



Prozessor-Board für schnelle Regelkreise



Die prozessorbasierte Echtzeitsimulation ermöglicht Modellabstraten im mittleren kHz-Bereich und unterstützt schnelle Design-Iterationen im Minutenbereich.

Im vorliegenden Artikel wird das neue DS1007 PPC Board von dSpace vorgestellt, das durch die Kombination aus Rechenleistung und minimalen I/O-Zugriffszeiten eine komfortable prozessorbasierte Echtzeitsimulation bei Anwendungen ermöglicht, die bisher nur per FPGA-basierter Simulation umgesetzt werden konnten.

Regelungstechnische Anwendungen aus Bereichen wie Audio- und Signalverarbeitung oder Elektromotor-Steuerung erfordern Rapid-Control-Prototyping (RCP)-Systeme, die schnelle Modellabstraten durch niedrige I/O-Latenzen ermöglichen und gleichzeitig hohe Rechenleistung für die Umsetzung komplexer Algorithmen bieten.

RCP-Systeme haben sich für den schnellen, modellbasierten Entwurf und den Test neuer Regler- und Signalverarbeitungskonzepte etabliert. Durch leistungsfähige Hardware und die Unterstützung des modellbasierten Entwicklungsprozesses mit MATLAB/Simulink kann man mit RCP-Systemen sehr schnell das Potenzial neuer regelungstechnischer Ansätze ermitteln.

RCP-Entwicklungsplattformen ersetzen dafür in frühen Entwicklungsphasen noch nicht verfügbare Steuergeräte. Sie basieren auf leistungsstarken Embedded-Prozessoren mit PowerPC- oder x86-Architektur sowie Betriebssystemen, die das Echtzeitverhalten, schnelle Boot-Zeiten und den zuverlässigen, autonomen Betrieb im Fahrzeug und am Prüfstand sicherstellen.

RCP-Systeme lassen sich grundsätzlich aufgrund ihrer Einsatzbereiche und Skalierbarkeit verschiedenen Systemklassen zuordnen (Bild 1). Große Verbreitung finden die kompakten Systeme für die Verwendung in automobilen Anwendungen (rechte Spalte, Bild 1), bei denen der gewünschte Leistungsumfang oft klar festgelegt ist. Für besonders an-

spruchsvolle Prototyping-Aufgaben stehen die modularen Systeme zur Verfügung. Sie lassen sich anwendungsspezifisch bzgl. ihrer I/O- Schnittstellen und Rechenleistung skalieren.

Modulare Systeme werden vorwiegend am Prüfstand und im Laborumfeld verwendet, außerdem ist der mobile Einsatz mit speziellen, robust ausgelegten Gehäusen wie der AutoBox möglich. Modulare Systeme bieten hohen Investitionsschutz durch ihre Erweiterbarkeit. Dafür bieten Hersteller ein umfangreiches, langfristig verfügbares Portfolio an Prozessor- und I/O-Boards mit den typischen Schnittstellen wie analogen und digitalen Ein- und Ausgängen und Bussen wie CAN, LIN, FlexRay oder Ethernet. »



Bild 1: RCP-Systemklassen für Labor/Prüfstand und Fahrzeuganwendungen.

Anwendungen mit besonderen Herausforderungen

Modulare Systeme werden dann bevorzugt eingesetzt, wenn regelungstechnische Aufgabenstellungen besonders hohe Anforderungen an Rechenleistung und Closed-Loop-Abtastraten der Reglermodelle stellen.

Ein Beispiel hierfür ist die aktive Schallunterdrückung mittels phasenverschobenen Gegenschallsignalen. Dabei werden die momentanen Schalldrücke per Mikrofonarrays erfasst, komplexe Signalverarbeitungsalgorithmen berechnet und Lautsprecher für die Gegenschallerzeugung angesteuert. Das Grundprinzip der aktiven Schallunterdrückung kommt dabei in verschiedenen Industriezweigen zum Einsatz. Neben der „Beruhigung“ von Fahrzeuginnenräumen bei Autos, Lkws, Flugzeugen und Hubschraubern sind auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bekannt, wo diese Technologie gezielt am Abgassystem oder für die Verbesserung der Sprachqualität von Mobilfunkgeräten angewendet wird. Modellabtastraten von bis zu 48 kHz für hinreichend gutes Oversampling der Audiosignale sind dabei üblich. Die Erforschung und Applizierung dieser Technologie erfordert daher Echtzeitsysteme, die diese Modellabtastraten umsetzen können und über ausreichend Rechenleistungsreserve verfügen, um auch kom-

plexe Signalverarbeitungsalgorithmen implementieren zu können.

Ein weiteres Feld für hochdynamische Regelsysteme mit sehr hohen Anforderungen an das Echtzeitverhalten ist die Entwicklung von Ansteuerverfahren für Elektromotoren. Die Erzeugung von mehrphasigen Wechselfeldern sowie die Umsetzung von Motorregelungen mit Beobachterstrukturen zur adaptiven Parameterschätzung, beispielsweise die Schätzung von Strangströmen bei sensorlosen Kommutierungsverfahren, führen mitunter zu komplexen Echtzeitmodellen, die es auf den Entwicklungssystemen mit Abtastraten von 20 kHz und mehr umzusetzen gilt.

Prozessor- und FPGA-basierte Echtzeitsimulation

Eine Lösungsalternative ist die teilweise oder auch vollständige Implementierung eines Regel- oder Signalverarbeitungsalgorithmus auf einem FPGA, die sogenannte FPGA-basierte Echtzeitsimulation. Hier stehen mittlerweile umfangreiche Hilfsmittel zur Verfügung, die eine modellbasierte Umsetzung ermöglichen. Beispielsweise erlaubt das Xilinx System Generator Blockset in MATLAB/Simulink modellbasiert Funktionen zu entwickeln und direkt ohne manuelle Zwischenschritte auf einem dSpace-FPGA-Board zu implementieren. Dadurch kann der Anwender seine gewohnte Entwicklungsumgebung weiterverwenden und sich voll auf den Funktionsentwurf konzentrieren. Mit der FPGA-basierten Echtzeitsimulation lassen sich Modelle mit I/O-Zugriffen von mehreren 100 kHz Closed-Loop-Abtastrate umsetzen (siehe Bild 2).

Die prozessorbasierte Echtzeitsimulation ermöglicht hingegen maximale Modellabtastraten im mittleren kHz-Bereich (bis zu 50 kHz). Trotzdem bevorzugen viele Anwender diese RCP-Methode aus vielfältigen Gründen. Beispielsweise unterstützt die prozessorbasierte Echtzeitsimulation schnelle Design-Iterationen im Minutenbereich, während Synthese und Konfiguration bei der FPGA-basierten Echtzeitsimulation wesentlich mehr Zeit beansprucht und ab-

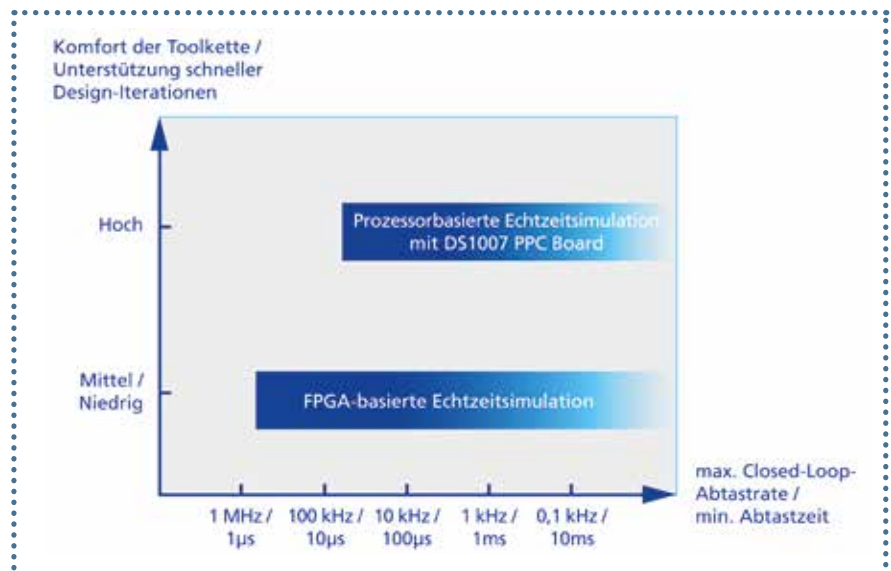


Bild 2: FPGA- und prozessorbasierte Echtzeitsimulation im Vergleich.

hängig von der Komplexität des Modells durchaus Stunden dauern kann. Weiterhin bieten prozessorbasierte Echtzeitsysteme die Möglichkeit, Variablen und Parameter eines Simulink-Modells mit Experimentiersoftware wie ControlDesk und den grafischen Instrumenten zu visualisieren und zu verändern. Das erhöht die Effizienz im Entwicklungsablauf, da das Systemverhalten eines Reglersystems auf sehr einfache Weise iterativ optimiert werden kann, ohne dass Änderungen am Simulink-Modell gemacht werden müssen.

Standard-x86-Architekturen, bei denen die I/O seriell über PCIExpress angebunden ist. Es lassen sich trotz geringerer Rechenleistung höhere maximale Closed-Loop-Abtastraten erreichen.

Datenaustausch

Mit MATLAB/Simulink erstellte Regler- und Umgebungsmodelle können mit dem dSpace Real-Time-Interface-Blockset für Multiprozessorsysteme intuitiv auf die Rechenkerne des DS1007 aufgeteilt werden. Der Anschluss an

.....

» **Mit dem DS1007-PPC-Board lassen sich trotz geringerer Rechenleistung im Vergleich zur Standard-x86-Architektur höhere maximale Closed-Loop-Abtastraten erreichen.**

Holger Ross, Product Manager bei dSpace.

Häufig ist zudem auch C-Code vorhanden, der in die Echtzeitumgebung eingebunden werden soll. Prozessorbasiert ist das komfortabel per Simulink-S-Funktion möglich. Daher ist es wesentlich, dass prozessorbasierte Echtzeitsysteme weiterhin so leistungsfähig wie möglich ausgelegt sind, sodass Anwender den vollen Toolkettenkomfort mit schnellen Design-Iterationen auch im Grenzbereich bei sehr hohen Model labtastaten nutzen können.

Vorteile mit dem DS1007-PPC-Board

Mit dem jetzt verfügbaren DS1007 steht ein leistungsfähiges, speziell für die Umsetzung schneller Regelkreise entwickeltes Prozessor-Board zur Verfügung. Es verbindet dabei die Anforderungen an hohe Rechenleistung und möglichst geringe Latenzzeit bei I/O-Zugriffen durch eine PowerPC-Architektur (Freescale QorIQ P5020, DualCore, 2GHz). Dieser Prozessor verfügt über ein paralleles Interface zwischen I/O-Peripherie und Rechenkernen und ermöglicht so schnelle I/O-Einzelzugriffe mit geringer Latenz. Da in der Hochleistungsregelungstechnik die Latenzzeit bei I/O-Einzelzugriffen eine wesentliche Rolle für die Gesamtperformanz spielt, führt das zu Vorteilen gegenüber Stan-

Host-PCs oder Notebooks wird komfortabel über eine Gbit-Ethernet-Schnittstelle unterstützt. Diese bietet besonders für umfangreiche Datenerfassungen eine hohe Bandbreite. Eine weitere Gbit-Ethernet-Schnittstelle ermöglicht den Datenaustausch mit anderen ethernetbasierten Systemen aus dem Echtzeitmodell heraus. Wahlweise können dazu TCP/IP- oder UDP-Protokolle genutzt werden. Ebenfalls neu verfügbar für die modulare dSpace Hardware ist die Möglichkeit, per USB-Festplatten oder USB-Sticks Daten über lange Zeiten unabhängig vom Host-Rechner aufzuzeichnen. Dafür steht jetzt am DS1007 ein USB-Port zur Verfügung. Das DS1007 ist robust ausgelegt und erfüllt die gängigen Anforderungen bzgl. Schock und Vibration im Fahrzeugumfeld, sodass es in der AutoBox (Bild 1) für Experimente im Fahrzeug eingesetzt werden kann. ■ (oe)

» www.dspace.com



Frank Mertens ist Lead Product Manager Rapid Prototyping Systems bei der dSPACE GmbH.



Holger Ross ist Product Manager Rapid Prototyping Systems bei der dSpace GmbH.