



4 gewinnt

Simulation mehrerer Elektromotoren mit dem DS1006 Quad-Core

Stellen Anwendungen besonders hohe Anforderungen an die Rechenleistung eines Simulators, lautet die Antwort oft Parallelisierung. Ein typisches Beispiel hierfür ist der Hybridantrieb. Eine wichtige Rolle bei der Simulation der Elektromotoren spielt die minimale Modellabtastzeit. Sie entscheidet über die erreichbare Genauigkeit und Stabilität der Motorregelung. Eine ideale Spielwiese für Quad-Core-Prozessoren.



Anwendungen und Vorteile

Besonders bei der Simulation elektrischer Antriebe ergeben sich Szenarien, die eine gleichzeitige Berechnung mehrerer komplexer Simulationsmodelle in Echtzeit erfordern. Dazu gehören Hybridantriebe, dieselektische Antriebe von Nutzfahrzeugen und Lokomotiven sowie Bahnsteuerungen mehrachsiger Antriebe in Industriemaschinen. Auch in der Luftfahrt finden sich Anwendungen, beispielsweise beim Ersatz der hydraulischen Aktuatorik durch Elektromotoren.

Beim Ausführen dieser rechenintensiven Simulationen auf einem einzigen Prozessorboard zeigen sich gegenüber einer Lösung mit mehreren Boards entscheidende Vorteile:

- Hohe Bandbreite und geringe Latenzen für die Kommunikation zwischen den Modellen
- Leistungsreserven für weitere Teilmodelle flexibel nutzbar, um einen Simulator bei Bedarf einfach zu erweitern
- Attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis

Quad-Power

Das dSPACE DS1006 Processor Board mit AMD Opteron™ Quad-Core-Prozessor (2,8 GHz) ist genau für diesen Leistungsbereich konzipiert. In Kombination mit den dSPACE I/O-Solutions für Elektromotoren unterstützt es den Aufbau von Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulatoren für den Test von Reglern elektrischer und hybrider Antriebe. Jeder der vier Kerne kann ein Simulationsmodell rechnen, so dass beispielsweise ein Verbrennungsmotormodell und drei Elektromotormodelle oder ein Verbrennungsmotormodell, zwei Elektromotormodelle und eine Restbussimulation bzw. ein Getriebe-Modell gleichzeitig simuliert werden können.

Signale für die Simulation

Für Steuergerätestests von Antriebsmotoren ist meist eine Auswertung der Signalebene vor der Leistungselektronik hinreichend. Dazu wird die Leistungselektronik entfernt und nur der Signalverarbeitungsteil des Steuergerätes an den Simulator angeschlossen.

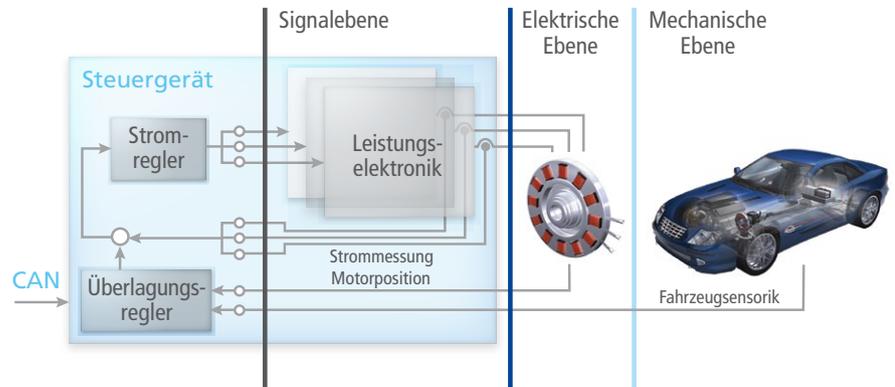


Abbildung 1: Schnittstellenebenen bei der Elektromotorsimulation.

Kommunikation zwischen Prozessorkernen

Neben der Rechenleistung ist die Effizienz der prozessorinternen Kommunikation entscheidend. Notwendig sind hier vor allem eine hohe Bandbreite und eine geringe Latenz. Die Kommunikation zwischen den Kernen des DS1006 mit Quad-Core-

Gigalinks die gleichen Blöcke verwendet wie für die optischen Gigalinks. Daher ist die grafische Darstellung von Multi-Core- und Multiprozessor-Konfigurationen identisch. Diese Durchgängigkeit erleichtert die Skalierung der Rechen- und der I/O-Leistung. Bereits vorhandene RTI-Modelle für bisherige DS1006 Boards können

Main-Task für das Multiprozessor (MP)-Modell. Der zweite und dritte Kern führen jeweils das Modell (Synchronmotor und Inverter) und die I/O-Zugriffe für einen Elektromotor aus. Der vierte Kern bleibt frei für weitere Modelle, beispielsweise für die Simulation von Restbuskommunikation. Natürlich lassen sich auch das Modell und die I/O-Zugriffe eines dritten Elektromotors darauf ausführen, um beispielsweise einen Hilfsantrieb wie den Starter oder eine Pumpe zu simulieren.

Einfache Zuordnung von Modellen zu Prozessorkernen per grafische Konfiguration.

Prozessor (QC) erfolgt über virtuelle Gigalink-Verbindungen. Deren Datendurchsatz ist mehr als 100-mal so groß wie die der optischen Gigalink-Verbindungen zwischen bisherigen DS1006 Processor Boards mit Single-Core-Prozessor. Die Latenz der virtuellen Gigalinks beträgt nur ein Zehntel. Diese Werte gelten beim Übertragen großer Datenmengen zwischen mehreren Kernen des Quad-Core-Prozessors auf dem DS1006 QC. Bei geringeren Datenmengen fallen sie noch günstiger aus.

Grafische Konfiguration mit RTI-MP

Die Konfiguration der virtuellen Gigalink-Verbindung erfolgt mit der Software Real-Time-Interface für Multiprozessor-Systeme (RTI-MP). Innerhalb von Simulink® werden für virtuelle

beim Umstieg auf das neue DS1006 QC einfach wiederverwendet werden. Von Vorteil bei der Skalierung ist auch der im Vergleich zu den bisherigen DS1006 Single-Core doppelt so hohe Datendurchsatz der optischen Gigalink-Verbindungen.

Modellaufteilung und I/O-Konfiguration

Um die vielfältigen Anforderungen für den Test von Elektromotoren zu erfüllen, lassen sich die Strecken- und I/O-Modelle flexibel auf die Prozessorkerne des DS1006 QC verteilen. Abbildung 2 zeigt eine typische Aufteilung der Streckenmodelle und der I/O für den Test von Hybridantrieben. Der erste Kern rechnet das Modell des Verbrennungsmotors. Dies ist die sogenannte

I/O-Schnittstellen für Hybridantriebe

Im Beispiel aus Abbildung 2 kommt pro Elektromotor eine dSPACE Electric Motor HIL (EMH) Solution zum Einsatz. Sie basiert auf dem dSPACE DS5202 FPGA Base Board und bietet alle notwendigen I/O-Kanäle für die Simulation von bis zu zwei Elektromotoren. Dazu gehören die Ausgabe und Messung von PWM-Signalen sowie die Emulation von Positionsensor-Signalen. Die I/O-Zugriffe auf die EMH Solutions erfolgen von den entsprechenden Modellen auf den Kernen 2 und 3 des Prozessors. Das DS2211 HIL I/O Board deckt den I/O-Bedarf des Verbrennungsmotormodells ab, das auf dem ersten Kern des Prozessors berechnet wird. Für besonders umfangreiche I/O-Anforderungen existieren separate PWM- und PSS-Solutions. Diese I/O-

Boards wurden zusammen mit dem DS1006 QC erfolgreich für die Entwicklung einer vollständigen Fahrzeugplattform für Volumenmodelle mit hybridisiertem Antriebsstrang eingesetzt.

Schnelle Abtastzeiten

Mit der für das Hybridbeispiel verwendeten Aufteilung der Modelle können die Regelschleifen aller simulierten Elektromotoren mit Abtastzeiten (PWM-Ansteuerfrequenzen) von 25 kHz noch sicher berechnet werden. Dabei sind ausreichende Reserven für zusätzliche I/O- und Modell-Anforderungen vorhanden.

Präzise Signalmessung und -emulation

Bei einer vom Steuergerät erzeugten 3-Phasen-PWM können alle wichtigen Zeiten der Ansteuersignale (Dauer des PWM-Signals und der High-Side- und Low-Side-Signale sowie Totzeit) für die Leistungsendstufen mit hoher Genauigkeit gemessen werden. Die Messungen erfolgen pulsmittensynchron zu den PWM-Signalen mit

einer Auflösung von 25 ns. Ebenfalls mittensynchron zu den Ansteuersignalen werden Interrupts für das Echtzeitmodell des Elektromotors erzeugt. Die Geschwindigkeits- und Positionssignale unterschiedlicher analoger (Resolver, Encoder) und digitaler Sensortypen (Inkrementalgeber) werden mit zeitlichen Auflösungen von 100 ns bzw. 25 ns präzise simuliert.

Zusammenfassung

Mit dem DS1006 Processor Board, das mit einem AMD Opteron™ Quad-Core-Prozessor (2,8 GHz) ausgestattet ist, können bis zu drei Elektromotoren für den Test von Steuergeräten simuliert werden. Interessant ist diese Konfiguration beispielsweise für Steuergerätestests von Hybridantrieben. Der vollständige Antriebsstrang kann auf einem DS1006 QC simuliert werden, inklusive der Modelle des Verbrennungsmotors und des Getriebes. Über maßgeschneiderte I/O-Schnittstellen werden hierfür die erforderlichen Signale zur Verfügung gestellt. ■



Fazit:

- Präzise Echtzeitsimulation von Hybridantrieben auf einem Board
- Simulation von bis zu drei Elektromotoren gleichzeitig, inklusive Verbrennungsmotor- und Getriebemodell
- Leistungsfähige I/O-Schnittstellen für Elektromotorsignale

Abbildung 2: Jeder der vier Prozessorkerne des DS1006 QC kann ein Modell rechnen. Bei zwei Elektromotormodellen und einem Verbrennungsmotormodell inklusive Getriebe steht noch ein Kern für die Restbussimulation oder als Reserve zur Verfügung.

