

dSPACE MAGAZINE

2019 年第 1 期

大众汽车公司

通过虚拟开发和控制单元
测试提高效率 | 第 26 页



戴姆勒公司 – 快速、可靠且自动化的新软件集成 | 第 6 页

密歇根理工大学 – 经济型车辆的协同控制策略 | 第 22 页

Fiat Chrysler Automobiles (FCA) 的传感器优化

我们常说,多大于一但在汽车组件方面,则是一大于多。因此,FCA US 已开始整合摄像头和雷达传感器,以实现自动紧急制动 (AEB) 系统。对于 2019 款 Jeep 牧马人 SUV 和全新的 2019 款 Ram 1500 皮卡车,我们进行了重新设计,将两种技术都安装在靠近后视镜的单个组件中。



“整合摄像头和雷达将有助于AEB功能的进一步优化,进而能够更好地为客户提供支持。dSPACE 工具可以加速此项技术的开发。”

FCA 北美地区产品开发主管, Phil Jansen



“助力成功之路。”

尊敬的读者，

去年 3 月份，我加入了 dSPACE 执行管理团队，直到今日我都非常激动。我们的行业现在正处于一个不断变化的重要时期。我曾与公司创始人 Herbert Hanselmann 先生以及其他同事们对此进行过讨论，但是通过与客户的交流和对话，我对这一点更确信了。无论是现在还是将来，我都非常重视直接与客户进行个人交流的机会。几个月以来，在与客户的多次讨论中，我明白了多年来 dSPACE 能够一直如此成功的秘诀。通过与 dSPACE 的合作，几乎所有客户都能够成功推出新一代产品。我希望加强这种客户合作伙伴关系。我还了解到，客户非常欣赏我们的软硬件产品，并对合作项目的可靠性和卓越品质赞赏有加。这些优势将继续作为我们合作的基石，帮助我们共同打造双赢局面。不断进步是我们发展中的重中之重。驾驶出行的整体商业新模式以及电动汽车和自动驾驶中日益复杂的应用从根本上改变了架构和流程的要求。如今，系统开发的复杂性正在快速增加，待处理的数据量也会增加。所有这些变化不仅会对开发和测试

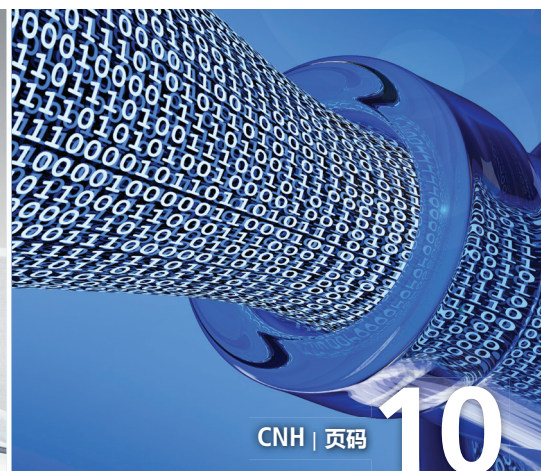
产生直接影响，还会影响到客户的需求和期望。dSPACE 的一位客户这样说道：“继 20 年前的 HIL 革命之后，我现在希望看到虚拟验证领域的另一场革命。”我们已经在研究和投资这些开发工作，本期 dSPACE 杂志中会有相关介绍。本期杂志中，大众汽车公司和 Case New Holland Industrial 的相关章节讲述了 dSPACE 虚拟验证工具是如何帮助他们取得成功的。在第 38 页，您将了解到我们新的仿真解决方案，用于推动自动驾驶汽车验证。为了及时为您提供最先进的创新成果，dSPACE 在不断增加投资和研发费用。例如，我们不断深入研究新的测试方法、云解决方案和人工智能。我们的目标是帮您优化当前的仿真和验证开发项目，并提供最高效的支持。只有通过您的密切合作才能帮助您管理复杂项目，同时缩短项目开发时间。我们的首要任务是在成功道路上助您一臂之力！

Martin Goetzeler



戴姆勒 | 页面

6



CNH | 页码

10



YANMAR | 页码

18

出版商

dSPACE 杂志由 dSPACE 公司定期出版：

dSPACE GmbH · Rathenaustraße 26
 33102 帕德博恩 · 德国
 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：Stefanie Koerfer 博士、Ralf Lieberwirth、
 Lena Mellwig、Gerhard Reiß 博士、
 Patrick Pohnsberg、Sonja Ziegert

本期杂志合作伙伴：

Alicia Garrison、Sebastian Graf、Sven Flake、
 Holger Krumm、Michael Lagemann、
 Caius Seiger、Gregor Sievers、
 Christopher Wiegand

编辑和翻译：

Robert Bevington、Stefanie Bock、
 Anna-Lena Huthmacher、Stefanie Kraus

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：大众汽车公司

© 版权所有 2019 留所有权利。

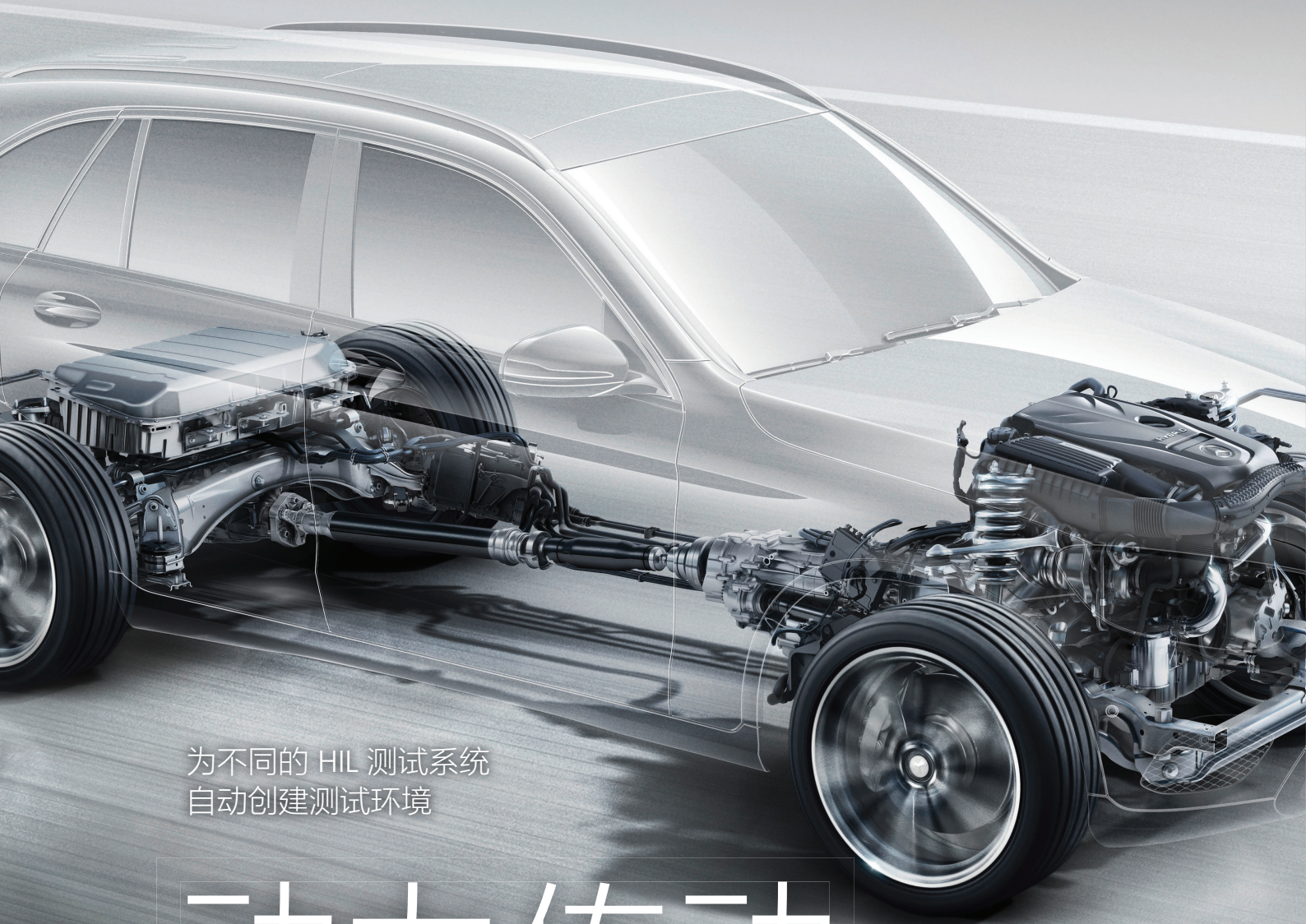
对本出版物全部或部分内容的复制，必须先获得
 书面许可。任何此类复制必须注明出处。dSPACE
 将会不断地改进其产品，并保留随时更改本出版物
 所含产品规格而不予通知的权利。

dSPACE 是 dSPACE GmbH 在美国和/或其它国家/
 地区的注册商标。其它注册商标请参阅
 www.dspace.com/go/trademarks。其它品牌名称
 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



- 3 主编寄语
- 客户**
- 6 戴姆勒公司
一键执行动力传动系统测试
为不同的 HIL 测试系统自动创建测试环境
- 10 CNH
突破瓶颈
通过虚拟验证克服测试流程中的瓶颈
- 14 ZF
真实虚拟
根据车辆测量结果自动创建试车跑道和实际交通场景
- 18 YANMAR
定制化测试
高度灵活的 HIL 仿真器可满足各种农业车辆的测试需求
- 22 密歇根理工大学/GM
高效编队
协同和预测控制策略可提高自动化汽车的能效
- 26 VW
自然虚拟
使用软件在环测试有效验证虚拟 ECU
- 30 密歇根大学
从 3D 打印到 3D 极速打印
独特的算法使 3D 打印速度翻倍
- 34 WABCO
智能软件，智能卡车
开发安全关键型驾驶辅助系统的有效流程和方法
- 产品**
- 38 传感器仿真
目标捕获
通过真实的传感器仿真验证自动驾驶功能
- 46 自适应 V-ECU
自适应领域先锋
AUTOSAR Adaptive Platform 支持动态部署应用软件
- 商业**
- 48 咨询
高效流程 – 必然趋势
流程咨询 – dSPACE 产品组合新服务
- 简讯**
- 52 SCALESIO 系统创新
- 53 通过基于 SYNECT 的 HIL 测试自动化提高效率
- 54 TargetLink：为 Simulink 模型中的 MATLAB 代码提供支持
Embedded SPU 针对车载原型开发扩展了产品组合
- dSPACE on Board**
- 55 BMW：无人驾驶摩托车 VEDECOM：传感器有不足也能确保安全 MdynamiX：有源声音生成



为不同的 HIL 测试系统
自动创建测试环境

动力传动 系统测试

一键执行

为了快速安全地创建模型集成版本，如测试新动力传动系统，HIL 仿真器环境需要利用基于 dSPACE 数据管理软件 SYNECT 的工作流程自动化模块。

例如，针对先进内燃机和混合动力驱动，动力传动系统设计了新型架构方法，与此同时变体也在不断增加，对于开发人员和工具链管理者来说是一项重大挑战。为了确保高质量的动力传动系统，戴姆勒公司已通过硬件在环（HIL）测试进行了一段时间的系统验证。为了能够充分地复现和测试动力传动系统、整车、动态环境和网络架构之间复杂多变的交互作用，需要广泛且高度灵活的仿真环境。为此，要用到各种类型的 HIL 仿真器，这些仿真器都是通用配置，并且配备了所有项目所需的 I/O。这有助于根据各个项目要求快速调整特定配置。用户团队因此使用了基于外围高速总线（PHS）的 HIL 系统以及 dSPACE SCALEXIO HIL 系统。我们将多个发动机和变速箱 HIL 仿真器结合使用，用于各个国际地区（例如德国、印度和中国）的动力传动系统开发。当开发人员创建仿真模型时，以及在 HIL 场的所有仿真器构建过程中，他们需要访问一个位于德国的中央数据存储库。由于 HIL 测试环境和 I/O 模型新的集成版本必须在开发期

间进行安全有效的持续创建，并且需要考虑各种 HIL 测试系统配置，因而必须采用自动化方法。因此，这些所需的功能可以在基于 dSPACE 数据管理软件 SYNECT 的 Workflow Management (WFM) 解决方案中轻松实现。

为什么使用中央工作流程管理？

用于 HIL 仿真的模型由不同模块组合而成，这些模块由不同的开发人员进行开发。在测试中，相关模块必须进行适当的组合。我们可以通过构建工作流程的自动化对其进行实现。通常，以下工作人员必须通力协作：

- 发动机建模师
- 变速箱建模师
- CAN 建模师
- FlexRay 建模师
- I/O 配置师
- 工具链和框架管理员
- 集成人员

以上所有人员都可以使用不同的模型、模型模块和模型版本，模型源存储在中央数据存储库中（即 Apache Subversion）。为了创建新的集成版

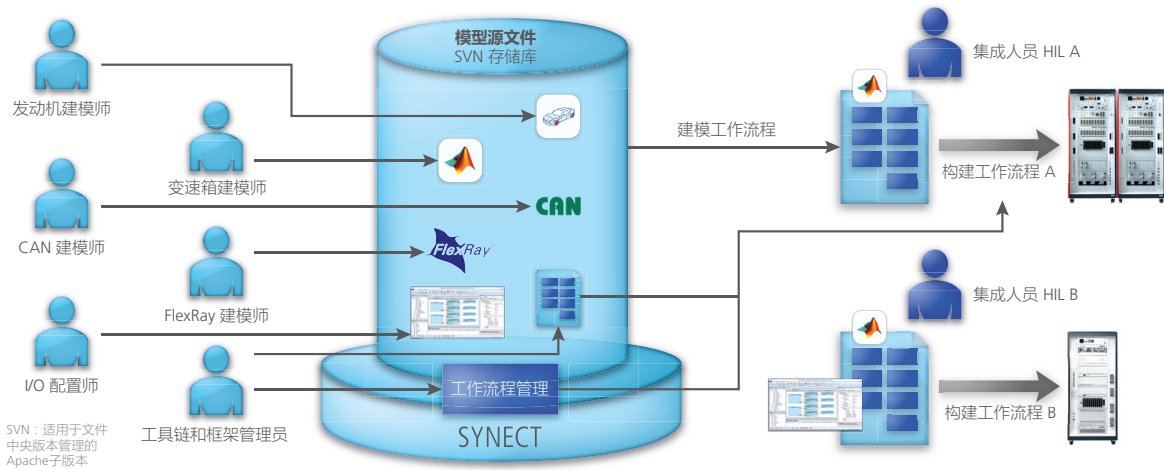
本，必须将各个模型模块根据具体情况集成到完整模型中。采用这种方式的优势是基于 SYNECT 的 Workflow Management 可以通过版本控制文件和直接的数据访问将构建过程所需的所有数据结合起来。例如，其中包括 HIL 测试所需的正确版本、参数和 HIL 仿真器。通过 WFM，集成人员可以使用工具快速执行自动化集成—所需的操作非常少，或者无需任何交互。这种方式还有其它优势。所有参与者不仅可以一站式访问模型，还可以自动处理 PHS 和 SCALEXIO 仿真器的 I/O 和总线。此外，还可以实现多重构建。这些构建能够自动为各种 HIL 配置按顺序创建多个可执行程序。

高效的工作流程

通过使用基于 SYNECT 的 Workflow Management 模块，开发人员不必手动执行复杂的模型集成。WFM 包含的工作流程无需任何用户交互，可确保数据的一致性。这些工作流程创建了版本可执行程序，用于 HIL 测试。这些可执行程序可以随时复现，因此可以追溯到基础模型源存储库的版本。这是直接了解如何获得测试

>>

基于 SYNECT 的 Workflow Management 模块可帮助用户自动创建各种车型的测试环境，用于全球各地的 dSPACE HIL 系统。



基于 SYNECT 的工作流程自动化使集成人员能够快速创建新的模型集成版本，用于 HIL 测试。

结果的必要前提条件。这种可追溯性是满足 ISO 26262 功能安全要求所必需的。在 dSPACE 的 WFM 模块中，单个工作流程包含多个步骤。这些步骤是 MATLAB M、Python 和二进文件特定配置环境中（或版本控制系统）的自动化小步骤。软件提供了多个已经配置好的步骤。当然，用户也可以自己创建步骤。对步骤进行排序就会产生特定的工作流程。定义步骤后，可将其用于多个工作流程。执行顺序可通过拖放操作进行指定。这些步骤可能被成功执行，也可能

出现错误。这些错误信息会包含在整个工作流程的结果检查中。如果执行不成功，则可运行查错程序。公司在基于 WFM 的 HIL 项目中，针对各个工作人员角色和应用场景定义了众多工作流程。例如，建模师的工作流程可用于打开建模环境。还有一些工作流程为集成人员提供整个集成环境，因此在必要时可以分析和改进版本可执行程序的功能。其它工作流程可在没有任何用户交互的情况下完全自动加载模型、执行分析并创建模型的构建 - 如果需要，还可利用一些已激

活步骤，将工作副本与版本控制系统 (release builds) 同步。所有工作流程均可用于基于 SCALEXIO 和 PHS 的仿真器，同时也可以用于基于 HIL 技术的特定自动化工具。工作流程在 WFM Starter 的帮助下启动。通过 WFM Starter，用户可以选择预定义的元素，例如项目和变体配置，以及待执行的工作流程。执行过程和执行结果以图形方式显示。创建 HIL 可执行程序时的另一个重要部分是多重构建。这些构建由在 SYNECT 中集中定义的任务进行生成。这些任务可以

Loïc Brouillard (左) 是 HIL 仿真器变速箱电子控制单元的项目负责人。Patrick Pfeil (中) 是 HIL 仿真器发动机电子控制单元建模和集成的项目负责人。二人均就职于位于斯图加特的戴姆勒公司。Christian Schmidt (右) 是 dSPACE GmbH 斯图加特项目中心的 HIL 工作组负责人。

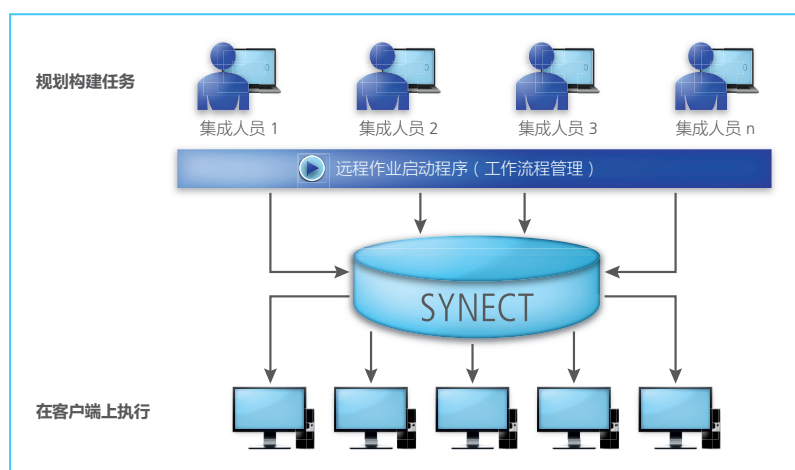
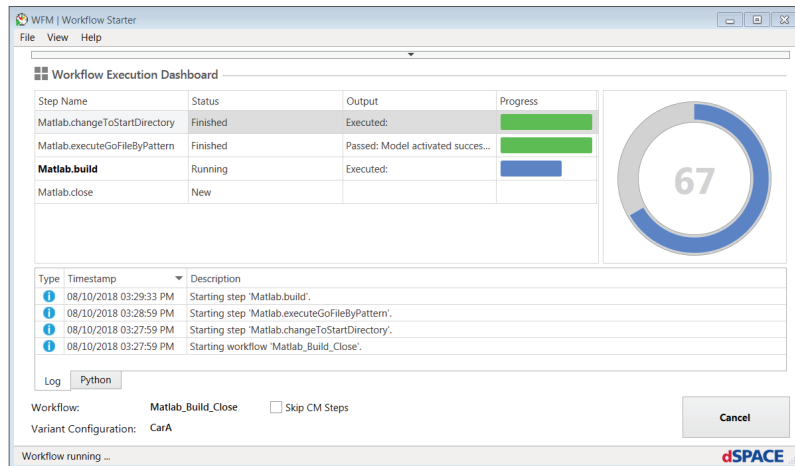
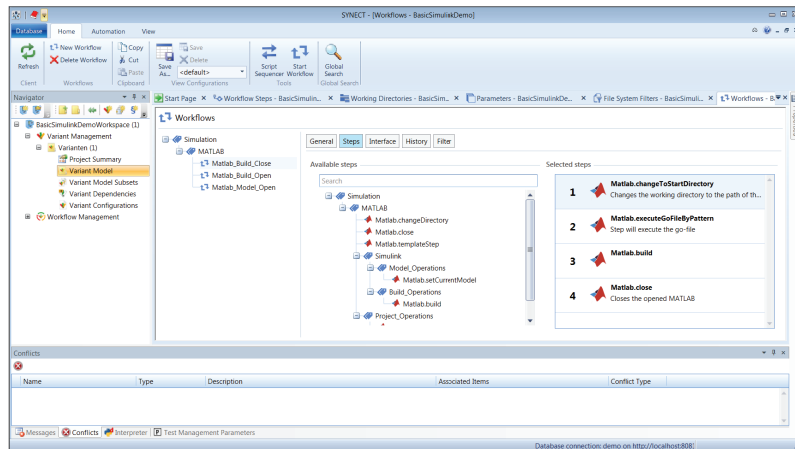


在进度表的帮助下进行配置，并且可以通过 Remote Job Starter 在客户端上启动执行。这样一来，在不进行手动操作时，客户端可以高效地进行远程作业。此外，任务还可以通过事件触发启动。而且，还可以使用专用于构建模型的上位机，定期或持续地基于引入版本管理系统的文件来创建构建。

总结与展望

基于 SYNECT 的工作流程自动化可确保自动创建动力传动系统开发领域中的仿真模型，用于基于 HIL 的测试。利用 WFM 可以实现模型创建和构建过程中的复杂任务。由于复杂性高且持续增加，手动程序是不可行的。创建模型期间，由工具支持的版本管理和可追溯性有助于满足 ISO 26262 的要求。未来的计划是进一步优化自动化，并结合使用新的 SYNECT 功能进行确认和验证。我们经验丰富的 dSPACE 工程师将一如既往地为用户团队提供支持。■

戴姆勒公司, Loïc Brouillard、Patrick Pfeil ;
dSPACE, Christian Schmidt



顶部：轻松选择工作流程自动化步骤。

中间：使用 Workflow Execution Dashboard 监控工作流程。

底部：通过在 SYNECT 中定义远程作业，构建模型的客户端可以在不进行手动操作的情况下被调用。

通过虚拟验证克服
测试流程中的瓶颈

突破 瓶颈

CNH Industrial 已为自己设定了目标，希望能优化其商用车辆和机器的 ECU 软件测试流程。该目标可通过结合 HIL 测试和虚拟验证来实现。因此，CNH Industrial 使用了 dSPACE 的 SCALEXIO 和 VEOS 平台。



能够

够更快速、更高效地执行软件测试对于 CNH Industrial 极为重要。

CNH Industrial 是一家多元化的公司，专注于为农业和建筑设备、卡车、商用车辆、公共汽车和专用车辆的设计、制造和销售，因此对众多并行项目中的开发步骤进行精准计时显得至关重要。如果可以在早期对新的软件更新进行测试，就能提早在生产线中实现新的功能和系统。因此，CNH Industrial 特别注重提高测试环境的效率。方法之一就是所选测试提前到开发的早期阶段。CNH Industrial 的硬件在环 (HIL) 团队通过软件在环 (SIL) 测试进行虚拟验证，以实现更快速、更高效的流程，进而测试电子控制单元 (ECU) 软件。

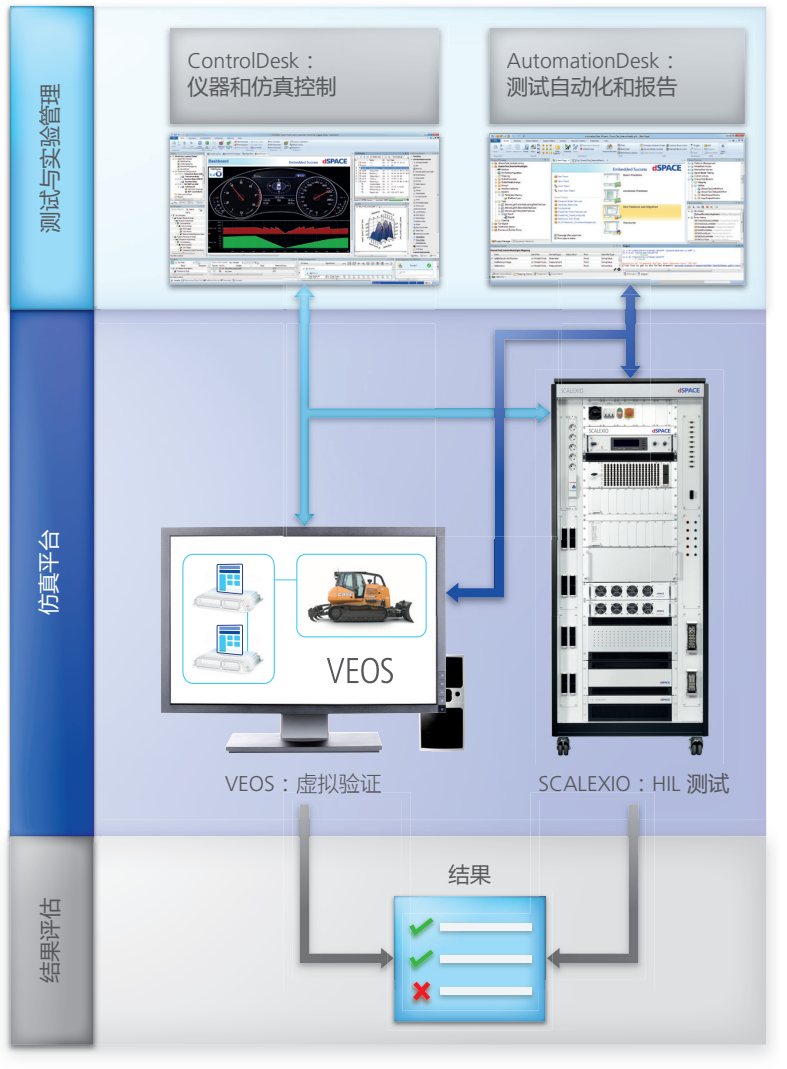
挑战：测试效率

HIL 团队负责测试 ECU 软件并发布相关的 ECU，用于拖拉机、联合收割机、农具和施工车辆。其中使用了 dSPACE 提供的 5 个基于 PHS 总线的 HIL 仿真器和 4 个 SCALEXIO 仿真器。HIL 系统设计工程师 Pedro De La Torre 称，寻找优化的测试解决方案主要为了解决测试设计和测试阶段出现的几个瓶颈问题。De La Torre 解释说：“创建新的测试项目时，在现场

安装 HIL 仿真器和物理线束等设备前，无法验证和确认测试。特定 ECU 的测试会因此延迟。”所有测试还涉及另一个问题：De La Torre 说道：“如果不同车型推出了新的软件版本并需要测试，我们必须等到当前测试完成后才能继续进行下一个测试。这些限制给项目管理带来了巨大的挑战，因此我们急需更高效的流程。”

解决方案：虚拟验证

为了克服这些挑战，HIL 团队找到了优化整个软件 and 应用程序开发流程的方法：通过虚拟验证，团队成员在开发阶段可以执行更多测试，加快测试流程。这将会使软件发布更快、更频繁。此外，HIL 团队还使用了基于 PC 的仿真平台 dSPACE VEOS。dSPACE VEOS 的优势在于能相对容易地复用现有的 HIL 测试，而且还可以在 HIL 仿真器上复用通过 VEOS 创建的新测试。De La Torre 解释道：“通过 VEOS，我们可以在 HIL 仿真设备到达之前开发、调试和验证新的测试项目。这意味着我们可以在设计过程的早期阶段开始测试软件。”他补充道，通过虚拟验证，他们可以并行执行多项任务：通过使用 VEOS，他们可以同时处理多个软件版本，而在过去只能处理一个版本。例如，在对一 >>



用于验证控制单元软件的工具链设计。测试平台 VEOS 和 HIL 仿真器可与相同的测试环境并行使用。

台车辆的软件版本执行测试时，可以同时更新和准备另一台车辆的软件版本测试。De La Torre 继续说道：“由于使用 PC 上运行的软件即可执行 VEOS 的虚拟验证，并且可以并行测试运行，因此我们可以在更短的时间内实现更多测试。”此外，由于 SIL 和 HIL 仿真可与不同的软件功能测试并行执行，因此虚拟验证能帮助缩短测试持续时间。这为调试当前软件版本和测试下一个版本留出了更多时间。

设置虚拟验证

HIL 团队通过 7 个月的研究，终于实现了 VEOS 的高效利用。在这段时间内，他们花了 4 个月来评估 VEOS 并了解其功能和作用。剩下的 3 个月时间用来调整 HIL 被控对象模型的界面和开发生成虚拟 ECU 的程序，因此控制器和被控对象模型可与 HIL 仿真器和 VEOS 一起使用。利用 dSPACE ControlDesk 和 AutomationDesk，HIL 团队可以对测试进行小幅改进，以便

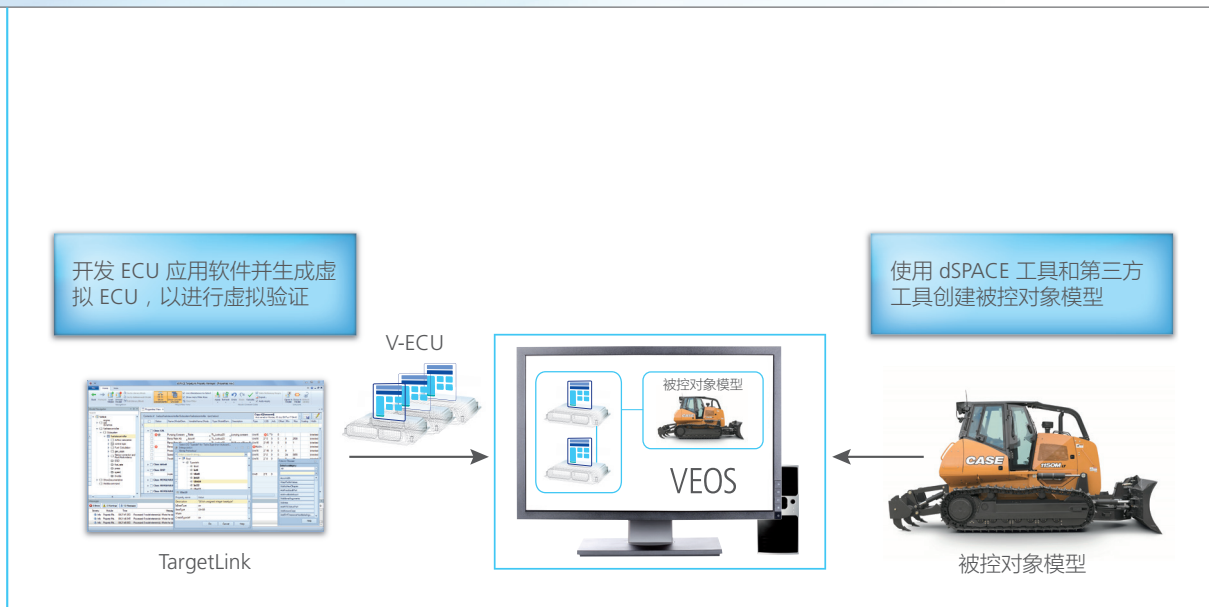
搭配使用虚拟平台和 HIL 平台。基于这些小幅改进，我们能够通过 VEOS 复用 HIL 测试中的重要工作流程和工作技术。

创建虚拟 ECU

全面虚拟验证的一个重要前提条件是使用虚拟 ECU (V-ECU)。这些虚拟 ECU 包含最终控制单元的所有软件组件和功能。为了创建 V-ECU，CNH Industrial 使用 TargetLink 产品级代码生成器。De La Torre 解释道：“TargetLink 在我们的软件开发过程中发挥着重要作用。通过 VEOS 仿真测试，TargetLink 新增了虚拟验证中 V-ECU 生成的功能。这实现了与 VEOS 的无缝集成和始终一致的构建流程。就 HIL 团队而言，这也最大限度地减少了软件的更改工作。”为了解决可能存在的软件问题，HIL 团队与软件开发人员密切合作。这确保用于 VEOS 的 V-ECU 所包含的全部功能也可在 ECU 软件中找到。一些协同工作中还将比较 V-ECU 和 HIL 仿真测试的测试结果，以确定其行为是否匹配。

列出并比较结果

当前项目正在使用虚拟验证来测试 CASE Wheel Loader 系列。在此基础上，可以派生出适用于不同平台的典型应用场景：虽然纯功能测试主要在 VEOS 中运行，但时间依赖型功能测试、物理和电气属性测试以及压力测试均在 HIL 系统上执行。最后，使用 HIL 仿真器对软件进行完整测试，然后与 VEOS 的测试结果进行比较。这样便可确定 VEOS 测试是否可以进一步扩展和优化，从而最大限度地利用 VEOS 来扩大测试覆盖范围。De La Torre 总结道：“这有助于我们更好地利用 HIL 测试时间，因为它消除了主



TargetLink 产品级代码生成器能够通过 VEOS 生成用于虚拟验证的虚拟 ECU。

要的测试瓶颈，在处理测试以及加速测试方面给予我们极大的灵活性。HIL 仿真专用的软件功能越少越好，因为我们随后需要与 VEOS 并行运行更多测试。在初始项目中，与正常 HIL 执行过程相比，VEOS 将测试执行时间减少了 22%。”

结论

错误发现的越早，纠正错误的成本效益就越高；并行运行的测试越多，测试阶段就越短。在 VEOS 的帮助下，可以将测试前置，并行执行，并集成到开发过程中。De La Torre 总结道：“未来我们可以更快速地开发

ECU 软件，因为 VEOS 能够提高软件开发流程各个方面的效率。” ■

资料由 CNH Industrial 友情提供。



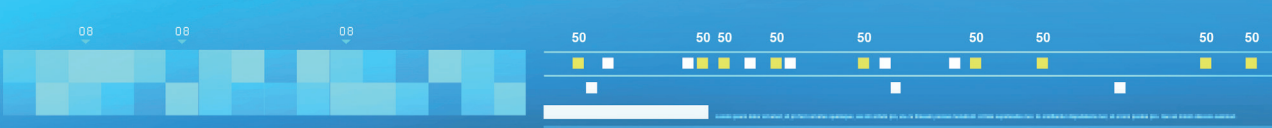
“未来我们可以更快速地开发 ECU 软件，因为 VEOS 能够提高软件开发流程各个方面的效率。”

CNH Industrial, Pedro De La Torre

CNH Industrial 的农业机器应用实例。



00.0008



真实 虚拟

根据车辆测量结果自动创建试车跑道和
实际交通场景

如果车道之前从未进行过任何驾驶测试，则如何在此车道上进行车辆测试？采埃孚技术小组在开发过程中使用基于地图数据和车辆测量结果的虚拟流程对车辆功能进行测试。他们使用 ASM 工具套件，真实地仿真了这种虚拟流程。

005



为了满足未来的出行要求，车辆必须能够作出具有预测性的反应，并与其行驶环境互联。驾驶辅助功能在驾驶时为驾驶员提供支持。在未来，自动驾驶功能将承担所有驾驶任务。因此，真实道路及其诸多变量成为了执行与客户相关功能测试的理想场所和重要依据。但是，现实中的影响因素都是随机的，要在完全相同的条件下执行两次驾驶测试几乎不可能。为了重现主动动力传动系统的各种实际影响，采埃孚公司将相关的车载测量结果传输到虚拟场景。这样就可以从参考路线生成驾驶配置文件。但是，如果要分析某条路线上的驾驶行为，则必须先使用合适的测量设备测量实际路线。这可能需要花费大量的时间和金钱，尤其是当路线不在附近时。因此，该流程还必须使用数字地图中的数据来生成场景。这些场景不仅必须包括具有相应海拔信息的实际道路，还包括周围的交通状况、其他道路使用者（例如行人或骑车者），以及障碍物、标志、交通信号灯等。

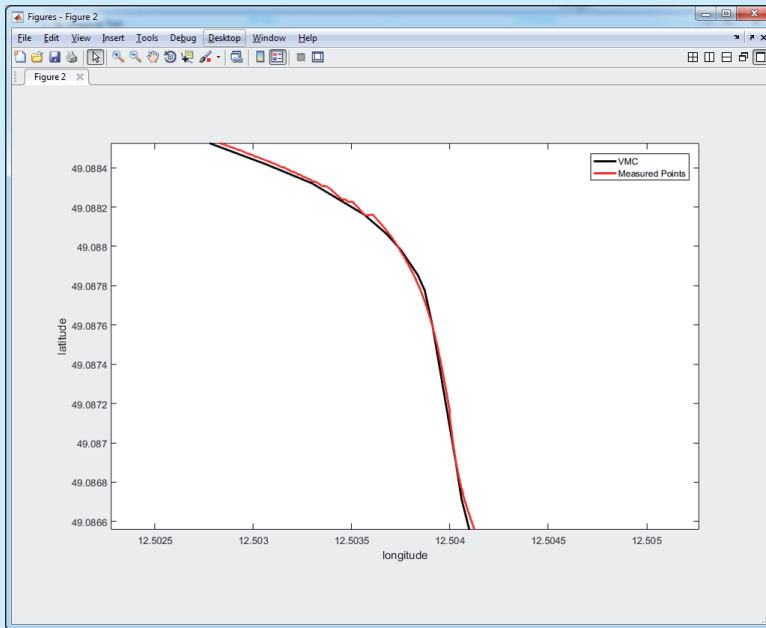
虚拟车道

不仅可以使高精度车辆测量或智能手机记录生成路线，还可以通过在地图上设置几个航路点或通过输入起点和终点来定义试车道。如今，定位通常通过全球导航卫星系统 (GNSS) 进行。由于 GNSS 测量通常会产​​生噪声 (阴影、衰减)，因此有必要立即优化地理坐标。通过地图匹配将记录坐标与详细地图上的数据进行比较，并从地图中选择合适的道路。

采埃孚公司使用由 Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics 开发的 Virtual Measurement Campaign (VMC[®]) 工具。VMC 能够进行地图匹配并直接定义路线。我们可以使用 dSPACE 转换器导入地图数据，转换器可将数据转换为 dSPACE Automotive Simulation Model (ASM) 工具套件的路段。例如，可以根据从 OpenStreetMaps (OSM) 导入的数据，将有关法定速度限制和交通信号灯的位置等详细信息自动添加到路线中。随后，可使用参考数据，如道路的横向坡度，进一步优化车辆测量结果。我们可以选择不同的驾驶员类型来生成不同的驾驶模式，也可以区分开阔道路以及中高交通密度路段。这使得对驾驶行为的影响变得很容易。

各种测试场景

生成的场景是 ASM 车辆动力学仿真的基础。虚拟驾驶测试的场景是根据虚拟环境的规范和其他道路使用者的变化而创建的。这些影响和变化十分清晰，因此可以仔细查看单独的效果。虚拟道路或虚拟道路网络可在 ModelDesk 中使用，ModelDesk 是 ASM 的参数化软件，并可进行预览。ModelDesk 提供了 Scenario Editor，定义被测车辆的驾驶操控，并可根据需要定义周围的交通。对于参考路线上的行驶，它还能够定义路线的参考速度。这可直接在 ModelDesk 中完成。如果还需要考虑周围的交通状况，则必须定义被测车辆的起点和终点 (自行车)，并定义自行车环境中执行已定义操纵的目标车辆的轨迹。 >>



左侧：试车道的精确坐标（蓝色）是通过地图匹配根据噪声测量值（橙色）确定的。中间：为便于比较，路线显示在 OpenStreetMap 中。（包含 OpenStreetMap (OpenStreetMap.de) 提供的信息，可在该处的开放式数据库许可协议 (Open Database License : ODbL) opendatacommons.org/licenses/odbl/ 中找到。）

“我们依靠 ASM 工具套件对变速行为和变速箱效率进行基于实验和仿真的高精度分析和评估。”

采埃孚公司, Oliver Maschmann

在测试台架上

前文《虚拟扭矩》(dSPACE Magazine 2018 年第 1 期第 36 页) 介绍了如何使用 ModelDesk 将采埃孚公司内部模型集成到整车的仿真中。将动力传动系统的高精确度模型和环境的多用途场景与车辆动力学仿真相结合,可实现实际分析和评估,以便工程师检查试驾过程中产生的影响。此外,还可以使用更复杂的测

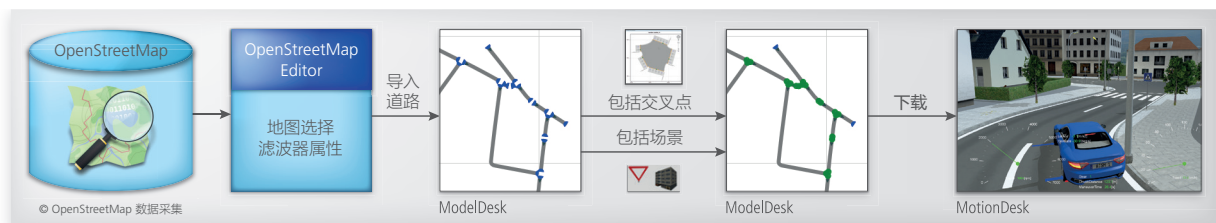
量数据在测试台架上执行测试,从而获得更实用、更可靠的结果。因此,在开发过程中尽早使用虚拟驾驶场景是很有必要的。

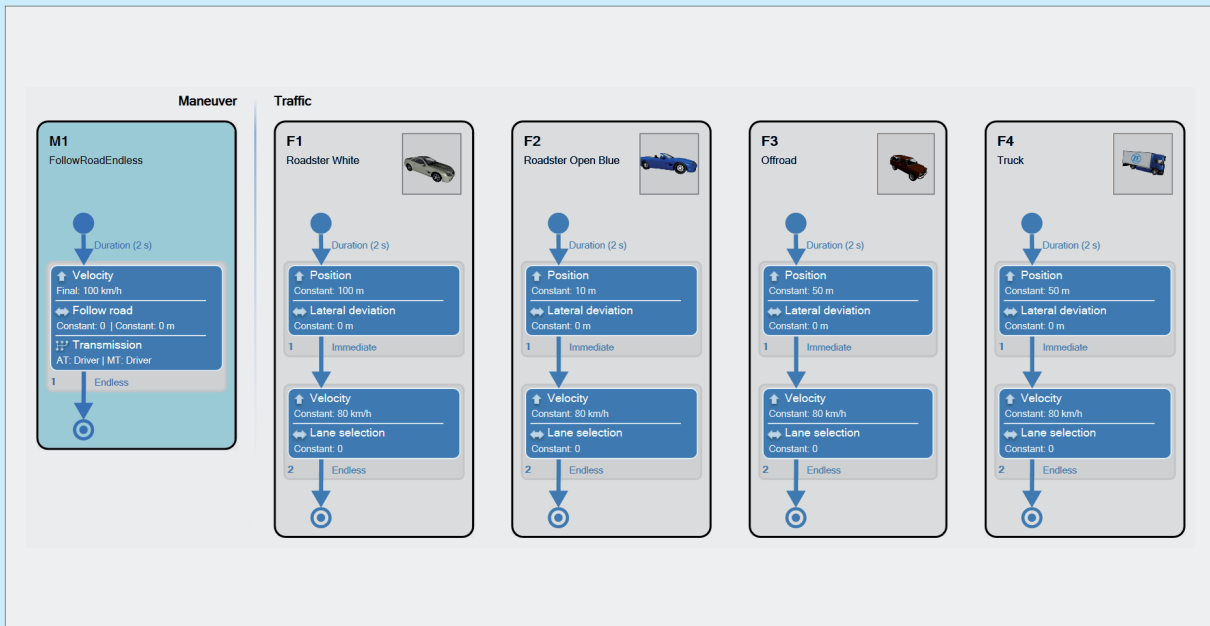
评估和后续措施

流程和工具链具有足够的灵活性,可以处理智能手机上的跟踪应用程序或高精度 GNSS 数据记录器记录的 GNSS 坐标。跟踪应用程序是一种极

为高效的方法,可用于快速分析和验证现场测试的问题报告。这为分析和纠正潜在错误提供了一种新的更快、更便宜的方法。这些分析也可以在基于 PC 的仿真平台 VEOS 上执行。其它 dSPACE 工具,例如 Control-Desk 和 AutomationDesk,可用于执行测试和评估数据。虚拟测试和分析工具使基于 PC 的仿真成为分析效果和优化算法的首选工具。这需要高度准确

从 OpenStreetMap 数据生成道路的工作流程。





Scenario Editor 可用于定义被测车辆的轨迹，以及周围交通轨迹。

“对动力传动系统进行全面、逼真的仿真非常简单，因为通过ASM，我们可以同时使用车辆测量结果和综合生成的周围交通环境。”

采埃孚公司, Oliver Maschmann

的数据和模型，而这两者均可通过地图匹配和 ASM 工具套件实现。与道路驾驶测试相比，这具有决定性优势：虚拟测试具有可复现性，能够快速进行且经济高效。在分析中添加其它变量也非常容易，而在道路测试中只能使用测量设备来实现。此外，仿真还能够为机电测试台上的负载测试提供支持。采埃孚公司已使用了这些测试台架，目前正在设置新一代的测试台架，希望能够充分挖掘这些工

具链的潜力。将 VEOS 仿真平台替换成 dSPACE SCALEXIO 系统之后，我们可以在测试台架上轻松地复用数据、模型和工具。采埃孚公司和 dSPACE 对工具链验证进行了合作研究。这为未来开发开辟了新的可能性，例如，其可为车道转弯引发的视觉盲区问题提供解决方案。■

采埃孚公司, Oliver Maschmann

Oliver Maschmann

Oliver Maschmann 任职于采埃孚公司（总部设在德国腓特烈港），负责设置高动态响应测试台架。





高度灵活的 HIL 仿真器可满足
各种农业车辆的测试需求

定制化 测试

电子设备和软件已成为当今农用车辆创新的核心助力。随着测试范围和数量的不断增加，现在开发人员在开发软件时面临着巨大的挑战。日本农业机械制造商 YANMAR 通过全面的 HIL 仿真解决了这些挑战。该仿真系统基于 SCALEXIO 和其它 dSPACE 产品。



来源：© YANMAR CO., LTD.



来源：© YANMAR CO., LTD.

由于人口不断增长，粮食需求也随之增加。然而，耕地面积有限，且农业人口逐渐减少。如今，提高土地和劳动生产率已成为农业的紧迫挑战。日本制造商 YANMAR 致力于通过公司产品（例如拖拉机、收割机和种植机等）解决这些难题。具有高效率的功能性农用车辆有助于缩短劳动时间，最大限度减少损失并提高产量。

高性能易用型收割机

水稻收割机具有收割、脱粒和谷物分离的组合功能。它们还针对水稻耕作进行了优化，实现了高速度、低损失的收割方式。尽管功能有些复杂，但多亏这些功能（图 1），YANMAR 水稻收割机不仅易于使用，操作起来也很轻松。线控转向系统就是其中一项功能，其可为驾驶员提供如乘用车般的直观感受。根据驾驶员转动方向盘的幅度，车辆可调整驾驶方向和两条履带的速度，进行平稳移动，实现轻微转向和急转向等操纵。因此，车辆能够沿田间车道顺畅行驶。另一个示例是自动底盘。自动底盘可使车身保持水平，即使车辆底盘在松软的稻田上发生倾斜，也可在收割和谷物分离期间发挥最佳性能。谷物分离自动调整是最新车型的一项功能。稻壳筛是一种将米粒从稻壳中分离出来的装置。收割损失随筛孔和操作期间的收割速度（车辆速度）不同而变化。

来源：© YANMAR CO., LTD.

传感器检测稻壳筛末端的损失量，系统会根据返回的数据自动调整两个参数，以最大程度减少收割损失。通过监视器，驾驶员可以观察调整后收获损失的减少情况。

软件开发人员面临的挑战

电子设备和软件已成为开发这些创新农业车辆的核心助力，现在 YANMAR 的软件开发人员在创新引入中扮演着重要角色。全面的测试和验证带来更大的工作范围和工作量，而开发人员必须立即克服多个挑战：首先，他们必须在车辆进行驾驶测试之前消除总误差，因为对于某些类型的车辆，只能在有限的时间段内进行实际驾驶测试。例如，如果在收割机驾驶测试过程中出现任何问题，会对软件版本进行返工，可能失去在收割季节进行重新测试的机会。其次，他们必须在复杂的工作条件下测试车辆，例如不同的稻田环境或多种水稻类型。在实车测试中，复现这些复杂工作条件将会非常耗时且成本高昂。

快速设置 HIL 仿真器

为了满足这些要求，YANMAR 选择采用 dSPACE SCALEXIO 的硬件在环 (HIL) 系统。HIL 仿真器能够在没有真实机器的情况下测试电子控制单元 (ECU) 的所有功能，并可以覆盖各种工作条件下的车辆操控。YANMAR 分两步引入了 HIL 系统：

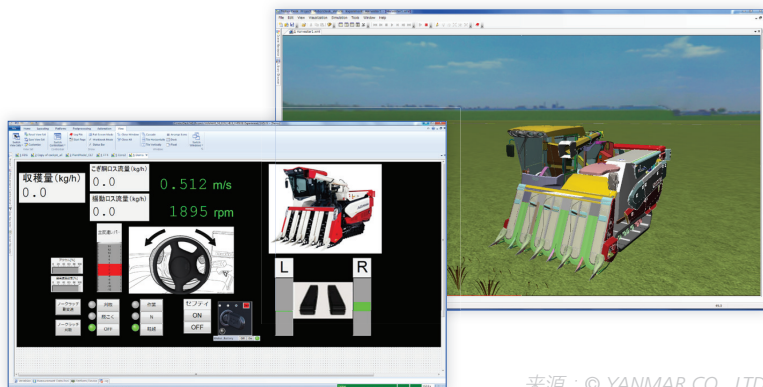
>>



来源：© YANMAR CO., LTD.

图 1：YANMAR 水稻收割机有许多实用功能，例如用于低应力平稳操作的 Steer-by-Wire System 系统（顶部）和用于保持车身水平（中心）的自动底盘。自动调整谷物分离是该公司最新车型的功能：由滚筒脱粒的谷粒通过谷壳筛分离，我们可以对谷壳筛进行调整，最大程度减少收割损失（底部）。

图 2：YANMAR 使用 ControlDesk（左下角）为 HIL 仿真创建直观的用户界面。MotionDesk（右上角）对用户输入所产生的实际车辆运动进行可视化。



来源：© YANMAR CO., LTD.

首先，公司在 2015 年为一台拖拉机调试了仿真环境。此配置中包括中央处理器机柜、和用于发动机、车辆控制系统和显示仪器的 3 个 I/O 机柜。随后在 2016 年，还增加了两个 I/O 机柜用于收割功能测试。通过将 I/O 板卡添加到 I/O 机柜，该系统最终从物理层面上涵盖了所有 ECU、总线系统和车辆电子负载。

复杂的软件工具

在虚拟模型层面上，YANMAR 还是会依赖于自己的汽车库和环境模型库，但公司使用 dSPACE Automotive Simulation Models 模型 (ASM) 的柴油发动机和排气装置库来对柴油发动机和尾气后处理进行仿真。这些库非常完美地集成于 YANMAR 模型。整个模型可以分配到多个处理器内核上进行仿真计算，以优化计算时间。为了监控 HIL 仿真，YANMAR 使用了 dSPACE 的 ControlDesk 和 MotionDesk。ControlDesk 为测试工程师提供可编辑的虚拟仪表和直观的用户界面，而 MotionDesk 让他们能够在 3D 环境中实现仿真车辆运动的可视化。为了进一步减少工作量，HIL 测试也可以在很大程度上实现自动化。这可通过 dSPACE AutomationDesk 实现。YANMAR 在 dSPACE 的协助下建立了测试自动化框架。该框架使他们能够快速迭代新的测试案例，在这些案例中，他们只需更新测试参数即可，例如给定的输入和预期的输出信号。

高度灵活的多车辆和多域系统

同时, YANMAR 还使模块化 SCALEXIO HIL 系统更加灵活。YANMAR 不使用针对特定功能的定制化 I/O 机柜, 例如发动机或车辆组件, 而是使用标准化的 Master I/O Racks 机柜, 其中每个机柜都具有完全相同的硬件接口。Master I/O Racks 机柜的各种组合能够应用于所有的 YANMAR 农业车辆。根据新产品发布的计划, 被测车辆类型会时刻变化。如果有足够数量的 Master I/O Racks 机柜, 开发人员可以使用它们精确设置当前任务所需的 HIL 系统(图 3)。

优势与展望

灵活且可扩展的 dSPACE SCALEXIO 系统能帮助 YANMAR 快速设置 HIL 仿真器。从订购到 2015 年底第一次车辆调试只用了六个月。HIL 仿真和自动化测试揭示了隐藏的软件缺陷, 无需真实机器, 从而减少了测试的工作量, 使开发人员可以更专注于错误分析。成功引入拖拉机和收割机之后, YANMAR 为公司的很多农业车辆也配置了 HIL 系统。更加灵活的 Master I/O Racks 机柜使 YANMAR 开发人员能够自行设置 HIL 系统。这些机柜还可用于测试创新型功能, 例如拖拉机的自动驾驶。最后, 基于高效的仿真解决方案, 农业车辆能够与现代公路车辆在一个新领域齐头并进。■

本文已获得日本 YANMAR CO.,LTD. 的许可



一套标准化处理器/电源机架和主 I/O 机架

来源: © YANMAR CO., LTD.

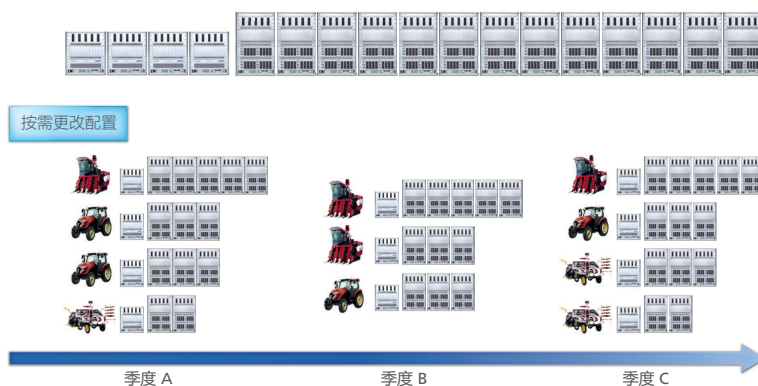
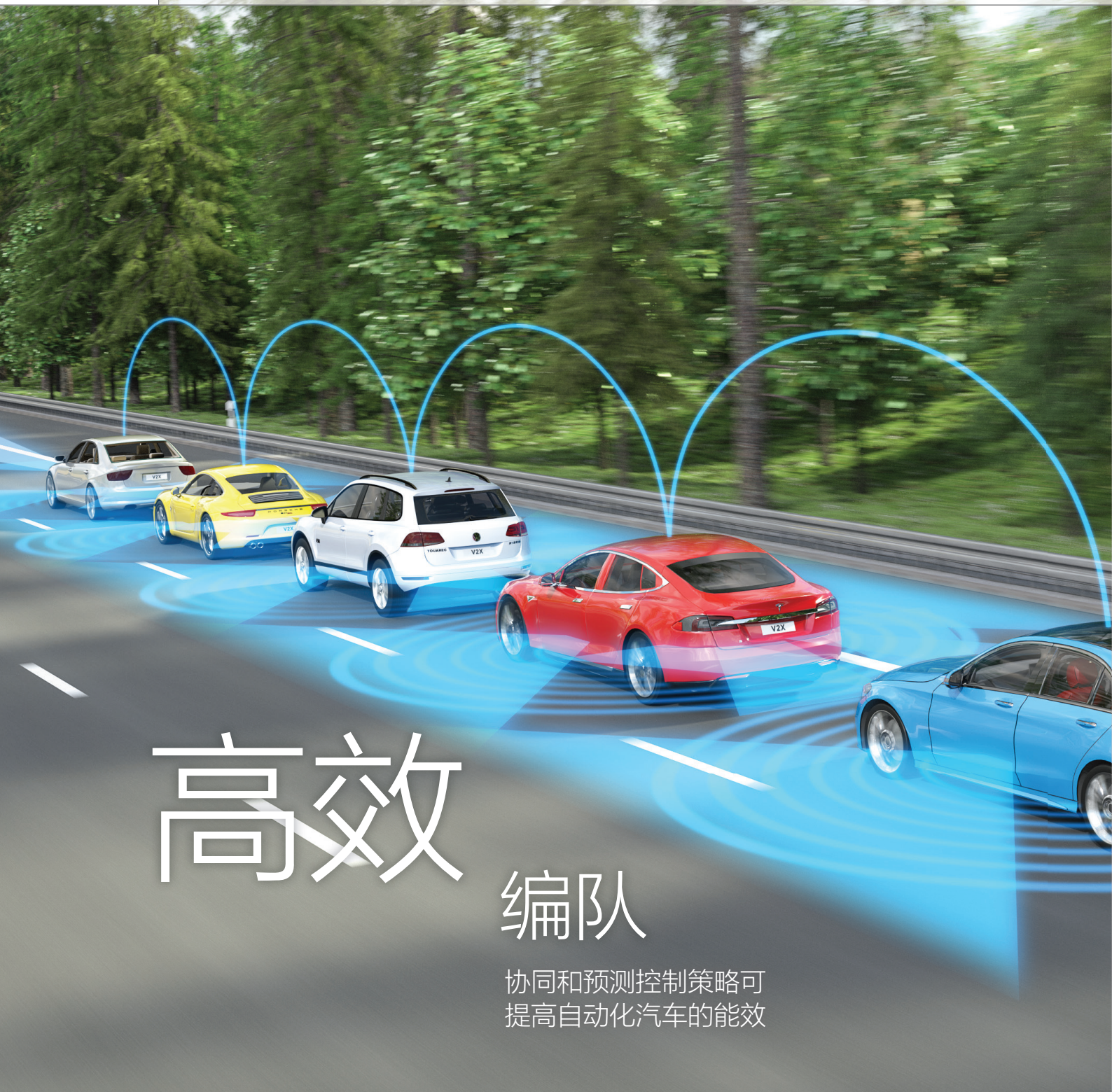


图 3: YANMAR 最初将特定于任务的 I/O 机架用于 HIL 仿真, 但现在他们只使用相同的 Master I/O Racks 机架。农用车辆的每组功能都需要一定数量的 Master I/O Racks 机架。



“灵活、高度可扩展的 SCALEXIO 系统和 dSPACE 的高级软件工具使得我们的 HIL 仿真十分高效。”

日本 YanMAR CO., LTD. 电子控制开发部开发规划部软件小组经理, Isao Takagawa 博士



高效 编队

协同和预测控制策略可
提高自动化汽车的性能

学术界和工业界的研究人员正在合作开展项目，旨在提高电动汽车的能效，从而使其能够降低能耗并延长行驶里程。项目成功的关键在于创新互联和自动化优化。现在，项目团队正在全面开发和测试包括 V2X、编队和节能路线在内的多种技术。MicroAutoBox 和 ControlDesk 在此项研究中发挥着重要作用。



密

密歇根理工大学先进动力系统实验室 (APS 实验室) 的学生和教师与通用汽车 (GM) 公司一起参与了 NEXTCAR 项目, 他们致力于通过无人驾驶技术提高汽车能源效率。NEXTCAR (Next-Generation Energy Technologies) 指的是一种新型能源技术, 适用于联网的自动驾驶车辆。这是由美国能源部高级能源研究计划署 (ARPA-E) 资助的一项计划。ARPA-E 目前资助了十个创新型 NEXTCAR 项目, 旨在将量产车的能耗降低 20%。2017 年, ARPA-E 的项目管理人员选择让密歇根理工大学开展一项为期三年的项目, 该项目的英文全称为 Connected and Automated Control for Vehicle Dynamics and Power Train Operation on a Light-Duty Multi-Mode Hybrid Electric Vehicle (用于轻型多模混合动力电动汽车车辆动力学和动力传动系统操作的联网和自动控制)。密歇根理工大学与 GM 一起开发了一些概念, 这些概念将使联网的电动汽车车队实现智能操作, 同时降低整体能耗。为了实现这一目标, 研究人员采用了最新的车载传感器以及车辆互联技术, 例如车辆到车辆 (V2V)、车辆到基础设施 (V2I) 和车辆到所有物体 (V2X) 等。

开发精心编排的车队

密歇根理工大学运营经理 Chris Morgan 说道: “该项目的目的是使用创新技术, 例如自动化车辆、V2I、V2V 和传感器等, 改善现代车辆的能耗。”Morgan 进一步说道: “我们如何才能使自动化汽车行驶更具能效, 甚至比专业驾驶员更高效? 这是我们项目的重点。”为了演示自动化汽车如何通过降低能耗和排放量来提高运行效率并实现优化, 项目团队组建了一支由 8 辆雪佛兰 Volts 组成的车队, 并配备了传感器和控制装置, 以启用自动推进功能, 并提供先进连接以支持车辆之间的通信。项目团队还建立了一个移动实验室, 可以与车队一起行驶, 作为控制中心和车辆到云端的通信枢纽。

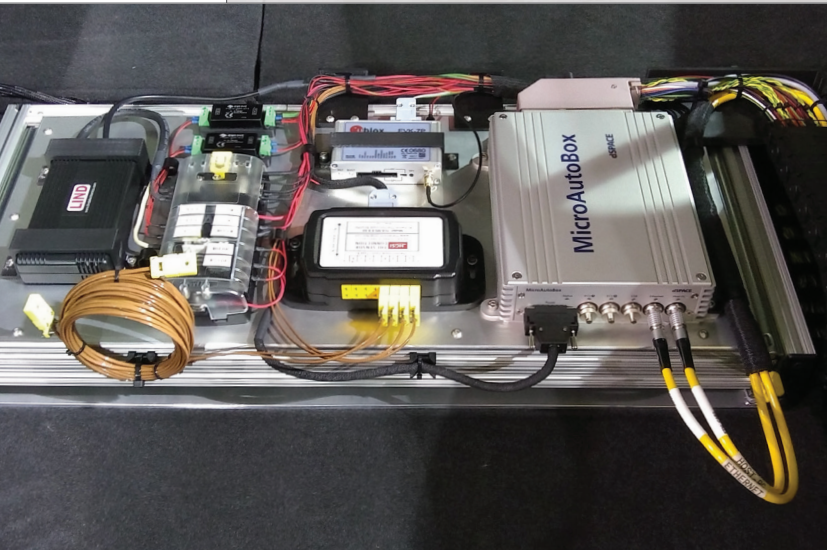
节能概念

车队和移动实验室配备了专门的解决方案和特殊设备, 可帮助项目团队执行多项研究任务:

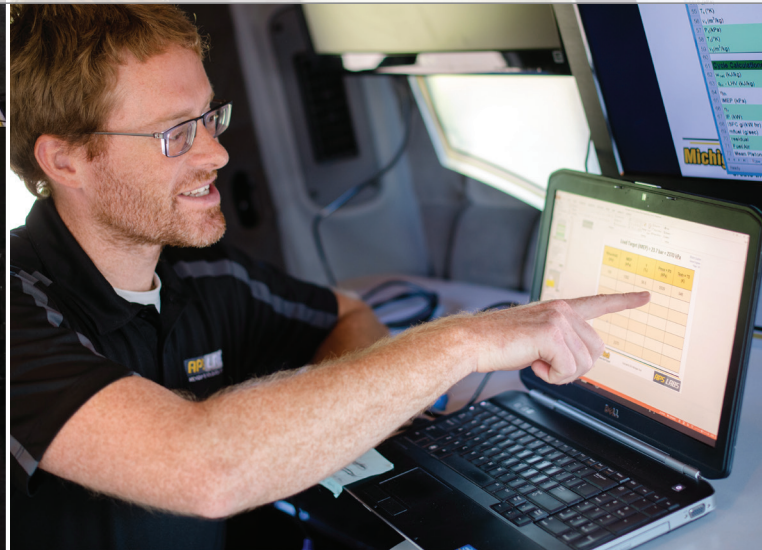
- 通过开发节能路线算法找到最节能的路线
- 在交通信号灯处采用 EAD (节能驶入和驶离), 实现更优的速度和轨迹规划
- 组建涉及多辆汽车的编队 (协同团队驾驶), 并结合速度协调和协同自适应巡航控制 >>



通过一支雪佛兰 Volt 车队和一个移动实验室, 收集数据并探索解决方案, 最大程度降低能耗。



在雪佛兰 Volt 后备箱中安装的 dSPACE MicroAutoBox 以及其它电子模块。



Christopher Morgan 在密歇根李工大学的移动实验室中展示项目车队所收集的数据结果。

车队使用的传感器

- 激光雷达** – 测量车辆和物体之间的距离
- 雷达** – 管理自适应速度控制和碰撞警告
- 摄像头** – 记录行驶和交通行为
- GNSS (全球导航卫星系统)** – 提供车辆位置数据
- V2X** – 实现协同驾驶
- 风速计** – 测量风速和气动阻力

- 实现动力传动系统能源管理，以降低能耗
- 运用模型预测控制算法，制定最佳性能策略

编队是项目的一个关键焦点。研究团队计划通过分析特定数据集，确定编队对气动阻力、能耗和车辆排放情况的影响。Morgan 说道：“编队的主要目的是通过在车辆之间使用共享气动负载，减少特定驾驶循环中的耗油量。”项目团队为其车队开发了独特

的推进控制架构，以测试和评估各种节能解决方案。车辆推进系统包括多种不同的运行模式，例如全电动 (EV) 和混合动力 (HEV)。车队在不同的地理位置进行驾驶和监控，因此使团队能够从各种不同的场景中收集数据和信息。它们将监控交通状况和环境温度等因素。Morgan 说道：“我们正在执行许多不同的测试，以验证和确认我们驾驶和推进系统行为的优化，从而显著提高燃油效率。”

先进的原型开发和分析平台

每辆车都配备了一个测试平台，可收集车辆数据、管理控制策略并支持车辆通信。通过配置电子设备（包含 dSPACE MicroAutoBox）来执行数据收集和分析。研究团队使用 dSPACE ControlDesk 实验软件进行预测性控制算法建模。Morgan 说道：“MicroAutoBox 对协同互联汽车通信应用非常有效。这一紧凑而强大的解决方案使我们能够在车辆中成功实现预测算法并建立稳定的通信。”该测试平台由 Pilot Systems 安装，这是一家位于密歇根州的技术公司，专门提供与驾驶相关的服务和产品。Pilot Systems 为密歇根理工大学和 GM 提供了多项服务，例如，确定项目需求，以及安装和标定 MicroAutoBox、激光雷达传感器和车队中的相关电子设备等。



“MicroAutoBox 在我们的协同互联汽车通信应用中非常有效。这一紧凑而强大的解决方案使我们能够在我们的车辆中成功实现预测算法，并建立稳定的通信。”

密歇根理工大学运营经理, Christopher Morgan



在驾驶测试过程中，可以直接在车内执行结果分析和标定。



Christopher Morgan 和 Bo Chen 博士会面，讨论云计算中心的模型预测控制。

更高效的自动驾驶体验

初步测试结果表明，协同和预测驾驶概念确实可以将能耗降低 20%，同时还可以将电动汽车行驶里程增加 6%。NEXTCAR 项目计划在 2020 年春季完成。GM 将保留项目中开发的数据、优化和控件，将其作为算法的基础，用于之后的系列量产车。■

资料由密歇根理工大学和通用汽车公司友情提供



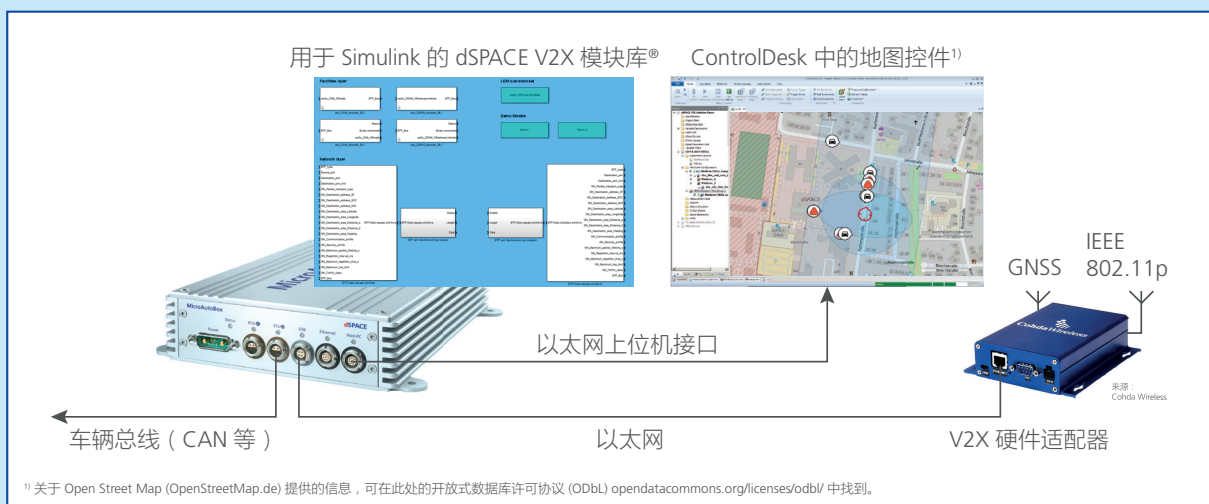
通过以下视频了解有关该项目的更多信息：

www.dspace.com/go/dMag_20191_MTU

dSPACE V2X 解决方案

dSPACE V2X 解决方案让用户能够轻松从 Simulink® 访问 V2X 通信，并在 ControlDesk 中对 V2X 特定数据进行图形化分析。用户可以完全专注于

开发和测试 V2X 应用，而无需实现特定的通信协议和软件层。更多信息，请访问 www.dspace.com/go/dMag_20191_V2X。



为了在开发过程中尽早准备和完成 ECU 功能测试，我们需要制定新的测试策略。因此，大众汽车公司 (VW) 决定使用软件在环 (SIL) 测试作为现有硬件在环 (HIL) 测试的补充。这需要在早期阶段使用虚拟 ECU (V-ECU) 代替硬件 ECU，以便进行真实测试。我们需要根据现有开发工件采取一种有效的方法来创建和仿真 V-ECU。这种方法必须通用，以适用于不同领域的 ECU 和不同的车型 - 从内燃机的发动机控制单元到电动汽车的高压充电管理都包括在内。

合并不同的源格式

虚拟 ECU 的开发数据与最终 ECU 相同，例如，软件架构的 ECU 功能代码和 XML 描述文件。这些信息通常由多个开发部门分管。因此，首要问题就是确定所有必需的文件。另一个挑战是使用未基于 AUTOSAR 的代码来创建虚拟 ECU，因为各种 ECU 的软件组件根据 AUTOSAR 标准仅进行了部分开发。

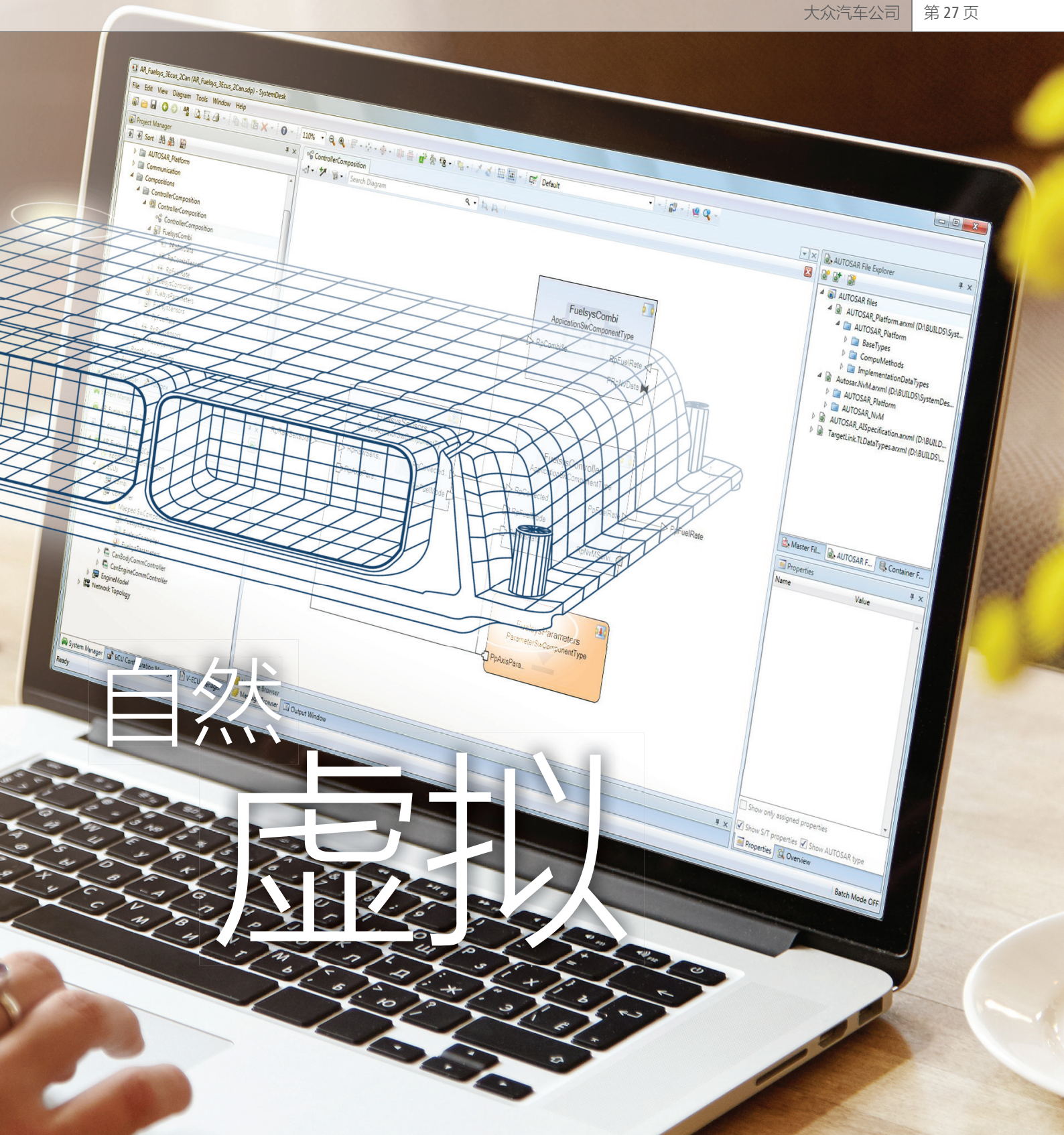
生成虚拟 ECU

VW 选择 dSPACE SystemDesk 架构工具来有效地创建 V-ECU。通过 SystemDesk 可以将 ECU 描述文件导入，这些文件可用于构建兼容 AUTOSAR 标准的架构，进而可以为现有功能代码进行架构准备。为此，首先从导入的描述文件为每个功能生成软件组件 (SWC)。与功能 (C 代码或对象代码) 相关的代码用作 SWC 的实现依据。我们将功能打包到 AUTOSAR 元素中，以使用基于非 AUTOSAR 的代码：例如，功能调用及其在 SWC 中的时序是在内部行为中定义的。这封装了实现操作，从而封装了对代码的引用。然后，根据描述

使用软件在环测试
有效验证虚拟 ECU



文件将 SWC 连接到 ECU 软件架构。最后一步是创建运行时环境 (RTE)，并将其与 SystemDesk 模板中的基础软件集成。最后，可以使用 SystemDesk (图 1) 生成 V-ECU。 >>



我们希望通过新功能可用时立即对其进行测试。这项任务要求足够的灵活性，并需要前置测试。因此，大众汽车公司使用自动生成的虚拟 ECU。dSPACE 工具 SystemDesk 和 VEOS 可帮助开发人员生成和仿真软件。

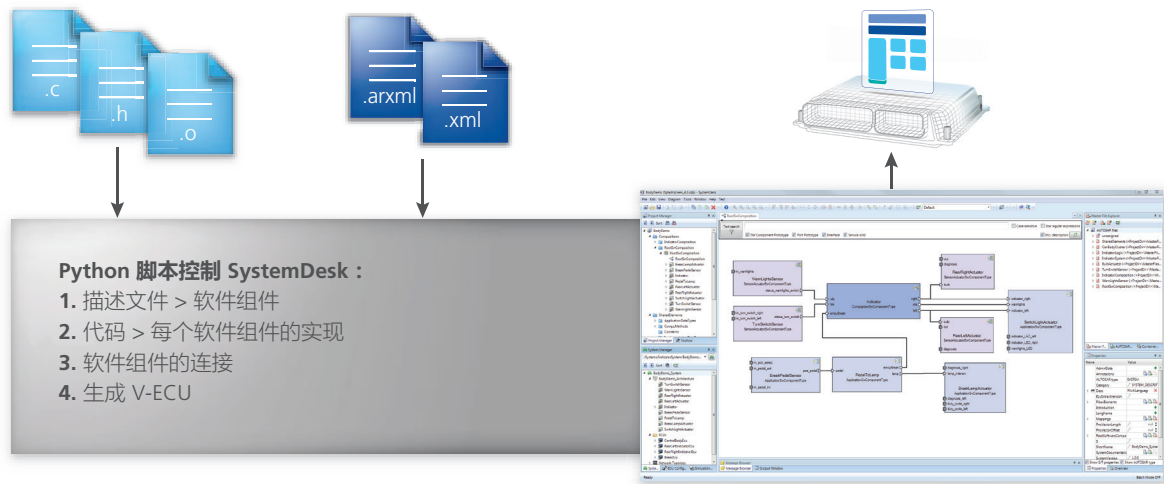


图 1 : 为了创建虚拟 ECU , 现有代码将集成到 AUTOSAR 软件组件中 , 以利用非 AUTOSAR 的代码生成兼容 AUTOSAR 标准的 ECU。

“强大的 SystemDesk 功能和非常详细的文档使虚拟 ECU 自动生成变得更加简单。”

大众汽车公司, Kirsten Pankratz

通过脚本自动生成

除了手动操作之外, 还可以自动创建虚拟 ECU, 更加有效。为此, 可使用 Python 脚本分析描述文件, 并通过 SystemDesk 应用程序编程接口 (API) 执行工作步骤。只需要有关虚拟 ECU

的软件组件名称和配置文件的文件存储路径, 即可开始自动化。如果此数据与描述和代码文件一起提供, 则可通过脚本创建虚拟 ECU, 10 分钟左右即可完成。

初次项目的经验 : 发动机控制

VW 实施的第一个项目专注于发动机 ECU 的虚拟验证。具体而言, 这涉及曲轴角度同步的功能调用, 这对于精确进行发动机控制来说至关重要。评估当前曲轴角度的 VW 编程功能实施了 1 ms 格栅中曲轴角度同步格栅的调用。根据曲轴的当前位置, 该功能会触发 SWC 实现的调用。虚拟 ECU 的首次设置仍需手动完成, 方便熟悉软件和必要的工作步骤。然后, VW 根据获得的信息创建 Python 脚本。

由于 SystemDesk 的文档十分详尽, 其实现过程非常顺利。

虚拟和真实 ECU 对比

dSPACE VEOS 仿真平台仅需要标准 PC 作为硬件, 用于评估所生成虚拟 ECU 的功能和质量。在测试中, V-ECU、Functional Mock-up Unit (FMU) 与 VEOS 互联, 形成了一个系统。车辆测量的真实数据用作激励数据。数据已加载到 Simulink 中, 并通过 FMU 进行集成, 以在 VEOS 中激励虚拟 ECU。使用 dSPACE ControlDesk 测量虚拟 ECU 的输出值。然后, 以图形方式准备和对比虚拟和真实 ECU 的输入和输出变量 (图 3)。若测试结果几乎完全匹配, 这说明了虚拟 ECU 的质量很高, 可作为现有测试的全面补充。另一个优势是虚拟 ECU 可在多个开发项目中并行使用。这消除了对硬件原型的依赖。

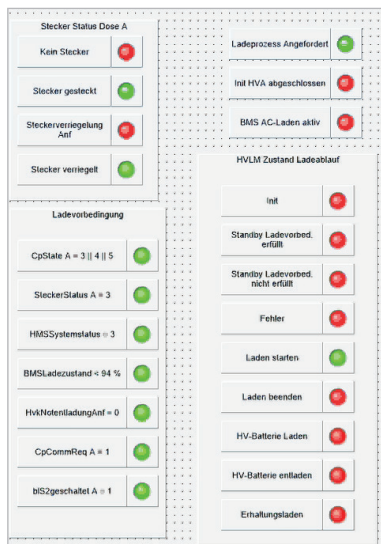


图 2 : ControlDesk 提供了有关变量状态的概述, 十分易于理解。

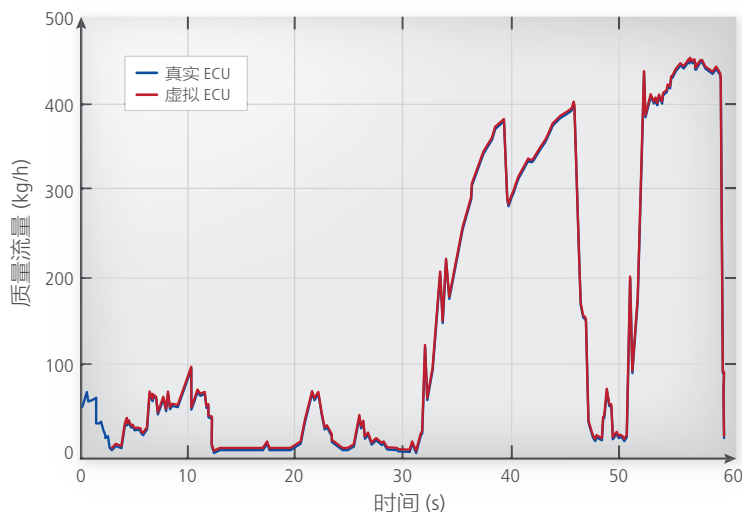


图 3：虚拟 ECU 与产品级 ECU 的测试数据对比情况说明了虚拟 ECU 的真实行为。

dSPACE SystemDesk 的使用经验

SystemDesk 无疑是一款强大、方便的工具，可用于创建虚拟 ECU。SystemDesk 支持简单的 AUTOSAR 架构建模，并且可以生成虚拟 ECU，包括 RTE 和基础软件。由于文档内容全面、易于理解，所有工作步骤都可以通过使用脚本的 API 轻松实现自动化。从第一个脚本原型开发到第一个虚拟 ECU 生成只需几周时间。SystemDesk 中 ECU 架构以清晰的图形化方式很好地概述了现有功能、界面和功能关系。由于这些功能通常由不同的团队提供，SystemDesk 还会为开发人员之间的有效协作提供支持。

总结与展望

第一个项目（EECU 的验证）显示，虚拟控制单元具有开发和测试产品级项目所需的成熟度。另一个项目涉及为高压充电管理器创建虚拟 ECU，以控制电动汽车和充电站之间的通信。此项目表明，虚拟 ECU 的设计流程涵盖范围很广，从内燃机到电动机都

有涉及，包含了整个电机和发动机系列产品。目前，大众汽车公司的很多开发团队都在使用虚拟 ECU 进行软件在环测试。为此，会复用现有 HIL 测试和配置，这显著减少了创建测试所需的工作量。■

大众汽车公司，Kirsten Pankratz,
Dominik Ott

“SystemDesk 中 ECU 架构清晰的图形化概述为开发团队之间的有效协作提供了有力支持。”

大众汽车公司，Dominik Ott

Kirsten Pankratz

Kirsten Pankratz 任职于德国沃尔夫斯堡大众汽车公司，负责集成环境中的虚拟验证工作。



Dominik OTT

Dominik OTT 任职于德国沃尔夫斯堡大众汽车公司，负责集成环境中的虚拟验证工作。





从 3D 打印 到 3D 极速 打印

独特的算法使 3D
打印速度翻倍

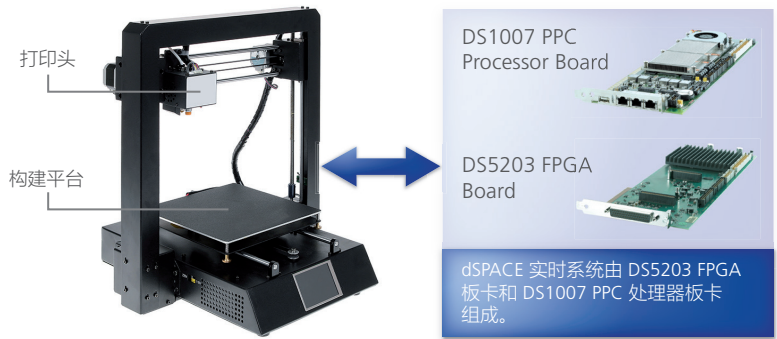
密歇根大学智能和可持续自动化 (S2A) 实验室的研究人员研究出了一种新方法，能够在 3D 打印机上以双倍速度打印，但并不牺牲打印质量。此方法基于一种软件算法，可减少打印机干扰振动。为此，研究人员使用了 dSPACE DS1007 PPC 处理器板卡和 DS5203 FPGA 板卡。



如今，台式 3D 打印机已随处可见。这些 3D 打印机可以打印三维对象，因此备受青睐。但是，利用这种技术，即使打印一个简单对象也可能需要数小时。为了保持低成本，这些打印机通常轻便而灵活，因此容易受到步进电机振动的影响。这些过度振动会导致打印产品出现表面波度，并且导致垂直叠加不正确（图 1b）。工业级 3D 打印机和其它制造机器由于振动原因也存在类似的限制。常见的补救方法是降低运动速度或减震。但是，由于完成打印需要很长时间，这会导致生产率降低。密歇根州大学智能和可持续自动化 (S2A) 实验室的副教授 Chinedum Okwudire 及其学生工程师团队已经着手修正由振动引起的误差问题。他们已经完成了一个研究项目，在这个项目中，他们能够在案例研究中有效地将 3D 打印机的速度提高一倍，同时保持高质量的打印效果。打印流程的改进基于 Okwudire 及其团队开发的软件算法。该算法生成运动命令以避免或减少不必要的振动，而这种振动是 3D 打印中导致错误和部件变形的主要原因。 >>



密歇根大学工程学院副教授 Chinedum Okwudire 与研究工程学学生 Molong Duon (左) 和 Deokyun Yoon (中) 检验一种更快速的新型 3D 打印算法的结果。



访问限值	1m/s ²	3m/s ²	5m/s ²	10m/s ²	30m/s ²
打印时间	3:59 时	2:42 时	2:21 时	2:06 时	1:50 时
基线					N/A
FBS					

图 1a：由 dSPACE 系统控制的商用 3D 打印机。

图 1b：利用这种软件算法，打印时间可以减半，同时打印质量不变。照片：密歇根大学工程学院，Deokyun Yeon。

减轻不必要的振动

在任教之前，Okwudire 从事的是机床行业的工作。他注意到机器电机通常低于最大速度运行，以避免振动引起的误差。Okwudire 说：“我确信，采用正确的算法可以通过软件来平衡振动，从而可以在不牺牲精确度或增加硬件成本的情况下实现更快的速度和加速度。但机床的主要限制在于其控制器通常是封闭而无法修改的，这就

很难使用新的控制算法。”这一限制促使 Okwudire 教授及其研究团队在 3D 打印机上测试他们的算法。虽然打印机还是会发生振动问题，限制了它们的速度和加速度。但是，它们的控制器可以接受修改。Okwudire 教授及其研究团队开发的软件算法可以在不影响生产率的情况下减轻振动引起的误差。该算法基于滤波 B 样条 (FBS) 振动补偿技术。Okwudire 教授

表示：“FBS 算法能预测打印机可能会在何时过度振动并相应地调整其运动，最大限度地减少振动（由机器运动学限制导致）所引起的循迹误差，也避免了时间延迟。”

优化运动命令

他们的方法考虑了打印头（x 轴）和构建平台（y 轴）步进电机的所有运动，并对其进行有效控制。我们需要注意的，加速构建平台的运动会导致惯性载荷超过电机的保持转矩，从而导致其跳过计数并失去位置跟踪。为了控制振动速率，我们将 3D 打印机连接到一个线上系统，该系统可以控制跟踪，使其保持在预设的恒定水平（有限预览 FBS 方法）。该算法可以预测并计算参数，以进行调整并实现运动命令优化。

更快速的高质量打印

为了将算法应用于测试，Okwudire 教授及其研究团队进行了一项案例研究。他们计划打印美国国会大厦的 3D 比例模型。在他们第一批的打印产品中，他们没有使用 FBS 算法。传统的打印流程在加速之后引发振动，导致严重的配准误差，这致使所有打印的 3D 成品都不合格。在第二批的打印产品中，他们采用了 FBS 算法。我们可以清楚地看到，这种方法有效地避免了配准误差。与基线打印结果



“dSPACE 提供了一个简单易用且可靠的平台，可在极短的研制周期内对我们的算法进行原型开发。”

密歇根大学机械工程学院副教授，Chinedum Okwudire

算法详情

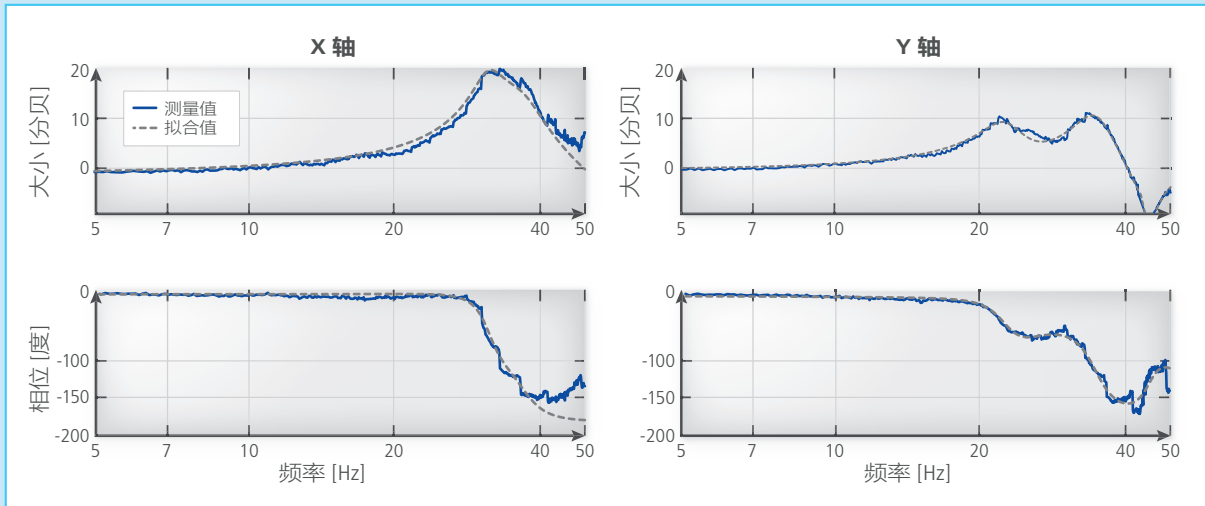


图 2 : 3D 打印机的 x 轴和 y 轴的频率响应函数。通过最小二乘方曲线拟合识别轴的水平动态。

图 2 显示了 3D 打印机的测量和曲线拟合的 x 轴和 y 轴频率响应函数 (FRF)。将正弦扫频加速度信号应用于打印机的步进电机可测量 FRF。此外，还可使用加速度计捕获构建平台和打印头的相对加速度。使用 MATLAB® invfreqs 函数生成曲线拟合模型。我们需要为打印机的专用运动控制器进行旁路，以实现滤波 B 样条(FBS)方法。dSPACE 实时系统包含 DS1007 PPC 处理器板卡和 DS5203 FPGA 板卡。它通过步进电机驱动器 (Pololu DRV8825) 以 1kHz 的采样率将轴水平运动命令发送到打印机的步进电机。

dSPACE 系统加载 G 代码文本文件并分析数据，然后实时运行 FBS 振动补偿算法，优化运动轨迹，并最大程度地减少振动引起的误差。此外，dSPACE 系统还可用于将优化的运动轨迹转换为步进和方向脉冲，并以 0.075 ms 的脉冲宽度通过数字通道将脉冲序列发送至步进驱动器。

相比，FBS 算法在保证高质量的同时，极大地缩短了打印时间。通过实施 FBS 算法，密歇根大学的工程研究团队能够将 3D 打印时间缩短一半（使用 3 倍安全系数，打印时间从 4 小时缩短到 2 小时），而不会影响打印质量。他们的研究工作表明，采用 FBS 算法可以升级 3D 打印机固

件，我们可使用现有打印机更快速地进行 3D 打印，而无需额外成本。■

资料由密歇根大学友情提供



有关该算法的更多信息，请点击以下链接观看相关视频：
www.dspace.com/goldMag_20191_UM



WABCO

智能软件， 智能卡车

安全性、效率和可用性是商用车辆的核心要求。技术供应商 WABCO 实施了一致的流程，优化安全关键型可靠系统的开发。该流程基于一个全面的工具链，其中 SystemDesk 和 TargetLink 为兼容 AUTOSAR 和 ISO 26262 标准的开发奠定了基础。



开发安全关键型驾驶辅助系统的有效流程和方法

当卡车和公共汽车在正常的车道上以常规速度行驶、具有适当的轮胎压力并使用最智能的防撞系统时，会更加高效和安全。WABCO 提供的驾驶

辅助系统可确保实现这一点。众多制造商将这些系统集成在商用车辆复杂的电子电器 (E/E) 系统中。它们通过与车上的传感器和执行器通信来为驾驶员提供支持。但是，开发和实施

安全关键型系统涉及许多挑战，在工具链设计和开发流程时必须考虑这些挑战。兼容 ISO 26262 和 AUTOSAR 等重要标准不是开发人员要考虑的唯一关键因素。他们还必须优化开发时间和成本，使产品具有创新性和竞争力。因此，工具链必须满足以下条件：连续性、可追溯性、自动化、变更管理和测试前置。这就是 WABCO 使用双 V 模型设计流程的原因（图 1）。这使开发人员能够随时在开发过程中快速执行测试。

开发 AUTOSAR 结构

AUTOSAR 结构的开发基于 PTC Integrity 中指定的要求。通过参考设计指南可确保需求足够详细并且正规化，以便使用自定义插件从中导出基本的 AUTOSAR 配置文件 (ARXML 文件)。配置文件将导入到架构工具 dSPACE SystemDesk 中。因此，软件结构中包含结构组件的名称。在 SystemDesk 中，开发人员将实现的详细信息、数据类型和 AUTOSAR 通信机制添加到架构中，并将其传递到 TargetLink Data Dictionary。TargetLink 可用于为 AUTOSAR 软件组件生成框架模型，开发人员可加入功能模型（图 2）。这些流程直接关联，并可通过脚本自动执行，以确保实现更高的效率并防止出现错误。工具级联使开发人员可以对需求管理和开发环境之间的需求进行跟踪。我们还会将信息传递给模型。

基于模型的控件设计

WABCO 使用 Simulink/TargetLink 进行控制器开发。这些基于模型的工具将需求转换为功能模型。第一步，模型功能必须满足所有功能要求，但没有目标硬件的限制。通过 TargetLink

>>

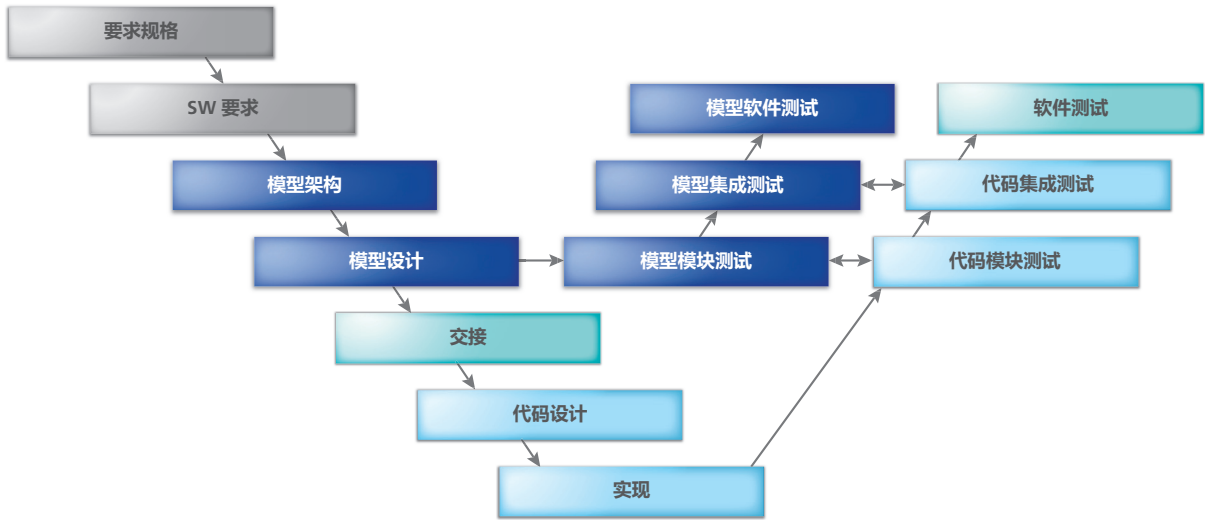


图 1 : WABCO 中建立的流程以 V 模型 (现已扩展为双 V 模型) 为模板, 因此即使在规范和设计阶段也可以执行软件在环 (SIL) 测试。其目标是在所有流程步骤之间实现无缝过渡, 这可通过工具集成来实现。

中的模块在环 (MIL) 仿真功能来检查功能要求。运用 ISO 26262 的需求和方法之后会生成测试案例, 用于对比功能测试。下一步, 在使用 TargetLink 生成产品级代码之前, 针对目标硬件优化功能和模型。然后, 代码和模型在 BTC Embedded Systems 的 BTC EmbeddedTester 中通过背靠背测试验证代码。

软件实现

构成 WABCO 软件的 AUTOSAR 软件组件由多个包含各个功能的模块组成。通过 TargetLink 中的增量代码生

成可以分别为各个模型生成代码, 从而可以进行分布式开发工作。还可确保将单个模块的已测试代码集成到 AUTOSAR 软件组件 (SWC) 中。增量代码生成对于复杂的 SWC 特别有帮助, 因为不必每次都生成模块代码, 从而显著减少了代码生成次数。组装好的 SWC 经过测试后, 可集成到电子控制单元 (ECU) 的整个软件中。

高效的软件验证

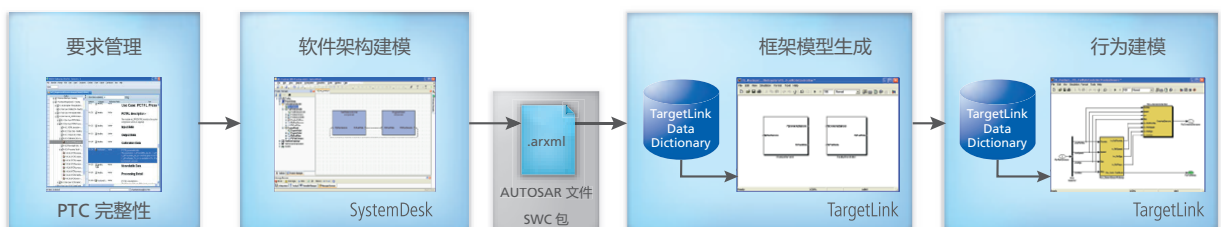
在整个开发过程中进行持续测试对软件质量起着决定性作用。早期全面的测试意味着能够更快、更有效地实

现高成熟度。WABCO 开发人员使用自己的工具进行一致性和合理性检查, 以便从项目开始时检测和修复设计错误。在开发过程中, WABCO 还使用 TargetLink Ecosystem 中的以下工具进行软件验证:

BTC EmbeddedTester: 智能测试案例生成, 可用于经 ISO 26262 认证的全自动背靠背测试。

MES MXAM: 自动检查以确定是否符合相关准则 (建模准则、MISRA、TargetLink Modeling Guidelines)。该工具可在开发流程的早期阶段使用, 以确保初始设计也

图 2 : 从需求到控件设计。工具之间的无缝过渡是高效开发复杂解决方案的基础, 例如驾驶辅助系统。



“产品级代码生成工具 TargetLink 极为重要，因为它已通过软件开发认证，符合安全相关标准 ISO 26262 和 IEC 61508。”

WABCO, Holger Jakobs

符合准则要求。发布前对软件进行检查。

MES M-XRAY: 分析模型结构和复杂性。该工具提供的指标可用于评估与软件安全相关的复杂性和潜在危险程度。因此，该工具可为兼容 ISO 26262 标准的开发提供支持。内部报告工具可支持测试启动、汇总结果并持续监控项目进度。

结果与展望

实施的工具链使其能够完成最前沿的 ADAS 项目(图 3)。所有系统都已投入到批量生产中,用于众多制造商生产的卡车和公共汽车。WABCO 计划使用基于 PC 的仿真平台 dSPACE VEOS 以及现用于 ECU 验证的 dSPACE Simulator, 以便及早发现错误。■

WABCO, Holger Jakobs

图 3 : 成功的 ADAS 项目示例: 车道保持辅助系统 OnLaneASSIST™、转弯辅助系统 OnCity™ Urban Turning Assist 和自动紧急制动系统 (AEBS) OnGuardMAX™。



已完成的任务：无缝工具链

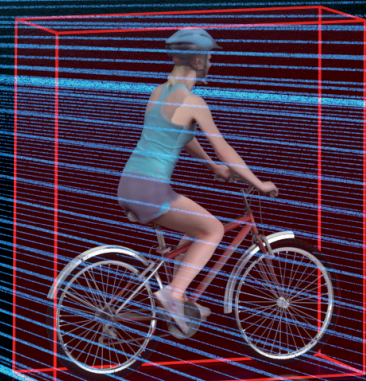
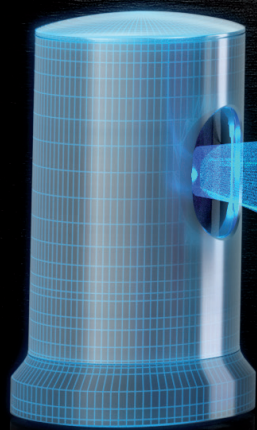
通过在连续的开发步骤和工具之间直接交换数据，工具链可实现无缝过渡。WABCO 通过以下标准工具及自带的自动化脚本实现了这一点：

- 需求管理：PTC Integrity™
- 架构设计：dSPACE SystemDesk
- 功能设计：Simulink®/dSPACE TargetLink
- 代码实现：TargetLink
- 软件验证：BTC EmbeddedTester、ES MXAM、MES MXRAY、自带的自定义工具

Holger Jakobs

Holger Jakobs 任职于德国汉诺威 WABCO 应用软件技术中心，是使用 Simulink 和 TargetLink 进行基于模型软件开发的专家。



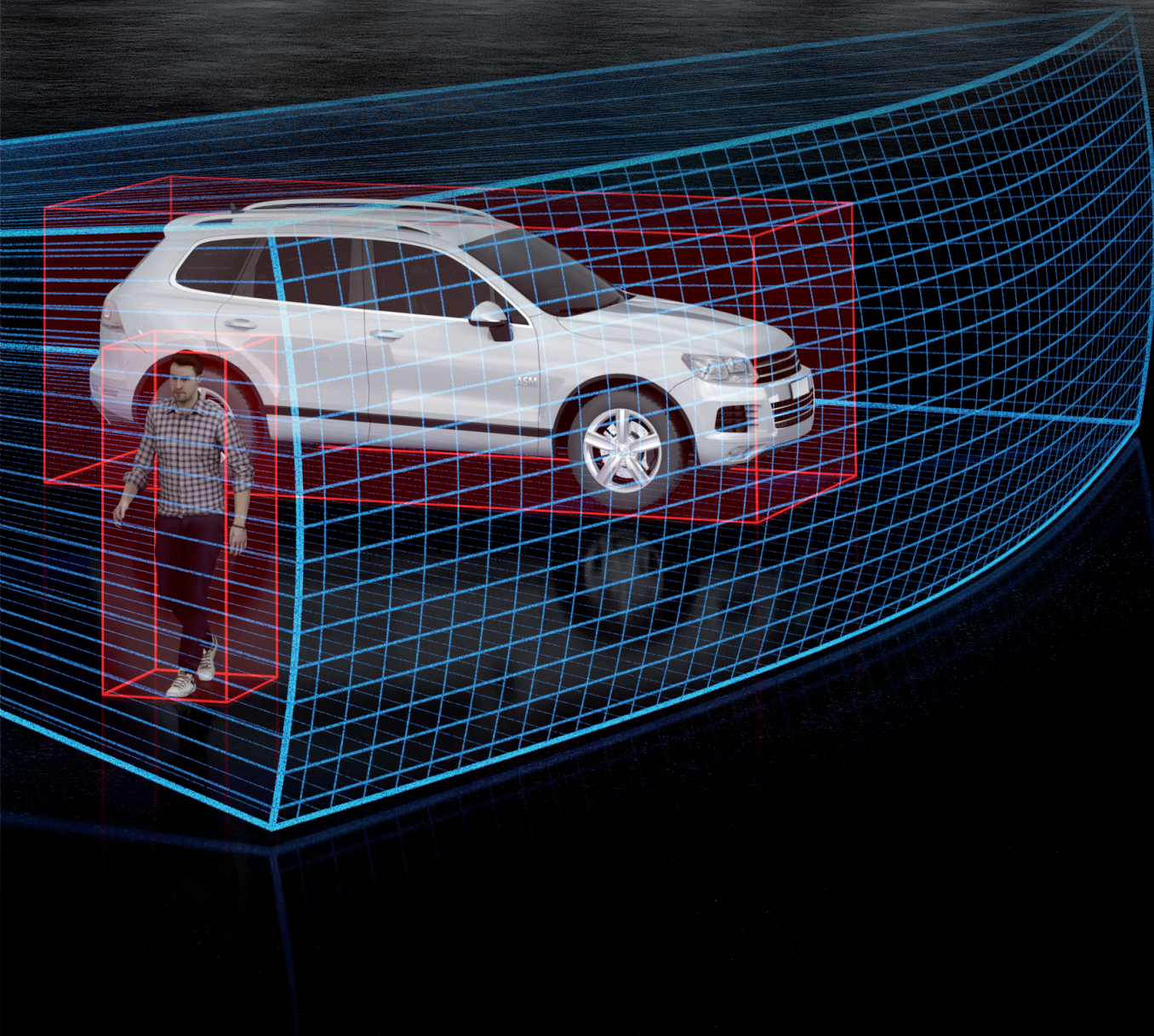


目标

捕获

通过真实的传感器仿真验证自动驾驶功能

自动驾驶汽车通过传感器观察驾驶环境。为了在早期阶段有效地验证车辆功能，必须在虚拟驾驶测试中对环境、传感器和车辆进行真实的仿真和测试。为此，dSPACE 提供了一个集成工具链，具有功能强大的硬件和软件。



毋庸置疑，自动驾驶汽车已成为道路交通的重要部分。真正的问题是何时才能将其投入驾驶应用。预计将在2020/2021年就会推出4级车辆，并进行批量生产。为了实现此目标，对仍处于开发阶段的车辆进行驾驶功能验证显得至关重要。因此，开发人员

必须能够在准实际交通场景中结合实验室中的环境传感器（摄像头、激光雷达、雷达等）仿真驾驶功能。替代方案是在道路上进行实际驾驶测试，然而这种做法并不可行，原因很简单，因为这需要让真实车辆行驶数百万公里才能覆盖所需的全部场景。

验证流程的条件

在验证自动驾驶功能时，有很多重要条件。

- 自动驾驶和高度自动化驾驶的功能极其复杂，部分原因是因为必须同时考虑来自多个（有时超过40个）传感器（摄像头、激光雷达、雷达等）的测量值。 >>



图 1：ADAS 和 AD 功能仿真环境的基础结构。借助标准 PC 技术 (MIL/SIL) 或通过添加实际控制单元 (HIL)，可以进行纯虚拟仿真。

- 被测试的交通场景类型(车辆、行人、交通标志等)几乎没有限制,这意味着需要复杂的虚拟 3D 场景来进行测试。
- 发射或捕获光脉冲、微波等涉及的物理过程必须进行集成,作为物理环境和传感器模型,这种模型需要大量计算。这还包括对象材料属性的影响,例如电容率和粗糙度。
- 测试期间,必须进行数百万公里的虚拟驾驶,以确保符合 ISO 26262 标准(道路车辆 - 功能安全)。此外,必须特别注意极端驾驶情况,以确保按照要求,实现正确的驾驶模式。

dSPACE 提供了一个强大的工具链,其中包括硬件和软件,在整个开发过程中将传感器仿真的所有前提条件都考虑在内。这有助于开发人员在早期阶段及时识别错误,从而设计出非常高效的测试流程。

必要的仿真

为了满足验证流程的要求,必须在开发过程的每个阶段验证和确认驾驶功能。仿真是执行此操作的最有效方法。由于自动驾驶功能非常复杂,因此在开发过程的所有阶段,从模型在环 (MIL) 到软件在环 (SIL),再到硬件在环 (HIL),相关测试案例在所有平台上必须可再现,并可复用,这一点至关重要。这只能通过集成式工具链来实现。

仿真环境的结构

对于 MIL/SIL 和 HIL (图 1),闭环仿真的结构是完全相同的。仿真主要包括车辆、交通、环境以及传感器仿真。接口用于将仿真传感器连接到被测设备(用于自动驾驶的控制单元或功能软件)。此外,用户还必须能够配置仿真模型、进行实验,并将场景可视化。对常用接口和标准(例如

FMI、XIL-API、OpenDrive、OpenCRG、OpenScenario 和 Open Sensor Interface)的支持也起着重要作用,因为这有助于集成 German In-Depth Accident Study (GIDAS) 事故数据库的数据或交通仿真工具的数据,进行协同仿真。

车辆、交通和环境仿真

传感器仿真的基础是交通仿真,其中不同的道路使用者可以进行交互。为此,dSPACE 提供了 Automotive Simulation Models (ASM) 工具套件,从而可以在虚拟环境中定义虚拟驾驶测试。ASM Traffic 模型能够计算道路使用者的运动,因此可以仿真超车动作、车道变换、交叉路口交通等。传感器模型在车辆与虚拟环境之间的交互中起决定性作用。

dSPACE 工具链在整个开发过程中提供高精度传感器仿真支持。



Environment Sensor Interface (ESI) Unit

将原始数据和目标列表注入传感器 ECU

- 强大的 FPGA，用于同步注入原始传感器数据
- 灵活适应各种接口



传感器仿真 PC

传感器仿真平台，用于计算环境传感器（雷达、激光雷达和摄像头）的环境模型，提供目标列表或原始数据

- 配备强大的 NVIDIA® 计算环境模型的 GPU



SCALEXIO

用于 HIL 和 RCP 项目的模块化实时系统

- 用于各种传感器（摄像头、雷达、激光雷达等）的集成选项
- 测试 ADAS 的完整功能链和自动驾驶系统
- 通过 ConfigurationDesk 轻松进行配置



VEOS

基于 PC 的仿真平台，用于在早期开发阶段验证 ECU 软件，独立于任何仿真硬件

- 支持 Simulink® 模型（例如 dSPACE ASM）
- 与集群的可扩展组合 – 比实时更快地进行仿真



汽车仿真模型 (ASM)

用于仿真汽车应用的各种型号的工具套件

- 驾驶操控、道路、车辆、道路使用者、交通对象、车辆传感器等的仿真
- 使用 ModelDesk 进行模型参数化



MotionDesk

用于 3D 动画和传感器仿真的软件

- 3D 实时可视化交通场景并生成视频片段，用于测试黑白、立体和鱼眼摄像头
- 传感器环境模型，带有雷达、摄像头和超声波传感器的对象列表以及 3D 点云数据

图 2 : dSPACE 工具链中用于传感器仿真的关键产品概述。

传感器的结构和功能

使用传感器的目的是通过使用传感器原始数据来确定目标以检测对象。例如，数据可能包括恒定相对速度下所记录反射点的局部累积。下一步，通过这些反射点的特征排列来识别被分类的对象（汽车、行人、交通标志等）。摄像头、雷达和激光雷达传感器的基本设计非常相似：它们都是由能够预处理数据的前端组成。在后续步骤中，数据处理单元生成原始数据流并输出目标列表。接下来，另一个单元生成对象列表，从而提供位置数据。紧接着是应用程序逻辑和网络管理。

传感器仿真中所用传感器的集成选项

不同类型传感器具有相似结构，因此在仿真过程中能够轻松集成，并且可以根据需要将准备的仿真数据注入各个数据处理单元中（图 4）。集成选项的选择取决于传感器在仿真中所需的完整性和真实性，以及传感器的被测组件。例如，OTA 激励用于将环境仿真馈送到基于摄像头的控制单元（选项 4）。摄像头传感器捕获监视器的图像，监视器会以动画形式显示周围场景。此方法允许测试整个处理链，包括摄像头和图像传感器。数字传感器的数据（选项 3）可分为原始传感器数据，即在数据预处理后直接

返回的数据（选项 3b）和目标列表（选项 3a）。例如，对于摄像头传感器，则是图像数据流（原始数据）或检测到的目标（目标列表）。下一级别是包含已分类目标和事务数据的对象列表（选项 2）。残余总线仿真用于独立于传感器的测试（选项 1）。通过对对象、目标列表以及原始数据进行仿真是 HIL 和 SIL 仿真的一种应用场景，而 OTA 激励和残余总线仿真则是 HIL 专用应用案例。

传感器建模的类型

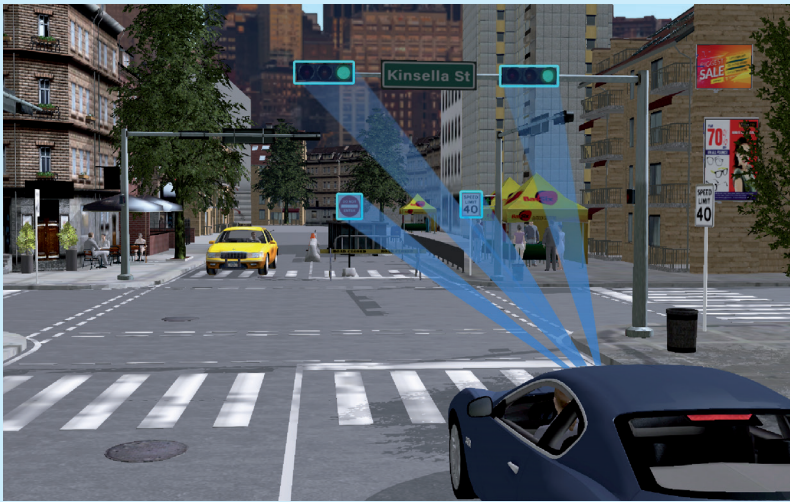
每个传感器集成选项都需要一个传感器模型来提供处理好的数据。从本质

>>

物理/现象学模型

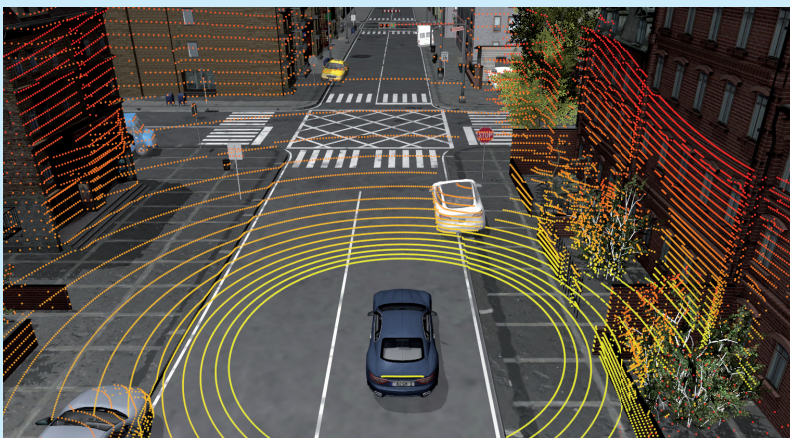
dSPACE 开发了高精度的物理传感器环境模型，用于仿真摄像头、雷达和激光雷达传感器。这些传感器通常提供原始数据或目标列表。它们用于在图形处理单元 (GPU) 上进行计算。

摄像头模型



验证基于摄像头的辅助和自动驾驶功能时，需要考虑不同的镜头类型，以及镜片上的色差或渐晕等光学效果。我们必须也能仿真不同数量的图像传感器（黑白/立体摄像头）或多个摄像头，获取全景视图。此外，传感器特性、颜色（单色表示、拜耳模式、HDR 等）、像素错误和图像噪声对验证有着重要影响。

激光雷达模型



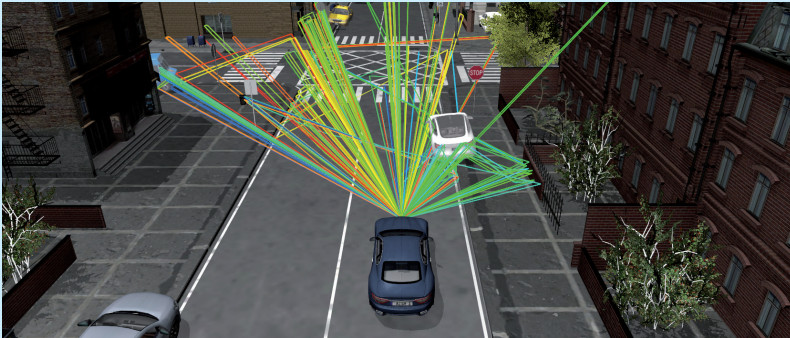
激光雷达系统发出激光脉冲并测量对象反射的光。然后，可以根据运行时间计算对象的距离。除了距离外，系统还会根据对象表面的情况

确定反射光的强度。该测量方法允许以点云的形式描述环境，也就是说，数据可用作目标列表，显示距离和强度信息。此外，在激光雷达

模型中，必须能够为光波配置传感器的特定操作模式（包括角分辨率），并且 3D 场景中使用的对象必须具有表面特性，例如反射率。此外，还必须考虑到，由于雨、雪或雾等天气状况，光会被不同程度地散射，并且单个光束会被多个对象反射。这会导致传感器表面上出现振幅分布，其取决于环境（移动对象、非移动对象等）或时间。激光雷达模型支持从点云到原始数据的各种方法。



雷达环境模型



雷达在 ADAS/AD 驾驶功能中起着重要作用，因为它在恶劣天气状况下（如雨、雪和雾）以及极端光照条件下也能发挥强大作用。雷达传感器不仅可以确定对象的类型，即车辆、

行人、骑车者等，还可以测量它们的距离、垂直和水平角度以及相对和绝对速度。最重要的雷达技术之一可能是调频连续波雷达（FMCW，也称为连续波雷达），其能够使用调频

信号。现代雷达系统在一个测量周期内传输大约 128 个调频信号。雷达探测到对象反射的信号 - 也称为回波信号。频率变化和生成的信号可以帮助测量对象的距离。对象的速度通过多普勒频率确定。dSPACE 的雷达模型真实地再现了传感器路径的行为。例如，对多径传播、反射和散射中的因素进行建模。

上来说，传感器仿真模型可以根据它们的复杂程度以及与实际情况的接近程度进行分类（图 3）。两种类型的模型将返回对象或目标列表：基于真实参考数据的真值模型，以及基于事件或状态概率的概率模型。原始数据通常根据事件和状态的参数，由现象模型提供，或基于数学公式的定律，通过物理模型提供。根据应用和开发时间的不同，将开发的驾驶功能可通过适当的模型进行验证。

真值模型和概率模型

ASM Traffic 仿真模型包含大量传感器，用于在 SIL 或 HIL 案例中以对象列表级别执行测试：

- 雷达传感器 3D
- 对象传感器 2D/3D
- 自定义传感器

■ 道路标志传感器

■ 车道标识传感器

这些传感器模型设计与 VEOS 或 SCALEXIO 平台相结合，专用于基于 CPU 的仿真。根据对象列表，概率模型可以叠加实际效果，例如雾雨天等环境条件，并能为每个检测到的对象提供多个目标。所有这些模型都可用于仿真雷达特征并计算目标列表。

通过软件在环仿真进行验证

通过使用软件在环（SIL）仿真，基于传感器的控制单元的软件可以借助标准 PC 技术进行虚拟验证。该仿真能够在硬件原型尚不可用的早期阶段进行算法测试。此外，VEOS（图 1）和相应的模型使计算速度比实时计算更快。另外，我们还能在可扩展的 PC 集群上执行计算，进一步提高速度。

这样能够管理大量不同种类的测试案例，并且还可以及时执行长达数百万公里的驾驶测试。在 SIL 仿真中，车辆、环境和交通仿真以及虚拟控制单元（如果适用）均通过 VEOS 进行计算。如果仿真基于真值和概率模型，则这些模型也会集成到 VEOS 中。无论何时使用现象学或物理传感器模型，在 GPU 上计算的传感器仿真（摄像头、雷达、激光雷达）应用都会在与 VEOS 相同的平台上运行。环境仿真的运动数据被传输到传感器仿真中，然后计算雷达、激光雷达或摄像头传感器的模型。这意味着，考虑到传感器的物理特性，原始数据将使用运动数据和复杂的 3D 场景进行仿真，并且这些场景具有真实的环境和复杂的对象。例如，该计算在高性能图形处理器上执行，以仿真相关的光线追踪算法，用于雷达和激光雷达

>>

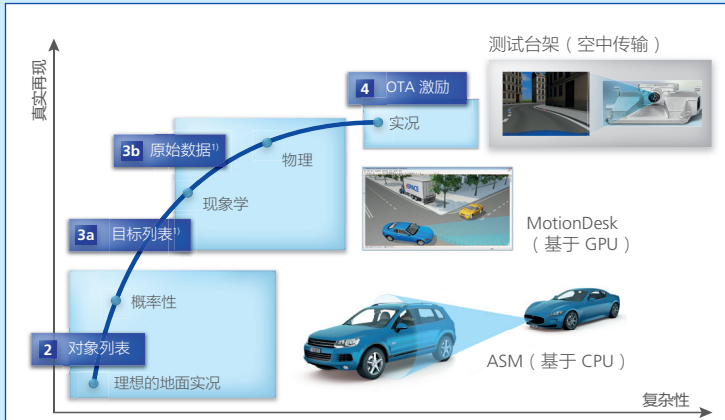


图 3：传感器仿真中不同可能性的真实程度和复杂性之间的相互关系。

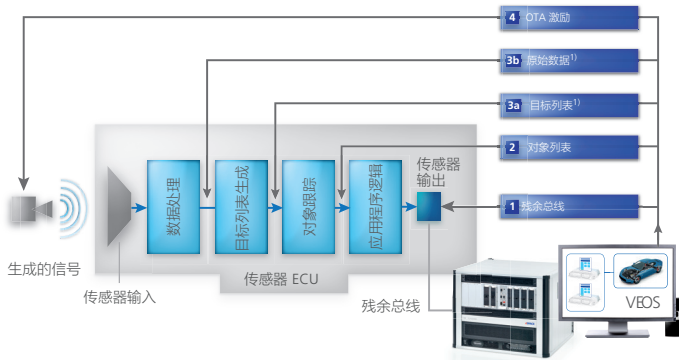


图 4：用于激励/仿真环境传感器的各种选项的概述。

4 OTA 仿真	传感器 OTA 激励
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 处理传感器信号 ■ 无需操作传感器硬件 ■ 传感器 ECU 可视为黑盒
3b 原始数据¹⁾	注入原始数据
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 传感器最原始的数字信号数据
3a 目标列表¹⁾	注入目标列表
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 点云的集群数据
2 对象列表	注入对象列表
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 已标识对象的列表，包括位置和对象类型（车辆、行人、狗等）等属性
1 残余总线	残余总线仿真
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 整个控制单元进行旁路 ■ 将仿真结果直接传输到汽车总线系统

¹⁾ 选项 3a 和 3b 描述了不同对象识别阶段的数字传感器数据。

的环境模型计算。然后，将该传感器仿真的结果传输到基于虚拟传感器的控制单元。这可通过以太网或虚拟以太网完成。通过相同的技术可将基于虚拟传感器的控制单元与车辆仿真进行交换。

通过硬件在环仿真进行验证

硬件在环 (HIL) 仿真支持通过记录数据或人工测试数据来激励 ECU，并在实验室中测试真实的 ECU。与 SIL 仿真相反，HIL 仿真可以深入到控制单元确切的时间行为。dSPACE SCALEXIO HIL 平台执行交通、车辆动力学和环境仿真，然后将车辆仿真连接到车辆网络，例如，通过 CAN 或以太网进行连接，执行残余总线仿真。车辆和其它对象的运动数据通过以太网发送到具有高性能图形处理器的强大 PC 上，在该处理器上计算摄像头、激光雷达和雷达的传感器环境模型。来自各种传感器的数据（原始数据或目标列表）通过显示端口进行整合并传输到 Environment Sensor Interface (ESI) Unit 单元。ESI 单元采用高度模块化的设计，可为所有相关协议和接口提供支持。ESI 单元的高性能 FPGA 将来自所有传感器的数据流转换为专用传感器的单独数据流，并通过各种接口将其传输到相应的摄像头、激光雷达或雷达控制单元。

通过 OTA 激励进行验证

OTA 激励是测试传感器的经典方法。该方法将整个基于传感器的控制单元集成到控制回路中（图 5）。此设计特别适用于测试传感器前端，如摄像头的镜头和图像传感器。此方法使用 SCALEXIO 计算车辆、环境和交通仿真。如果要测试摄像头传感器，则会使用 SCALEXIO 仿真器和 MotionDesk

dSPACE 的物理传感器模型以最高精度仿真摄像头、激光雷达和雷达传感器的原始数据。

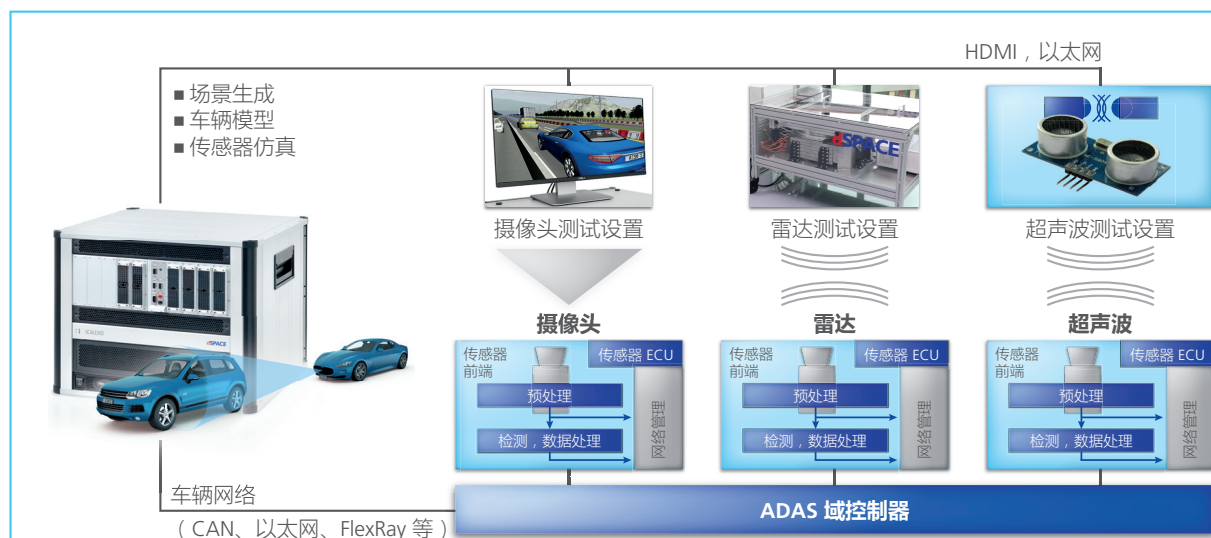
在屏幕上仿真和显示交通场景。然后，摄像头使用虚拟场景表示真实街景。我们利用 dSPACE Automotive Radar Test System (DARTS)通过根据 SCALEXIO 仿真器计算出驾驶场景，并根据这些场景将雷达回波对准雷达传感器。这样，我们能够对驾驶功能进行验证，例如 ACC（自适应巡航控制系统）或 AEB（自动紧急制动系统）。

由于这种测试和工具环境十分复杂，顺利进行验证的关键在于灵活的集成工具链，其可为仿真模型和被测车辆提供通用接口和集成选项。dSPACE 传感器和环境仿真工具链如此强大有效的原因在于：它提供一站式的协调工具，这些工具可以顺利进行交互，从而使验证过程非常高效。■

总结

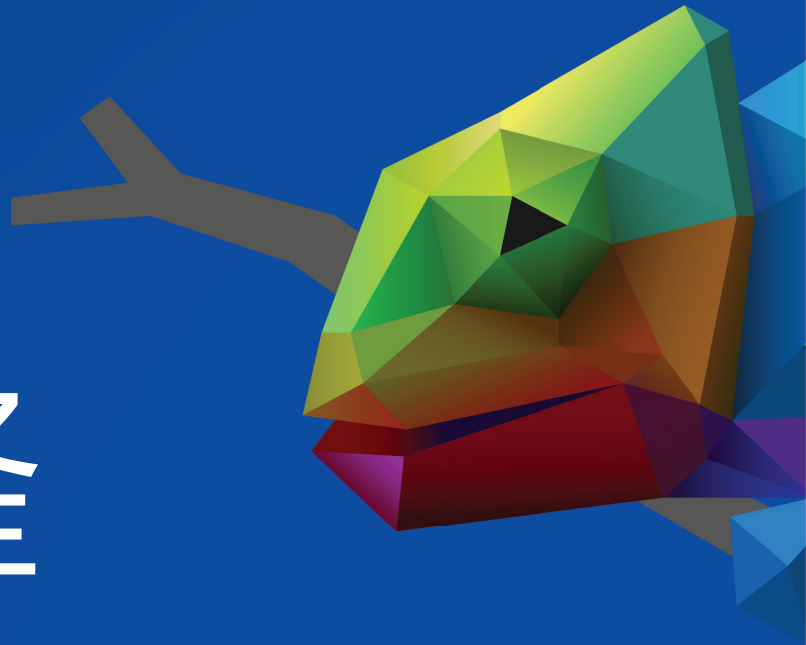
ADAS/AD 功能必须在所有可能的驾驶场景中做出正确决策，才能保证自动驾驶车辆在道路交通中安全行驶。但是，由于可能的驾驶场景几乎数不胜数，因此在实验室中测试所需的 ADAS/AD 功能变得非常复杂。只使用一种测试方法无法再执行这些测试，因此我们需要将不同测试方法进行组合。这些方法包括 MIL、SIL、HIL、开环和闭环测试以及实际驾驶测试。

图 5：各种环境传感器的 OTA 激励原理。



AUTOSAR Adaptive Platform
支持动态部署应用软件

自适应领域 先锋



自动驾驶具有广泛而复杂的要求。我们通过自适应 AUTOSAR 标准可以满足这些要求。灵活、动态且基于服务的平台能够以智能化方式为现有 ECU 提供新功能。SystemDesk 和 VEOS 为这种新方法提供了有力支持。

自动驾驶实现了高度自动化，但是也对早期自动化验证流程提出了更高的要求，因为这些验证所需的测试公里数远远超过了实时测试所能提供的测试里程。对此，我们决定采用软件在环 (SIL) 仿真。与测试实际 ECU 组件相反，该方法仅测试 ECU 的软件部分，这还是功能开发阶段已有的选项。但是，执行此操作时必须编译并执行功能代码。

使用虚拟 ECU 进行操作

我们在 VEOS 仿真平台上执行代码。另外，VEOS 还对虚拟 ECU (V-ECUS) 进行仿真：它们的代码需要尽可能地与产品级代码相对应，前提是其必须独立于目标平台硬件。如果代码是根据 AUTOSAR 标准开发的，则将成为独立于平台的代码。例如，AUTOSAR

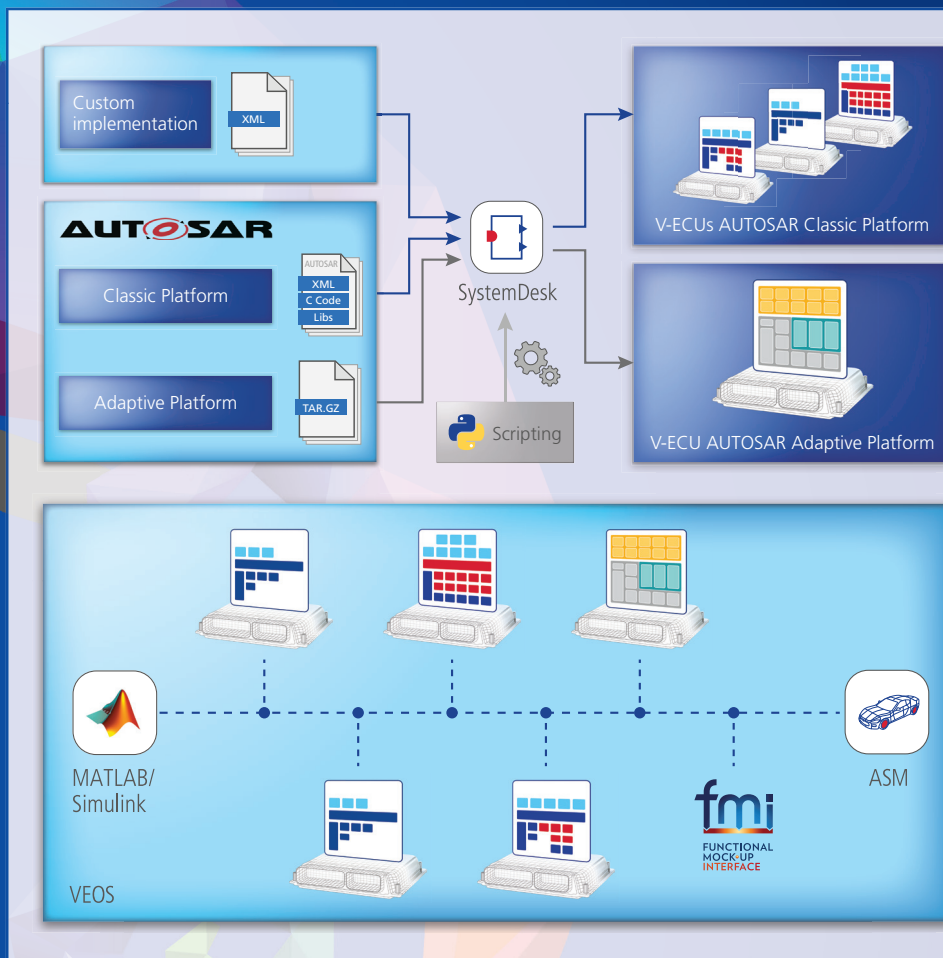
定义了模块化 ECU 软件组件层的模型，其中还包括用于基础功能的标准化接口。这样，便可独立于硬件实现 ECU 代码。

生成兼容 AUTOSAR 的软件

dSPACE 的 SystemDesk 是一款创建和生成系统的工具，其可以基于 AUTOSAR 描述进行 ECU 软件组件的集成。无论是带有功能代码的应用软件包含的单个组件还是包括所有必要 AUTOSAR 基础软件模块的完整代码，均可进行集成。此外，SystemDesk 还能配置并生成专用于仿真的操作系统。这样就可以精确地对 ECU 行为进行仿真，甚至能够配置不同的操作系统任务。通过生成可能缺少的基础软件（或集成外部提供的模块）还可以实现与仿真总线系统的连接，例如汽车以太网。

基于服务的通信

现在，在开发高效控制单元的软件时，AUTOSAR Classic Platform 无疑是一款理想工具。但是，高度自动化驾驶需要不同的框架条件。在这种特定的应用案例中，功能之间的通信在技术上已不再需要提前定义并集成到运行时环境 (RTE) 生成的代码中。相反，该定义仅指定互相通信的两个对象。只有在启动控制单元后，才会建立实际通信连接。这样，在交付车辆后，便可通过无线连接来更新各项功能。我们还可以在之后添加新功能（OTA 更新）。所需的软件架构通过 AUTOSAR Adaptive Platform 进行描述，此平台与 Classic Platform 有显著区别。但是，某些结构仍然存在。例如，平台仍可分为应用层和基本服务（每个 ECU 都必须提供）。由于操作系统提供了标准化接口（Portable



顶部：将虚拟 ECU (V-ECU) 上用于 AUTOSAR Adaptive Platform 平台和 Classic Platform 平台的应用软件与 SystemDesk 集成。

底部：在 VEOS 上结合被控对象模型 (MATLAB® / Simulink®, 汽车仿真模型, 简称 ASM) 对不同复杂程度的 V-ECU 进行仿真。

Operating System Interface：便携式操作系统接口，简称 POSIX)，该平台仍独立于硬件接口。

验证基于 AUTOSAR 的虚拟 ECU

如果某些 ECU 是在 Classic Platform 平台上开发的，而另一些是在 Adaptive Platform 平台上开发的，则具有虚拟 ECU 的环境模型集成式仿真将在验证时面临一些问题。VEOS 可以结合环境模型对这两种类型的平台进行仿真，并通过仿真以太网总线支持双方通信。由于相关的软件在环方法与实时流程是分离的，因此可以加速各个虚拟 ECU 的开发和集成，这对于自动驾驶功能特别有利。 ■

使用 dSPACE 工具链为 AUTOSAR Adaptive Platform 平台进行高效的软件开发。



流程咨询 – dSPACE
产品组合新服务

高效 流程

必然趋势

实现目标的方法可能有很多，迂回绕行也可能拓宽我们的视野。但是，这种边做边学的方法通常会耗费时间和资金，而且会带来更大的风险。负责 dSPACE 流程咨询的 Jann-Eve Stavesand 和 Anne Geburzi 解释了 dSPACE 如何通过创建优化流程来开发和测试汽车软件，避免了走弯路的情况。



Stavesand 先生，流程咨询具体指什么，dSPACE 为什么会推出这项新服务？

Stavesand：简单来说，我们就如何优化其开发和验证流程为客户提供建议，使其适应新要求或进行重新设计。流程咨询是 dSPACE 新推出的服务，因为我们现在将咨询作为一项独立于产品的服务提供给客户。这意味着我们不仅针对我们自己的产品和工具链向客户提供建议，还会考虑他们的整个工具环境。当然，来自其它供应商的专家仍然会回答有关其产品的详细问题。但是，由于我们对流程了解更全面，因此我们才是创建独立于工具的流程设计的指定专家。

dSPACE 为什么要在这个时间点提供流程咨询服务？

Stavesand：这段时间，我们不断收到客户的请求，他们明确希望能够利用我们的经验和专业知识来优化流程，并将我们视为全面设计流程架构的理想合作伙伴。因此，现在正是提供新型 dSPACE 流程咨询服务、满足客户要求的最佳时机。关于这点，我记得很清楚，我们遇到过一家大型汽车供应商，并讨论了不同软件和硬件产品的交互作用。在对工具环境进行了几次有趣的讨论之后，他们负责的

>>



图 1：Jann-Eve Stavesand 和 Anne Geburzi 介绍了 dSPACE 流程咨询。这是 dSPACE 产品组合的最新服务。



图 2 : dSPACE 评估模型 – 提出提议之前, 我们需要对当前情况详细分析。

人员最后对我们说：“你们真是行家！我们希望你们能全面地向我们提供建议，我们现在要单独联系每家工具制造商才能了解整个流程。”近年来，这类请求越来越频繁，我们现在可以通过提供 dSPACE 过程咨询来满足这些需求。

Geburzi 女士，是什么特别因素促使客户利用 dSPACE 流程咨询服务？

Geburzi：一些新的挑战，例如开发自动驾驶功能、虚拟测试方法广泛的使用，以及对更灵活的流程或 ISO 26262 等标准的需求，都是典型的触发因素。在这些情况下，现有流程通常不能满足要求。无论怎么看，流程的复杂性都在不断增加。因此，客户需要舍弃常规流程，从简单的重组工作开始，不断进行扩展，一直到实现敏捷开发或设计全新流程。这听起来可能没什么特别之处，但我们的客户

通常缺乏足够时间和详细知识，无法在兼顾日常业务的同时，开发定制化的流程设计。

您能举例说明一下咨询项目的一般流程吗？

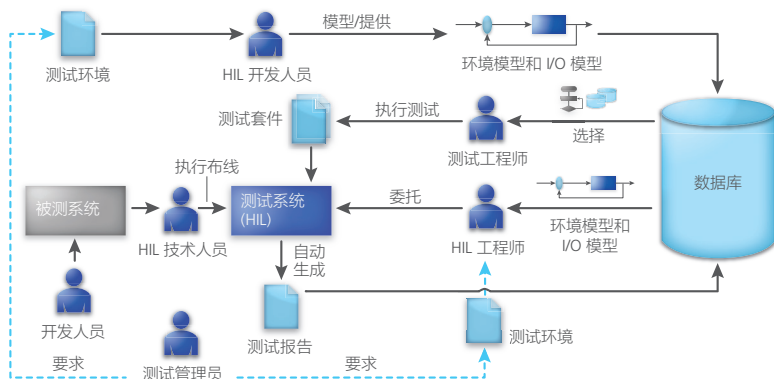
Stavesand：通常，每个项目的内容和范围都是特定的，因此流程各不相同。但是，大多数项目都从初步评估开始，我们向项目中涉及的所有人员了解情况，之后再进行现场评估。然后，我们基于开发目标，对当前状态进行统筹规划。为此，我们考虑了现有工具链以及分配的人员、指定的要求，并考虑了类似流程的最佳实践。通过查看这些信息，我们确定了改进的可能性，并为流程扩展或重组做准备。在实施提议的措施后，客户验收中的重中之重就是客户能够通过关键数据评估验收是否合格。

您能否介绍一下为客户提供建议的具体案例？

Geburzi：我们经常收到请求，要求根据 ISO 26262 标准设计新流程，开发安全关键型功能，包括编写安全手册等文档。在 ADAS¹⁾，我们可能需要重建已建立的流程，或者在必要时开发全新的流程。对于基于模型的开发、AUTOSAR 标准兼容或灵活的解决方案制定，这些技术和方法的优势评估以及进行流程相关的引入对我们的客户来说至关重要。例如，引入虚拟测试方法（例如 SIL 和 HIL²⁾）的挑战之一是可测试性设计。这意味着必须根据基于系统设计的确认和验证流程开发硬件和软件。对开发和验证流程中海量数据的管理也起着越来越重要的作用。但是，全面的集成工具解决方案还未出现。

在开发过程中发生变化的要求或在生命周期中增加的功能 – dSPACE 流程咨询还会在引入敏捷开发时提供咨询和支持。

工作流程（例如，实现和执行）



当然，dSPACE 在这些领域拥有丰富的软件开发经验。那么，dSPACE 是否有资格成为这些领域的顾问？

Stavesand：对于所有这些领域，我们都可以利用我们现有的专业知识，以及多年来积累的国际工程项目的实践经验。我们与不同行业的不同公司进行合作，拥有一流的项目经验。因此，在与客户的合作中，我们能开发出个性化、优质化的可行解决方案。

你们如何进行流程设计呢？特别是考虑到作为行业专家的客户倾向于建立针对其需求的定制化流程。

Geburzi：我想引用 Henry Ford 的话：“如果你一直重复过去做过的事情，那么你将不会有新的收获。”通常，这些既定流程正是客户征求我们建议的原因。如果一个流程成为了既定流程，可能意味着它已经过时并且不再适应新的挑战。此外，客户公司的专家们不可能考虑到流程的所有方面，因为 IT 部门、安全管理人员、通用的标准和规范，或公司范围内的决策会不断提出新的外部要求。现有流程可以作为基础，但必须对其进行专门调整以满足所有新要求。此外，

所有措施都必须在公司内部传达和协调。作为流程顾问，这对我们来说至关重要。因此，我们在不同部门之间进行协调沟通。

Stavesand 先生，Geburzi 女士，感谢你们接受此次采访。

¹⁾ 高级驾驶辅助系统（编者注）
²⁾ 软件在环、硬件在环（编者注）

Anne Geburzi
 Anne Geburzi 是 dSPACE 的高级流程顾问。



Jann-Eve Stavesand
 Jann-Eve Stavesand 是 dSPACE 的流程咨询团队负责人。



SCALEXIO 系统创新

dSPACE SCALEXIO 系统的产品组合正在不断扩展。dSPACE 2018-B 版本现在可提供更为紧凑的 SCALEXIO LabBox 和新型 SCALEXIO I/O 板卡，用于模拟信号生成和以太网通信。SCALEXIO 适用于快速控制原型开发和硬件在环应用。

SCALEXIO LabBox (8 槽)

SCALEXIO LabBox 现在还可提供带有 8 个插槽的更紧凑版本。任何类型的 SCALEXIO I/O 板卡都可以安装在其中 7 个插槽中。例如，7 个插槽中的 5 个还支持 CompactPCI Serial 板卡，用于集成以太网或现场总线接口。第 8 个插槽保留作为处理硬件的系统插槽。我们可以插入 DS6001 Processor Board 或 DS6051 IOCNET Router，以连接 SCALEXIO Processing Unit 作为

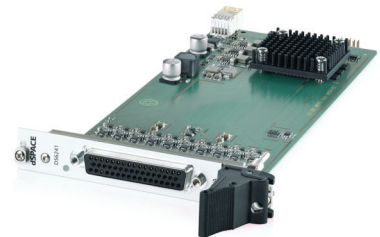
外部处理单元。新款 SCALEXIO LabBox 占地面积小，与 14 英寸笔记本电脑差不多大，并适用于任何桌面。因此，功能开发人员可以轻松地对测试系统进行操作。或者，我们也可以将两个狭窄的 LabBox 连接并安装在 19 英寸机架中。因此，每个多处理器系统配备一个 DS6001 Processor Board，可快速进行计算密集型应用，并且占用空间最小。



多个 D/A 通道

新的 DS6241 D/A Board 可在 SCALEXIO LabBox 和 SCALEXIO 机架系统中使用。我们可以通过其 20 个模拟通道进行执行器控制信号生成和传感器仿真。除了静态电压外，还可

以根据时间和角度回放模拟波表。与所有其它 SCALEXIO 板卡一样，这些通道使用 dSPACE ConfigurationDesk 以图形方式进行配置。

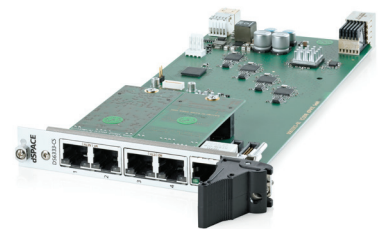


支持车载以太网

dSPACE 提供了两种新型板卡，将车载以太网和 SCALEXIO 配合使用：

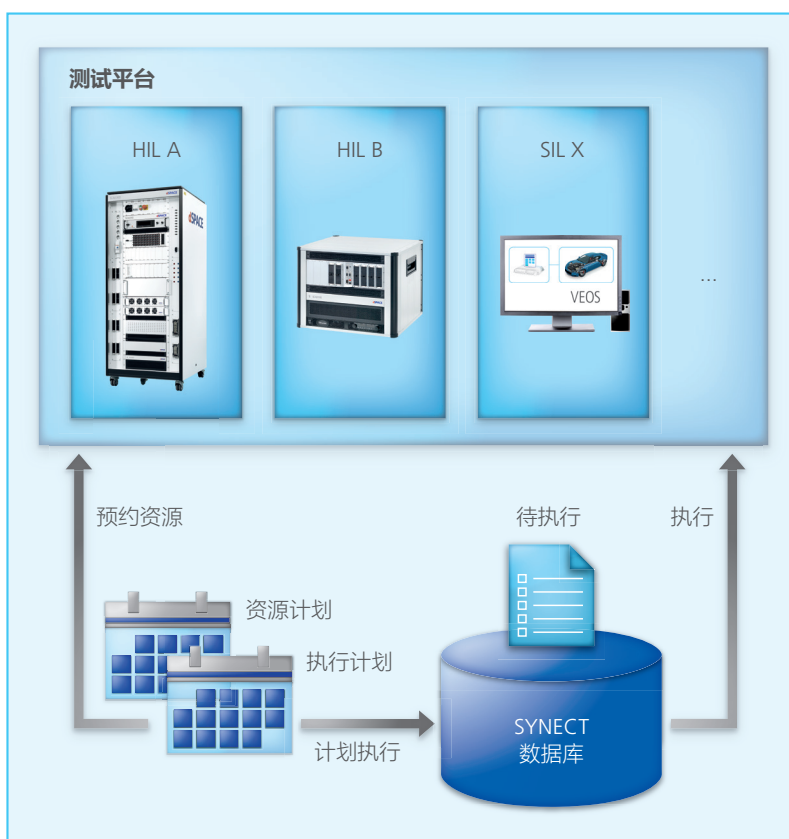
- DS6333-CS Automotive Ethernet Board 可与 DS6001 Processor Board 一起用于 SCALEXIO LabBox。
- DS6333-PE Automotive Ethernet Board 可插入 SCALEXIO Processing Unit。

两款车载以太网板卡均提供固定的标准以太网端口和四个附加端口，这些端口可与 BroadR-Reach (100/1000 MBit/s) 或标准以太网 (10/100/1000 MBit/s) 配合使用，具体取决于使用的模块。由于集成了可配置网络交换机和 4 个内部以太网控制器，可支持各种应用。此外，还提供高性价比的 DS6334-PE 和 DS6335-CS 版本，特别适用于旁路和仿真器级联应用。■



通过基于 SYNECT 的 HIL 自动化测试提高效率

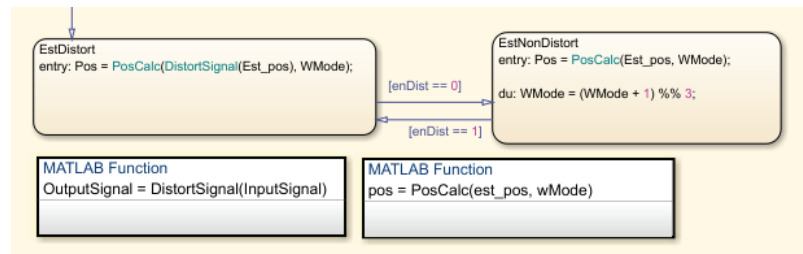
有效开发和验证电子控制单元的关键是充分利用现有的测试系统。应对此挑战的一个关键要素是自动化流程，并用于测试系统准备和测试执行。dSPACE 数据管理软件 SYNECT 为这些任务提供了有力的解决方案。它通过软件在环 (SIL) 和硬件在环 (HIL) 平台管理数据进行验证，并为一系列测试自动化工具提供直接支持，例如 dSPACE AutomationDesk、Vector vTESTstudio/CANoe 和 NI TestStand。测试执行所需的所有数据，例如实时应用程序、参数化和测试，都可以自动提供给测试系统。后续的 HIL 系统配置也可以实现高度自动化。借助新版本 2.6，SYNECT 可为高效测试提供更多支持。待测试的工件列表和现有测试系统的列表可存储在 SYNECT 中，并用于测试计划安排。将来，还可以在日历中为不同任务预订测试系统，例如自动化测试、系统重新配置或常规维护任务。在后续测试计划安排中可参考此预订信息。■



TargetLink : 为 Simulink 模型中的 MATLAB 代码提供支持

有时需要使用 MATLAB® 代码来描述 Simulink® 模型中的算法和行为。借助新的 TargetLink Module for MATLAB Code, TargetLink 现可为此建模过程提供支持。因此, dSPACE GmbH 和 MathWorks, Inc. 已就 Simulink 模型中的某些 MATLAB 代码签署了 TargetLink 支持许可证协议。因此, 产品级代码开发人员现在首次能够直接使用 Simulink 模型中 MATLAB 代码描述的控制功能生成 TargetLink 的高效 C 产品级代码, 例如, 使用 Stateflow® 中的 MATLAB 功能块或 MATLAB 功能。因此, 除了使用预定义的模块和状态机之外, 开发人员还

可以利用另外的资源在 TargetLink 中建模。TargetLink Module for MATLAB Code 能够为 TargetLink 进行全方位优化和定制。dSPACE Release 2018-B 和 TargetLink 4.4 可以提供新的可选模块。■



TargetLink 用户可以使用新的 TargetLink Module for MATLAB Code, 在 Simulink 模型构造 (此处为 Stateflow 图表) 中利用 MATLAB 代码生成产品级代码。

Embedded SPU 针对车载原型开发扩展了产品组合

dSPACE 现已推出的 MicroAutoBox Embedded SPU (Sensor Processing Unit) 进一步扩展其产品组合, 并用于多传感器应用的车载原型设计, 为其客户提供功能强大且紧凑的解决方案。继 MicroAutoBox Embedded PC 和 Embedded DSU (Data Storage Unit) 之后, Sensor Processing Unit 成为第三大主要产品, 可满足复杂驾驶辅助系统和自动驾驶功能开发的需求。其结果是形成了一个独特组合, 其中包括六核 CPU 的高计算能力、NVIDIA® 集成式 GPU、汽车网络和环境传感器的接口以及车载应用的极其紧凑和

强大的设计。多传感器系统的图形化开发环境 RTMap 可用于在 Sensor Processing Unit 上快速轻松地实现感知、融合和应用算法。■



dSPACE on Board

借助 dSPACE 开发工具进行新颖、有趣的应用

无人驾驶摩托车

通过对自动摩托车的研究，宝马公司获得了有关驾驶动力学的知识，希望通过辅助系统使电动双轮车的驾驶更安全、更先进。此外，测试车辆还为将来摩托车参与联网道路交通奠定了基础。R 1200 GS 侧箱中的 MicroAutoBox 确保能够可靠地执行自动驾驶功能。



图片来源：© CARJAM TV

视频展示了无人驾驶摩托车自动加速、刹车和转弯的情况，并未出现翻车。

www.dspace.com/go/dMag_20191_BMW



使用 MicroAutoBox，还可以在道路上快速实现和体验摩托车驾驶技术的创新。

即使传感器失效也能确保安全

VEDECOM (VÉhicule Décarboné COmmuniquant et sa Mobilité) Institute 特意调查了传感器出现故障时自动驾驶汽车的行为。研究人员正在研究车辆纵向动力学的容错控制策略，目的是检测可能的故障，然后保持车辆的安全性能。RTMaps 和 MicroAutoBox 可用于开发和实现算法。



图片来源：© VEDECOM

测试车辆用于演示容错算法的性能。

www.dspace.com/go/dMag_20191_VED



容错策略在实时软件 RTMaps 中进行测试，并使用 MicroAutoBox 在车辆中实现。

有源声音生成

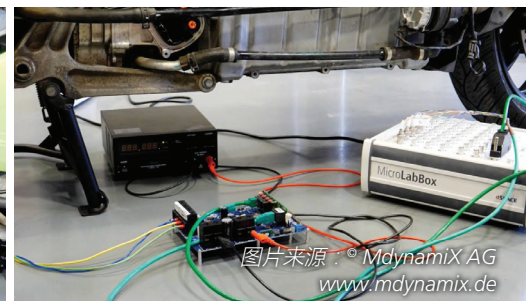
MdynamiX AG 使用安装在车上的电动机进行靶向噪声开发。例如，在电力驱动时发出特定声音，从而提高安全性和体验感。它还致力于使内燃机听起来更加铿锵悦耳，并通过选择性干涉减少车辆中的干扰噪音。MicroLabBox 在实验室声音研究中发挥着积极作用。



图片来源：© MdynamiX AG

电动机靶向噪声生成在传统电动汽车领域中开辟了新的应用方向。

www.dspace.com/go/dMag_20191_Sound

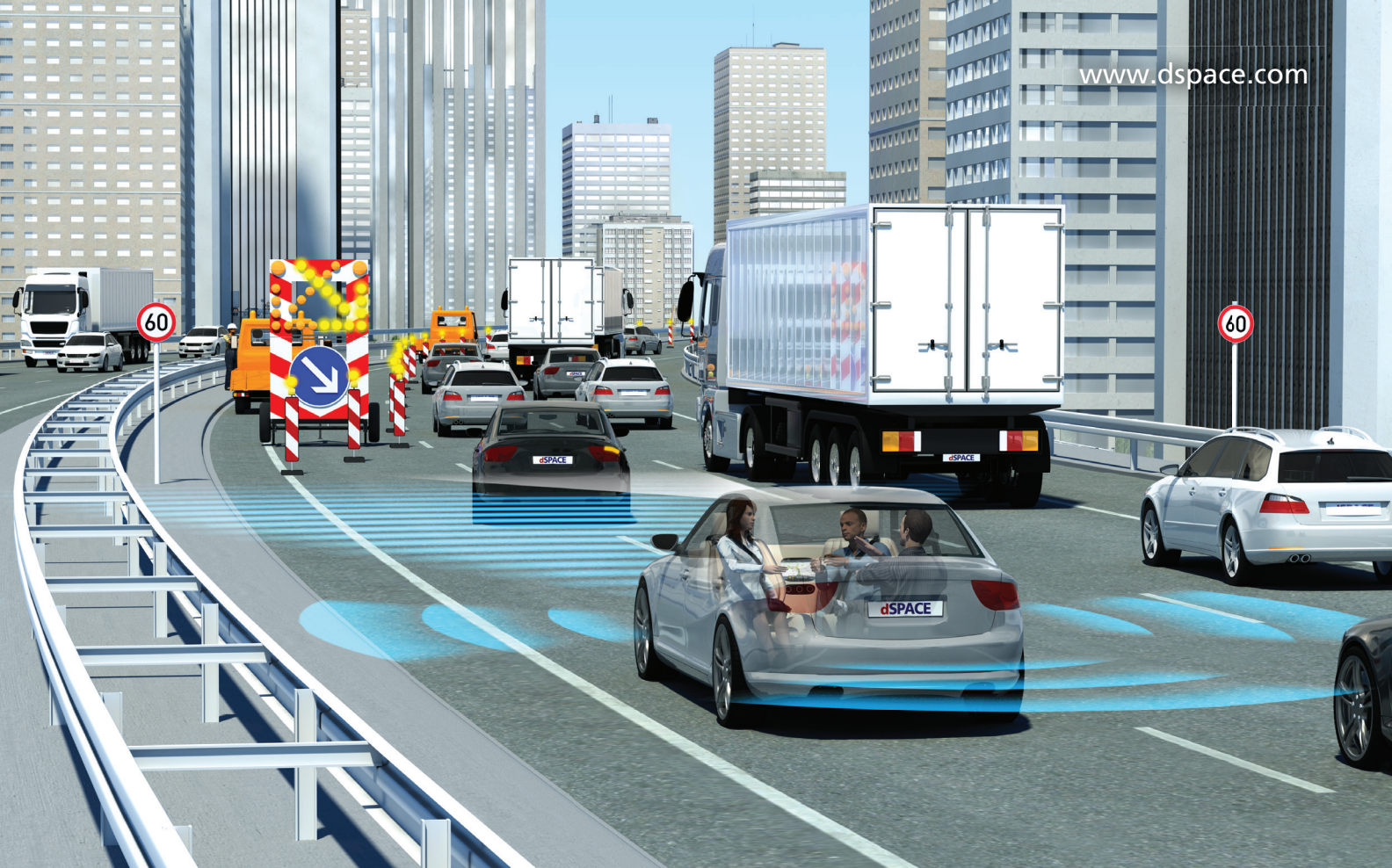


图片来源：© MdynamiX AG
www.mdynamix.de

视频概述了有关电动机声音塑造的研究 - 由 MicroLabBox 提供支持。



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/go/dMag_20191_REF_C



自动驾驶功能 – 使用 dSPACE 实现更快速的开发

自动驾驶汽车这个创新理念具有巨大潜力。尽管其复杂性与日俱增，但开发工作仍需保持可控。为此，我们可以采用精心协调的工具链进行功能开发、虚拟验证、硬件在环仿真以及车载数据记录。通过完美匹配的工具可以在所有开发步骤中实现顺利交互，使工作更加高效。无论您是开发软件功能、对车辆、环境传感器和交通场景进行建模，还是在 PC 集群中运行虚拟驾驶，都能自如应对。

完善车辆功能，实现高速安全的自动驾驶。

