



Automatisierter Entwicklungsprozess
mit TargetLink und EmbeddedTester

Agiler Prozess

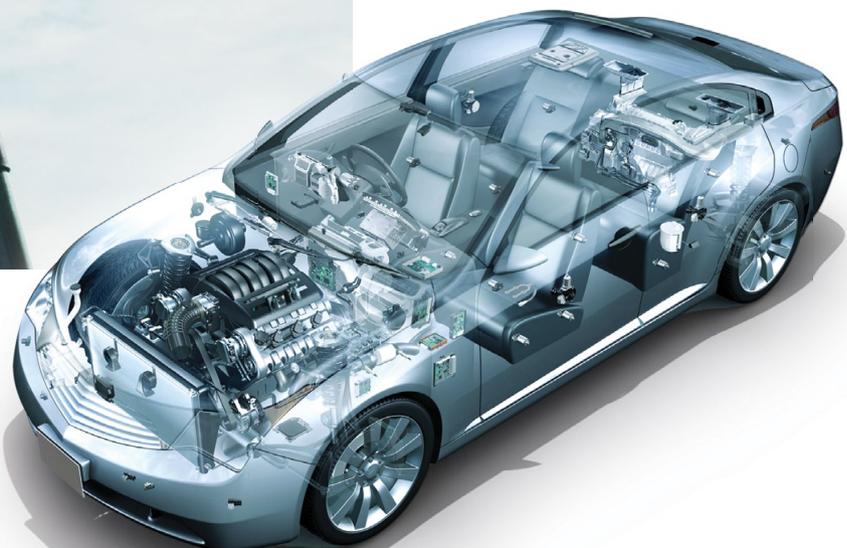
Freitagnachmittag. Dringender Anruf beim Zulieferer. Der Kunde hat einen Änderungswunsch für sein Steuergerät. Ist die neue Funktion noch in der geplanten Zeit und mit dem vollen Qualitätsversprechen umsetzbar?

Das Aachen Engineering Center (AEC) agiert als lokales Entwicklungszentrum der DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH mit der klaren Zielsetzung, europäischen Kunden in der Produktentwicklung eng zur Seite zu stehen und sie mit einer marktspezifischen Produktpalette optimal zu unterstützen. Dazu wird der hohe technologische Standard sowie die Innovationskraft des europäischen Marktes genutzt, um Entwicklungen in den Bereichen Motorsteuerung und Antriebsstrang, Elektrik und Elektronik, Hybridtechnologien sowie Information & Safety voranzutreiben.

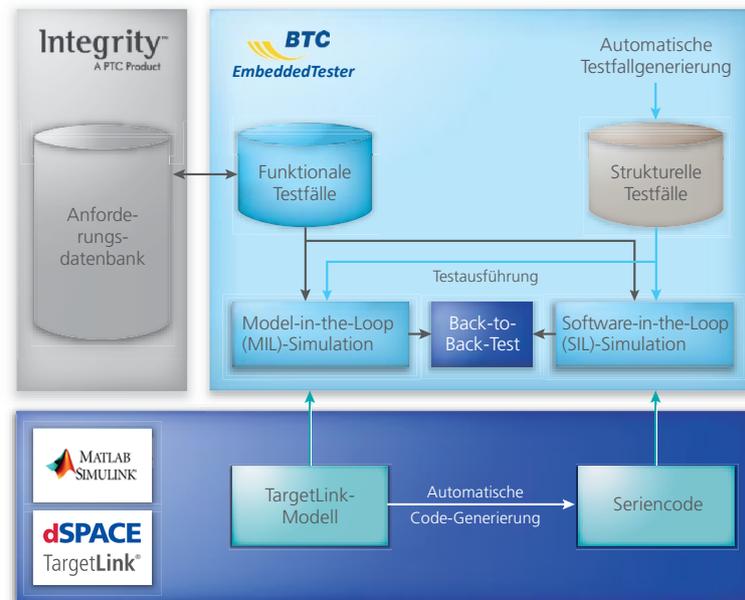
Ziele bei der Definition des Entwicklungsprozesses

Die modellbasierte Software-Entwicklung gehört zu den wesentlichen Aufgabenstellungen in den Kundenprojekten. Eine wichtige Grundlage für die effiziente Bearbeitung der Projekte ist ein ausgereifter Entwicklungsprozess samt leistungsfähiger Werkzeugkette. >>

Die Fahrzeugfunktionen werden maßgeblich durch unterschiedliche Steuergeräte bestimmt.



Aus der hieraus importierten ARXML- (AUTOSAR-XML)-Datei wird initial das TargetLink-Rahmenmodell generiert, wobei der TargetLink-Anwender weitestgehend von AUTOSAR-Details entlastet wird. Auch die fehlerfreie Anpassung an Veränderungen der Schnittstellen-Definition in einer erneut importierten ARXML-Datei wird durch die Update-Funktionalität stark vereinfacht. Das Management der einzelnen AUTOSAR-Elemente erfolgt im TargetLink Data Dictionary. Multiple Workspaces mit Diff&Merge-Funktionalitäten sowie unterstützende Strukturierungs-, Benennungs- und Kopierfunktionen für TargetLink-Data-Dictionary-Elemente vereinfachen dabei die Integration in die Werkzeugkette.



Modelle, C-Code und Testfälle für die Erprobung der Software-Komponenten.

Qualifizierte Konfigurationen durch Modellierungsrichtlinien

Für die Funktionsmodellierung in TargetLink wird eine kundenspezifische Library verwendet, welche die in TargetLink verwendbaren Blöcke mit qualifizierten und empfohlenen Konfigurationen sowie weitere, komplexere Funktionen enthält. Die Einhaltung bewährter Richtlinien für die Modellierung wie die von MAAB (The MathWorks Automotive Advisory Board) oder TargetLink wird mit MES Model-Examiner überprüft. Komplexitätsmessungen des TargetLink-Modells mittels MES M-XRAY liefern zusätzlich Informationen über die ausreichende Partitionierung und Dimensionierung der implementierten Funktionen. Nach den erfolgreichen Prüfungen schließt sich im Folgenden der automatische Code-Generierungsprozess an, um aus den in TargetLink modellierten Funktionen automatisch C-Code zu generieren. Im Ergebnis wird der Seriencode zusammen mit den handcodierten Code-Anteilen an den Software-Unit-Test übergeben.

Verifikation von Modell und Code mit BTC EmbeddedTester

Für den Unit Test der mit Simulink/TargetLink entwickelten Funktionen wurde nach ISO 26262 eine Kombination aus Requirements-basiertem Test und Back-to-Back-Test gewählt. Zunächst wird das Modell als ausführbare Spezifikation gegen die textuellen Anforderungen getestet. In einem zweiten Schritt wird dann

ein vollautomatischer Back-to-Back-Test ausgeführt, der zeigt, dass das Modell korrekt und vollständig in C-Code übersetzt wurde. Bei der Wahl des Test-Tools standen als Kriterien insbesondere die Integration mit TargetLink, der hohe Automatisierungsgrad sowie die Qualität der automatisch generierten Testfälle für den Back-to-Back-Test im Vordergrund. >>

Samuel Gravez

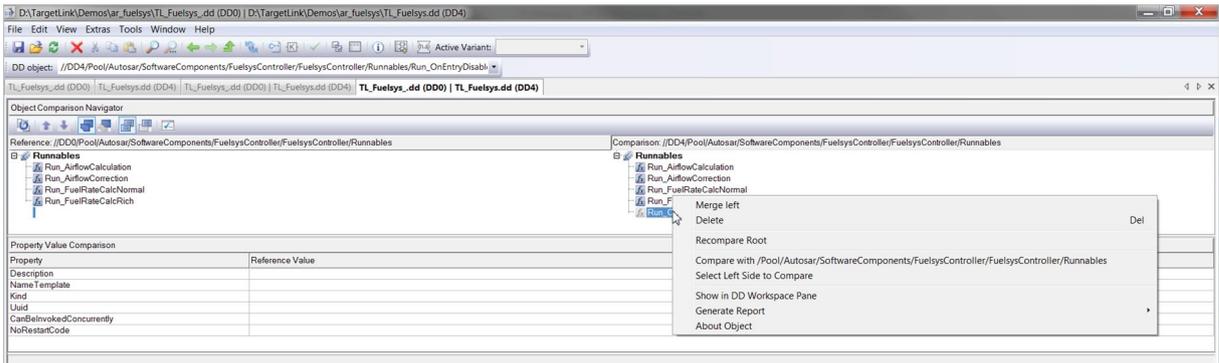
Samuel Gravez ist Manager der Software-Vorentwicklung für Powertrain-Steuergeräte bei DENSO in Wegberg, Deutschland.



Martin Prisching

Martin Prisching ist Senior Engineer für modellbasierte Softwareentwicklung bei DENSO in Wegberg, Deutschland.





Vergleich von AUTOSAR-Elementen unterschiedlicher TargetLink Data Dictionary Workspaces, z.B. neu gegen alt.

Requirements-basierter Test

Der Requirements-basierte Test soll zeigen, dass das Modell die textuellen Anforderungen korrekt und vollständig umsetzt. Um die bereits genannten Ziele bezüglich Effizienz und Agilität zu

erreichen, ist eine enge Integration der beteiligten Werkzeuge

notwendig. Im konkreten Fall handelt es sich um PTC Integrity für das Requirements Management, TargetLink für die Modellierung und Code-Generierung sowie BTC EmbeddedTester

als Test- und Verifikationswerkzeug. Zunächst wird im BTC EmbeddedTester ein Testprojekt erstellt, das automatisch alle relevanten Informationen zu Modell und Code extrahiert. Hierzu zählen unter anderem

Interface-Variablen, Kalibrationsparameter, Datentypen und Wertebereiche. In einem zweiten Schritt werden die Anforderungen aus PTC Integrity importiert, um eine Nach-

verfolgbarkeit zwischen Anforderungen und Test-Implementierungen zu gewährleisten.

Für jede Anforderung werden anschließend mit dem integrierten BTC Testvektor-Editor ein oder mehrere

Testfälle erstellt, die sowohl die Eingangswerte des Systems als auch

„TargetLink ist sehr gut für die ISO-26262- und AUTOSAR-konforme Entwicklung geeignet und bietet leistungsfähige Analysewerkzeuge.“

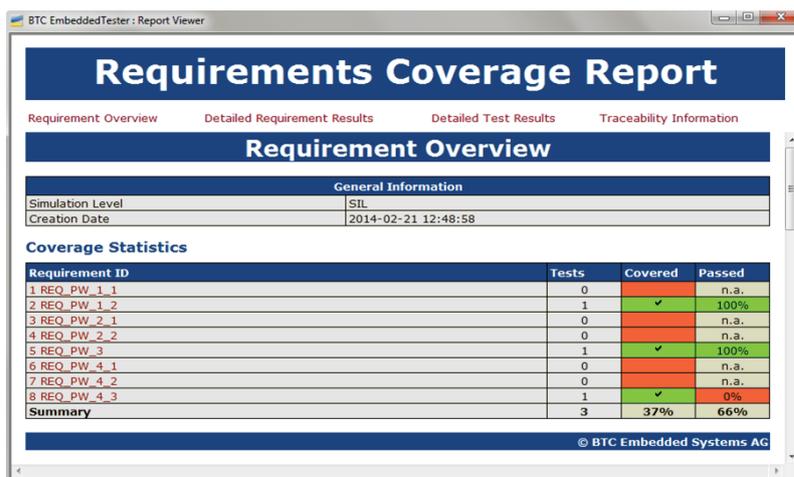
Martin Prisching, DENSO

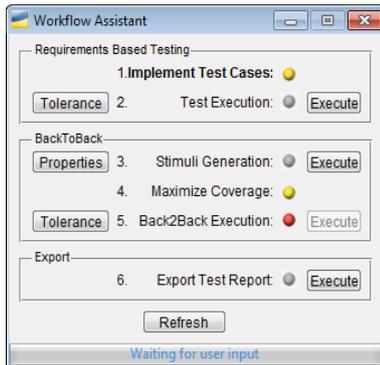
das erwartete Ausgangsverhalten beschreiben. Nach der automatischen Ausführung aller Testfälle generiert der BTC EmbeddedTester sowohl einen Test-Report als auch einen Requirements Coverage Report.

Anschließend werden die Testergebnisse an PTC Integrity zurückgeschrieben, um dem Anwender direkt im Anforderungsmanagement einen Überblick über den aktuellen Qualitätsstand aller Modelle zu geben.

Bei Änderungen an einer Anforderung werden die verlinkten Test-Implementierungen im BTC EmbeddedTester automatisch markiert und können so überprüft und bei Bedarf angepasst werden. Weiterhin ist es möglich, für fehlgeschlagene Tests automatisch eine Debug-Umgebung für Modell oder Code zu generieren, um fehlerhafte Implementierungen einfach und effizient zu untersuchen.

Ein Report stellt die Abdeckung der Anforderungen dar.





Dialog des Assistenten, der schrittweise durch den Verifikationsprozess führt.

Back-to-Back-Test

Mit dem anschließenden Back-to-Back-Test wird überprüft, dass bei der Code-Generierung das Modell korrekt und vollständig übersetzt wurde. Da die Modelle mit Fließkomma-Datentypen arbeiten, ist insbesondere die Skalierung der Festkommadarstellung im Seriencode eine mögliche Quelle für Unterschiede zwischen Modell und Code. Da die im ISO-26262-Standard geforderten Coverage-Ziele wie MC/DC (Modified Condition / Decision Coverage) in der Regel nicht mit funktionalen Tests erreicht werden können, werden zunächst weitere Testfälle im BTC EmbeddedTester automatisch generiert. Hiermit wird eine vollständige Abdeckung des Modells und des Codes erreicht. Zusätzlich werden Robustheitskriterien wie Down Casts, Divisionen durch 0 oder Range Violations überprüft. Im Fall von nicht erreichbaren Coverage-Zielen bekommt der Anwender einen automatischen mathematischen Beweis geliefert. Hier zeichnet sich der BTC EmbeddedTester insbesondere durch eine analytische Vorgehensweise beim sogenannten Model Checking sowie die Qualität der generierten Testfälle aus.

Anschließend werden alle Testfälle auf Modell- und Code-Ebene ausgeführt und die Simulationsergebnisse automatisch verglichen. Falls

Modell und Code für bestimmte Tests ein unterschiedliches Verhalten außerhalb der benutzerdefinierten Toleranz aufweisen, wird eine Debug-Umgebung extrahiert, um das Problem zum Beispiel durch Anpassen der Skalierung zu beheben.

Prozessintegration und Automatisierung

Um den Testprozess noch intuitiver und effizienter zu gestalten, hat DENSO gemeinsam mit BTC einen Workflow-Assistenten implementiert. Dieser basiert auf dem offenen Plug-in-Konzept des BTC EmbeddedTester und führt als Wizard den Anwender durch die einzelnen Schritte des Verifikationsprozesses. Hierbei listet der Workflow-Assistent die Prozessschritte der Reihe nach auf und zeigt über ein einfaches Ampelsystem, welche Schritte bereits ausgeführt wurden und welche eventuell noch unvollständig sind. Die noch fehlenden Schritte, zum Beispiel die Testfallgenerierung oder die Testausführung, können direkt aus dem Assistenten heraus ausgeführt werden. Die entsprechenden Reports für Testergebnisse und Coverage sind direkt im Assistenten verlinkt.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der beschriebenen Werkzeugkette ist es DENSO gelungen, einen effizienten und agilen Prozess für die modellbasierte Entwicklung zu definieren und erfolgreich in der Praxis anzuwenden. Dank eines hohen Automatisierungsgrades und der nahtlosen Tool-Integration lassen sich geänderte Anforderungen schnell und sicher im laufenden Projekt umsetzen. Positiv ist zu bewerten, dass die eingesetzten Tools die Anforderungen des automotiven Marktes umsetzen und Standards wie ISO 26262 oder AUTOSAR optimal unterstützt werden. Nach der erfolgreichen Testphase in der Vorentwicklung wird der Entwicklungsprozess in die Serienent-

wicklung im Aachen Engineering Center eingeführt. Die hiermit befreiten Kapazitäten werden in Aktivitäten mit höherer Wertschöpfung und Innovationskraft reinvestiert. Dadurch kann die steigende Komplexität und Beschleunigung beherrscht werden. Durch frühe und kontinuierliche Integration, durch häufiges Feedback von Kunden und durch schnellere Reaktionszeiten kann zudem eine noch höhere Kundenzufriedenheit erzielt werden. ■

Samuel Gravez,
Martin Prisching,
DENSO AUTOMOTIVE Deutschland



Der Prozess bei DENSO

Herausforderung:

Eine hohe Qualität der zu entwickelnden Steuergeräte-Software sicherstellen. Die Randbedingungen sind hoher Zeit- und Kostendruck, sich ändernde Anforderungen während der Entwicklung, Einhaltung von Standards wie AUTOSAR, ISO 26262, MISRA, SPICE.

Lösung:

DENSOs Entwicklungsprozess basiert auf einer durchgängigen, weitestgehend automatisierten Werkzeugkette. Die Automatisierung reicht von der Testfallgenerierung bis zum Test-Report. Dies erlaubt es, Änderungen schnell in Seriencode zu propagieren. Die Tools, u.a. TargetLink, sind für die wichtigen Standards qualifiziert.

Vorteil:

Schnelle Iterationen und kurze Reaktionszeiten führen zu hoher Kundenzufriedenheit.