

dSPACE

3/2015

MAGAZINE

An aerial photograph of a Claas combine harvester operating in a field. The harvester is green and white, with a prominent red header. It is moving through a field of golden-brown crops, leaving a trail of harvested material behind it. The perspective is from directly above, showing the harvester's path and the surrounding field.

CLAAS

辅助系统 优化收割 | 第 6 页

ZF TRW – 通过仿真器和测试台架验证
转向系统 | 第 12 页

Rimac Automobili – Concept_One 跑车：
纯电动跑车 | 第 18 页



用户反馈



“ JaguarLandRover动力传动系部门多年以来一直在硬件在环(HIL)实验室中使用 dSPACE 仿真器。在处理和使用 dSPACE 技术方面，我个人有着 7 年以上的经验。我们发现 dSPACE 仿真器十分灵活、容易配置而且运行稳健。我的团队广泛使用 dSPACE 软件，如 dSPACE ControlDesk 和 AutomationDesk。总的说来，我们获得了出色的售前和售后支持。这很关键，因为动力传动系测试装置必须支持捷豹路虎汽车的发动机管理系统、变速箱和动力传动系等项目。dSPACE 在为我们的企业提供仿真技术方面发挥了重要作用。”

Nancy Liu 博士，捷豹路虎公司发动机管理系统、变速箱和动力传动系项目 HIL 团队负责人



“ASM 模型让我们能够实现前所未有的多功能特性。”

dSPACE 取得成功的一个重要因素是始终有机融合不同的学科，同时保持控制工程师的跨学科视野。十年之前，当我们推出自己的数学模型系列“汽车仿真模型 (ASM)”时，有些人或许感到意外。在此之前，我们成功地将第三方模型集成在 (HIL) 仿真器中。但是建模是一个动态任务，使 HIL 测试台投入运行时，我们还应该了解模型的内部运行方式才能高效地工作。我们首先挑战了车辆动力学和动力传动系模型。我们当时的目标是提供高质量 HIL 仿真模型，该模型具有实时性和集成性，允许客户自己扩展，并且足够精确以至于 ECU 不会察觉与实际的车载应用有任何差别。我们并不追求达到设计级和尺寸级那样的超高精度。对于车辆动力学和动力传动系，我们的目标是达到甚至超越专业供应商提供的最好模型。我们确信实现了这一目标，最重要的是提供了无与伦比的多功能特性。现在 dSPACE 模型不再是只为车辆动力学和动力传动系而设计。如今它们还可仿真电机、电气部件和复杂的交通

环境。并且，它们也不再局限于 HIL 仿真：ASM 模型也能离线使用，例如与基于 PC 的仿真平台 dSPACE VEOS 配合使用。最新应用进展是电动汽车、先进驾驶辅助系统和 Car2Car 通信领域。只需要在知名的视频门户网站的搜索栏中输入“dSPACE”和“ASM”，便能找到大量介绍 ASM 应用的视频。令人感到自豪的是，我们的 ASM 模型取代了许多客户使用的其他模型，其中不乏一些非常复杂、严苛的应用。生日快乐，ASM！

Herbert Hanselmann 博士



RIMAC AUTOMOBILI | 第 **18** 页



ZF TRW | 第 **12** 页



BERGSTROM | 第 **30** 页

出版

dSPACE 杂志由下述公司定期出版：

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 Ziegert, Thomas
Pöhlmann, Julia Reinbach, Gerhard Reiß 博士

本期合作者：

Ulrich Eisemann 博士、Gregor Hordys,
Doreen Krob, Carsten Rustemeier,
Thomas Sander, Tino Schulze

编辑和翻译：

Robert Bevington, Stefanie Bock, Anna-Lena
Huthmacher, Michelle Kloppenburg 博士

设计和排版：

Jens Rackow, Sabine Stephan

印刷：Media-Print Group GmbH, Paderborn

封面照片 © CLAAS

© 2015 dSPACE GmbH

保留所有权利。对此出版物全部或部分内容的复制，必须事先获得书面许可。任何此类复制必须注明出处。dSPACE 将会不断地改进其产品，并保留随时更改本出版物所含产品规格而不予通知的权利。

dSPACE 是 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



NASA | 第 24 页



俄亥俄州立大学 | 第 34 页

- 3 主编寄语
- 客户**
- 6 CLAAS
可控收割
自动化辅助功能，提高收割效率
- 12 ZF TRW
测试转向系统
ZF TRW 转向开发中的实时测试
- 18 RIMAC AUTOMOBILI
Concept_One 跑车
深入了解纯电动跑车驱动概念
- 24 NASA
联接翼
SensorCraft 联接翼无人机电洞试验
- 30 BERGSTROM
雄心勃勃的空调控制目标
Bergstrom 旨在虚拟开发 85% 的控制软件
- 34 俄亥俄州立大学
基于模型开发的胜利
俄亥俄州立大学在 EcoCar 2 混合动力比赛中一举夺冠
- 产品**
- 40 RTI 旁路模块组
将功能开发提升到更高水准
虚拟旁路控制的早期测试结果
- 44 AUTOMATIONDESK
直观的 ECU 自动化测试
让创建测试说明如同在纸上绘制草图一样简单
- 48 V2X 解决方案
一切尽显于屏
基于模型的 V2X 应用开发
- 52 AUTOSAR
轻松改变
从 AUTOSAR 3.x 过渡到 AUTOSAR 4.x
- 56 ASM KNC
行动和分析
更高效地设计和测试车轮悬架
- 58 模型比较
模型并列
增强了比较复杂功能和被控对象模型等信息的透明度时的透明度
- 商业**
- 62 HIL 仿真
测试何去何从？
一站式测试解决方案
- 66 测试台
机械测试
机械测试台架让 dSPACE 的测试系统组合臻于完美
- 简要新闻**
- 69 电池的电气特性和热特性仿真
- 69 dSPACE 支持 ISO CAN FD
- 70 TargetLink 4.1: AUTOSAR 扩展、FMI 支持等更多功能
- 车载 dSPACE 工具**
- 71 DESERVE: 感知环境信息
宝马: 高速公路上自动驾驶
奥迪: 自动驾驶速度 160 km/h



自动化辅助功能，提高收割效率

可控 收割

CLAAS 联合收割机新的辅助系统持续监视收割过程，自动根据收割状况调整机器设置，比操作员更快速、更准确。这种自动优化基于分布式控制系统。dSPACE 的产品级代码生成器 TargetLink 支持这种复杂项目的开发。



每年的收割季节时间很短。小麦、黑麦、大麦和玉米必须在合适的成熟期收割。一旦成熟度达到收割要求，联合收割机将会昼夜不停地在田间工作。但是联合收割机的运行是一项十分复杂的任务。从拨禾轮到切碎器，有多达 50 个参数影响着收割产量。操作员必须不断地监视和评估其中的十多个参数。几乎任何操作员都无法留意一切变化并充分发挥机器的全部潜力。

降低田间作业复杂性

高度的设置和参数依赖性是由许多不同的环境因素（如气候和地形）和基本目标（如吞吐量、燃油消耗和脱粒质量）造成的。这使得优化收割过程变得十分复杂。操作员几乎难以应对重复选择收割设置并检查显示数值带来的挑战。为了减轻

CEMOS AUTOMATIC 包含 AUTO SEPARATION（自动分离）、AUTO CLEANING（自动清选）和 CRUISE PILOT（巡航导航）子系统。



一些负担，以便只需要输入最重要的设置，有些功能可以变为半自动化。新的辅助系统 CEMOS AUTOMATIC（CLAAS 电子化机器优化系统）可以应对挑战并优化粮食收割。CEMOS 可以监视收割过程，调整过程参数，使机器不断适应收割条件。成功的关键是在线建模：辅助系统持续地计算机器和环境模型，分析各个参数，并确定最佳参数集。然后将这些参数传送给机器。

自动化收割

联合收割机进入田间之前，驾驶员通过基于对话框的图形用户界面输入收割目标。CEMOS AUTOMATIC 会分析收割目标、传感器数据和机器设置，十分快速地确定最佳参数组合。在一整天的作业中收割条件时有变化，所以系统会反复检查这

些最佳设置，然后不断做出调整。这意味着 CEMOS AUTOMATIC 会持续地重新调整收割，以至于操作员不用再亲自处理。自动调整参数确保产生最佳效果，例如获得最大吞吐量、最高籽粒质量和籽粒清洁率、最低燃油消耗。与其他辅助系统如 CRUISE PILOT（巡航导航）行驶速度控制和 LASER PILOT（激光导航）辅助转向结合使用时，联合收割机将实现全自动运行。

ECU 系统确保最佳收割

当联合收割机的所有系统协调工作时，将会达到最佳收割效果。在比单个系统 ECU 更高的级别上使用自动控制机制可以实现这一点。ECU 网络由负责基本控制任务的控制单元和高级 ECU 组成。配备齐全的 LEXION 780 联合收割机含有 35 个 ECU，通过 CAN 总线将其连接在一起。对于收割过程直接涉及的系统，CLAAS 开发出了自己的 ECU。内燃机等购买的系统配有供应商提供的 ECU。根据任务的不同，会插入带有定点或浮点算法处理器的 ECU。CEMOS AUTOMATIC ECU 针对 32 位 PowerPC 设计。

基于模型的 ECU 软件开发

ECU 软件开发是基于模型的开发。所有大型控制单元均通过 MATLAB®/ Simulink® 和 dSPACE TargetLink® 进行开发。必要的机器功能按照一个总模型表示的分布式自动化原理进行设计。这一复杂模型达到了 50 兆字节。任务控制和系统功能之间的通信基于 OSEK（汽车电子开放式系统和通信接口）操作系统。OSEK 模块在 TargetLink 中用于定义接口和任务。因此所开发的辅助功能只需要连接到现有环境即可。

使用 TargetLink 开发的辅助功能

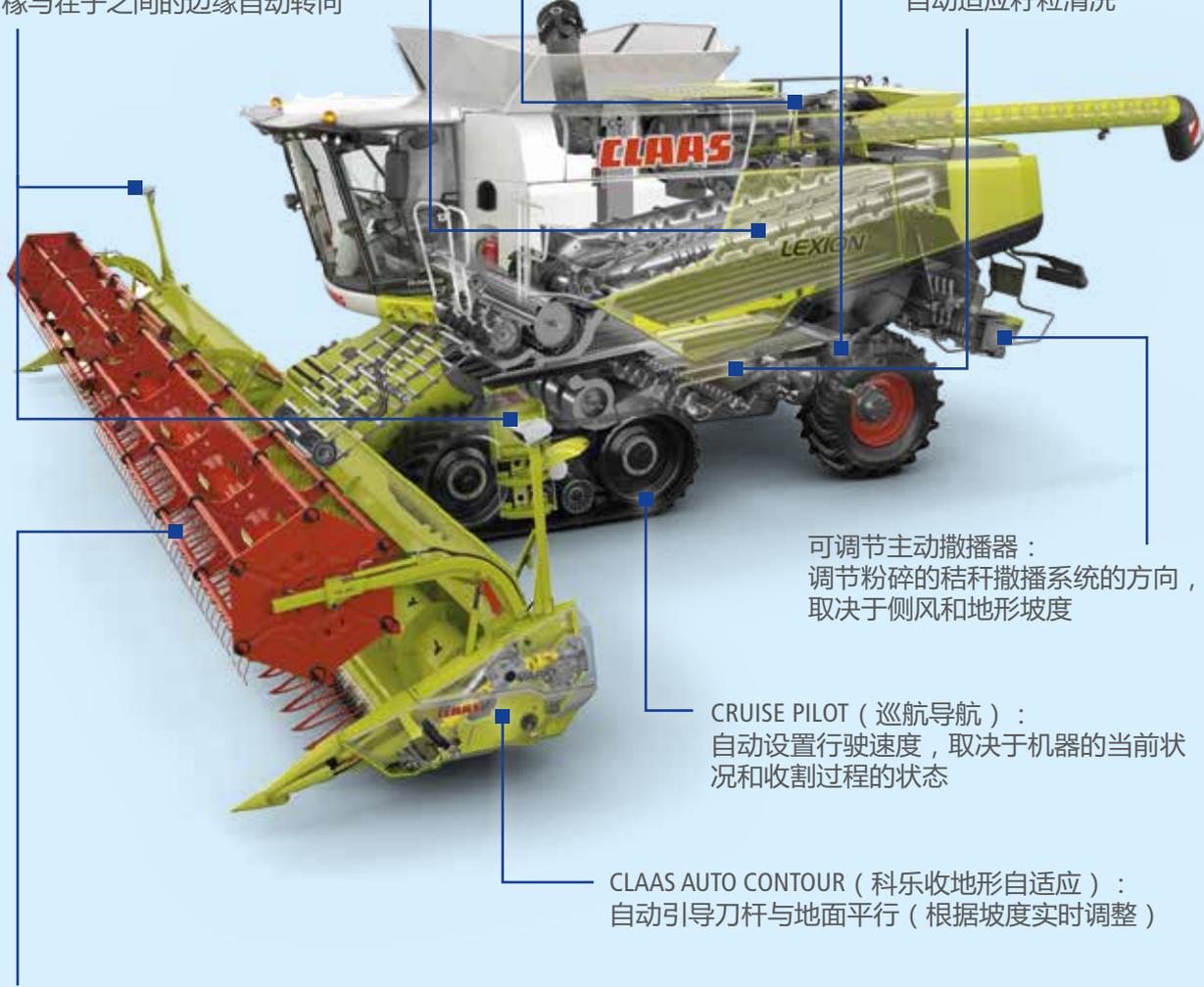
DYNAMIC COOLING (动态冷却) :
自动设置联合收割机冷却系统 (适用于柴油机和液压系统), 取决于所需冷却功率

CEMOS AUTO SEPARATION (CEMOS 自动分离)
自适应残留籽粒分离

CLAAS LASER PILOT (科乐收激光导航) :
使用激光扫描仪使机器沿着庄稼与茬子之间的边缘自动转向

MONTANA :
自动底盘可摆动门式轮轴以补偿最大 17% 的交叉倾斜和最大 6% 的纵向倾斜, 适合在陡峭地形上作业

CEMOS AUTO CLEANING (自动清选) :
自动适应籽粒清洗



可调节主动撒播器 :
调节粉碎的秸秆撒播系统的方向, 取决于侧风和地形坡度

CRUISE PILOT (巡航导航) :
自动设置行驶速度, 取决于机器的当前状况和收割过程的状态

CLAAS AUTO CONTOUR (科乐收地形自适应) :
自动引导刀杆与地面平行 (根据坡度实时调整)

自动控制拨禾轮速度 :
使拨禾轮圆周速度与收割机行驶速度同步 (2001 : TargetLink 试点项目, 从开发出可用液压部件到第一个原型集成在 ECU 中仅用 5 天开发时间)

基本功能 :

- 各种速度设置
- 各种位置设置



图形用户界面简化了收割目标的输入。

>> 代码生成和离线测试

完成基于模型的新功能开发之后，可以逐渐或完全地为控制器生成代码。只能为单个功能（增量代码生成）或整个控制器功能（完全代码生成）生成代码。TargetLink 支持不同的仿真模式，以便可以尽快测试新功能。收割之前的验证阶段极其重要。当收割季节来临时，开发人员没有任何时间在田间查找实施错误。收割过程需要一开始就使用经过全面测试的软件。验证阶段包括集成测试，还包括集中的功能验证，这要使用复杂的被控对象模型。离线测试场景使用了每个收割阶段在田间收集的大量数据。

虚拟 ECU

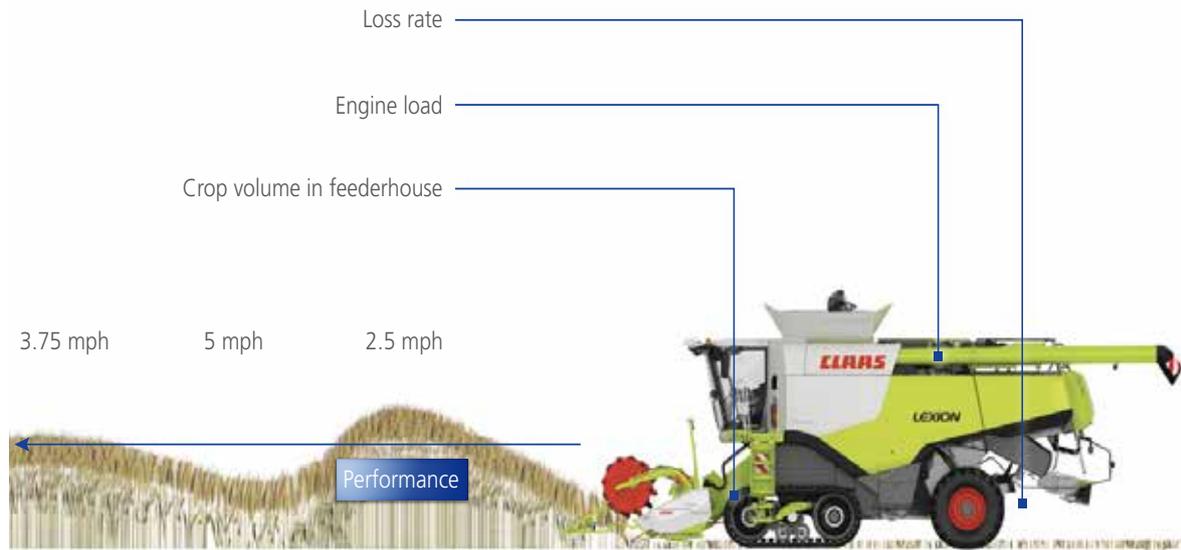
CLAAS 在线仿真器可以在收割之前以及不同的收割条件下测试联合收割机的行为。操作员甚至可以使用仿真场景来熟悉收割机使用以改善并提高操纵方式。基于 PC 的仿真使这一切成为可能。在线仿真器通过虚拟方式表示不同的机器部件和过程模型，该模型含有多年的收割的经验数据。具有实时功能的虚拟 ECU 运行在后台，并配有实际 ECU 配套软件。由于可在收割之前进行这些仿真，所以还能最大限度地降低收割期间的机器损坏和操作错误风险。

TargetLink 历经实践检验

多年以来，CLAAS 使用 TargetLink 成功开发出许多基本功能。其中包括拨禾轮速度自动控制，这是首个使用 TargetLink 的试点项目。从开发可用液压部件开始，直到将第一个原型功能集成在 ECU 中，当时仅用了短短的 5 天开发时间（“TargetLink 走入田间”，dSPACE 新闻 2001/2）。由于联合收割机的 ECU 系统日趋复杂，其开发过程不再只专注于容易操作和快速上手，还关注其他方面。这简化了 CEMOS AUTOMATIC 的功能在模型和复杂 ECU 网络中的集成。软件可以在实验室中通过 TargetLink 自身的工具进行测试，这一点仍然很重要。通过这种方式可以尽早验证各种功能。甚至是诸如定义多速率任务或背景任务等特殊功能也可以使用 TargetLink 精确地描述和实施。对于 CLAAS 而言，TargetLink 和 OSEK 模块的结合意味着开发人员可以集中精力完成必要的开发任务。尽管模型很复杂，仍然可以使用 TargetLink 为单个功能（增量代码生成）和整个 ECU 网络快速生成高效代码。

“新的辅助功能显著提升了联合收割机的效率。我们依靠 dSPACE 的产品级代码生成器 TargetLink 开发收割机。”

Andreas Wilken, CLAAS



考虑了环境影响、驾驶行为和机器参数的收割过程。

CEMOS AUTOMATIC 辅助系统

CEMOS AUTOMATIC 辅助系统很好地诠释了软件在商用车行业的重要性。该系统首先作为 LEXION 740-780 系列联合收割机的可选功能实现了批量生产。借助于基于模型的开发和产品级代码生成，新功能的

实施和测试变得十分简单。所生成的代码十分可靠，没有错误，这让开发人员可以在很短的宝贵时间内集中完成最重要的任务，这就是在田间对机器进行最终的功能测试。■

Andreas Wilken, CLAAS

总结与展望

客户对于高效率、低油耗的现代化联合收割机的需求在稳步增加。CEMOS AUTOMATIC (CLAAS 电子化机器优化系统) 等辅助系统是久经考验的解决方案，其重要性日益凸显。产品级代码生成器 TargetLink 是这类辅助系统在开发过程中广泛使用的工具。TargetLink 便捷的功能支持开发复杂的控制系统，能够生成可靠的产品级代码。出于学习目的，TargetLink 模型还能用在 PC 上的虚拟 ECU 中，便于操作员在收割之前熟悉收割机。TargetLink 等工具

是激发创新的基石。在未来，AUTOSAR 等新标准将为开发分布式控制器和轻松地重复使用软件铺平道路。

Andreas Wilken

Andreas Wilken 在德国哈斯文克 CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH 公司负责功能系统领域前期开发工作。



A dark blue car is shown from a rear three-quarter view, driving on a road. A red steering system is overlaid on the car, showing the steering rack and tie rods. The car's rear light is illuminated. In the background, a white van is driving away on the same road.

测试 转向系统

ZF TRW 转向开发中的实时测试

开发和验证安全性相关的机电系统（如助力转向系统）需要合适的测试环境。位于杜塞尔多夫的 ZF TRW 技术中心使用含有更多硬件设备的测试实例。



整个 ZF TRW 转向系统也在实时环境下测试。



今转向系统对功能性和安全性的要求日益严格，即自动驾驶背景下的功能性以及更严格的转向支持可用性要求相关的安全性。这两方面都必须集成在符合 ISO 26262 标准的验证过程中。此外，全面的验证程序还需要考虑大量不同类型车辆平台方面的因素。

必须在富有竞争力的成本下，尽快证明系列的成熟度。

虚拟化解决方案

成为应对上述挑战的解决方案，杜塞尔多夫的 ZF TRW 技术中心使用了虚拟化技术和硬件在环仿真器。这意味着实际部件将和虚拟部件一起共同构成一个控制环路。特别是这些虚拟部件包含转向传感器、转向器、驾驶员手臂和车辆通信的精确模型。这些专门的子模型可以与 dSPACE 汽车仿真模型 (ASM) 库中的组件轻松结合在一起。这让您们可以真实地实时仿真车辆动力学。汽

车仿真模型的实时性使用户能在虚拟车辆环境中测试 ECU 硬件。因此能在真实的系统或部件还未获得时执行基于模型的测试。用户可以仿真错误和故障而不会对产品造成任何风险或损坏，自动测试变得更加容易和高效；另一优势是容易重现测试并且不受天气状况的影响，这

统。测试中使用的硬件数量随测试台的变换而增加，而建模部件的数量则随之减少。这些台架将用于符合 ISO26262 测试阶段的连续测试 (图 1)。这意味着依托若干台控制器在环的仿真器，在早期阶段即可经济高效的大范围测试。专门针对更高级别集成的测试台其制造和运营成本更高。另一方面，集成度越高，测试数量越少。

“dSPACE 环境的开放性拥有决定性优势，可以让我们实现自己的模型，使用自己开发的测试台组件。”

ZF TRW 技术中心的 Michael Moczala 博士

对于车载测试十分重要。

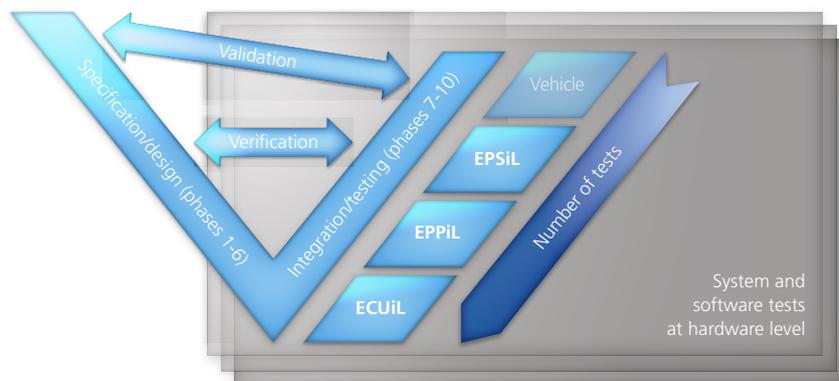
三种测试实例

基于不同的系统集成策略，ZF TRW 设置了三种具有不同的硬件模型分割的 HiL 测试实例：ECUiL、EPPiL 和 EPSiL。这三种缩写代表：电子控制单元 (ECU) 在环、电机动力单元在环和电动助力转向系统在环。在 EPPiL 实例中，ECU 和电动机共同组成了一个功能单元。随后电动转向将 ECU、电动机、转向传感器和机械传动元件结合形成一个转向系

实例 1：电子控制单元 (ECU) 在环 转向系统中使用的 ECU 含有转向功能的数值算法和电动机的实际控制控制算法 (图 2)。电机产生扭矩并根据驾驶状况和驾驶员要求进行调整。仿真这种交互作用需要在 ECUiL 测试环境中对电机进行精确的电气仿真。通过 dSPACE 实时系统中集成的电动机仿真器 (EME) 可以达到所需精度。这种解决方案还能让开发人员和测试人员调整电动机特性。他们可以通过集成的 dSPACE 软件访问电动机参数、所测信号及控制模型的所有其他数据。

>>

图 1：三种测试台架将用于依据 ISO26262 的硬件级转向算法功能确认，以及基于可双向追溯性的验证。各确认环节需要上级规范阶段的额外信息 (图 1)。



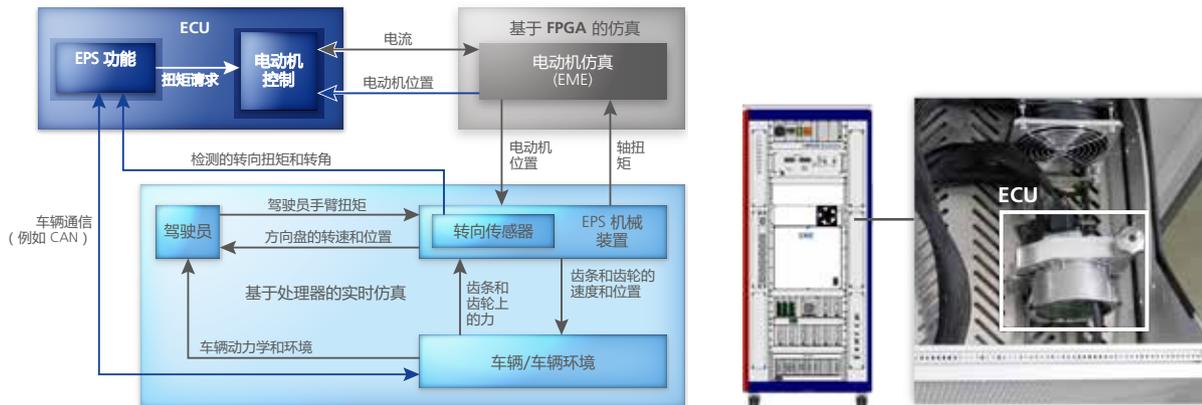


图 2：ECUIIL 系统含有最多的虚拟部件。被测 ECU 与仿真环境进行电气连接。

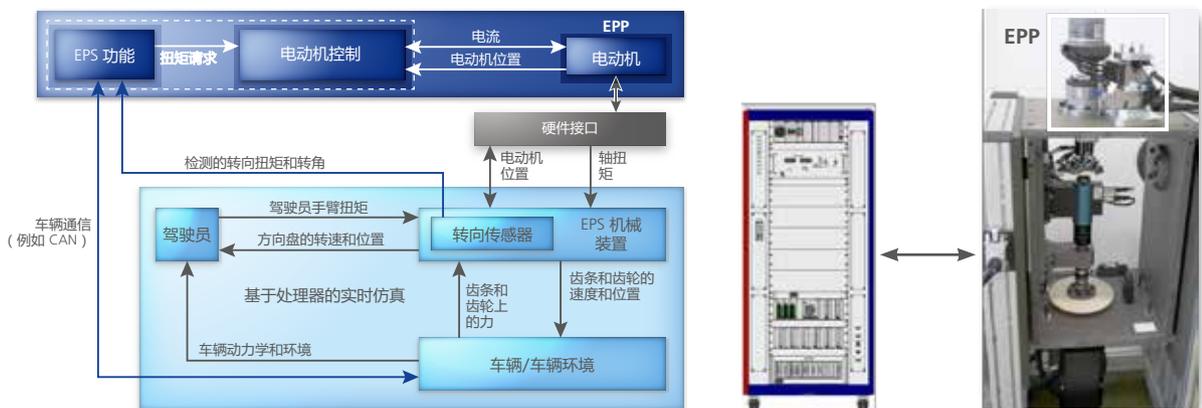


图 3：EPPIL 系统含有 ECU 和转向电机硬件。执行器和传感器用于将电机集成在仿真环境中。

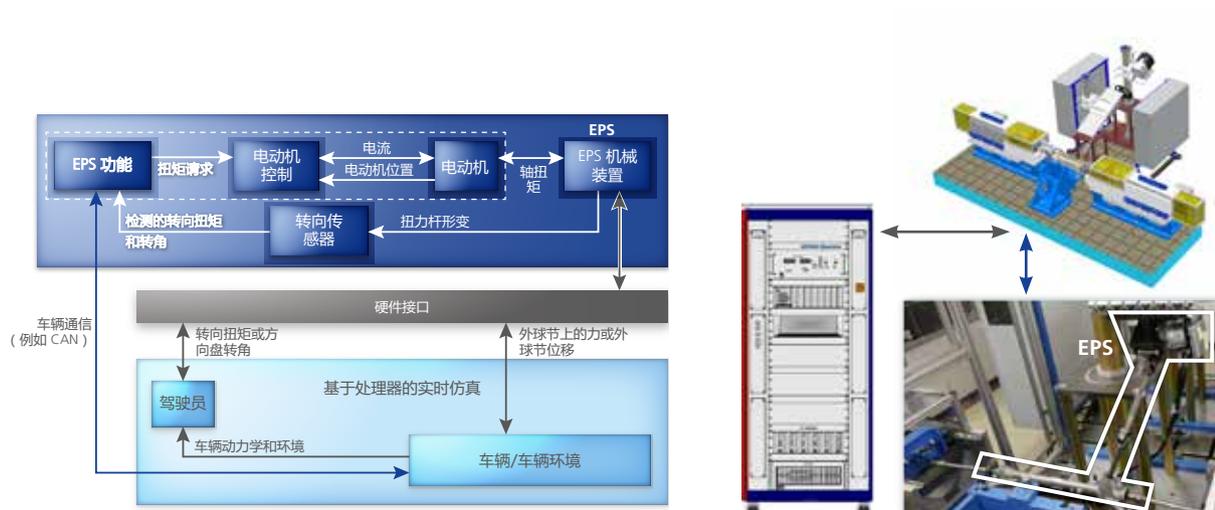


图 4：EPSiL 仿真器测试整个转向系统。因此模型的机械接口十分复杂。

“dSPACE 实时系统的灵活性令人印象深刻。我们可以为应用项目和前期开发使用自己的 HiL 设备。”

ZF TRW 技术中心的 Michael Moczala 博士

实例 2：电机动力单元在环

在 EPPiL 测试中，ECU 连接到真实的转向电机（图 3）。电机与旋转执行器之间按照所仿真的负载状况交互作用。在硬件接口中，配套传感器提供实际转向状态，执行器逆变器接收控制模型中生成的目标值。HiL 环路随后被虚拟部件闭合，类似于 ECUiL 系统。

实例 3：电动助力转向系统在环

EPSiL 仿真器含有的虚拟部件最少（图 4）。但是，整个转向系统与模型之间的机械接口需要大量运动部件和测量设备。例如，驾驶员扭矩和方向盘转角由一个直连的旋转

执行器控制。连接到两根拉杆的线性执行器被用作直接电驱动装置。实时硬件与驱动控制器之间通过 TWInsync 协议紧密联系，确保十分精确地将控制变量动态传输到被测转向硬件。多个转向力、扭矩、位置和加速度传感器将转向状态测量值传回实时模型并使控制环路闭合。EPSiL 仿真器是 dSPACE 推出的一站式解决方案。

灵活的测试环境

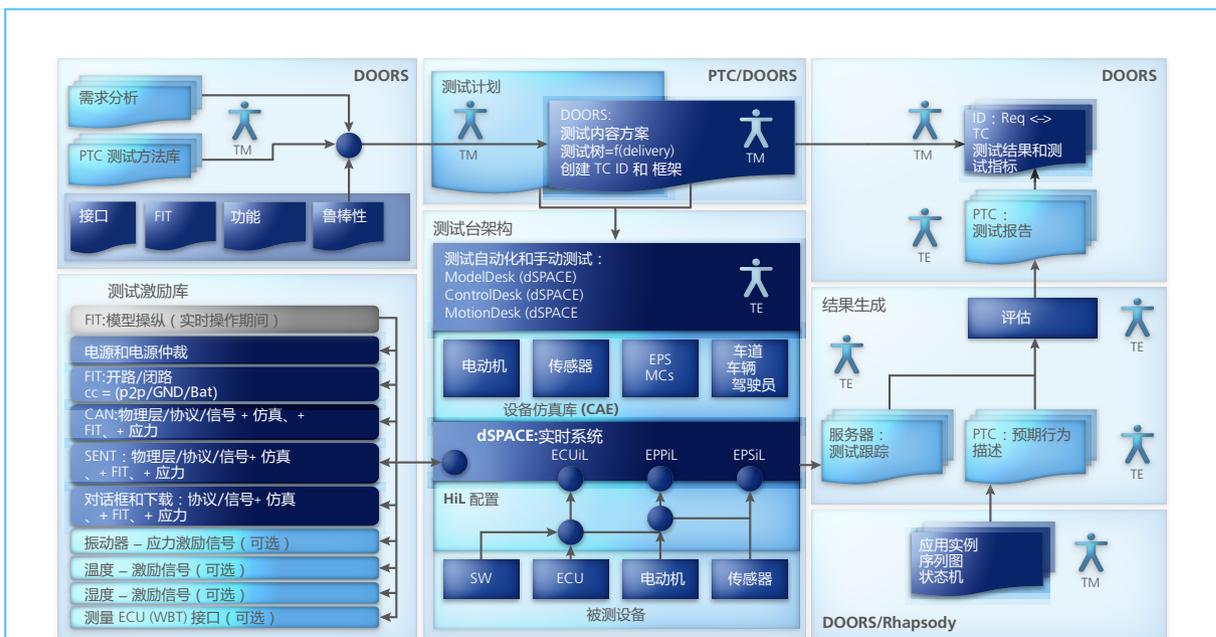
全部三种 HiL 测试台的控制环境不仅能在虚拟环境中仿真驾驶员、车辆和道路之间复杂的交互作用，还

能在相关的硬件接口上提供简单的转向力和转向轨迹规格。合成激励信号或记录的测量数据可以通过硬件接口传送到被测装置。实时系统的模块化特点创造出一种十分灵活的环境。例如实时系统可以轻松连接到现有测试台。

总结与评估

为了验证电动助力转向 (EPS) 系统，ZF TRW 使用了由多个 HiL 实例组成的测试概念，包括从 ECU 测试 (ECU 在环) 到测试台测试整个转向系统 (EPS 在环)。与 HiL 仿真器硬件结合之后，杜塞尔多夫的该技

图 5：EPS HiL 工具架构，通过各种 dSPACE 工具提供一整套编辑和管理测试工件的解决方案。



“开放式 dSPACE 架构 – 实时硬件和软件工具 – 让我们能将集成策略映射到 HiL 基础架构中。”

ZF TRW 技术中心的 Thomas Maur

术中心创建了所有 HiL 测试台均可访问的一套完整的数据和软件基础架构。模型、用户布局和测试自动化脚本都在考虑整个系统的条件下进行开发。该领域下 dSPACE 产品的无缝性和灵活性成为突出优点。dSPACE 硬件与 ControlDesk® Next Generation、AutomationDesk、ASM 或 ModelDesk 等工具的结合赋予开发人员和用户最大的灵活性。实时应用程序的开放性设置（在 MATLAB®/Simulink® 中介绍）使其可通过自定义的子模型进行扩展。这些详细的模型可以让开发人员掌控 EPS 系统严苛的开发和测试

任务。数据管理系统 SYNECT® 完善了软件基础组件，提供了 PTC® Integrity 测试管理和 DOORS® 需求管理（图 5）所需的接口。HiL 设备能使开发人员依据 ISO 公路车辆功能安全标准高效、可靠地开发和测试电动转向系统。测试实例（ECUIl、EPPiL 和 EPSiL）反映了 ISO 26262 标准规定的集成策略。■

ZF TRW 技术中心的 Michael Moczala 博士和 Thomas Maur

“通过将 SYNECT 集成在基于 dSPACE 的 HiL 设备中，我们填补了需求管理与测试之间的缺口。‘DOORS 之间的测试’成为我们新的格言。”

ZF TRW 技术中心的 Thomas Maur

Michael Moczala 博士

Dr.-Ing. Michael Moczala 是德国杜塞尔多夫 ZF TRW 主动和被动安全技术公司的 CAE 专家。



Thomas Maur

Dipl.-Ing.(FH) Thomas Maur 是德国杜塞尔多夫 ZF TRW 主动和被动安全技术公司系统集成和测试部门的主管。



Concept_One

深入了解纯电动跑车驱动概念



Rimac Automobili Concept_One 经过彻底改装设计，成为首辆全电动跑车。无所动容？认为 1088 hp 和 4 个独立的电动机如何？这一切动力始终由 MicroAutoBox 实施检测。



Concept_One 背后的故事独一无二。它是来自克罗地亚的年轻工程师和发明者 Mate Rimac 的创意产品。Mate Rimac 现年 27 岁，其公司 Rimac Automobili 拥有 80 多名员工。这家克罗地亚公司

为全球设计、制造和销售高性能电动车。Concept_One 于 2011 年在法兰克福推出。它是全球第一辆电动跑车，拥有超乎想象的性能。

动力传动系的设计和概念

其动力传动系让 Concept_One 独一无二。Rimac Automobili 从零开始做起，仔细审视了每个潜在部件，以确定哪个部件可在汽车中发挥作用，哪个部件只是增加重量。由于四轮驱动是完全利用轮胎抓地力的

唯一有效方式，因此采用了四轮驱动。与一台大型电动机相比，多台强劲的电动机功率更强，重量更轻，所以每个车轮都有自己的电动机。“同时不再需要传统的离合器和差速器，但是我们决定保留变速

每台前轮电机可提供 330 Nm 最大扭矩，每台后轮电机都可提供 440 Nm 最大扭矩，总扭矩 1540 Nm。每个壳体中都有两台专用的 Rimac Automobili 电机，并且共用冷却系统以节省空间和重量。每台电机都

有自己的变速箱，前轮电机采用单速变速箱，后轮电机采用双速双离合器



“dSPACE ControlDesk 在真实测试条件下拥有久经考验的卓越性能。”

Kruno Hrvatić, Rimac Automobili 公司车辆动力学工程师

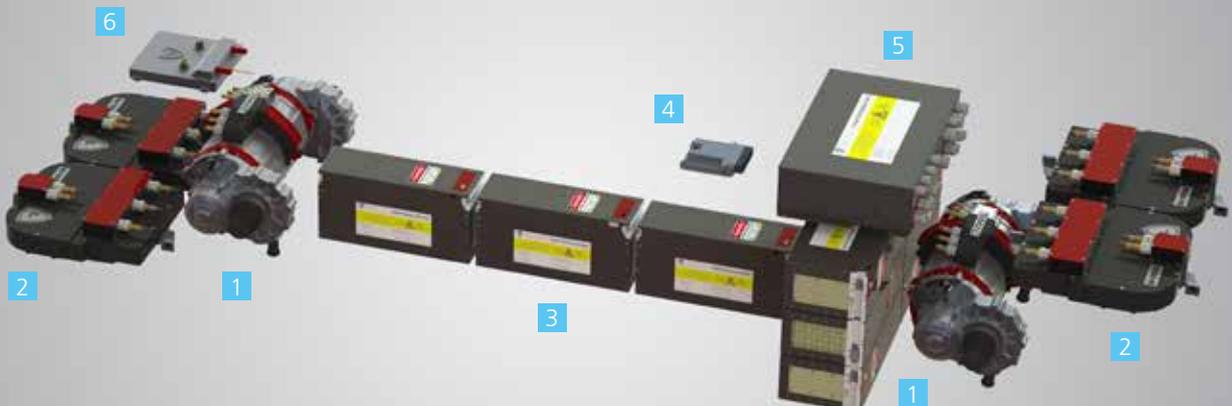
箱。Concept_One 是唯一一款每个后轮都有一个双速变速箱的电动汽车，因此加速度十分强劲，最高速度还可以达到 325 km/h。” Rimac Automobili 车辆动力学团队 Kruno Hrvatić 先生说道。

同步电机和高压电池打造的高性能机组

“我们选择了两对永磁同步电机，

变速箱。在全功率下，前轮电机的耗电功率可达 400 kW，后轮电机可达 600 kW，其总和相当于兆瓦级全电池电量。” Hrvatić 先生说道。电池组由数百个锂离子电池组成，工作电压 650 V。在全功率下，电机几乎消耗 1600 A 的电流。但在根据里程设置驾驶功耗时，电池组 82 kWh 电能估计可支持约 330 公里路程。电池的电压和温度通过

动力传动系由两个电机单元组成，包括变速箱 (1)、逆变器 (2) 和电池组 (3)。其他部件：中央控制器 (4)、配电装置 (5) 和加热装置 (6)。



“Rimac 主动式电池管理系统”进行管理。该系统完全由 Rimac Automobili 公司内部开发而成，并由汽车中央控制单元通过 CAN 总线通信进行控制。

为什么选择电动车？

配有四台独立控制电机的动力传动系最大优点是其自由度。汽油车必须依靠差速器将中央动力源（发动机）的扭矩传递到每个车轮，这意味着要以机械方式将动力输送至所需位置。这种方式会损失动力，而且通常受限于差速器的物理性能。此外，传统汽车只能选用液压制动器，这会浪费能源，磨损制动盘，最糟糕的是使汽车过度减速。

Hrvatinić 先生解释说“电动机不会出现这种问题。四台电机意味着我们能以每秒一百次的频率调整每个车轮的扭矩输入，电机的响应速度几乎与命令发送一样快。在电动机中，方向也无关紧要，同样可以轻松输出负扭矩。这称为制动能量回收，它不仅产生热量，而且产生电能，可以回收一部分汽车加速时消耗的动力。此外，电动机效率可达 95%，而汽油机仅为 35%，所以动力传动系十分强大、高效、灵活和易控。”

扭矩矢量

下一步是设计一个控制算法，让 Rimac Automobili 充分利用这种动力传动系的卓越动力和灵活性。“我们再一次从零开始，初步创建了汽车物理模型，开始分析其被动行为，并制定我们希望通过主动控制系统达到的目标。为了构建可用于测试的模型，我们使用了所有能测得的数据，包括基本的物理尺寸、悬架几何形状和轮胎特性等。这些



Concept_One 是全球首辆纯电动跑车，不仅体现在性能方面，还体现在它所采用的技术。



Concept_One 跑车的发明者 Mate Rimac，在打开的车辆后部一旁展示配电装置。

数据随后输入汽车物理仿真软件套件中，可以验证模型数据，并开始开发我们的车辆动力学控制算法 Rimac 全轮扭矩矢量 (R-AWTV)。”车辆动力学团队领导 Tomislav Šimunić 先生说道。

电子控制的车辆行为

“R-AWTV 将纵向和横向控制结合成一个紧密的整体。它能监测和调整每个车轮上的作用力，以产生适合每位驾驶员和特定情况的驾驶体验。只需要控制每台电机的输入/输

出扭矩即可实现上述操作，它改善了汽车的被动式动力学。我们使用高精度物理传感器，例如加速器、陀螺仪以及车轮速度和方向盘转角传感器，传感器数据输入到估测算法中以监测车辆行为。这样我们就能明确了解车辆的物理状态。我们可以估算出每个车轮的抓地力或总可用力，然后用作限值以确保车辆获得最佳牵引力，或者故意超过这些限值让汽车进行可控的横向滑移。”

驾驶员控制的横向动力学

Rimac Automobili 想设计这样一个系统，既能让普通驾驶员在高速度和急转弯时保持安全和稳定，又不会让专业驾驶员感到缺少刺激。这意味着该系统必须具有更高的可配置性，不能只提供大多数汽车的标准通断开关。Concept_One 跑车的

铝制中心控制台让驾驶员只需转动一个旋钮，即可轻松切换操作模式，例如选择稳定驾驶还是动态驾驶。创新型 HMI 解决方案能让驾驶员微调扭矩分配，以便使汽车采用纯前轮或纯后轮驱动，或者采用任何组合驱动。

MicroAutoBox 的重要作用

“当然，为了发挥动力传动系出色的动力和灵活性，必须在一个足够可靠和快速的平台上实施更巧妙的控制解决方案。这就是为什么我们选择 MicroAutoBox 原型开发系统来开发 Concept_One 跑车的中央控制器。其任务是协调分布式网络中的从控制单元、提供超温保护和设备错误检测等安全攸关的功能，处理驾驶员输入信息以及实施 Rimac 全轮扭矩矢量系统。” Hrvatinic 先生说。Concept_One 完全利用

MicroAutoBox 的四个 CAN 总线通道与 Rimac 主动式电池管理系统、配电单元和充电器、四个逆变器以及各种底盘控制单元进行通信。dSPACE RTI CAN Blockset 的作用尤为突出，它简化了各种设备通过总线发送和接收的将近 200 条 CAN 消息的跟踪和管理。由此使用了标准串行信道和大部分模拟和数字输入端。“通过我们的物理仿真软件所兼容的 Simulink 模型生成的控制算法可以简单、直接地转换为能在 MicroAutoBox 上运行的程序，控制工程师无需担心基本的 C 代码。” Šimunić 先生总结说。

ControlDesk 精确的信号分析

Hrvatinic 先生评价说“dSPACE ControlDesk 在真实测试条件下拥有久经考验的卓越性能。它能实时检查和记录每个信号的数值，极大地简

最新技术打造而成：为了连接 Concept_One 的各种系统，Rimac Automobili 使用了通过 dSPACE MicroAutoBox 开发的一个中央控制单元。





“MicroAutoBox 操作简单而直接，控制工程师可以集中精力开发控制器，不用担心基本代码。”

Tomislav Šimunić, Rimac Automobili 公司车辆动力学团队领导

化了调试工作，对于评估动态控制系统的性能也很有帮助。运行一次测试后，我们可以立即访问和查看测试数据，这样可以尽量确保一整天的工作不走弯路。” ControlDesk 还能动态地手动微调算法参数，这也非常有用。由于参数值也能轻松更改，缩短了两次测试（采用不同的控制器设置）之间的时间。无需对控制器模型的结构进行任何更

改，便能打开和关闭不同的实验子系统。

展望

预计第一款 Concept_One World Edition 跑车只会生产八辆，但是设计和控制算法一直在不断改进。该公司内部为 Concept_One 开发和制造的部件及相关专业技术，例如信息娱乐系统、动力传动系和电池系

统等，也会在不同的 B2B 项目中获得广泛应用。展望未来，Rimac Automobili 公司将会继续设计和制造全球最强劲、最精致的电动车，并会寻求新方法在不同的领域和行业展现其前沿技术。 ■

由克罗地亚 Rimac Automobili 公司提供

触摸屏显示发动机运行期间的功率值和准确的设置。



联接翼

AFRL、波音和 NASA – 成功进行
SensorCraft 联接翼无人机风洞测试





图片来源：NASA

空

军研究实验室的 SensorCraft 项目目标之一

是为未来的长航时高空

无人侦察平台开发相关技术。该研究项目旨在开发此类灵活的大型无人机相关技术，其中一项内容是“空气动力学效率改进”（AEI）计划。AEI 计划的目标包括论证颤振抑制、阵风载荷减缓（GLA）和静稳定裕度降低技术，这是 SensorCraft 无人机潜在的可行技术，便于减轻其结构重量，从而延长航时、航程和有效载荷能力。AEI 计划包括在 NASA 跨声速动力学风洞中对两种 SensorCraft 设计进行一系列风洞试验。所测试的配置分别是参考文献 1 和 2 中介绍的飞翼和联接翼（图 1）。每种配置都需要一个提供刚体自由度的模型。由于需要包含刚体自由度，所以要求模型在风洞中“飞行”，这显著增大了项目的复杂性和风险。通过使用两款数字控制器系统，这些模型成功、安全地完成了风洞试验，其中一款控制器用于研究飞行控制律，另一款用于研究伺服控制环路、WatchDog 系统和紧急控制律。本文介绍控制器的架构和实施（使用 dSPACE 系统），主要针对联接翼试验。试验团队包括空军研究实验室（AFRL）、波音公司和 NASA 兰利研究中心。

实验装置

SensorCraft 联翼无人机（JWS）试验在 NASA 兰利跨声速动力学风洞（TDT）中进行。TDT 风洞是美国独有的研究设施，专门负责发现、了解和解决相关的气动弹性和气动伺服弹性问题。TDT 风洞是一种回流式

>>

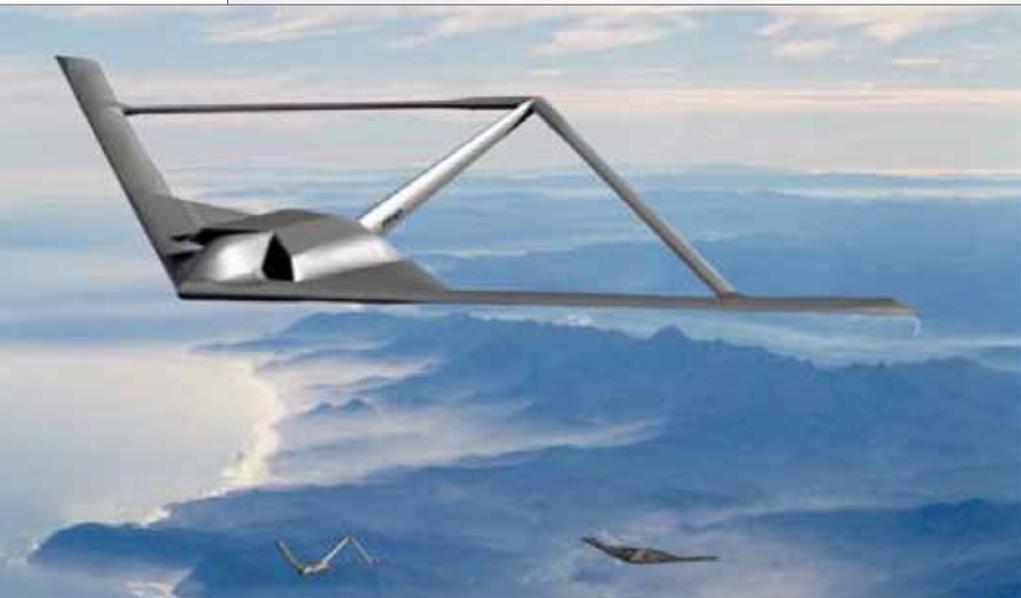
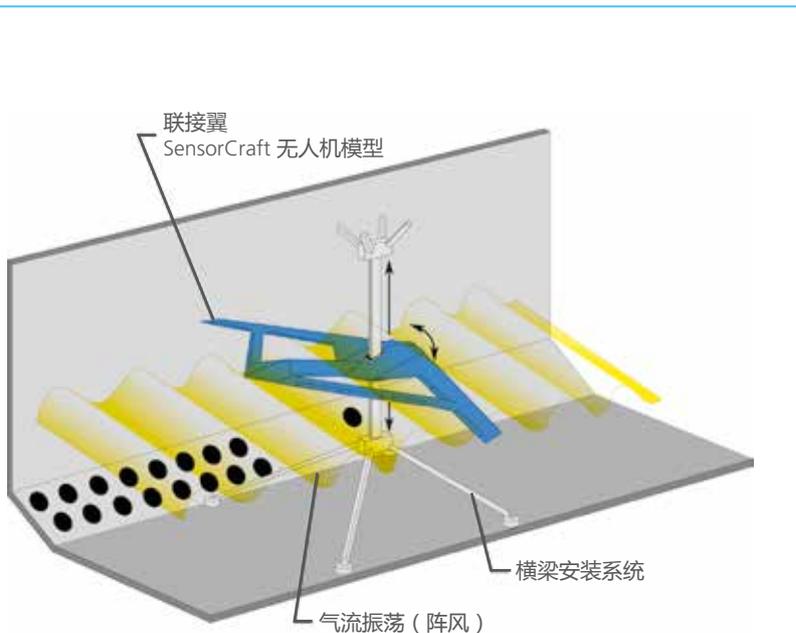


图 1 : SensorCraft 联翼无人机的配置。

连续流动变压风洞，具有 16 平方英尺试验段和切尖转角。该风洞使用空气或重型气体作为试验介质，可以在近零至 1.2 马赫数范围内工作。TDT 风洞专门用于颤振试验，其控制室对模型具有出色的视野，可以迅速关闭风洞以确保模型安全。TDT 风洞有一个可产生模拟阵风的气流振荡系统，在该项目一系列风洞试验中广泛使用。图 2 所示

是 JWS 无人机和支撑系统。俯仰和沉浮自由度由两个箭头表示。图 3 所示是 TDT 风洞中安装的 JWS 无人机模型照片。支撑系统由一个横梁和一个支架组成，出于安全考虑，支架配有一个沉浮制动器和一个俯仰限位器，以便远程锁定刚体运动。该模型还配有一套大型仪表，包括加速器、应变计、速率陀螺、电位器和总共 13 个液压驱动式高带

图 2 : AEI SensorCraft 联翼无人机模型图示，在 NASA 兰利跨声速动力学风洞中装有一个双自由度支撑系统。



宽操纵面，每个表面都有一个旋转可变差动变压器 (RVDT) 位置传感器。操纵面位于机翼后缘，前翼和后翼各有六个，还有一个位于方向舵上。JWS 风洞模型的外部需要集成各种部件来支持测试。其中包括两个 dSPACE 数字控制系统、一个商用信号调理系统、多个定制信号调节器（用于 RVDT 变压器和 Moog 伺服阀）、各种电源和一个定制缓冲控制系统。图 4 所示是风洞模型和各种系统之间的连接示意

图。dSPACE 装置的外部信号均为模拟信号。RVDT 变压器的抗混叠滤波器设为 400 Hz，因为只连接到一个以 1000 Hz 帧频运行的数字控制系统 (dSPACE 1)。所有其他信号在 100 Hz 滤波，以便与另一个以 200 Hz 帧频运行的数字控制系统进行比较 (dSPACE 2)。使用 TDT 数据采集系统 (DAS) 在 500 Hz 下采集数据。

控制系统

JWS 风洞试验的控制任务在两个 dSPACE 系统上进行。两个伺服控制环路（通过 RVDT 变压器、伺服阀和 WatchDog 系统来定位操纵面）在 dSPACE 1 系统上实施，而 dSPACE 2 系统则用于实施飞行控制（配平和阵风载荷减缓）。缓冲控制系统专为该风洞试验而定制，它由一个闭锁电路、多个开关和一个电源组成。缓冲控制系统与模型上的电磁阀和液压执行器结合使用，用于锁定刚体运动。该系统可以手动跳闸，但是从未使用该功能。而

是依靠 dSPACE 1 上的自动化 WatchDog系统可靠地发出“缓冲！”指令使模型保持安全。两个 dSPACE 系统和缓冲控制系统的关键功能如图 5 所示。用户向这些系统输入的信息以深灰色显示。阵风载荷减缓和配平控制律在 dSPACE 2 的飞行控制模块中实施。该飞行控制模块包含一个 GUI 接口和一个编程逻辑，用于控制或启动某些事件，比如重置系统或启动起飞程序。执行参数识别测试时，可以向操纵面指令的各种组合中添加一个激励信号。这些指令作为模拟信号输出到 dSPACE 1。伺服控制环路和 WatchDog 系统在 dSPACE 1 上实施。伺服环路是独立的 PID 控制环路，配有输出饱和模块，以防过度驱动执行器。WatchDog 系统用于监测模型信号，检测到故障时会发出“缓冲！”指令，并通过图 5 所示的开关将控制信号传送到紧急控制律。对

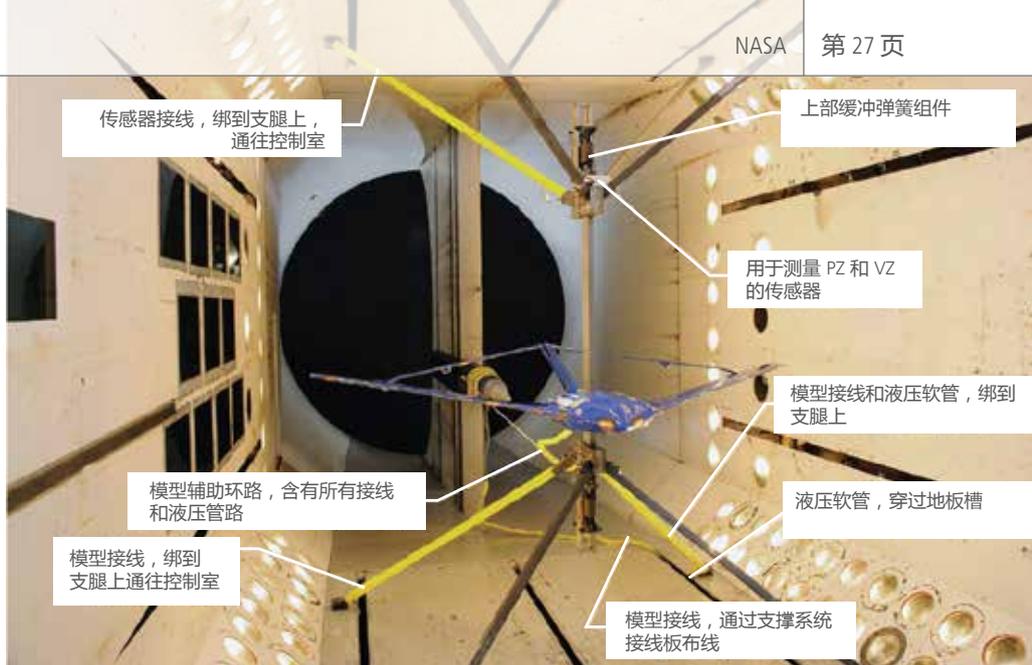


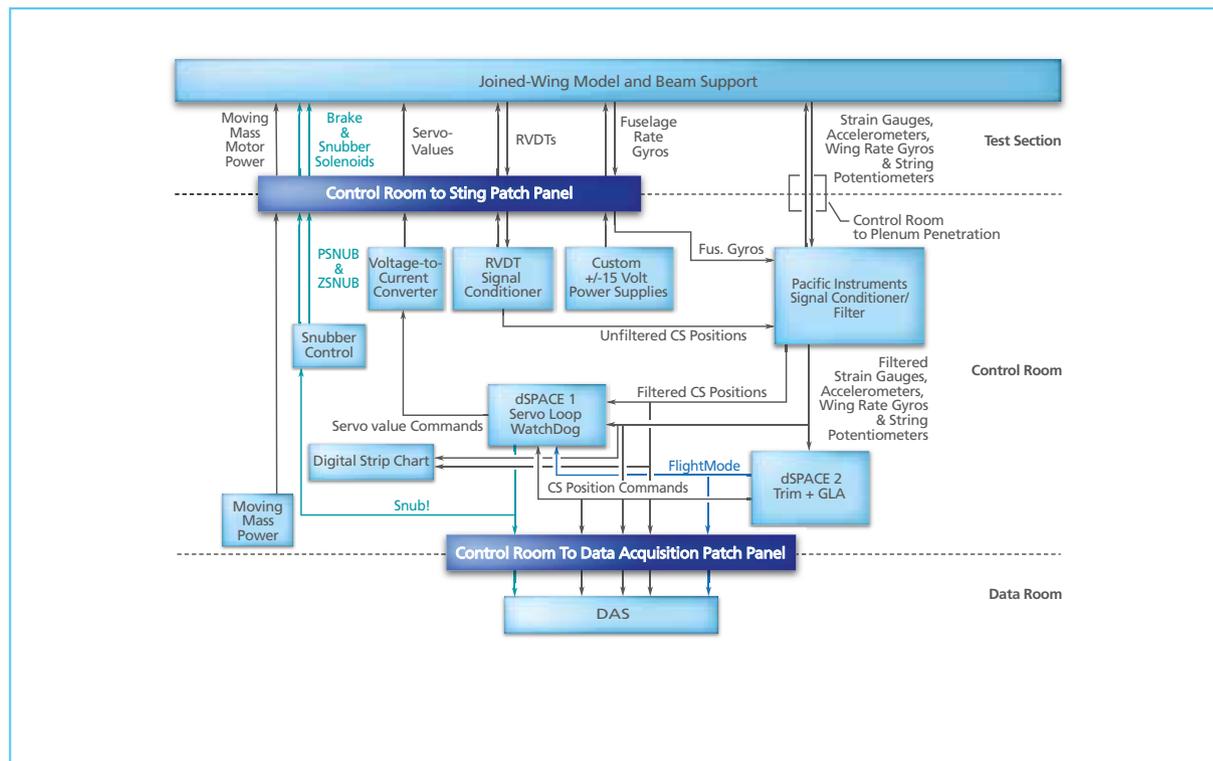
图 3 : NASA 兰利跨声速动力学风洞中的 SensorCraft 联翼无人机。

于联接翼测试，紧急控制器仅由多个 0° 操纵面指令组成，但在参考文献 1 介绍的测试中使用了一个闭环控制器。如图 5 所示，各种系统相互之间通过缓冲控制系统发送给 dSPACE 1 的状态信号、dSPACE 2 发送给 dSPACE 1 的 FlightMode 信号以及 dSPACE 1 发送给缓冲控制系统的 Snub! 信号进行通信。这些通

信方式以及合适的用户输入信息解决了联接翼风洞试验的一个关键挑战，这就是使模型从垂直行程底部（在沉浮制动器俯仰限位器的限制下）过渡到垂直行程中部自由飞行。相关步骤超出了本文的范围，将在参考文献 2 中详细介绍。dSPACE 2 飞行控制模块的关键功能如图 6 所示。该模块的主要组件是

>>

图 4 : 联接翼试验中的信号路由。



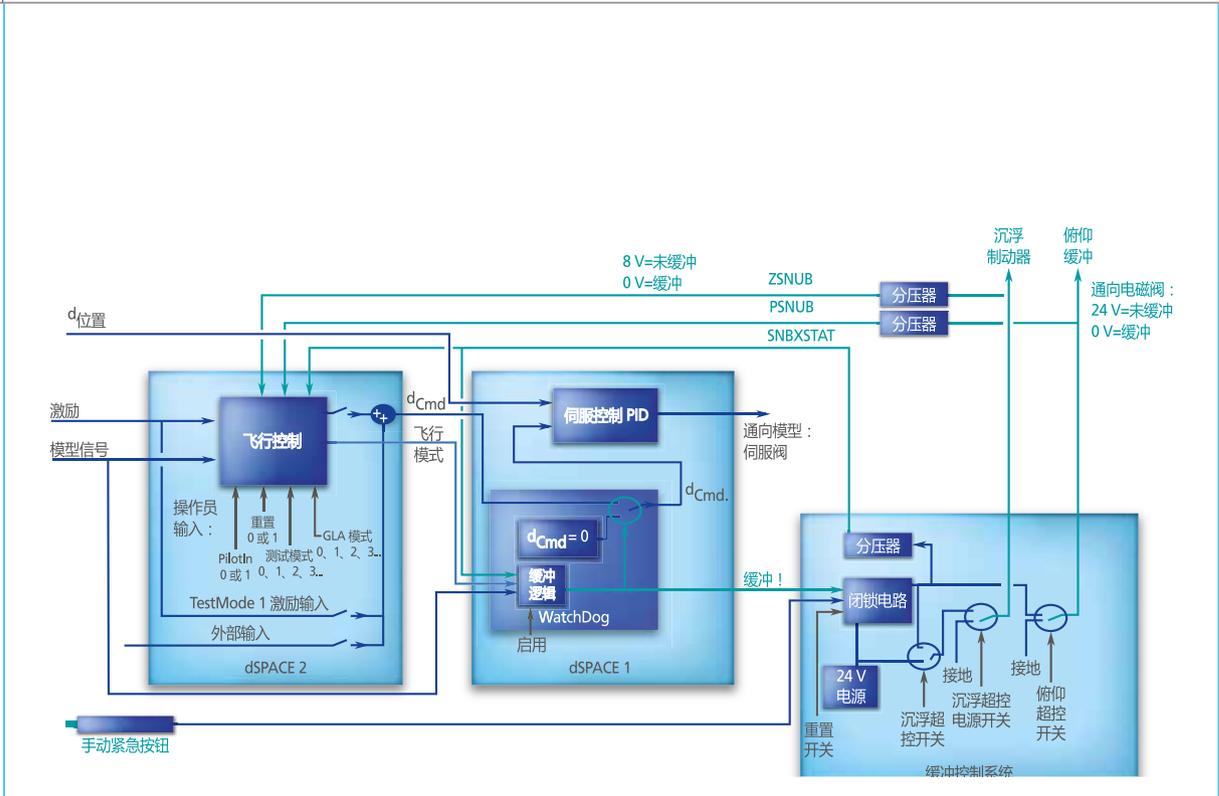


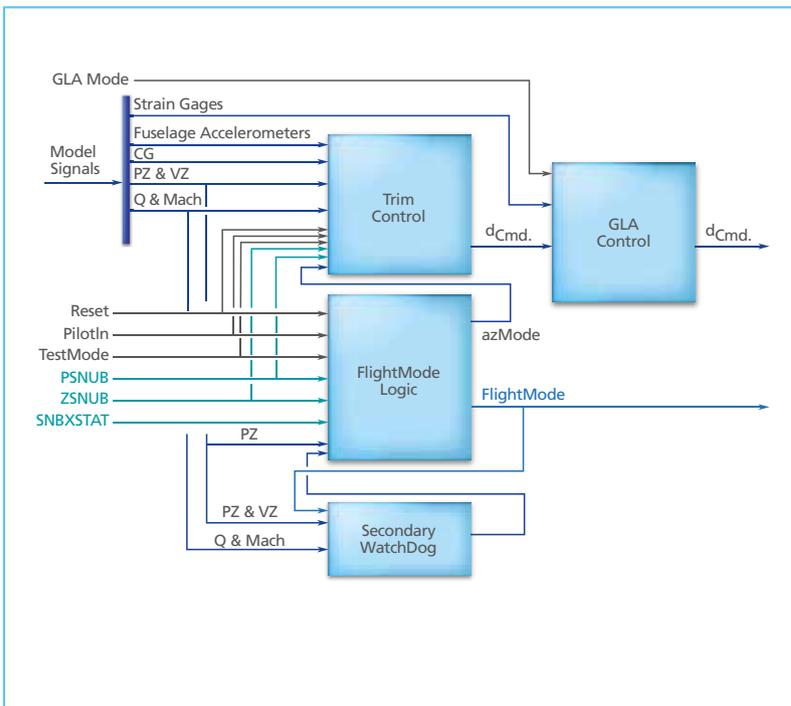
图 5 : dSPACE 系统和缓冲控制方框图。

配平和阵风载荷减缓 (GLA) 模块, FlightMode 逻辑模块和故障检测模块。其中显示了模型信号、缓冲相关信号、操作员输入信息及相关模型信号。配平控制器有两种运行模式: Theta 角保持和飞行高度 (Z) 保持。具体的运行模式取决于用

户输入信息和模型垂直位置。用于使垂直位置设定值从底部止动点升到风洞中心线的逻辑也包含在配平控制模块中。GLA 控制模块的运行由用户输入信息 GLAMode 进行控制。当 GLAMode 设为 0 时, GLA 控制模块只是传送操纵面指令。当

该参数大于 0 时, 应变计反馈将被用于生成 GLA 操纵面指令, 该指令被添加到配平控制器输出信号中。配平控制器用于使模型在风洞中起飞、飞行和着陆, 并用作阵风载荷减缓 (GLA) 的参照。配平控制器由两个主元件组成, 一个是垂直 (Z) 环路, 另一个是俯仰 (θ) 环路。垂直环路由一个简单的 PID 控制器组成, 用于生成加速度指令。俯仰环路由一个 PID 及加速度前馈控制器组成, 用于从加速度指令生成升降面指令。这两个环路使用了依据模型的重心预设的增益。单个操纵面指令穿过一个三阶低通滤波器, 以便在更高频率下使响应信号衰减。

图 6 : 飞行控制系统方框图。



dSPACE 系统

每个 dSPACE 数字控制系统 (DCS) 都由一个机箱组成，其中含有一台主机、一个目标系统、一个键盘、一个监视器、多个输入/输出用 BNC 接线板和一个不间断电源。数字控制系统的核心是含有一块 dSPACE DS1006 控制处理器板的目标系统，该板卡搭载了一个 2.6 GHz AMD Opteron™ 处理器并连接到三个 dSPACE DS2002 多通道 A/D 板和一个 dSPACE DS2103 多通道 D/A 板。A/D 板各有 32 个 16 位量化通道，输入范围为 ± 10 伏。D/A 板含有 32 个 14 位量化通道，输入范围为 ± 10 伏，具有 10 μ s 调节时间。控制器软件在 MATLAB®/Simulink® 环境中开发，经过编译后通过 dSPACE 和 MATLAB 间实时接口下载到目标处理器。dSPACE 工具的一个必需组件是 ControlDesk® 应用程序。ControlDesk 为目标处理器提供用户接口，用于开发和实施图形用户界面 (GUI)。主机运行图形用户界面，并控制处理器之间的所有通信。 ■

美国国家航空航天局

(NASA) David A. Coulson 和 Robert C. Scott
参考文献 [1] Scott, R., Vetter, T., Penning, K., Coulson, D., and Heeg, J.,

"Aeroservoelastic Testing of Free Flying Wind-Tunnel Models Part 1: A Sidewall Supported Semispan Model Tested for Gust Load Alleviation and Flutter Suppression," NASA/TP-2013-218051, Oct. 2013.[2]

Scott, R., Castelluccio, M., Coulson, D., and Heeg, J., "Aeroservoelastic Testing of Free Flying Wind-Tunnel Models Part 2: A Centerline Supported Fullspan Model Test for Gust Load Alleviation," NASA/TP-2014-218170, Feb. 2014.

结果

闭环风洞试验进行了约六周时间。在整个测试中，配平控制器和 GLA 控制律均得到了不断完善。一般过程是设计、实施、测试和评估配平控制器和 GLA 控制器。该过程在试验期间重复了多次。随着测试的进行，测试程序也得到改进，从而可以采集更好的参数识别数据集。这些数据集用于进一步完善分析模型，有助于改进配平和 GLA 控制器的设计。最终成功地在 -10% 静稳定裕度下达到配平飞行，而且至少减少了 50% 的结构响应。定制和重新配置 dSPACE 系统的能力以及与行业标准的 MATLAB 计算环境的兼容性，是本次风洞试验关键的成功因素。有一个事实可证明这一点：控制律开发工作由西海岸一名团队成员完成，而 TDT 风洞则位于东海岸。更新后的控制系统可以作为 Simulink 模型轻松交付到 TDT 风洞，进入现有框架后经过编译即可在数分钟内投入运行。因此可以尝试大量的控制设计迭代，从而获得成功的结果。

David A. Coulson

美国弗吉尼亚州汉普顿 Analytical Services & Materials, Inc. 公司 NASA TDT 风洞主动控制系统高级研究工程师。



Robert C. Scott

美国弗吉尼亚州汉普顿 NASA 兰利研究中心气动弹性分部高级航空工程师。





远大的 空调控制目标

精确控制驾驶室温度是开发车辆空调控制系统的根本所在。Bergstrom 的目标是使这些系统的标定耗时减少 80%。为此，气候空调专家使用了基于模型的方法和各种 dSPACE 工具。

商用和专用车辆必须始终可靠地执行严苛的任务，即使是在极端的气候条件下。为了让驾驶员保持舒适，能够专心工作，驾驶室必须提供最佳的工作环境。Bergstrom Inc. 旨在实现这种可靠的温度条件。

富有雄心的目标

Bergstrom 提供两款驾驶室空调系统商用产品，一款是经典的发动机驱动系统，另一款是停车空调用电池驱动系统（称为无空闲热环境 (NITE)）。Bergstrom 所有系统的一个核心部件是自动化电子温控单元 (ECU)，其测试和标定始终需要大

>>

Bergstrom 旨在虚拟开发 85% 的控制软件



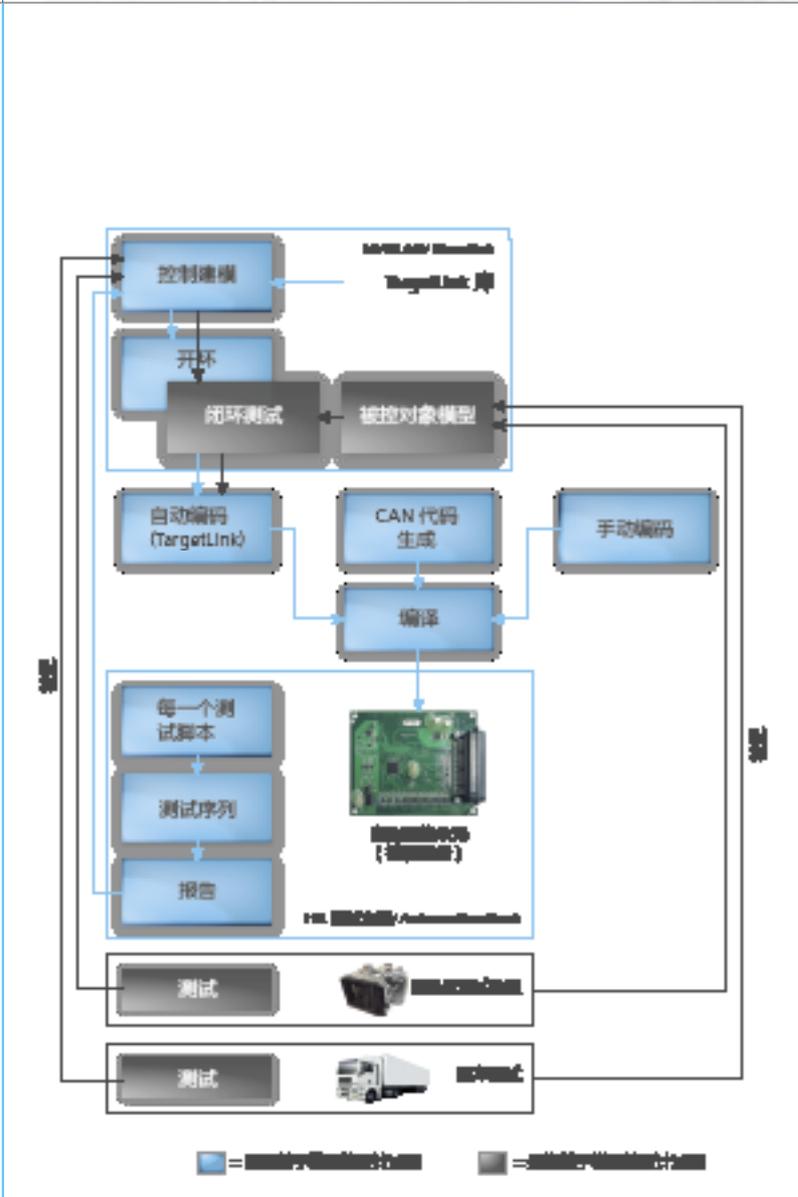


图 1 : Bergstrom 公司当前 (蓝色) 和最终 (灰色) 基于模型的开发过程。

量的迭代次数。这就是为什么 Bergstrom 致力于从长远角度加快 ECU 的开发，致力于在基于模型的新型开发过程中离线执行更多的标定步骤。该公司从一开始便雄心勃勃：在不久的将来，Bergstrom 想要虚拟开发 85% 的控制软件，并使标定时间减少 80%。

强大的工具链必不可少
确定基于模型的设计方向之后，Bergstrom 需要选择合适的工具。这些工具必须打造出十分高效的开发过程和行之有效的强大工具链。该公司选择了以下最先进的开发工具：

- 数据管理系统，用于组织和更新所有数据（模型、文档、规格、软件、数字、测试等），并将数据集中保存在一个便于全球所有开发团队访问的位置
- 软件版本控制系统，在产品的生命周期内提供可追溯性
- 需求管理系统，用于记录、分析、跟踪和优选各种需求
- 建模环境 (MATLAB®/Simulink®)，适合基于模型的开发
- 产品级代码生成器 dSPACE TargetLink®，自动由模型生成高效的产品级代码
- 测试自动化软件 dSPACE AutomationDesk，与 dSPACE 硬件在环 (HIL) 仿真系统结合使用，用于自动进行软件测试。

新的开发过程结构

首次将这些工具包含在基于模型的基本开发过程时 (图 1 蓝色框)，首要任务之一是通过逆向工程获取和记录现有产品的需求。获得的设计信息让 Bergstrom 开始在 MATLAB/Simulink 中对控制算法进行建模。Bergstrom 使用同一平台对建模的控制单元进行了直接的开环功能测试，让开发人员在设计阶段便能一览 ECU 算法的实际行为。如果测试成功，控制模型将通过 TargetLink 转换为产品级代码。产品级代码随后经过编译与附加通信接口 (CAN 代码)、标定协议 (XCP) 和附加手写代码一起在 ECU 上实施。

“我们使用 dSPACE 工具开启了基于模型的开发航程，因为作为市场领导者，dSPACE 公司拥有最先进的产品。”

Bjorn Hansson, Bergstrom Inc.



图 2：自动温控装置（中图）是 Bergstrom 经典的暖通空调系统（HVAC，左图）和 NITE（防空转热环境，右图）电池驱动 HVAC 系统的关键部件之一。

下一步是在 HIL 仿真器上深度测试 ECU。为了简化这些测试，Bergstrom 使用 AutomationDesk 创建了一系列自动化测试用例。开发人员能够使用测试报告校正和调整控制模型。

首次车载测试

在 HIL 仿真器上经过测试之后，原型被集成在真实卡车的驾驶室内。所以 TargetLink 将控制器和接口模型转换为产品级代码，以便随后在 ECU 上实施。开发人员使用标定系统通过 XCP 协议微调了车辆中的 ECU。整个原型在车辆中运行正常，所以集成测试取得成功。

初步成功

车载测试的成功表明软件控制器已满足事先制定的所有要求。但是获得可运行的模型只是第一步。还需要对模型进行标定，确保其正确运行。目前，Bergstrom 工程师的任务是将理念转化为模型。

通往终极开发过程之路

在未来，Bergstrom 将会微调所建立的基于模型的工作流程，并会添加其他的测试过程（图 1 灰色框）。例如，校正循环还将考虑量热仪测试台和车载测试的结果，从而进一步改进模型。因此，真实的量热仪和车辆也会在 MATLAB/Simulink 中建模，以便以后在控制器上执行闭环测试。随后可以更加广泛地、尽早地验证模型的功能。从长远来看，这些方法有助于 Bergstrom 在车载测试之前实现虚拟开发和验证 85% 控制软件的目标，从而使机械级标定时间减少 80%。因此 Bergstrom 期待节省大量时间和成本。受益的不仅仅是商用车辆驾驶员。在基于模型的开发过程结束时，Bergstrom 财务控制部门也会受益无穷。■

*Bjorn Hansson,
Bergstrom Inc.*

Bjorn Hansson

Bjorn Hansson 是美国伊利诺斯州罗克福德市 Bergstrom Inc. 公司的首席机电工程师。



俄亥俄州立大学在 EcoCar 2 混合动力比赛中一举夺冠

基于模型的 胜利



俄亥俄州立大学夺得 EcoCAR 2 先进汽车技术总竞赛冠军，该大学重新设计的插电混合动力汽车给全体评委留下了深刻印象。在这个为期三年的项目中，学生们使用最新的行业工具重新设计了一款 2013 雪佛兰迈瑞宝汽车，开发了车辆储能、电驱动装置和乙醇燃料 (E85) 发动机技术。



“凭借自己的理念使一款量产车辆实现油耗和排放降低，同时保持原有的全部性能，这是一项了不起的成果。”“最重要的是，这是学生们在其学习过程中取得的成就，” dSPACE Inc. 技术总监 Santhosh Jogi 说，“赢得 EcoCAR 2 竞赛总排名第一确实当之无愧。当然，让我们感到自豪的是 dSPACE 工具在开发过程中起到了决定性作用。”“此外，我们还为该团队颁发了“dSPACE 嵌入式成功奖”一等奖，以表彰他们接受产品开发的理念，接受基于模型的开发过程和开发工具的使用，并将其有效地结合起来。” Jogi 继续说道。

未来制造商的竞赛

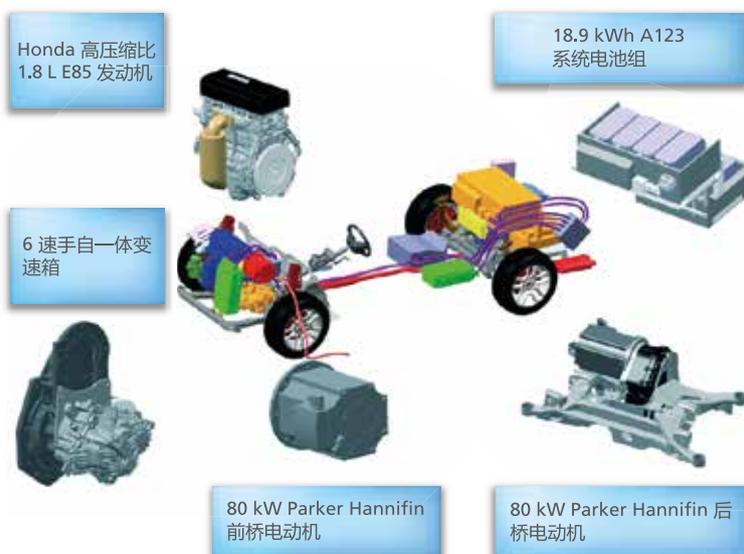
“总排名第一很了不起，” EcoCAR 3 联合团队领导兼 EcoCAR 2 HIL 开发领导 M.J. Yatsko 说道，“在整个 Eco-

CAR 2 三年竞赛中，共有 15 支北美大学团队参赛，本次比赛由美国能源部 (DOE)、通用汽车公司 (GM) 以及多家其他机构和公司赞助，旨在让学生们亲身体会汽车行业当前和未来面临的挑战。” EcoCAR 2 竞赛的一个基本目标是让各个团队通过创新方法进一步优化 2013 款雪佛兰迈瑞宝汽车（一款成熟的汽车产品）的能源效率和环保性。每个团队都有三年时间来构思、开发和实施其汽车设计理念，但是不能牺牲汽车的性能、安全和消费者认可度。在整个竞赛过程中，每个团队的车辆都需要接受通用汽车公司的汽车产品所采用的同一级别的行业测试。俄亥俄州立大学团队设计的插电混合动力车每加仑燃气当量的行驶里程高达 50 英里 (4.7 L/100 km)，每英里耗电 315 瓦时 (196 瓦时/公里)，能够明显减少汽车的排放水平。

EcoCAR 2 的核心所在

“对于车辆的架构，我们选择了插电混合动力，” 俄亥俄州立大学团队项目经理 Jason Ward 解释说，“车辆动力来自多个地方：前桥由一台 Honda 1.8 升乙醇内燃机和一个 6 速半自动变速箱提供动力。此外，附加扭矩由一台 80 kW 电动机提供，它通过皮带与变速箱连接。后桥则由另一台 80 kW 电动机驱动。” 电气团队领导 Andrew Huster 介绍了该车的主要优点：“各种驱动部件可以灵活的进行组合，实现内燃机驱动、混合驱动和纯电动驱动三种模式。根据不同的驱动模式，电池组可以进行充电、由能量回收系统保持电量、或在工作期间放电。” 俄亥俄州立大学团队进行了大量的测试，以确保不同模式之间的切换能够平稳过渡。插电混合动力控制器采用分层架构。dSPACE MicroAutoBox® II 用作中央监控系统。在该监控级别之下，通过 CAN 总线接口连接的是一些低级别控制器，用于控制发动机、电池、制动器、变速箱、电动机等设备。这种架构容易扩展，具有容错性，便于尝试各种控制器变体。

图 1：车辆架构 - 灵活的双桥动力。



利用 dSPACE 仿真器进行 HIL 测试

在竞赛的第一年，俄亥俄州立大学的学生主攻车辆架构和车辆子系统。除了执行 SIL 测试（主要使用他们自己开发的 SIL 仿真器）之外，他们还使用 dSPACE 提供的硬件和软件进行了 HIL 测试。第二年完成了原型车制造和部件的集成。最后的第三年，基于已构建工具链，并通过大量的道路试验，该车的性能得到



“在 EcoCAR 2 竞赛中，dSPACE 工具对于我们团队达到里程碑计划以及技术规格书规定的目标发挥了举足轻重的作用。dSPACE 工具让我们在测试控制代码的同时，还能设计和制造机械/电气子系统。”

俄亥俄州立大学 EcoCAR 2 团队前领导 Matthew Yard

了进一步优化，达到了该团队“车辆技术规格书”（VTS）中定义的理想油耗、排放、性能和操控目标。在 HIL 测试阶段，俄亥俄州立大学团队使用了四种不同的 HIL 配置，并通过 dSPACE Mid-Size 仿真器开发和验证了子系统与系统的功能。包括验证他们自己开发的每一个控制器。该团队使用 HIL 系统以及被控对象模型对控制器的诸多功能进行了测试，比如功能行为、故障检测与缓解、控制器之间的通信，以及部件和车辆级别的许多其他功能。四种 HIL 配置是：

- **配置1**：验证主控制器，其在 dSPACE MicroAutoBox II 上实现。使用了不同制造商提供的仿真模型。
- **配置2**：验证内燃机的控制，基于 dSPACE 汽车仿真模型 (ASM) 及其自己的开发的 ECU。
- **配置3**：验证变速器的控制，基于 dSPACE ASM 仿真模型和 128 针的 Woodward MotoTron 控制器。
- **配置4**：验证俄亥俄州立大学团队开发的 CAN 通信网络（包含所有的控制器）。

图 3：俄亥俄州立大学的 Katherine Bovee 向美国能源部的 Michael Knotek 介绍其车辆。



图 2：ControlDesk® Next Generation 既用在 dSPACE HIL 仿真器的测试中，也用在 dSPACE MicroAutoBox II 控制器的应用程序中。



选用 Myles Regan 拍摄的原始照片/CC BY-ND 2.0 <https://www.flickr.com/photos/doeavtc/14221296830/in/album-72157644984645925/>

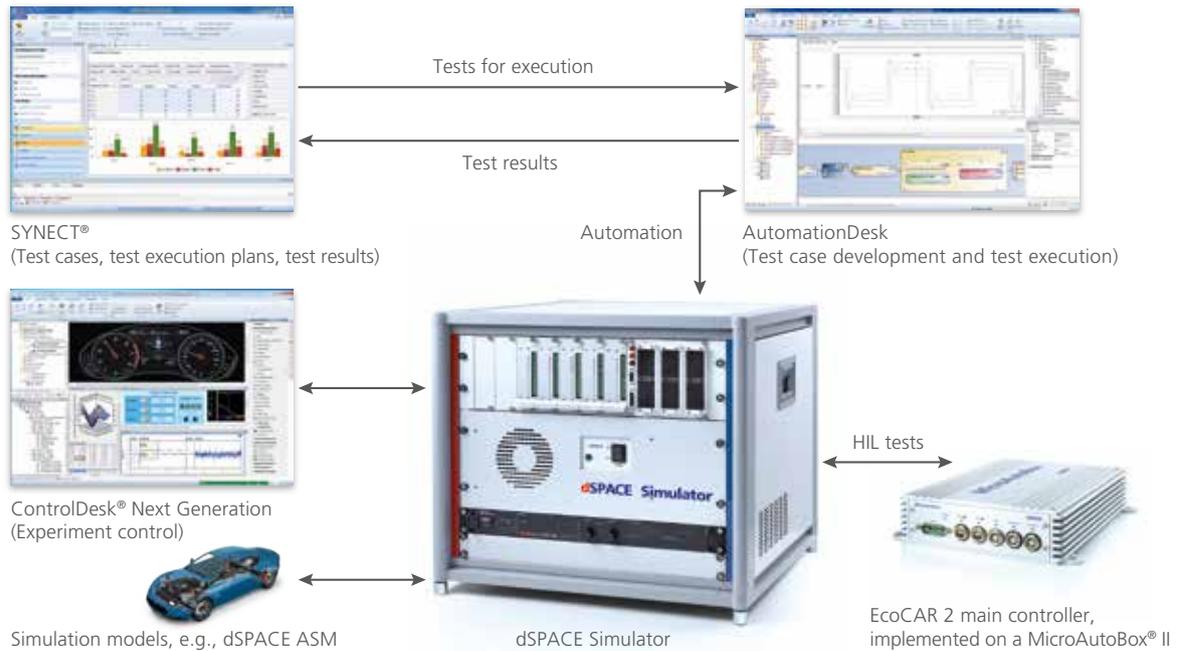


图 4：全面的 dSPACE 工具链，采用 SYNECT 作为中央数据管理软件。

“一开始我们团队只进行手动测试，但是很快就发现需要大量工作才能确保控制代码的安全，” 俄亥俄州立大学 EcoCAR 2 故障诊断团队前领导 Amanda Hyde 说道，“考虑到控制器的全部功能，以及每个新版本的代码都需要进行广泛的自动化回归测试。我们的解决方案是使用 dSPACE SYNECT®、dSPACE AutomationDesk 和 dSPACE 仿真器来组建一个强大的工具链。这种自动化让我们的团队在车

载测试中获得了至关重要的时间优势。最终，我们总共有 74% 的 HIL 测试实现了自动化。”

AutomationDesk – 测试编写和测试自动化

测试用例和脚本在 AutomationDesk 中通过图形化的编程环境进行编写。AutomationDesk 集成的调试器，以及插入断点与逐步检查测试用例的能力，确保了用户可以快速

找出错误，从而获得可靠的测试序列。总之，凭借熟练的测试分组和参数化，该团队只用 16 个测试脚本便覆盖了 76 个自动化测试。

SYNECT – 卓越的自动化测试数据管理工具

dSPACE 的数据管理软件 SYNECT 在自动化测试方面发挥了关键作用。首先俄亥俄州立大学将需求文档，即“控制与验证需求文档”导入到

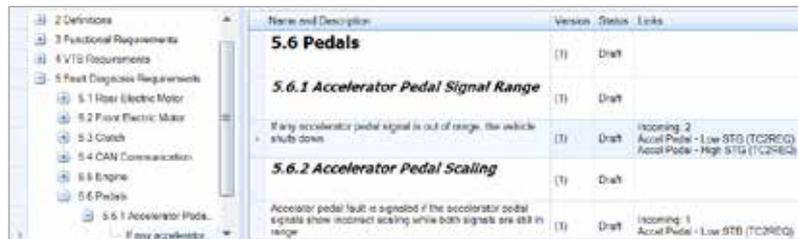


“dSPACE SYNECT 在第三年竞赛中对我们的回归测试帮助很大。它让我们把更多精力投入到车载测试和整车优化中，同时它又是一个管理我们开发数据和测试执行的中央工具。”

俄亥俄州立大学 EcoCAR 2 故障诊断团队前领导 Amanda Hyde

SYNECT中。为了定义测试用例，学生们将参数化的测试序列从 AutomationDesk 导入至SYNECT 中。所定义的测试用例（与需求关联以获得最佳可追溯性）随后通过 SYNECT 的测试执行计划得到进一步的处理。专门定制的测试报告也使得他们在开发阶段可以轻松的跟踪测试的效果。各种需求、相关测试实例及 AutomationDesk 自动化脚本的变化，只需在 SYNECT 中点击几下，便能随时更新。

获得俄亥俄州立大学 EcoCAR 2 团队许可后发布。



Name and Description	Version	Status	Links
5.6 Pedals	(1)	Draft	
5.6.1 Accelerator Pedal Signal Range	(1)	Draft	
If any accelerator pedal signal is out of range, the vehicle shuts down	(1)	Draft	Incoming: 2 Accel Pedal - Low STG (TC2RE0) Accel Pedal - High STG (TC2RE0)
5.6.2 Accelerator Pedal Scaling	(1)	Draft	
Accelerator pedal fault is signaled if the accelerator pedal signals show incorrect scaling while both signals are still in range	(1)	Draft	Incoming: 1 Accel Pedal - Low STG (TC2RE0)

图 5：SYNECT 中的需求列表与其关联的测试用例。

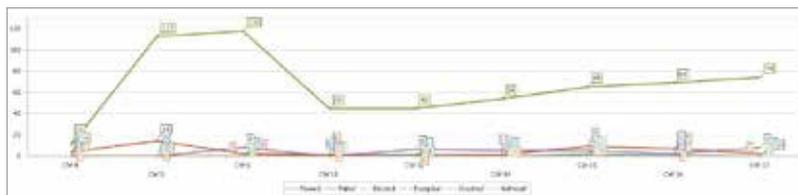


图 6：在 SYNECT 中明确跟踪测试进展。

总结与展望

“在最初设立的远大目标和插电混合动力的高复杂性面前，如果没有高效的开发过程和各种专业工具，我们的团队将无法取得成功。”俄亥俄州立大学 EcoCAR 2 团队前领导 Matthew Yard 总结说。事实证明，俄亥俄州立大学的团队以最佳的方式管理了时间和资源，并实现了其目标。学生们在短时间内就熟悉了开发过程和工具，并掌握了 dSPACE 工具链（由 dSPACE 仿真器、MicroAutoBox II、SYNECT、AutomationDesk 和 ControlDesk Next Generation 组成）。尽管 EcoCAR 2 竞赛结束了，但是俄亥俄州立大学的团队已经在全力准备下一届先进汽车技术竞赛 EcoCAR 3。在



图 7：冠军的笑容 – 俄亥俄州立大学 EcoCAR 2 团队因其插电混合动力概念摘得竞赛桂冠。

本次竞赛中，学生们将在四年时间里优化 2016 款雪佛兰科迈罗汽车，其需要满足更高的要求以及新增的成本和创新度指标。俄亥俄州立大学团队及其新成员仍然表现抢眼，已经赢得了本次第一年的竞赛。

dSPACE 祝贺他们取得优异成绩，希望他们再接再厉！

新的控制功能已在 Simulink 中完成，下一步是与现有的 ECU 软件一起（更加）轻松、快速地进行测试。dSPACE 的虚拟旁路工具链是一种十分高效的解决方案。

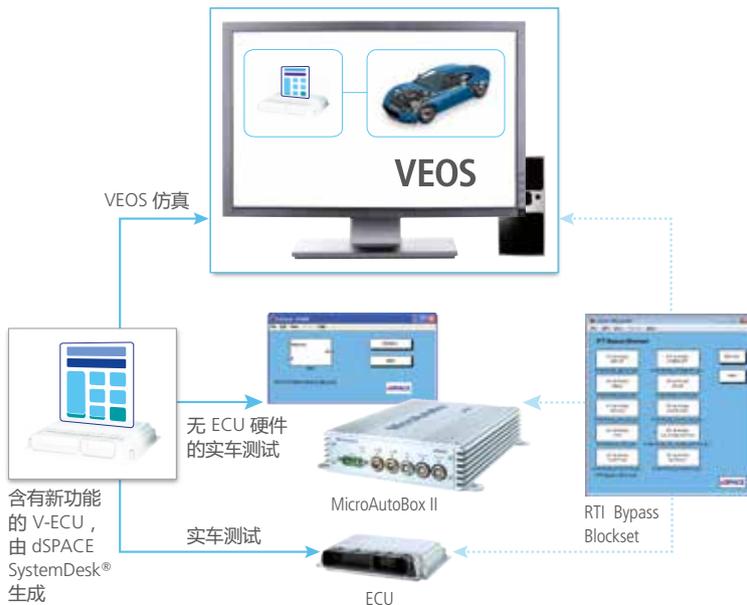
基于 MATLAB®/ Simulink® 进行控制算法开发是国际上普遍使用的方法。一旦完成控制软件的初版设计，便需要实际测试这些新软件与其他的软件组件甚至整个电子控制单元 (ECU) 软件的交互情况。此时功能开发人员必须等待合适的产品级 ECU 原型出现才能进行测试。但是，这类原型控制器往往

需要等到开发过程的后期才能获得。因此，测试工作不得被拖延进行。然而，测试开始得越晚，开发人员可用于花费在集成、寻错、校正和优化工作的时间就越少。由于新的产品级 ECU 的量产计划时间通常很紧，而企业管理层和客户的期望很高，因此软件的开发测试人员将面临巨大的时间压力。

通过虚拟旁路提前进行测试

以下是具体方法：当新功能通过虚拟旁路集成到现有 ECU 软件或虚拟 ECU (V-ECU) 后，开发人员可以在 PC 上进行虚拟 ECU 的仿真，从而将功能测试的进行大大提前。这意味着开发人员可以在没有 ECU 硬件或者无法连接真实被控对象的情况下，提前测试对软件的更改是否达到了所需的效果。虚拟旁路技术使得新功能在现有 ECU 软件中的集成变得快速而简单，因为新功能只需要被选中便可使用，不必修改 ECU 源代码。因此 ECU 软件也不需要被重新编译，这可以节省开发人员大量的程序编译时间，并显著地增加开发的迭代次数。

图 1：借助于 RTI Bypass Blockset，新的 ECU 功能可以在不同平台上使用，例如：VEOS、MicroAutoBox II 或 ECU 原型。



虚拟旁路工具链

虚拟旁路开发可以通过 dSPACE RTI Bypass Blockset (外部旁路和内部旁路使用相同的模块组) 和基于 PC 的 dSPACE 仿真平台 VEOS® 来实现。借助于 VEOS 仿真平台，开发人员可以在 PC 上仿真完整的虚拟 ECU 系统以及复杂的被控对象模型 (例如：dSPACE 汽车仿真模型 (ASM))。V-ECU (虚拟 ECU) 可以由软件集成专家提供。功能开发人员只需要使用 RTI Bypass Blockset 将 Simulink 功能与 ECU 软件功能联系



虚拟旁路的早期测试结果

将功能
开发提高到新水平

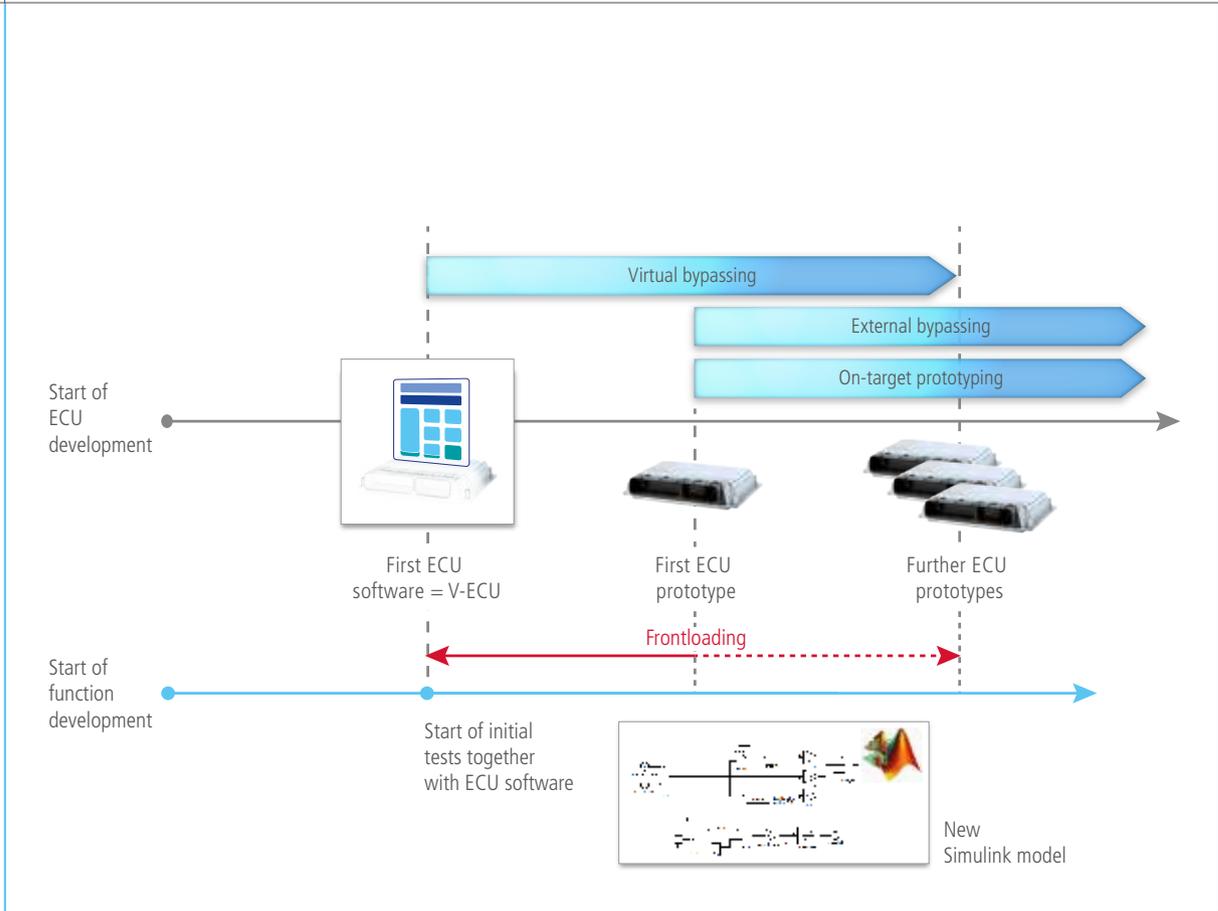


图 2：使用虚拟 ECU 能够尽早开始功能测试，从而更快地获得更好的软件质量。

起来，无需具备任何专门的软件技能或集成知识。这让他们可以集中全部精力在软件功能的实现和优化等方面，并与其他软件组件一起测试。多名开发人员也可以使用同一个 V-ECU 来测试几个完全不同的控制器组件，不必重复生成 V-ECU（图 2）。因此虚拟旁路消除了大量的冗余工作。

验证更多、迭代更快

RTI Bypass Blockset 不仅支持在不重新编译软件的条件下，将新功能集成到 V-ECU 中，它还支持让开发人员在仿真运行过程中更换控制器模型。因此，无需重新启动仿真便能测试和比较各个控制器变体，也

就是说不会对仿真测试过程产生延迟。因为 VEOS 仿真可以比实时仿真运行得更快，所以这种虚拟旁路方法可以变得更加高效。虚拟旁路技术的另一个好处是能在获得硬件原型之前就进行测试。因此可以尽早地执行测试。提前测试意味着开发人员拥有更多的开发和测试时间。它还会降低项目风险。

离线和在线

一旦真实的 ECU 可用，开发人员可以在实验室对真实 ECU 连同被控对象系统执行实时测试，也可以进行实车测试。用户将从虚拟旁路切换到外部或内部旁路。为此，新的控制功能将会被集成到真

实 ECU 的最终 ECU 软件中。这种过渡是无缝衔接的，而且同样也是使用 dSPACE RTIBypass Blockset 来进行，所以用户不必去熟悉新软件。在模块组本身的配置选单中，用户只需要选择一个不同的执行平台，例如：选择 ECU 而不是 V-ECU（图 1）。ControlDesk® Next Generation 让开发人员可以在所有的 ECU 软件运行平台上使用相同的观测、标定数据以及实验界面。

没有真实 ECU 的实时测试

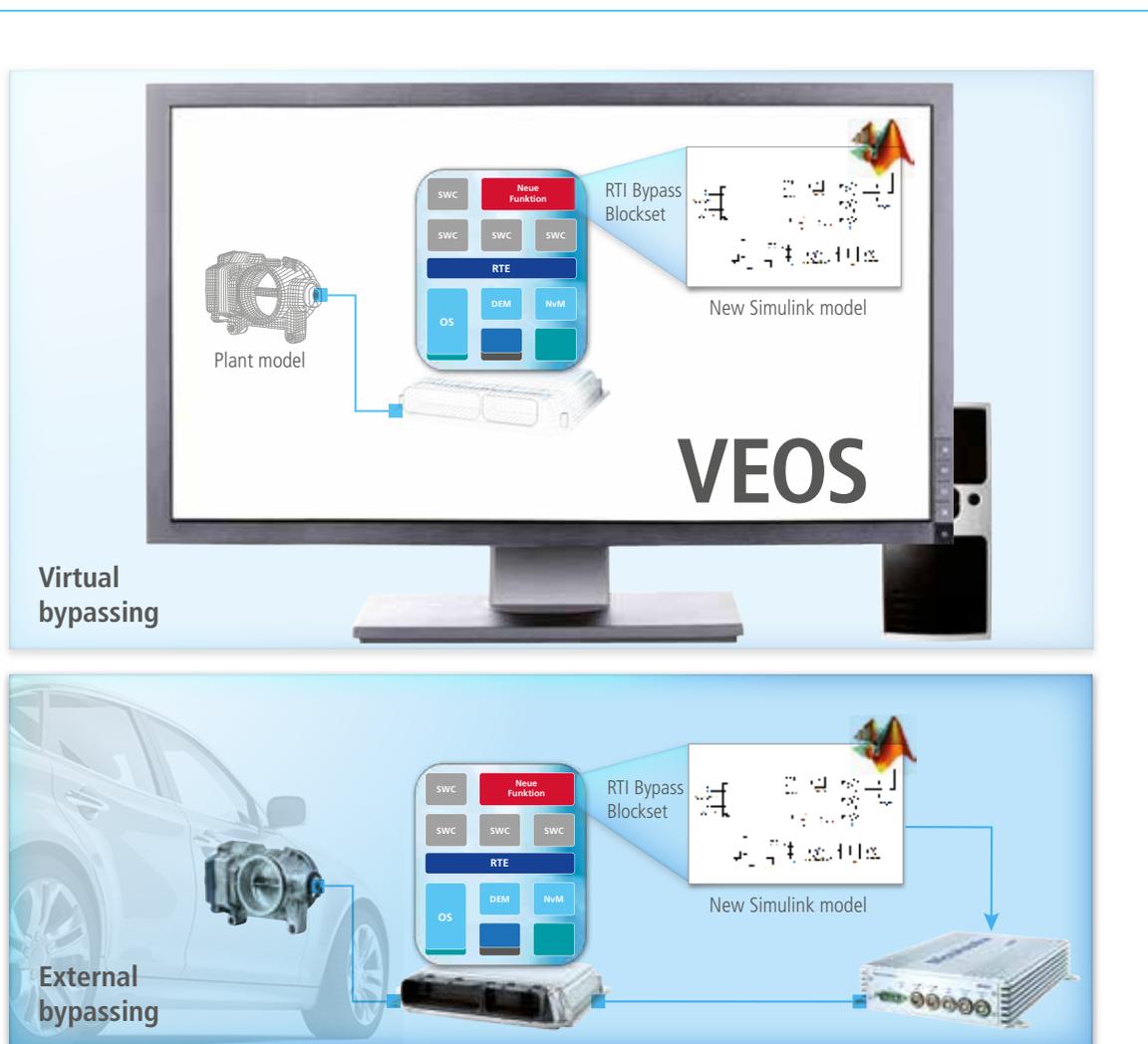
如果在 ECU 原型无法获得时就需要进行实时测试，可以使用 dSPACE MicroAutoBox II 原型系统来代替 ECU。通过 RTI AUTOSAR Blockset 可以将 V-ECU 下载到 MicroAutoBox 中，并在实车环境中使用。此时虚拟旁路还能用来扩展 V-ECU 的功能。新功能的 Simulink 模型（包括旁路模块）可以保持完全不变，从而可以实现基于 VEOS 平台的无缝过渡。 ■

结论

虚拟旁路使功能测试可以在基于 PC 的 dSPACE VEOS 仿真平台上进行，并能尽早提前开始测试。这种方法能够实现更多、更快的开发迭代，无需使用真实 ECU 或连接真实被控对象系统。RTI Bypass Blockset 支持在不同的 dSPACE 开发

平台之间实现无缝过渡，从而使开发人员在接受了很短的培训时间后，就能进行连续、高效的开发工作。

图 3：dSPACE RTI Bypass Blockset 允许从 VEOS 的虚拟旁路无缝过渡到 MicroAutoBox II 和产品级 ECU 的外部旁路。



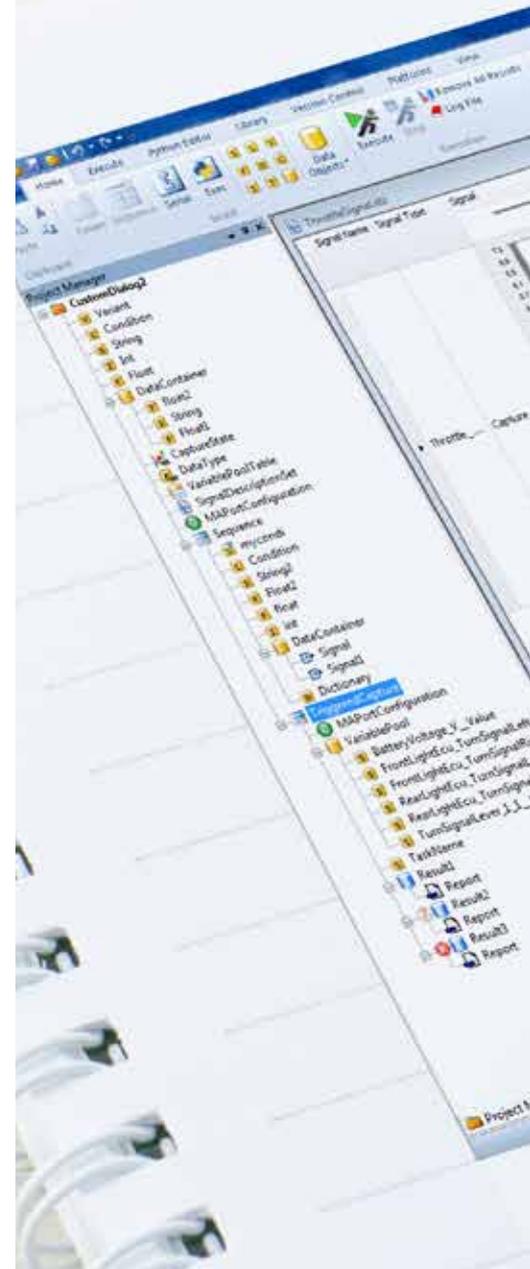
AutomationDesk 是一款强大的自动化测试软件，用于测试电子控制单元 (ECU)，并支持图形化定义测试序列。现在，AutomationDesk 变得更加强大。其新颖独特的基于信号的测试描述，能更快速、清晰的创建和执行实时测试。

AutomationDesk很早就建立了基于模块的测试，即测试图形化功能模块的组合，并已在数千个项目中成功应用。但是，有些测试场景可以更好地了解通过信号行为来描述。这些场景包括：

- 将信号行为作为参考来评估测量变量的测试描述
- 需要实时添加激励信号或实时评估需求的测试

这正是基于信号的测试擅长的方面。基于信号的测试提供了一种新的测试描述，就如同在纸上创建一般，简单而直观。在基于信号的测试中，仿真变量的激励和参考信号可以在类似绘图仪的编辑器中直观地描述。所执行测试的文档会提供一份报告，其中含信息性绘图和参数信息。这种新方法的主要优点是提高了透明性。用户可以在编辑器中创建测试规格，测试报告具有与测试规格相似的布局，因为参考信号和信号行为被显示得更精确。用户可以总览测试准则和测试结果。这就是基于信号的测试如此直观的原因。

>>



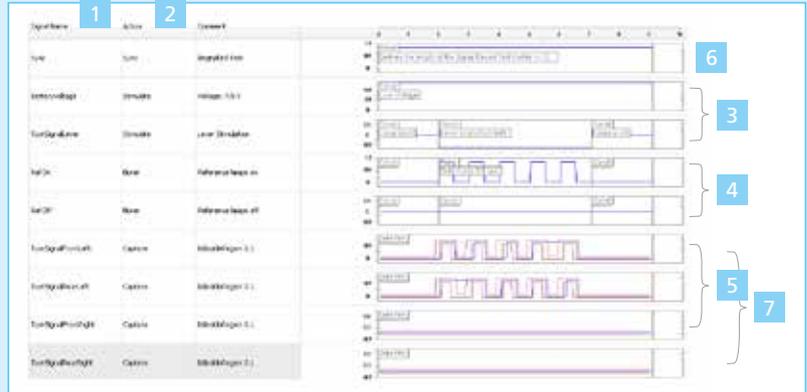
AutomationDesk 使创建测试描述
如同在纸上绘制草图一样简单





图 1 (左图)：基于信号测试的工作原理：在该示例中，转向信号行为是在载板低电压 (7.5V) 下测试的，并且是在转向信号开关激活之后。

图 2 (下图)：仿真变量的激励和参考信号在类似绘图仪的编辑器中直观地描述。仿真变量的激励和参考信号被直观的描述在一个类似示波器的编辑器中。仿真结果被直接地显示在图形化的测试描述中。



>> 创建基于信号的测试

使用 AutomationDesk 进行基于信号的测试通常包含七个步骤：

- 1 分配变量：仿真模型的哪些变量分配给测试中的哪种信号行为？
- 2 指定测试操作：哪种信号作为激励、测量或参考信号？
- 3 定义刺激信号：激励信号（例如阶跃、斜坡、正弦信号等）应该由哪几段组成？
- 4 定义参考信号：参考信号（例如阶跃、斜坡、正弦信号等）应该由哪几段组成？激励信号和参考信号使用相同的描述段。
- 5 定义参考信号的评估方法：测量值必须处于什么范围（公差）才能使测试通过？
- 6 定义测试持续时间：最长的测试时间是多少？
- 7 执行和评估测试：信号行为是否确实处于指定公差内？

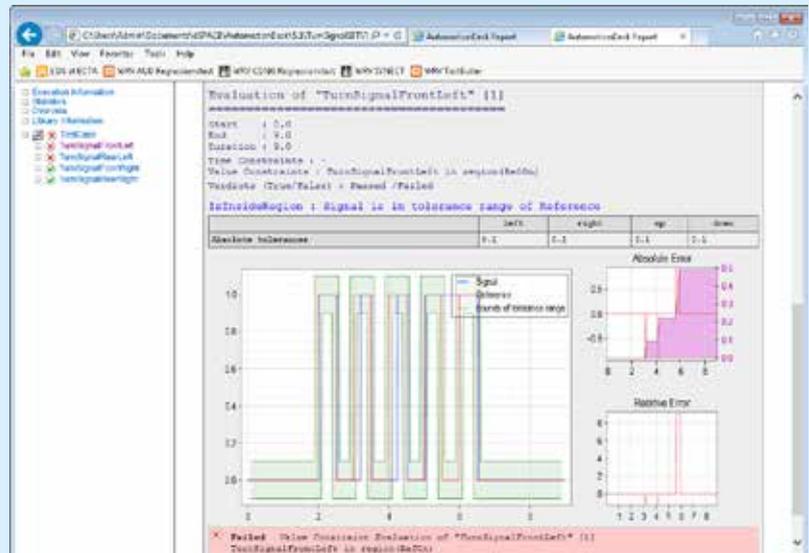


图 3：如预期所示，对于较低的板载电压，转向信号不满足要求，测试结果失败。组合显示公差范围、结果行为及误差曲线保证了高透明性。

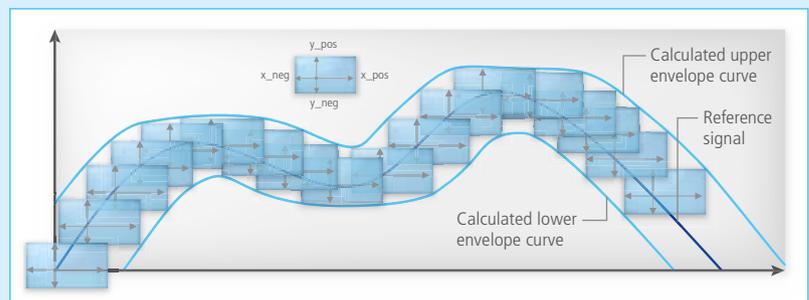


图 4：当定义公差值时，每个参考信号点周围都会定义一个有效的矩形参数化区域。测量信号必须处于该区域内。如果将所有可能的矩形角连起来，将得到有效信号行为的上下包络曲线。

如同在纸上绘制草图

在基于信号的测试中，所有信号行为都在一个直观的编辑器中以图形方式创建和编辑。测试本身仍然在 AutomationDesk 中执行，久经考验的测试机制也适用于基于模块的测试。可以通过参考信号和公差值来定义信号幅度和时间的评估边界，这一点特别有用。该结果是一项包络曲线形式的评估准则。测量信号必须位于该曲线内部。但是也可以相对于一个变量值指定公差值。包络曲线随后可以根据信号行为进行扩展或收缩。

XIL-API 合规性

在 AutomationDesk 基于信号的测试中，测试描述符合 XIL API 标准，因此针对仿真平台提供了一种标准化访问。这意味着您可以在任何符合 XIL-API 的硬件上执行测试。因此，测试描述不依赖于平台，还可以用在其他的仿真环境中。基于信号测试的描述元素（段、信号、条件等）也是符合 ASAM XIL 标准。这使 AutomationDesk 客户在定义参考信号时可以使用其积累的宝贵的 ASAM XIL 技术知识和激励信号定义流程。

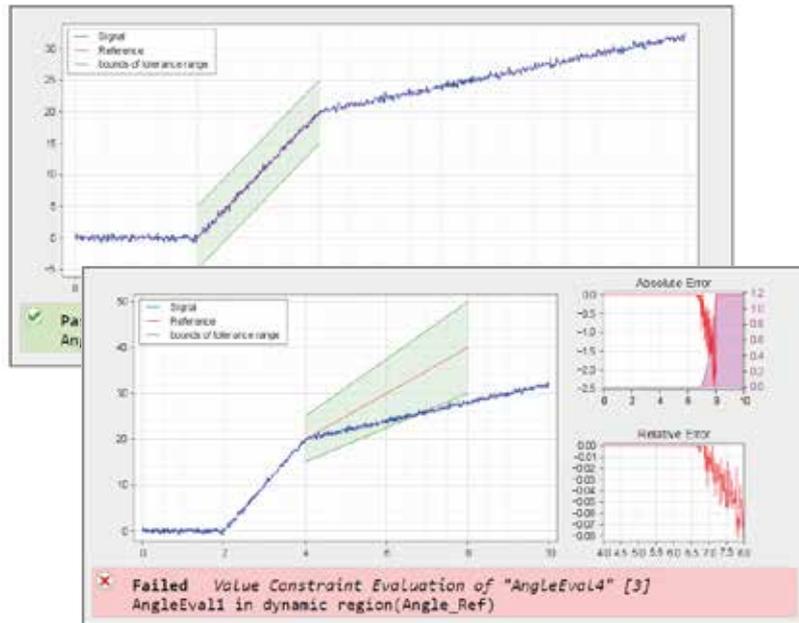


图 5：不同的评估规则可以应用于各个信号段。该示例介绍了 2-4 秒绝对公差值和计算出的 4-8 秒相对公差值。

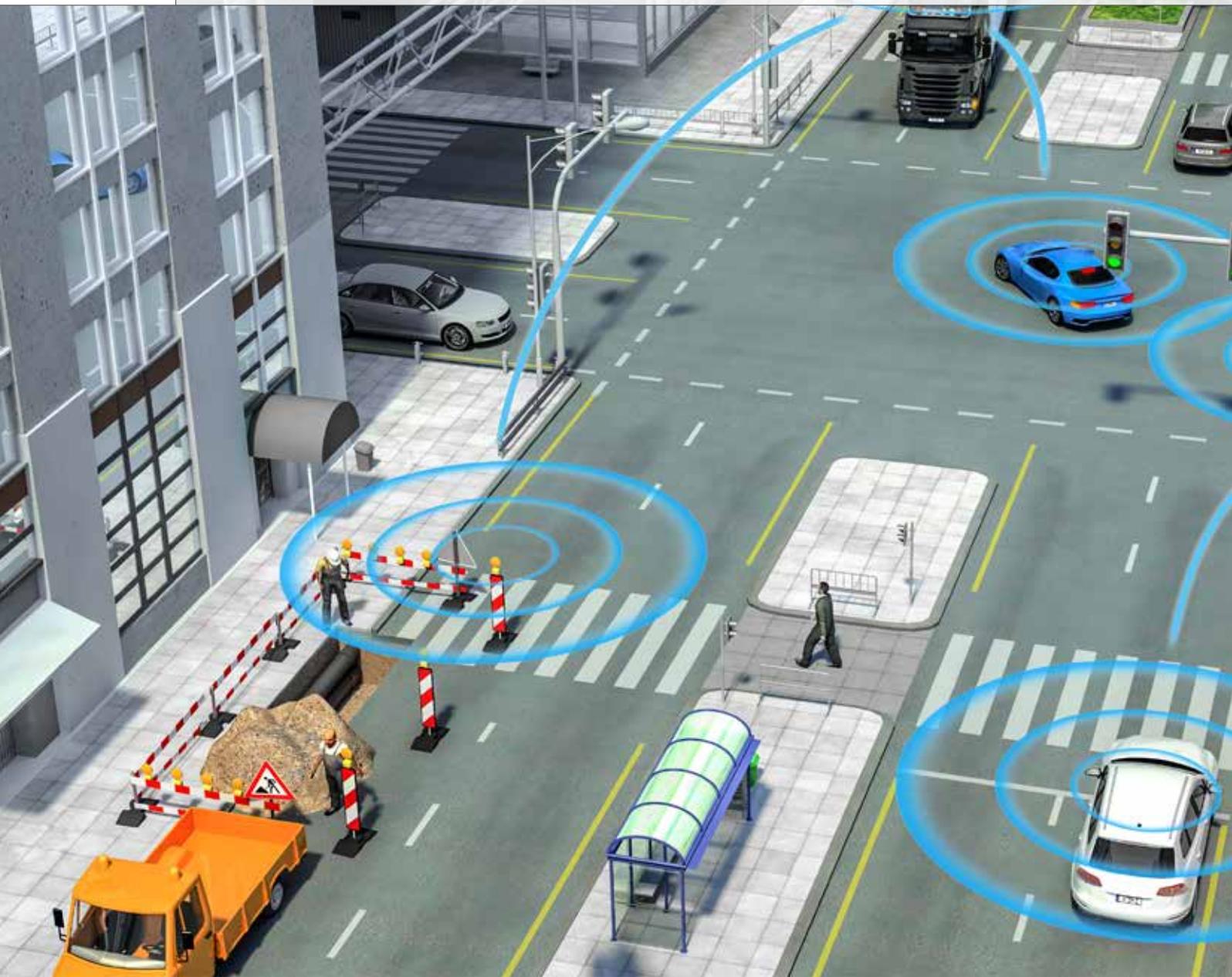
基于信号段的测试

基于信号的测试可以分为四个不同的段。这些段可以让用户更加精确地应用测试标准。除了对整个信号进行快速、简单的评估描述，开发人员还可以描述质量功能的单个段，例如将信号的起点（开始）和终点（停止）排除在评估之外。 ■



“AutomationDesk 基于信号的测试库使测试实例的定义变得简单又精确，还会提供有意义的测试报告。基于信号的测试确保采集信号跟随激励信号时间在10毫秒内。这种方法让我们实现了一个主要目标：同时检查尽可能多的信号。”

Yoon Kwon Hwang 博士，
韩国 Hyundai MOBIS 高级测试和开发团队首席研究工程师



基于模型的 V2X 应用开发

一切 尽 显于屏

V2X 技术的诞生为提高公路驾驶的安全性和舒适性开辟了无限可能，同时也减少了行车时间和燃油消耗。dSPACE 为高效地开发和测试相关应用程序提供了定制解决方案。



如今的辅助驾驶系统使用雷达和摄像头等环境传感器扫描车辆的行驶环境。但是，如果这些系统的视野在交叉路口被大型建筑或其他车辆等物体遮蔽，则有些环境信息将会被丢失（图 1）。通过引入 V2X 技术，这类限制将成为过去。V2X 技术中的“X”代表车辆行驶环境中的其他对象，不仅包括其他车辆，还包括部分基础设施，例如交通信号灯和道路标志等。V2X 技术又经常被称为 C2X 或 Car2X，这种技术能够通过基于 WLAN 的 Ad-hoc 网络标准 ITS-G5 (IEEE 802.11p) 在所有这些对象之间交互信息。交互的数据包含有车辆的位置、速度、行驶方向或行驶环境中的突发事件（如：交通堵塞、施工现场或湿滑路面等）信息。推广 V2X 技术的目标是提高交通安全性和驾驶舒适性，并且优化交通流。因此该技术是迈向自动驾驶的又一步举措。

关键举措：跨国界的市场推广战略
引入 V2X 技术是汽车制造商面临的一个巨大挑战，因为为了达到上述目标，市场上必须有 10% 的车辆使用 V2X 通信。这就是为什么主机厂、零部件供应商以及 dSPACE 等工具供应商会形成车间通信联盟（C2C-CC）并开展合作，从而共同规划 V2X 的推广战略，并制定相关的欧洲标准。这是在与 ETSI、CEN 以及来自欧盟、美国和日本各标准化组织协调组织以及密切合

作后完成的。V2X 技术的主要焦点不仅仅着眼于无线通信，还在于许多其他方面，如：定义所支持的应用、用于检测交通堵塞、大雾或湿滑路面的标准指标、所需数据协议的定义以及全面的数据安全概念。美国各个公司也在努力推广 V2X 技术。美国标准在许多方面类似于欧洲的解决方案。与欧洲不同的是，美国正在讨论具有法律约束力的规定。V2X 很可能在在最近十年推向欧洲和美国市场。

开发 V2X 应用程序

V2X 应用的功能常常通过基于模型的开发工具，如 MATLAB®/Simulink® 来进行开发。工程师的工作重点在于实现和测试实际应用的程序，而不是在模型中实现特定的协议和标准。因此 dSPACE 新推出了适用于 Simulink 环境的 V2X 模块组，可以支持对 V2X 技术的轻松实现，其开发应用阶段包括了从快速功能开发（快速控制原型）到测试整个应用程序（图 2）的完整过程。该模块组提供了专门的模块，用于准备、编码、传输、解码和管理 V2X 消息（CAM 或 DENM）。每条消息的内容在 Simulink 中以信号矢量的形式存在。为了获得简洁清晰的概况，用户可以配置一个筛选器，以便在模型中只显示应用程序所需的消息内容。编码和解码模块通过经由欧洲电信标准委员会（ETSI）标准化的 ASN.1 描述文件自动生成。这确保了 V2X 模块组可以依据新版描述文

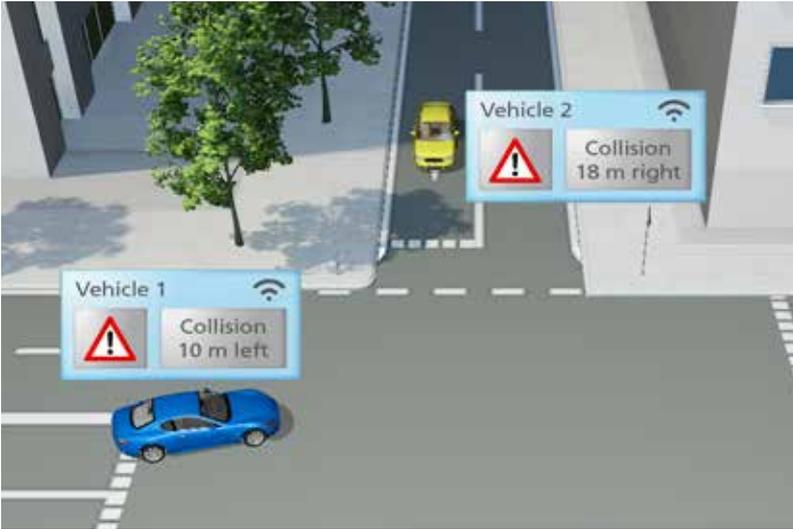


图 1：车辆之间交互各自的行车数据，并计算可能的路径。在该示例中，交叉路口辅助系统及时提醒驾驶员存在撞车风险。

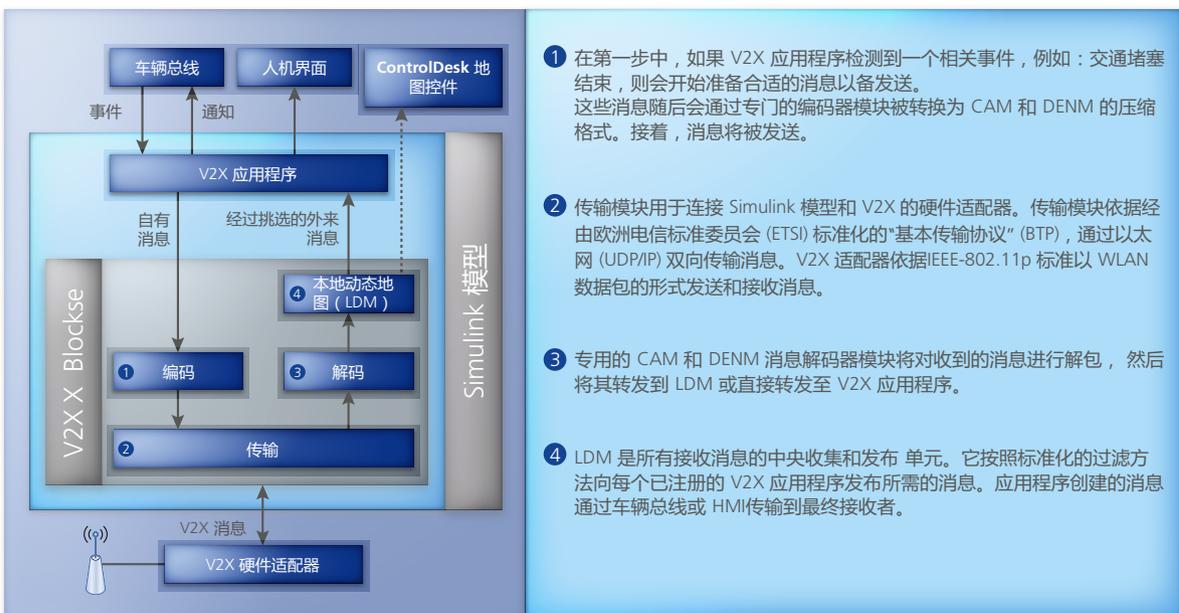
通过本地动态地图高效地管理消息接收 V2X 消息时的一个关键因素是本地动态地图 (LDM)。该地图存储、管理和发布与本地交通状况有关的所有信息 (车辆位置、速度、交通信号灯状态、气象信息、道路湿滑情况等)，并会不断更新。V2X 应用首先需在 LDM 上注册，从而可以接收特定的消息内容，比如：含有警惕故障汽车的所有 DENM 消息。LDM 随后会将相关信息自动分配到各应用程序中。如果消息过时或者所针对的目标对象位置过远，则这类消息将被自动丢弃。

件轻松地进行调整。开发平台、测试平台和 dSPACE V2X Blockset 通过一个 V2X 硬件适配器 (如：Cohda Wireless 公司的 MK5-OBU) 连接到无线电通信频道。该适配器通过以太网 UDP/IP 协议进行连接，

采用标准化“基本传输协议”(BTP) 传输消息。MK5-OBU 适配器中的 GPS 接收器可以采集车辆的位置数据。开发人员还能使用专门的模块组按照 NMEA-0183 标准来解析 GPS 数据。

亮点：ControlDesk 中的地图控件
V2X 解决方案在各位用户所熟悉的 ControlDesk 中添加了一个专门开发的地图控件，利用该控件，应用和测试工程师可以修改操作消息内容并进行数据记录等工作。LDM 将相关信息提供给地图控件，并使用一个地图界面显示当前 V2X 网络中的

图 2：dSPACE V2X Blockset 用于开发和测试 V2X 应用。



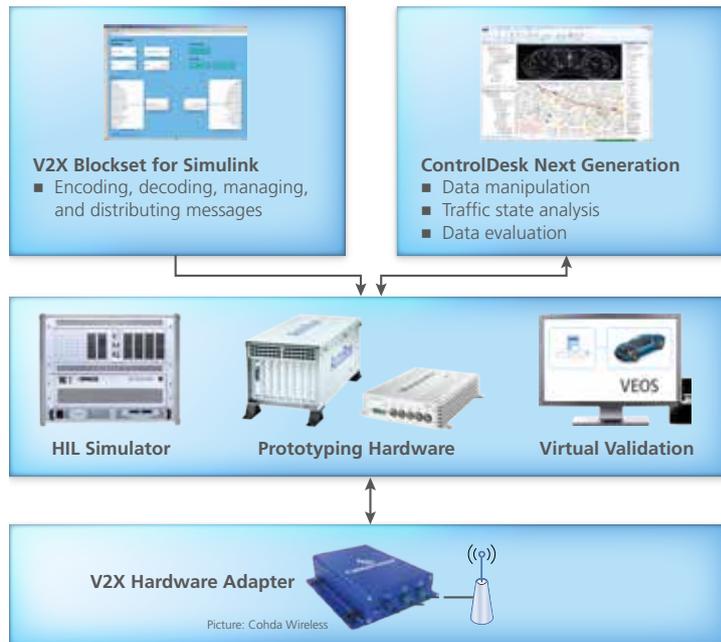


图 3：V2X 应用的开发和测试环境。

交通参与者及其运动状态。该控件十分清晰地显示了 V2X 应用所掌握的信息。地图控件的直观操作大大简化了数据分析工作。 ■

总结与展望

凭借新的 V2X 解决方案，dSPACE 可以满足 V2X 技术对开发和测试系统提出的新要求。该解决方案可以无缝集成于现有的 dSPACE 工具链中，并提供对 V2X 应用从原型开发到最终测试各阶段的全面支持（图 3）。dSPACE 正计划发布一个测试目录，精选一些 C2C-CC 指定的测试内容。

术语表

Ad-hoc 网络	可以自发建立和独立配置的无线通信网络。
ASN.1	抽象语法表示法 1。用于描述数据结构的描述语言。
BTP	基本传输协议。智能交通系统使用的数据传输协议。
C2C-CC	车辆间通信联盟。是指由主机厂、零部件供应商、工具供应商和研究机构组成的联盟，旨在通过基于 V2X 技术的协同智能系统提高道路交通的安全和运行效率。
C2X (Car2X)	Car-to-X，是交通系统内的 Ad-hoc 通信同义词。其中“X”代表其他车辆和部分基础设施，例如：交通信号灯和路标（见 V2X 术语）等。
CAM	协同感知消息。关于位置、速度、车型名称、状态等内容的消息，是 V2X 网络中的每个参与者不断发送的消息。
CEN	Comité Européen de Normalisation。是指除电气工程和电信外，负责对其他所有技术领域进行标准化工作的欧洲委员会（见 ETSI 术语）。
DENM	分散式环境通知消息。是关于特定事件的消息，例如事故、危险区等。
ETSI	欧洲电信标准协会。是指负责电信标准的欧洲协会。
HMI	人机界面。是指机器与操作人员之间的交互界面。
IEEE 802.11p	是指在车辆 Ad-hoc 网络内构建 WLAN 技术的标准。在欧洲称为 ITS-G5。
LDM	本地动态地图。是指用于存储车辆行驶环境内当前交通状况的数据库。
NMEA 0183	国家海洋电子协会制定的通信标准，还用作 GPS 接收器与 PC 或移动设备之间的通信标准。
OBU	车载装置。
V2X	Vehicle-to-X（见 C2X 或 Car2X 术语）。

AUTOSAR Central



从 AUTOSAR 3.x 迁移到 AUTOSAR 4.x

轻松
改变



AUTOSAR 标准代表着安全，代表着软件组件可以进行交换和重复使用。dSPACE 全面支持从 AUTOSAR 3 切换到 AUTOSAR 4。

AUTOSAR 4 在功能安全、多核应用和描述时间要求等方面比 AUTOSAR 3 具有更多的功能。许多公司希望使用新功能，因此会切换到新版标准。其他公司（比如一些供应商）在其客户迁移到 AUTOSAR 4 时必须使用新版本。

复用尽管标准变化

AUTOSAR 标准的一个主要特点是开发人员可以重复使用经过试验和测试的组件，从而降低了后续项目的开发工作量。从 AUTOSAR 3 版切换到 AUTOSAR 4 版也是遵循同样的原

>>

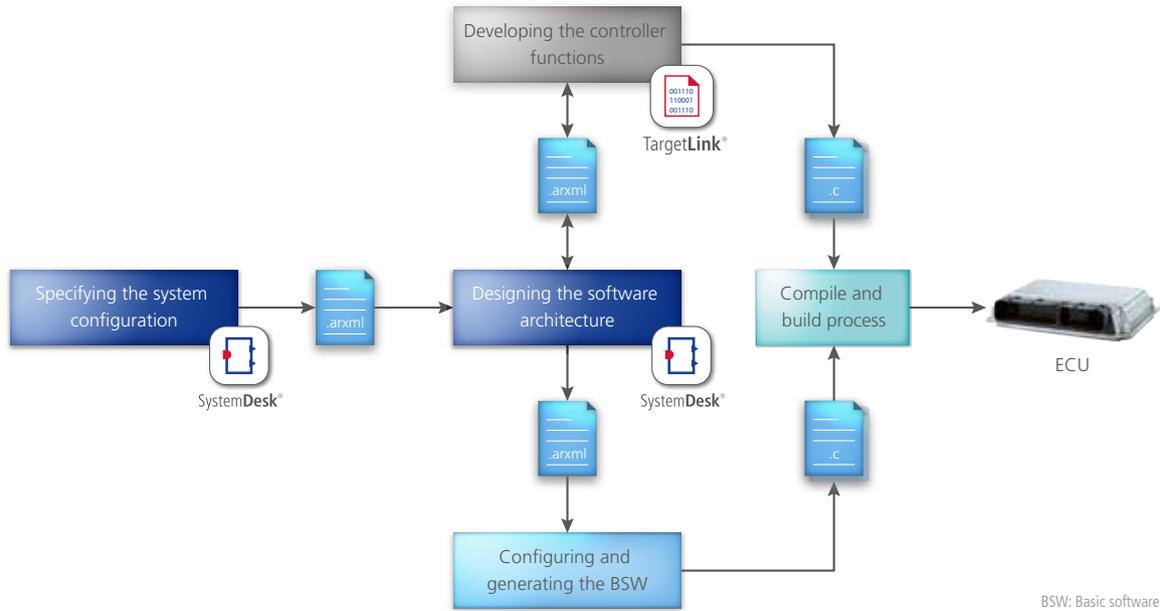


图 1：迁移过程中必须考虑潜在 AUTOSAR 工具链含有的元素。

则。理想情况下，符合 AUTOSAR 3 的现有模型应该自动迁移到 AUTOSAR 4。随后可以使用 AUTOSAR 4 的新功能和新特点继续进行开发。完整的迁移包含多个工作步骤，dSPACE 可以提供客户所需的无缝支持。

迁移组件代码

对于单个软件组件的迁移，dSPACE 的产品级代码生成器 TargetLink® 绝对是理想之选。在 TargetLink 中由单个功能生成产品代码时，用户可以定义代码所基于的 AUTOSAR 版本。

本。由于开环和闭环控制算法与 AUTOSAR 版本无关，因此只需要与特定版本的数据进行关联。这意味着只有该关联数据需要针对 AUTOSAR 4 进行调整。TargetLink 将数据存储在不在依赖 AUTOSAR 版本的数

表 1：dSPACE 为 AUTOSAR 迁移提供全面的支持和咨询服务。

Service (Examples)	Details (Extract)
Integrating the AUTOSAR tools into the development process	<ul style="list-style-type: none"> Integration with basic software configuration tools Integration with TargetLink and other behavior modeling tools Adjustments to project-specific solutions for data management (1-D and 3-D motion platforms, steering test benches, piggyback modules for FPGA Base Board)
Migrating existing architectures	<ul style="list-style-type: none"> Importing existing system and software information from non-AUTOSAR formats Integrating non-AUTOSAR code
AUTOSAR support	<ul style="list-style-type: none"> Support for introducing the AUTOSAR-compliant development of software architectures
Model analysis and advice	<ul style="list-style-type: none"> Support for analyzing your models and modeling types with regard to efficiency, safety, and reusability Support for creating and optimizing specific guidelines and in applying industry-proven standards
Automation	<ul style="list-style-type: none"> Developing project-specific scripts (e.g., mapping architecture elements based on naming conventions, connecting software components based on customer rules)

据字典中，所以只需要更改一个全局属性即可生成符合 AUTOSAR 4 标准的代码。

迁移架构

由于两种 AUTOSAR 版本之间存在复杂而显著的差异，因此无法通过单击一个按钮对整个系统架构和更大的 AUTOSAR 系统提取文件进行迁移。有些迁移过程可以通过脚本自动执行，但是必须根据每种情况对这些脚本进行调整。有一种转换器能够自动转换 AUTOSAR 软件组件模板中的所有 AUTOSAR 3 元素。这确保了信息不会丢失。但是，该转换器不会创建 AUTOSAR 4 所添加的新元素。dSPACE 与客户沟通了解了符合 AUTOSAR 4 要求的架构。获得架构信息之后，dSPACE 工程服务部门创建了定制脚本，它能够通过 SystemDesk 自动化接口生成所需架构。转换过程可以在 dSPACE 或客户处进行。dSPACE 提供各种工程服务以满足迁移需求（表 1）。

调整工具链

要实现成功迁移，开发人员不仅要考虑 AUTOSAR 文件，还要考虑整个基本工具链。当文件从 AUTOSAR 3 迁移到 AUTOSAR 4 时，可能还需要更新正在使用的 AUTOSAR 工具，以便随后可以编辑新的 AUTOSAR 4 文件（图 1）。dSPACE 可以提供一种成熟的工具链以及具体的建议和支持，会让用户从 dSPACE 长期积累的项目经验中受益匪浅。在与客户密切合作的过程中，dSPACE 首先会查看哪些数据需要迁移、有哪些类型的数据，以及单个软件组件还是整个软件架构需要迁移。随后会根据

单个项目的需求定制迁移解决方案。dSPACE 还能提供关于 AUTOSAR 4 的培训，以使客户熟悉新版本的变化。

使用 SystemDesk 进行验证

迁移之后，可以使用 dSPACE SystemDesk® 进行广泛的验证。可以将整个系统架构导入 SystemDesk 中，或者将单个软件组件导入、连接和集成到 ECU 软件中。SystemDesk 4 版支持整个 AUTOSAR 4 数据模型，并支持多用户。集成的验证过程便于用户检查项目的一致性和完整性。SystemDesk 还能由 ECU 软件生成虚拟 ECU (V-ECU)。V-ECU 可以在开发人员的 PC 上通过仿真平台 dSPACE VEOS 进行仿真，无需额外硬件。 ■

AUTOSAR 3 和 AUTOSAR4 的区别

AUTOSAR 3 的有些功能无法自动映射到 AUTOSAR 4。迁移过程涉及一些手动操作。例如，AUTOSAR 4 包括单位、限值或定标等物理信息的应用数据类型 (ADT) 和用于定义整数等数据类型的实施数据类型 (IDT)。数据类型映射集为软件组件的每种应用数据类型分配一种实施数据类型。AUTOSAR 3 仅提供含有两种信息类型的数据类型 (DT)。有许多不同的方式可以从 AUTOSAR 3 版数据类型生成 AUTOSAR 4 版 ADT、IDT 和数据类型映射集。因此映射无法自动进行。必须针对每个项目来定义映射。



操作 和分析

更高效地设计和测试车轮悬架

虚拟测试台架将复杂的机械轮轴设计和大部分试验从试车道转移到开发者的桌面上。在虚拟驾驶测试中，所建立的悬架模型必须证明它们能满足性能要求。

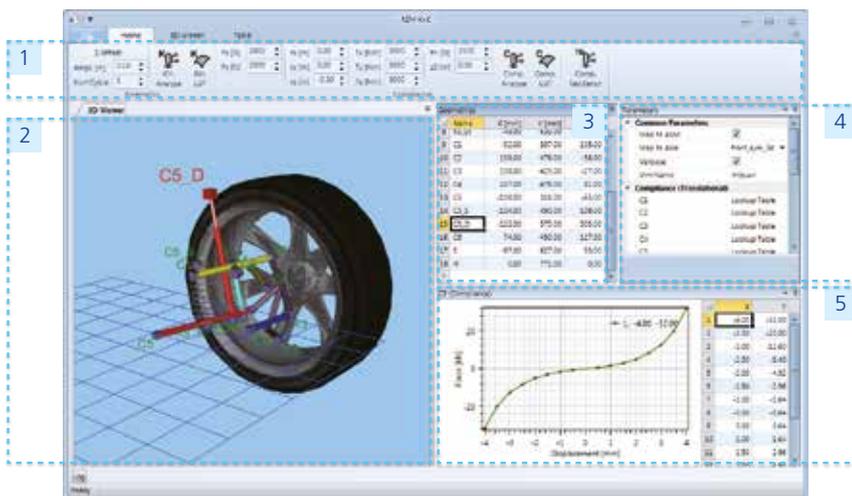
汽

车仿真模型 (ASM) 是实时仿真汽车应用的一套工具，例

如用在汽车动力学领域中。如果需要在车辆动力学仿真期间对所仿真车辆的悬架进行更严密的检查，专用工具 ASM KnC 可提供即时帮助。ASM KnC (运动学和弹性动力学) 是一种虚拟轮轴测试台，支持悬架的设计和分析。它让工程师能对许多不同类型的车辆悬架进行虚拟测试和优化，并将其重复用于硬件在环 (HIL) 测试中。

直观的图形化操作

当前版本 ASM KnC 7.0，配有全新设计的用户界面和改进的用户导航。用户可以从已有的模板中选择悬架类型。模板中包含常用的悬架，例如麦弗逊式、双横臂式、3 连杆式、4 连杆式或多连杆式等。准确的几何尺寸、中心点和衬套刚度可以通过图形或数字直观地定义。例如可以依据供应商数据表中的 CAD 数据或信息对悬架这些属性



ASM KnC 图形化用户界面：

1) 测试台控件, 2) 交互式 3D 预览窗口, 3) 轮轴几何尺寸的定义, 4) 配置管理, 5) 衬套刚度的定义。

应用示例

模型参数化 – 为车辆动力学模型生成运动学和弹性动力学属性表。

分析车轮悬架 – 通过明确的可视化方式检查轮轴改进情况。

分析车辆动力学 – 检查整个车辆动力学模型中的轮轴改进效果（运动学和衬套弹性动力学）。其速度比实时测试更快。

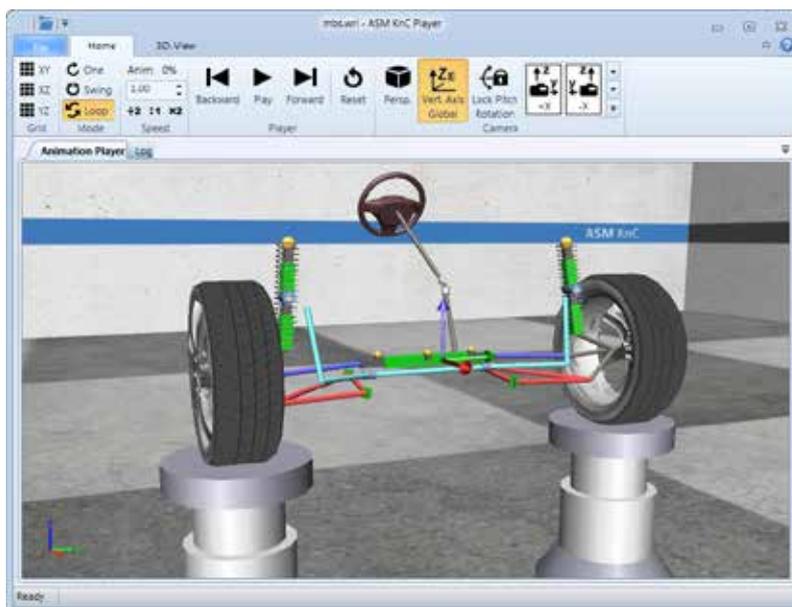
虚拟优化 – 自动优化车轮悬架。目标：在早期改善车辆动力学行为。

进行定义。通过测试台架对车辆施加相应激励，通过动画立刻就能观测轮轴设计效果。而且，可以在空间内对所设计悬架自由旋转，并通过视觉直观检查。

工作流程和优点

ASM KnC 测试台让用户可以仿真和检查车轮旋转和位移等运动特性与轮胎垂直位移以及转向杆运动/位移的关系（以及在力和扭矩影响下的弹性动力学相关特性。所定义的设计可以通过查表方式插入 ASM 车辆动力学仿真模型中，用于满足车辆实时仿真。由于 ASM KnC 可以完全自动化，用户可通过迭代方式进行参数学习，无需手动调整。例如可以使用一个脚本自动改变联轴点，并分析它对车辆动力学仿真的影响。这有助于为所定义的驾驶策略确定最合适的轮轴设计，从而减少测试车辆和真实测试台上的测试工作。因此，ASM KnC 是实现前载测试的关键因素之一，可加速车辆开发过程。 ■

该视频介绍了 ASM KnC 的工作流程。
www.dspace.com/go/dMag_20153_KnC

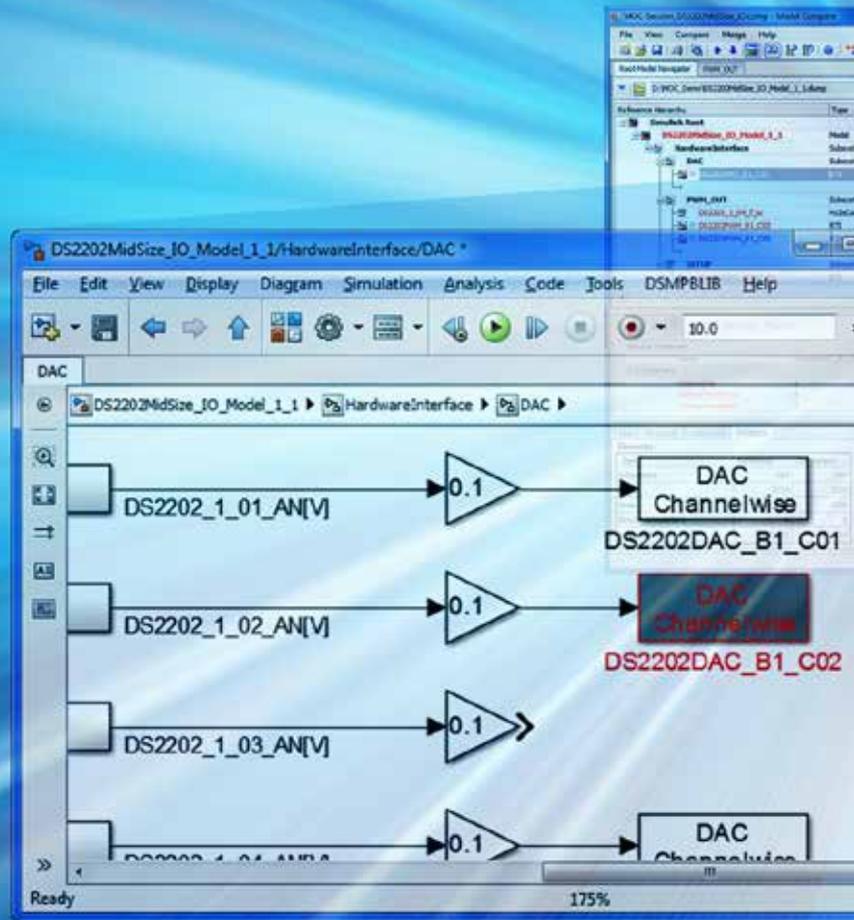


前轮悬架和转向动画。

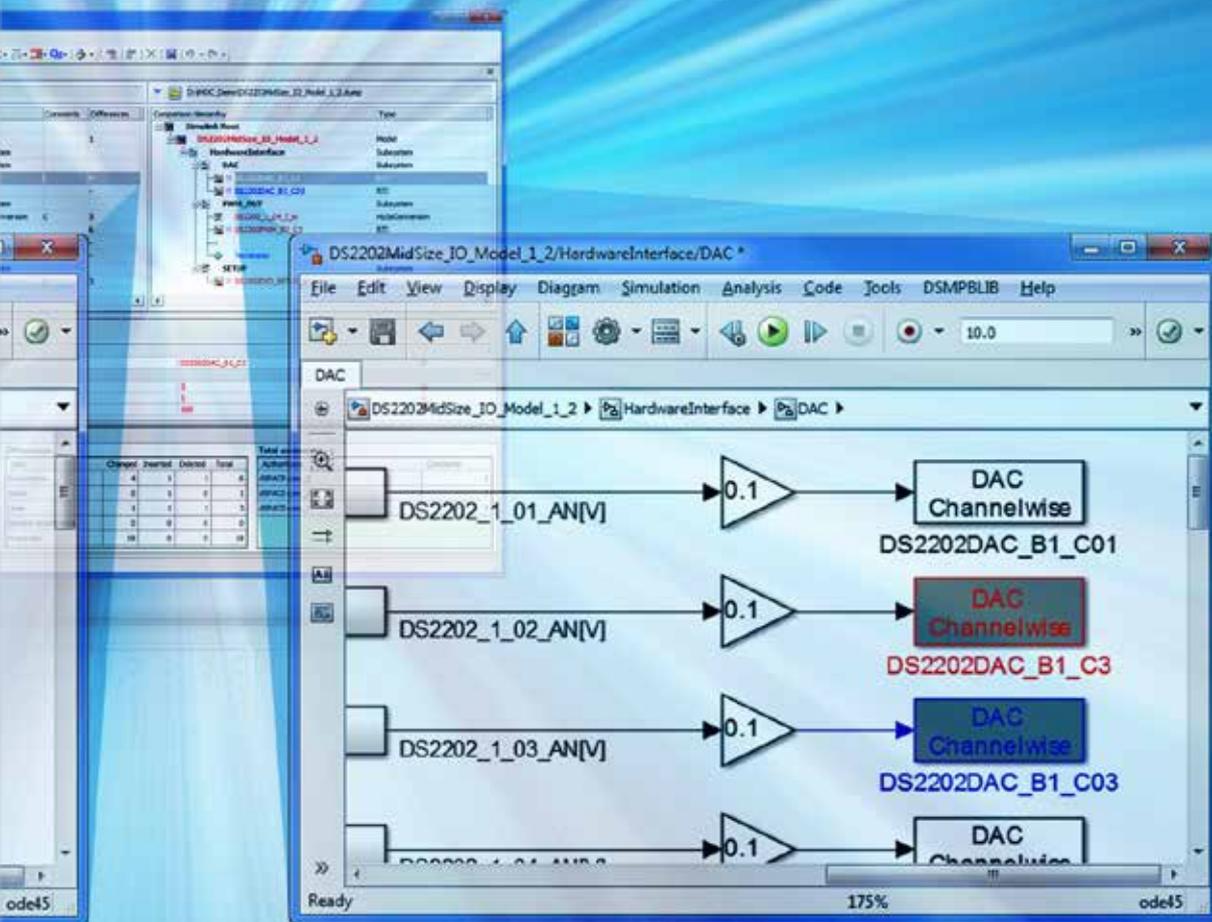
快

速、轻松地发现和显示两个模型版本之间的所有不同：这就是久经考验的 dSPACE 工具 Model Compare 擅长之处。即使是大型模型，也能在数分钟内以可视化方式对比，如果没有工具支持，几乎是不可能实现的。异常强大的对比算法确保检测出所有的模型差异、识别出模块对应性，即使其位置、单个属性甚至名称已更改。由于集成了 TargetLink 支持，Model Compare 可以精确地描述与 dSPACE 产品级代码生成器用户相关的模型差异。默认情况下隐藏冗余的和特定实施数据，例如模块mask中的数据。这使得模型的比较不仅有效，而且很高效。Model Compare 2.6 中的一种新机制还能让您使用十分易读合适的总览，即使基于simulink库的模型这意味着快速控制原型 (RCP) 和硬件在环 (HIL) 仿真等其他领域的开发人员可以比以前更加高效地利用 Model Compare 的功能。

>>

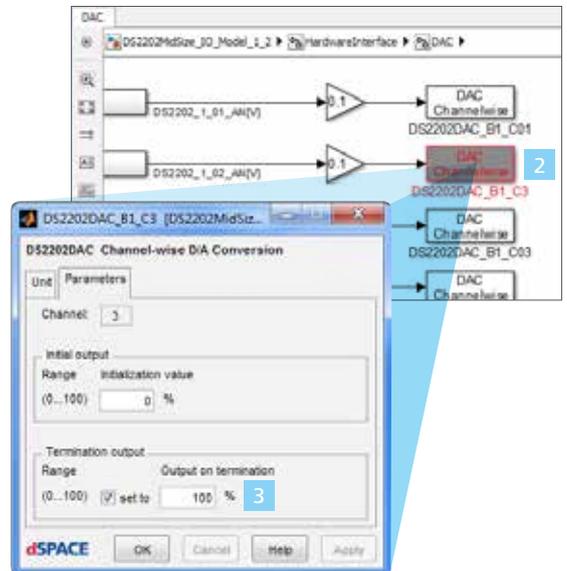
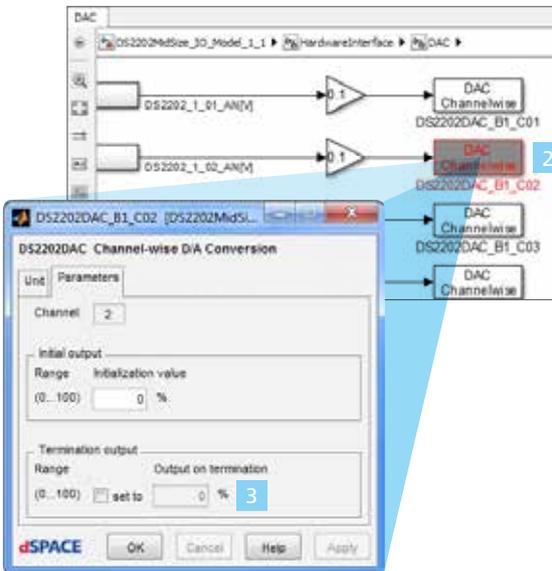
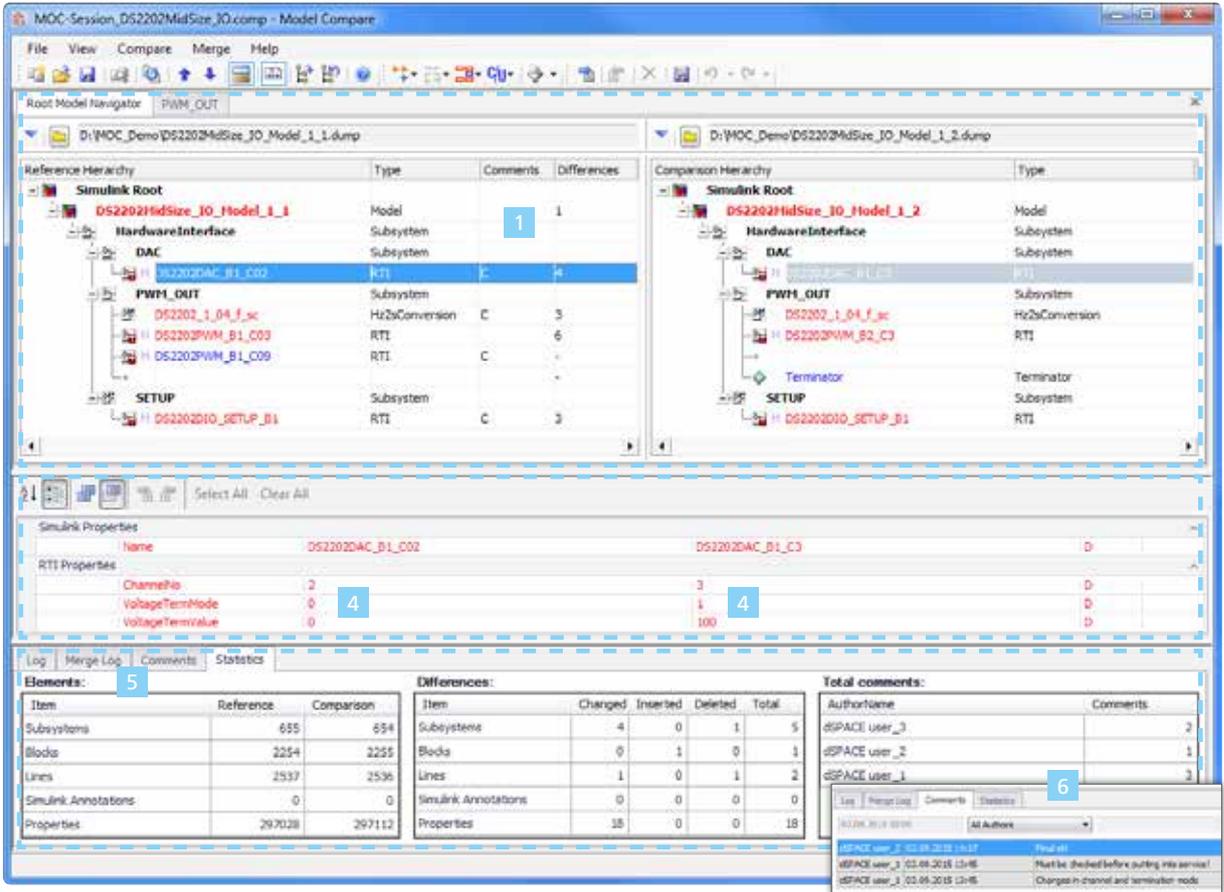


提高比较复杂功能和被控对象模型的透明度



模型 并列

基于模型的开发通常涉及不同版本的模型。有时会难以维护这些版本。不同版本之间到底有什么不同？Model Compare 让这一切变得明确，2.6 版现在可以比较 HIL 模型及许多其他模型。



- 1 Model Compare 用户界面中同步的层次树显示模型的所有差异。
- 2 比较RTI 模块，Model Compare 检测到配置对话框中的设置 3，并在“属性查看器”中清楚的显示出来 4。
- 5 工具窗口提供的统计数据概述了所有的模型差异和模型本身。
- 6 Model Compare 支持添加审核意见和多人参与复杂的审核意见。

复杂模型可以在数分钟内完成对比，如果没有工具支持，几乎不可能实现。

所有差异一览无余

Model Compare 便捷的图形用户界面能以十分有序的同步彩色层次树显示比较结果（第 60 页编号 1）。层次树会立即显示哪些模型元素属于共同所有，哪些元素已被更改、添加或删除。模型及其环境或工具链的初始化程序也可以考虑在内。为了重点显示不同之处，可以直接在 Simulink®/TargetLink® 模型中以不同的颜色突出显示（第 60 页编号 2）。这样便于您在各自的模型背景中以图形方式查看模型。模型显示和层次树显示相互关联，只需点击一次即可双向追溯查看模型差异。

全面的筛选选项

为了尽可能提高您的工作效率，Model Compare 提供了丰富多样的筛选选项。例如，您可以使用不同的显示筛选器指定中间显示区显示哪些模型元素（第 60 页编号 1）：只显示更改的模块或信号线、只显示添加或删除的模块或信号线、或者显示二者的组合。Model Compare 还提供了多种预定义的筛选器，便于您集中查看特定的模型差异。对于 TargetLink 模型，既可以查看所有的功能更改，也可以只浏览特定的实施更改。该工具还能让您自定义筛选器，以排除一个或多个元素属性，甚至能将整个模型元素排除在外。要在其他项目中重复使用所定义的筛选设置，可以将其保存在收藏夹中。

支持审核和合并

使用 Model Compare 审核模型期间，开发人员可以在模块或属性级别添加模型差异的审核意见。该工具会自动添加时间戳和作者信息，支持多人参与的复杂审核（第 60 页编号 6）。如果您想合并平行开发分支，或者在不同模型版本之间传递更改，只需要在比较视图使用“复制到右侧”或“复制到左侧”等便捷的命令即可实现。合并操作可以在元素和属性级别实现。您可以合并单个属性、模型元素或整个子系统。在合并过程中，智能线路处理选项确保相应关联项也被复制或删除。所有合并操作都记录在 Model Compare 的工具窗口“合并日志查看器”中（第 60 页编号 5）。

记录比较结果和工具自动化

比较结果可以保存为 PDF、HTML 或 XML 报告，便于传给其他同事或进行存档。模型的审核意见、筛选设置和屏幕截图可以包含在报告中，便于您在模型审核中使用。强大的应用程序编程接口 (API) 可以自动开始模型比较或创建比较报告。还使得 Model Compare 易于集成在现有工具链中。

新的附加机制

除了纯粹的 Simulink、Stateflow 和 TargetLink 模型之外，Model Compare 还能对带有任何 Simulink 模块库的模型进行比较。Model

结论

凭借新的附加机制，Model Compare 2.6 现在可以对含有任何 Simulink 模块库的模型进行高效和有效的比较。这意味着快速控制原型 (RCP) 或硬件在环 (HIL) 仿真等不同领域的开发人员将会受益于 Model Compare 的强大功能，可以使用该工具比较被控对象模型或 I/O 模型。

欧洲和亚洲以外地区限量供应。请联系 dSPACE。

Compare 2.6 中新的附加机制让您可以在比较任何数量的模型时使用脚本来集成模块特定信息。因此可以立即显示模型在 mask 变量或模块对话框参数方面的差异（第 60 页编号 4）。这意味着 Model Compare 现在可以供精确、高效的模型比较，例如比较 RCP 或 HIL 模型。当然包括 dSPACE 的实时接口 (RTI) 模块组。 ■

从复杂的网络化功能到整个车辆，我如何尽可能的提前并且灵活地测试所有方面？我如何在不同的研发阶段重复使用测试工件以节省成本？ dSPACE 测试系统支持您应对当前和未来的所有挑战。

没有人可以准确预测车辆长期的发展趋势。但是，如果近几年的创新指明了一个大体方向，那么未来的发展趋势就是车辆的电子/电气 (E/E) 功能越来越复杂。在当今车辆许多应用中，整个 ECU 网络具有多达 1 亿行代码，而驾驶辅助系统等因素使得车辆日益复杂。在验证这种复杂系统时，验证和测试系统面临的挑战也是与日俱增。

巨大的挑战

有多个因素会影响未来的测试过程和测试系统：

■ 网络化的功能

新的驾驶辅助功能需要基于网络的传感器和执行器为其提供关于驾驶环境和其他道路用户的信息。这需要详细的车辆模型、传感器模型以及环境仿真模型。而大量的电子控制单元 (ECU) 之间也会紧密的交互。因此，除了经典的车辆总线系统，CAN FD、以太网等新的通

信网络也被使用。它们的行为也必须在测试中得到验证。

■ 车型和模型的变体

车辆的功能与 ECU 控制器之间的网络化程度日益增强（即车辆功能与所有车辆控制器之间的映射关系越来越复杂）与之伴随的是大量的变体和模型，以及新的驱动形式，例如电动车和混合动力车。这使得要验证的 ECU 和嵌入式软件变得更加多样，因为 ECU 要在不同的车型上使用。因此，智能数据管理由于其可确保过程可靠性而逐渐成为测试系统的决定性因素。

■ 内燃机和电动机的特殊要求

电池管理和电动机领域中的新技术正在改变着验证过程，因为与传统的驱动装置相比，必须考虑更高的电流和更快的控制算法。对于内燃机，新的排放法律促进了废气处理系统和更精确喷射系统的使用，继而需要在验证测试中加入这些系统。

■ 标准和规范

测试系统日益受到约束性标准和规范的影响，例如开发机动车安全相关的 E/E 系统时需要遵从 ISO 26262 标准。 >>

图 1：在多个测试阶段无缝使用 dSPACE 工具链。





测试 何去何从？

一站式测试解决方案

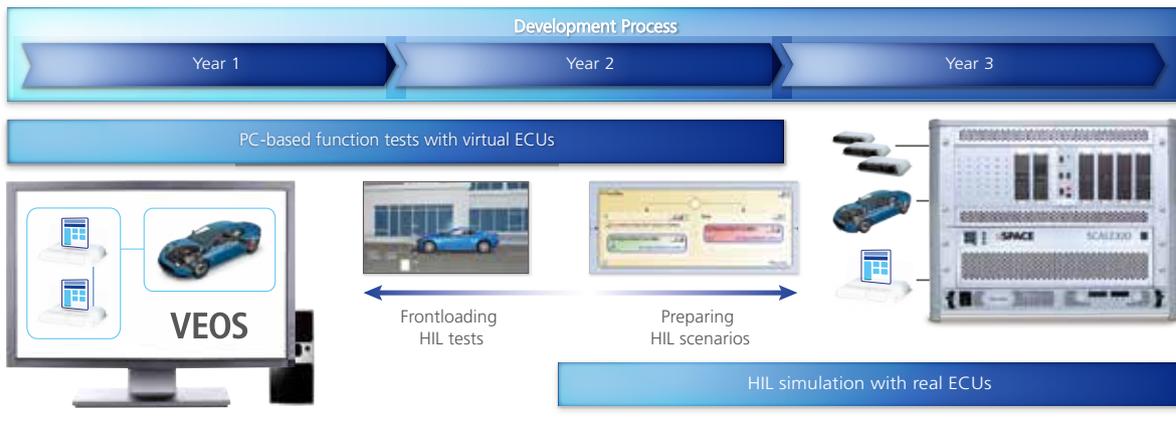


图 2：基于 PC 的仿真和 HIL 测试结合使用，使得在整个开发过程中可以尽早准备测试场景并进行功能验证。

无缝测试系统

为了面对这些复杂的挑战，dSPACE 推出了一站式无缝测试系统解决方案。在这些解决方案中，硬件在环 (HIL) 测试和驾驶测试发挥着重要作用，同时，它们与使用虚拟 ECU 的纯软件仿真相得益彰（图 1）。

在 PC 上尽早验证

不断增加的模型变体数量、种类繁多的功能以及越来越短的开发周期，使得人们难以甚至无法使用原型车辆进行所有的测试。除了 HIL 仿真之外，基于 PC 的验证使得尽早测试成为可能，因为功能测试提前到了更早的开发阶段。dSPACE 为此提供了基于 PC 的仿真平台 VEOS®。这让功能开发人员可以在自己的测试平台上，使用虚拟

ECU 进行功能测试。因此，他们随时可以经济高效地验证各个开发步骤。

可靠的 HIL 仿真器实时测试

借助于 HIL 仿真器 SCALEXIO®，HIL 测试可以直接在基于 PC 的仿真之后进行。HIL 仿真是一种广泛认可的自动验证 ECU 的高效方法。（验证后的 ECU 将会装入实车）特别是各种通信总线，比如 CAN/CAN FD、LIN、以太网 SOME/IP，都可以通过基于 dSPACE HIL 系统的仿真车辆环境进行可靠地、可重现地验证。同时，dSPACE 还可以为具有特殊要求的应用提供定制硬件。例如，当要测试控制周期短、电流高的电驱动装置时，可使用 dSPACE 的汽车仿真模型 (ASM) 和

基于 FPGA 的硬件。对于辅助驾驶应用，dSPACE 提供车辆环境和传感器仿真，以便使用 HIL 仿真器模拟虚拟世界中的各种交通场景。

基于测试台架的机电一体测试

在某些 HIL 测试应用中，无法通过电气接口访问到 ECU。因此，必须使用到一些机械装置来实现。比如，给电驱动装置搭建机械负载；通过机械动作来激励集成到 ECU 内部的传感器；通过机械动作来激励人机界面等。对于这些任务，dSPACE 为机电一体的部件和系统提供了具有高动态特性的测试台架，同时集成该台架到实时 HIL 系统。详情请阅读第 66 页上的采访。

过程可靠的工具链

标准和规范对测试系统的重要性日益增加。例如 ISO 26262 标准明确规定 HIL 测试是验证的一个步骤。为打造过程可靠的测试环境，dSPACE 不仅提供合适的测试系统，还提供满足这些标准的软件。我们的测试自动化软件 AutomationDesk 已通过 TÜV SÜD 认证，证明其可以按照 ISO 26262 和 IEC 61508 标准来测试安全相关的系统。该证书确认了这款软件工具适合应用在汽车行业、商用车辆、航空航天及许多其他领域中开发和测试安全相关的系统。AutomationDesk 是 HIL 仿真领域中首款荣获该证书的测试自动化软件。

开放性：支持各种标准

测试系统经常需要集成到现有的软件环境中。dSPACE 的产品支持多种标准，例如 AUTOSAR、FMI接口和

ASAM XIL API 标准。dSPACE 测试系统的标准化接口便于交换仿真模型，例如在整车厂与供应商之间进行模型交换（图 3）。

SYNECT 简化数据管理

测试任务和测试系统的复杂性产生了海量数据。为了使测试过程尽可能高效，必须对测试场景、测试变体、模型和测试结果进行管理、版本控制和存储，以便于检索。dSPACE SYNECT® 工具是专为这些任务而设计的数据管理软件，主要针对基于模型的开发和 ECU 测试。SYNECT 不仅管理整个开发过程中的数据（例如模型、信号、参数、测试、测试结果），还能管理数据的依赖性、版本和类型，包括与功能需求之间的关联。 ■

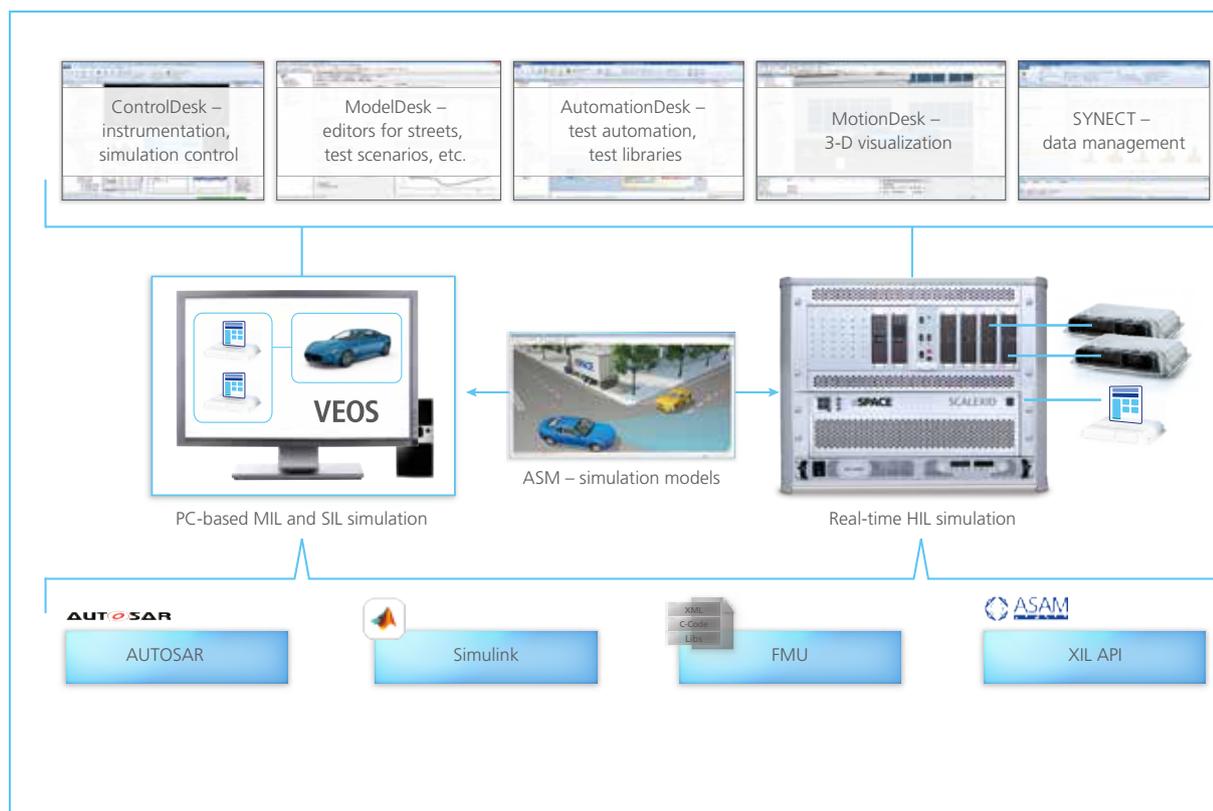
所有解决方案一站式供应

从基于 PC 的仿真到 HIL 测试系统再到机电一体化测试台架，dSPACE 可提供一套完全兼容的硬件和软件工具链。在过去的数十年中，dSPACE 建立了数千套的应用系统，积累了丰富的经验。因此，无论现在，还是未来我们都可以帮助客户设计高效的测试流程。

更多信息请访问 dSPACE 网站：www.dspace.com/gol
dMag_20153_HILE



图 3：无缝工具链和对各种标准的支持，使得复用测试场景、模型和配置成为可能。





机械测试

机械测试台架让 dSPACE 的测试系统组合臻于完美

完全验证一个复杂的控制系统经常还需要测试机械部件。dSPACE 负责建立机械测试台架的 Matthias Deter 介绍了 dSPACE 测试台架在测试机电系统方面起到的关键性作用。



电子稳定控制系统 (ESC) 测试用 3D 平台。



Deter 先生, dSPACE 是著名的 ECU 快速控制原型 (RCP) 系统和硬件在环 (HIL) 仿真器供应商。dSPACE 为什么还要提供机械测试台架?

通常只有当测试系统能够完全仿真真实电子控制单元 (ECU) 工作环境时, ECU 才能在实验室条件下完全被验证。越来越多的 ECU 还需要为其机械接口和传感器提供激励信号, 才能使其完全集成在测试环境中。一个示例是电子稳定控制系统 (ESC) 使用的 ECU, 其集成了一个横摆角速度传感器。dSPACE 的目标始终是为客户提供交钥匙的 HIL 测试系统, 我们认为提供机械测试台架是一件很自然的事情, 旨在通过整套系统充分满足客户的需求。搭建这些测试台架时, 我们快速控制原型 (RCP) 方面的经验和产品起到了很大帮助, 因为 RCP 系统需要驱动必要的机械负载。

测试台架是否是 dSPACE 新开辟的业务领域?

dSPACE 已在该领域积累了丰富的经验。在过去的 7 年间, 我们搭建了 50 多个机械测试台架, 并作为交钥匙系统交付给客户。机械测试台架是我们增长最快的领域之一。

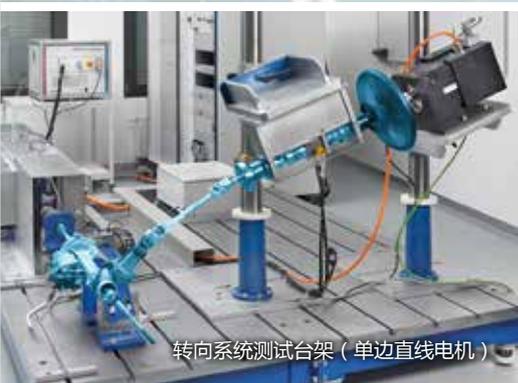
典型应用有哪些?

典型应用主要是电动转向系统, 还包括制动助力器、车辆动力学控制系统三维运动平台和真实泵电机机械负载。其应用还包括更小的汽车部件, 比如座椅控件、风扇、安全带预紧装置和电动油箱盖。我们不畏任何应用。

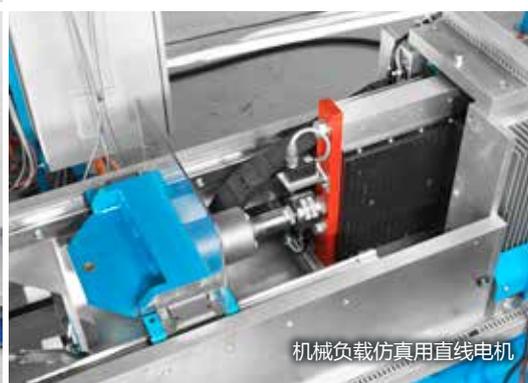
dSPACE 机械测试台架如何从市场竞争中脱颖而出?

首先, dSPACE 可以一站式供应客户需要的所有部件。这是其他供应商望尘莫及的。dSPACE 为 HIL 应用提

机电测试系统的一站式“交钥匙”仿真器。



转向系统测试台架 (单边直线电机)



机械负载仿真用直线电机



方向盘测试台架



供完整的实时硬件和仿真模型组合。我们还为测试台的设计、建造和调试提供定制化工程服务。我们自己设计机械部件，然后让当地的专业公司进行制造。我们的客户始终只需要联系一个供应商：dSPACE。机械测试台架的一种特性确实与众不同：这就是动态性！客户告诉我们 dSPACE 机械测试台架的控制动态性和控制精度超越了他们的期望，是其他供应商难以企及的。我们依靠 LTI 公司的开放式 TWINsync 协议。借助于该协议，我们的实时硬件获得了决定性优势，例如驱动电机的 8 kHz 脉冲低延迟控制和同步脉宽调制。当然我们还有其他协议和工业总线的使用经验。

为什么 dSPACE 为机械测试台架使用电驱动？

电驱动很好地兼顾了动态性和能效性，还具有易于管理、基础结构简单和容易控制的特点。必要时我们甚至可以使直线电机的作用力达到

上万牛顿，可仿真拉杆在高速运动和崎岖地面（例如鹅卵石路面）下的动态特性。

dSPACE 如何确保机械测试台架也能满足客户的需求？

机械测试台架在客户的项目中实施。这意味着我们与客户密切配合，从而能够详细了解并满足客户的特定需求。客户的需求直接体现在机械测试台架设计概念中，所以最终的解决方案是定制化的，最佳的。新的挑战反过来又会促进我们的硬件和软件创新。因此，dSPACE 始终将产品创新与客户特定的工程需求完美融合在一起。

dSPACE 采取了什么措施来应对这些项目？

我们针对机械台架的开发扩展了内部的专业技术、工具和流程。特别是强大的 3D 数据结构处理催生了新的需求。我们还具有产品发布、安全要求和质量保证方面的流程。由于我们在这些基本要素方面经验丰

富，因此能为系统用户提供安全、高效的机械测试台架。当然，很高兴客户赞赏我们的努力，以下是一家顶级制造商的感言：“他们按期交付并准确实施了有其他公司参与的复杂项目，这是我从未遇到过的。”

Deter 先生，感谢您和我们交谈！

Matthias Deter 是德国帕德博恩 dSPACE 公司负责客户机械测试台架项目的工程组经理。

■ 动态性是dSPACE测试台架的首要准则。



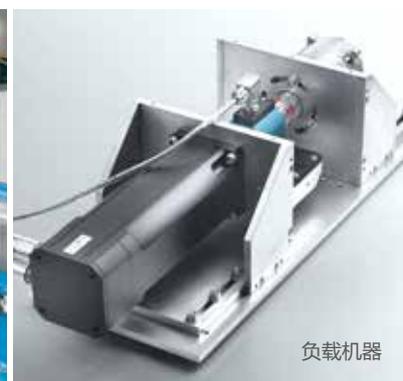
驾驶仿真器/驾驶座



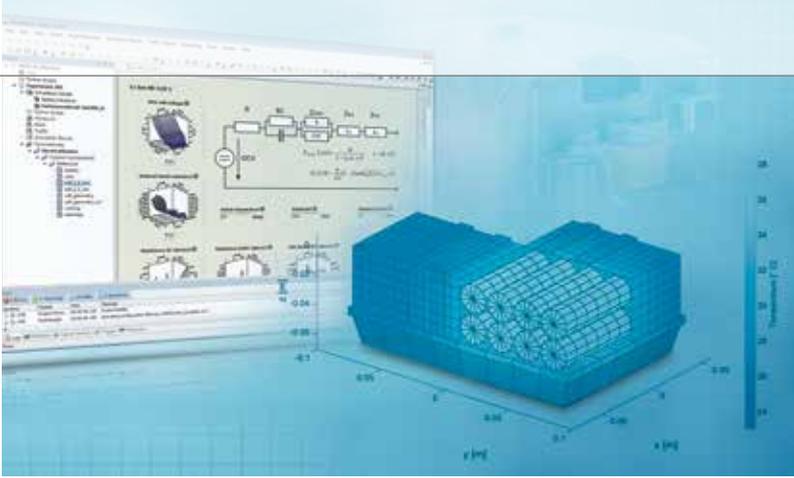
机电制动器测试台架



转向系统测试台架（双边直线电机）



负载机器



电池的电气特性和热特性仿真

dSPACE 和亚琛工业大学电力电子和电气传动研究所 (ISEA) 共同开发出一种电能储存系统仿真环境，称为 Toolbox Speichersysteme (储能工具箱)，它支持仿真十分广泛的物理电池特性。Toolbox Speichersysteme 专为接近真实、便利地仿真不同的电池、超级电容器及其他电能储存系统的热行为和电气行为而设计，具体仿真内容取决于其设计和冷却系统。仿

真环境拥有许多不同的设置，涵盖电池技术、电池的几何形状、蓄电池的数量与布置以及外围冷却系统等方面。因此开发人员可以分析冷却策略，确定电池工作期间产生的潜在热点。该仿真环境的开发由欧盟和德国北莱茵-威斯特法伦州提供赞助，它集成在 dSPACE 工具链中，因此可以在基于模型的开发过程中无缝实施。

dSPACE 支持 ISO CAN FD

从 dSPACE 2015-B 版开始，dSPACE 不仅支持“non-ISOCANFD”协议，还支持修订版“ISOCANFD”协议。与传统的 CAN 通信相比，CAN FD (灵活数据速率) 总线协议能为 dSPACE 快速控制原型和硬件在环系统提供明显更快的数据传输速率和更长的有效载荷数据。除了支持传统的 CAN 通信协议，dSPACE DS4342 CAN FD 接口模块还支持 ISO CAN FD 和 non-ISO CAN FD 这两种协议版本，所以用户无需使用新硬件进行过渡。现有系统可以方便地通过软件进行更新。无论应用实例如何，RTI CAN MultiMessage 模块组将会始终用作实施软件，不会产生额外的学习成本。



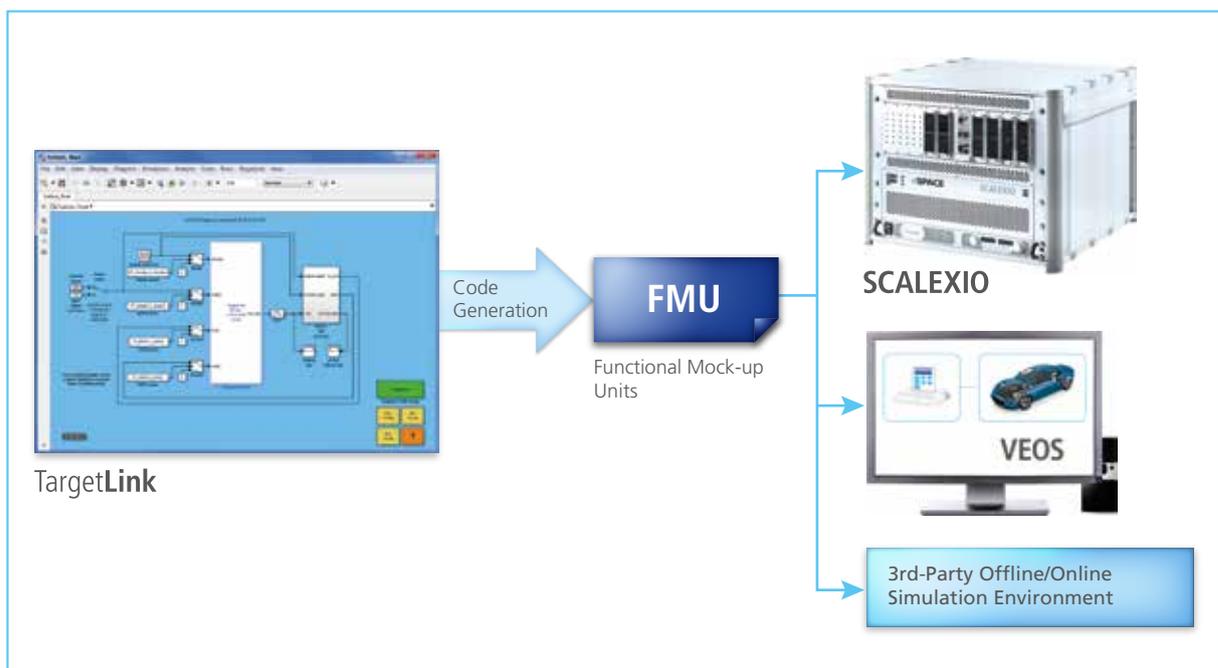
TargetLink 4.1 : AUTOSAR 扩展、FMI 支持等更多功能

dSPACE 新版产品级代码生成器 TargetLink 4.1 为符合 AUTOSAR 标准的开发提供了大量扩展功能。除了支持 AUTOSAR 4.2 版之外，TargetLink 还具有通过 NvData 接口对 NVRAM (非易失性 RAM 存储器) 高效读写的功能。TargetLink 4.1 还支持 AUTOSAR 转换器，从而能为安全相关的应用提供端到端通信保护，还能使用 SOME/IP (基于 IP 的面向服务可扩展中间件) 通过汽车以太网进行通信。TargetLink 4.1 其他新功能包括在 Simulink®/Stateflow® 中建模。特别是该产品级代码生成器现在支持以下功能：通过明确的初始化语义简化了 Simulink 中的初始化

模式、通过总线分配模块使用总线轻松进行建模、Simulink/Stateflow 接口总线、Stateflow 动作语言中的结构、使用信号转换模块等。新版本还为代码生成器功能提供了重要附件。MISRA-C:2004/MISRA-C:2012 合规性和代码效率已得到改善，TargetLink 强大的功能重用机制 (在不同项目中重复使用各种功能) 现在可用在增量代码生成中，不会损失任何性能。所引用的参数化模型或以增量方式生成的复用子系统均可使用该功能。您可以在 TargetLink 4.1 中使用符合 FMI 接口 (Functional Mock-up Interface) 标准 2.0 的 FMU 单元 (Functional Mock-up Units)，并将其

从 TargetLink 模型中导出。该标准适合从不同的建模环境进行模型集成和仿真。依据 Co-Simulation FMI 2.0 标准，您可以使用 dSPACE VEOS®、dSPACE SCALEXIO® 以及第三方实时离线仿真器来执行 TargetLink 生成的代码。 ■

如想了解 FMI/FMU 的更多内容，请访问 www.dspace.com/go/dMag_20153_fmi



将 FMU 单元从 TargetLink 导出至支持 FMI 的仿真环境中。

dSPACE 的车载工具

借助 dSPACE 开发工具发现新颖、有趣的应用

感知环境信息

作为 DESERVE 项目（安全和高效驱动开发平台）的一部分，开发人员为辅助驾驶系统设计了一个同时支持处理摄像头数据的开发平台。dSPACE 提供了 MicroAutoBox® 平台对 ADAS 算法进行原型开发，并通过一个强大的嵌入式 PC 和一个快速 Kintex®-7 FPGA 板扩展了该平台，以处理图像处理和数据融合算法。



基于摄像头的辅助系统可观测车辆周围情况，并感知与车辆驾驶相关的对象。



图像处理和数据融合算法借助 dSPACE 专门的原型平台进行开发。

高速公路上自动驾驶

宝马公司的一项技术研究展示了真实公路交通中的高度自动化驾驶。所展示的车辆配有各种传感器，包括雷达、摄像头、激光扫描仪和超声波传感器等。dSPACE 软件和硬件帮助控制车辆，使其符合交通法规并适应新的交通状况。



图片来源：宝马

高度自动化驾驶意味着成功掌控了各种交通状况。www.dspace.com/goldMag_20153_BMW



图片来源：宝马

ControlDesk 属于原型车中安装的自动驾驶设备的一部分。

自动驾驶速度 160 km/h

奥迪公司使用奥迪 RS7 研究自动驾驶的各个方面。该车在试车道上掌握了许多不同的高速驾驶操控技术，例如紧急制动和躲避障碍。dSPACE MicroAutoBox 在其计算驾驶指令方面发挥了关键作用。



图片来源：ARD-aktuell

奥迪 RS7 在试车道上高速行驶。
www.dspace.com/goldMag_20153_ARD

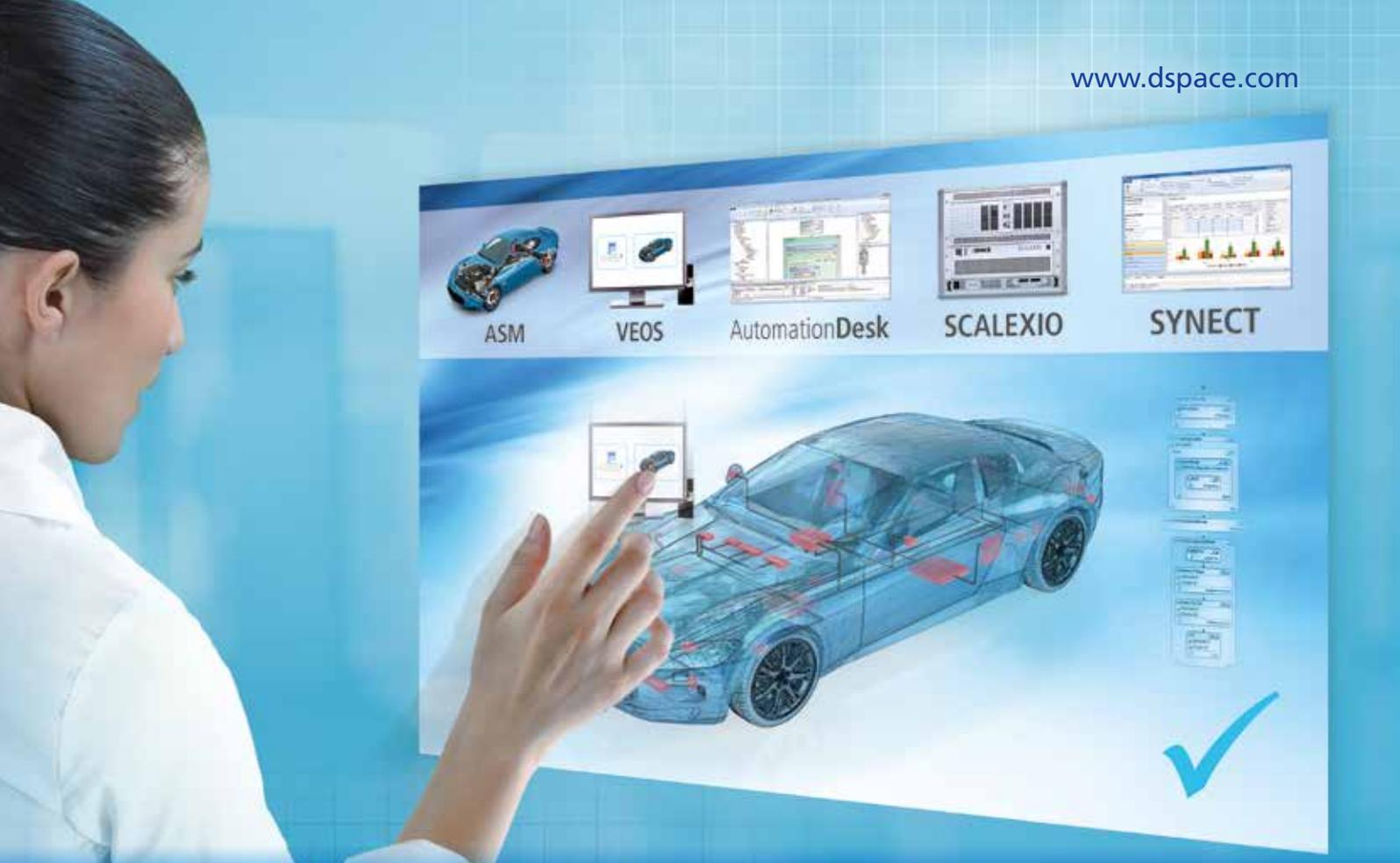


图片来源：ARD-aktuell

dSPACE MicroAutoBox 是车辆控制的核心部件。



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_20153_REF_C



ASM
SCALEXIO
AutomationDesk
SYNECT
VEOS

测试领域 – dSPACE

对于先进驾驶辅助系统、自动驾驶车辆和 Car2Car 通信，这些更复杂的系统需要数百万行代码，而创新和测试周期则变得越来越短。目前您如何验证新功能呢？而且在不久的将来又该如何验证呢？dSPACE 测试工具可实现尽早验证：无需 ECU 硬件原型的 PC、小型至大型硬件在环测试系统、开放式仿真模型、图形化测试描述以及集中式测试数据管理。对于先进驾驶辅助系统、动力系统、车身或其他应用领域，dSPACE 都有解决方案！

更多产品信息请访问
www.dspace.com/go/testing

Embedded Success **dSPACE**