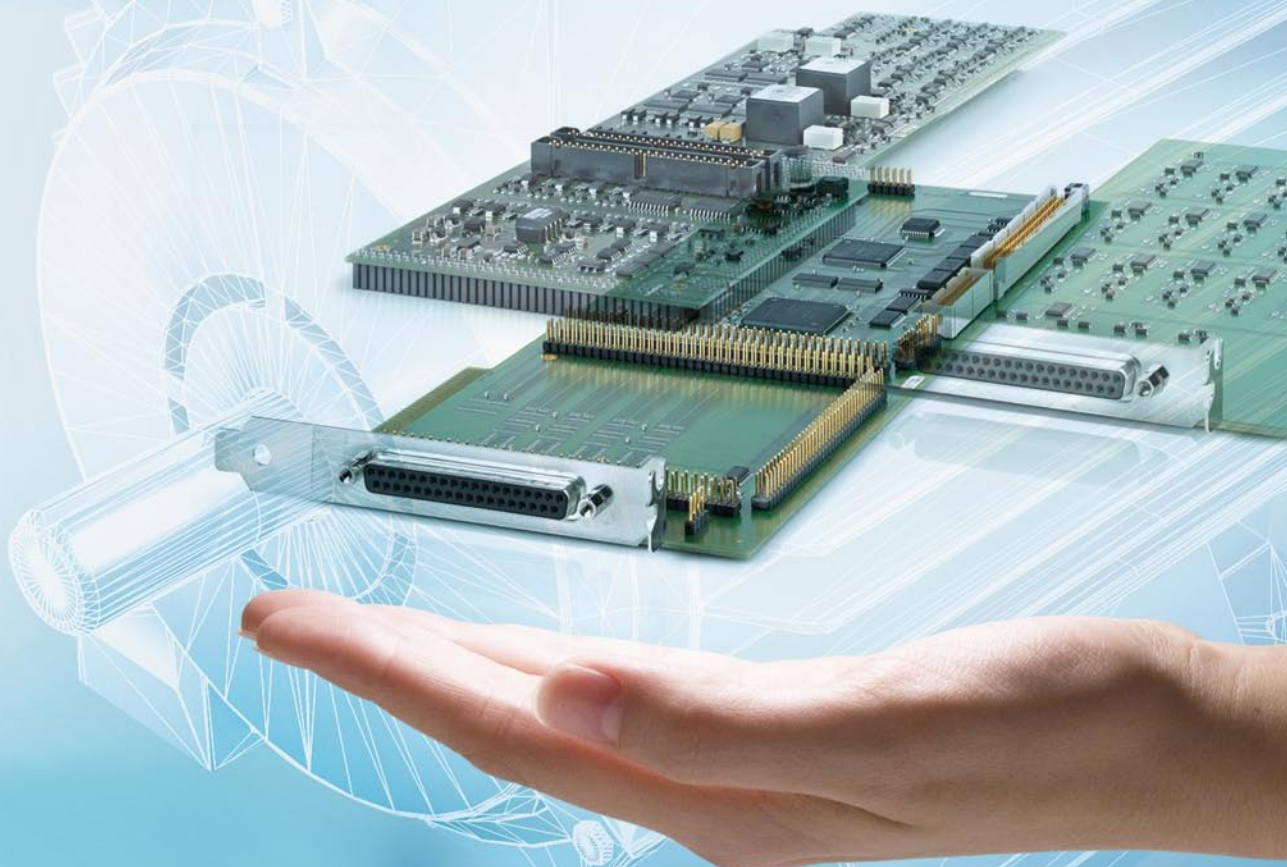


# Alles unter einem Dach

EMH-Solution – Neue integrierte Lösung  
für die Elektromotor-HIL-Simulation





Für die HIL-Simulation von Elektromotoren sind zahlreiche Ein- und Ausgänge für die Regelungsgrößen und Sensorsignale erforderlich. dSPACE bietet nun eine integrierte FPGA-basierte Lösung, die alle notwendigen I/O-Funktionen auf einem Board vereint.

Zur Anbindung des Hardware-in-the-Loop (HIL)-Systems an das Elektromotor-Steuergerät bieten sich unterschiedliche Schnittstellen des Regelungssystems an (Abbildung 1). Während sich für Motoren kleiner Leistung, zum Beispiel für elektrische Lenkungen, oftmals die elektrische Leistungsebene des Steuergeräts oder die mechanische Ebene als Schnittstelle zum HIL-System eignet, wählt man für die Antriebsmotoren von Hybrid- oder Elektrofahrzeugen vorzugsweise die Signalebene. Dies ist insbesondere der Fall, wenn der Schwerpunkt auf dem Test der Steuergeräte-Software liegt und ein Betrieb der Leistungsendstufen nicht notwendig ist.

#### **Simulation eines 3-Phasen-Motors und Freischnitt auf Signalebene**

Bei der Simulation auf Signalebene wird die Leistungselektronik entfernt und nur der Signalverarbeitungsteil des Steuergeräts an den Simulator angeschlossen. Die Ansteuersignale der Leistungshalter der Wechselrichterstufe werden vom Simulator eingelesen und dienen als Grundlage für die Echtzeitsimulation von Leis-

tungselektronik und Elektromotor. Zum Schließen der Regelschleifen in der HIL-Simulation müssen vom Simulator die Sensorsignale für die Rotorposition sowie die Motorströme berechnet werden. Für diese Anbindung auf Signalebene stehen schon seit geraumer Zeit spezielle dSPACE-Boards zum Erzeugen oder Messen von PWM (Pulse Width Modulation)- und PSS (Position Sensor Simulation)-Signalen zur Verfügung.

#### **Neue integrierte I/O-Lösung**

Die neue Elektromotor-HIL (EMH)-Solution, basierend auf dem dSPACE DS5202-FPGA Board, bietet erstmals sämtliche benötigte I/O-Kanäle für die Simulation von bis zu zwei Elektromotoren „unter einem Dach“. Für den Anwender ergibt sich damit ein platzsparender und preiswerter Einstieg in die HIL-Simulation von Elektromotoren.

#### **Hochgenaue Vermessung der PWM-Signale**

Für die Simulation von beispielsweise einer B6-Wechselrichterstufe ist die hochgenaue Vermessung der 6 Gate-Ansteuersignale des Steuergeräts

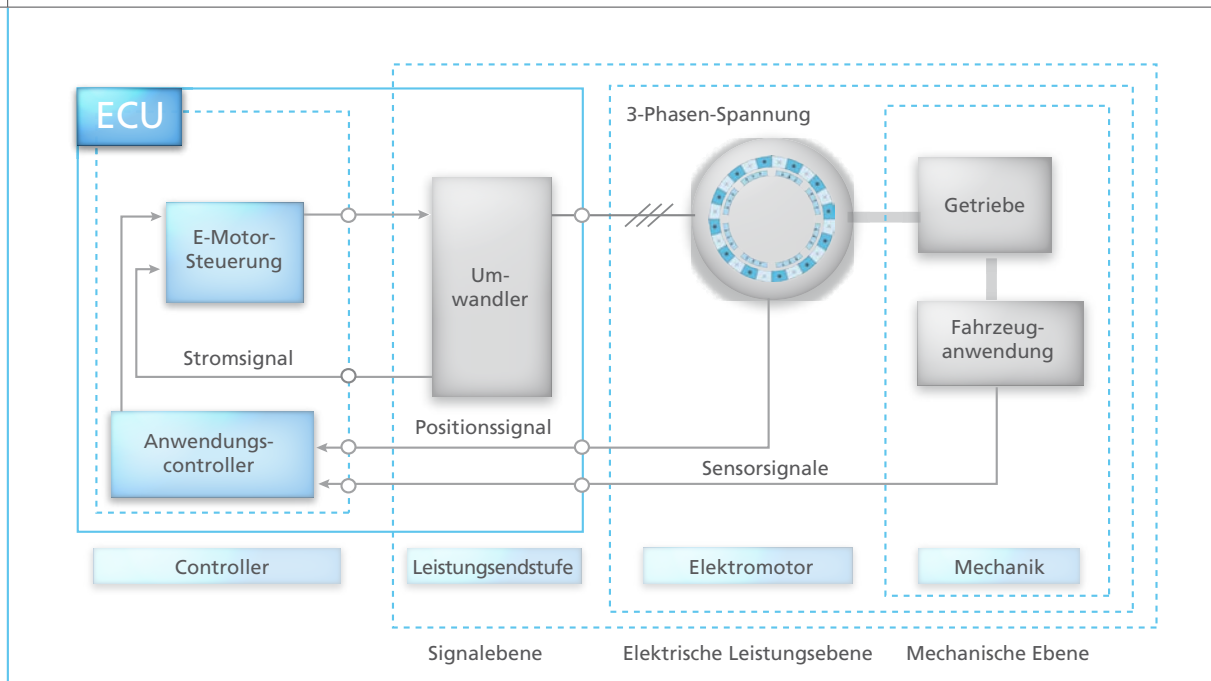


Abbildung 1: Schnittstellen bei der Elektromotorsimulation.

notwendig (Abbildung 2). Mit der EMH-Solution erfolgt dies mit einer zeitlichen Auflösung von 25 ns. Zu definierten Abtastzeitpunkten werden Tastverhältnis (Duty Cycle), Periodenzeiten und Einschaltzeiten einzelner Signale sowie Totzeiten zwischen benachbarten Signalen in einem Brückenweig ermittelt und dem Echtzeitmodell auf dem Prozessor des HIL-Simulators (zum Beispiel DS1006 Processor Board) zur Verfügung gestellt. In der Regel ermittelt die EMH-Solution die Abtastzeitpunkte selbständig zur Mitte der PWM-Perioden, wobei je nach gewählter Betriebsart ein Interrupt auf dem Prozessor ausgelöst wird, so dass das Modell der Leistungs-

## Die EMH-Solution bündelt alle notwendigen I/O-Funktionen für die Elektromotorsimulation – kompakt, performant und preiswert.

elektronik bzw. des Elektromotors synchron zur PWM-Frequenz berechnet und Schwebungen vermieden werden können. Hierbei ist auch Over- oder Downsampling einstellbar. Die Abtastzeiten liegen je nach PWM-Frequenz im Bereich von ca. 30-60  $\mu$ s. Mit den 16 Kanälen des EMH-Boards lassen sich die kompletten Gate-Signale für zwei 3-phasige Elektromotoren einlesen.

### Simulation der Positionssensordaten

Da die Elektromotorregelung die genaue Winkelposition des Rotors für Stromregelung und Geschwindigkeitsberechnung benötigt, muss diese vom HIL-System mit hoher zeitlicher Auflösung simuliert werden. Die Positionssensorsimulation der EMH-Solution beruht auf dem bewährten Prinzip der Angle Processing Units (APUs), die bereits vom DS2211 HIL I/O Board bekannt sind. Das EMH-Board verfügt über 4 unabhängige APUs (Abbildung 3), die der Benutzer unterschiedlichen Sensorsimulationskanälen zuordnen kann. Diese Flexi-

bilität ermöglicht die Simulation von zum Beispiel zwei Elektromotoren mit unabhängigen oder abhängigen Achsen.

Die EMH-Solution bietet

- eine analoge Sensorsimulationsgruppe mit 3 analogen Ausgängen zur Simulation von Resolver-, Sinus-Encoder- oder analogen, benutzerdefinierten Signalen,
- eine digitale Sensorsimulationsgruppe mit 3 digitalen Ausgängen zur Simulation von Inkrementalgebern, Hall-Sensoren oder digitalen, benutzerdefinierten Signalen,
- und 3 weitere unabhängig verwendbare digitale Ausgänge.

Alle analogen Signale werden zeitlich mit 100 ns und die digitalen mit 25 ns aufgelöst. Da sämtliche Signalconditionierung auf dem Board enthalten ist, lässt sich ein Elektromotor-Steuergerät direkt auf Signalebene anschließen.

Mit einem universellen RS485 UART Interface können verschiedene Protokolle realisiert werden. Neben dem TwinSync-Protokoll von LTI sind in

## Glossar

**B6-Wechselrichter** – Wechselrichter mit einer Schaltbrücke aus 6 Schaltelementen für 3-phasigen Wechselstrom.

**SSI (Synchron-serielle Schnittstelle)** – Standard für protokollbasierte Drehgeber. Weitere Varianten sind Hiperface und EnDat.



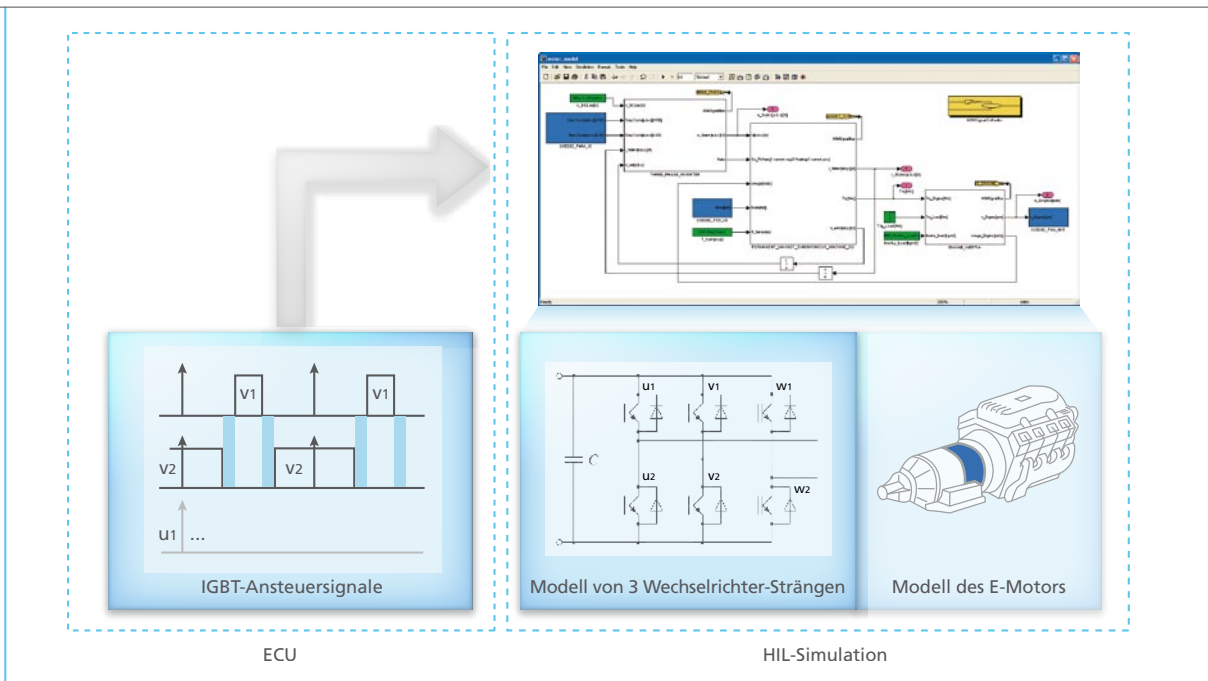


Abbildung 2: Hochgenaue PWM-Vermessung ist eine Teilfunktionalität der EMH-Solution.

Kürze weitere Protokolle für Drehgeber verfügbar wie SSI (synchronserielle Schnittstelle), Hiperface und EnDat.

**Zusätzliche I/O-Signale**

Neben den PWM- und Positionssensorsignalen bietet die EMH-Solution noch weitere Signale, die üblicherweise für die Simulation von Elektromotoren notwendig sind: So können zum Beispiel 6 schnelle, bipolare DAC (Digital Analog Converter)-Kanäle für die Simulation der Motorströme verwendet werden.

Die Auflösung beträgt 12 Bit, die Ausgangstreiber decken einen Spannungsbereich von +/-10 V ab. Ein weiterer unipolarer DAC-Kanal dient der Ansteuerung eines externen Batteriesimulationsnetzteils – damit wird bei einer reinen E-Motor-Simulation kein weiteres I/O-Board im HIL-System erforderlich. Darüber hinaus stehen insgesamt 4 bipolare Analogeingänge zur Verfügung, die unter anderem zur Messung des Netzteilstromes eingesetzt werden. Zudem stehen 13 digitale Ausgänge für universelle Aufgaben (zum Beispiel

für die Ansteuerung von Relais) zur Verfügung. 3 dieser digitalen Ausgänge sind multifunktional einsetzbar. Sie bieten neben den PWM- und Digitalausgangsfunktionen auch die Möglichkeit der bereits erwähnten winkelsynchronen Signalgenerierung. ■

**Fazit**

Mit der neuen Elektromotor-HIL-Solution ist eine kostengünstige und gleichzeitig leistungsfähige Lösung für die HIL-Simulation von Elektromotoren auf Signalebene verfügbar. Sie kann sowohl im dSPACE Simulator Mid-Size als auch im dSPACE Simulator Full-Size für Einzelsteuergerätestests oder für Integrationstests in Verbundsimulatoren mit mehreren dSPACE Simulatoren zur Simulation von Hybrid- und Elektrofahrzeugen oder auch elektromechanischer Antriebe verwendet werden.

Außerdem lassen sich kompakte Systeme für Industrieanwendungen, beispielsweise für den Test von industriellen Servoumrichtern, aufbauen.

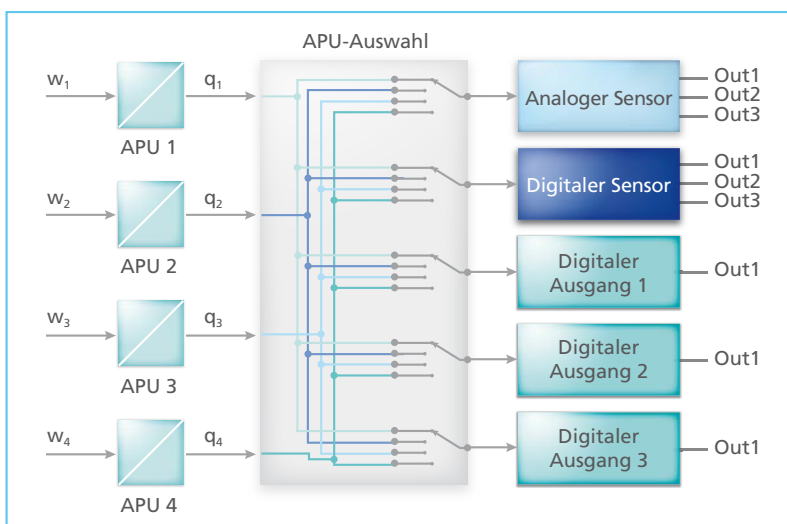


Abbildung 3: Vier unabhängige APUs ermöglichen die zeitlich sehr genaue Simulation der Positionssensorsignale.