

Prototyping auf dem neuesten Stand

➤ **dSPACE Prototyper für neues Motorsteuerungskonzept**

➤ **System für Fullpass-Motorsteuerung**

➤ **Leistung und Skalierbarkeit für die Zukunft**

Viele Jahre kam bei PSA Peugeot Citroën für das Prototyping neuer Motorsteuerungsfunktionen ein intern entwickeltes, teilweise auf dSPACE-Hardware basierendes Tool zum Einsatz. Dann machte ein neues Motorsteuerungskonzept mit hochkomplexen TPU-Funktionen (Time Processor Unit) ein Prototyping-Tool mit noch mehr Leistung erforderlich. Durch die Leistungsfähigkeit der dSPACE-Prototyping-Hardware ist es möglich, die neuen Aufgaben anzugehen und gleichzeitig für zukünftige Projekte flexibel zu bleiben.

Eine Motorsteuerung ist ein sehr komplexes System, in dem sowohl zeitbasierte als auch winkelbasierte Berechnungen ablaufen. Die winkelbasierte Berechnung ist von größter Bedeutung, da die Einspritz- und Zündimpulse von bestimmten Winkelpositionen des Motors ausgelöst werden. Position und Drehzahl des Motors werden aus den von Nockenwellen- und Kurbelwellensensoren bereitgestellten Daten berechnet. Die TPU hat die Aufgabe, Position und Drehzahl des Motors zu berechnen und daraus Einspritz- und Zündsignale an der richtigen Winkelposition zum richtigen Zeitpunkt unter Berücksichtigung von Beschleunigung und Verlangsamung des Motors korrekt zu generieren.

Bei der Entscheidung für ein neues Prototyping-Tool zur Umsetzung des neuen Motorsteuerungskonzepts spielten folgende Faktoren eine wichtige Rolle:

- TPU-Funktionalität für bis zu 6 Zylinder (Synchronisierung von Kurbelwelle/Nockenwelle, mehrfache Einspritz- und Zündimpulse)
- Klopfsignalerfassung und schnelle Erfassung (bis zu 50 kHz) relevanter Motorsignale
- Kompatibilität mit den Arbeitsabläufen bei PSA Peugeot Citroën, zum Beispiel volle Kompatibilität zu MATLAB®/Simulink®
- Hardware-Flexibilität bei allen zukünftigen Anforderungen
- Signalkonditionierung für die Schnittstelle zwischen Echtzeit-Hardware und Motor

Wir wollten das neue Prototyping-Tool nicht wie das vorherige Tool intern entwickeln. Daher wendeten wir uns mit den genannten Anforderungen an vier verschiedene Unternehmen. Bezüglich der Hardware-Lösung gab es keine bestimmten Vorgaben, so dass Hardware-Lösungen, basierend auf VME, CompactPCI und dSPACE möglich waren, aber keine zwingend vorgeschrieben wurde.

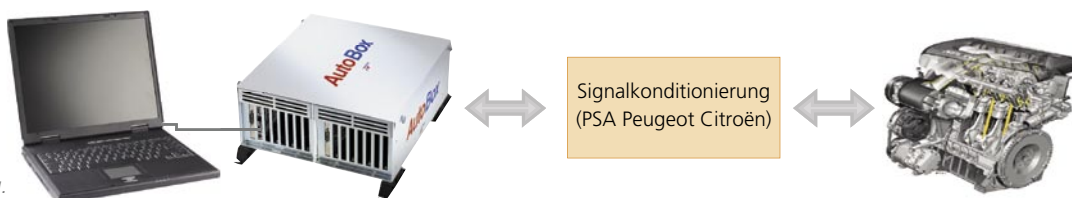
Die Entscheidung für ein neues Prototyping-Tool

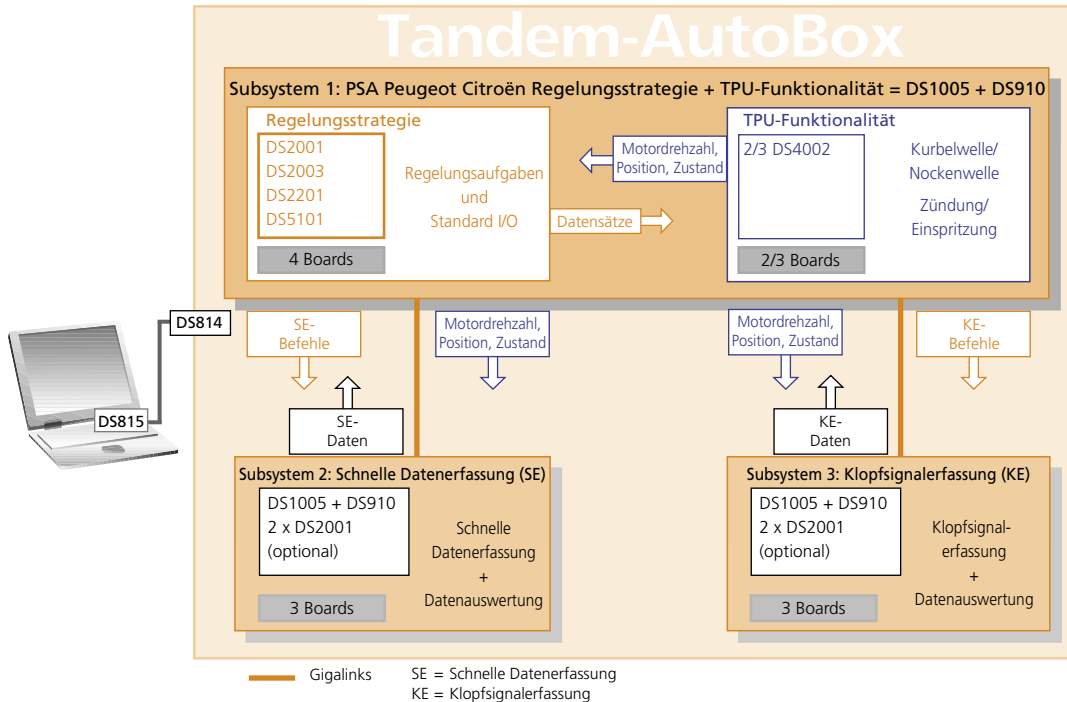
Letztlich haben wir uns aufgrund der Leistungsfähigkeit und der Skalierbarkeit für die dSPACE-Hardware entschieden, da wir wussten, dass uns diese Merkmale auch für zukünftige Projekte von Nutzen sein werden. Darüber hinaus war es so möglich, unsere Budget-Planung einzuhalten.

Die Konfiguration der Echtzeit-Hardware basiert auf modularer dSPACE-Hardware im Multiprozessorbetrieb:

- Ein Subsystem (größtenteils basierend auf einem DS1005 PPC Board und mehreren DS4002 Timing and Digital I/O Boards) als Kern der Motorsteuerung: TPU-Funktionalität wie Zündung, Einspritzung und Kurbelwelle sowie die Regelungsstrategie von PSA Peugeot Citroën
- Ein Subsystem (basierend auf einem DS1005 PPC Board und mehreren DS2001 High-Speed A/D Boards) für die schnelle Erfassung der relevanten Motorsignale

► *Das Rapid Control Prototyping-System für Fullpass-Motorsteuerung.*





▲ Das modulare Hardware-System mit Multiprozessor-Konfiguration ist der Kern des anspruchsvollen Rapid Control Prototyping-Systems.

- Ein Subsystem (basierend auf einem DS1005 PPC Board und mehreren DS2001 High-Speed A/D Boards) für die Erfassung der Klopfsignale

Aus folgenden Gründen fiel die Entscheidung für dieses Projekt auf ein Multiprozessorsystem:

- Das Glasfaser-Kommunikationsmodul DS910 mit 1,25 Gbit/s zwischen den Prozessorkarten ermöglicht eine hohe Rechenleistung für den Datenaustausch zwischen den Subsystemen.
- Die Multiprozessor-Hardware bietet überdurchschnittliche Modularität, was das Hinzufügen und Entfernen der Subsysteme stark vereinfacht.
- Während die Hauptfunktionen auf dem Hauptprozessor mit einer Abtastzeit von bis zu 100 µs ausgeführt werden, erfassen intelligente I/O-Subsysteme die Daten sogar mit einer Abtastzeit von bis zu 16 µs.

Die Konfiguration der gesamten Echtzeit-Hardware basiert auf standardisierten dSPACE-Produkten. Daher musste keine zusätzliche Hardware entwickelt werden, wodurch sowohl Kosten als auch Risiken beträchtlich reduziert wurden. Die Hardware für die Signalkonditionierung wurde von PSA Peugeot Citroën entwickelt.

Anpassung der Software

Software-Entwicklung war nur notwendig, um bestimmte Anforderungen mit Hilfe von in C-Code geschriebenen S-Funktionen in das Simulink-Modell zu integrieren. Dazu gehörten die TPU-Funktionalität auf den DS4002 Timing and Digital I/O Boards sowie das Erfassen von Klopfsignalen und schnelle Signalerfassung auf den DS2001 High-Speed A/D Boards.

Diese Engineering-Aufgaben wurden von der dSPACE GmbH in Deutschland und von dSPACE Sarl in Frankreich durchgeführt. Obwohl wir sie intern hätten durchführen können, zogen wir es vor, für die I/O-Board-Programmierung auf das dSPACE-Know-how zurückzugreifen.

Die speziell für uns entwickelte TPU-Funktionalität kann mit Hilfe des umfassenden Engine Control Blocksets leicht parametrisiert werden, da das Blockset direkt im Simulink-Modell eine grafische Benutzeroberfläche auf die C-Funktionen bietet. Mit dieser Oberfläche ist es sehr einfach, Parameter wie die Form der Nockenwelle oder die Anzahl der Einspritz- oder Zündimpulse pro Zylinder zu verändern. Zudem konnte die Konfiguration der Hardware optimiert werden: Abhängig von den Anforderungen der unterschiedlichen Motorsteuerungsprojekte

können ein, zwei oder drei Subsysteme eingesetzt werden, so dass die Kosten kalkulierbar bleiben. Darüber hinaus ist es möglich, das erste Subsystem (4 oder 6 Zylinder) durch Entfernen einiger Boards und Auswählen der geeigneten Option in einem der Blockset-Dialoge zu skalieren.

Validierung durch ein Hardware-in-the-Loop-System

Die Entwicklung wurde in drei Schritten validiert. Der erste Schritt wurde von dSPACE auf einem Hardware-in-the-Loop-Simulator (HIL), basierend auf einem DS1005 PPC Board und einem DS2210 HIL I/O Board, durchgeführt, anstatt auf dem realen Motor. Das DS2210 war dabei eine große Hilfe, da es die Erzeugung der Nockenwellen- und Kurbelwellensignale sowie die Erfassung der Einspritz- und Zündsignale ermöglicht. Die gesamte Funktionalität wurde auf diesem System getestet. Der Einsatz eines HIL-Simulators hat zahlreiche Vorteile:

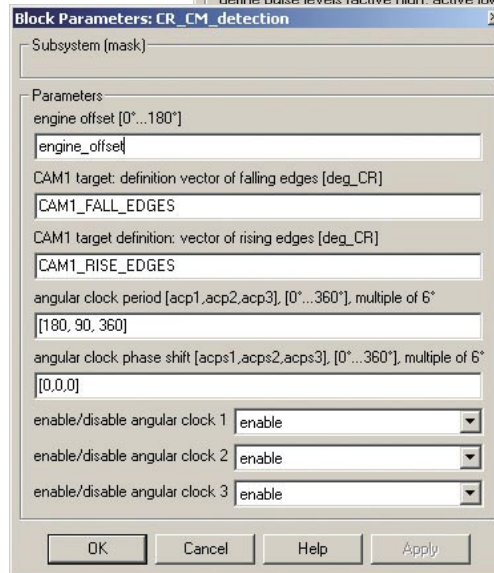
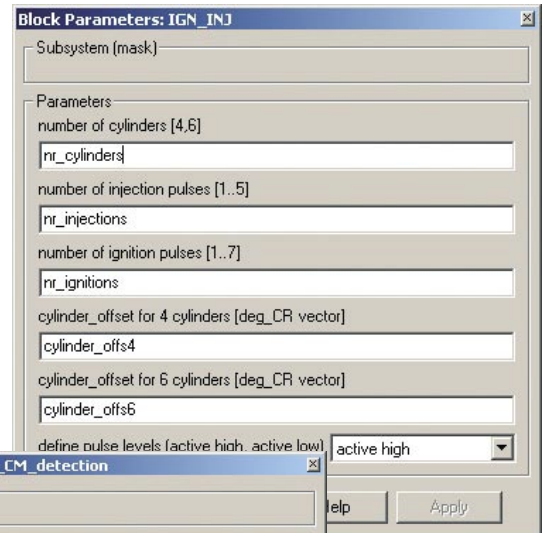
- Die im Engine Control Blockset implementierte TPU-Funktionalität kann in Echtzeit getestet werden, ohne dass der reale Motor möglicherweise beschädigt wird.
- Tests können aufgrund der Möglichkeiten von ControlDesk und des DS2210 Boards sehr flexibel konfiguriert werden.
- Tests können mit ControlDesk TestAutomation (jetzt ersetzt durch AutomationDesk) systematisch durchgeführt werden.

Die letzten beiden Schritte wurden schließlich bei uns im Haus durchgeführt: Tests auf dem internen Prüfstand, gefolgt von erfolgreichen Tests auf einem realen Motor, um die Umgebungseinflüsse wie zum Beispiel Signalrauschen zu untersuchen.

Bereit für weitere Projekte

Mit dem neuen Rapid Control Prototyping-System können anspruchsvolle Motorfunktionen entwickelt werden – heute und in zukünftigen Projekten.

Natalia Lestrée, Laurent Genelot
PSA Peugeot Citroën
Frankreich



Mit der grafischen Benutzeroberfläche des Engine Control Blocksets lassen sich Parameter leicht verstellen.

In das neue Motorsteuerungskonzept bei PSA Peugeot Citroën ist die hochkomplexe TPU-Funktionalität für Benzin-Direkteinspritzung integriert:

- Mehrfacheinspritzung (bis zu 5 Pulse) und -zündung (bis zu 7 Pulse) für bis zu 6 Zylinder
- 0,1° Auflösung
- Motordrehzahlbereich: 40 bis 10 000 U/min
- Management für Pulsüberlappung
- Schnelle (Klopf-)Signalerfassung (ca. 20 Signale bei einer Abtastzeit von bis zu 16 µs)
- Volle Kompatibilität zu MATLAB/Simulink