使用 TargetLink 和 EmbeddedTester
自动化开发和测试流程

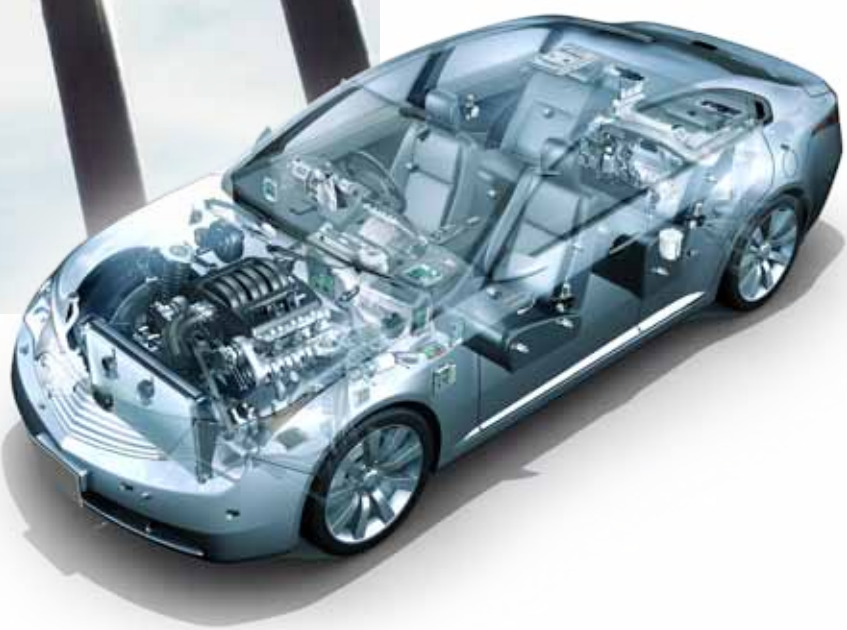
流程敏捷性

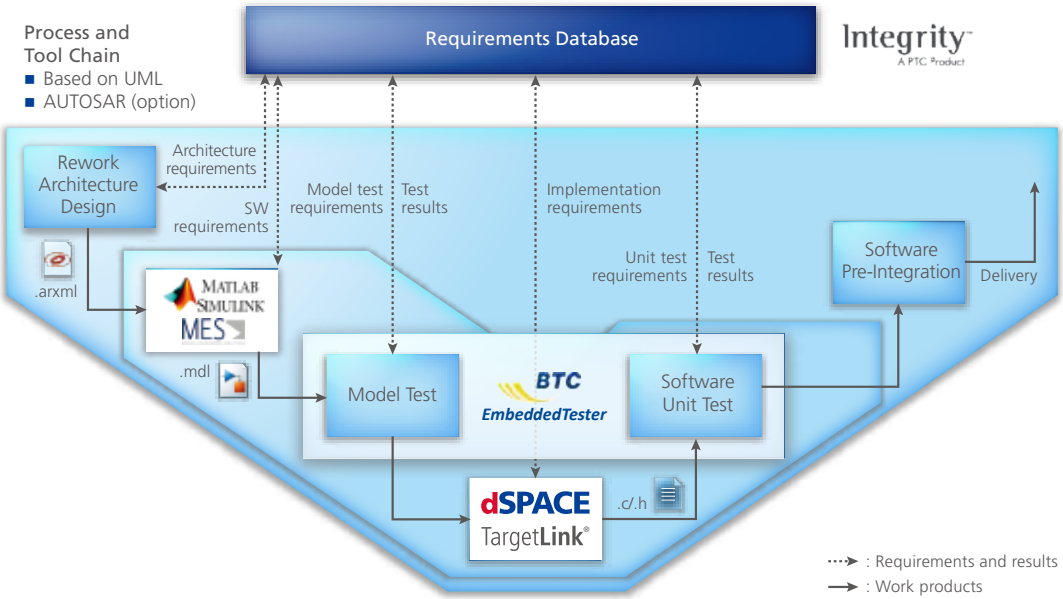
星期五下午。紧急致电供应商。客户对控制器提出了变更请求。能否在预定时间内实现新功能并承诺质量完全可靠？

德国亚琛工程中心(AEC)是DENSO AUTOMOTIVE德国有限公司的开发中心，他们有一个清晰的目标：在产品开发过程中支持其欧洲客户，并为客户提供市场特定的产品系列。AEC采用了欧洲市场的高技术标准和创新潜力，促进了发动机控制和动力传动系、电子与电气、混合动力技术和信息与安全的发展。

>>

车辆功能主要取决于汽车的 ECU。





连接工具和每个流程阶段需求的无缝工具链

定义开发流程

客户项目经常要求基于模型的软件开发。成熟的开发流程可以提供强大的工具链，是每个高效项目的基础。定义开发流程的主要目标是：

- *质量：*
  最高目标之一就是所开发软件的质量。为避免人为错误，尽早实施系统测试和高度自动化至关重要。
- *敏捷性：*
  如今的开发项目经常面临着巨大的时间和成本压力。除此之外，项目过程中的更改数量也在不断增长。这些更改势必要尽快进行实施和测试。要想在这些情况下保持竞争优势，就必须提供一种高效的开发流程。DENSO 已经选择了一套敏捷和迭代的开发流程。开发工具与此开发流程深度集成，因此可以尽快将新要求包含到生产代码和测试中。
- *合规性：*
  当今汽车软件的开发流程需要符合 ISO 26262 和汽车 SPICET 等流程标准以及 AUTOSAR 和 MISRA 等软件标准。因此，最好采用依据这些标准开发出来的开发和验证工具。

采用 TargetLink 的基于模型的开发与代码生成

成功的评估结果以及 DENSO 公司的正面体验都证明 TargetLink® 是开发流程中代码生成器的正确选择。TargetLink 受到 OEM 厂商的广泛认可，这进一步巩固了这项决策，各 OEM 尝试已经在许多汽车项目中广泛应用了这种自动代码生成器。TargetLink 的一个关键特征就是其强大的 AUTOSAR 支持。动态结构设计在 UML 中建模，静态设计采用 AUTOSAR 标准。由此导入的 ARXML (AUTOSAR XML) 文件用于生成初始 TargetLink 框架模型。用户无需处理 AUTOSAR 细节，只需专注于他们的核心任务。更新功能可以让模型更容易适应由于导入新 ARXML 文件所产生的接口定义变化。用户可以管理 TargetLink 数据字典 (DD) 中的单个 AUTOSAR 元素。数据字典元素的多个

> “TargetLink 和 BTC EmbeddedTester 等工具的高度自动化和高效集成，使开发人员无需再进行非生产性工作步骤，而能够专注于创新开发本身。”
>
> *DENSO 的 Samuel Gravez*

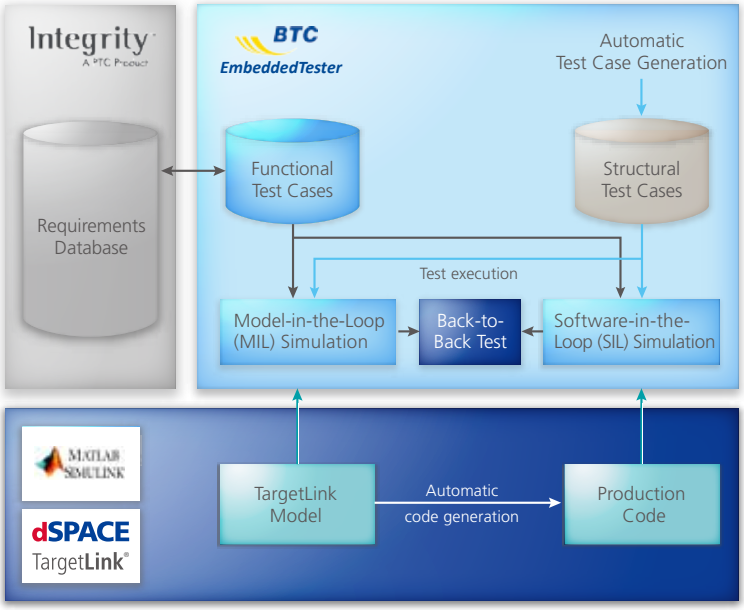
工作区具有区分/合并功能、结构化、命名和复制功能，便于将 TargetLink 集成到工具链中。

根据建模指南做出合格配置

TargetLink 中的功能建模将用到自定义模块库。该库中包括可用于 TargetLink 的模块，具备合格和推荐配置，进而可实现更多复杂功能。MES Model Examiner 用于监测既定建模指南的合规性，例如迈斯沃克汽车资讯委员会指南（MAAB）或 TargetLink 建模指南。MES M-XRAY 可以测算 TargetLink 建模的复杂性，让用户了解其模型是否有充足的分区，能否为所实施功能的各个维度提供更多信息。如果这些检测都成功通过，使用 TargetLink 建模的功能便可以自动生成 C 代码。然后对自动生成的生产代码和手工编码部分进行软件单元测试。

使用 BTC EmbeddedTester 验证模型和代码

为符合 ISO 26262 标准，DENSO 公司选择了基于需求的测试和背靠背测试的组合，用于对在 Simulink/TargetLink 中开发的功能执行单元测试。首先，按照文本要求将该模型作为可执行规范进行测试。第二步将进行全自动的背靠背测试，测试模型能否完全准确无误地转换为 C 代码。选择测试工具时，最重要的标准是它们能否与 TargetLink 集成、自动化程度的高低和为背靠背测试自动生成的测试案例的质量。



用于软件组件测试的模型、C 代码和测试案例。

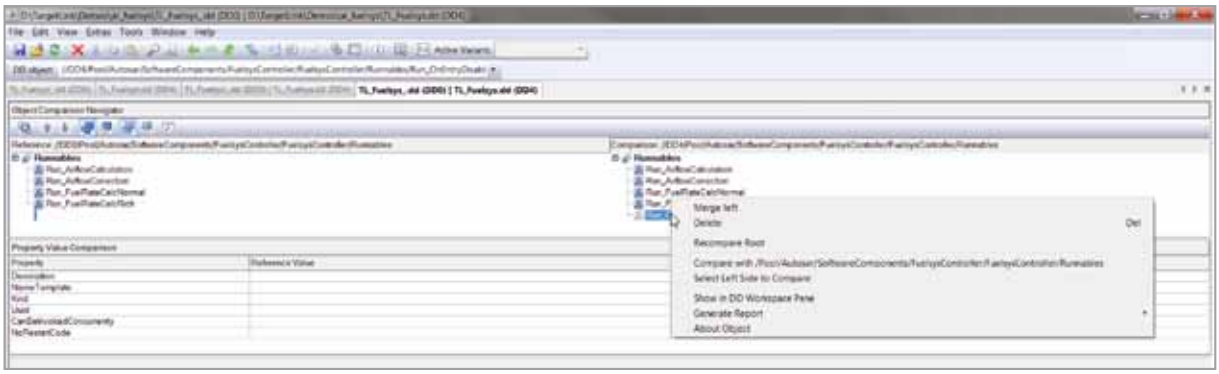
基于需求的测试

基于需求的测试用于测试模型能否完全准确无误地满足文本要求。为满足高效和敏捷的目标，需要对工具进行深度集成。DENSO 公司将 PTC Integrity 用于需求管理，TargetLink 用于建模和代码生成，同时还将 BTC EmbeddedTester 用于测试和验证。首相，在 BTC EmbeddedTester 中创建一个项目，可以自动提取模型和代码的所有相关信息。这些信息包括接口变量、校准参数、数据类型和取值范围。然后，开发人员从 PTC Integrity 导入需求以确保需求和测试

>>

Samuel Gravez
Samuel Gravez 是德国韦格贝格 DENSO 公司动力传动系 ECU 软件前期开发经理。

Martin Prisching
Martin Prisching 是德国韦格贝格 DENSO 公司基于模型的软件开发的高级工程师。



比较不同数据字典工作区的 AUTOSAR 元素：旧版和新版。

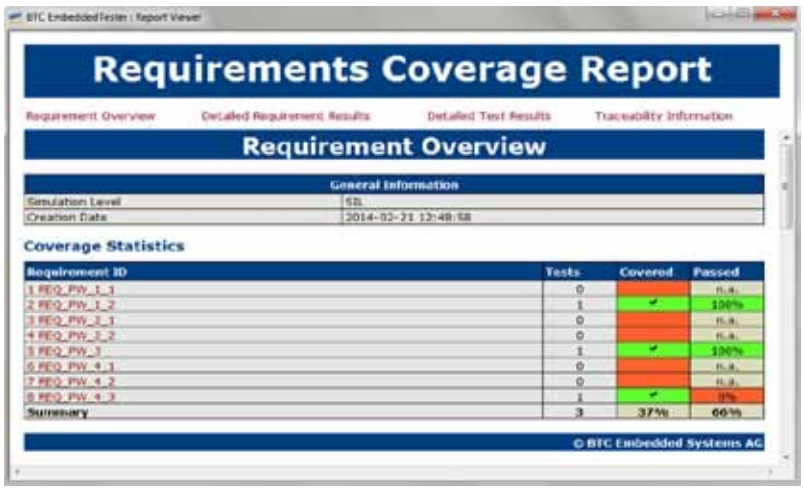
实施之间的可追溯性。开发人员可以利用 BTC 中的集成测试矢量编辑器针对每个需求创建一个或多个测试案例。这些案例既描述系统输入，也描述预期输出行为。当自动执行所有测试案例后，BTC EmbeddedTester 会生成一份测试报告和一份需求覆盖率报告。测试结果随后将写回 PTC Integrity，并直接在需求管理中为用户提供所有模型当前质量的即时概述。如果某项需求发生变化，BTC EmbeddedTester 将自动突出显示与该需求相链接的测试实施，以便开发人员在需要的情况下对相应的测试实施进行检查和调整。还可以针对测试失败的模型或代码自动生成一个调试环境，方便开发人员针对错误实施进行分析。

> “TargetLink 非常适用于符合 ISO 26262 和 AUTOSAR 标准的开发，并能提供强大的分析工具。”
>
> *DENSO 的 Martin Prisching*

背靠背测试

后续的背靠背测试有助于验证模型在生成代码过程中是否完全准确无误的完成转换。由于模型使用浮点数据类型，所以在生产代码中缩放定点表示法可能会造成模型与代码之间存在差异。鉴于 ISO 26262 定义的如更改条件/判定覆盖（MC/DC）的覆盖率目标通常难以通过功能测试实现，所以 BTC EmbeddedTester 会

展示需求覆盖率的报告。



BTC EmbeddedTester : Report Viewer

Requirements Coverage Report

Requirement Overview | Detailed Requirement Results | Detailed Test Results | Traceability Information

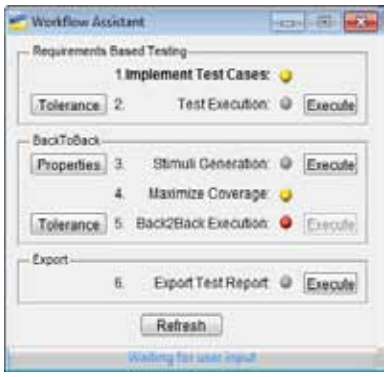
Requirement Overview

General Information	
Simulation Level	SIL
Creation Date	2014-02-21 12:48:58

Coverage Statistics

Requirement ID	Tests	Covered	Passed
1 REQ_PW_1_1	0		n.a.
2 REQ_PW_1_2	1	✔	100%
3 REQ_PW_2_1	0		n.a.
4 REQ_PW_2_2	0		n.a.
5 REQ_PW_3	1	✔	100%
6 REQ_PW_4_1	0		n.a.
7 REQ_PW_4_2	0		n.a.
8 REQ_PW_4_3	1	✔	0%
Summary	3	37%	66%

© BTC Embedded Systems AG



工作流助手可以指导用户完成验证流程。

自动生成进一步的测试案例。这确保了模型和代码的完全覆盖。此外，稳健性标准也得到了检测，例如向下转换、除数为零或违反范围。如果未能满足所有的覆盖率目标，该工具将自动提供数学证明。BTC EmbeddedTester 尤其擅长将模型检测技术用于其分析方法，也擅长处理生成的测试案例的质量。在下一步中，所有测试案例都要在模型和代码级别执行，并且会自动比较仿真结果。如果某个特殊测试的模型和代码异常且超出客户定义的容错范围，系统将提取一个调试环境以便开发人员解决问题。举例来说，这可以通过调整缩放实现。

流程集成和自动化

为了让测试流程更直观、更有效，DENSO 公司在使用 BTC 的同时还应用了工作流助手。工作流助手以 BTC EmbeddedTester 开放式即插即用概念为基础，同时作为向导指导用户完成验证流程的各个步骤。工作流助手将一步步列出流程步骤。一个类似于交通信号灯的系统指示完成和未完成的步骤。然后用户就可以直接从工作流助手执行未完成的步骤，例如测试案例生成或测试执行。工作流助手还可以提供测试结果和需求覆盖率报告的链接。

总结与展望

这种工具链为 DENSO 提供了基于模型开发的定义高效和敏捷流程的方法，并将该方法成功付诸实际应用。借助高度自动化和无缝工具集成，更改的需求也能够集成到正在运行的项目中。该工具链最大的优势在于工具可以满足汽车行业的需求，并且完全支持 ISO 26262 和 AUTOSAR 等标准。经过前期开发的成功测试阶段后，DENSO 现在将把此开发流程引入到 AEC 的生产开发中。由此而节省下的资源将再度投资于具有更高创造价值和创新能力的活动中。这使得 DENSO 可以更好的管理不断增长的复杂性，并加速开发流程。尽早和持续的集成、频繁的客户反馈和快速的反应时间也都带来更高的客户满意度。■

DENSO AUTOMOTIVE 德国公司，
Samuel Gravez 和 Martin Prisching

DENSO 的流程

挑战：在不利的开发环境中保证所开发软件的优异质量：时间和成本压力、开发过程中的需求变化和符合 AUTOSAR、ISO 26262、MISRA 或 SPICE 等标准的要求。

解决方案：DENSO 公司的开发流程基于无缝的、几乎完全自动化的工具链。从测试案例生成到测试报告，一切都实现了自动化。这使得尽早传播到生产代码成为可能。TargetLink 等工具符合重要标准。

优势：快速的反应时间带来更高的客户满意度。

汽车 ECU 开发得益于 DENSO 公司的敏捷流程。