

FPGA-Prozessor-Kombination macht  
die MicroAutoBox noch flexibler

# Flexibel?

# Logisch!





Rapid-Control-Prototyping-Systeme (RCP-Systeme) wie die dSPACE MicroAutoBox II bilden mit ihrem leistungsfähigen Prozessor eine ideale Plattform für den modellbasierten Entwurf und die Erprobung neuer Reglerkonzepte. In Anwendungen mit speziellen Anforderungen an die I/O können allerdings FPGAs ihre Stärken ausspielen und als Ergänzung zum Prozessor die Leistung und Flexibilität dieser Systeme erheblich steigern.

RCP-Systeme wie die dSPACE MicroAutoBox II haben sich für den schnellen modellbasierten Entwurf und den Test neuer Reglerkonzepte etabliert. Per Knopfdruck können Reglermodelle auf der Echtzeit-Hardware implementiert werden, und zur Laufzeit lassen sich Modellparameter verändern und Signale erfassen. Um eine nahezu uneingeschränkte Entwicklung zu ermöglichen, basieren diese Systeme auf leistungsfähigen Prozessoren, um selbst umfangreiche, rechenintensive Reglermodelle und I/O-Verarbeitung innerhalb kürzester Zykluszeiten ausführen zu können. Allerdings gibt es auch Anwendungen, bei denen schon die I/O-Funktionen so rechenintensiv sind, dass sie die verfügbaren Rechenkapazitäten für die Modellberechnung merklich reduzieren. Hierbei handelt es sich häufig um Anwendungen mit umfang-

reicher, schneller oder paralleler Datenvor- bzw. -nachbearbeitung. In solchen Fällen ist es sinnvoll, die I/O-Funktionen in geeigneter Weise auszulagern. FPGAs bieten aufgrund ihrer Hardware-Architektur und der damit verbundenen schnellen parallelen Abarbeitung die idealen Voraussetzungen hierfür. Hinzu kommt als weiterer Vorteil, dass die Anpassungsfähigkeit und Programmierbarkeit von FPGAs es ermöglicht, auch nachträglich neue I/O-Funktionen umzusetzen oder existierende zu verändern. Im Folgenden werden konkrete Problemstellungen und Lösungsansätze anhand praktischer Beispiele näher erläutert.

#### **Schnelle, komplexe Datenvorverarbeitung via FPGA**

Erfordert eine Anwendung häufige, sehr schnelle I/O-Zugriffe und eine



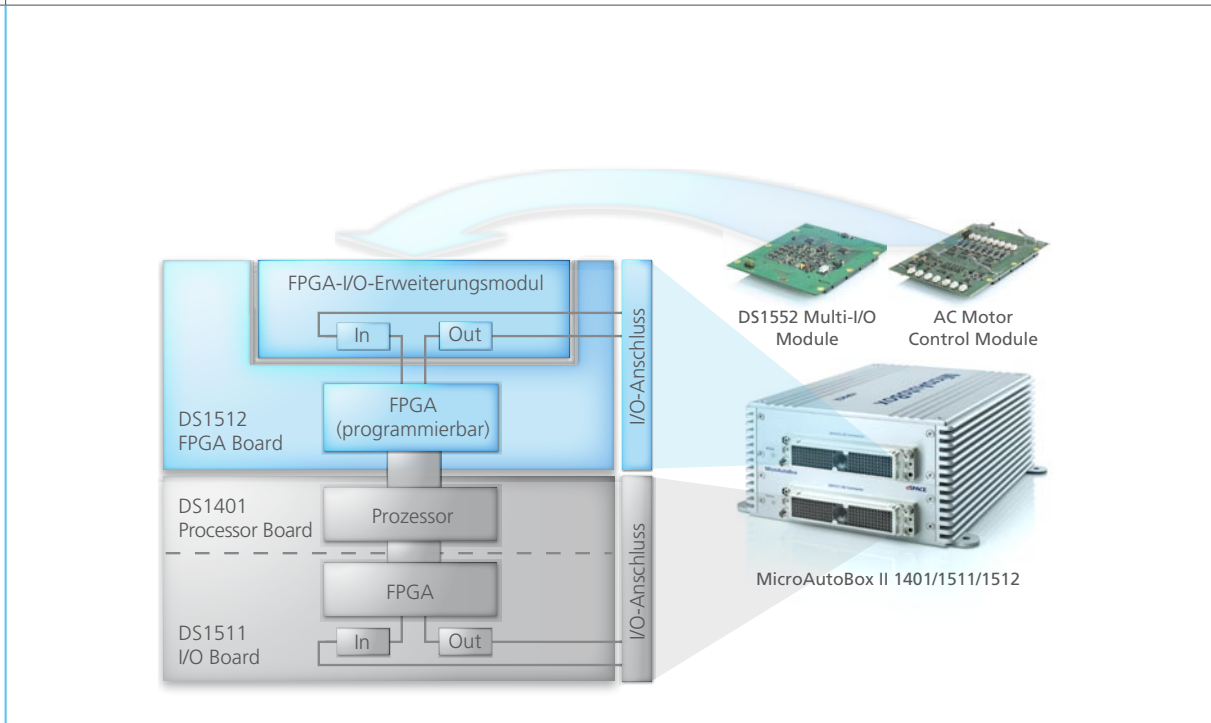


Abbildung 1: MicroAutoBox-II-Varianten 1401/1511/1512 mit programmierbarem FPGA und Steckplatz für I/O-Module.

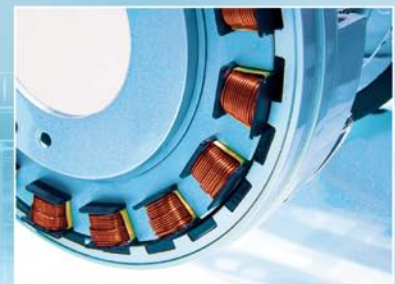
komplexe Datenvorverarbeitung oder -analyse wie z. B. eine Hoch- oder Tiefpassfilterung oder eine Fast-Fourier-Transformation von Messwerten, ist es sinnvoll, dass vorgelagerte FPGAs diese Aufgabe übernehmen. Dadurch kann die Belastung des Prozessors gesenkt und so wertvolle Rechenkapazität für die eigentliche Reglerberechnung freigesetzt werden. Dabei erlauben FPGAs, sowohl die Signalvorver-

arbeitung verschiedener I/O-Kanäle als auch einzelne Funktionen zu parallelisieren und völlig unabhängig voneinander auszuführen. So kann die Berechnung beschleunigt und ein deterministisches Zeitverhalten erreicht werden. Zudem lässt sich die Anzahl der I/O-Kanäle skalieren, ohne eine Beeinflussung der Latenzzeiten befürchten zu müssen. Die gleichen Eigenschaften prädestinieren FPGAs auch für den Entwurf schneller,

kaskadierter Regler, wobei der unterlagerte Regleranteil auf dem FPGA implementiert wird und dort problemlos Zykluszeiten von 10  $\mu$ s bzw. Abtastfrequenzen von 100 kHz und mehr erreicht werden können.

#### I/O-Funktionen flexibel nachrüsten

Auch wenn RCP-Systeme eine Vielzahl unterschiedlicher I/O-Funktionen unterstützen, kann es dennoch vorkommen, dass eine für eine Anwen-



- Das FPGA erlaubt die schnelle und latenzarme Analyse großer Datenmengen unabhängig vom Prozessor. Dadurch ermöglicht es die Entwicklung innovativer Brenn-

verfahren zur Verbrauchs- und Abgasreduktion von Fahrzeugen. Bei der Umsetzung neuer elektrischer und hybrider Antriebskonzepte wird es aufgrund der

Fähigkeit, viele parallele Steuer- und Messkanäle synchron anzusteuern, für die Regelung von E-Motoren und Umrichtern eingesetzt.

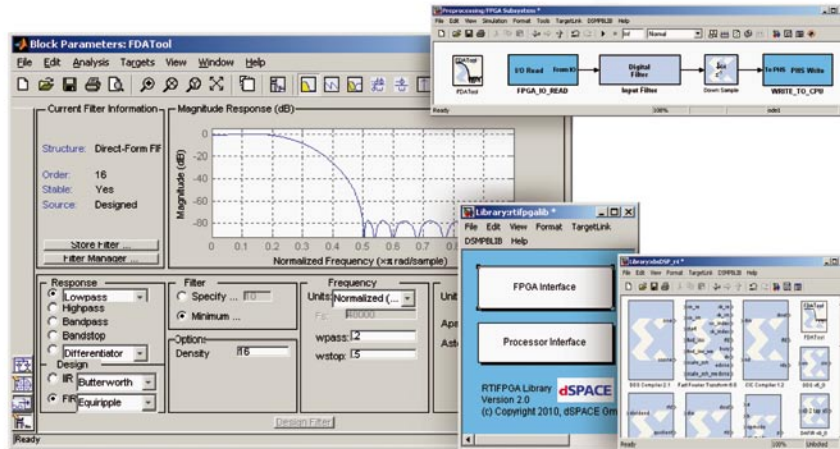


Abbildung 2: Modell eines mit dem Xilinx® System Generator entworfenen und mittels dSPACE FPGA Programming Blockset auf der MicroAutoBox II implementierten Tiefpassfilters als Beispiel für eine FPGA-gestützte, modellbasierte Signalverarbeitung.

derung notwendige, spezifische Schnittstelle nicht verfügbar ist. Dies kann verschiedene Gründe haben, beispielsweise, dass die Schnittstelle sehr speziell, ihre Schnittstellenspezifikation nicht öffentlich verfügbar oder der Bedarf zum Zeitpunkt der Beschaffung des RCP-Systems noch nicht bekannt ist. Wünschenswert ist daher die Möglichkeit, jederzeit I/O-Funktionen nachrüsten oder verändern zu kön-

nen. Die dazu nötige Flexibilität bieten FPGAs, auf denen sich fast beliebige digitale Schaltungen implementieren und im Gegensatz zu festverdrahteten Schnittstellenbausteinen (z. B. ASICs) jederzeit ändern lassen. So kann der Anwender beispielsweise je nach Bedarf verschiedene serielle Protokolle für die Anbindung von Sensoren unterschiedlicher Hersteller implementieren.

### Modellbasierte Entwicklung vereinfacht FPGA-Programmierung

Traditionell werden FPGAs mit textbasierten Hardware-Beschreibungssprachen wie VHDL oder Verilog programmiert. Diese ermöglichen zwar den Zugriff auf alle Ressourcen des FPGAs und eine Optimierung von Funktionen bis ins letzte Detail, setzen aber auch Spezialkenntnisse beim Anwender voraus. Steht jedoch niemand zur Verfügung, der über

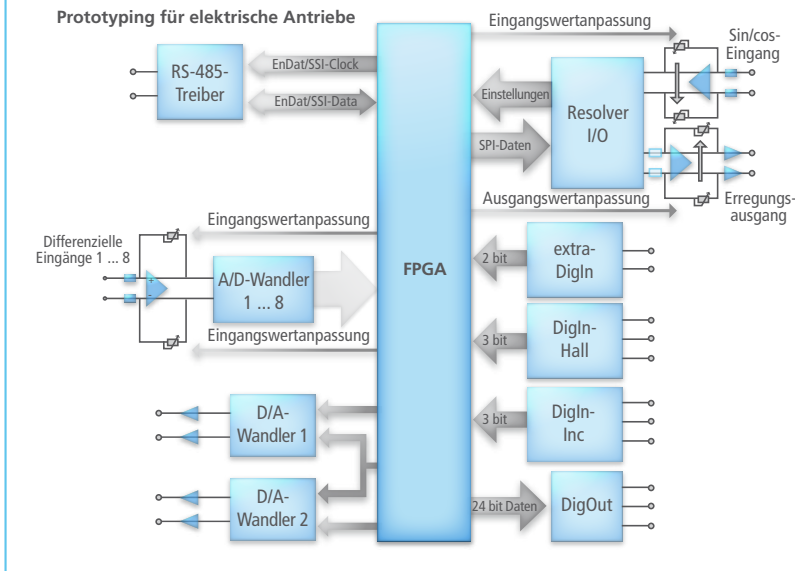


■ Die Architektur des FPGAs eignet sich besonders für eine schnelle, parallele Datenvorverarbeitung, z. B. für eine vielkanalige Filterung und Frequenzanalyse. Dies

ermöglicht u. a. die Nutzung in Systemen zur hochwertigen aktiven Vibrationsdämpfung oder Schallreduktion sowie zum sogenannten „Health and Usage

Monitoring“ (HUMS), wie sie im Maschinenbau, in der Bahntechnik, bei Kraftfahrzeugen und in der Luftfahrt zum Einsatz kommen.

## AC Motor Control Solution



Das direkte Prototyping elektrischer Antriebsregelungen unterstützt die AC Motor Control (ACMC) Solution der MicroAutoBox II. Auf dem FPGA-basierten Erweiterungsmodul sind die typischen Schnittstellen für die Ansteuerung der Leistungsendstufen und der Rotorpositionserfassung elektrischer Antriebe enthalten. Die Solution besteht aus einem Komplettpaket aus Hardware- und Software-Komponenten (ACMC Modul, RTI ACMC Blockset, Simulink-Demo-modelle), das einen schnellen und komfortablen Einstieg ermöglicht.

ausreichende VHDL-Kenntnisse und Erfahrungen mit der FPGA-Technologie und ihren spezifischen Eigenschaften verfügt, so kann der modellbasierte Entwicklungsansatz helfen, den Einstieg zu erleichtern. Das Xilinx® System Generator Blockset erlaubt es, in MATLAB®/Simulink® modellbasiert Funktionen zu entwickeln und direkt ohne manuelle Zwischenschritte auf dem FPGA zu implementieren. Dadurch kann der Anwender seine gewohnte Entwicklungsumgebung weiterverwenden

und sich auf den Funktionsentwurf konzentrieren. Zusätzlich unterstützt dieses Blockset den Entwickler mit komfortablen Werkzeugen, etwa für den Entwurf digitaler Filter oder mit der Möglichkeit, auch existierenden VHDL- oder Verilog-Quellcode in das Modell einzubinden (Abbildung 2).

### MicroAutoBox II mit FPGA

Aufgrund der genannten Vorteile hinsichtlich der I/O-Verarbeitung setzt dSPACE bei der neuesten Generation der MicroAutoBox II

konsequent auf FPGAs. Um dem Entwickler auch die Flexibilität der freien FPGA-Programmierung zugänglich zu machen, bietet dSPACE die 1401/1511/1512-Variante der MicroAutoBox II an (Abbildung 1). Diese enthält ein in VHDL oder mittels Xilinx® System Generator frei programmierbares FPGA-Board auf Basis eines Spartan-6-FPGAs von Xilinx. Um Latenzzeiten für die I/O-Verarbeitung möglichst gering zu halten, ist das FPGA über einen schnellen parallelen I/O-Bus an den



- Auf Basis des FPGAs lassen sich kaskadierte, hochdynamische Regler implementieren z. B. für sehr schnelle, sehr genaue Positionierungsaufgaben oder für eine

Regelung mit besonders hoher Steifigkeit. Anwendungen finden sich unter anderem in der Automatisierungstechnik, der Medizintechnik und der Robotik. Dank

der Möglichkeit, Funktionen im FPGA zu parallelisieren, lassen sich auch sehr umfangreiche Multiachssysteme latenzarm und deterministisch ansteuern.



## I/O-Erweiterungsmodule für die dSPACE MicroAutoBox II

	DS1552 Multi-I/O Module	AC Motor Control Solution	Kundenspezifische Hardware-Module
Modellbasierte Entwicklung für CPU	✓	✓	🔧
Modellbasierte Entwicklung für FPGA	✓		🔧
VHDL-basierte Entwicklung für FPGA	✓		🔧

- ✓ = Verfügbar als Standard-Produkt oder dSPACE Solution  
 🔧 = Entwicklung durch die dSPACE Engineering Services auf Anfrage

Prozessor angebunden und bietet direkte Schnittstellen zu den I/O-Wandlern. Die I/O-Wandler selbst sind aus Gründen der Flexibilität auf separate, auf das FPGA-Board steckbare I/O-Module ausgelagert und lassen sich je nach Anwendung austauschen. Um ein breites Anwendungsspektrum zu ermöglichen, bietet dSPACE mit dem DS1552

Multi-I/O Module ein universelles I/O-Modul, das über eine Vielzahl schneller und leistungsfähiger I/O-Wandler sowie verschiedene serielle Schnittstellen verfügt. Die Einbindung dieses Moduls in die modellbasierte Entwicklungsumgebung Simulink wird dabei durch das dSPACE RTI FPGA Programming Blockset ermöglicht (Abbildung 2).

Neben der zuvor beschriebenen universellen Nutzbarkeit kann das FPGA-Board aber auch zur anwendungsspezifischen I/O-Erweiterung verwendet werden. Mit dem AC Motor Control Module (ACMC) existiert eine Lösung, die speziell für die Regelung von Elektromotoren ausgelegt ist. Dabei handelt es sich um ein Modul mit einer Vielzahl spezifischer Schnittstellen für die verschiedenen Arten der Rotorpositionserfassung (Schnittstellen u.a. für Hall-Sensoren, Encoder, Resolver, EnDat, SSI) und die Ansteuerung der Leistungsendstufen. Unterstützt wird dieses Modul von einem vordefinierten I/O-Blockset für Simulink, mit dem sich die grundlegenden Kommutierungsverfahren (Block- und Sinus-Kommutierung) sowie PWM-synchrone Mess- und Ansteuerkanäle realisieren lassen. In Fällen, in denen eine Anwendung eine darüber hinausgehende Unterstützung spezieller Wandler oder I/O-Funktionen erfordert, kann auch eine kundenspezifische Lösung entwickelt und dank des Modulkonzepts einfach integriert werden. ■

Zu Lande, zu Wasser und in der Luft – mit einem FPGA-Modul ergeben sich nahezu grenzenlose Einsatzszenarien für die MicroAutoBox II.



■ Die Möglichkeit des FPGAs, synchron hochauflösende Signale zu generieren und zu vermessen, erlaubt auch den Einsatz am Prüfstand und in der Industrieauto-

mation. Dass steilflankige digitale Filter direkt im FPGA implementiert werden können, vereinfacht den Einsatz in stark verrauschten Umgebungen.

### Fazit

Jede Anwendung stellt spezielle Anforderungen an ein RCP-System. dSPACE bietet mit der MicroAutoBox II eine universelle Komplettlösung, die gleichzeitig eine sehr hohe Flexibilität aufweist. Per FPGA können anwendungsspezifische Funktionen nachgerüstet oder erweitert werden. Die grafische Programmierung erlaubt es dem Anwender, das Entwicklungssystem einfach und komfortabel an besondere Anforderungen anzupassen. Ausgerüstet mit einem FPGA-Erweiterungsmodul ist die MicroAutoBox II die ideale Prototyping-Lösung für ein sehr breites Anwendungsspektrum.

Eingeschränkte Verfügbarkeit des RTI FPGA Programming Blocksets außerhalb Europas und Asiens, bitte fragen Sie dSPACE.