

AUTOMOTIVE ENGINEERING PARTNERS

Das Magazin für
Automobilentwicklung



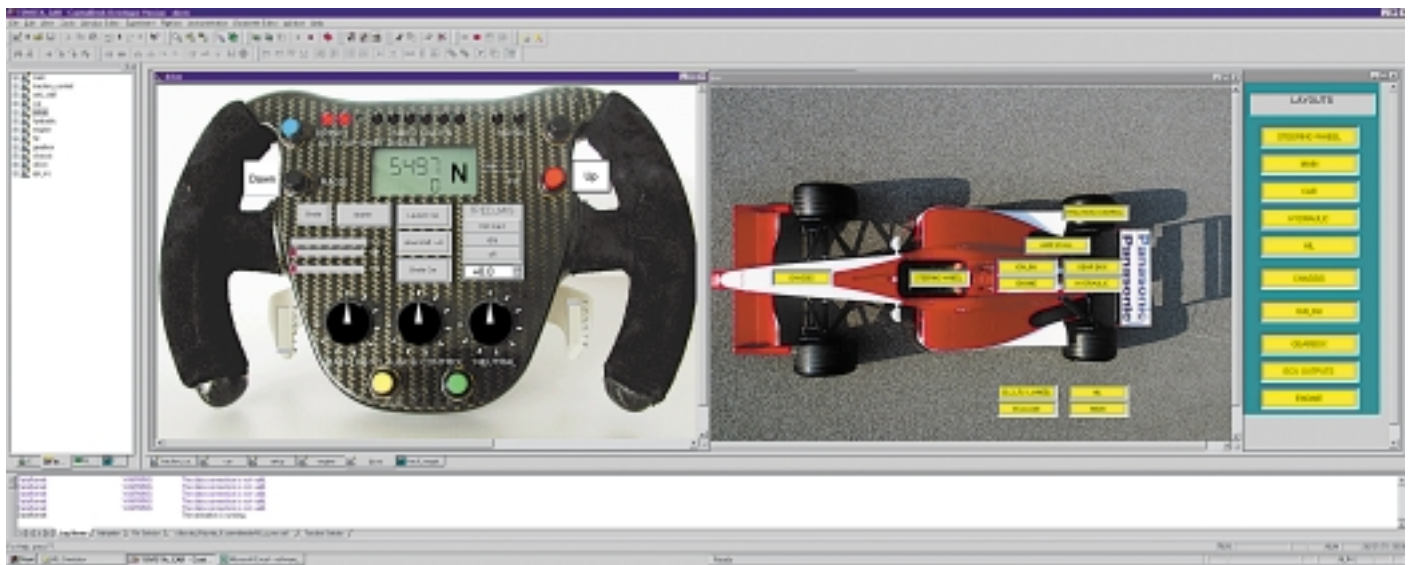
Simulation:
dSPACE kooperiert mit
Toyota Motorsport

Toyota Motorsport mit dSPACE auf der Überholspur

Das gesamte Steuergerätenetzwerk des ersten Formel-1-Rennwagens von Toyota Motorsport Köln wird bereits in einem frühen Entwicklungsstadium in einer simulierten Umgebung getestet. Dabei arbeitet Toyota Motorsport eng mit dSPACE zusammen. Mit den dort entwickelten Simulatoren werden Hardware-in-the-Loop-Tests durchgeführt, die im Labor alle denkbaren Szenarien für die Funktionsüberprüfung der Steuergeräte erlauben.



Toyota Formel-1-Fahrzeug – „Made in Germany“



Virtuelle Instrumentierung mit der Experimentiersoftware ControlDesk von dSPACE. So lassen sich Hardware-in-the-Loop-Tests intuitiv bedienen und beobachten

■ Funktionstests im Labor

Funktionstests auf der Straße können in einem frühen Entwicklungsstadium aus verschiedenen Gründen noch nicht ausgeführt werden: Sie sind kostspielig, gefährlich und letztendlich nicht zufriedenstellend, weil nur ein Bruchteil möglicher Fehler-situationen festgestellt wird. Verschiedene Tests sind schlichtweg unmöglich, da im Rennwagen kein Platz für Messgeräte ist. Um diese Probleme der konventionellen Testfahrten zu meistern, arbeitet Toyota Motorsport eng mit dSPACE aus Paderborn zusammen. Mit den dort entwickelten Simulatoren werden Hardware-in-the-Loop-Tests durchgeführt, die im Labor alle denkbaren Szenarien für die Funktionsüberprüfung der Steuergeräte erlauben.

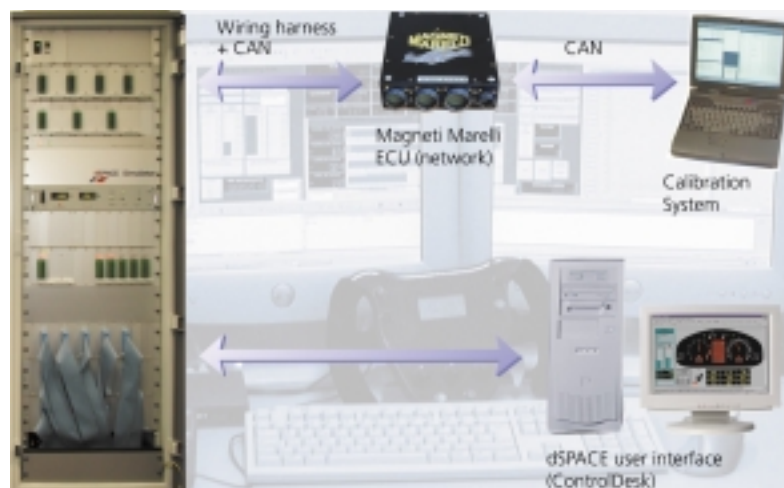
Im März nächsten Jahres schickt die Kölner Motorsportabteilung des drittgrößten Automobilherstellers der Welt seinen ersten Formel-1-Wagen ins Rennen. Im Kampf um WM-Punkte beteiligt sich damit erstmals in der moderneren Formel-1-Geschichte wieder ein Wagen, dessen Chassis und Motor komplett in Deutschland entwickelt und gefertigt wird. Nur knapp zwei Jahre Entwicklungszeit standen zur Verfügung. Das macht eine weitgehende Parallelisierung der Entwicklung von Fahrzeug und Steuergeräten absolut notwendig. Dieses Ziel kann nur durch frühzeitige Tests der Steuergerätehardware und -Software erreicht werden.

■ Step 10 von Magneti Marelli

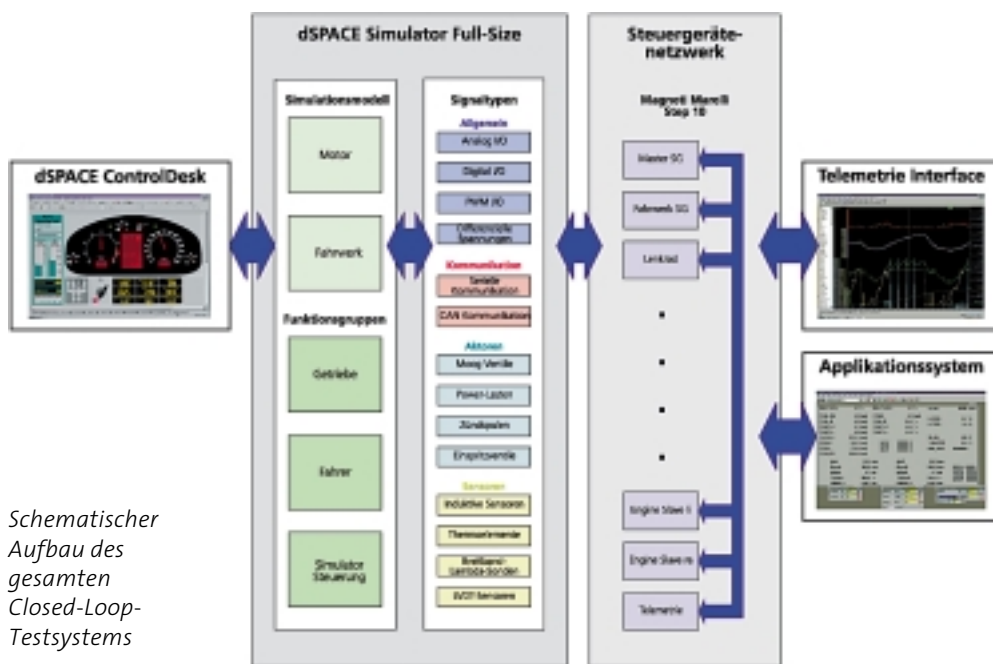
Der italienische Automobilzulieferer Magneti Marelli liefert für den Formel-1-Wagen die Steuergeräte-Hardware mit Betriebssystem, Ein- und Ausgabeschnittstellen und Basis-Software. Die darauf aufbauende Anwendungssoftware wird direkt von Toyota Motorsport in Köln entwickelt. Das neue Steuergerätesystem „Step 10“ besteht aus mehr als zehn Steuergeräten, die insgesamt 450 Signale verarbeiten können. Die Steuergeräte sind im Fahrzeug verteilt angeordnet. Im Vergleich zur vorherigen zentralen Version „Step 9“ (siehe AutoTechnology 3/2001) hat Magneti Marelli mit der dezentralen „Step 10“ ein leistungsfähigeres System herausgebracht, ohne dabei Kabelbaumkomplexität oder Gewicht zu erhöhen. Die Kommunikation zwi-

schen den Steuergeräten erfolgt über die seriellen Bussysteme CAN und ARCnet. Das Steuergerätesystem wird für sämtliche Motormanagement-, Chassis- und Datenaufzeichnungsaufgaben verwendet. Dazu gehören beispielsweise Traktionskontrolle und Launch Control. Die seit diesem Jahr wieder zulässigen Techniken verhindern durch eine Reduzierung der Motorleistung das Durchdrehen der Räder in Kurven und beim Start. Ein in letzter Zeit häufig diskutiertes Thema in der Formel 1, da diese Regelungssysteme bei vielen Teams nicht zufriedenstellend funktionieren und die Fahrzeuge beim Start stehen bleiben. Diese Problematik will Toyota Motorsport mit der Durchführung umfangreicher Tests meistern.

Aufgrund dieser kontinuierlichen Weiterentwicklung der Steuergerä-



Laboraufbau des Hardware-in-the-Loop-Systems mit dSPACE Simulator Full-Size und Steuergeräteverbund von Magneti Marelli



Schematischer Aufbau des gesamten Closed-Loop-Testsystems

tesoftware – wöchentlich gibt es neue Software-Releases – muss das Zusammenspiel sämtlicher Steuergerätefunktionen immer wieder neu getestet werden, bevor die Freigabe der Software für die Rennstrecke erteilt wird. dSPACE Simulator übernimmt hier die Steuergeräte-Funktionstests, die sowohl in der Softwareentwicklungsphase als auch von Rennen zu Rennen durchgeführt werden.

■ Schaltvorgang in weniger als 40 Millisekunden

Das Schalten in Rennfahrzeugen wird über hydraulische Aktoren (z.B. Gang- und Kupplungsaktor) ausgeführt. Der Fahrer drückt die „UP“- oder „DOWN“-Schaltwippe am Lenkrad, um die Schaltsequenz zu starten. Mehrere Regelsysteme müssen während dieser Schaltsequenz gleichzeitig arbeiten. Während des Hochschaltens wird die Motordrehzahl durch Schließen der Drosselklappen

und Unterbrechung der Zündung reduziert. Gleichzeitig wird die Kupplung geöffnet. Der Gang-Aktor legt den nächsten Gang ein, und die Motorleistung wird durch Öffnen der Drosselklappen und Schließen der Kupplung wieder auf den Antriebsstrang gegeben. Die gesamte Schaltsequenz dauert nicht einmal 40 ms. Mit dSPACE Simulator ist es möglich, die parallel ablaufenden Prozesse für das Schalten, Betätigen der Kupplung und die Motorsteuerungseingriffe von der Regelgüte, aber auch vom Timing her zu prüfen.

■ Kundenspezifischer dSPACE Simulator Full-Size

dSPACE hat den Simulator in Paderborn exakt auf die aktuellen Problemstellungen bei Toyota Motorsport hin entwickelt, gefertigt und anschließend in Köln in Betrieb genommen. Vom Start des Projekts bis zum Start der Tests vergingen nur drei Monate. Die Toyota-Ingenieure konnten also in kürzester Zeit mit den Tests beginnen. Das ist auf die gute Zusammenarbeit und kurzen Reaktionszeiten beider beteiligter Firmen zurückzuführen. Das Testsystem setzt sich zusammen aus dem dSPACE Simulator Full-Size [1], inklusive der erforderlichen Software, und den Magneti Marelli-Komponenten, das heißt dem gesamten Steuergerätenetzwerk mit dem Telemetrie-Interface und dem Applikationssystem. Das Steuergerätenetzwerk des For-

Real eingebundene Fahrzeugkomponenten: Der Prototyp des aus Karbon gefertigten Lenkrads ist nur zirka 28 cm breit und 17 cm hoch – viele der Lenkradknöpfe haben mehrere Funktionen



dSPACE GmbH

Ein hohes und stetiges Umsatzwachstum, über 300 Mitarbeiter, mehr als 7000 weltweite Installationen: Das ist die Bilanz der Firma dSPACE, dem nach eigenen Angaben weltweit führenden Anbieter von Werkzeugen für die Entwicklung und den Test mechatronischer Regelungssysteme. dSPACE-Systeme ermöglichen es den Entwicklern von Steuergeräten, ihre Entwicklungszeiten und -kosten drastisch zu reduzieren und die Produktivität spürbar zu erhöhen. Möglich ist dies durch einen optimalen Mix aus Standardlösungen für Rapid Control Prototyping, Seriencode-Generierung und virtuelle Steuergerätestests. Falls gewünscht, werden umfassende Dienstleistungsangebote vom On-site-Training bis hin zum kundenspezifischen System-Engineering angeboten. Die dSPACE-Produkte werden vom Hauptsitz in Paderborn, den Tochterunternehmen in den USA, Frankreich und Großbritannien sowie einer großen Anzahl von Repräsentanten weltweit vertrieben und betreut. Um den automotiven Sektor noch besser bedienen zu können, gibt es Projektzentren in München und Stuttgart.

Weitere Informationen: dSPACE GmbH, Technologiepark 25, D-33100 Paderborn,
e-Mail: info@dspace.de, Internet: www.dspace.de

mel-1-Wagens wird in einer simulierten Umgebung closed-loop getestet. Die Basis für die Simulation bilden mathematische Modelle des dynamischen Verhaltens der Hydraulik-Aktoren und des Motors. Hier kommt das Motormodell en-DYNA® von der Firma Tesis, München, zum Einsatz, das in MATLAB®/Simulink® formuliert ist. Durch den Einsatz dieser Modelle wird eine echte Hardware-in-the-Loop-Simulation ermöglicht. Über die echtzeitfähigen Komponentenmodelle und die realen Steuergeräte werden die Regelkreise geschlossen.

Zur Sensorsimulation können mit der dSPACE Hardware beispielsweise Kurbel- und Nockenwellensignale bis zu Drehzahlen von weit über 20.000 U/min generiert werden. Im Gegenzug werden Zünd- und Einspritzsignale auch bei höchsten Drehzahlen mit einer Genauigkeit von 0,1° Kurbelwinkel vermessen und dem Modell zugeführt. Das bemerkenswerte daran: Die gesamte I/O wird vollständig in MATLAB®/Simulink® definiert und konfiguriert, ohne eine Zeile zu programmieren. Der Code für die Echtzeithardware wird automatisch generiert, auf Knopfdruck. Diese Features machen die angewandten Systeme so leistungsfähig, ob es nun um Rennsportanwendungen oder um herkömmliche Fahrzeug-Anwendungen geht.

■ Einbindung realer Systemkomponenten

Das Ziel bei der Hardware-in-the-

Loop-Simulation ist natürlich, das Steuergerät in einer komplett simulierten Umgebung zu testen. Manchmal ist es jedoch sinnvoll, reale Fahrzeugteile in den geschlossenen Regelkreis einzubinden. Hier ist es das Lenkrad – mit integriertem Steuergerät –, das nur als Echtteil Anschluss über den interaktiven Betrieb, die Steuergerätekommunikation oder über mögliche, durch das Lenkrad verursachte Fehler geben kann. Alternativ kann das Lenkrad über dSPACE Simulator nachgebildet werden. Das ist wichtig für automatisierte Tests.

Mit dSPACE Simulator lassen sich Tests komplexer Software-Strategien in kurzer Zeit durchführen. Das ist vor allem wichtig bei der Implementierung neuer Funktionen. Denn in diesem Fall muss das gesamte Steuergerätenetzwerk erneut geprüft werden, um Beeinflussungen der Strategien untereinander sofort zu erkennen. Beispielsweise zeigte sich während des Funktionstests zum automatischen Herunterschalten in einen definierten Gang eine Wechselwirkung mit der „Auto-up-shift“-Funktion, die direkt im Anschluss wieder in den nächst höheren Gang schaltete. Mit dem Simulator konnte diese unerwünschte Wechselwirkung erkannt werden, die ohne diesen Test im Vorfeld nur schwer feststellbar gewesen wäre. Für die Schaltstrategie ist der Hardware-in-the-Loop-Test mit dSPACE Simulator von entscheidender Bedeutung, weil

sie auf das gesamte Steuergerätesystem einwirkt.

■ Mit Testautomatisierung noch mehr gewinnen

Ein weiterer erfolgreicher Einsatz von dSPACE Simulator zeigt sich bei der Automatisierbarkeit und damit Reproduzierbarkeit von Tests. Denn die kontinuierliche Weiterentwicklung der Software-Strategien führt selbstverständlich zu immer komplexeren und zahlreicheren Tests, die in kürzester Zeit ablaufen müssen. Diese Herausforderung wird mit der Testautomatisierung gemeistert. Hier werden in höchster Testqualität und mit der erforderlichen Testtiefe erneut Zeit- und Kostenersparnisse erzielt. Um diese automatisierten Testläufe noch zu optimieren, arbeitet Toyota Motorsport jetzt daran, das Applikationssystem Vision 32 an den Simulator anzubinden. Per Fernsteuerung können so Fehlersituationen in der Software-Strategie automatisch getestet werden. Ein weiteres typisches Anwendungsszenario für die Testautomatisierung besteht darin, die Fahrzeugelektronik mit Signalen aus Fahrzeugtests oder Prüfstandsläufen zu stimulieren. Das Ziel dabei ist, das Steuergeräteverhalten im Labor in einer definierten Situation zu reproduzieren, indem festgestellte Fehler nachgestellt, untersucht und letztendlich behoben werden.

Zur Zeit ist bei Toyota Motorsport ein dSPACE Simulator im Einsatz, mit dem sämtliche Steuergeräte-Software-Tests durchgeführt werden. Um durch Testentwicklung und Umrüstzeiten am vorhandenen System keine Zeit zu verlieren, haben sich die Kölner für die Anschaffung weiterer Systeme entschieden. So können Stillstandzeiten vermieden und Tests mit mehreren Simulatoren gleichzeitig durchgeführt werden.

Peter Urban,
Applikations-Ingenieur bei der Toyota Motorsport GmbH,
Dr.-Ing. Peter Wältermann,
Gruppenleiter bei der dSPACE GmbH,
Bettina Henking,
Technische Redakteurin bei dSPACE

■ Literaturhinweis

- [1] Schütte, H.; Plöger, M.; Diekstall, K.; Wältermann, P.; Michalsky, T.: Testsysteme im Steuergeräte-Entwicklungsprozess. In: Automotive Electronics, ATZ-MTZ-Sonderheft, März 2001



Headquarters in Germany

dSPACE GmbH
Technologiepark 25
33100 Paderborn
Tel.: +49 5251 1638-0
Fax: +49 5251 66529
info@dspace.de
www.dspace.de

France

dSPACE Sarl
Parc Burospace
Bâtiment 17
Route de la Plaine de Gisy
91573 Bléville Cedex
Tel.: +33 1 6935 5060
Fax: +33 1 6935 5061
info@dspace.fr
www.dspace.fr

USA and Canada

dSPACE Inc.
28700 Cabot Drive · Suite 1100
Novi · MI 48377
Tel.: +1 248 567 1300
Fax: +1 248 567 0130
info@dspaceinc.com
www.dspaceinc.com

United Kingdom

dSPACE Ltd.
2nd Floor Westminster House
Spitfire Close · Ermine Business Park
Huntingdon
Cambridgeshire PE29 6XY
Tel.: +44 1480 410700
Fax: +44 1480 410701
info@dspace.ltd.uk
www.dspace.ltd.uk