

Plug & Play

Zahlreiche Steuergeräte mit Hilfe
automatisierter Sequenzen getestet



Delphi Diesel Systems entwickelte automatisierte Integrations- und Feature-Tests für unterschiedliche Steuergeräte von Diesel-Motormanagementsystemen. Die Herausforderung lag darin, das Testsystem so nahtlos wie möglich an andere Steuergeräte-Versionen anzupassen. Die vielseitige Software und Hardware von dSPACE stellte dafür eine durchgängige Tool-Umgebung bereit.



Die Herausforderung

Die zunehmende Komplexität der eingebetteten Regler automotiver Anwendungen hat den Bedarf an Hardware-in-the-Loop (HIL)-Prüfstandtests und Validierung drastisch erhöht. Damit wird auch die Zahl anspruchsvoller Kundenanforderungen immer höher, die Steuergeräte-Software erfüllen muss. Delphi Diesel Systems (DDS) entwickelt daher auf HIL basierende automatisierte Testreihen für unterschiedliche Steuergeräte von Diesel-Motormanagementsystemen. Unterstützt werden sie dabei von dSPACE Ltd.

HIL-basierte automatisierte Tests

Manuelle Steuergerätestests stellen nur für einen sehr kleinen Teil der Validierungsaufgaben eine geeignete Alternative dar. Das erklärt, warum jeder Tool-Anbieter bestrebt ist, Echtzeitplattformen anzubieten, die die Entwicklung und die Ausführung automatisierter Tests unterstützen.

„Die Interaktion der dSPACE-Werkzeuge war sehr effizient und sparte uns eine Menge Zeit.“

Giuseppe Raffa, Delphi Diesel Systems

dSPACE adressiert diese Thematik erfolgreich mit AutomationDesk. Das Werkzeug spielt seit Anfang 2008 eine wichtige Rolle in den DDS-Entwicklungsaktivitäten. Neben dem Flowchart-ähnlichen Ansatz, der sowohl den Testentwurf als auch das Sequenz-Debugging vereinfacht, bietet AutomationDesk zwei wesentliche Vorteile:

- AutomationDesk basiert auf Python. Somit lässt sich jedes mit Standard-Python entwickelte Anwenderskript oder jede so entwickelte Bibliothek leicht in automatisierte Tasks integrieren. DDS arbeitet bereits mit AutomationDesk-

Projekten, die ControlDesk-Makros, Drittanbieter-Python-Module wie Pylab und Matplotlib sowie Tkinter-basierte GUIs verwenden. Eine beispielhafte grafische Oberfläche ist in Abbildung 1 dargestellt. Zudem

AutomationDesk-Bibliothek aufgerufen werden können. Die Interaktionsmöglichkeit mit der dSPACE-Applikationsumgebung CalDesk (insbesondere über CCP on CAN) erwies sich als sehr effektiv, da die Steuergeräte-Software während der Sequenzausführung überwacht oder neu appliziert werden konnte, ohne dass weitere Werkzeuge notwendig waren.

Als Folge wurden alle von DDS entwickelten HIL-basierten automatisierten Tests mit Hilfe der Komponenten implementiert, die in Abbildung 2 dargestellt sind.

Hardware-Aufbau

Um die Investitionsrentabilität zu maximieren, entschied sich DDS für einen Simulator, basierend auf einer doppelten dSPACE-Mid-Size-Konfiguration (Abbildung 3). Als Standardprodukt bietet diese Plattform geringe Anschaffungskosten, ohne dabei nennenswerte Performance-Kompromisse einzugehen.

Dank der offenen Architektur des doppelten Mid-Size-Systems, zu dem ein DS1005 Processor Board und DS2211/DS2202 HIL Boards gehören, erzielte DDS folgende Ergebnisse:

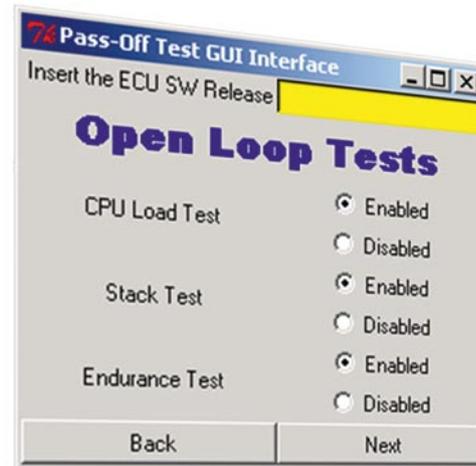
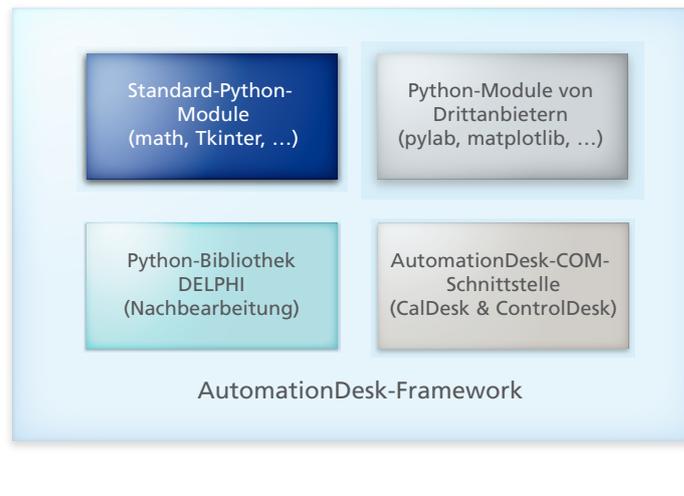


Abbildung 1: Eine mit dem Python-Modul Tkinter erstellte GUI. Mit diesen grafischen Oberflächen lassen sich AutomationDesk-Projekte konfigurieren.

- Leichte Verwaltung und leichter Support verschiedener Steuergeräte-Konfigurationen. Ein Simulator ist mit dem eingebetteten Regler über eine steuergerätespezifische Testumgebung verbunden, deren Struktur standardisiert ist. Somit ist eine geeignete Schnittstellenkonfiguration erforderlich, wenn der HIL-Simulator für ein anderes Projekt eingesetzt werden soll. Da diese Installation aber nur wenige Minuten dauert, verlängert die gewählte Plattform die Betriebszeit des Prüfstands beträchtlich.
- Die Mehrzahl der Steuergeräte-Pins wird immer den DS2211-Kanälen zugewiesen. Im Vergleich zum DS2202 verfügt dieses HIL-I/O-Board über eine APU (Angular Processing Unit). Diese Lösung gibt automatisch viele Kanäle auf dem DS2202 frei, die für den Betrieb zusätzlicher Boards und Regler genutzt und mit dem Hauptsteuergerät verbunden werden müssen.

Abbildung 2: Komponenten, die DDS für die Implementierung HIL-basierter Tests verwendet hat. Sie lassen sich in AutomationDesk-Sequenzen integrieren.



Ein HIL-Simulator lässt sich mit geringem Aufwand an zukünftige Projekte anpassen. Dafür muss zwar eine neue Umgebung entworfen werden, allerdings ist es möglich, eine bestimmte Steuergeräte-Funktionalität immer demselben Simulorkanal zuzuweisen. Dadurch lässt sich die Plattformkonfiguration deutlich vereinfachen.

Evaluierung der CPU-Last

Dank der oben beschriebenen Architektur konnte DDS automatisierte Testsequenzen für die Integrations- und Feature-Tests entwickeln. Der CPU-Lastentest ist dabei einer der interessantesten. Die Quantifizierung der CPU-Belegung beim Stimulierungspfang des Reglers ist entscheidend



Abbildung 3: Doppelter Mid-Size-HIL-Simulator.

Glossar

Tkinter – Standardmodul für die Erstellung objektorientierter GUIs in Python: Weitere Informationen siehe M. Lutz, „Programming Python“, 3rd Edition, O’Reilly Media.

Matplotlib – Python-Plotting-Bibliothek für die Erstellung von 2D-Abbildungen. Weitere Information siehe www.matplotlib.sourceforge.net

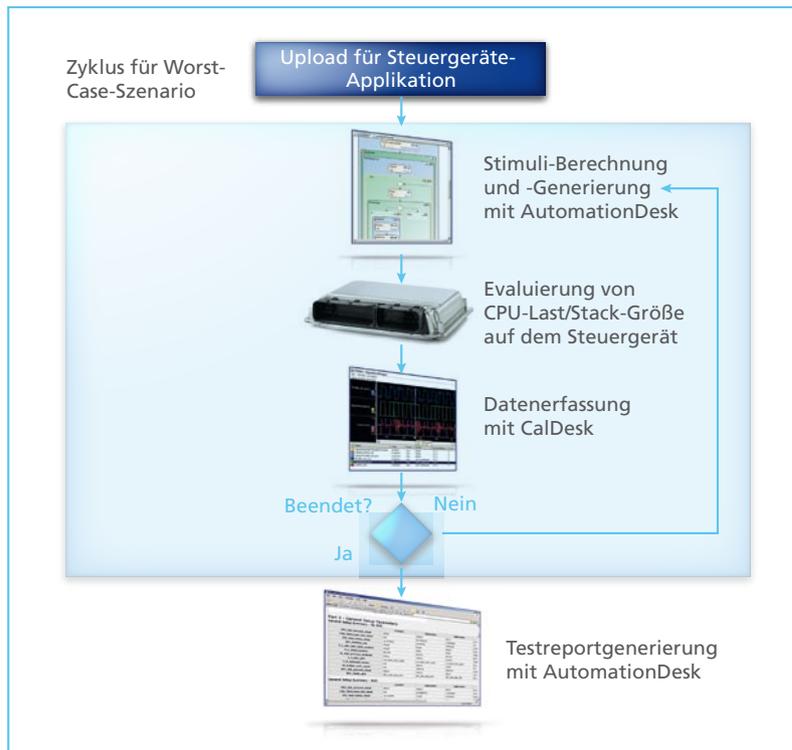


Abbildung 4: Von DDS entwickelter CPU-Lastentest.

bei der Bewertung, ob eine gegebene Hardware-Software-Integration die initialen Anforderungen tatsächlich erfüllt und welche Grenzen für weitere Entwicklungen zu beachten sind.

Wie in Abbildung 4 gezeigt, ermöglicht AutomationDesk die Implementierung einer automatisierten Sequenz, die den eingebetteten Regler gemäß den ausgewählten Worst-Case-Szenarien stimuliert. Die Steuergeräte-Software umfasst eine Funktion, die die CPU-Last als Prozentsatz der Hauptzykluszeit misst, die für eine bestimmte Task notwendig ist. Die Ergebnisse werden den Applikationswerkzeugen in Form einer Messgrößenreihe zur Verfügung gestellt, die für die Evaluierung der durchschnittlichen CPU-Last unter allen Testbedingungen verwendet werden kann. Für die Generierung des Testreports werden diese Mess-

„Dank der dSPACE-HIL-Architektur lässt sich das Testsystem ohne viel Aufwand an zukünftige Projekte anpassen.“

Riccardo Carrozzo, Delphi Diesel Systems

größen so nachbearbeitet, dass sie als Funktion des Empfangsstimulus angezeigt werden.

Implementierung des Lebensdauertests

DDS legt größten Wert auf Sicherheit und Zuverlässigkeit. Vor diesem Hintergrund wurden automatisierte Sequenzen entworfen, die mögliche Probleme in Zusammenhang mit der Lebensdauer ansprechen. Das zugrunde liegende Prinzip dieser Testgruppen besteht in der Erstellung fehlerhafter Bedingungen auf der physikalischen Schnittstelle des

Steuergerätes, um die Robustheit des Reglers sowohl hardware- als auch softwareseitig zu evaluieren. Ein Beispiel dieser Tests ist in Abbildung 5 dargestellt. Das wiederholte Reduzieren der Batteriespannung während des Reglerbetriebs ist eine effektive Testmöglichkeit für das Verhalten des nicht flüchtigen Steuergerätespeichers. Eine Sequenz dieser Art, die über Nacht hundertfach ausgeführt werden kann, lässt sich schnell durch Betreiben der Stromquellen im Simulator gemäß vordefinierten Zyklen implementieren.

Weitere Entwicklungen

Bei DDS laufen mehrere AutomationDesk-bezogene Entwicklungsaktivitäten parallel. Die zurzeit verfügbaren HIL-basierten Sequenzen müssen erweitert werden, um ein breiteres Spektrum an Konfigurationsparametern zu erfassen und deren Ausführung zu vereinfachen. Des Weiteren

werden umfassendere Integrations-tests erstellt, um potentielle Probleme anzugehen, die sich durch neue Steuergeräte-Funktionen und automatisch generierten Code ergeben. Im Einzelnen heißt das:

- Es müssen auch andere Software-Performance-Matrizen in Betracht gezogen werden. Zum Beispiel ist jetzt eine Variante der CPU-Last-Testsequenzen verfügbar, die die Messung der Stack-Größe implementiert.
- Die Integration der GUIs in AutomationDesk-Projekte hat erste Priorität, um eine benutzer-



Riccardo Carrozzo (links) –
HIL Team Manager. Er ist verantwortlich für die Modellierung und die HIL-Validierung.

Giuseppe Raffa (Mitte) –
Principal System Engineer. Er entwirft die HIL-/Steuergeräte-Schnittstellen-Umgebungen und entwickelt automatisierte Tests für eingebettete Regler.

Darren Walker (rechts) –
Core Software Manager. Er ist verantwortlich für das Core Software Engineering, dazu gehören die Steuergeräte-Plattform-Software sowie entsprechende Tools und Prozesse.

freundliche Umgebung für die Testprozessverwaltung zu erstellen. Diese kann effektiv genutzt werden, um den gewünschten Satz an Testsequenzen zu konfigurieren und zu starten, ohne dass dafür vertiefte AutomationDesk-Kenntnisse notwendig sind.

- Eine kombinierte Sequenz zur

Evaluierung des Einspritzmanagements und der Performance der Rail-Druck-Steuerung wird derzeit untersucht. Ziel ist die Erstellung automatisierter Testsequenzen, die als Standardvalidierung auf dem HIL-Prüfstand ausgeführt werden, bevor die Validierung im Fahrzeug gestartet wird.

Fazit

Mit AutomationDesk kann DDS eine Vielzahl automatisierter Tests entwickeln, die über mehrere Steuergeräte-Projekte hinweg verwendet werden können. Das dSPACE-Werkzeug erlaubt mit seinen diversen integrierten Blockbibliotheken die nahtlose Anbindung an Applikationswerkzeuge wie CalDesk und an Echtzeit-HIL-Simulatoren. Zudem erleichtern integrierte anpassbare Standard- und Drittanbieter-Python-Module die finale Datennachbearbeitung und garantieren hochwertige Testberichte. Die Wiederverwendbarkeit dieser automatisierten Sequenzen hat sich aufgrund der Offenheit der ausgewählten Hardware-Plattform, des dSPACE-Mid-Size-HILs, sogar noch weiter verbessert. Bei jedem Wechsel des Prüfstands auf einen anderen Regler muss nur die Schnittstellenumgebung neu installiert werden. Dargestellt wurden zwei reale Beispiele für HIL-basierte automatisierte Sequenzen. Diese verdeutlichen nicht nur die Effektivität der Integration von AutomationDesk und CalDesk, sondern auch, wie DDS die Qualität und Zuverlässigkeit seiner eingebetteten Regler erhöht. ■

*Riccardo Carrozzo, Giuseppe Raffa,
Darren Walker
Delphi Diesel Systems
Großbritannien*

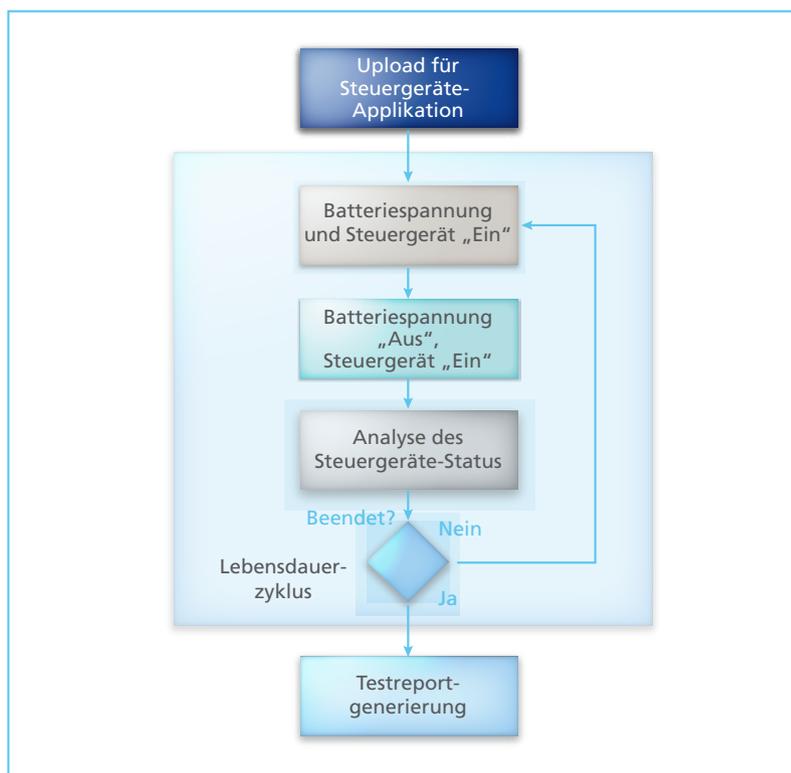


Abbildung 5: Von DDS entwickelter Lebensdauer-test.