

dSPACE

2/2015

MAGAZINE



保时捷 – 虚拟驾驶

第 18 页

HondaJet – 虚拟飞行 | 第 6 页

大陆公司 – 虚拟电气化 | 第 24 页



客户反馈

赛道上的前沿驾驶技术


奥迪 RS 7 的前沿驾驶概念是一种创新型高技术平台，它甚至能在赛道上以赛车速度展现自动驾驶功能。

“MicroAutoBox 实现信号的逻辑处理以实时控制 RS 7 前沿驾驶概念车的作动器。”

Peter Bergmiller, 驾驶辅助系统开发, 奥迪公司



该视频介绍了具有前沿驾驶概念的奥迪 RS 7 在 Hockenheimring 赛道上进行极限条件下的自动驾驶情况。(www.dspace.com/goldMag_20152_RS7).



“我们的工具涵盖了功能开发、产品级代码生成和控制器验证，这让我们能积极参与到航空项目中。”

尽管名称中有“航空”之意，然而 dSPACE 在汽车行业的需求量巨大，所以我们的业务重心是在汽车行业，而且我们也力求在许多领域中保持已经获得的领先地位。但是我们始终对其他领域中的应用满怀兴趣。航空业一直是 dSPACE 支持的大型行业之一，例如我们会提供专门的接口和总线支持等服务。

本期杂志将有三篇文章介绍航空应用。不好意思，保时捷的车辆行驶动力学不能算在这些文章介绍之列。虽然是“保时捷”，但它根本没有“空中起飞”的含义。

不过来自空中客车防务及航天公司的浮动平台却表示稳定地起飞和着陆。实际上确实如此，我们的快速控制原型工具帮助其开发时间从 15 年缩短为仅仅 4 年。当您观看视频时，您会对这种喷气推进式高速起飞心生敬意，而这是由机载 MicroAutoBox 中的模型实现控制的。这是对我们的硬件和软件的倍加信赖，但是我们并不打算将其改名为 MicroSpaceBox。

开发 HondaJet 花费了相当长的时间。dSPACE 于 2008 年开始参与该项目，负责设计一个仿真器进行系统集成测试，随后该仿真器很快实现了高效应用。2009 年，本田飞机公司公开报道了仿真器对其飞机成功首飞的贡献。今年其飞机已准备出售。几年前我曾亲自参观过他们的测试设施。那时候航空电子及其测试已经变得很稳定，但仍存在大量的挑战，因为有众多异常的信号和极其广泛的自动化测试。祝贺 HondaJet 团队取得的成功。坚持不懈终有回报。dSPACE 也深知这一点。

Herbert Hanselmann 博士



本田飞机公司 | 第 **6** 页



宝马公司 | 第 **12** 页



上海交通大学 | 第 **36** 页

出版

dSPACE MAGAZINE 由以下公司定期出版：

dSPACE GmbH · Rathenaustraße 26
33102 Paderborn · Germany
电话：+49 5251 1638-0 · 传真：+49 5251 16198-0
dspace-magazine@dspace.com · www.dspace.com

出版法规负责人：
Bernd Schäfers-Maiwald
项目经理：André Klein

作者：
Thorsten Bödeker, Michael Lagemann, Ralf
Lieberwirth, Sonja Lillwitz, Thomas Pöhlmann,
Julia Reinbach, Dr. Gerhard Reiß

本期合作者：
Jace Allen, Dr. Ulrich Eisemann, Doreen Krob,
Dr. Klaus Lamberg, Thomas Sander

编辑和翻译：
Robert Bevington, Stefanie Bock, Anna-Lena
Huthmacher, Dr. Michelle Kloppenburg

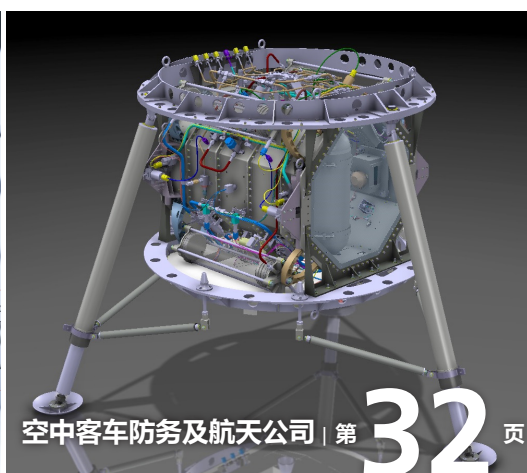
设计和排版：Jens Rackow, Sabine Stephan

印刷：上海客莱印印刷包装有限公司

封面照片 © 保时捷

© 2015 dSPACE GmbH 版权所有。
对本刊全部或部分内容的复制必须先获得书面许可。任何此类副本必须注明来源。dSPACE 将会不断改进其产品，并保留随时更改本刊所含产品的规格而不予通知的权利。
dSPACE 属于 dSPACE GmbH 在美国和/或其他国家/地区的注册商标。其他注册商标请参阅 www.dspace.com/go/trademarks。其他品牌名称或产品名称均是其各自公司或组织的商标或注册商标。

目录



空中客车防务及航天公司 | 第 32 页



快速 AUTOSAR | 第 44 页

3 社论

客户

6 本田飞机公司
首次实时飞行
基于 dSPACE 仿真器的航空电子自动化测试

12 宝马公司
模型始终正确无误
HIL 试点项目，基于 FMI 接口交换子模型

18 保时捷
动力学模型
采用仿真模型进行虚拟车辆动力学开发

24 大陆公司
与时俱进：使用48V的感应电机
经济实用的轻度混合动力新方式

28 汽车安全技术股份有限公司
开发智能助手
各种平台辅助驾驶功能基于模型的一致性开发

32 空中客车防务及航天公司
腾飞的 HOMER：回顾
用于未来航天的多功能原型机

36 上海交通大学
平顺高效
电动楔块式离合器换挡更流畅

产品

40 AUTOMATIONDESK
安全认证
TÜV SÜD 认证 AutomationDesk 基于 ISO 26262 和 IEC 61508 标准

44 AUTOSAR 工具链
快速 AUTOSAR
MicroAutoBox II 是强大的 AUTOSAR 原型构建和开发平台

48 TARGETLINK
基于 DO-178C 标准的安全代码
代码生成器 TargetLink 适用于航空应用

简要新闻

52 SCALEXIO 以太网解决方案
含有 DS1007 PPC 处理器板的多处理器系统

53 训大学生方程式赛车的开发人员
AutomationDesk 5.0：经过优化的测试自动化和测试开发

54 ECU 接口管理器 1.6：支持多核 ECU
ControlDesk 5.4：更多的硬件支持，更便利的操作

车载 dSPACE 工具

55 AdasWorks：汽车之眼
采埃孚公司：由应用程序操纵
宝马公司：依靠计算机实现漂移

本田飞机公司开发了一套全自动化、先进的系统级集成化测试设备，助其新的商务飞机首次升空飞行的时间打破历史记录



First Flight in Real Time



本田飞机公司从2008年开始在其位于北卡罗来纳州格林斯博罗的研发基地为HondaJet搭建世界一流的仿真和测试设施。本文提到的这套先进的系统级集成化测试设备（ASITF）是本田飞机公司用于开发、测试和验证其工程样机的核心设备。在对市场上不同的硬件在环供应商进行严格的评估以后，本田飞机公司选择了dSPACE的硬件在环系统来实现实时仿真的能力。在接下来的数月里，凭借dSPACE开发的新型硬件在环系统互联架构，本田飞机公司通过闭环仿真或者点对点的断路与分析，实现了对不同航空电子接口和全权限数控系统（FADEC）的全覆盖测试。HondaJet 团队在2009年10月9日成功实现了HondaJet ASITF的首次飞行，这个时间比第一架符合联邦航空管理局（FAA）认证的HondaJet实际首飞秀差不多提前了14个月，——这次成功的首飞对于整个项目来说是一个重要的里程碑，也向首次认证飞行迈出了标志性的一步。 >>



测试实验室包括了铁鸟试验台和三台 dSPACE 的 HIL 仿真设备

研究阶段

本田在上世纪八十年代的后期开始航空领域的研究，其工程师在研发高级航空技术上积累了超过 20 年的经验。HondaJet 最初的设计由现任本田飞机公司的董事长兼 CEO Michimasa Fujino 在 1997 年完成初稿。仅仅一年以后，便开始了 HondaJet 的结构研究和设计，确定了 HondaJet 特有的发动机安装设计：“Over-The-Wing”发动机安装在机翼上方（OTWEM）。更多的里程碑事件：

- 2003 年：概念验证的 HondaJet 的首飞
- 2005 年：在 EAA Air Venture, Oshkosh 上 HondaJet 首次世界亮相
- 2010 年：第一架符合 FAA 标准的 HondaJet 首飞

- 2012 年：HondaJet 开始量产
- 2013 年：HondaJet 获得 FAA 类型检查授权，为 FAA 飞行员开始机上测试扫清障碍
- 2014 年：首架量产 HondaJet 初次飞行

HondaJet 融合了很多航空设计的技术创新。举个例子，其特有的发动机安装在机翼上的设计，显著地降低了空气动力学中的阻力，极大地提高了飞机的性能和燃油效率。这项原创性机身设计也降低了飞机飞过时的噪音，同时可以允许飞机有更宽敞的机舱空间以及更大的装载能力。HondaJet 由两台节能高效的 GE Honda HF120 涡轮风扇发动机提供动力。HondaJet 融合了很多航空设计的技术创新。举个例子，其特有的发动机安装在机翼上的设计，显著

地降低了空气动力学中的阻力，极大地提高了飞机的性能和燃油效率。这项原创性机身设计也降低了飞机飞过时的噪音，同时可以允许飞机有更宽敞的机舱空间以及更大的装载能力。HondaJet 由两台节能高效的 GE Honda HF120 涡轮风扇发动机提供动力。

先进的系统级集成化测试设备 (ASITF)

HondaJet ASITF 包括了两个主要的部分：飞机测试设备和实时测试与仿真系统（RTSS）。其研发工作由系统集成高级经理 Masa Hirvonen 领导。实际飞机系统的硬件和软件在 ASITF 中，它以具有代表性的空间化方式建立起来，两者采用真实的飞机电缆线相互连接。RTSS 模拟航空电子设备，环境和航空动力学。dSPACE 的实时硬件和



“从测试执行一直到系统需求的测试自动化和可跟踪性对于高效、可重复、完全可跟踪的系统开发和集成测试工作至关重要。能够实施这些功能赋予我们超出其他许多飞行器计划的显著优势。”

Masa Hirvonen, 系统集成高级经理, 本田飞机公司



“dSPACE 提供的硬件和软件工具让我们能够迅速实施 HondaJet 计划所需的高级仿真和测试功能。开放、可扩展的架构允许我们开发和扩展测试设施，以满足不断增长的需求。如果没有 dSPACE 提供的杰出工具、服务和支持，我们这支小团队就无法达成现在这样的成绩。”

Benjamin Hager, 实时控制和仿真工程师, 本田飞机公司

I/O 接口支持 ASITF, 该 dSPACE 设备能够运行由 Honda 研发的高保真 6-DOF 的航空动力学模型以及实时的 Simulink 发动机模型。为满足导航 RF 数据的实时仿真要求, 把其它仿真功能集成在一起, 包括 GPS 信号和 VOR/ILS 信号。HondaJet ASITF 也包括了一套与典型初级飞机控制系统集成的电子控制负载系统。HondaJet 的航空电子系统是集成于两个触摸屏控制器的 Garmin G3000TM 航空电子套件而建立的。集成系统的其它部分包括了襟翼作动系统, 燃料计量系统, 自动飞行控制系统, 前机轮转向系统, 和电力系统。这些独立的部分与工程仿真器, 集成测试设备和铁鸟试验台等一起组成了该集成化的测试系统。

建立测试系统

dSPACE 公司提供 RTSS 设备, 该设备提供先进的测试接口, 自动化测试和高保真仿真功能。RTSS 设备本质上包含了三个全尺寸的 HIL 台架: 两个台架用于航空电子接口, 一个台架用于飞机发动机。RTSS 系统在五个扩展盒中使用六个 dSPACE 的 DS1006 处理器板卡, 它支持以下 I/O 和通讯协议:

- 820 路独立的 I/O 通道
- 180 路 ARINC429 通道
- 240 路模拟 I/O 通道
- 多倍串行数据总线接口
- 以太网接口

RTSS 使用一个特殊的信号断开接口系统, 该系统使得系统测试和仿真可采用以下四种操作模式:

1. 手动测试 (传统系统断开)
2. 计算机辅助测试 (使用 ControlDesk®)
3. 自动化测试 (使用 AutomationDesk)
4. 飞行员在环测试 (包括铁鸟测试台架功能)

RTSS 使用了电缆线内部连接以及 BOB 系统, 使得这套系统的信号可以直接传输, 或者进行断路分析, 或者旁路仿真, 或者将信号直接用于铁鸟台架的测试。

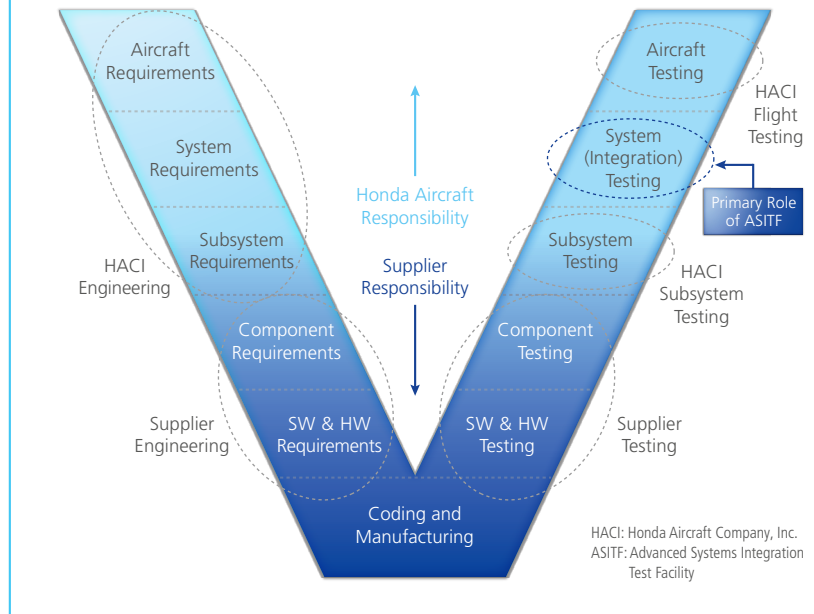
系统仿真控制与接口

RTSS 系统的核心是一个高保真的 6-DOF 飞机仿真模型, 该模型与发动机仿真模型以及多种飞机系统测试接口相集成。模型通过多处理器系统传

>>

本杰明·海格, Honda 飞机公司的实时控制设计和仿真工程师, 正在使用装载在航空电子仪器上的 dSPACE 公司的软件工具 ControlDesk 和 AutomationDesk





HondaJet 飞机项目是基于V流程模式进行研发的，其中 dSPACE 的仿真工具主要在系统集成测试阶段使用

送，实现全带宽模型控制，以及 ARINC 消息和 I/O 接口数据吞吐的并行处理。在 RTSS 中执行的闭环仿真可以用于实时地测试 ASITF 中的“飞机”。RTEM 仿真与真实的 FADEC 硬件相连接，可以实现 HF 120 涡轮风扇发动机的闭环仿真。实时的 GPS 和 VOR/ILS 仿真器在飞行员测试的飞行测试期间提供导航数据。飞行员在环模式使用虚拟场景的接口和动画功能以实现直观的飞行仿真交互。这个窗口外的虚拟场景是飞行员在环测试的关键。在最重要的飞机子系统系统中，本田飞机的工程师使用 ControlDesk-programmable 用户接口来创建快速访问接口，这使得测试变得更加简单。工程师使用相关 API 工具来创建 ControlDesk 的扩展功能，该扩展提供标定功能，为实时模型提供接口，同时让测试开始的准备工作变得简单。App-Tools Solution 的 dSPACE 测试自动化模块用于帮助管理复杂的 I/O 接口以及使用。通过在 ARINC 标签中自动设计和生成模型，使得在系统中使用海量的信息变得非常简单。在模型中获得信号的定义，Python 脚本使用 XML 实

现信号自动匹配 HondaJet 自定义的仪器配置。采用接口控制定义的方法管理所有的系统接口信号，它们与模型和 RTSS 系统中的信号协同工作。IBM® Rational® ClearCase 中管理和控制着所有配合 RTSS 所使用的软件，而 IBM Rational ClearQuest 则用于跟踪内部问题和变化。

V 流程开发

Honda 使用现有的V流程开发模式进行系统研发，同时根据子系统和系统方法理论定义顾客和供应商的责任。如同上面图示展示的那样，ASITF 的核心是系统集成和验证。通过下面的任务和责任定义 ASITF 任务：

- 硬件在环测试设备，包括铁鸟测试台架功能
- 飞机子系统的集成测试
- 飞机系统的功能测试
- 飞行员在环测试
- 飞行测试，生产和机群支持
- 运行自动化测试



“我们的高级系统集成测试设施是一种强大的工具，将继续用于支持 HondaJet 的开发和认证计划。ASITF 让我们能够评估整个系统集成，加强飞机安全性，最终帮助我们开发出一款先进的轻型喷气机，超越客户的期望值，为客户带来无尽愉悦。”

Michimasa Fujino，本田飞机公司总裁兼 CEO

结合 dSPACE AutomationDesk 编写的自动测试脚本使得 HondaJet ASITF 团队可以不间断地执行飞机测试。这意味着，团队可以在最少监督工作量的条件下，连续昼夜不停地测试飞机控制和航空电子系统。dSPACE 的首席技术专家 Jace Allen 说：“在记录需求跟踪的过程中时，这项功能使得 Honda 飞机团队在 ASITF 中能够实施更彻底和深入的测试”。Honda 飞机公司使用 IBM Rational DOORS 来写需求说明和测试计划。在 DOORS 中，详细的需求与测试方案相关联。同时 dSPACE Connect&Sync 将 HondaJet 的测试用例和 AutomationDesk 的测试和项目相关联。测试用例在 AutomationDesk 中执行时，测试结果可以重复输入到 DOORS 文件中。这样的集成方式使得 Honda 飞机公司在飞机测试过程中有了可追溯性，允许他们直接将需求与

当前测试结果相关联。Honda 飞机公司正在考虑采用 dSPACE 的集成测试管理工具 SYNECT Test Management 来扩展这个追溯能力以帮助提升测试能力。■

By kind permission of Honda Aircraft Company, Inc.

Watch the first production HondaJet take to the sky: www.dspace.com/go/dMag_20152_HJET



HondaJet 项目的总结

本田飞机公司为 HondaJet 建立了一套世界级的仿真和测试设备。这套先进的系统级的集成测设备是工程系统研发，检验和确认的核心设备。本田飞机公司通过使用工具，如 dSPACE 仿真器和测试自动化软件 AutomationDesk，能够进行其飞行控制系统和航空电子系统的所有测试。本田飞机公司的工程师相信 dSPACE 提供的硬件和软件，它们为可靠和高效地检验和确认航空电子

设备做出了重要的贡献。研发人员使用 dSPACE 工具能够实现以下的测试方法：

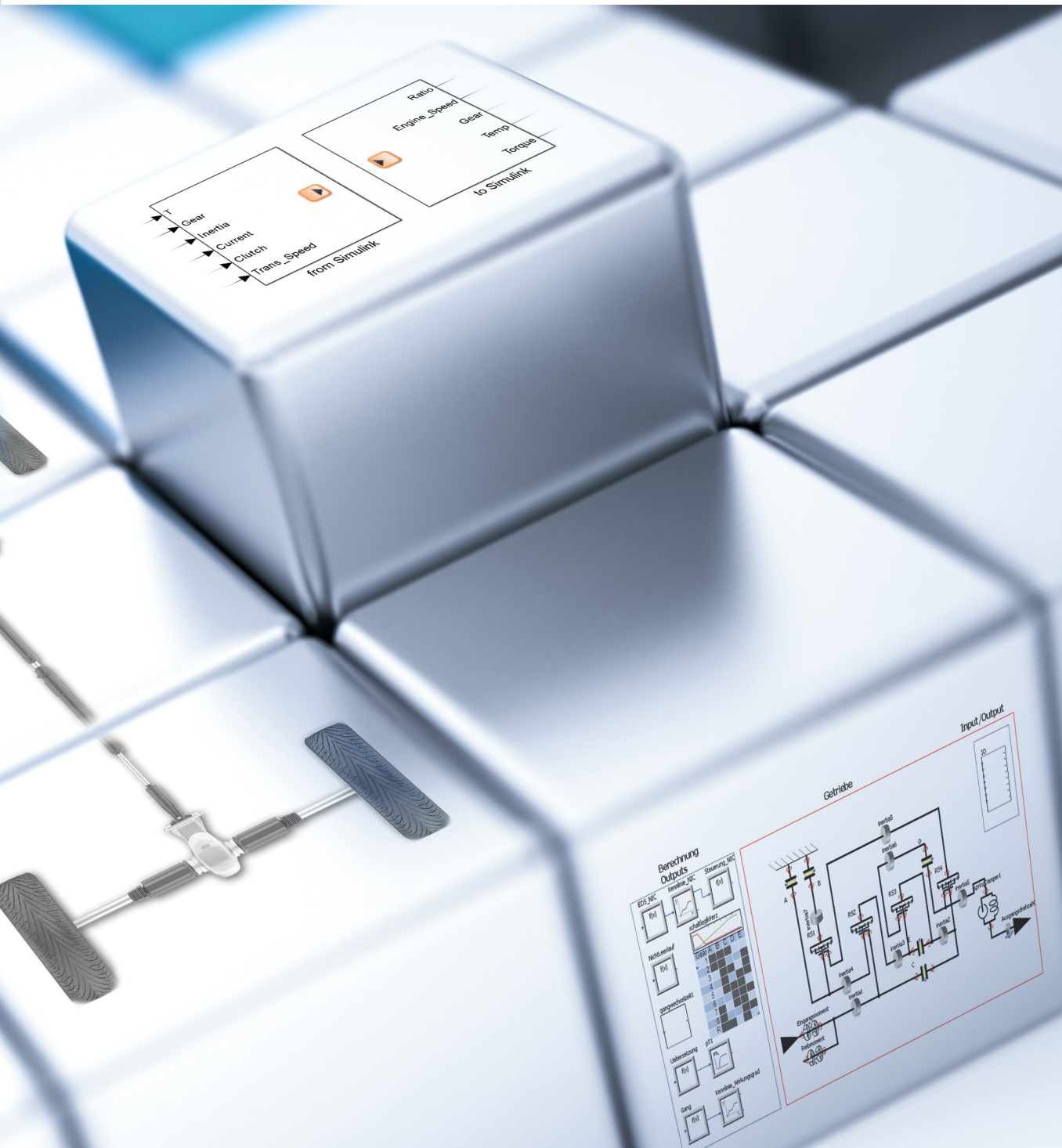
- 手动测试
- 基于 ControlDesk 的计算机辅助测试
- 基于 AutomationDesk 的自动化测试
- 飞行员在环测试（包括铁鸟台架功能）

HIL 试点项目，交换基于 FMI 的子模型

模型始终

正确
无误

硬件在环测试需要使用满足实时性要求的模型，同时，该模型需要具有一定的精度。宝马公司、ITI 和 dSPACE 通过一种不依赖工具的开放式接口共同测试实时模型组件的交换和使用。



在一个联合项目中，宝马公司、dSPACE 和 ITI 使用了一个自动变速箱模型来分析 FMI (Functional Mock-up) 标准 2.0 是否适用于实时硬件在环仿真。三家公司还测试了一个过程原型，以使用基于 FMI 的子模型替代现有仿真模型中的子模型。

测试系统的设置

使用 HIL 仿真器测试 ECU 时，为了使仿真足够准确并防止 ECU 故障码的出现，需要满足两个条件：一是 ECU 接口与 HIL 仿真器之间能够正确进行交互，二是使用真实的仿真模型。这是为了真实地测试 ECU 的行为。由于测试的执行需要真实的测试场景，该项目为一个 8 档自动变速箱的 ECU 配置了 HIL 设备和环境仿真模型（这些模型经调整后可以在 dSPACE HIL 仿真器 SCALEXIO 上运行）中。除

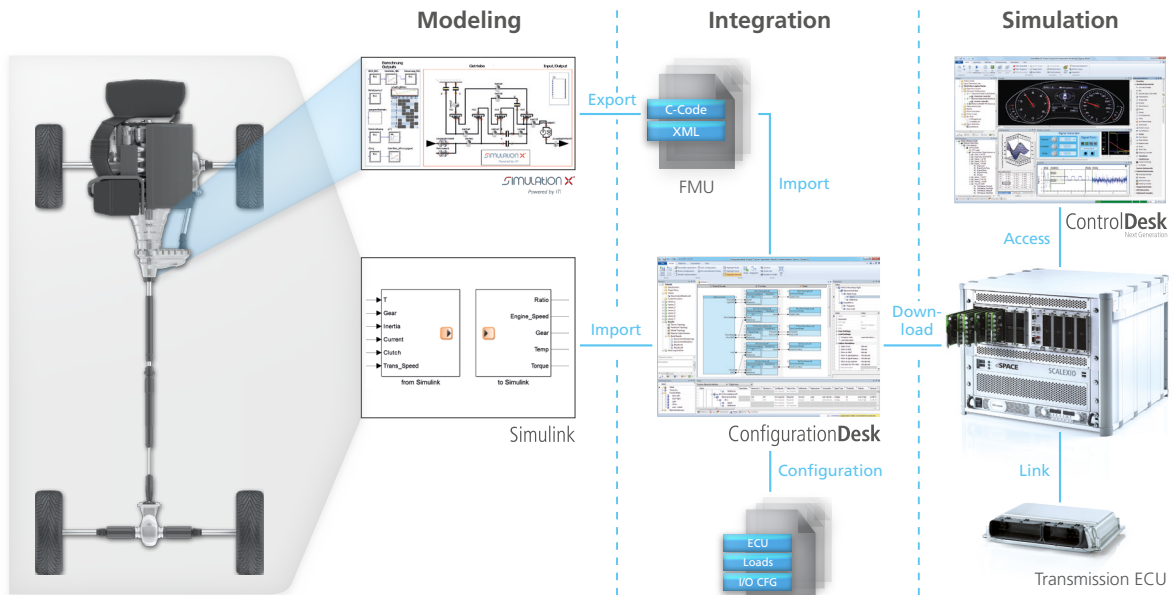
使用了 MATLAB®/Simulink® 以及 ITI SimulationX® 建模工具外，该项目还使用了 dSPACE 的 ConfigurationDesk® 软件来配置 SCALEXIO 系统和 dSPACE ControlDesk® Next Generation 来控制 HIL 仿真过程（图 1）。

FMI 思路

FMI 的基本思路是避免冗余工作：其目标是在不同的开发阶段以及公司的不同部门重复使用现有的仿真模型，而这些仿真模型可能来自不同的供应商。这就需要有一个标准，使得来自不同供应商、不同开发工具开发的环境模型可以更加容易的进行移植和集成。FMI 便是这样一种不依赖开发工具的开放式标准。它允许工程师使用完美的建模方法来建立每一个子模型，并且将这些子模型集成到一个项目中。子模型通过 FMU (Functional Mock-up Units) 进行传输。FMU 采

用压缩文件夹结构，含有模型功能文件，以及所需的接口文件（与 ANSI-C 兼容的 API 和 XML 文件）。用户还能添加文档和模型要求的其他数据。FMI 2.0 标准的新功能有利于实施 HIL 项目，比如有可能在仿真运行期间调整参数值、直接为经过优化的实时求解器定义步长等。因此该项目使用了 Co-Simulation FMI 2.0。在 Co-Simulation FMI 中，FMU 中已包含了合适的、针对于实时环境而优化的求解器。

图 1：整个系统的配置。Simulink 模型和 ITI 提供的 FMU 单元通过 ConfigurationDesk 集成为一个整体模型。该整体模型经过配置后加载到 SCALEXIO 中以进行 HIL 仿真。仿真过程通过 ControlDesk Next Generation 进行控制。



新模型的优点

该项目旨在利用所述的 FMI 优点将基于 Modelica 的非因果动态变速箱新模型集成在基于 Simulink 的整个动力传动系模型中。其目标是在仿真变速箱的整个行为时更好地表现其弹性行为。为此 ITI 在 SimulationX 中对四组具有可变传动比的行星齿轮进行了建模，其中包括相关的惯性、弹性以及输入扭矩、输出扭矩和摩擦扭矩。可切换式离合器被建模为具有合适的物理摩擦行为的摩擦表面，其中还包含了锁止与解锁状态之间的切换。这些离合器由一个换挡逻辑单元进行控制，逻辑单元中含有一个依赖速度和扭矩的换挡图。图 2 介绍了使用简

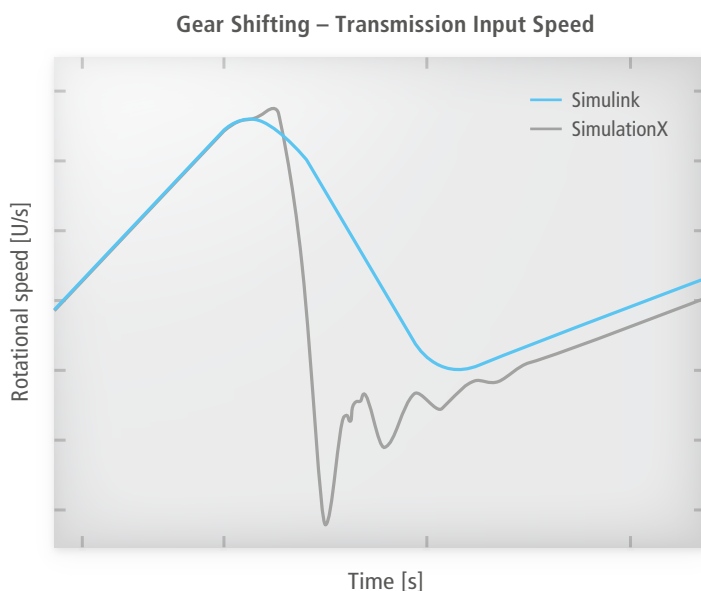
单的 Simulink 模型与使用 SimulationX 模型时变速箱动态行为仿真精度的差异。传动系的环境模型是在 1 ms 的步长中进行计算的。在 SimulationX 中进行建模并导出为 FMU 的新的变速箱子模型必须满足 1ms 步长的实时性要求。

集成新模型

项目开始时定义了变速箱模型的接口，随后在整个项目中所有的项目合作伙伴都会使用该接口。要将新的变速箱模型集成在现有的基于 Simulink 的传动系的环境模型中，开发人员需要执行以下步骤：

>>

图 2：蓝色曲线 (Simulink) 表示现有的面向信号流的变速箱模型在换挡期间的理想转速。灰色曲线 (SimulationX) 表示非因果模型中的变速箱行为，该曲线更真实，因为考虑了振动因素。



关于 FMI

2011 年，FMI 标准在 MODELISAR 项目中被首次提出，目前 Modelica 组织的 FMI 项目组正在进一步开发这一标准。该标准专注于动态系统模型（即由差分方程、代数方程和离散方程定义的模型）的交换。其当前版本 2.0 中含有有助于 HIL 仿真的新功能。其主要优点是能够定义经优化的实时求解器的步长，还能定义可调参数，便于在仿真运行期间更改其参数值。这是交互式实验和 HIL 仿真所必需的，因为控制回路含有真实硬件而无法直接重启实验和仿真。www.dspace.com/golfmi

关于 ProSTEP

ProSTEP iViP 组织 是一家国际协会，致力于开发创新的问题解决方法、产品数据管理的现代标准和虚拟产品创建的现代标准。

www.prostep.org

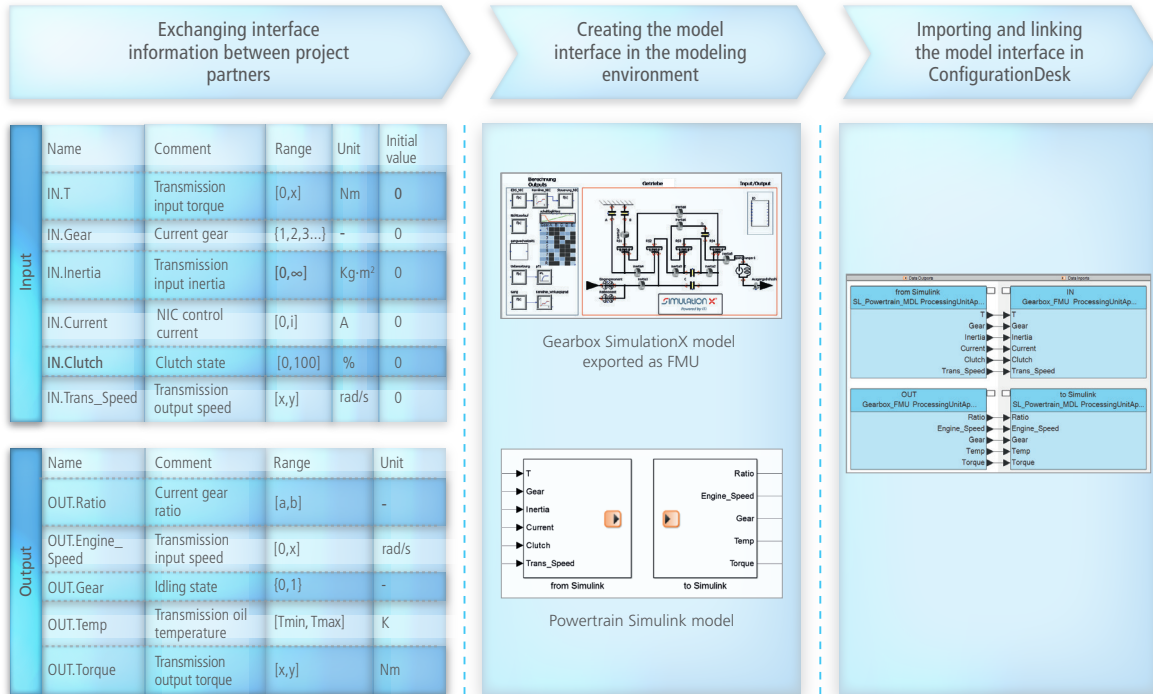


图 3：每一步工作流程都考虑和实施了预定义的建模接口。

1. 从 Simulink 模型中删除现有的简单变速箱模型
2. 使用 dSPACE Model Port 模块向 Simulink 模型中添加必要的模型接口
3. 将创建新的变速箱模型所需的数据交付给 ITI。这些数据包括：
 - a. 一个接口描述文件
 - b. 所需的模型功能
 - c. 技术框架（C 语言编译器、实时性要求等）
4. ITI 根据这些数据开发出了一个 SimulationX 物理模型，并提供了一个 FMU 单元和一个 Simulink S 函数作为测试基准。
5. 首先将 S 函数集成到模型中以测试 SimulationX 变速箱模型是否运行正确（类型 1）。随后对 FMU 单元进行集成以测试其功能的正确性（类型 2）。

测试和结果

项目合作伙伴在 dSPACE HIL 仿真器 SCALEXIO 上使用 ControlDesk Next Generation 对这两种类型进行了闭环测试，即使用 S 函数通过 Simulink 实现的集成（类型 1）和使用 ConfigurationDesk 通过 FMU 单元实现的集成（类型 2）。两种情况下被测模型的计算时间几乎完全一致，测试结果完全相同。新的变速箱模型（考虑了高达 40 Hz 的振动现象）能以 1 ms 步长进行实时计算并具有数值稳定性。因此，Co-Simulation FMI 2.0 证明了它适合实时模型的标准移植，并且独立于建模工具。这意味着 FMI 标准有助于简化部门之间的环境模型移植或交换。

工具链集成

交换模型组件只是第一步，还应该测试所交换的组件如何在现有工具链中集成。为了使适应过程尽可能快速和节省资源，必须避免对配置和实验工具进行重大调整。由于配置软件 ConfigurationDesk 支持 Simulink 和 FMI 作为环境模型的导入格式，所以基于已有的模型接口进行模型组件交换将会快速而简单。ConfigurationDesk 可以识别新的模型接口，因此能够使用新接口传递模型信号。在 ControlDesk Next Generation 软件中，FMU 的模型参数和变量与在 Simulink 模型中的参数和变量具有相同的使用方式。这使得调整和复用现有的变速箱 HIL 系统的测试文件、实验界面等变得更加容易。一旦基于 FMI 的新建变速箱模型集成在整个项目中，现有的工作流程和相关的 HIL 测试无需进行重大修改便能在项目中重复使用。

展望

ProSTEP 将该试点项目中获得的经验应用于其智能系统工程项目中，开发出了一个工作流程，用于描述各个合作伙伴在基于 FMI 的模型交换过程中应如何合作。该项目是本文描述的项目的进一步研究，致力于分析 HIL 测试过程中受知识产权保护的 FMU 的交换流程。

由宝马公司友情授权

总结

宝马公司、dSPACE 和 ITI 在一个试点项目中使用了一个自动变速箱模型来分析 FMI 标准是否适用于实时硬件在环仿真。结果表明，基于 FMI 的新的变速箱模型（在 SimulationX 中建模）能以 1 ms 步长实时进行计算并具有数值稳定性。因此 Co-Simulation FMI 2.0 适用于交换实时模型。基于 FMI 的模型容易集成在 dSPACE 工具链中，开发人员只需少量的调整就可以重复使用现有的测试和实验界面。因为自动变速箱的 ECU 在 SCALEXIO HIL 系统中可以无故障的运行，因此，现在可以考虑进行变速箱动态效果的详细测试了。

在未来，FMI 标准可用来集成最合适的模型组件，而与其制造商无关。



动力学 模型

车辆动力学特性是汽车生产的最终表现。保时捷采用高效、无缝对接的车辆开发流程，将优秀车辆动力学基因从开发的第一个环节一直传递到最终成品。





图 1：用于验证传动系统/底盘系统的 HIL 测试台架。中后方有一个装置用于安装 ECU 以及与之集成的真实部件（节流阀、喷油器、变速箱阀门、电子驻车执行机构、散热器百叶窗等）。

保时捷汽车因其卓越的动力学特性而闻名。为了达到这种高质量，所有的车辆部件，尤其是车身、底盘和车轮部件，必须实现相互之间的精确校准。主动底盘部件在帮助保时捷汽车实现车辆动力学雄心勃勃的目标上起到日益重要的作用。这些主动式部件包括电子稳定系统 (ESP)、主动阻尼控制系统以及保时捷动态底盘控制系统 (PDCC)，该底盘控制系统可将车辆在拐弯处的侧翻几率降至几乎为零，从而改善了车辆的敏捷性和舒适性。由于车型数量在不断增多，而开发周期却越来越短，因此车辆虚拟仿真在开发过程中显现出日益重要的作用。

通过 HIL 测试台架进行功能测试和 ECU 测试

硬件在环 (HIL) 仿真已在保时捷的车辆开发过程中用于自动测试电子控制单元 (ECU)，它已成为新产品开发中的核心部分。网络化 HIL 测试台架用于传动、底盘以及车身和信息娱乐系统的集成和功能验证，这些测试台架含有相关应用系统的所有 ECU (图 1)。尽管相对简单的仿真模型

和验证 ECU 网络的车辆动力学功能时，特别需要使用经过验证的模型，以便尽可能精确地仿真真实的车辆行为。用于传动系/底盘测试台架使用的仿真模型由保时捷公司的模型 (例如变速箱模型) 和 dSPACE 公司的车辆仿真模型 (ASM) 组合而成。车辆动力学特性通过 ASM 车辆动力学模型仿真得到。

“对于车辆动力学 ECU 的硬件在环验证，我们依靠 dSPACE 的 ASM 车辆动力学模型。”

Günter Hetzel 博士，保时捷公司

即可满足车身和信息娱乐应用的测试需求，但是传动系和底盘系统应用的测试却需要更多的建模工作，因为要使用更复杂的模型，如用于发动机模型和变速箱模型。这些模型所仿真所有的系统变量 (例如传感器信号或总线信号) 之后可通过 HIL 仿真器用于

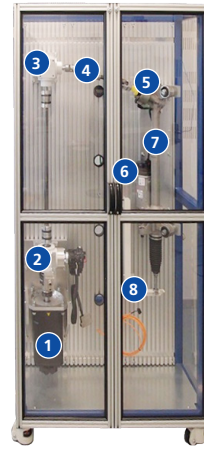
可能精确地仿真真实的车辆行为。用于传动系/底盘测试台架使用的仿真模型由保时捷公司的模型 (例如变速箱模型) 和 dSPACE 公司的车辆仿真模型 (ASM) 组合而成。车辆动力学特性通过 ASM 车辆动力学模型仿真得到。

在开发过程中仿真车辆动力学特性

即使在项目前期，仿真模型就能对车辆动力学特性进行客观的评估，并能以系统化和自动化方式高效、全面地验证所有相关指标。根据任务的不同，位于威斯萨赫的保时捷研发中心会使用不同类型的模型对底盘、车辆动力学特性进行测试。

- 参考模型，能够高精度仿真底盘和车辆部件，但是计算时间长
- 功能模型，简化了零件的表述，可以进行实时仿真或更快速度仿真
- 属性模型，含有部件的概述，其复杂性与功能模型相当，但是计算时间很短
- 部件模型，不含有可以观察所有独立部件的整体车辆模型，如同在测试台架中所使用的模型

为了在相关任务中等效地使用这类模型，并且无需付出额外努力，保时捷引入了一种无缝对接参数化和一致验证流程（图 3）。该方法能从各自的上级类别中创建模型，并根据相同的驾驶策略对这些模型进行验证。由于只能使用开环驾驶策略（例如指定转向和速度等属性），所以无论是对于真实试驾还是仿真过程，客观地采集车辆状态特性变得容易。同时，还考虑了车辆的静态和动态特性。



- ① 用于施加驾驶员转向扭矩的电机
- ② 转向角度传感器使用的锥齿轮（仅位于测试台上）
- ③ 锥齿轮（仅位于测试台上）
- ④ 转向柱
- ⑤ 转向器
- ⑥ 转向支架伺服电机
- ⑦ 齿条和齿轮
- ⑧ 用于分析的测量装置

图 2：电动转向系统测试装置。

通过 HIL 测试台融合各种优点

当模型被用于自动化测试成熟度以及 dSPACE ASM 环境鲁棒性测试时，为了发挥模型一致性准备流程的优点，保时捷公司创建了一种可以转换功能模型参数的功能。该功能现在可以用来为 HIL 测试台创建全自动化模型数据集，该数据集具有与参考模型几乎相同的车辆动力学属性。有效的车辆

动力学模型让开发人员能以所需的精度对 ECU 代码的功能进行全面的测试。 >>

Type	Real-Time Capability	Parameterization Effort	Component Models
Reference model	No	High	Exact simulation
Function model	Yes	Partly automated parameterization from the reference model	Simplified
Property model	Yes	Partly automated parameterization from the reference model, function model or measurements	Simplified, component summary
Component model	Model-dependent	Model-dependent	Model-dependent

表 1：车辆动力学模型类型。

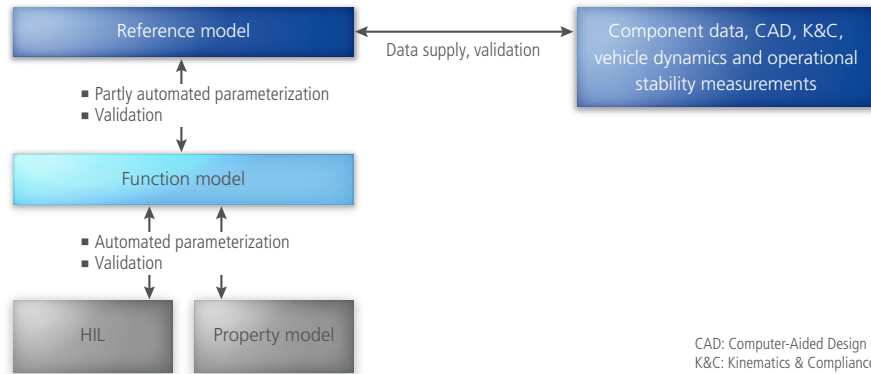


图 3 : 无缝对接模型参数化。

双赢结果

根据此处介绍的流程，HIL 测试台所需的完全参数化底盘模型已经可以用在先前建立的模型准备流程中。因此，在开发前期阶段，ECU的开发和验证受益于经验验证过的底盘模型。ECU网络中进行的仿真测试也可用于软件在环（SIL）环境的验证，在该环境中，ECU的软件模型可以使用相同车辆数据进行测试。因此保时捷在车辆开发的所有阶段都拥有一个强大、鲁棒性好的工具链。

展望

我们的目标是未来所有的车辆项目使用一系列无缝对接的模型。在下一步中，我们将致力于实现参数的准备以及 HIL 和 SIL 仿真结果的验证和比较自动化。这将使虚拟验证流程变得更加高效。■

Dr. Günter Hetzel 和 Florian Strecker ,
Dr. Ing. h.c. F. 保时捷公司

Dr. Günter Hetzel

Dr. Günter Hetzel 是 Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG 保时捷公司（位于德国魏斯萨赫）的测试工具和测试方法专家。



Florian Strecker

Florian Strecker 是 Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG 保时捷公司（位于德国魏斯萨赫）的车辆动力学计算和系统动力学专家。



眼见为知：动画软件 MotionDesk 是观察所仿真的驾驶操控的理想工具。

ASM 车辆动力学模型

ASM 车辆动力学模型是用于生动且实时仿真车辆动力学行为的一种仿真模型。车辆的物理特性通过一个 26 自由度的多体系统来表示。ASM 车辆动力学模型包括可配置的带有弹性轴的传动系、制动管路和电机模型、各种车轮模型、带有非线性运动学和弹性运动学属性的底盘模型、三维描述的空气动力学特性以及复杂的多自由度转向模型，也包括含有道路、驾驶操作和开闭环驾驶员的环境模型。在运行过程中所有的参数均实时可调。附加 ASM 的模块化组件可以连接形成一辆虚拟车，例如可用于 HIL 环境中测试 ECU 网络。

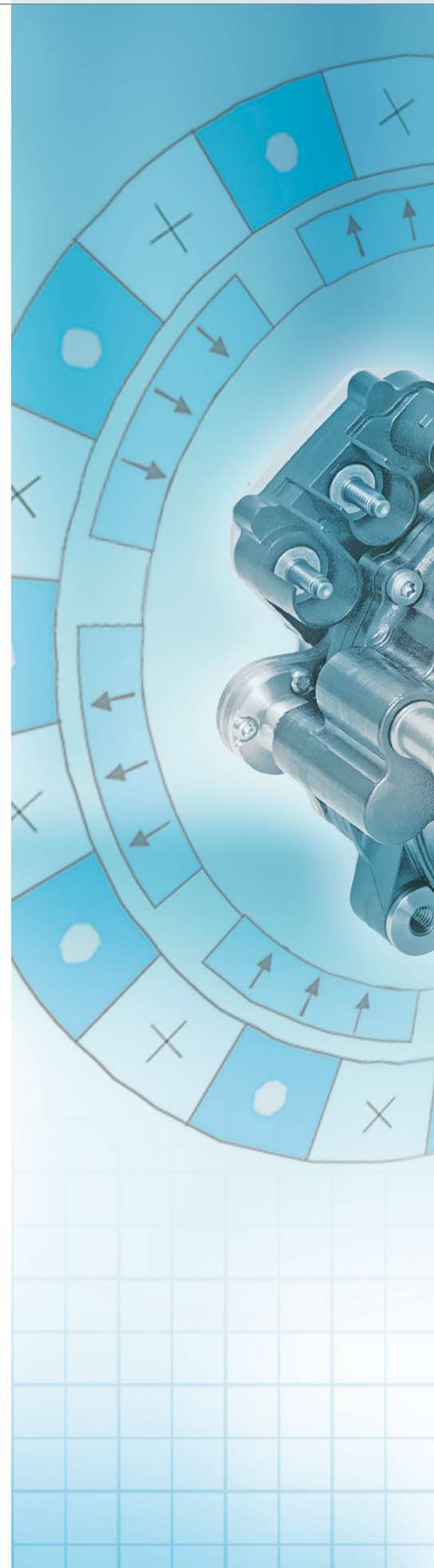


大陆公司 (Continental) 最新推出的皮带驱动型起动机发电一体机不仅使用48V车辆电气系统, 还创造性使用异步电机作为电动机和发电机。dSPACE 灵活的 HIL 测试系统促进了轻度混合动力 ECU 的开发。

古 希腊单词 ‘synchronous’ 意思是 “与时间一起”。在电动机及发电机领域, ‘synchronous machine’ 经常用于指代永磁同步电机或带有滑环的外励磁同步电机, 这些机器的转子按照与定子旋转磁场完全相同的速度围绕定子进行旋转, 即 “同步运动”。异步电机 (感应电机) 是不同的。用作发电机时, 转子旋转速度高于定子磁场速度; 用作电动机时, 转子旋转速度低于定子磁场速度。尽管异步电机功率密度低于永磁同步电机, 但由于不使用昂贵的永磁体, 其成本明显更低。此外, 异步电机无需给转子直接供电, 故不需要供电滑环。这种简单的结构使其十分耐用。正因如此, 工业上数十年来一致使用异步电机, 该技术甚至在严苛的内燃机环境中广泛使用, 它能使系统更加可靠。作为第一个提供类似系统的汽车供应商, 大陆公司率先在48V皮带驱动起动机发电一体机 (BSG) 系统中使用感应电机, 旨在以低成本生产大量经济型轻度混合动力车, 同时通过该新方法减少 CO₂ 排放。

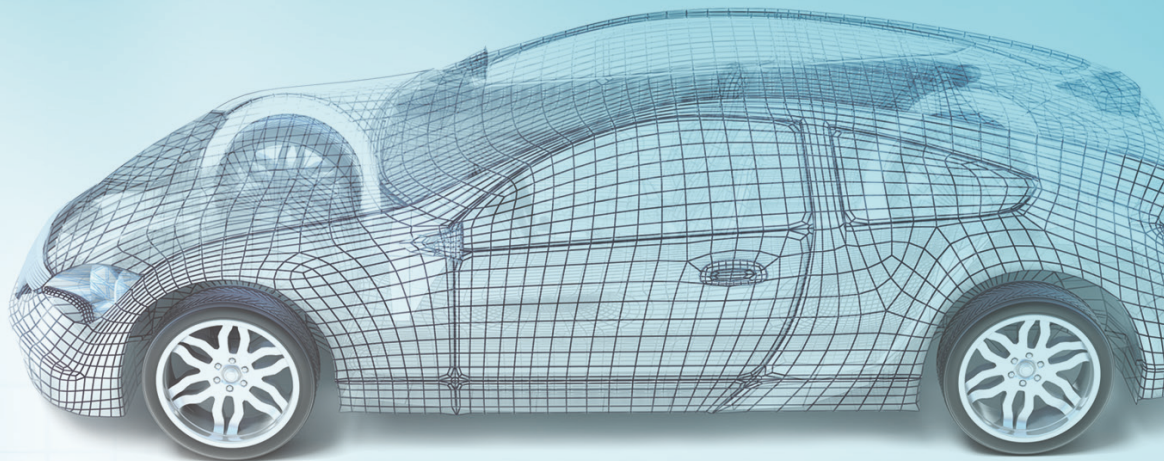
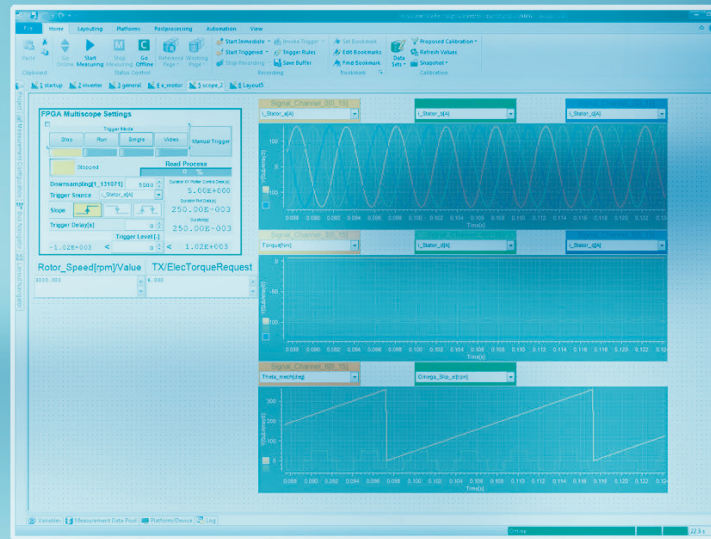
久经考验的测试平台

48 V 车辆电气系统不仅由电动机、传动带和集成逆变器组成, 还含有一个锂离子电池和一个 12 V DC/DC 转换器及相关的控制软件。开发人员可以集中精力设计、实现和验证这些控制装置, 还能专注于软件的功能安全。基于其长期的高压电力电气系统开发经验, 大陆公司只为 48V BSG 系统选用经过试用和测试的概念、平台和工具。这显著缩短开发时间, 增加系统鲁棒性并降低开发费用。这也正是 dSPACE 高度灵活及高度仿真真实性的硬件在环 (HIL) 测试系统的着眼点。大陆公司多年以来一直在开发阶段使用这些系统来验证控制功能。这些系统可以将纯基于PC的仿真和昂贵耗时的电机测试台有效衔接。开发人员可以使用测得的电动机参数和基于 MATLAB® 仿真开发的控制算法来进一步优化电机。 >>



同步 异步

经济实用的轻度混合动力新方式



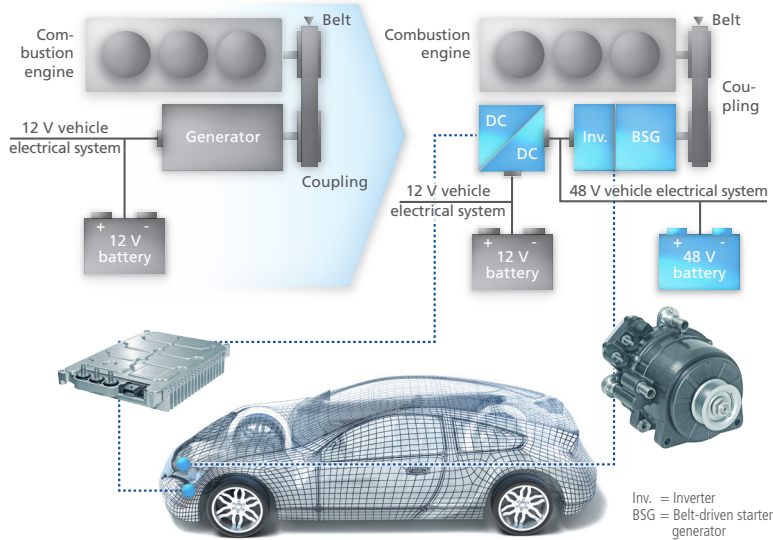


图 1：在“48V Eco Drive”轻度混合动力车部件（浅蓝色）中，除了传统的 12 V 系统，大陆公司还额外添加了一个 48 V 车辆电气系统。

早期优化及测试

新功能可以在早期便在逆变器硬件上测试及分析。为此，HIL 仿真器需要对电动机进行仿真。该方法能让开发人员在早期检测到硬件与功能间交互的潜在错误，消除它们；并可在控制软件被集成入 48V BSG 及台架测试前就开始优化软硬件两部分。基于 HIL 仿真器的测试自动化，可在早期阶段即对比客户需求，快速、全面覆盖的软件测试及验证。要求和测试在 IBM® Rational® DOORS® 中指定。在将软件交给客户之前，大陆公司依据自动化测试覆盖率指标执行、分析和概述了 HIL 仿真器上相应的自动化回归测试。

为长期合作伙伴简化合作流程

对于 48V BSG，大陆公司使用 dSPACE 基于® System Generator (XSG) 开发的模型库及高动态性 DS5203 FPGA 板卡。该模型库包含逆变器、机械装置和电动机的准连续模型。为正确仿真 48V BSG 开发使用的电机，dSPACE XSG 电气模型库首次集成异步电机模型。尽管当时该模型计划在未来的 dSPACE 版本中发布，但 dSPACE 授权大陆公司访问最新的测试版 XSG 模型库。这样能够获得新模型（该模型现已正式发布）的联合使用经验。

精确仿真感应电机

数天之内，在 dSPACE 的协作下，第一台可以与逆变器 ECU 配合使用的基于 FPGA 的异步电机 HIL 平台在 Continental Regensburg 的实验室内完成调试。为使仿真结果尽可能精确，大陆不仅考虑电流和温度效应，还考虑了频率效应。所需要的 FPGA 感应电机模型扩展基于 dSPACE XSG 实用模型库（同样基于 FPGA）快速、轻松地搭建。使用该新型的建模方法，大陆公司能够考虑电机中诸多耦合特性，通过 2D 查表及测试台架数据结合的方式实现。这使得电机的仿真尽量精确

“由于我们在开发 48 V 皮带驱动型起动发电机的过程中获得了极为积极的体验，因此我们在大陆开展的首批后续项目也采用了基于 FPGA 和电机模型的 HIL 仿真。”

Anja Poppe, 大陆

高灵活性及真质量

dSPACE 建模接口的高灵活性，使得在不创建新的 FPGA 模型基础上，仿真记录的查表数据成为可能。查表可在 MATLAB®/Simulink® 环境中创建，并在仿真运行时由 dSPACE ControlDesk® Next Generation 调整。这确保了面对未来应用时的灵活性，例如验证新规格的电机。通过将 XSG 实用程序库中的 Multiscope 仪表集成入 ControlDesk 中，大陆公司能以 FPGA 的时钟频率将 FPGA 内部变量（例如电流、电压、电感或磁饱和度等）可视化。因此大陆公司可优化控制测量，持续改进控制质量。dSPACE 基于大陆在测试阶段发现问题，快速提高异步电机模型的优化及相关解决方案，促进 48V BSG 的开发。

继续改进产品质量

由于对 48V BSG 开发的有效推动，大陆公司的首批后续项目已经使用基于 FPGA 及电机模型的经过验证的 HIL 仿真。起动发电机系统使紧凑型汽车的燃油用量降低了多达 20%，部分原因是采用能量回收。但是古希腊的概念不仅仅适用于回收，即异步电机的发电模式。正如转子的旋转比定子的旋转磁场更快一样，整个 48 V 皮带驱动型起动发电机将会使 2016 年的批量生产提前开始。■

大陆公司 Anja Poppe、Josef Laumer



图 2 : 大陆公司位于 Regensburg 的一个 HIL 测试台。

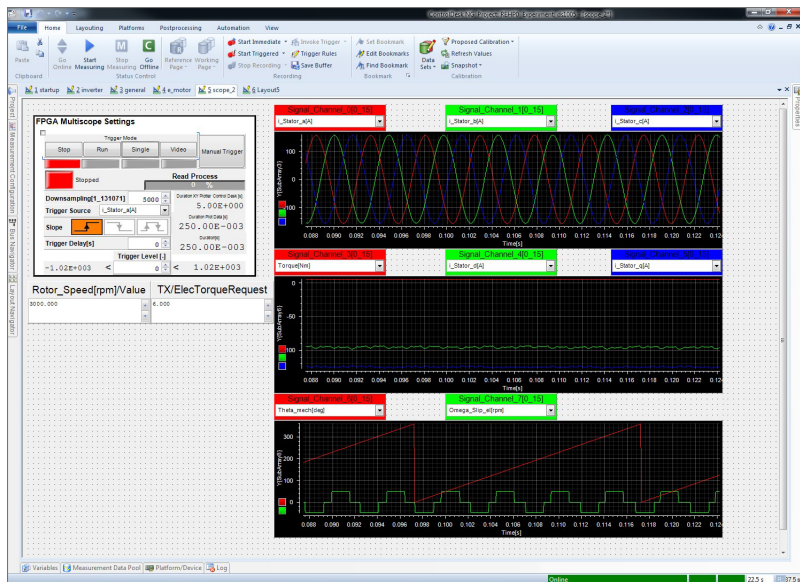


图 3 : ControlDesk Next Generation 中的 Multiscope 仪表。

Anja Poppe

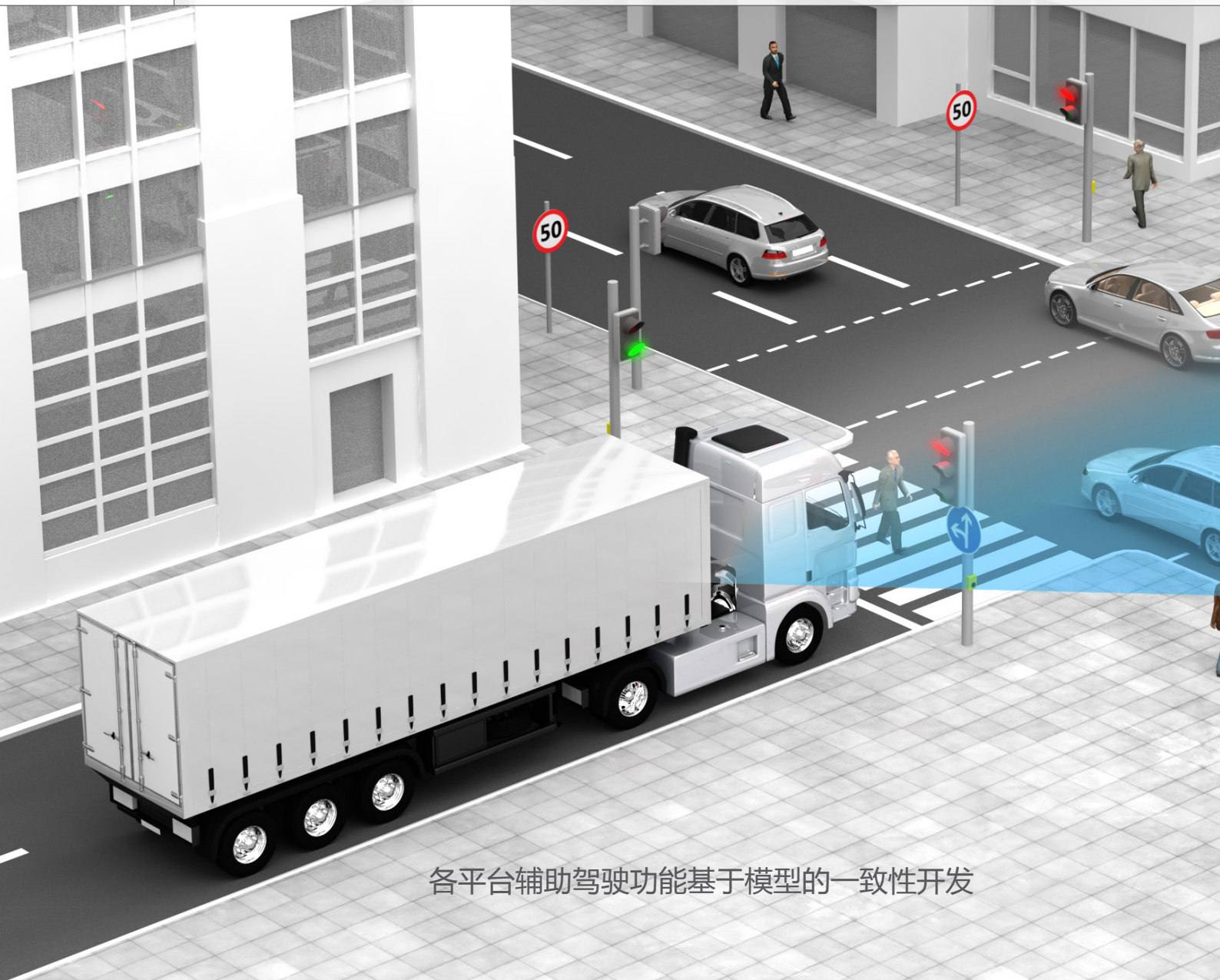
Anja Poppe 是软件测试经理，负责大陆公司（位于德国雷根斯堡）混合动力车和电动车软件和系统工程部门的测试策略和测试设备。



Josef Laumer

Josef Laumer 是功能开发人员，负责大陆公司（位于德国雷根斯堡）混合动力车和电动车软件及系统工程部门的电机控制。





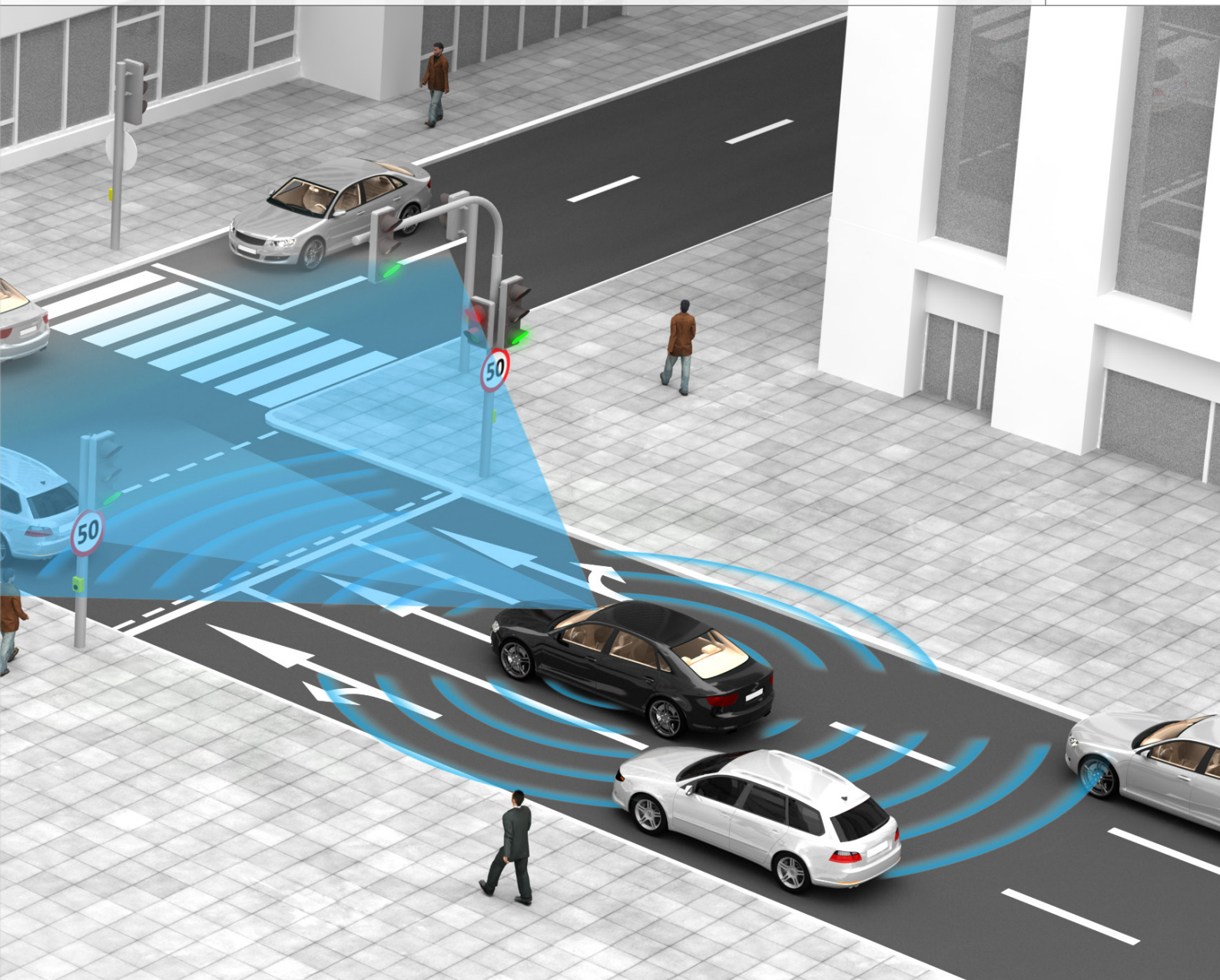
各平台辅助驾驶功能基于模型的一致性开发

开发

智能

辅助系统

汽车安全技术股份有限公司有一个基于传感器的辅助驾驶系统高级开发项目，需要可靠地处理和分析复杂的数据。产品级代码生成工具 TargetLink 可以支持该任务，能提供高效无缝的工作流程。

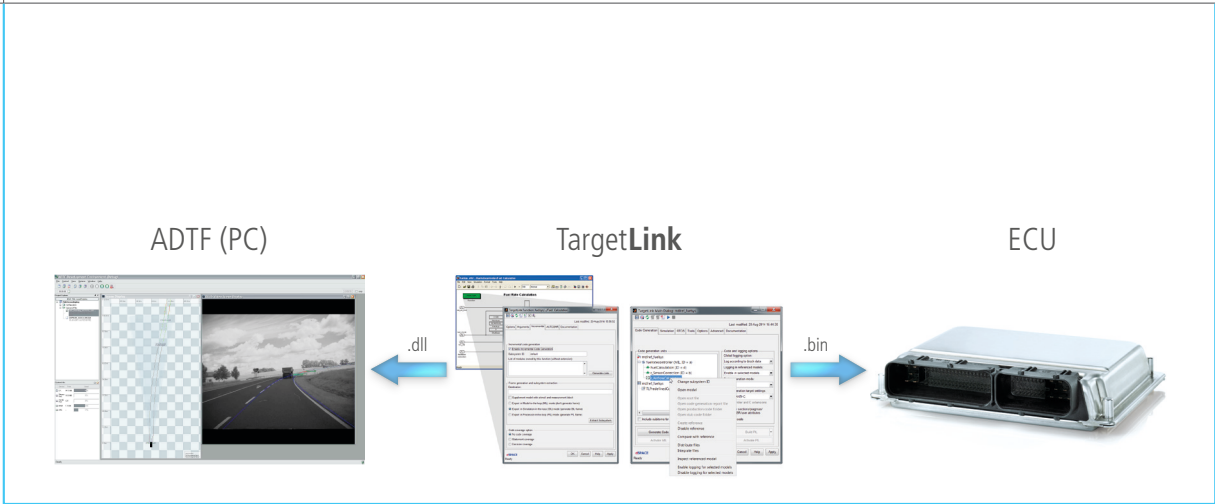


基 基于传感器的辅助驾驶领域与许多不同类型传感器所采集的数据相融合，产生了复杂的算法、数据结构以及海量的数据。针对十字路口和交叉路口交通的高级开发项目旨在高效地处理以下任务：

- 融合许多不同类型传感器（摄像头、雷达和激光）采集的数据
- 依据原始的激光数据构建各种目标对象
- （对车辆、行人等）进行基于摄像头的多假设对象跟踪

为确保基于模型的开发过程可以诊断复杂的功能，大量的功能内部信息（即不能直接访问的信息）必须进行验证和测试。这些零碎的详细信息需要占用额外的内存和更长的运行时间，只有开发阶段可以接受这种情况。功能交付之后，将不再需要这些信息。此时工作的重点转变为满足最低内存要求和优化运行时间。最终需要的软件组件 (SWC) 应该能在其非功能性范围内进行扩展并能灵活地编译，以满足特定的应用需求。

在开发过程中，合适的目标平台通常仍无法确定，因此，能在不受制于任何特定平台的情况下快速实施原型功能的开发模式就显得特别重要，特别是在预研项目中。开发环境 ADTF（汽车数据和事件触发型框架）是适合这类应用的一种工具，它能在 PC 上运行各种功能，并能将这些功能与其他部件关联起来。 >>



功能模型生成的软件组件 (SWC) 集成简化图：尽管控制单元将软件组件集成为二进制文件 (.bin)，但是 ADF 将软件组件作为可执行库 (.dll, Windows)。

传感器数据开发环境

ADTF 是在线同步记录车辆传感器数据并提供相关功能的一种开发环境。ADTF 还能离线播放所记录的数据，以便让各种功能的运行不依赖记录时间。在这种环境下，组件可以自我编程，现有组件可以通过 ECU 进行控制。因此原则上可以使用同一模型来生成 ECU 代码，并能创建 Windows®/Linux 库。如上所述，开发阶段的另一个要求是必须可以访问尽量多的与开发相关的功能内部信息，以便可以分析和了解功能，尤其是在功能表现异常时。但是为了实现可访问性，必须是模型本身已经提供了该内部数据。对开发环境中所编译模型进行调用的组件随后可以分析和可视化该数据，或者将数据转发至其他组件。

技术性实施要求

在可执行 ECU 软件中实施各种功能，正是 dSPACE 的产品级代码生成工具 TargetLink® 的作用。利用 TargetLink，可以从功能模型生成软件组件的代码，并将代码集成在控制器和开发环境中。必须能够在这两种平台运行时跟踪和可视化软件组件的行为分析。两种运行时环境 (ECU 和开发环境) 都需要这样，但是情况各有不同。在 ECU 上，软件组件使得外部工具可以通过测量和校准协议 (XCP) 访问预定义的运行时变量。而在开发环境中，任何的软件组件变量都可以传输到其他程序中并在需要时进行可视化。由于基于 PC 的环境不需要软件组件使用任何内存，这与 ECU 不同，因此软件组件可以被任何

数量的其他调试变量进行扩展，以便充分发挥调试能力。面临的挑战是一方面要使 ECU 代码基本保持不变，另一方面还要考虑软件组件的集成要求，例如创建尽可能多的调试变量并使这些变量可用。另一个挑战是在每个目标平台 (Linux 或 Windows) 上实现高级别集成自动化，以降低工作流程中的手动干预工作量。解决方案是对软件组件模型、软件组件数据库及合适的脚本进行修改。

TargetLink 数据字典中的配置规格，在代码生成中为调试变量提供所需的灵活性。

Property	Values
Description	"Variable class"
Storage	default
Scope	global
ArgClass	<>
Volatile	off
Const	off
Macro	off
Alias	off
InitAtDefinition	off
RestartFunctionName	"InitPredictionVariables" Initialization function
SectionName	"
TypePrefix	"UAS_API" Compiler switch
DeclarationStatements	{ }
UseName	on

“我们正在利用 TargetLink 实施一种自动化无缝工作流程，以便高效地开发高性能辅助驾驶功能，该流程支持开发平台和目标处理器具有可切换的代码生成过程。”

Matthias Issbruecker, 汽车安全技术股份有限公司

这可以通过 TargetLink 自动实施

为了自动实施工作流程并支持将 TargetLink 集成在开发过程中，客户使用了 TargetLink 的回调机制。TargetLink 特定的 Hook 函数支持用户在编译过程中进行特定的修改。调用 Hook 函数时，将会自动执行客户定义的指令，不必额外进行手动调整。使用 TargetLink 之后，能够在编译过程中通过编译器开关将所创建的（针对开发环境）或所忽略的（针对 ECU）附加调试变量以阵列形式进行实施。可以使用不同的编译配置变体为不同的开发平台开发相同的代码，还能在编译过程中将编码简化

为所需形式。由于这些调试变量阵列会有不同的数据宽度和数据类型，所以通过库的形式实施了可重复使用的一般解决方案。此外，借助于预处理器指令和自动插入的前缀，TargetLink 可以根据编译器开关，为不同的运行时环境（ECU、Windows 或 Linux 开发环境）生成完全相同的 C 代码。■

Matthias Issbruecker, 汽车安全技术股份有限公司, Mohinder Pandey

结论

为了满足高效集成式开发的要求，汽车安全技术股份有限公司使用产品级代码生成工具 TargetLink 来生成面向目标平台的代码。编译器开关可以自动由功能模型生成适用于特定硬件平台的代码。该代码可以包含额外的调试变量，或经过优化以运行于 ECU。其优点是开发环境 ADF 采用了完全相同的功能模型，以便轻松开发辅助驾驶功能、生成 ECU 代码以及在真实的运行条件下测试代码。

Matthias Issbruecker

Matthias Issbruecker 在汽车安全技术股份有限公司（位于德国盖默斯海姆）负责开发交叉路口辅助系统。

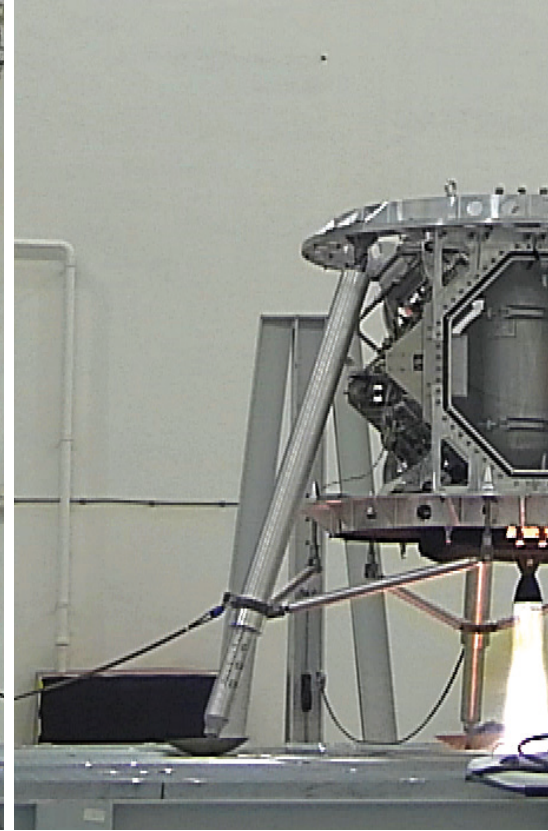
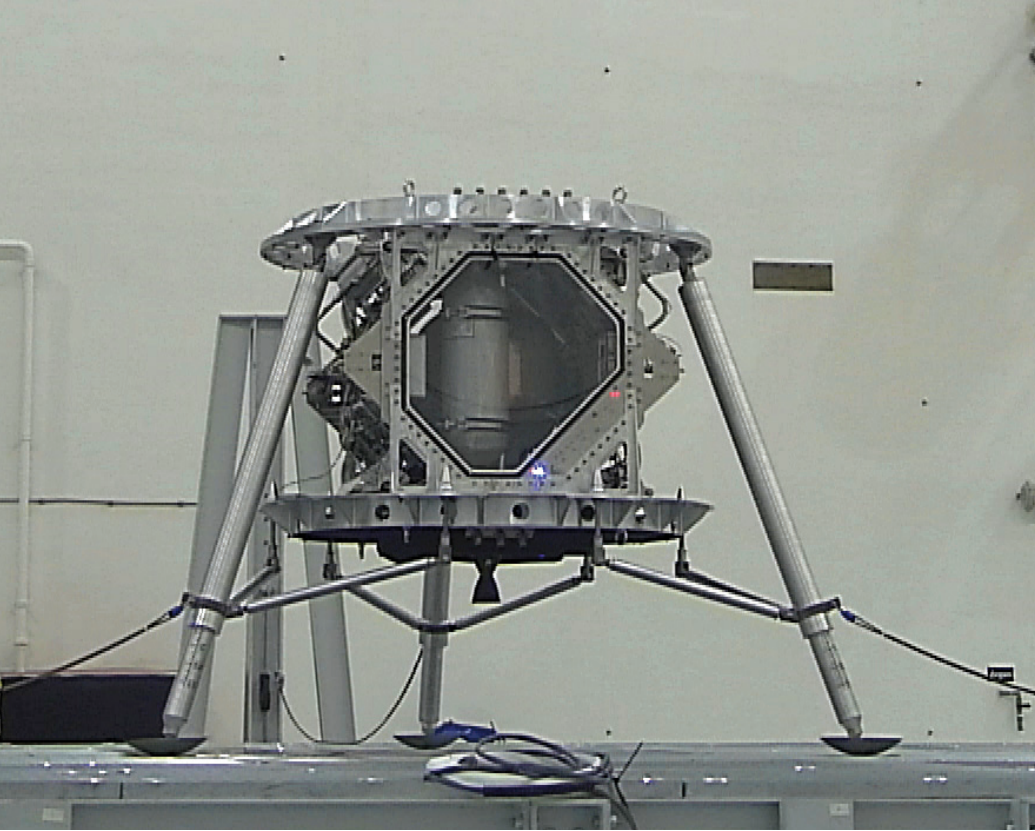


Mohinder Pandey

Mohinder Pandey 在汽车安全技术股份有限公司（位于德国盖默斯海姆）负责交叉路口辅助系统的预研项目。



在试飞期间，HOMER 成功地掌握了悬飞相位、滚转操纵和软着陆。



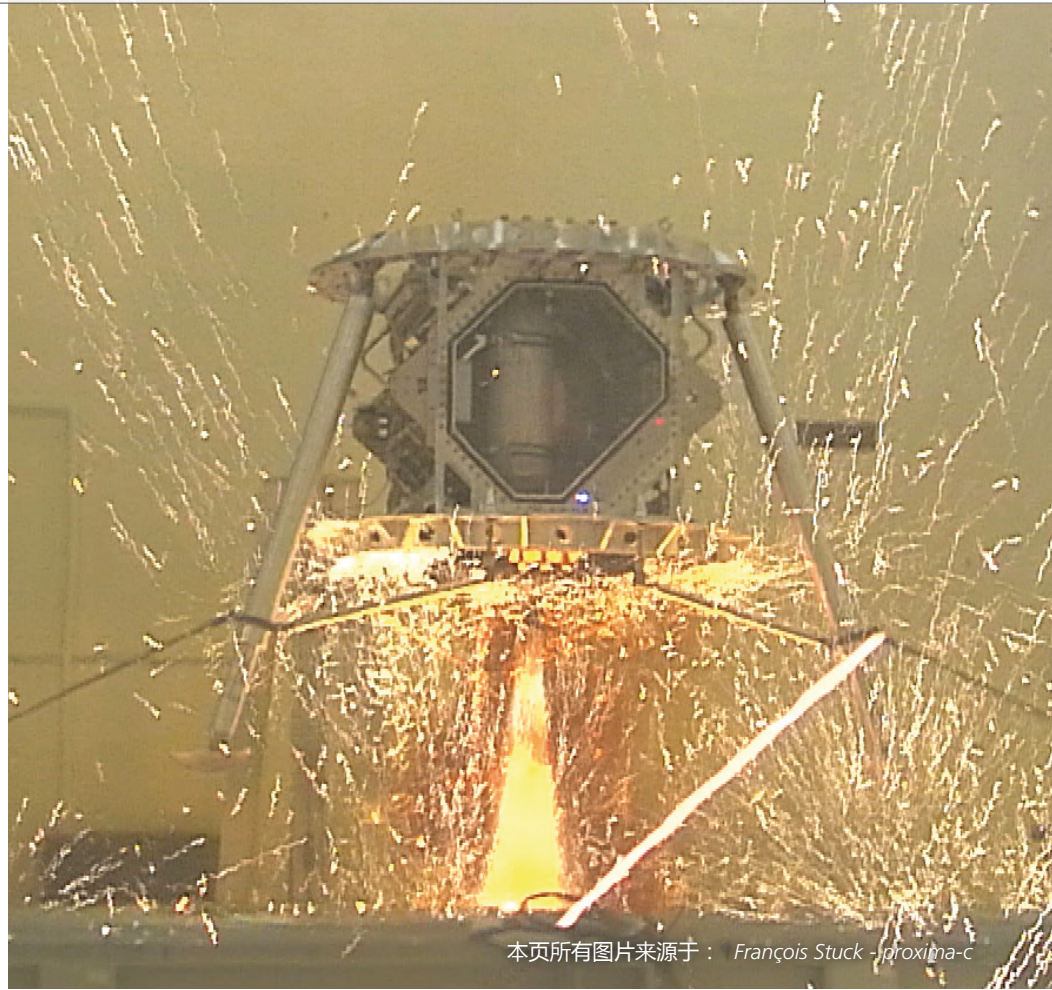
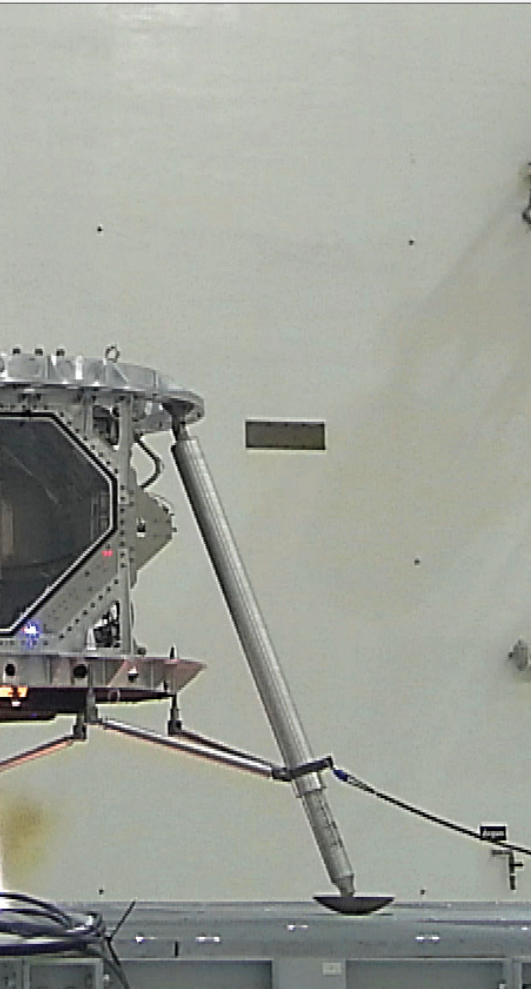
腾飞的 HOMER： 回顾

在 HOMER (HOver ManoEuvRe) 项目中，空中客车防务及航天公司开发出一种创新的二合一原型，用于控制未来航天器的着陆和悬飞操纵。航天器上搭载了两个 dSPACE MicroAutoBox 平台来控制试飞。

空 中客车防务及航天公司的 HOMER 项目在使用工具产品方面具有创新性。该项目从一开始便使用商用成品 (COST) 来进行如此复杂的开发任务。HOMER 是空中客车防务及航天公司五个最卓

越的项目之一。其目标是评估新技术及相关专有技术的成熟性，并发展新的核心竞争力。HOMER 可以被认为是一种新技术孵化器。开发期间面临的一个主要挑战是重量和体积的限制 (体积为 1 m³，重量不超过 300 kg)。空中客车

防务及航天公司其他项目的要求没有这么严格，因为开发的是至少二十吨的大型航天器。



本页所有图片来源于：François Stuck - Jproxima-c



“dSPACE 产品在 HOMER 项目中的成功应用让我们十分期待在未来的 R&T 项目中采用 dSPACE 解决方案。”

Stéphane Heynen, 空中客车防务及航天公司地面控制系统负责人

两种类型航天器

HOMER 根据用途分为两种类型。一种类型适合着陆操纵，另一种适合悬飞操纵（图 2）。着陆型 HOMER（ODYSSEY 探测任务着陆器）具有减振着陆腿和垂直运动发动机。悬飞型 HOMER（ILIAD 探测任务撞击器）没有着陆系统，但有两台额外的发动机可以实现横向运动。首次测试针对着陆型航天器。

跨国家跨学科开发

空中客车防务及航天公司的六个分部参与了 HOMER 项目，其中有两个法国分部和四个德国分部。从一开始便需要创建新的组织结构，以确保实现紧密合作。一个典型示例是仿真和飞行控制团队的合作，这些团队在空中客车防务及航天公司合并为一个团队。该项目团队大约有 25 名员工，分为多个小组，分别由法国和德国的工程师组成。每个小组负责一项子任务，例如姿态控制系统或主推进系统。

使用 dSPACE 工具实现快速控制原型

开发 HOMERCOTS 的硬件和软件时使用的 COTS 系统必须满足输入输出能力、重量和可配置性方面的严格要求，因为一个具有成本效益的精益开发系统绝不能牺牲安全性。最终选择了 dSPACE 工具，因为这些工具曾在空中客车防务及航天公司以前的项目上试用和测试过。dSPACE MicroAutoBox 灵活的输入/输出能力使其可以轻松连接现有硬件。其硬件包括一个惯性导航系统、一个摄像头、一个雷达测高计以及多个不同的

>>

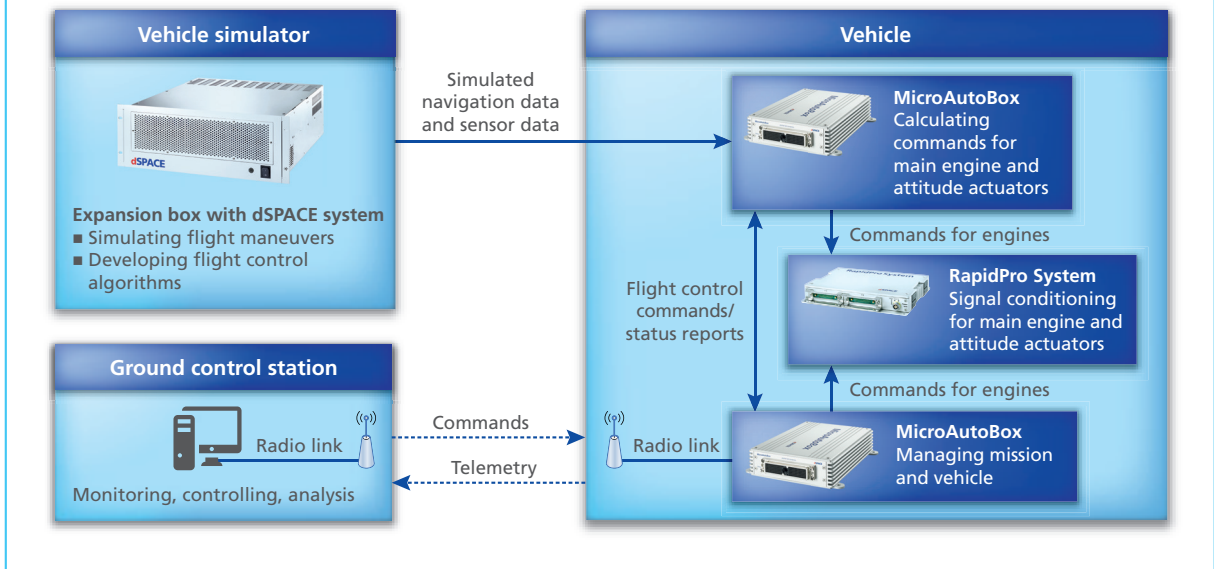


图 1 : HOMER 连接到 dSPACE 扩展盒中的模块化 dSPACE 系统, 以开发飞行控制算法。这使其能在实际试飞之前对飞行操纵及相关的传感器数据进行仿真。

传感器和执行器。通过基于模型的开发方法使功能设计变得十分简单, 即先在 MATLAB®/Simulink® 中进行模型设计, 然后集成实时接口 (RTI), 并自动运行在 dSPACE 硬件 (图 1) 上。“dSPACE 工具最显著的优点是直接使用模块框图轻松完成配置、实验软件 ControlDesk 具有丰富的虚拟控件及高实时性。” HOMER 电气子系统开发负责人 Thierry Poirrier 说道。在开发过程中, 总共使用了 5 个 MicroAutoBox 组件和 RapidPro 功率级组件, 其中包括相关的实施和实验软件。

搭载两个 MicroAutoBox 平台进行试飞

HOMER 在空中客车防务及航天公司位于不莱梅的工厂内组装完毕, 然后运到法国阿基坦的测试中心。2012 年 10 月 23 日, HOMER 通过了验证测试, 测试内容包括悬飞相位、滚转操纵以及从地面上方 1 米处软着陆 (见视频)。“HOMER 已通过了系统层面的测试。”地面控制系统负责人 Stéphane Heynen 说道。HOMER 上安装了两个 dSPACE MicroAutoBox: 一个用于管理飞行任务和机载系统, 另一个用于控制具体的飞行。由于

HOMER 会遭受极端振动, 尤其是在起飞和着陆过程中, 所以减振专家建议在 MicroAutoBox 内部放置额外的减振泡沫, 以确保设备在试飞期间正常工作。



“我们在开发和验证过程中一直使用 dSPACE 产品。我们在所有测试系统上采用了经济高效的 dSPACE 工具, 确保了测试结果具有代表性和典型性。”

Thierry Poirrier, 空中客车防务及航天公司电气子系统负责人



“dSPACE 产品提供了快捷、可靠和强大的实时原型工具，让我们能够专注于核心工作。”

Clément Gu, 空中客车防务及航天公司仿真和飞行控制软件负责人

开发时间缩短了 9 年

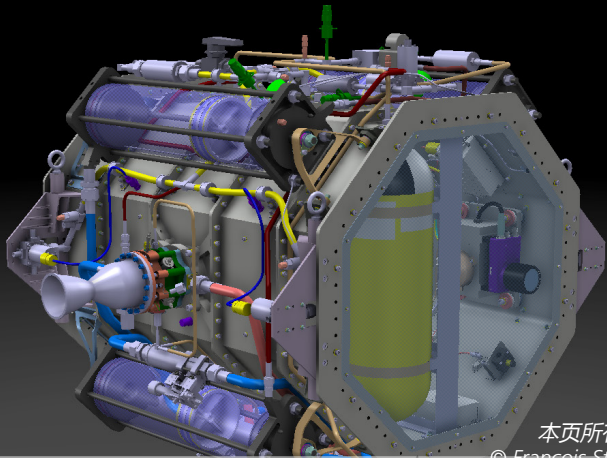
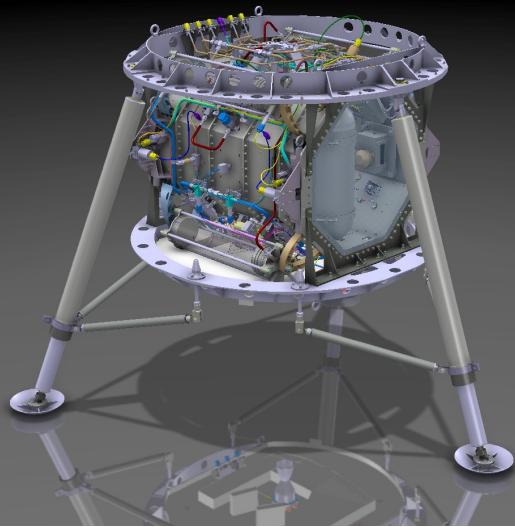
“对于该原型，从开始第一步工作到建成着陆型航天器，我们仅用了 4 年时间。要获得可以使用的航天器，该过程在通常的航天项目中需要耗时 15 年。” 仿真和飞行控制软件开发

人员 Clément Gu 说道。空中客车防务及航天公司是欧洲第一家具有这种试飞能力的航天公司。由于新的开发技术和工作方法大获成功，公司将在未来的航天项目中继续使用它们。其中一个项目可能是开发清除太空碎屑

的航天器，这需要具有高精度的推进、控制和对接能力。■

由空中客车防务及航天公司友情授权。

图 2：上图：着陆型航天器（配有一台垂直移动发动机和三个着陆腿）。
下图：撞击型航天器（配有一台垂直移动发动机和两台水平移动发动机，没有着陆腿）。



结论

在 HOMER (HOVer ManoEuvRe) 项目中，空中客车防务及航天公司开发出一种创新的多功能原型，用于控制未来航天器的着陆和悬飞操纵。各种 dSPACE 产品参与了 HOMER 的试飞开发，例如使用两个 MicroAutoBox 实现机载飞行控制。HOMER 只用了 4 年时间便完成了此类通常需要 15 年的航天开发任务。HOMER 项目目前已成功结束。

该视频介绍了 HOMER 的首次试飞：

www.dspace.com/go/dMag_20152_HOMER



本页所有图片来源于：
© François Stuck - proxima-c

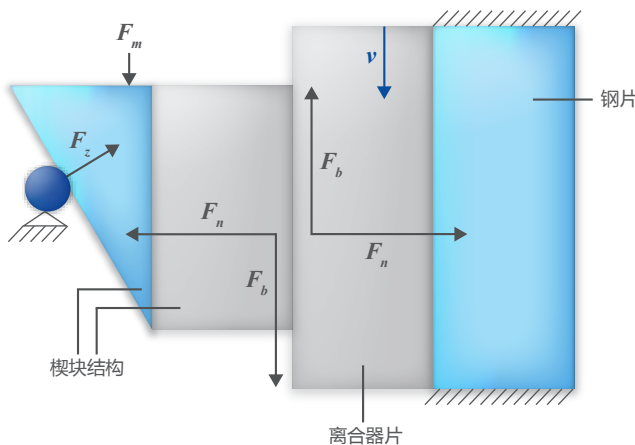
以前尝试为自动变速箱开发楔块式离合器时常常以失败告终，因为无法消除换挡冲击。上海交通大学的研究人员正在研究通过一种精确控制的电动机来解决该问题。其验证过程是基于 dSPACE 提供的硬件和软件工具。

汽车行业当前的趋势是动力传动系电气化，这一趋势有时也会影响变速箱系统。例如，自动变速箱中的电动执行器能够取代传统的液压离合器。一个原因是电动执行器通常比液压执行器更紧凑、更轻便，另一个原因是不需要内燃机持续运行来维持液压离合器所需的液压。由于它可以节省大量燃油，因此上海交通大学 (SJTU) 的研究人员最近评估了一种电动楔块式离合器。

富有挑战的作用力过渡

楔块式机构在旋转式离合器片与支撑轴承之间进行驱动 (图 1)。电动机驱动楔块行程越深，离合器片与压盘越相互压紧。但是在楔块角度恒定的情况下，这种趋势最终会达到一个临界点，在该临界点伺服电机驱动力与离合器片摩擦力之比将会相当大。这意味着即使很小的驱动力也会在离合器片上突然产生很大的正压力。在变速箱输出扭矩内，“滑动”与完全牵引之间的这种突然过渡将变为明显的抖动，会严重影响驾驶舒适性，从而使楔块式离合器难以实现连续作动。 >>

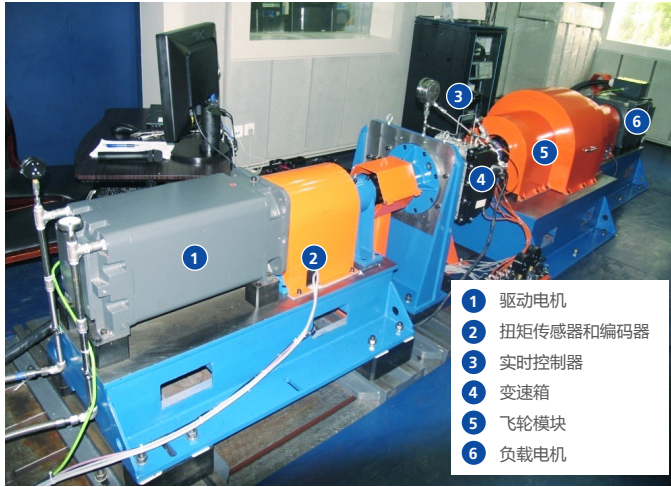
图 1：楔块式离合器机构简图受力分析。即使很小的驱动力 F_m 也会在离合器片上产生很大的正压力 F_n ，从而导致明显的抖动，将严重影响驾驶舒适性。



流畅 和 高效

电动楔形离合器换挡更流畅

P
R
N
D



- 1 驱动电机
- 2 扭矩传感器和编码器
- 3 实时控制器
- 4 变速箱
- 5 飞轮模块
- 6 负载电机

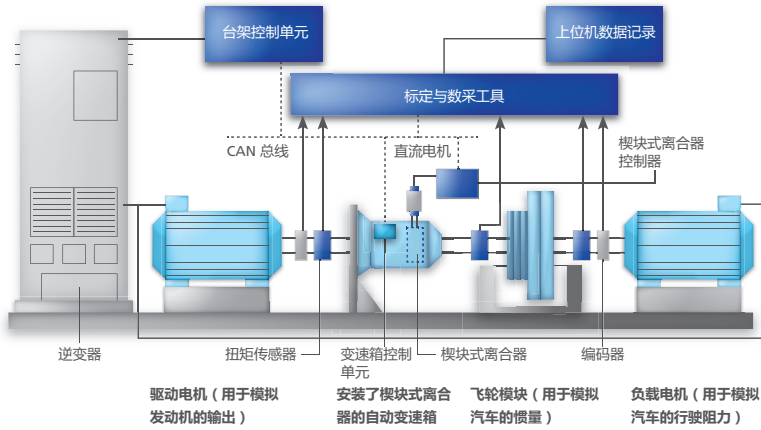


图 2：测功试验台仿真中型轿车以便有效验证模块式离合器系统。

测试台架上的验证

通过以最佳方式控制电动执行器，上海交通大学的研究人员正在努力消除该抖动问题，以使模块式离合器能以较低的扭矩平稳地实现压紧和分离，并且减少功率损失。为了快速、准确和精确地验证这种控制方式的可行性从而验证模块式离合器，研究人

员在其测功试验台架上使用了 dSPACE 的 MicroAutoBox II 以及 PID（比例-积分-微分）控制器。控制器的任务是在几毫秒内控制离合器片上正压力的波动，从而优化其状态的切换行为。

仿真一辆中级车

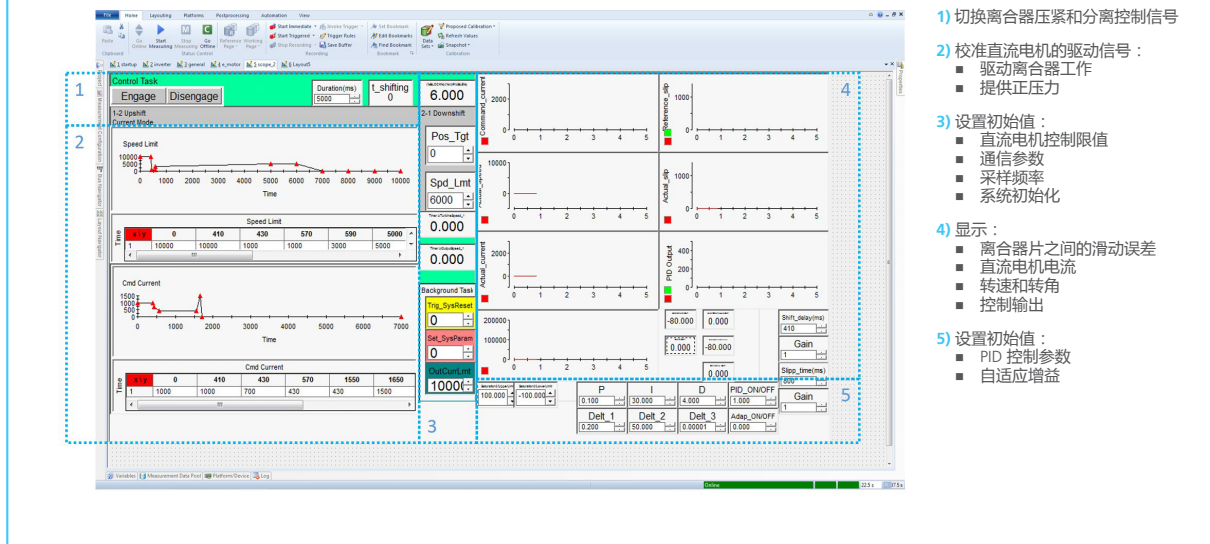
PID 控制器使用预先确定的正压力理想值与离合器片上实际正压力之间的偏差作为输入值。该偏差是控制直流伺服电机电压输出变量的基础。一定的旋转角下的电压可被控制成模块式离合器上的相应负载扭矩。在上海交通大学的测功机台架试验中心，模块式离合器安装于变速箱外壳内（图 2）。在驱动一侧，快速响应的电动机将对汽车内燃机进行仿真，模拟的气缸容量最大 1.6 升，最大输出扭矩 297 Nm（大约 6500 rpm 转速下）。在负载一侧，有一个飞轮用于模拟中型汽车的惯性质量，台架上还有一个负载电机用于再现不同的行驶阻力。

使用自适应 PID 控制器

通过闭环使用 PID 控制器，驱动侧与负载侧的离合器片之间的滑动差将在短时间内降至最低，以便可以平稳换挡。由于传统的 PID 控制器会在复杂的驾驶条件下和可变的系统参数下产生不稳定的结果，所以上海交通大学的研究人员采用了自适应 PID 控制器，该控制器具有依赖工况点的参数控制特性，可以控制测试台架上的实时伺服电机。

“dSPACE 工具的无缝集成给我们的研究人员留下了深刻印象。这让他们有机会完全专注于开发算法。”

姚健，上海交通大学



- 1) 切换离合器压紧和分离控制信号
- 2) 校准直流电机的驱动信号：
 - 驱动离合器工作
 - 提供正压力
- 3) 设置初始值：
 - 直流电机控制限值
 - 通信参数
 - 采样频率
 - 系统初始化
- 4) 显示：
 - 离合器片之间的滑动误差
 - 直流电机电流
 - 转速和转角
 - 控制输出
- 5) 设置初始值：
 - PID 控制参数
 - 自适应增益

图 3 : ControlDesk Next Generation 帮助上海交通大学的研究人员创建丰富的用户界面来监控和管理测试环境中的信号。

类似于在真实驾驶条件下进行测试

研究人员在 MATLAB®/Simulink® 中开发了控制策略，然后在测试期间通过 dSPACE MicroAutoBox II 平台来编译和执行这些策略。结果表明自适应 PID 控制器拥有强大的性能，可在系统参数和驾驶条件发生变化时跟踪所有的参考特性，因此能在真实的驾驶条件下控制变速箱。除了受益于 MicroAutoBox (其大量的 I/O 接口容易集成) 之外，上海交通大学的测试台架还使用了 dSPACE 的实验和可视化软件 ControlDesk® Next Generation。

全面的测试仪表

借助于 ControlDesk 含有的大量虚拟仪表，上海交通大学的研究人员创建了一个内容丰富的用户界面来监控和管理测试环境中的信号 (图 3)。因此它们能够执行各种任务，比如校准直流电机的控制信号、在计算机屏幕上设置 PID 控制器重要的初始值和参数等。此外，它们详细地再现和分析了所有重要的信号，包括离合器片之间的滑动误差、直流电机的电流、转速和转角以及各种控制输出信号。

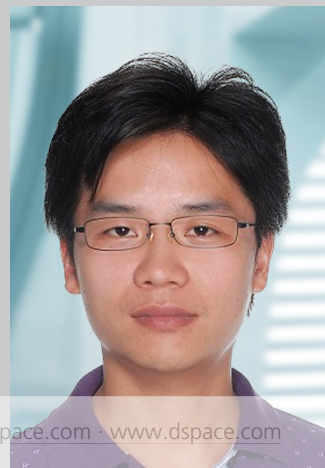
为未来测试铺平道路

总而言之，dSPACE 工具与 MATLAB/Simulink 之间的无缝连接给上海交通大学的研究人员留下了特别深刻的印象。这种无缝连接让他们对紧凑、鲁棒的硬件系统充满了信心，可以将精力集中在算法开发上。由于对 dSPACE 的工具拥有良好的体验，他们正在规划进一步测试以完成所开发的控制算法，并很有希望为模块式离合器开发实际控制器。他们今后的研发工作打算包含其他 dSPACE 工具，例如产品级代码生成器 TargetLink® 或硬件在环 (HIL) 仿真器。■

姚健，
上海交通大学

姚健

姚健是上海交通大学 (SJTU) 的博士生，研究方向是自动变速箱控制和研究，拥有电动作动器和变速箱系统方面的专业技术。



ISO 26262 标准（“公路车辆-功能安全”）已于 2011 年 11 月生效。该标准介绍了在开发和生产与安全相关的车辆电气/电子系统时为确保功能安全而应采用的流程和方法。该标准定义了相关的技术规定，是汽车制造商必须执行的标准。但是制造商如何才能将一般需求转化为具体的开发措施呢？一种方法是使用 TÜV 等权威认证机构认可或认证的参考流程和工具。该方法最终还会降低产品责任风险。

ISO 26262 关于软件工具的使用要求

ISO 26262 规定了安全相关项目中使用的软件工具类别必须首先适用于特定应用领域。分类过程包括分析软件工具对符合或违反功能安全要求的影响。分类结果称为工具可信度 (TCL)。随后可能必须证明软件工具符合 TCL 要求（请参阅第 42 页信息框）。通常组合使用合适的资格证明方法，具体取决于软件工具正在开发和测试的系统所具有的汽车安全完整性等级 (ASIL)。但是对用户而言，实施这些资格证明方法十分困难和费力，因为需要充分了解工具开发过程涉及的流程和方法。因此实施这些方法时需要具有按照 ISO 26262 评估工具开发方面的专业知识。 >>



2014 年，TÜV SÜD 证明了 dSPACE 的测试自动化软件 AutomationDesk 适合按照 ISO 26262 和 IEC 61508 测试安全相关系统，这使得 AutomationDesk 在硬件在环 (HIL) 仿真方面成为第一款获得该证书的商业测试自动化软件。这对于用户具体意味着什么呢？

认证 安全

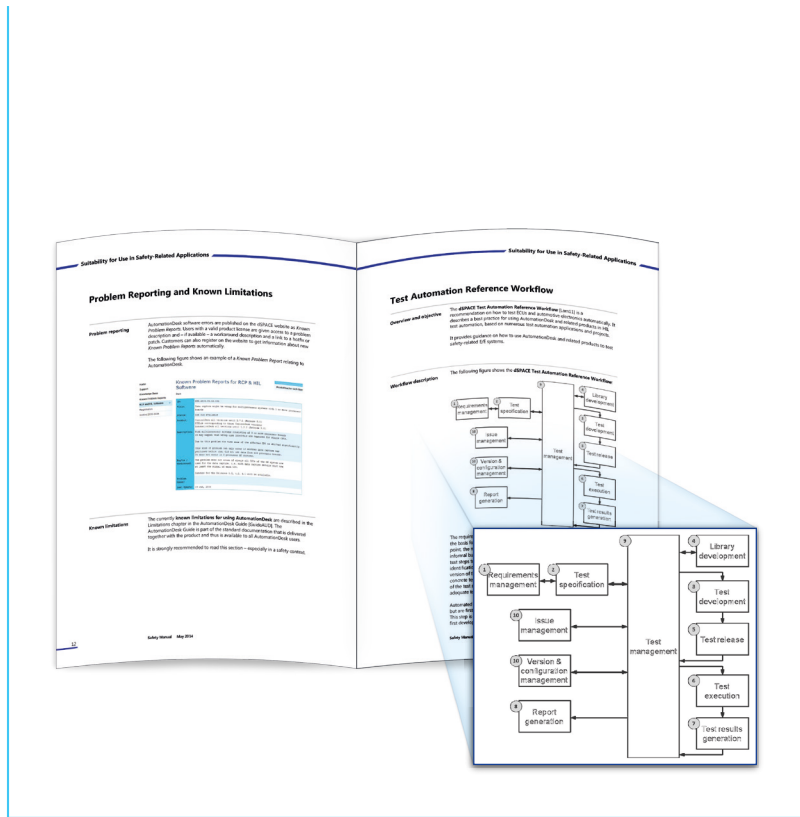
TÜV SÜD 认证的 AutomationDesk 大大简化了按照 ISO 26262 和 IEC 61508 标准进行分类、资格认证和验证

Qualification

ISO 26262 和 IEC 61508 定义了哪些内容？

IEC 61508 是国际公认的安全相关电子系统开发通用标准。在汽车行业中，ISO 26262 于 2011 年底取代 IEC 61508 成为客车功能安全标准。ISO 26262 依照汽车行业的特定条件修改了 IEC 61508。实施这些标准增强了配有电气/电子部件的车辆系统的功能安全。为了遵从这些标准，用于开发电气/电子部件的工具必须进行分类、资格证明和/或验证。ISO 26262 定义了四种工具资格证明方法。根据各自 ASIL 的不同，用户可以选择合适的方法组合：

- a. 增强使用信心 (ISO 26262-8, 11.4.7 ~ 11.4.10)
- b. 评估工具开发过程 (ISO 26262-8, 11.4.8)
- c. 验证软件工具 (ISO 26262-8, 11.4.9)
- d. 按照安全标准进行开发 (ISO 26262-8, 11.4.10)



含有测试自动化参考流程的《AutomationDesk 安全手册》。

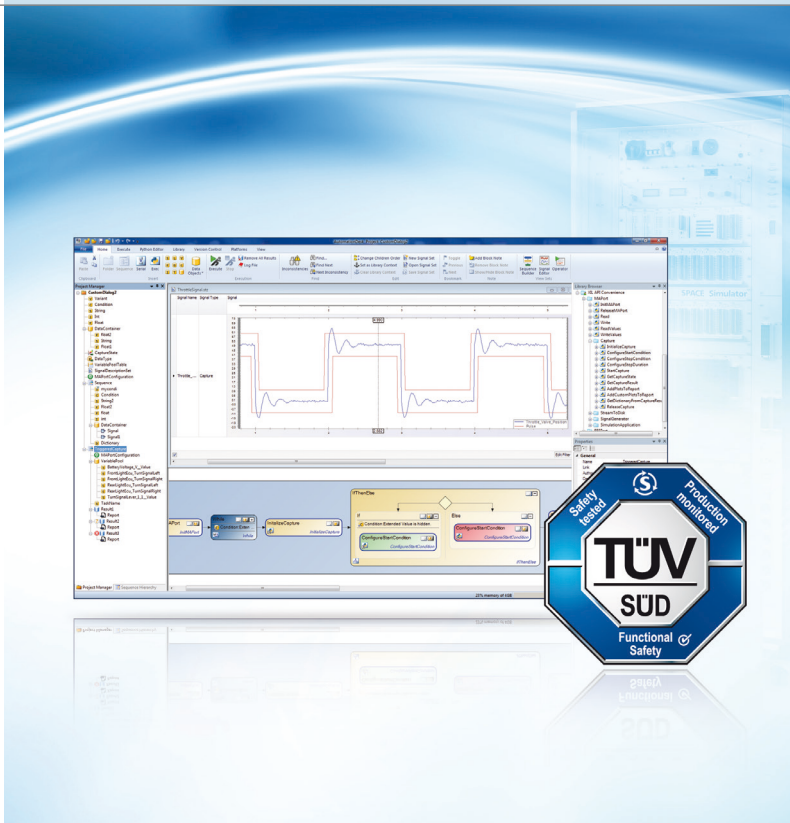
TÜV SÜD 证书

在与 dSPACE GmbH (帕德博恩) 密切合作的过程中，TÜV SÜD 特别分析了 dSPACE 内部流程和文档，以评估 AutomationDesk 的开发过程和质量保证 (请参阅第 43 页信息框)。TÜV SÜD 还分析了客户沟通过程和错误报告以及新的《AutomationDesk 安全手册》。最终 TÜV 授予 AutomationDesk “安全相关开发软件工具” 证书，这证明了 AutomationDesk 适合测试汽车、商用车辆、航空及许多其他行业的安全相关系统。这样就正式确认了 AutomationDesk “用途合适”，可按照 ISO 26262 和 IEC 61508 标准为所有的“汽车安全完整性等级” (从 ASIL A 到 ASIL D, 从 SIL1 到 SIL3) 测试安全相关系统。

《AutomationDesk 安全手册》

该证书的一个关键部分是《AutomationDesk 安全手册》，这是在安全相关项目中使用 AutomationDesk 时的补充性用户文档。该手册特别提供了以下内容：

- AutomationDesk 概述以及所有可用的产品和用户文档
- 关于调试和使用 AutomationDesk 的一些建议和最佳实践，包括 AutomationDesk 测试自动化参考流程
- 列举了 ISO 26262 定义的测试流程中的一个测试自动化参考流程示例
- AutomationDesk 采用的一种工具分类
- AutomationDesk 符合 ISO 26262 和 IEC 61508 标准的“用途合适”证书



AutomationDesk : 第一款通过 HIL 测试自动化认证的商业软件。

为安全相关系统的开发提供宝贵支持

独立认证机构 TÜV SÜD 颁发的证书确认了 AutomationDesk 具有高质量的开发过程和全面的质量保证。如果始终按照《AutomationDesk 安全手册》中的介绍使用 AutomationDesk，用户甚至都不需要创建自己的工具分类。该证书还大大简化了 AutomationDesk 的资格证明，因为它证明了该软件符合资格证明方法的相关指标：“评估工具开发过程”、“验证软件工具”以及大部分“更高的使用信心”指标。AutomationDesk 是硬件在环测试自动化领域第一款荣获该证书的商业软件产品。该证书与《AutomationDesk 安全手册》一起为用户提供宝贵的支持，支持用户按照 ISO 26262 和 IEC 61508 使用 AutomationDesk 来开发和测试安全相关系统。AutomationDesk 的 TÜV SÜD 证书有利于按照相关标准进行分类、资格认证和验证。

展望

符合认证的软件版本是 AutomationDesk 4.1。新的 AutomationDesk 5.0 版的认证过程即将进行，该版本将在 2015 年夏天推出。未来的版本将按需要进行认证。有关 AutomationDesk TÜV SÜD 证书的详情请联系销售代表。■

TÜV SÜD 审查基础

为了认证 AutomationDesk，TÜV SÜD 对负责 AutomationDesk 的 dSPACE 部门进行了审查。TÜV SÜD 审查了以下各项：

- AutomationDesk 开发过程，例如需求管理、变更管理、版本管理等
- AutomationDesk 验证，例如追溯测试结果是否符合要求
- 客户沟通过程
- 《AutomationDesk 安全手册》

TÜV SÜD 在现场根据所有相关的 AutomationDesk 开发文档评估了这些因素，例如规格文档、详细的功能规格及面向组件的规格说明、设计文档、测试手册、测试结果、过程文档、公司内部开发规定以及特定项目更改文档等。

与不同部门开展合作对于加速和推进的认证结果至关重要。TÜV SÜD 发现 AutomationDesk 的开发过程十分符合要求。dSPACE 在审查过程中迅速采纳了一些改进建议，最终取得了证书。



快速

AUTOSAR

MicroAutoBox II 是强大的 AUTOSAR
原型开发平台



凭借全新 RTI AUTOSAR Blockset 组 2.0，dSPACE 现支持在 MicroAutoBox II 上执行整个 ECU 的应用软件。其效果比基于 ECU 的方法拥有更多的可能性和更高的开发效率。

高效的流程是面向产品的开发项目取得成功的必要因素。其中一个重要的组成部分是快速控制原型开发 (RCP) 与基于 AUTOSAR 的产品级软件开发之间实现无缝过渡。例如，开发人员想要复用现有的软件组件 (SWC)，以便在 MATLAB®/Simulink® 中设计新的控制器，在 ECU 中测试新加入的控制算法，或者尽早验证 ECU 的整个应用软件。这使得在早期开发阶段，对 AUTOSAR 的支持变得日益重要。但是 AUTOSAR 的技术复杂性使功能开发人员难以使用该标准。此外，普通的 AUTOSAR 工具主要面向软件专家。RTI AUTOSAR Blockset 2.0 和 dSPACE 的紧凑型快速控制原型开发系统 MicroAutoBox II 将基于模型的控制设计与 AUTOSAR 产品级软件联系起来，让功能开发人员可以轻松掌握这一复杂过程。

轻松复用软件

通常新的控制算法是建立在现有功能之上。在过去，如果这些功能不是以 Simulink 或 TargetLink® 模型的方式存在，而是以产品级 C 代码的形式出现，在基于模型的开发过程中复用这些功能常常需要涉及大量的工作。要么花费大量时间，重新依据代码开发模型，要么通过特定的高成本解决方案使 C 代码适应 Simulink。RTI AUTOSAR Blockset 2.0 能够轻松地将按照 AUTOSAR 标准开发的软件组件导入 Simulink 中，从而使软件组件集成到新的控制器模型中。

尽早开始原型开发和测试

连同 ECU 已有软件一起测试新加入的控制策略，以及测试评估 ECU 与真实被控对象模型的交互行为，是开发过程中的重要阶段，而这些测试往往需要在真实车辆中进行。但是，新 ECU 的首个原型通常要在开发过程开始数月之后才能获得，并且初始数量有限。此外，并非所有的底层软件 (BSW) 模块从一开始便能完全进行实施和测试，例如新的传感器和执行器的 I/O 驱动程序等。这些因素会严重拖延新控制策略的测试。RTI AUTOSAR Blockset 2.0 让开发人员可以使用 MicroAutoBox II 作为基于 AUTOSAR 的通用型开发 ECU，从而能在产品级 ECU 的首批原型可用之前很早便开始原型开发和测试。>>

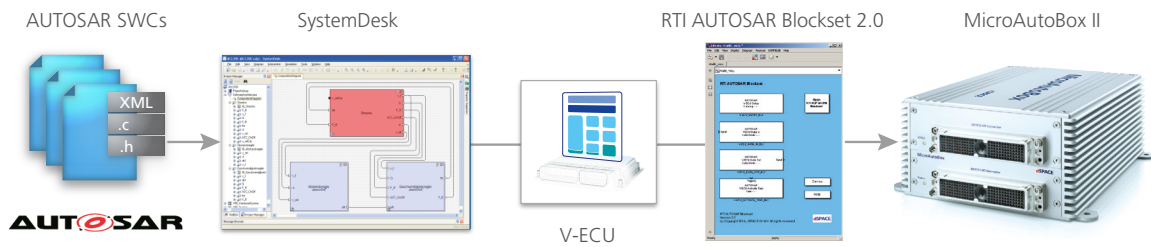


图 1：基于 AUTOSAR 工作流程的快速控制原型开发。

MicroAutoBox II 和 AUTOSAR

MicroAutoBox II 能提供一个全面的具有低输入/输出访问延迟（类似于产品级 ECU）的 AUTOSAR 实时操作系统。它支持 AUTOSAR 3.x 版和 4.x 版。它符合 AUTOSAR 操作系统的 1 类可扩展性，确保高度兼容 AUTOSAR 标准。此外它还支持最重要的底层软件服务，例如 ECU 状态管理器 (EcuM)、NVRAM 管理器 (NvM) 及 AUTOSAR CAN 堆栈等。因此 AUTOSAR 软件组件可以用在真实的 AUTOSAR 环境中，能在产品级 ECU 的首批原型可用之前很早便开始快速控制原型开发、基准测试及其它各种测试。

灵活的 AUTOSAR 开发平台

AUTOSAR 的一个主要目标是将不同供应商提供的软件组件轻松集成在一个 ECU 软件中。供应商面临的挑战是根据用户特定的功能需求来扩展其软件组件，并在用户特定的运行条件下测试这些组件。使用 MicroAutoBox II 作为基于 AUTOSAR 的开发系统时，供应商可以很早开始修改其软件组件，并能高效地测试这些组件。他们不必等待获得产品级 ECU 的原型，也不必知道项目特定的开发环境。数量众多的参数及它们之间复杂的依存关系使得底层软件组件在传统生产工具中的配置过程变得十分麻烦且容易出错。而基于模型的方法能够直观地配置操作系统和 MicroAutoBox II 的输入/输出，可以让用户快速、灵活地连接所需的执行器和传感器。因此用户可以根据特定的测试环境轻松完成设置。这让供应商能为用户开发不依赖于用户工具的原型解决方案。

无缝工具链

除了 RTI AUTOSAR Blockset 2.0 和 MicroAutoBox II 之外，dSPACE 还为基于模型的开发、软件集成和离线验证提供各种强大的工具：TargetLink、SystemDesk® 及 VEOS®。这些工具涵盖了功能和软件开发的所有阶段：从设计新的控制功能到软件架构和软件集成，从基于 PC 的仿真到快速控制原型和车载测试。这些工具还能实现无缝开发过程（图 1 和图 2）。实验软件 ControlDesk® Next Generation 完善了该工具链。它能让开发人员为所有平台使用相同的测量、标定数据及实验布局，直到获得产品级 ECU 为止，从而减少了适配工作。软件开发、原型成果以及测试过程间的联系纽带是 dSPACE 的 SystemDesk。SystemDesk 让开发人员可以导入 AUTOSAR 软件组件并进行关联以构建应用软件。软件组件可以来自于产品级代码生成工具 TargetLink，或来自于其它的 AUTOSAR 工具。工程师还可以使用 SystemDesk 来配置目标系统的 AUTOSAR 操作系统、底层软件以及运行时环境 (RTE)，或者使用其它 AUTOSAR 工具提供的现有配置。

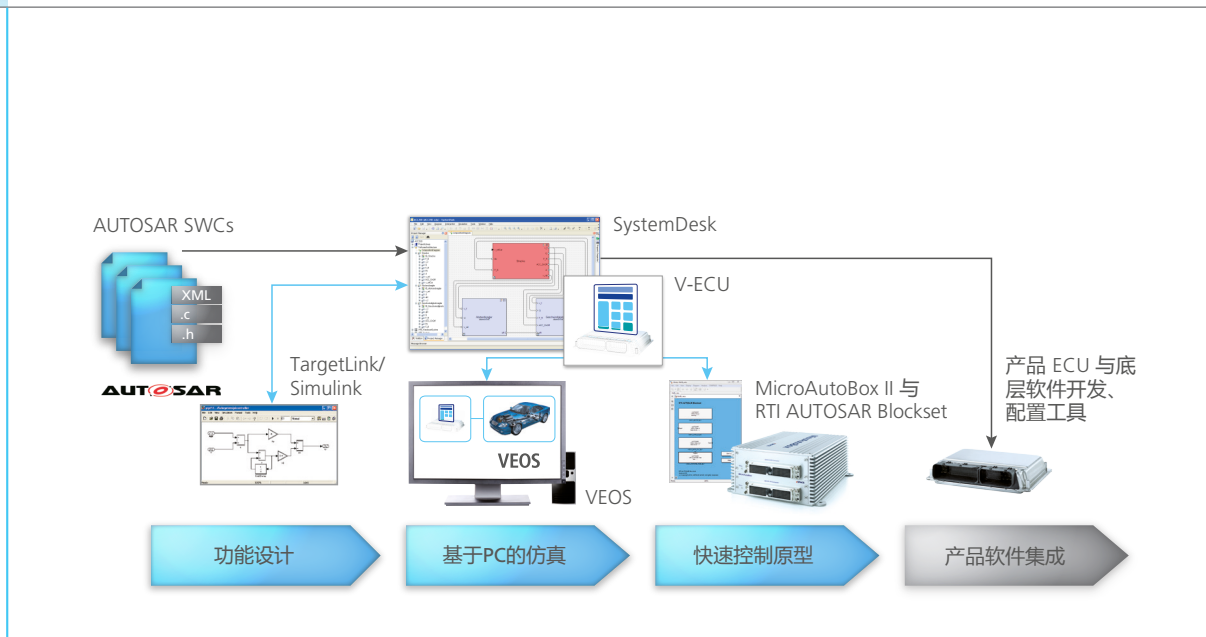


图 2 : dSPACE 为功能设计、快速控制原型开发及测试应用提供的无缝工具链。

dSPACE 的 AUTOSAR 无缝工具链提高了开发过程的生产率。

基于上述配置，可以使用 SystemDesk V-ECU 生成模块来生成虚拟 ECU (V-ECU) 软件，该软件与基于 PC 的仿真平台 VEOS 配合使用可进行离线验证，与 RTI AUTOSAR Blockset 2.0 配合使用可进行快速控制原型开发。在这两种开发模式下，虚拟 ECU 都可以通过基于 Simulink 模型的附加功能进行增强。

最高的测试覆盖率

虚拟 ECU 的功能特性可以通过 VEOS 离线仿真进行高效验证，一步的，同样的虚拟 ECU 可以通过 RTI AUTOSAR Blockset 2.0 在 MicroAutoBox II 上与受控对象一起执行。因此开发人员可以验证软件行为的实时性，可以在真实的工作环境下甚至在车辆中评估和测试虚拟 ECU。功能特性和非功能特性从而可以获得彻底验证，并能实现很高的测试覆盖率。

结论

新的 RTI AUTOSAR Blockset 2.0 使 MicroAutoBox II 成为一种通用的、实时的 AUTOSAR 开发系统，可进行面向产品的、基于模型的开发和测试。其多样的可能性和高开发效率目前已超过了基于 ECU 的开发方法。■

如果未采用 AUTOSAR 标准怎么办？

如果您的 ECU 软件未基于 AUTOSAR 标准开发怎么办？您也可以为非 AUTOSAR 软件设置无缝工具链和开发流程。如想了解更多详情，请发送电子邮件至 rcp@dSPACE.de 以联系我们的专家。



MicroAutoBox II : 通用型实时开发系统，含有扩展件“嵌入式 PC”（中）和 RapidPro 信号调节单元（右）。

DO-178C 标准于 2011 年底公布，与前版 DO-178B 的主要区别在于它含有标准附录，扩大了新的软件开发方法的使用范围。最重要的附录是关于基于模型的设计方法和基于模型的验证方法，这些方法将在附录 DO-331 中介绍。这些关键的软件设计技术有助于航空业实现高效的软件开发，不仅可以保持很高的软件质量和安全要求，而且还能切实改进这些要求。本文介绍了如何结合 DO-178C 和 DO-331 标准来使用 TargetLink 以及需要考虑哪些方面。

模型：开启创新方法之门

能够按照 DO-331 标准，通过模型来表示开发要求是以质量为本的高效软件开发的一种重大进步。从纯粹的文本要求到模型表示的形式化要求，这为自动化分析、源代码生成及验证增添了许多新的选项。依据 DO-178B/C 和 DO-331，有两种不同类型的软件要求：

- **高级要求 (HLR)** 这些要求描述了软件的功能，但未介绍如何实现其功能（即软件属于“黑盒”）。高级要求是由 ARP4754（航空推荐准则）等标准中的系统流程对实际系统的要求衍生而来。
- **低级要求 (LLR)** 这些要求描述了软件的内部工作情况（可视为“白盒”），即软件是如何工作的。低级要求自然是由高级要求衍生而来。必须能够直接从低级要求生成实际的源代码。 >>

```

description: number of axis#1 points */
    6 /* Ny:
description: number of axis#2 points */
    (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__x_tabl
    (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__y_tabl
    (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__z_tabl
;
e_SlStaticLocalInit: Default storage class
...
static sint32 X_Sc4_Discrete_Time_Integrato
    1.99993896484375 */;
...
BusInport: TL_FuelsysController/Run_Airf
te_Read_RpCorrectedSensors_Sensors(&Sensor
...
# combined # TargetLink outport: TL_Fuel
...
# combined # Discrete Integrator: TL_Fue
egrator */
te_IrvIWrite_Run_AirflowCorrection_Airflow
    ((sint32) 300));
...
Discrete Integrator: integration
# combined # Product: TL_FuelsysControll
# combined # 2D-TableLookup: TL_FuelsysC
# combined # Sum: TL_FuelsysController/R
# combined # Relational: TL_FuelsysContr
_Sc4_Discrete_Time_Integrator += ((sint32)
Tab2DS17I2T4169(&Sc4_Ramp_Rate__Ki__map, S
    ((sint16) (((uint16) (Sensors.Ego <= 3199

```




代码生成器工具TargetLink
适用于航空应用

基于

DO-178C

标准的安全代码

dSPACE 的产品级代码生成工具 TargetLink 不仅适用于汽车生产项目，还适用于民用和军用航空领域。dSPACE 提供了全面的工作流程描述，特别是关于 TargetLink 在符合 DO-178 标准的航空项目中的使用方面。它描述了如何使用基于 TargetLink 的工具链来简化软件的认证。

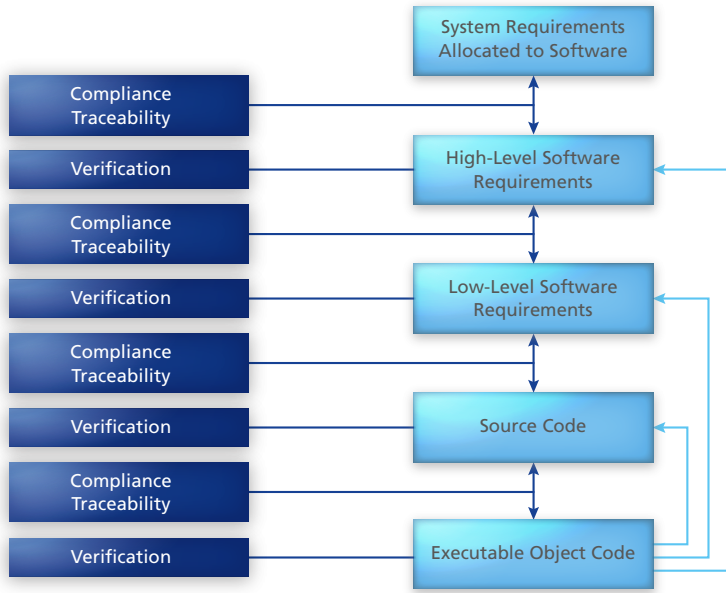


图 1 : DO-178C 标准规定的重要开发阶段，包括必要的验证步骤。

现在可以使用模型来表示这两种级别的要求（见图 1）。Simulink®/TargetLink® 模型经常用来表示低级要求，随后可以通过自动化代码生成功能从低级要求生成实际的源代码。按照 DO-331，用来表示低级要求的

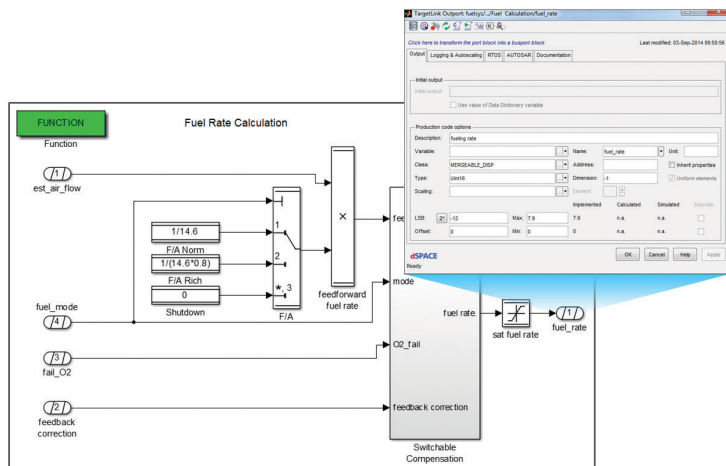
这类模型称为“设计模型”。这些模型含有软件的实际功能描述以及所有必要的详细信息，例如内部数据结构、控制流信息以及潜在的定点配置信息（见图 2）。

点击一下便可从设计模型获得源代码
用于表示开发要求的设计模型（依据 DO-331）提供了一种直接创建软件源代码的方法，它使用自动化代码生成来替代手动编码。在质量和可靠性方面，TargetLink 目前超越了编程人员，只需点击一下按钮便能确定地生成源代码：

- TargetLink 生成的源代码十分易读，适合审查。这是因为使用了大量的源代码注释、容易理解的符号名称以及 C 语言子集。
- 代码可以直接回溯到设计模型。这使得源代码与相关模型（用于生成代码）之间具有直接的可追溯性。
- 通过 TargetLink 生成的代码还具有极高的可配置性，以便符合编码生成准则、将生成的代码与现有的经典代码相结合并以最优方式将生成的代码集成在软件架构中。

总而言之，所生成代码优异的质量、可配置性和高效性是 TargetLink 在所有应用领域具有的突出特点。

图 2 : Simulink/TargetLink 设计模型在 TargetLink 中直接用于自动生成源代码。



基于模型的验证：简化认证的关键

使用模型来指定要求（HLR 和 LLR）具有很大优势，不仅体现在自动生成产品级代码方面，还体现在验证步骤等方面。这些工作必须与开发过程并行执行，以测试每个开发步骤的成果，例如模型、源代码和目标代码等（图 1）。为了证明模型符合所依据的要求（图 1），可以组合使用模型仿真、覆盖率分析和测试实例生成。按照 DO-178B/C，测试实例只能依据这些要求进行创建。如果要求本身表示为模型，例如 Simulink/TargetLink 模型，可以使用自动测试矢量生成技术，比如 BTC EmbeddedTester® 提供的技术。验证可执行目标代码是否符合高级要求和低级要求（图 1）的一种典型方式是在目标平台上执行这些代码。TargetLink 的处理器在环仿真为此提供了极其强大的验证机制：自动生成的代码会由目标编译器直接进行转换，并通过目标处理器在评估板上进行执行（图 3）。

DO-178C/DO-331 关于 TargetLink 的工作流程文档

dSPACE 提供了工作流程文档“TargetLink – 航空软件基于模型的开发和验证”，规定了在符合 DO-178C/DO-331 标准的项目中如何使用 TargetLink。本文档描述了如何满足 DO-178C/DO-331 的各项要求（称为“目标”）。它不仅关注 TargetLink 本身，还关注可能含有第三方工具的一整套基于模型的工具链组成的整个 TargetLink 生态系统。其中包括 TargetLink 合作伙伴提供的工具，例如 BTC Embedded Systems、Model Engineering Solutions 和 AbsInt。可通过发送电子邮件至 TargetLink.Info@dSPACE.de 来索取本文档。■



结论

TargetLink 十分适用于符合 DO-178C 标准的航空项目中，只需点击一下按钮便可生成高质量源代码。由于大量采用了代码注释和符号名称，所生成的代码非常易读，能够无缝追溯到相关要求，并且容易配置以满足代码生成准则等要求。TargetLink 及其与第三方工具的集成提供了一个理想的验证、仿真、分析和测试环境。从初始要求到最终源代码，TargetLink 都能让用户很好地掌控基于 DO-178C 标准的开发项目。

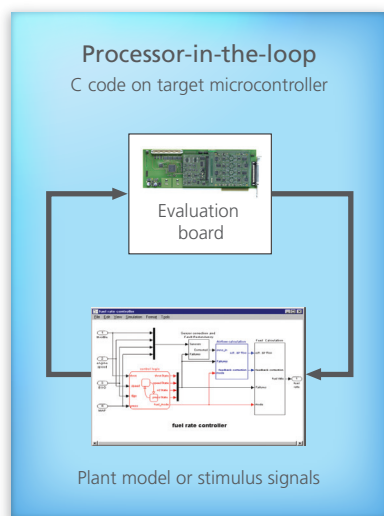
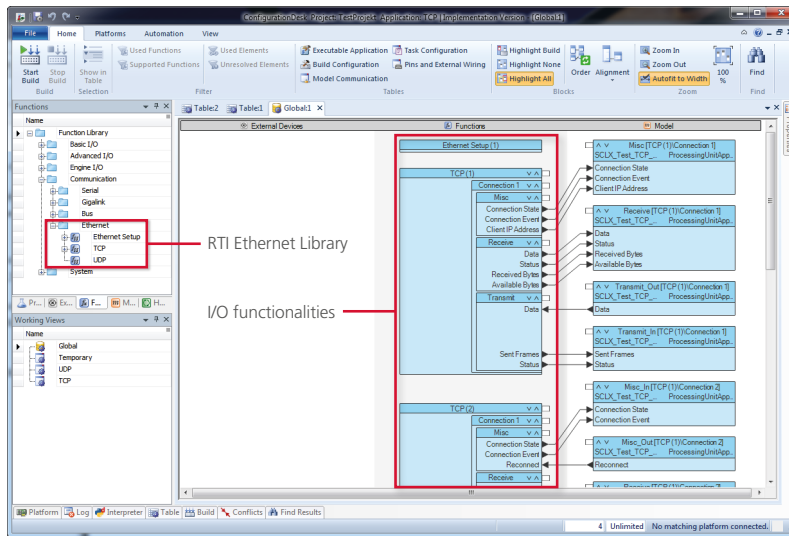


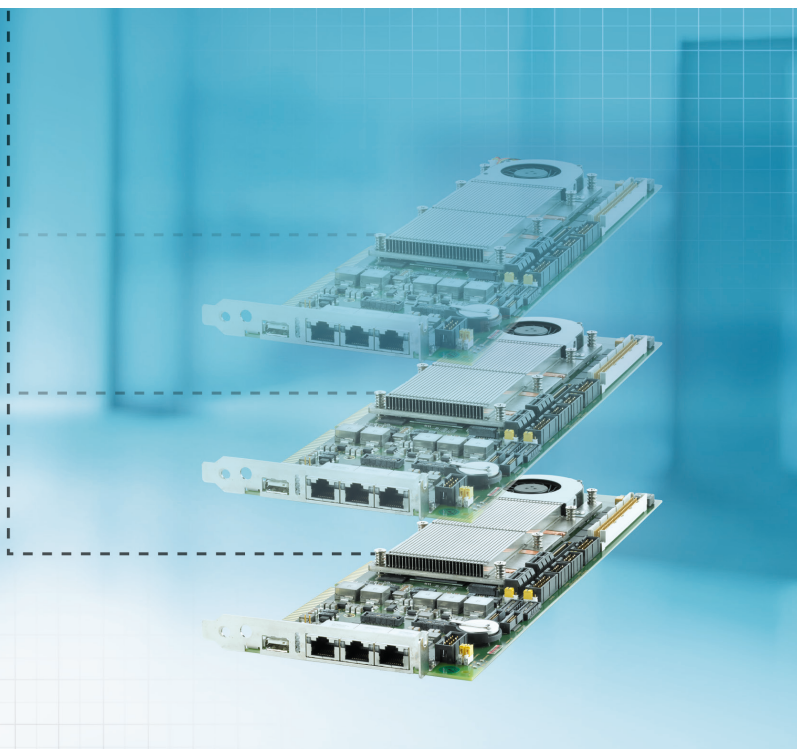
图 3：在处理器在环仿真中运行可执行目标代码，以验证目标代码是否符合开发要求。

SCALEXIO 以太网解决方案



dSPACE SCALEXIO® 提供了新的 SCALEXIO 以太网解决方案。它将以以太网 I/O 功能添加到配置和实施软件 ConfigurationDesk®，从而能在 SCALEXIO 硬件在环测试期间发送和接收基于 TCP/IP 和 UDP/IP 的数据。SCALEXIO 以太网解决方案可以在 ConfigurationDesk 中实现完全配置。客户可以使用新的解决方案来连接第三方系统，例如测试台和测量系统等，还可以与协同仿真应用程序配合使用以便在两个仿真系统上同时运行。■

含有 DS1007 PPC 处理器板的多处理器系统



自 dSPACE 2015-A 版发布后，DS1007 PPC 处理器版可为模块化实时硬件提供多处理器支持。现在多个 DS1007 板可连接起来，不仅可增加 I/O 范围，还可提高计算能力，按照各应用程序的复杂性进行调整。用户可像往常一样通过用于该特定任务的背负式 (Gigalink) 模块同步连接处理器板。模块通过低延迟光纤电缆连接板件。多处理器系统实时接口 (RTI-MP) 可简化模型组件在处理器内核中的分配。■

培训大学生方程式赛车的开发人员

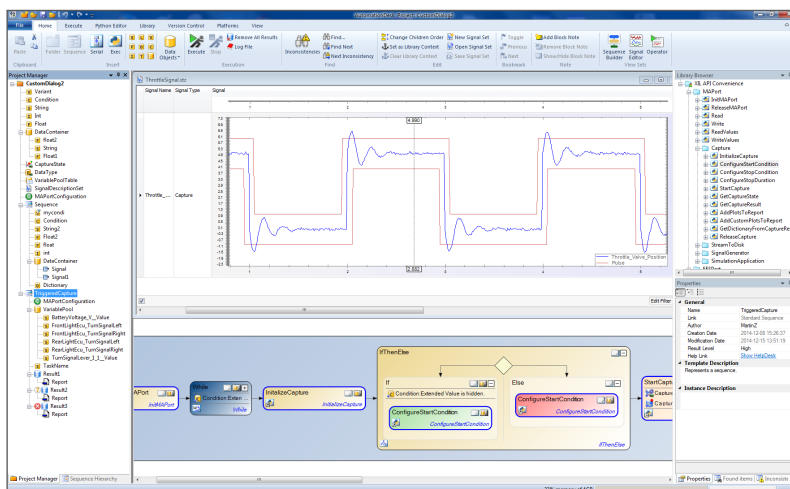
在二月和三月的课程中，dSPACE 再次欢迎来自帕德博恩赛车和工程专业的有潜力年轻人。总共有 21 名大学生方程式赛车开发人员拜访了其团队赞助商 dSPACE，以了解 dSPACE 开发工具如何在赛车的开环和闭环控制中。自 2007 年以来，dSPACE 一直对选拔出来的大学生方程式赛车团队

进行开发工具和技术知识支持。2015 年，有 22 支大学赛车团队参与本次合作并因此而受益，通常包括大量的培训课程。通过参与大学生方程式赛车，dSPACE 已经考虑针对技术人员的未来需求，以帮助年轻的研究人员早日将自己的想法实现。

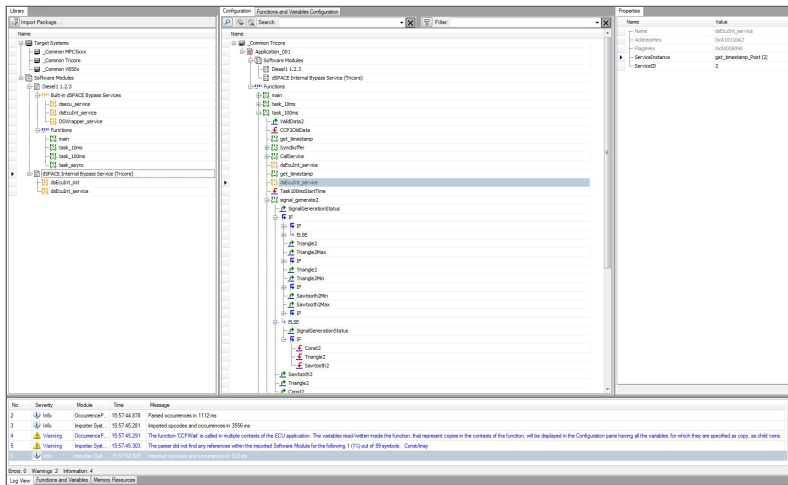


AutomationDesk 5.0 : 优化测试自动化和测试开发

测试自动化软件 AutomationDesk 5.0 版拥有更好的可用性。其最新功能是基于信号的测试，这种测试通过直观的图形来描述激励信号，以用于评估。这使其容易以图形方式开发各种测试，如同写在纸上一般。AutomationDesk 还符合 ASAM XIL 2.0 标准，可提供与制造商无关的测试台接口。由于能在 AutomationDesk 中高质量地实施该标准，所以用户可以方便地访问仿真变量并为 ECU 针脚添加潜在故障。AutomationDesk 现在还有一个库，便于直接连到 dSPACE 的 ECU 测试可视化软件 MotionDesk。这让工具链可以更加无缝地系统化测试基于摄像头的辅助驾驶系统。



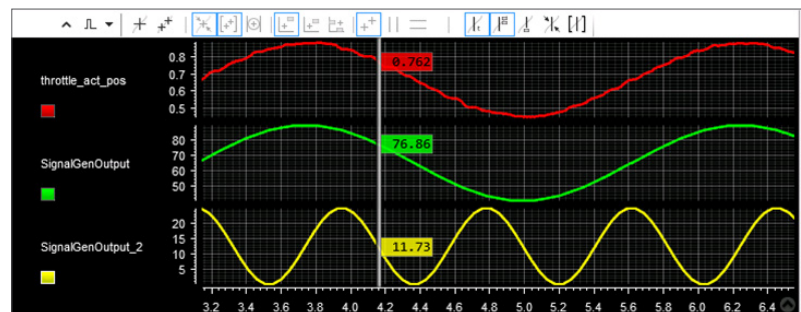
ECU 接口管理器 1.6 : 支持多核 ECU



dSPACE ECU 接口管理器 1.6 版现在能够针对旁路控制帮您准备强大多核 ECU 软件，同时拥有基于十六进制代码的旁路集成的所有优点：功能开发人员可以基本自主地快速实施旁路功能，不必访问 ECU 软件的构建环境或源代码。随后可以使用快速迭代循环在产品级 ECU 上测试新功能。ECU 接口管理器在汽车应用领域支持 Infineon、Freescale、Renesas 和 ST Microelectronics 公司的微控制器系列。在旁路集成中，ECU 接口管理器会自动确保数据一致，甚至是在跨内核边界时，从而让用户不必担心多核软件的复杂性。■

ControlDesk 5.4 : 更多的硬件支持，更多的操作便利

dSPACE 最新版实验和可视化软件 ControlDesk Next Generation 5.4 能为新项目提供许多增强功能。该软件现在还支持基于 DS1007 PPC 处理器板的多处理器系统以及针对 CAN 总线集成的 Vector VN5610 接口。ControlDesk 5.4 还拥有更多的记录功能：您现在能以 ASAM MDF 4.1 格式记录地图、曲线和共用坐标轴。信号编辑器可以按照 ASAM AE XIL API 2.0.1 导入和导出信号描述及信号发生器。新的“数据文件段”可以让您选择开始时间和播放持续时间，让您记录的测量数据更加灵活地进行播放。它还简化了使用 ECU 和被控对象模型组成的仿真系统进行虚拟验证，这是一个日益重要的领域。您可



以使用 XIL API MAPort 平台模块按照 ASAM XIL API 标准将 ControlDesk 连接到第三方仿真平台，以便在这些平台上读取、写入和测量仿真变量。■

车载 dSPACE 工具

发现借助 dSPACE 开发工具开展的有趣、新颖的应用。

汽车之眼

AdasWorks 是一款用于开发辅助驾驶系统和自动驾驶汽车的软件工具。集成在带有前摄像头的车辆中时，AdasWorks 能使用摄像头数据完全自主地对汽车进行导航。dSPACE MicroAutoBox 能计算数字输出信号用于控制机电作动系统，以便有效地使车辆转向、减速和加速。



图片来源：© AdasWorks

AdasWorks 和 ThyssenKrupp Presta Hungary 展示自动驾驶汽车
www.dspace.com/goldMag_20152_ADASW



图片来源：© AdasWorks

以下媒体报道了 MicroAutoBox 的用途和使用：
www.dspace.com/goldMag_20152_VISYS

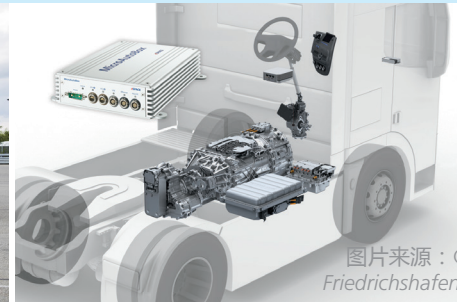
由应用程序操纵

ZF 公司的新型操纵和挂接辅助系统允许通过手指遥控带有多节挂车的卡车。平板电脑应用程序让您可以轻松、精确地将卡车操纵至所需位置。卡车中的两个 dSPACE MicroAutoBox 能将操纵指令转换为发动机、制动器和转向系统的控制信号。



图片来源：© ZF Friedrichshafen AG

手指轻触即可精确操纵一辆 25 m 长的卡车。
www.dspace.com/goldMag_20152_ZF



图片来源：© ZF Friedrichshafen AG

ZF 创新型卡车还在其他系统中使用了 dSPACE 的两个 MicroAutoBox。

依靠计算机控制实现漂移

计算机是否比人类更会开车呢？一家汽车杂志的测试团队试图在赛道上解开这一答案。他们的挑战者是宝马 M235i 原型车，该车型拥有实现弯道可控漂移（无需驾驶员进行任何干预）所需的所有电子组件。后备箱中的 dSPACE AutoBox 属于该计算机系统的一部分。



图片来源：© AutoBild.tv

宝马 M235i 在弯道自主漂移。
www.dspace.com/goldMag_20152_ABTV



图片来源：© AutoBild.tv

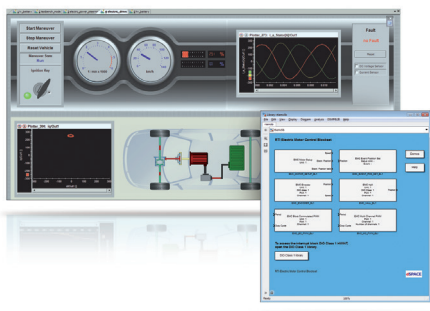
dSPACE AutoBox 帮助汽车获得可控漂移体验。



如想通过在线视频、图片和报道了解这些应用的详情，
 请访问：www.dspace.com/goldMag_20152_REF_C



dSPACE MicroLabBox – 外形紧凑、功能强大的实验室设备



您是否正在寻找一款功能强大、价格适中、占用空间小且适用于各种实验室任务的开发系统？dSPACE MicroLabBox 提供了具有高计算能力的 Simulink® 可编程实时处理器，可以与一个 FPGA 板卡和超过 100 个 I/O 接口配合使用。它仅占用一个桌面空间，跟传统的笔记本电脑差不多大。MicroLabBox 是便于在驾驶技术、机器人、医疗工程和其他许多领域创建、优化和测试控制器的理想解决方案。MicroLabBox – 适用于研发的全新一体机系统。



探寻 MicroLabBox !
www.dspace.com/go/dMag_20152_MLBX_E

Embedded Success **dSPACE**