder Radnabe montiert und eingeschaltet. Anschließend suchen sie über Funk bei 2,4 GHz einen Verbindungskanal zur Blackbox, wo ihre ID der jeweils realen Position am Fahrzeug zugeordnet wird. Im Messbetrieb senden sie die Drehzahldaten, kombiniert mit ID und Batteriezustand, in einem 10-Hz-Takt an die Blackbox. Die Energieversorgung für



2

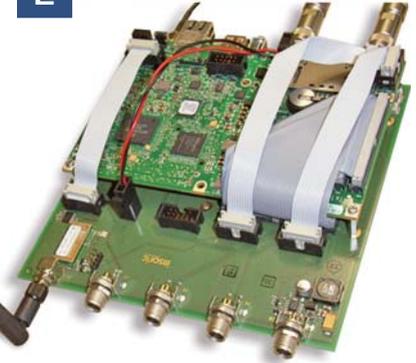


Bild 2. Ein applikationsspezifisches Baseboard ist das Bindeglied zwischen dem standardisierten Single-Board RIO, dem Gehäuse und den Steckern für die externe Sensorik und Kommunikation

den Stand-by- (120 mAh) und den Messbetrieb (240 mAh) erfolgt über handelsübliche AAA-Akkuzellen.

Plug-in-Messrechner auf spezifischer Hardware

Vier mobile Drehzahlsensoren übertragen ihre Daten kontinuierlich an eine Blackbox im Fahrzeuginnern (in Bild 1 rechts unten; Bild 2). Diese ist mit analogen Sensor-

eingängen, einer Analogschnittstelle zu einem Telemetrie-System, einem internen (SSD) und externem Datenspeicher (Memorystick, SD-Karte) sowie mit verschiedenen Datenschnittstellen ausgestattet. Die interne Sechs-DoF-Referenz (Degrees of Freedom, Freiheitsgrade) umfasst Beschleunigungen in den drei Raumrichtungen sowie die Nick-, Gier- und Rollrate. Die Positionsdaten, die daraus abgeleitete Geschwindigkeit und den globalen Timing-Impuls zur Synchronisierung mit der Rechenzentrale liefert das integrierte GPS-Modul. Die Versorgung erfolgt über die fahrzeuginterne Bordspannung (Zigarettenanzünder).

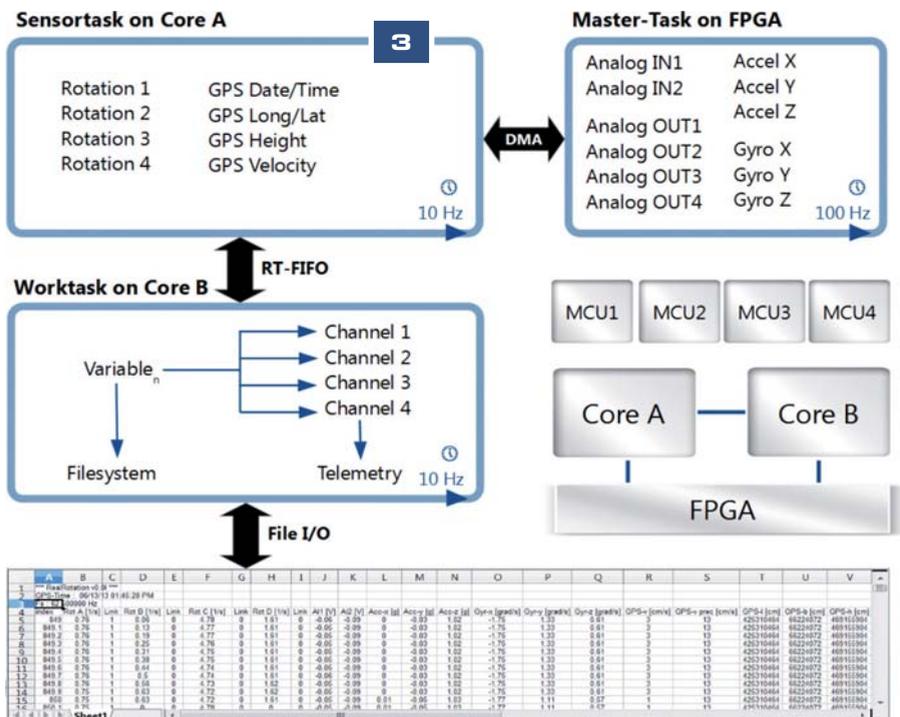


Bild 3. Vier synchronisierte Tasks, verteilt auf drei Plattformen, sorgen für das Erfassen, Verarbeiten, Visualisieren, Speichern und Kommunizieren der Sensordaten und der abgeleiteten Messgrößen

KONTAKT

Schmid Elektronik AG,
 CH-9542 Münchwilen,
 Tel. 0041 71 9693590,
 Fax 0041 71 9693599,
 www.schmid-elektronik.ch

Schmid Elektronik ist „Electronic-Design-Specialty“-Allianzpartner von National Instruments.

Das Herz der Blackbox ist ein NI Single-Board RIO „SB9636“ mit einem Mikroprozessor und einem FPGA. In einer nächsten Phase wird das Zynq-SoC, ein Systemchip mit ARM9-Multicore-Prozessor und integriertem FPGA, eingesetzt. Wie in Bild 3 rechts oben angedeutet, behandelt der FPGA die analogen Ein- und Ausgänge. Die 3D-Beschleunigungen und

3D-Drehraten werden über den I²C-Bus angesprochen. Die anderen Sensoren und Kommunikationskanäle sind auf den Mikroprozessor geführt, entweder direkt (etwa mit UART, Ethernet oder USB) oder über das Baseboard (**Bild 2**). Dieses dient einerseits als Bindeglied zwischen dem Single-Board RIO und der Außenwelt (Stecker) und andererseits als konstruktive Hilfe, die Embedded-Hardware ohne den üblichen Verdrahtungs- und Montageaufwand sicher, kostengünstig und Platz sparend in das kundenspezifische Gehäuse einzupassen. Die Board-to-Board-Verbindung wurde über Flachbandkabel und Industriesteckverbinder gelöst. Als Gehäuse bot sich die ergonomische Standardlinie „Alubos“ von Bopla an.

Ein 7-Zoll-Touchdisplay mit WVGA-Auflösung (800 x 480 Pixel) wird abgesetzt von der Blackbox auf dem Armaturenbrett installiert (**Bild 1**, rechts oben). Nach der



DER AUTOR

MARCO SCHMID, Ingenieur Systemtechnik (FH), ist in der Geschäftsleitung von Schmid Elektronik in Münchwilen/Schweiz tätig.

Montage und Kontrolle der Drehzahlsensoren parametriert der Testfahrer die individuellen Abrollumfänge und entscheidet, welche vier Messgrößen auf dem Schreiber angezeigt und ans Telemetriesystem gesendet werden sollen. Dann startet er die Messung und fährt die Teststrecke ab. Während der Fahrt hat er die relevanten Messgrößen im Blickfeld und kann dieses Feedback nutzen, um etwa neue Fahrstrategien live zu entwickeln. Diese werden gegenwärtig noch vom Testfahrer – als Teil des Systems – bestimmt. Es ist angedacht, diesen schließlich durch eine X-by-Wire-Steuerung zu ersetzen, um so in Regressionstests reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten.

In weiteren Projekten verwendbar

Ein wichtiger Kundennutzen der Messeinrichtung ist die schnelle und einfache Installation im Fahrzeug und am Reifen sowie das Plug-and-Play während des Messbetriebs. Ein weiterer Vorteil ist die Vielzahl an gewonnenen Sensordaten und abgeleiteten Messgrößen, die im Fahrzeug live auf einem Display angezeigt, in Echtzeit extern überwacht und offline ausgewertet werden können. Die hier beschriebene



WISSENSWERT

Echtzeit und Multitasking in der Blackbox. Die Applikation des gesamten Messnetzwerks besteht grundsätzlich aus vier Tasks (**Bild 3**). Die erste Task ‚Rotation‘ mit Erfassen, Vorverarbeiten und Wireless-Kommunikation der Raddrehzahlen an die Blackbox läuft asynchron in jedem der vier Rotationssensoren mit 10 Hz. Die zweite Task ‚Master/FPGA‘ liest die Sensoreingänge, schreibt auf die Analogausgänge und implementiert das Systemtiming von 100 Hz im FPGA der Blackbox, synchronisiert zum GPS-Time-Impuls. Über einen DMA-FIFO zwischen FPGA und Mikroprozessor werden die Rohdaten gepuffert an die dritte Task ‚Sensor/RT‘ gesendet. Dieser taktet mit 10 Hz, liest immer zehn Werte vom Master/FPGA, parst gleichzeitig die seriellen Datenströme der vier Rotationssensoren und GPS, interpoliert diese Daten auf 100 Hz und schickt die Ergebnisse über einen RT-FIFO an die vierte Task ‚Work-Loop‘. Diese implementiert die Hauptapplikationslogik und ist für Skalierung, Multiplexing und Routing aller Sensordaten ebenso zuständig wie für die Live-Visualisierung auf dem Display, das Speichern der Daten und den Datentransfer ans Telemetrie-System. Aus den Sensorsignalen werden weitere Messgrößen berechnet: die individuelle Fahrgeschwindigkeit der vier Räder aus Raddrehzahl und Abrollumfang, die absolute Ist-Geschwindigkeit des Fahrzeugs aus den GPS-Daten, schnelle Drehzahländerungen für die Haftungseigenschaften des Reifens auf dem Untergrund (Aquaplaning), starke Beschleunigungen in Z-Richtung als Kennwerte bei Belastungen der Stoßdämpfer sowie Beschleunigungen in der XY-Ebene – zur Detektion ruckartiger Verschiebungen des Fahrzeugs oder zur präzisen Positionserfassung ergänzend zum GPS.

Methode lässt sich auf weitere Projekte übertragen, bei denen neben dem Vorteil der Programmierbarkeit mit Labview folgende Merkmale wichtig sind: dezentrale, mobile Sensorik im Netzwerk, Low-Power-/Batteriebetrieb, Datenübertragung per Funk, GPS-Information, Sechs-DoF-Referenz,

Echtzeit-Monitoring und -Logging, Online-Visualisierung auf einem kompakten Touch-Display sowie die wirtschaftliche Serienfertigung des Messgeräts. (ml)

ONLINE-SERVICE

- Infos zum EU-Reifenlabel



FAZIT

Eine Nasenlänge voraus. Sobald sich ein Messgerät zu einem Serienprodukt entwickelt, kommt es neben seinen Funktionen vor allem auf Qualität und Kosten an. Deshalb kombinieren Embedded-Designer die Boardlevel-Hardware mit günstig herstellbarer Elektromechanik und Gehäusen. Mit dem Single-Board RIO und dem ANSI-C-Code-Generator von National Instruments können sie grafische Anwendungsprogrammierung wirksam einsetzen, um auf einem sensiblen Markt die entscheidende Nasenlänge voraus zu sein. Wie dies in der Praxis funktioniert, zeigt ein mobiles Messnetzwerk zur Analyse der Fahrzeug- und Reifendynamik.



In dezentralen, miniaturisierten Messknoten werden Sensordaten erfasst, drahtlos an eine Blackbox weitergeleitet, dort live auf einem farbigen TFT-Touchdisplay angezeigt, über gängige Schnittstellen an Fremdsysteme übertragen und auf mobilen Speichermedien aufgezeichnet.