


dSPACE MAGAZINE

2019 年
第 2 期



**ZF – 人工智能自动驾驶车辆的
真实传感器仿真** | 第 6 页

**Sebastian Thrun – 从自动驾驶车辆
到飞行车辆** | 第 50 页

**现代摩比斯公司 – 增强现实优化
验证** | 第 14 页

电动 城市巴士



“dSPACE 的电子高压测试系统使我们能够精确地以功率级仿真电动机和电池。这使我们能够在实际电气条件下对功率控制单元进行可靠的测试。”

Andreas Clevin, Avantest GmbH & Co. KG
首席技术官



电动公共汽车，资料由
Stadtwerke Münster 友情提供。

电动汽车正在蓬勃发展，尤其是大都市地区。电动城市巴士具有低排放的优点，能够满足这些地区对于环保的需求。巴士是公共交通不可或缺的一部分。因此，我们必须对新的驱动系统进行非常全面的测试。

Avanade 公司位于北莱茵-威斯特伐利亚阿尔斯多夫，致力于动力电子设备和电气系统的验证。为此，他们的测试实验室配备了 dSPACE 的电子高压测试系统。该系统可以在功率级仿真公共汽车的电机和电池，并通过精确的真实电压和电流测试电子控制单元，包括功率电子设备。



“我们使用人工智能和仿真技术来加速自动驾驶的开发。”

尊敬的读者：

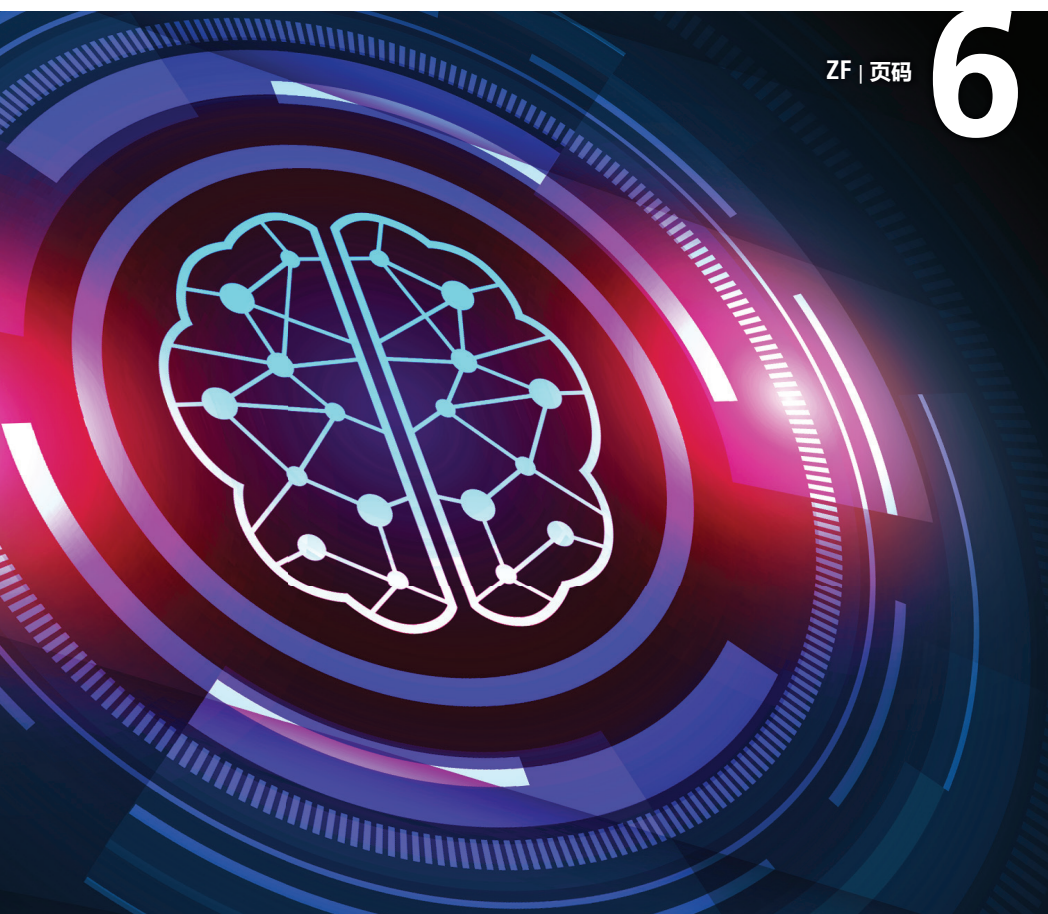
在新一期的 dSPACE 杂志中，我们将介绍汽车行业的一些变革性重大变化。

在本期杂志的采访中，ZF 研发主管 Dirk Walliser 博士讲述了 ZF 在早期阶段能够成功开发市场的重要因素，即拥有自动驾驶的专业技术。在第 6 页的文章中，ZF 还向我们介绍了基于 AI 自动驾驶技术平台的开发和验证。在此过程中，ZF 采用了 dSPACE 的解决方案：借助我们的系统，ZF 建立了一个包含 20 多个雷达、激光雷达和摄像头传感器的虚拟三维测试环境，效果很独特，并且十分逼真。这个成功案例证明，我们在探索开发和测试解决方案的道路上稳步前进。汽车行业的一些自动驾驶的项目清楚地表明，我们必须进行大量的测试和验证，才能保证车辆实现安全的自动驾驶。通过团队协作和统一的方法往往能使工作更加高效，因此，德国顶尖的创新技术人员在 PEGASUS 项目中携手合作，制定了一个国际适用的流程，旨在实现有效统一的驾驶功能评估和验证。我们也参与了这个项目，并提供了专业知识和工具。几周

前，合作伙伴们共同展示了项目成果。该项目还证明，虚拟验证对于自动驾驶来说是不可或缺的。我们的仿真模型和基于 PC 的仿真平台 VEOS 也发挥重大作用。Sebastian Thrun 先生之前担任过斯坦福教授，并且是 Waymo 的创始人以及 Kitty Hawk 的首席执行官（Kitty Hawk：硅谷一家致力于研究飞行汽车的初创公司）。他对基于仿真的验证也格外关注。在接受 dSPACE 杂志的独家采访时，Thrun 强调了虚拟测试和人工智能专业知识对于快速开发自动驾驶功能的重要性。这也是 dSPACE 的战略重点。我们正在不断加强 dSPACE 在行业中的领导地位，致力于为客户提供优质的验证系统。我们还在广泛参与人工智能领域的活动，并强化我们的人工智能团队。

谢谢！

Martin Goetzeler



ZF | 页码

6



日立汽车系统公司 | 页码

18



伯尔尼应用科学大学 | 页码

30

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：Alicia Garrison、Stefanie Koerfer 博士、
Ralf Lieberwirth、Lena Mellwig、Simon Neutze、
Ulrich Nolte、Gerhard Reiß 博士、Patrick Pohsberg

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：

封面照片：Hyundai

© 2019 版权所有

保留所有权利。对此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 编者按
- 客户
- 6 ZF
人工智能在环
使用真实传感器仿真验证基于 AI 自动驾驶车辆的新型测试系统
- 14 现代摩比斯公司
增强现实
车辆在环 (VIL) : 使用同步的虚拟和真实测试驾驶验证驾驶辅助系统
- 18 日立汽车系统公司
3D 车辆调配
使用立体摄像头进行观测, 为自动驾驶测试生成立体图像
- 22 MAGNETI MARELLI
智能自动化
车身控制器的自动测试环境提高了工作的质量和效率
- 26 吉利
模块化的优势
吉利和沃尔沃正在基于 Compact Modular Architecture platform 平台联合开发新型汽车
- 30 伯尔尼应用科学大学
产消合一
产消合一型家庭负载潮流管理的实验室测试
- 34 IUPUI
速度是安全的关键
开发自动驾驶算法, 快速准确地响应感知的环境
- 产品
- 40 SCALEXIO AUTOBOX
SCALEXIO 后备箱强大算力
在早期开发阶段验证和测试新功能
- 42 传感器仿真
真实传感器仿真
dSPACE 在自动驾驶领域的最新开发
- 46 TARGETLINK
TargetLink 面世 20 年
从高效的产品级代码生成器到敏捷的基于模型的软件开发
- 业务
- 50 SEBASTIAN THRUN
飞行汽车将成为现实
据 Sebastian Thrun 所说, 在未来几年, 人工智能将影响每个人的职业生涯
- 54 PEGASUS
PEGASUS 项目
通过基于仿真的测试更快地验证自动驾驶功能
- 简讯
- 56 SCALEXIO : 先进电动汽车应用的最新 FPGA 技术
云端 SIL
- 57 V2Cloud 应用程序的真实测试
- 58 采用高清电子地平线的自动驾驶

人工智能在环

使用真实传感器仿真验证基于 AI 自动驾驶车辆的新型测试系统

如何验证能通过控制系统做出独立决策的车辆，这是开发人员面临的一项新挑战。ZF通过结合传统HIL技术与真实传感器环境仿真，成功地解决了这一问题。他们为此开发的测试系统基于dSPACE工具链。



有在开发和验证阶段投入大量的时间和精力，才能使传统驾驶车辆兼顾高质量和舒适性，因为成本和时间目标必须得到满足。推出自动运输系统之后，市场对质量、效率和安全提出了全新的要求。只有使用特别精益的方法和工具链，才能克服开发阶段产生的复杂问题。毕竟，这不仅是为了成功推出自动控制功能，也是为了

能够在任何天气、交通或能见度条件下安全地应用这些功能。

自动驾驶技术平台

ZF正在开发一个技术平台，专用于设计能自动驾驶的电动大众运输工具。这凸显了 ZF 在自动驾驶系统架构方向的丰富专业知识。为此，该技术小组动用了大量专家资源来确定和处理环境和传感器数据。该项目还展示了

ZF ProAI 超级计算机的性能和实用性，该计算机由 ZF 和 NVIDIA 推出，才面世一年。该计算机充当车辆的中央控制单元。我们的目标是建立一个可扩展的系统架构，之后我们可以根据预期用途、可用硬件设备和所需的自动化水平，将其应用于目标车辆上。



自动驾驶系统的设计

该车配备 6 个激光雷达传感器、7 个雷达传感器和 12 个摄像头传感器，用于探测环境。全球导航卫星系统 (GNSS) 可确保准确定位。所有传感器数据都结合在 ZF ProAI 中央控制单元中。控制单元使用感知、对象识别和数据融合等典型步骤，对数据进行预处理和评估。此外，它还会计算出驾驶策略，最终将生成执行器（转向、动力传动系统和制动系统）的控制信

号。部分基于人工智能 (AI) 的算法会对传感器数据进行分析。首先，人工智能软件会加快数据分析的速度，并提高对象识别的精度。我们希望能够利用丰富的数据来识别交通状况中反复出现的场景，例如行人过马路。

验证概念

电子控制单元 (ECU) 的一个重要验证步骤是集成测试，包括结合所有传感器、执行器和车辆电器电子 (E/E) 架

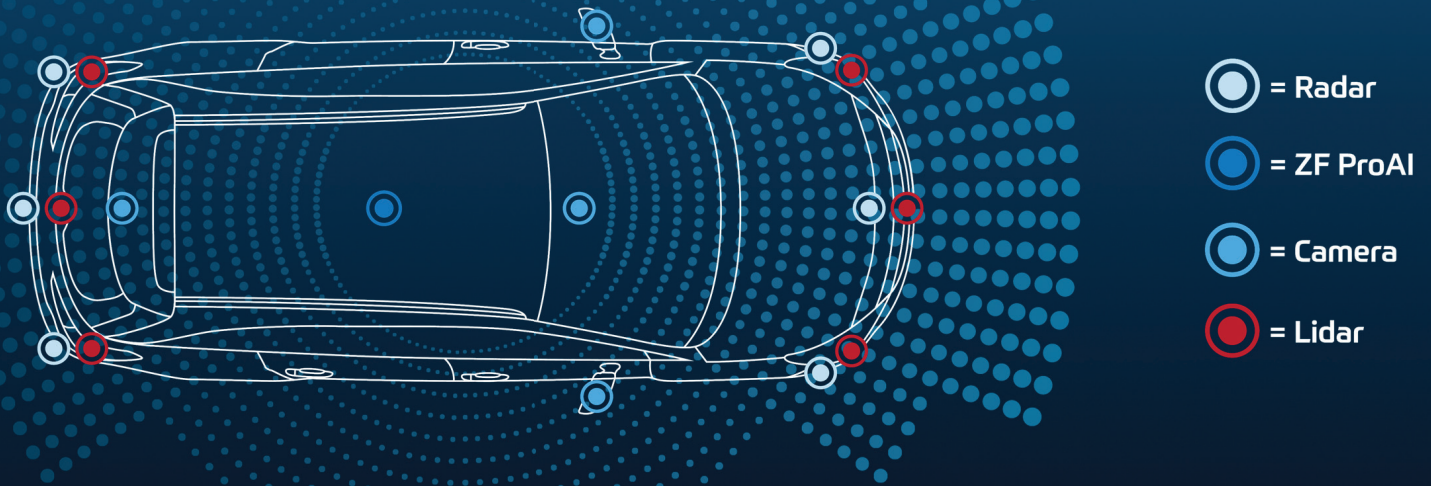
构来测试 ECU。通过这种全面的测试视角，我们可以对相关组件（传感器、执行器）以及车辆行为在内的全部驾驶功能进行完整验证。硬件在环 (HIL) 仿真是集成测试的常规解决方案。因此，开发项目包含使用 HIL 测试解决方案的验证步骤。

HIL 仿真器概念

ZF 与 dSPACE 一起协作，开发 HIL 仿真器的概念。该仿真器基于 SCALEXIO >>

人工智能

人工智能 (AI) 是计算机科学的一个分支，主要关注智能行为和机器学习的自动化。一般来说，人工智能是通过构建计算机并对其编程，使其能够相对独立地处理问题，最终复现出某些人类的决策行为。



自动驾驶车辆传感器架构的示意图。

图片来源: © ZF

技术, 仿真整车, 包括转向、刹车、电动驱动、车辆动力学和所有传感器。作为 ECU 输入, 仿真器负责传输所有传感器信号。在输出方面, 则提供残余总线仿真以及车辆执行器的 HIL 仿真所需的 I/O。为确保真实仿真, 我们使用 dSPACE Automotive Simulation Model (ASM) 工具套件为传感器和车辆实时计算车辆和车辆动力学。这会面临一些问题, 因为人工智能系统本身没有任何硬实时属性和线性相关度。因此, 人工智能控制单

元被嵌入在同步仿真传感器和执行器的仿真器之间, 在真实的车辆条件下精确地运转。

传感器仿真

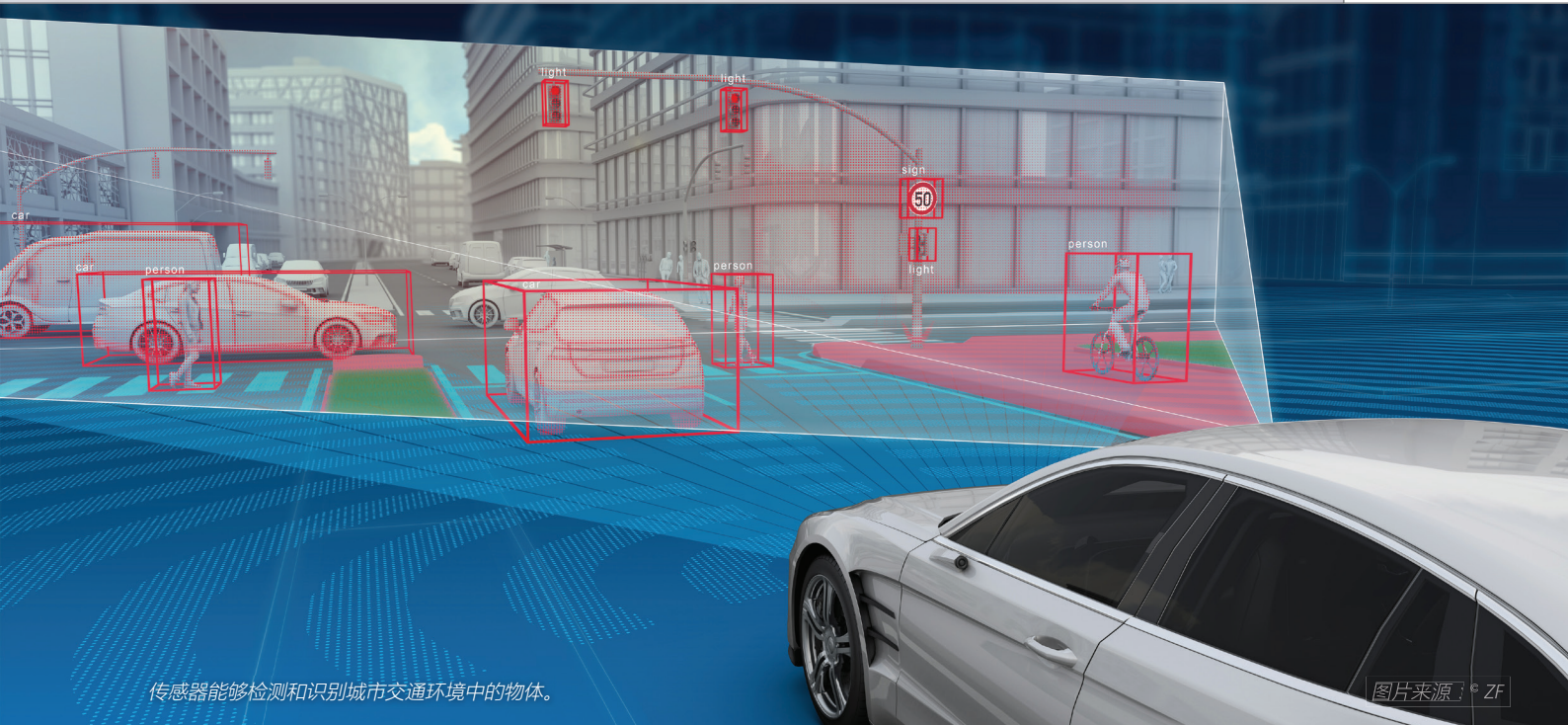
ZF ProAI 控制单元主要用于直接处理所有原始传感器数据。此外, 传感器数据也作为对象列表 (Object List) 读入。对象列表则由 ASM Traffic Model 提供, 作为周围交通地面真值 (Ground Truth) 仿真的一部分。对于原始数据, 必须尽可能真实地仿真所有传感器。

高精度传感器环境仿真

原始传感器数据的生成需要模型能够根据定义的测试场景计算传感器环境, 并精确仿真。为此, 我们使用了 dSPACE 工具链中的物理雷达、激光雷达和摄像头模型。通过这些高精度和高分辨率模型, 我们可以计算环境和传感器之间的传输路径, 包括传感器前端。雷达和激光雷达模型的光线跟踪器呈现了从发射器到接收器单元的整个传输路径, 并支持多径传播。几百万束光束并行发射。确切的数字取决于相应的 3D 场景。在这两种模

传感器仿真平台: 传感器数据在 Sensor Simulation PC 上进行仿真。Environment Sensor Interface Unit (ESI 单元) 能够像真实传感器那样提供电子信号。





传感器能够检测和识别城市交通环境中的物体。

图片来源: ZF

“我们依靠强大的 dSPACE 工具链，结合传感器和执行器，尽早验证自动驾驶技术平台的人工智能控制单元。”

Oliver Maschmann, ZF

型中，复杂物体的镜面反射和漫反射都是基于物理行为来计算的。我们还可以指定多径传播的级跳数。激光雷达模型是专为闪光和扫描传感器设计的。摄像头模型可应对不同类型的镜头和光学效果，例如色差或镜头浮尘。由于所有模型都极其复杂，模型组件必须在图形处理单元(GPU)上计算，以满足实时性需求。为此，在

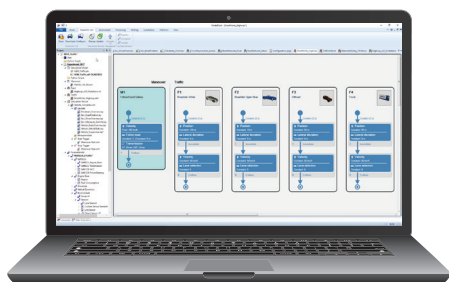
dSPACE实时系统中，无缝集成了配备有NVIDIA P6000的Sensor Simulation PC。

生成测试场景

测试自动驾驶车辆最重要的部分，就是针对自动驾驶进行可靠测试与功能验证，生成合适的场景。为此，我们使用了 Scenario Editor。我们可以

使用常规的图形方法轻松创建复杂的周围交通。这些情况包括主车（被测车辆，包括其传感器）、周围交通的操纵和基础设施（道路、交通标志、路旁结构等）。由此，我们创造了一个用于车辆传感器捕捉的逼真的虚拟3D世界。利用灵活的设置，我们可以进行各种测试，从标准欧洲NCAP规范的实现到城市交通中独立构建的 >>

配备 ModelDesk 的强大工作站，包括 Scenario Editor（左），用于参数化和场景生成，而 MotionDesk（右）则用于仿真驾驶测试的可视化。



两个 HIL 机柜包含传感器仿真的所有组件：SCALEXIO 实时平台、Sensor Simulation PC 和 ESI 单元。待测试的 ZF ProAI 控制单元位于左侧机柜中。执行器的仿真器未展示。



传感器仿真组件

实时传感器环境仿真通过以下组件实现：

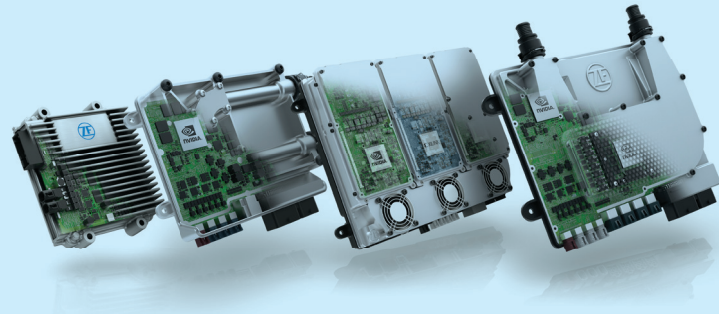
类型	数量	ESI 单元	Sensor Simulation PC
激光雷达	6	1	1
雷达	7	1	4
摄像头	12	3	3

ZF ProAI

ZF ProAI 控制单元为自动驾驶功能的实现提供了高计算能力和人工智能 (AI) 支持。它通过极其强大的可扩展的 NVIDIA 平台处理摄像头、激光雷达、雷达和超声波传感器的信号。此外，它还能够实时理解车辆周围发生的事件，并通过深度学习积累经验。

优点

- 支持 AI
- 计算能力高达 150 TeraOPS
(每秒 150 万亿次计算操作)，
具体取决于型号
- 能够实现自动化和自动驾驶功能
- 高度可扩展的接口和功能



图片来源：ZF

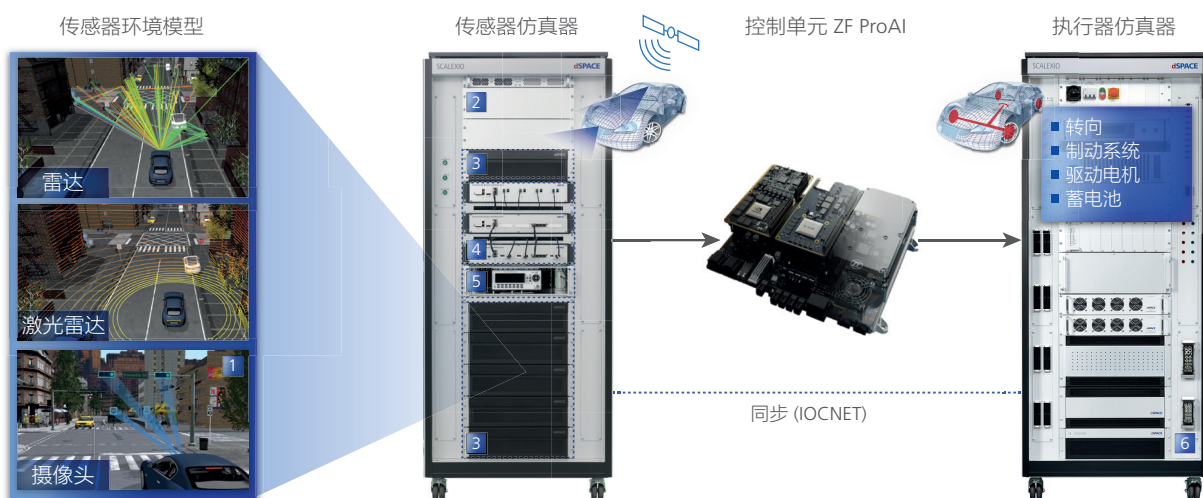
复杂场景都包含在内。我们通过 ASM 实时仿真 3D 环境，其中包括车辆的 3D 对象以及传感器环境模型。道路使用者的轨迹使用 ASM Traffic Model 进行仿真。

验证自动驾驶车辆

此处展示的 HIL 仿真器网络可帮助开发人员分析在特定条件下，虚拟化技术平台的车辆行为，这对进一步开发至关重要。这包括一些测试场景，在这些场景中，首批交付车辆必须具备

自动驾驶功能。仿真器需要在一些极端条件下测试车辆的安全驾驶能力，如在下雨、下雪或结冰路面。此外，还增加了其它典型的 HIL 测试方法，例如生成电气电子系统的故障，即断线、短路或总线系统错误。这些测试 >>

HIL 仿真器实时同步生成雷达、激光雷达和摄像头传感器的周围环境，包括它们的前端，并随后将其提供给 ZF ProAI 控制单元。ZF ProAI 根据驾驶策略控制所仿真的执行器。



- 1) 传感器环境模型：计算传感器所能看到的环境，包括传感器前端，具有高真实性和高分辨率。
- 2) SCALEXIO + ASM 交通：仿真周围的交通。
- 3) Sensor Simulation PC：确保实时传感器仿真真实性，并通过标准化图形化界面发布原始传感器数据。

- 4) ESI 单元：准备同步原始数据以满足 ECU 接口的特定要求。
- 5) GNSS：提供同步导航坐标。
- 6) SCALEXIO + ASM Vehicle Dynamics，多 I/O 板卡，以太网接口，CAN FD 接口：仿真执行器和车辆动力学。

深度学习

ZF 工程师使用仿真器来训练车辆的多种行驶功能。测试尤其侧重于各种城市交通状况：例如，在人行横道上与行人的互动、碰撞评估以及靠近交通灯和环岛路的行为。与公路或乡村道路驾驶相比，我们需要建立对当前交通形势的透彻理解，从而帮助自动驾驶车辆采取合适的行为决策。这要困难得多。



“dSPACE 的传感器真实仿真模型可以根据复杂的三维场景生成原始传感器数据，再由 ZF ProAI 控制单元直接处理。因此，我们能够在早期开发阶段轻松、经济高效地进行复杂的真实测试。”

Oliver Maschmann, ZF

目录十分全面，且在不断扩展，因此能对自动驾驶系统的功能性进行有效验证。

评估和后续步骤

测试系统可以创建一些对于中央控制单元与整车的验证来说至关重要的测试场景，尤其是极端情况，例如：在实车测试中难以复现的紧急制动操

作。真实传感器的环境仿真能够精确评估传感器对环境的检测以及其对车辆驾驶的影响。典型的误判也可以进行评估，例如，由于传感器开度角问题，雷达传感器只能“看到”前方卡车的车轮。开发人员可以通过灵活的配置和参数化选项分析传感器前端的变化所产生的影响。所有测试完全自动化完成，因此开发人员能够执行丰富

的测试目录，并在评估故障报告后，确认回归测试中的重新设计。将来，通过真实驾驶中获得的额外环境数据，我们可以对测试进行强化。我们使用传感器记录整个基础设施、路旁结构和周围交通，然后进行处理以形成虚拟测试环境，从而对复杂测试的生成进行进一步简化。■

Oliver Maschmann, ZF

Oliver Maschmann

Oliver Maschmann 是 ZF Friedrichshafen 的项目经理，负责为整车集成测试设计和运行 HIL 测试台架。



概览

任务

- 验证自动驾驶的电动技术平台
- 测试基于人工智能的车辆导航

挑战

- 实时仿真所有传感器
- 建立传感器环境（3D 环境）的真实传感器实时仿真
- 仿真真实交通中的整车行为

解决方案

- 建立实时平台对雷达、激光雷达和摄像头传感器进行精准仿真
- 实时仿真交通、车辆动力学和电驱动
- 在虚拟 3D 环境中使用易于调整的场景执行测试

自动驾驶 可管理



ZF Friedrichshafen AG 公司研发创新与技术部高级副总裁 Dirk Walliser 博士在接受 dSPACE 杂志采访时，讲述了自动驾驶对 ZF 公司的重要意义，并谈到了未来进行市场活动的一些可能的推广流程。

Walliser 先生，自动驾驶对 ZF 来说意味着什么？

自动驾驶就是一个例子，在几年前人们还对这个话题不甚了解，但现在它发展的速度却比任何人预期的要快得多。我们可以在早期阶段利用自动驾驶的创新解决方案提高我们的市场地位。因此，ZF 将战略重点放在能够影响未来交通的关键技术，并致力于成为顶尖的系统提供商。

ZF 对这些系统采用什么样的开发方法？

第一个重要步骤是能够捕捉到一些变革性重大变化所带来的市场机遇。为了把握这些机遇，我们在开发过程中

创造了具备高度敏捷性的系统，同时需要经验丰富、开发能力强的团队提供支持。对于部分问题，我们还须利用合作伙伴的现有开发成果和专业知识。因此，我们能够快速建立新的自动驾驶技术平台，并快速实现较高的成熟度。

新的 ZF 自动驾驶技术平台有哪些应用场景？

我们主要关注一些新型交通出行概念，如打车，即用户可以通过 app 呼叫自动驾驶穿梭巴士。最初，这些巴士计划在机场或大型公司场所等非公共场所运营。我们平台的技术还可以用于其它应用，如港口、露天采矿或农业。

为了在公共交通领域上实现自动驾驶，必须做些什么？

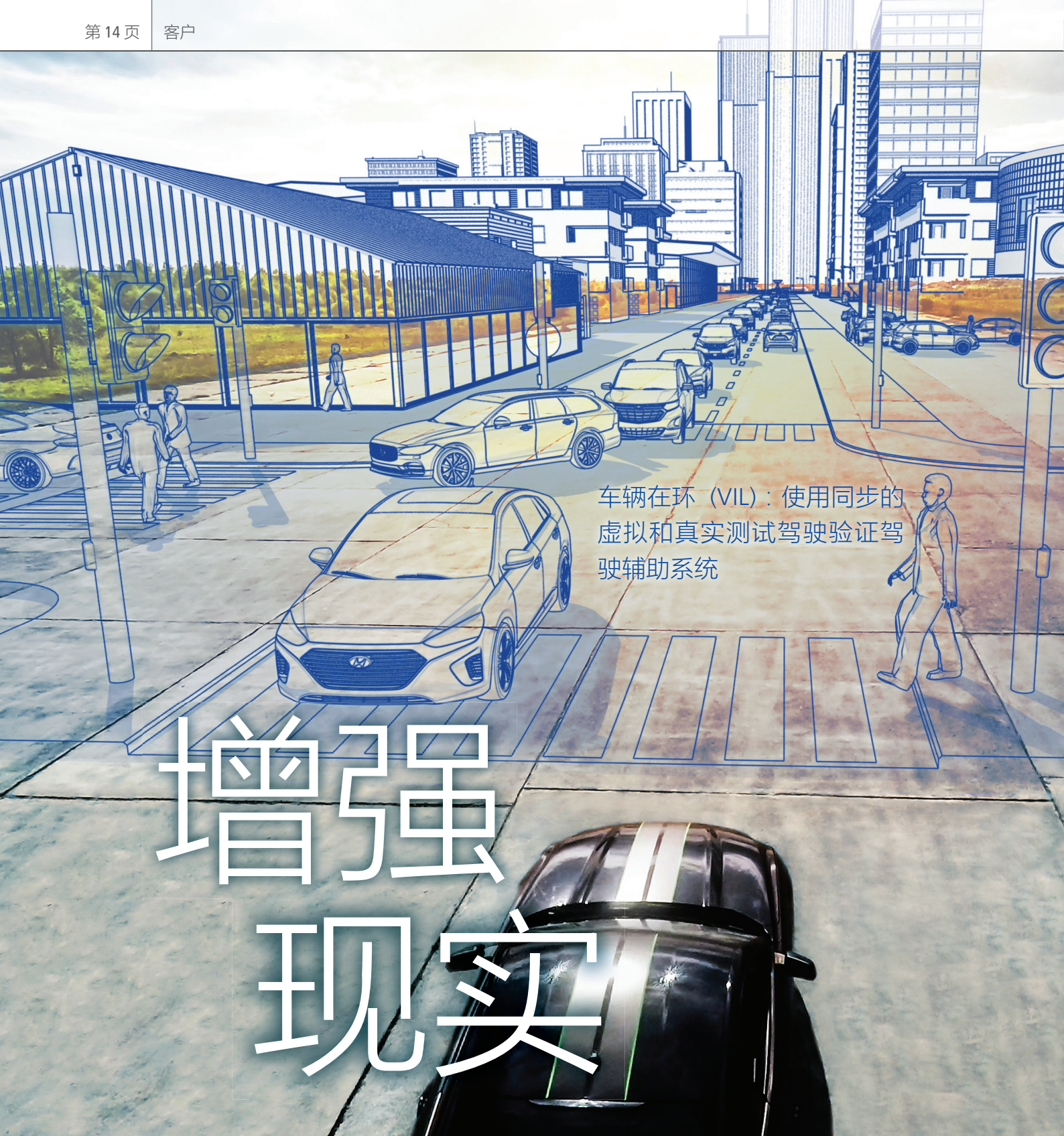
实际上，我们行业已迈出了第一步。我们已经证明这项技术是可管理的，这可以通过 dSPACE 的验证

系统来实现。立法者现在必须为自动驾驶车辆应用设立合适的标准和框架。

ZF 新测试系统在自动驾驶车辆验证方面的特点是什么？

利用新的测试系统，我们验证了自动驾驶技术平台 ZF ProAI 基于 AI 的中央控制单元。通过 HIL 技术，我们可以在早期开发阶段实现这一目标，且与传感器和执行器结合使用，也能保持成本效益。您可以将之称为人工智能在环。此验证是在传感器真实实时仿真期间执行的，即在虚拟三维世界中考虑到车辆动力学和可灵活定义的交通场景。虚拟环境是真实路线的数字孪生，其通过地图数据和高精度车辆测量生成。

Walliser 博士，感谢您接受采访。



车辆在环 (VIL)：使用同步的虚拟和真实测试驾驶验证驾驶辅助系统

增强现实

验证车辆电子设备的最大挑战之一是找到合适的方法进行虚拟测试，并尽可能准确地对真实情况进行仿真。现代摩比斯使用 dSPACE 工具链，因此能够结合真实测试和虚拟测试，实现验证过程的优化。



高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和自动驾驶 (AD) 技术市场正在蓬勃发展。辅助驾驶功能或支持自动驾驶的功能变得越来越复杂, 即使在现今的机动车辆上实施也是如此。在设计和验证电子控制单元原型时, 开发人员必须采用精密、灵活、多样化的开发方法。经证实, 基于模型在环 (MIL)、软件在环 (SIL) 和硬件在环 (HIL) 的过程, 对于仿真和验证非常有效。由于控制系统的复杂性以及各种电子控制单元和执行器之间的精密交互, 只有在真实的驾驶测试中, 才能对某些驾驶领域的质量和安全做出准确的判断。然而, 真实驾驶测试并不完全适用于 ADAS/AD 功能的验证, 由于存在高碰撞风险, 许多测试场景在现实中无法执行。因此, 对于此类情况, 我们需要采用高效、经济和安全的新型测试方法。

基于增强现实的测试

一种理想的方法是将真实驾驶测试的真实性和集成深度与 HIL 方法的灵活性和几乎无限的可能性相结合, 即真实与虚拟世界结合。这种结合通常称为增强现实或混合现实, 在视觉感知方面的应用尤为广泛。在 ADAS/AD 功能测试中, 感知也起着至关重要的作用。由于这些功能从雷达、激光雷达和摄像头传感器接收输入信号, 因

此我们可以使用传感器来实现扩展测试, 这一选项是合理的。这种方法意味着传感器从虚拟世界捕获信息, 并使用这些信息来控制 and 操控真实车辆。因此, 工程师可以让车辆在现实世界中高速行驶, 同时让一名儿童在虚拟世界的街道上奔驰。然后, 通过 ADAS/AD 功能分析虚拟捕获的物体, 并在真实车辆中触发适当的操作。现代摩比斯公司已经采用此方法, 并与 dSPACE 和 dSPACE 韩国分销商 Hancom MDS Inc. 的专家合作实施。

设置测试环境

测试设备包括一套安装在被测车辆行李箱中的 dSPACE AutoBox 实时系统。我们在实时系统上执行复杂的仿真, 包括车辆、行人、交通标志、路面标记、道路周边和结构等。此虚拟世界作为 ADAS/AD 控制单元的输入, 而非真实的传感器数据。这通过让一台自车在虚拟世界中穿行来实现, 而这辆车几乎是真实测试车辆的数字化体现。自车和测试车辆配备了相同的传感器组。该仿真通过 Automotive Simulation Models (ASM) 工具套件生成。ASM 包含传感器模型, 可以仿真雷达、激光雷达和摄像头传感器。通过 ASM, 测试工程师还能够定义环境中任意数量的车辆、交叉路口和随意行走的行人, 实现实

>>

“在验证 ADAS/AD 功能时, 我们采用车辆在环 (VIL) 方法, 因为这种方法综合了真实驾驶测试和虚拟驾驶测试的优势。dSPACE 的强大实时系统使我们能够在车辆中实现这种测试方法, 并获得极其精确的实际结果。”

Teaseung Kim, 现代摩比斯公司



用于虚拟-真实验证的车辆在环 (VIL) 系统的设置。

“ASM 工具套件具有高度真实性，支持复杂交通环境中的虚拟驾驶测试，因此可以生成传感器数据，验证我们的 ADAS/AD 控制单元。”

Teaseung Kim, 现代摩比斯公司

时仿真。该仿真通过惯性测量装置 (IMU) 和全球导航卫星系统 (GNSS) 与真实车辆同步，以便将多方向操纵从真实世界传输到虚拟世界。这会产生一个闭环，因此该测试方法可归类为车辆在环 (VIL)。

采用 VIL 的车辆测试

VIL 测试在现代摩比斯公司的瑞山试验场进行，该试验场为测试提供了宽阔的无障碍测试空间。一位驾驶员和一位副驾驶坐在真实的汽车中，AutoBox 装在后备箱内。车辆行驶时，副驾驶启动测试场景，虚拟传感器数据从测试场景输入至真实传感

器或 ADAS/AD 控制单元。这些场景可能包括障碍物、交叉路口或在道路上行走的行人。这些是在现实世界中无法充分测试的场景类型，因为发生危险碰撞的风险太高，而且必须分析碰撞所涉及的数据（碰撞点、碰撞速度）。测试场景来自标准化测试，如兼容 EuroNCAP 的测试，以及用于验





图片来源：现代摩比斯公司

实时仿真虚拟车辆环境的设备安装在后箱中：AutoBox（右侧）仿真交通场景，然后将数据输入真实车辆传感器。

证特殊功能的专用测试。与自动紧急制动 (AEB) 和车道支持系统 (LSS) 相关的场景用于测试 ADAS 策略。由于现代摩比斯公司已经在实验室中采用了数套 dSPACE HIL 系统来验证 ADAS，因此，利用 dSPACE 工具链的一致性，开发的测试可以轻松地应用于车辆中的 VIL 验证。

VIL 方法的创新和评估

VIL 测试方法结合了真实和虚拟测试的优点，目的是分析和验证 ADAS/AD 功能。VIL 支持的测试比传统方法

更深入且覆盖范围更广，与类似的真实测试（使用假人、几辆真正汽车等）相比，其复杂性和成本也显著降低。此外，VIL 测试也可以通过控制单元（批量生产）和原型单元进行。此外，对残余总线仿真的建模也没有要求，因为第三方控制单元的真实行为包含在测试中，而残余总线仿真可能不会呈现真实的反应。这些测试成熟度高，并且十分真实，能够不断生成更精确的数据，比如决定系统行为的是实际延迟。此外，根据 MIL、SIL 和 HIL 测试场景的可复用性，我们可

以获得另一种高效验证方法，可无缝集成到已制定的开发流程中，并保证一致性。VIL 是简单、精确、可重复的测试方法。VIL 方法包含车辆的特定行为，增强了 HIL 的行业优势，并能为 ADAS/AD 控制单元带来高度真实的新型验证。■

Teaseung Kim，现代摩比斯公司



该视频展示了如何从驾驶员的角度使用 VIL 系统进行驾驶测试。

www.dspace.com/go/dMag_20192_VIL



在测试过程中，驾驶员在显示器上观察虚拟车辆的行为。

Teaseung Kim

Teaseung Kim 负责韩国永仁市现代汽车公司的自动驾驶车辆测试开发。





使用立体摄像头进行观测，为自动驾驶测试生成立体图像

3D 车辆调配

日立汽车系统公司创建了一个开发环境，全面测试各种自动驾驶功能。他们的关注点在于通过立体摄像头获得深度信息的驾驶功能。此外，他们还在 dSPACE 仿真器上执行虚拟驾驶测试。



通过两个镜头，立体摄像头可以像人眼一样捕捉三维图像。



日立汽车系统公司从 1996 年就开始开发自动驾驶系统，最初的重点是自动紧急制动系统（AEB）和车道保持系统（LKS）等功能。然后，日立开始开发自动换道和车辆慢速通行等应用。最近的研究包括一套名为“One Fail-Operational System”的系统：如果自动驾驶的 ECU 出现故障，One Fail-Operational System 技术会将一些功能转移到其它组件的微控制器，例如立体摄像头，使车辆能够暂时继续自主安全地驾驶。日立公司在公共道路和用于模拟城市街道的特殊测试场地上定期进行真实驾驶测试。此外，模拟城市街道上的测试还涉及传感器融合等方面，即车辆通过结合各种传感器的数据，实时生成整体交通状况。

自动驾驶的挑战

在自动驾驶功能的开发中，我们需要结合相关传感器（摄像头、雷达等）来测试驾驶功能，不仅在道路上，在实验室仿真交通场景中的条件下也是如此。这是绝对必要的，因为相关的驾驶测试不可能都在道路上进行，这意味着需要让真实车辆行驶数百万公里，以验证车辆在所有交通场景下的性能。此外，利用真实车辆进行一些

测试甚至会很危险。立体摄像头的使用进一步增加了复杂性，因为立体视觉比单镜头视觉更复杂。为了测试立体摄像头，必须计算两张视角稍微偏移的图像——一个用于立体摄像头的左镜头，一个用于右镜头。最重要的是，客户通常会要求缩短开发时间、提高开发质量。

立体摄像头的优势

与单镜头摄像头相比，立体摄像头有一个决定性的优势：它们可以捕捉带有深度信息的三维图像，就像人眼一样。如果借助合适的软件，还可以分析物体的运动方向并预测其几秒内的运动。这样，立体摄像头可以预测碰撞危险，从而使车辆能够避开障碍物或及时刹车。

测试立体摄像头的设置

测试立体摄像头的设置（图 1）由运行 Automotive Simulation Models (ASM) 的 dSPACE 硬件在环 (HIL) 仿真器组成。这些模型对整体交通状况进行仿真并生成图像，然后通过接口板卡直接将图像注入立体摄像头，即图像不是由摄像头拍摄的，而是通过电子方式输入至镜头后面的电子设备。左右图像使用立体摄像头的快门信 >>

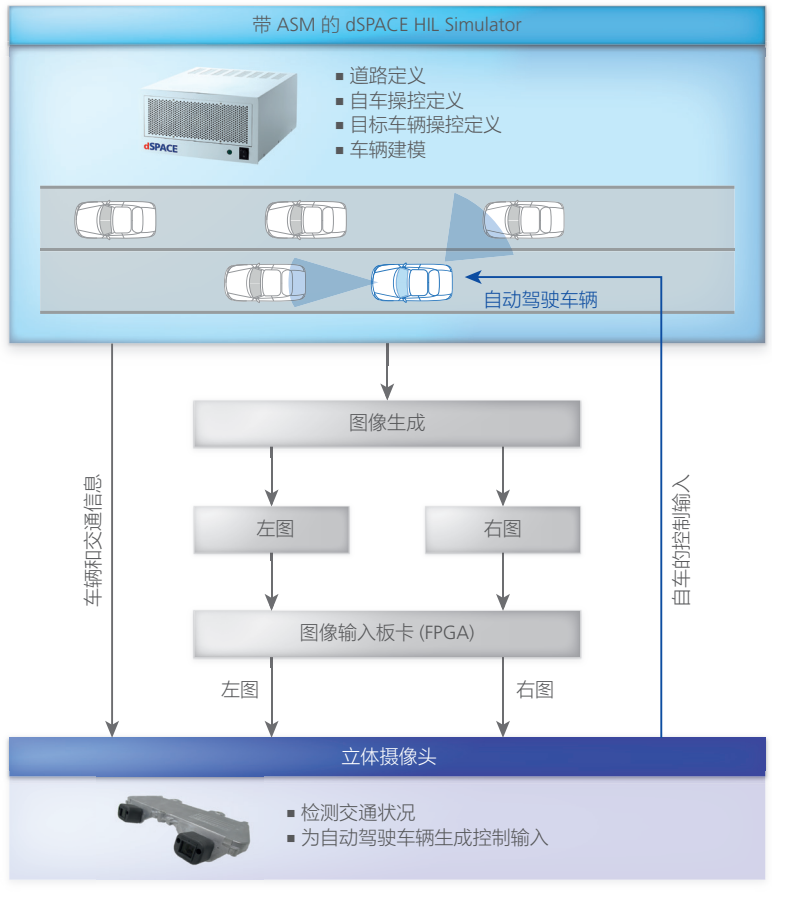


图 1：测试立体摄像头的设置。它由运行交通场景的 dSPACE 仿真器组成。根据此场景创建左右图像，然后将图像输入立体摄像头。

号，在微秒内同步。在这种精度下才能确保立体摄像头能够如同在真实交通场景下一样，解析仿真数据。

自动驾驶仿真器的设置

为了在现实交通状况下测试立体摄像头与其它传感器交互的功能，测试系统已扩展到自动驾驶仿真器（图 2）。该系统的核心要素仍然是 dSPACE 仿真器，以运行 ASM 工具组件中的车辆动力学和交通模型。因此，可以模拟一辆自车，运行于一个完整的交通环境中，包括传感器和周围的交通。日立汽车系统公司使用 ModelDesk 来定义和管理交通场景的所有参数。通过使用三维动画软件 MotionDesk，我们可以直观地显示交通状况。这种实时三维动画让用户清楚地了解驾驶过程中车辆的行为。通过使用实验软件 ControlDesk，所有数据都能以用户定义的布局进行捕获、记录和显示，这些布局可以使用

“无缝 dSPACE 工具链提供了合适的工具，可有效实现我们对自动驾驶应用一体化仿真流程的期望。”

Michio Morioka, 日立汽车系统



Takayoshi Chiyoda

Takayoshi Chiyoda 是日本茨城的日立汽车系统公司技术开发部，高级交通工具开发中心自动驾驶技术开发部门的工程师。



Mitsugu Katayama

Mitsugu Katayama 是日本茨城的日立汽车系统公司技术开发部，高级交通工具开发中心自动驾驶技术开发部门的高级工程师。



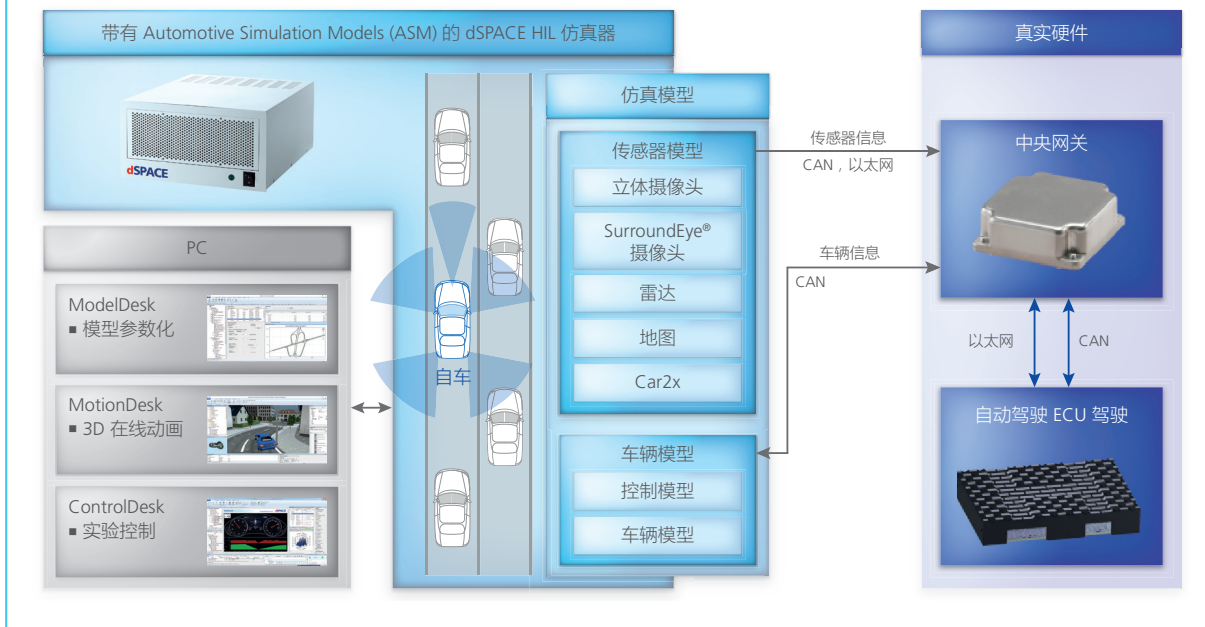


图 2 : 使用 Automotive Simulation Models 模型 (ASM) 创建的交通场景正在 dSPACE 仿真器上运行。根据此仿真, 真实的汽车硬件将做出决策并反馈给 dSPACE 仿真器。

“通过结合 dSPACE HIL 仿真器和 ASM, 我们可以轻松创建精密交通场景并测试自动驾驶 ECU。”

Ryota Mita, 日立汽车系统

ControlDesk 的全套虚拟仪表进行设置。仿真器中生成的传感器数据传输到真实的车辆设备, 即网关和自动驾驶 (AD) ECU。传感器数据通过网关馈入 AD ECU, 后者根据仿真场景做出决策并产生指令。然后, 指令会反馈回仿真器中的车辆模型。通过这种

设置, 可以在实验室测试和验证复杂的驾驶功能。

未来的愿景

日立汽车系统公司致力实现从场景生成、测试自动化到结果分析的一体化仿真过程。通过此过程, 我们可在云

环境中并行且自动创建和执行多个复杂场景。分析仿真结果是另一项重要的高级功能。■

Takayoshi Chiyoda, Mitsugu Katayama, Ryota Mita, Michio Morioka, Shoji Muramatsu, 日立汽车系统公司

Ryota Mita

Ryota Mita 是日本茨城的日立汽车系统公司技术开发部, 高级交通工具开发中心自动驾驶技术开发部门的工程师。



Michio Morioka

Michio Morioka 博士是日本茨城日立汽车系统公司技术开发部, 高级交通工具开发中心自动驾驶技术开发部门的总工程师。



Shoji Muramatsu

Shoji Muramatsu 博士是日本茨城日立汽车系统公司技术开发部, 高级交通工具开发中心自动驾驶技术开发部门的部门经理。

车身控制器的自动测试环境提高了工作的质量和效率

智能 自动化

在 Magneti Marelli 公司，美国和意大利的团队开发了一种新的测试环境，用于验证车身控制器 (BCM)。车身控制器 (BCM) 是用于控制各种各样车身辅助功能的电控单元，如电动车窗和防盗系统。这些团队最近在测试过程中引入了 dSPACE AutomationDesk，以支持 BCM 早期开发过程所需的大量测试。

UTO

解 决未来交通中的技术挑战是 Magneti Marelli 工作的重中之重。自 1919 年以来，这家国际性高科技系统和组件制造商一直致力于寻找推动汽车世界进步和发展的解决方案。Magneti Marelli 在测试过程中也一直在寻找提高质量的最佳方式和方法。对于嵌入式电子产品，这家创新企业正打算使用自动化测试序列来提高效率，并简化配置、调试和维护。

BCM 验证的新测试环境

在 Magneti Marelli Automotive Lighting 的照明和车身电子小组中，美国和意大利的团队开发了一个高效的测试流程，使工程师能够自动更新测试案例中的参数值。这些团队目前正在使用这个新的测试环境，他们称之为诊断自动测试环境 (DANTE)，用于验证车身控制模块 (BCM)。车身控制器 (BCM) 是用于控制各种各样车身辅助功能的电控单元。该车身设备包括电动车窗、内部照明灯、防盗系统、中控锁等。BCM 通过车辆总线（如，CAN/LIN）与其它 ECU 通信，以控制电子系统的行为。它还可以检测线路和组件中的故障。>>



“AutomationDesk 的一个重要优势是，能够用新参数重复使用测试脚本。”

Basel Samman 就职于 Magneti Marelli Automotive Lighting LLC，
是照明和车身电子系统验证经理

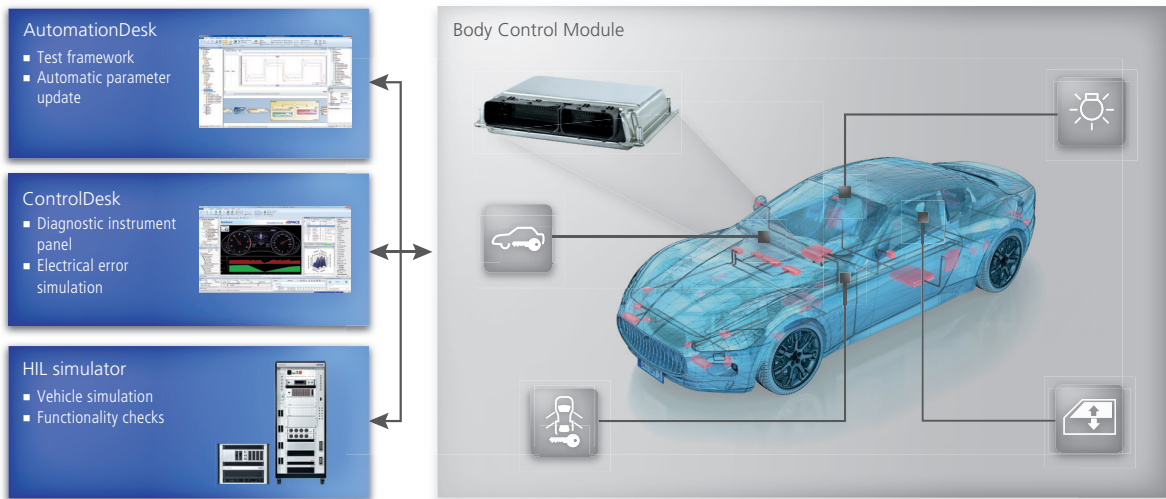


图 1：Magneti Marelli 使用 dSPACE 工具测试车身控制模块 (BCM)。BCM 控制与车身相关的辅助功能，如电动车窗、内部照明灯、防盗系统和中控锁。

功能和诊断测试

因为 BCM 控制着车辆的大量的基本功能，所以必须在开发过程的早期进行广泛测试，以验证车身设备的功能是否正常运行，以及需求和技术规格是否得到满足。我们在 BCM 上进行两种类型的测试：功能测试和诊断测试。功能测试需要将功能需求转化为功能测试，然后进行验证。这可以通过给相关变量特定的输入（比如，车灯、门锁开关信号）并检查 BCM 的反应是否正确来实现。诊断测试包括各种诊断功能，例如 BCM 内部功能与其它 ECU 之间的总线通信检查，以及故障发生时，生成的故障诊断码 (DTC) 是否准确有效。

面对诊断测试挑战的解决方案

在开发 DANTE 之前，团队在诊断测试过程中遇到了困难。每次修改软件时，都必须创建一个新的库块以及对这些新建模块重新进行参数化。此过程消耗了测试团队大量的时间。为解决此问题，团队引入了 dSPACE 的测试自动化软件 AutomationDesk，来实现两个战略性变化：

1. 他们建立了自定义测试框架，使测试工程师能够自动更新各种测试参数。
2. 他们使用 Microsoft® Excel® 电子表格自动导入不同的诊断输入文件，这大大简化了测试配置，

Automationdesk 的使用最终实现了诊断测试过程的全自动化。“现在一切都自动处理了，因为 Excel 电子表格能无缝地实现库块的参数化。对于不同的测试用例，无需重写测试脚本。”Magneti Marelli Automotive Lighting LLC 照明和车身电子系统验证经理 Basel Samma 说。他还补充道：“有了这个之后，我们的测试工程师能够轻松地编写验证程序，因为 AutomationDesk 降低了测试配置的复杂性。现在，所有故障诊断码都使用一个统一的测试序列。”Samman 解释说，通过 AutomationDesk 可以对 DTC 配置、向量描述文件 CDD 和 DBC 等诊断输入文件进行自动导入和



“无论需要处理的故障诊断码数量有多少，借助 AutomationDesk，调试和维护就变得更加容易。”

Basel Samman, Magneti Marelli Automotive Lighting LLC 的照明和
车身电子系统验证经理

配置。测试工程师现在可以自动更新故障诊断码测试序列的各种参数。通过将 CAN 总线报文的数据记录作为日志数据附加到测试结果数据，调试将变得更加容易。Samman 说：“AutomationDesk 的一个重要优势是只需要修改为新的参数，已搭建的测试脚本便可以重复使用，无论需要测试多少数量的故障诊断码，借助 AutomationDesk，调试和维护就变得更加容易。”

所用的 dSPACE 工具

除了 AutomationDesk 之外，DANTE 的诊断测试流程还包括 dSPACE 硬件在环 (HIL) 仿真器和 dSPACE 试验和可视化软件 ControlDesk。HIL 系统用于仿真连接到 BCM 的车辆，并测试不同的功能。标准化 ASAM ODX（开放诊断数据交换）文件是根据特定文件（如 CDD）生成的。根据这

些 ODX 文件，ControlDesk 会自动生成诊断控件，通过诊断控件可以发送诊断指令。这可以手动完成，也可以使用诊断仪器的逻辑链路名称，通过 AutomationDesk 脚本来完成。这些团队还使用 ControlDesk 来定义和执行电气故障仿真，然后使用 AutomationDesk 实现自动化。照明和车身电子小组目前在美国、意大利和印度拥有八个 PHS 的 HIL 系统和两个 SCALEXIO 的 HIL 系统，可作为自动化测试环境。Magneti Marelli 的其它小组也使用这些系统。该公司计划在未来将其自动化测试环境应用于照明 ECU 的功能测试。

结束语

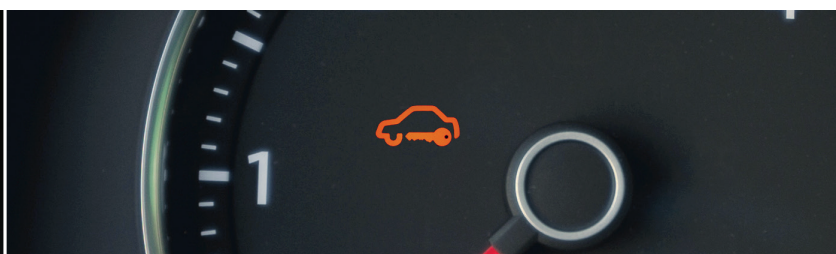
为了实现高效的 BCM 测试，Magneti Marelli 团队在 AutomationDesk 中根据自己的实际需求开发了解决方案。该工具具有丰富的自主性和灵活性特

Magneti Marelli 为世界各地的汽车制造商提供众多汽车系统和组件。这些产品包括：

- 电子系统，例如仪表盘、信息娱乐和远程信息处理以及照明和车身电子设备
- 汽车照明，即前后照明系统
- 动力系统组件，例如汽油、柴油和多燃料发动机的发动机控制系统以及自动手动变速箱
- 悬架系统，如减震器和动力系统
- 排气系统，如催化转化器和消声系统
- 用于赛车运动应用的电子和机电系统

性，并且可以根据需要扩展功能，十分灵活，因此能够极大地帮助团队优化其测试过程。通过自动化测试，我们可以发现研发控制器中的大量错误并进行修改，而且自动化测试用例的配置、维护以及功能调试也变得更加容易，节省了大量的时间和人力成本。由于 Automationdesk 的这些优势，使得 Magneti Marelli 实现了高效的 BCM 测试流程。■

本资料由 Magneti Marelli 友情提供



吉利和沃尔沃正在基于 Compact Modular Architecture 平台联合开发新型汽车。



模块化 的优势

现代汽车应该更安全，使驾驶更智能，同时在能耗方面也应该更经济有效。为了高效开发这些新型车辆，我们需要采用最新的仿真方法。为了开发新SUV的创新混合动力驱动，吉利和沃尔沃使用了 SCALEXIO 实时系统。

为 了更有效地开发新车并更快地投放市场，吉利和沃尔沃在过去几年中联合设计了一款平台：即 Compact Modular Architecture (CMA) 平台，用于开发紧凑型车辆。两家公司还与吉利子公

司领克汽车共享这个平台。该公司的第一辆汽车 Lynk & Co 01 就是通过这个平台开发的，现已上路行驶。利用 CMA，吉利创建了一款高度通用的车辆平台，其具有紧凑的基础，并支持模块化设计。只有前轮中心和脚

踏板之间的距离是固定的。其它都可以根据理想的车辆设计方案进行配置，包括驱动类型。未来几年，我们将利用 CMA 平台开发汽油发动机车辆、柴油发动机的车辆以及混合动力车辆和全电动车辆。



图片来源: © Lynk&Co



目标：打造最佳车辆

对于 Lynk & Co 01 SUV 的开发，吉利只给开发团队提出了三个要求，但他们的目标不止于此：

- 设计整个行业内最好的汽车。
- 开发一款全球通用的汽车。
- 采取不同于汽车行业其它竞争对手的方法。

因此，混合动力版 Lynk & Co 01 采

用了基于三缸米勒发动机的创新型动力传动系统和包含电机的混合七档双离合变速器 (7DCTH)。图 1 为当前混合动力发动机的发动机管理系统，我们可以看出这项任务的复杂性。比如，我们必须将许多功能集成到系统中，包括变速器控制和混合动力管理系统。这是在所有运行工况下都能确保安全性和舒适性的唯一方法。

动力传动系统管理的测试系统

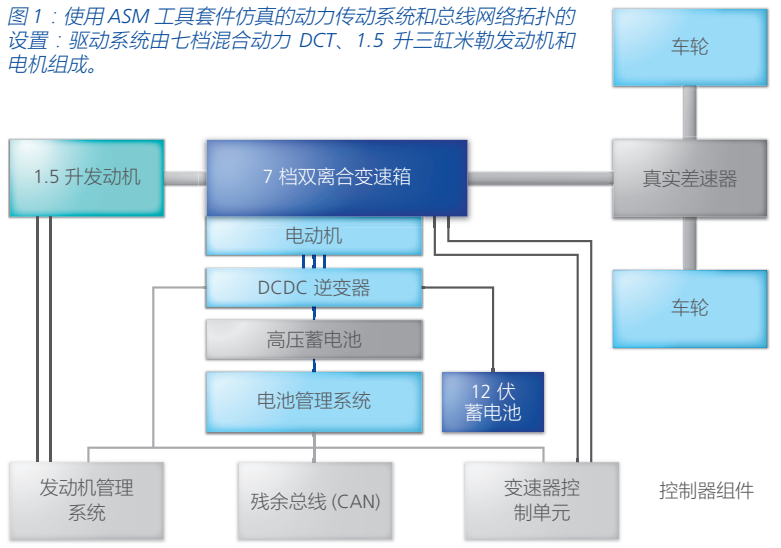
吉利和 dSPACE 开发了一个闭环测试系统，全面测试发动机管理系统和变速器控制的功能，其目的是在特定条件下可重复测试需要快速响应且高度集成的发动机和变速箱的控制策略。为此，需要高精度仿真发动机和电机、涡轮增压器和七档双离合变速器。如果没有经过特别调整的高精度 >>

“在新型混合动力驱动的 ECU 开发和测试中，我们能够借助 SCALEXIO 实时平台和 ASM 仿真工具套件解决在此过程中所涉及的经济效率和功能问题。”

余辉，吉利



图 1：使用 ASM 工具套件仿真的动力传动系统和总线网络拓扑的设置：驱动系统由七档混合动力 DCT、1.5 升三缸米勒发动机和电机组成。



开放式仿真模型的优势

在系统模型设计期间，该团队利用开放式 Automotive Simulation Models (ASM) 的工具优势，如 ASM Gasoline Engine InCylinder，以运行周期分辨率进行发动机仿真。ASM 模型的组件可以轻松地补充或替换为特定于客户的模型。这使得模型属性可以应用于各个项目，而 ASM 的标准化接口则简化了模型拓展的过程。我们需要使用发动机测试台架测量来真实地仿真气缸中发动机温度和压力的变化，并尽可能精确地对模型进行参数化，这是很重要的。涡轮增压的半实物仿真是此项目中的另一个重要课题，旨在仿真所需的传感器数据并验证控制策略（图 3）。除了仿真发动机外，开发人员还专注于变速器模型的参数化。ASM 模型仿真了一个完整的七档双离合变速器，包括液压回路和机械结构。由于还没有真实的变速器控制单元，吉利使用 ASM 的变速器控制单元来仿真执行器的控制逻辑。因此，他们能够测试并合理验证发动机管理系统对于变速器档位执行要求。

仿真器，就无法以合理的成本在适当的时间范围内实现这种复杂的控制系统。硬件在环应用中，有高精度要求的车辆模型的设计和参数化也是一项重大挑战。为了制定可靠而强大的仿真解决方案，吉利最终选择了

dSPACE 的 SCALEXIO 实时平台和汽车仿真模型 (ASM) 工具套件。紧凑型 SCALEXIO 系统具有丰富的输入输出功能和强大的计算能力（图 2）。特定的执行器作为真实负载集成在仿真系统中。

图 2：dSPACE 测试台架由一个 SCALEXIO 仿真器和一个驱动器负载箱组成。紧凑型系统占地面积小，易于通过上位机操作。并且信号用示波器测量。





中央仿真控制和数据采集

该仿真系统的核心部件是实验软件 dSPACE ControlDesk。通过 dSPACE ControlDesk，开发人员能在线捕获、修改和标定数据，并能进行离线回放。该软件提供了一套全面的工具，为实验配备一个用户界面，并接近真实车辆中实际仪表盘。此外，界面中的动画让用户更好地观察和理解仿真的实际过程（图 4）。

共同协作

为了验证新 CMA 平台混合动力车型中复杂的动力传动管理系统，吉利采用一套由 dSPACE SCALEXIO 仿真平台和 ASM 工具套件构建的仿真解决方案。此仿真器功能强大，既支持新功能开发，也能对这些功能进行验证。吉利和 dSPACE 携手开发精确的被控对象模型，进行高难度的仿真任务，从而创造一个真实的测试环境。利用 dSPACE 的技术和服务，吉利开发团队成功地实现了混合动力驱动。这个项目获得了成功，Lynk & Co 01 在道路上安全地驾驶就是最好的证明。

徐学滢，余辉，吉利

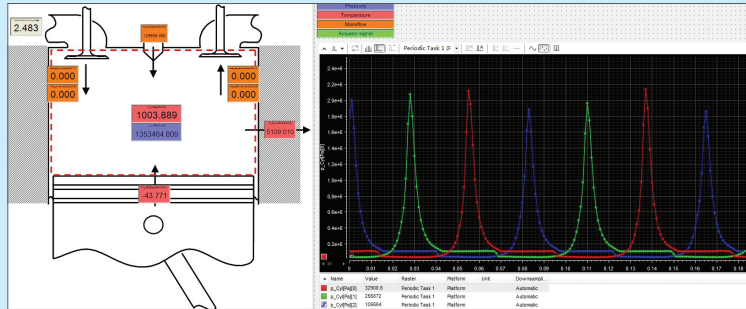


图 3：通过 ASM Gasoline Engine InCylinder Model 模型实时仿真 1.5 升三缸发动机的压力变化。

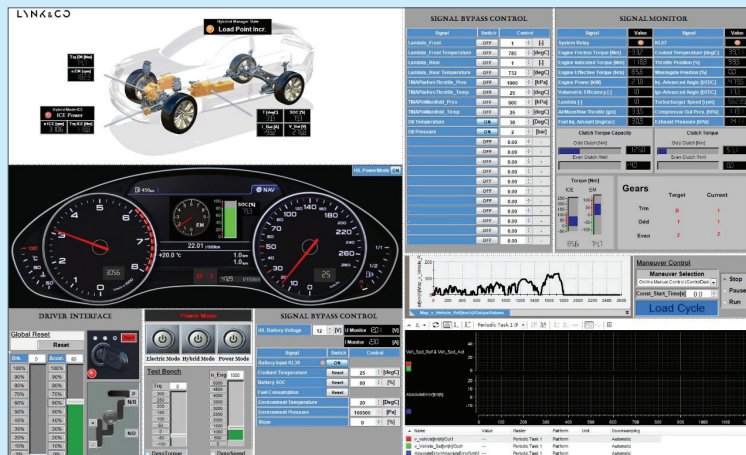


图 4：利用 ControlDesk 实验软件的多种仪器设计一个方便使用的界面，便于对所有过程进行真实仿真。

徐学滢

徐学滢是中国宁波吉利公司验证团队的首席 EMS 系统开发工程师。

余辉

余辉是中国宁波吉利公司验证团队的高级 HIL 测试工程师。





伯尔尼应用科学大学通过 HIL 实验室环境对现代家庭中的系统组件进行可复现的真实测试，并利用 dSPACE MicroLabBox 控制单个系统和仿真环境。

产消合一

产消合一型家庭负载潮流管理的实验室测试



由于连通性的发展，现代家庭中的生活设施变得越来越复杂。在这些设施系统中光伏系统、蓄电池、热泵和能源管理系统 (EMS) 都进行交互，因此提高了生成能量时的自消耗。这种家庭称为产消家庭，因为他们在消耗电能的同时也产生能量。能源管理系统能够智能控制能源流动，因此这种产消方式会在未来的电力市场中发挥更积极的作用。例如，这些管理系统可以控制蓄电池的能量输入或输出，甚至可以打开或关闭热泵。但是，在此过程中需要访问各种接口和通信协议。除了优化家庭能耗之外，EMS 还可以稳定低压电网中的电压。现代家庭设施系统中创新组件的研究、开发和认证必须在测试台架上的受控环境中完成，并支持各种电气设备集成和电网连接。在这种实验室环境中，我们可以检查和优化现实场景中组件之间的相互作用及其对低压电网的影响。

现代家庭中 HIL 测试台架的应用

伯尔尼应用科学大学的 Prosumer-Lab 实验室在实验室环境中模拟了一个现代家庭的设施系统。硬件在环 (HIL) 测试台架能够在受控的可复现条件下对系统组件进行分析、比较和开发。因为我们可以利用系统组件将软件仿真和硬件模拟结合使用，这些系统组件 (如蓄电池和逆变器) 都是市场上随时可以买到的。研究人员能够将家庭中光伏系统、热泵、蓄电池和能源管理系统的电能和热能流动方式应用到具有真实电压和电流的电网接入点。以下问题引起了大学研究人员的兴趣：如何通过能源管理系统以智能化方式引导和控制建筑物内的能源流动？分散的能源和蓄电池对电网的稳定性有何影响？如何通过市场上的通用方式将分散的产消系统集成到低压电网中？

高度灵活的模块化测试台架

Prosumer-Lab 实验室中的计算机能够对家用电器进行模拟 (热泵、热水加热器、烹饪炉等)，并能对这些家电在实验室电网中的功耗 (最高可达 50 kVA) 进行可再现的模拟。另一台模拟设备用于创建电网，能对谐波振荡或电压突降等电压质量参数进行设置，可在任何特定时间生效。八个功率高达 5 kW 的光伏 (PV) 模拟器能够模拟屋顶不同位置的光伏系统。蓄电池、光伏逆变器和 EMS 等附加组件是真实的，并且现场安装，因此可以在现实生活条件下进行测试。测试台架中的仿真专用于热分布的计算和热元件的模拟，因为它们不能以真实和可复现的方式轻松地集成到测试台架中。例如，室内热环境仿真可确定室温、热水需求、热泵或蓄热单元能量损失的分布。图 1 显示了测试环境的专属模块化和灵活设计，并能轻松对 >>



图片来源：© BFH

用于负载潮流管理的蓄电池、模拟器以及电路和控制技术。

“正是由于 MicrolabBox 具备许多模拟和数字接口，各种通信协议和总线系统，如以太网，才使其为当今研究环境中大量快速变化的需求提供了巨大的灵活性。”

Steffen Wienands，伯尔尼应用科学大学

组件进行启用和停用。通过这种方法，实验室能够模拟配备各种系统组件的家庭。模拟设备和真实系统组件配备了各种各样的接口和通信协议。我们需要连接所有测试设备来构建网络，这是一项重大挑战。此外，必须编写一个总体控制程序来管理所有单独的模拟设备。该程序须以 10 kHz 的分辨率实时运行。

测试台架硬件的中央控制

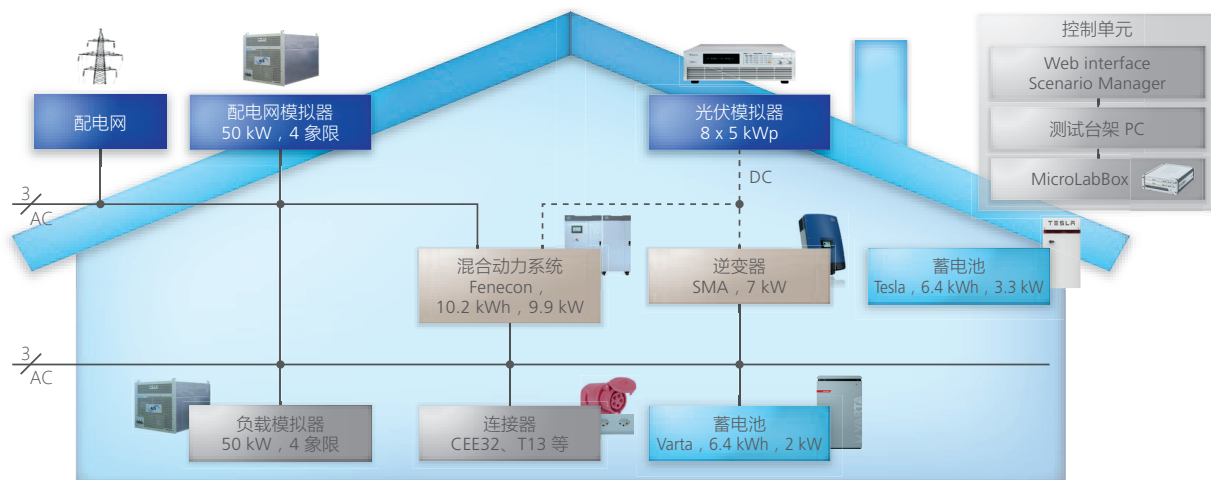
MicrolabBox 提供以太网和 RS485 等多种类型接口，以及模拟和数字 I/O 接口，为测试台架提供高度的灵活性。图 2 显示了大量不同的接口，使

MicroLabBox 能够管理测试台架的设备。设备定义的值由 Scenario Manager 或仿真软件进行计算，然后通过 MicroLabBox 应用到测试台架。完成完整的系统后，负载模拟器的控制算法在 MATLAB® /Simulink® 中很容易实现。控制算法可提高模拟器上已定义目标值的精度，并增强模拟器的功能，从而能够应用电流和电压特性。实现这一目标需要 10 kHz 分辨率，但无需任何 FPGA 编程。MicroLabBox 是所有测试台架设备的中央控制单元。它将目标值传递给设备，并读取设备的实际输出值。

实时系统的外部访问

为了轻松获取数据，需要创建一个 Web 应用程序，以建立服务器-客户端结构。MicroLabBox 通过 ASAM XIL API 集成到此结构中。通过使用 ASAM XIL MAPort（模型访问端口），程序可以在操作进行期间访问应用程序值并处理数据，然后这些数据可以直接显示或导出到其它分析过程中。

图 1：Prosumer-Lab 实验室测试台架的电流流动和模块化概念。



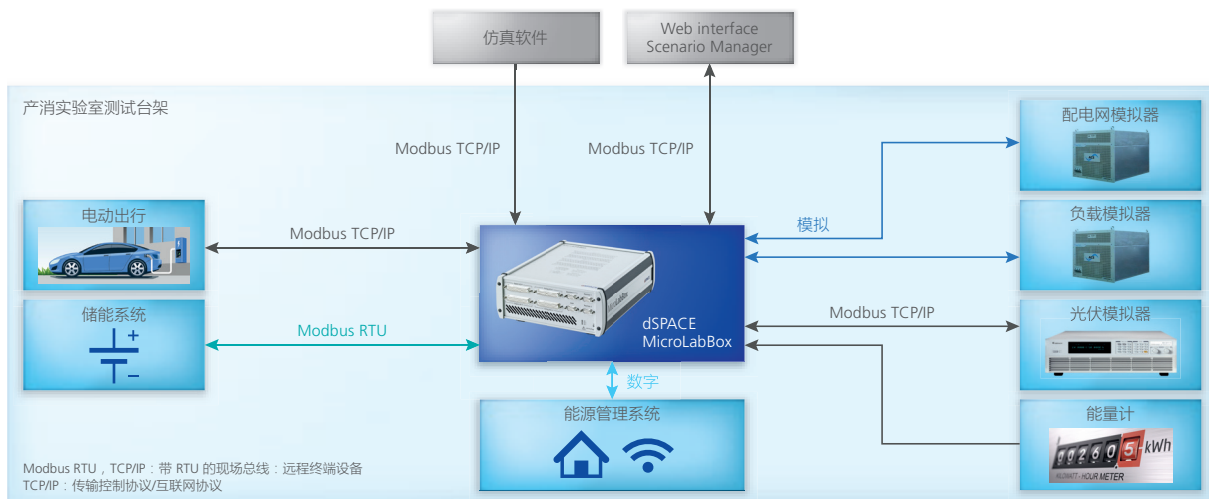


图 2 : 对实时系统的外部访问。

启动阶段完成

测试台架的启动阶段已完成并进行了性能分析。通过 MicroLabBox 以及外部测量和分析设备对 10 kHz 的负载模拟器进行控制时, 我们应该特别注意。结果表明, 通过 MicroLabBox 控制负载模拟器可显著提高性能。负载模拟器控制可在整个生命周期保持出色的灵活性和较高的精度。

总结和展望

凭借实时系统, 我们可以在环境中连接各种测试台架设备, 并创建中央控

制单元。通过 ASAM-XIL 标准, 我们可以随时访问 MicroLabBox。HIL 测试台架可测试处于早期开发阶段的系统组件, 甚至是计划投放市场的系统组件——这些测试的对象包括接口、通信协议和控制算法, 以及产消合一家家庭中组件的实际交互作用。一旦测试台架安装完毕并投入运行, 能源管理系统的第一轮测试将立即在 Prosumer-Lab 实验室中进行。之后, 实验室计划进行更详细的进一步测试以及新 EMS 算法的开发。工业和学术领域的合作伙伴将一起参与项目, 合作

研究能源管理系统、电动汽车和蓄电池充电站。■

Steffen Wienands、Andrea Vezzini ,
伯尔尼应用科学大学 (BFH)



Steffen Wienands

Steffen Wienands 是 BFH 储能研究中心 Prosumer-Lab 实验室的项目副经理。

Andrea Vezzini

Andrea Vezzini 是伯尔尼应用科学大学工业电子学教授和 BFH 储能研究中心主任。



速度是安全的关键

开发自动驾驶算法，快速准确地响应感知的环境

印第安纳大学-普渡大学印第安纳波利斯联合分校 (IUPUI) 正在分析高速传感器数据处理的优势，研究提高自动驾驶应用中道路运输安全性的方法。RTMaps Embedded 和 NXP BlueBox 是核心实时执行平台，具有强大的嵌入式计算能力。



普渡工程技术学院的学生最近完成了几项研究，对高速计算平台进行测试，研究其在四种不同自动驾驶应用中如何处理传感器数据。

构建测试平台

在研究中，学生们构建了一个测试平台，其中采用了 Intempora 的 RTMaps Embedded (4.5.0 版)。由 dSPACE 代理的 RTMaps Embedded 是一种用于实时多传感器应用的软件解决方案，可处理众多软件任务之间的时间一致性问题，并提供高带宽的原始数据流，具有强大的实时执行性能。RTMaps 解决方案包含多个独立模块：RTMaps Runtime Engine、RTMaps Studio、RTMaps Component Library 和 RTMaps SDK (软件开发套件)。“我们希望通过 RTMaps Embedded 应对多感知挑战，”普渡工程技术学院教授 Mohamed El-Sharkawy 说“它为高级驾驶辅助系统、自动驾驶汽车和机器人等领域的快速稳步发展提供了一个高效、易用的框架。通过该框架，我们可以很轻松地开发、测试、验证和执行应用程序，并对其进行对标。”该测试平台还配备了 NXP BlueBox — 一种嵌入式计算系统，允许车辆创建其周围环境的实时高清 3D 图像。具体来说，学生使用的是 BlueBox 2.0 版。这个版本集成了 S32V234 汽车视觉和传感器融合处理器、LS2084A 集成通信处理器和 S32VR27 雷达微控制器。“NXP BlueBox 为开发无人驾驶汽车提供了性能保障，可用于分析行驶环境、评估风险因素以及车辆可靠性问题。”El-Sharkawy 教授补充道，“BlueBox 提供了所需的性能、功能安全性和汽车可靠性，并且可以与 RTMaps 集成。” >>

自 自动驾驶车辆中使用的传感器和电子控制单元 (ECU) 的数量正呈指数级增长，因此汽车制造商必须使用先进的高效解决方案来处理多项任务，而且保证实时执行性能。数据记录、时

间戳同步和各种传感器，如摄像头、激光扫描仪、雷达和全球导航卫星系统 (GNSS) 接收器的处理，必须在几毫秒内完成，以确保车辆的精确定位及安全运行。印第安纳大学-普渡大学印第安纳波利斯联合分校 (IUPUI)

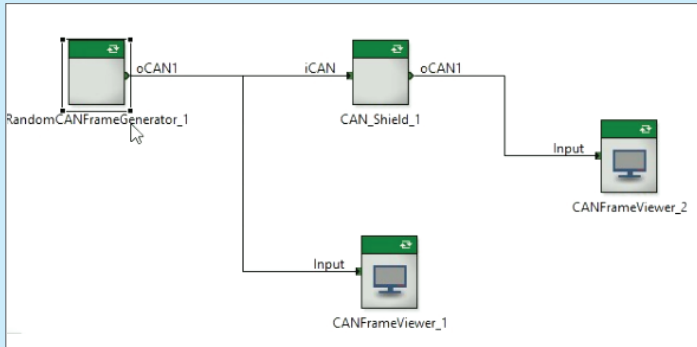


图 1 : 自定义组件包的 RTMaps 工作区。

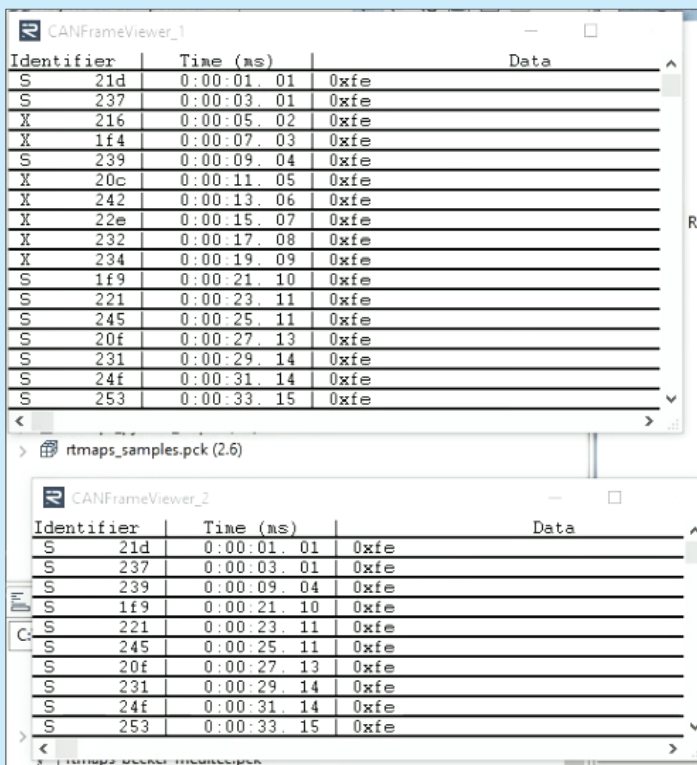


图 2 : 在 RTMaps 中使用 CAN Frame 查看器显示输出。

注 : RTMaps Embedded 还与 dSPACE MicroAutoBox Embedded SPU 兼容, 后者是自动驾驶功能的原型开发平台。

测试五项应用

随着测试平台的建立, 学生们开始着手研究五个自动驾驶应用项目的原型

开发 :

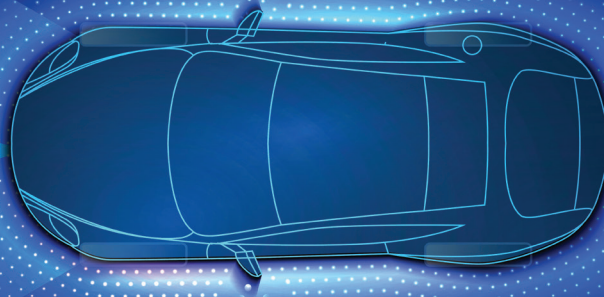
1. 创建自定义的组件包
2. 开发神经网络 Python 组件
3. 行人检测
4. 记录和回放实时场景
5. 借助SVM分类器的前向碰撞警告

应用 1 : 创建自定义的组件包

学生们使用 RTMaps Studio 图形开发环境、RTMaps Component Library 以及集成的 C/C++ 和 Python 代码来创建组件包。他们利用 RTMaps SDK 将组件包导入 RTMaps 项目工作区。在 RTMaps Studio 中, 应用程序由 RTMaps 组件库提供的组件连接组合表示。“Studio 工具通过一种简单的方法来建立复杂的模块化应用程序, ”IUPUI 工程专业学生 Sreeram Venkitachalam 说道。“我们可以将组件从库中轻松地拖动到 Studio 工作区。这些组件用于通信、连接传感器、构建算法和连接执行器。”图 1 显示了一个已导入 RTMaps Studio 的自定义组件包。RandomCANFrameGenerator 软件包用于生成标准或扩展帧格式的 CAN 报文。我们对传入的 CAN 数据进行过滤, 因此在数据查看器 (RTMaps 的内置组件) 中只显示标准帧。生成器组件集成了两种操作来控制 CAN 报文帧的生成速度。“加速”操作将当前的 CAN 报文帧生成速度提高一倍, 而“减速”操作则将 CAN 报文帧生成速度降低 50%。

应用 2 : 开发神经网络 Python 组件

在他们的下一个应用项目中, 学生们开发了一个神经网络 Python 组件, 并对输入图像进行分类。为此, 他们使用 RTMaps Embedded 软件包的 Python 组件, 该组件有一个带有语法修饰功能的编辑器, 能够帮助用户开发 Python 脚本。右键单击组件模块可以打开此编辑器。RTMaps 的 Python 模块生成一个名为“RTMaps_Python”的类, 可反应式地或周期性地调用输入。RTMaps_Python 类中的



核心功能是在主程序中无限循环地运行。使用 RTMaps Embedded 的 Python 组件，学生们完成了两个示例项目：车辆检测和交通标志分类。

车辆检测

为了进行车辆检测，每一层中都含有池化的五层卷积神经网络(CNN)来处理图像。网络使用两个完全连接的层以及一个丢包层来防止网络过度拟合。该模型使用回归模型进行训练，并使用 Adam 优化器进行优化。神经网络的架构添加到 RTMaps Python 模块，模块的训练权重作为保存数据传送到网络。Python 模块中的网络将检查图像是否包含车辆。RTMaps 应用程序被发送至 BlueBox，并在嵌入式平台上运行。BlueBox 中的 RTMaps Python 库经过修改，包含了 TensorFlow 深度学习库 (tflearn)，用于构建 CNN 结构。

交通标志分类

在他们的第二个示例项目中，学生们使用 TensorFlow 模型对德国交通标志进行分类。他们使用该模型来标识交通标志，将它们分配给 43 个类别中的一个，并在图像中显示检测到的

“RTMaps 的 Studio 工具为我们提供了一种建立复杂模块化应用的简单方法。”

Sreeram Venkitachalam, IUPUI 工程技术专业学生

交通标志的含义。分类模型使用大约 39,000 张图像对模型进行训练。为进行测试，我们重建了 TensorFlow 模型，并添加了由训练模型保存的模型权重以预测输入图像的分类。整个测试结构是在 RTMaps Python 组件中创建的。我们将经过训练的模型和捕获的图像发送到 BlueBox，根据图像中

的符号，以标签的形式预测输出，并在上面标出交通标志的含义。

应用 3：行人检测

在他们的下一个应用实验中，学生们通过使用 Axis IP 摄像头 (IPCAM) 捕获实时帧来检测行人。RTMaps >>

```

Info: Can't get access to Real-Time Clock. Try to use interval timers.
Info: Starting main thread (vsh#1149) for component python_v2_1
Info: hdfs is not supported on this machine (please install/reinstall hdfsy for
poststal expenses)
Info: component python_v2_1: Inside core
Warning:tensorflow: /usr/local/lib/python3.5/dist-packages/tflearn/in
itializations.py:119: uniformunitscaling_init_ (from tensorflow.python
ops.init_ops) is deprecated and will be removed in a future version.
Instructions for updating:
Use tf.nn.initializers.variance_scaling instead of distributionuniform to
get equivalent behavior.
Warning:tensorflow: /usr/local/lib/python3.5/dist-packages/tflearn/ob
jectives.py:66: calling reduce_sum (from tensorflow.python.ops.math_ops)
with keep_dims is deprecated and will be removed in a future version.
Instructions for updating:
keep_dims is deprecated, use keepdims instead
Info: component python_v2_1: completed the model
Info: component python_v2_1: /home/bluibox/RTMaps-4.0/test2/1.jpeg
Info: component python_v2_1: VehicleAbsent
Info: component python_v2_1: /home/bluibox/RTMaps-4.0/test2/2.jpeg
Info: component python_v2_1: [0.19263387 0.8073662 ]
Info: component python_v2_1: VehiclePresent
Info: component python_v2_1: /home/bluibox/RTMaps-4.0/test2/3.jpeg
Info: component python_v2_1: VehiclePresent
Info: component python_v2_1: [0.19263387 0.8073662 ]
Info: component python_v2_1: /home/bluibox/RTMaps-4.0/test2/4.jpeg
Info: component python_v2_1: [0.19263387 0.8073662 ]
Info: component python_v2_1: VehiclePresent
Info: component python_v2_1: /home/bluibox/RTMaps-4.0/test2/5.jpeg
Info: component python_v2_1: [0.19263387 0.8073662 ]
Info: component python_v2_1: VehiclePresent
Info: component python_v2_1: /home/bluibox/RTMaps-4.0/test2/6.jpeg
Info: component python_v2_1: [0.79485573 0.20514427 ]
Info: component python_v2_1: VehicleAbsent
Info: component python_v2_1: /home/bluibox/RTMaps-4.0/test2/7.jpeg
Info: component python_v2_1: [0.79485573 0.20514427 ]
Info: component python_v2_1: VehicleAbsent
  
```

图 3：使用 BlueBox 基于卷积神经网络 (CNN) 进行车辆检测输出显示。

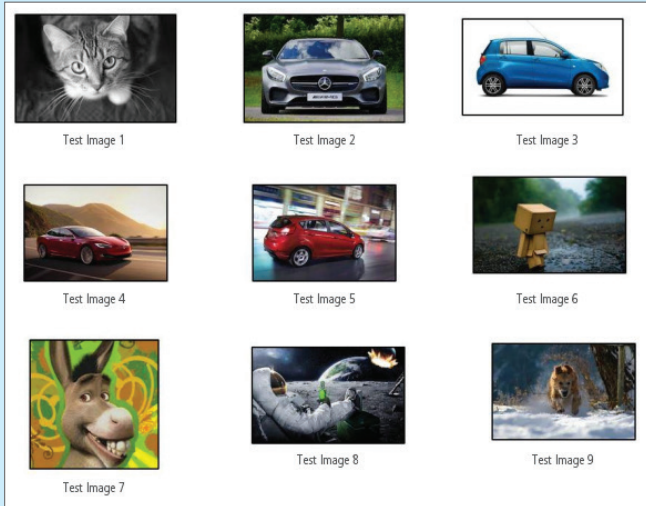


图 4：测试车辆检测的输入图像。

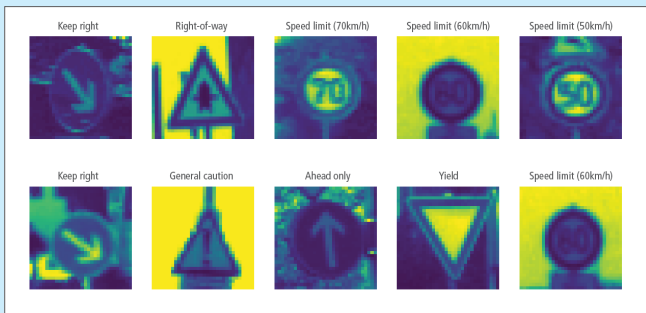


图 5：通过 TensorFlow 模型分类的德国交通标志。

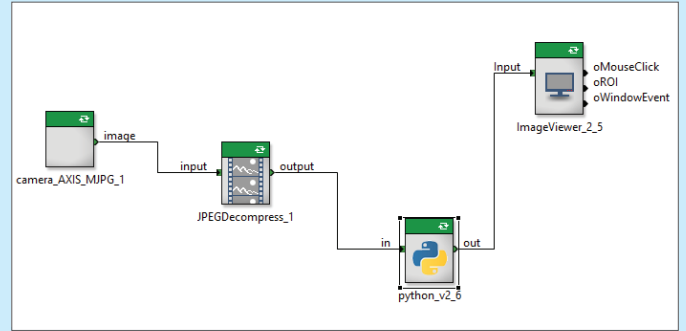


图 6：基于 IPCAM 的行人检测图。

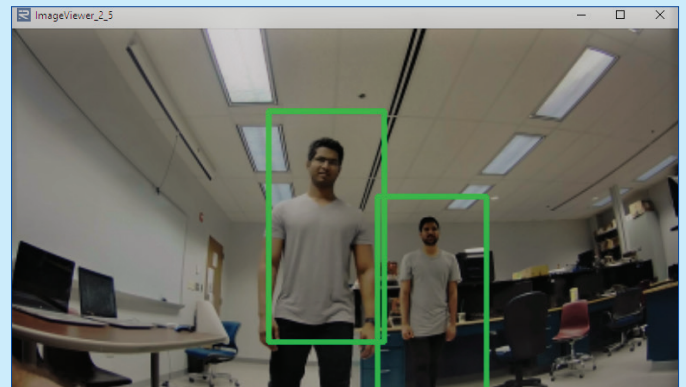


图 7：为检测到的行人绘制边界框。

“我们希望通过 RTMaps Embedded 应对多传感器挑战。它为我们提供了一个高效且易于使用的框架，用于高级驾驶辅助系统、汽车和机器人等领域的快速稳步开发。”

Mohamed El-Sharkawy 教授，普渡工程技术学院

Python 应用程序中的行人检测模型可检测输入图像中的人员，并为每个人绘制一个边界框（图 7）。方向梯度直方图（HOG）和线性支持向量机（SVM）则作为预训练检测器。为避免边界框重叠，我们使用了非极大值抑制（NMS）。行人检测模型与 IPCAM 集成之后，来自 IPCAM 的输入图像被传送到 Python 应用程序。检测到的行人和相关边界框随后显示在 RTMaps 的图像查看器中。

应用 4：记录和回放实时场景

在他们的第四个应用项目中，学生们演示了 RTMaps 记录和回放实时数据的功能。他们将捕获的数据保存为 REC 文件，并进行回放。在此示例中，IPCAM 集成到 BlueBox 的 LS2084A 中，以捕获图像并将其以 REC 文件格式保存到 IPCAM 文件夹。

应用 5：使用 SVM 分类器进行前向碰撞警告

在他们最终应用项目中，学生们着手实施前向碰撞警告系统，该系统包括先进的汽车雷达模型和分类算法。雷达模型的输出为速度/加速度和间隔距离。这些输出作为线性回归和支持向量机（SVM）分类器的输入，以预测警告范围，即自动驾驶汽车和前车之间可能发生碰撞的范围。

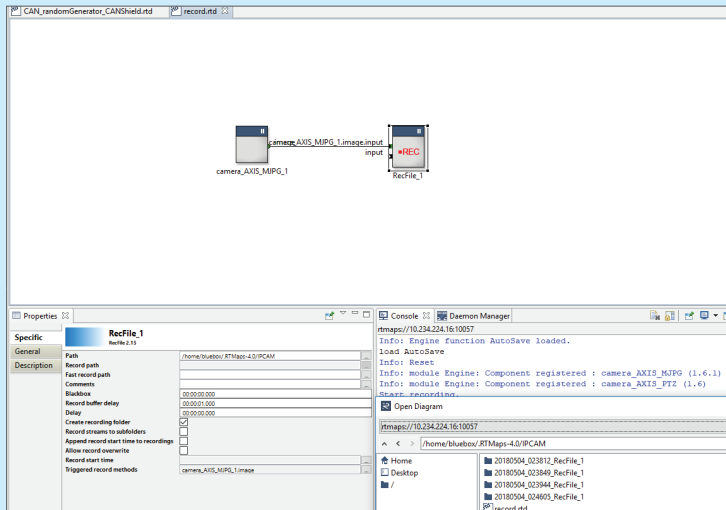


图 8 : BlueBox 录制示例。

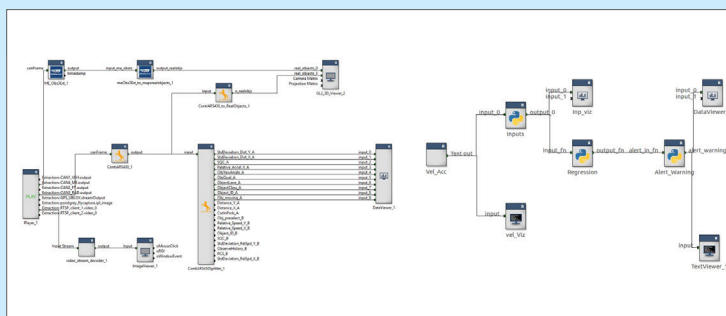


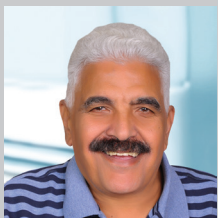
图 9 : 使用 SVM 分类器的前向碰撞警告程序图。

结束语

IUPUI 工程专业学生使用 RTMaps Embedded 平台和 NXP BlueBox 完成各种自动驾驶应用项目。他们完成了五项不同应用示例的开发和测试，再次确认了 Intemata RTMaps 4.5.0 与计算平台 BlueBox 2.0 集成的可行性。虽然 ADAS 算法的数据量和复杂性不断增加，但学生们可以利用 RTMaps 和 BlueBox 的计算能力，确保自动驾驶车辆能够快速检测和响应其周围的交通环境和驾驶条件。■

资料由印第安纳大学-普渡大学印第安纳波利斯联合分校友情提供

本资料由普渡工程技术学院友情提供：



Mohamed El-Sharkawy
教授, Fulbright 学者
物联网 (IoT) 合作实验室主任



Akash Gaikwad
电气与计算机工程学院
物联网协作系研究生



Surya Kollazhi Manghat
电气与计算机工程学院
物联网协作系研究生



Screeram Venkitachalam
电气与计算机工程学院
物联网协作系研究生,
现任 Aptiv 测试与验证
工程师



Niranjn Ravi
电气与计算机工程学院
物联网协作系研究生



Sree Bala Shruthi Bhamidi
电气与计算机工程学院
物联网协作系研究生



Dewant Katare
电气与计算机工程学院
物联网协作系研究生



在早期开发阶段验证和测试
新功能

SCALEXIO 后备箱 强大算力

dSPACE 的通用实时平台 SCALEXIO 推出了一款新的系列产品 – SCALEXIO AutoBox : SCALEXIO AutoBox 是 dSPACE 的一款非常强大的车载系统，为汽车总线系统提供强大的处理能力、出色的实时性能和全面的支持。开发人员现在可以在真实驾驶测试的早期阶段验证和测试新功能。在这次采访中，dSPACE 快速原型系统产品经理 Christian Wördehoff 讨论了在真实车辆中使用实时系统时的关键问题。

SCALEXIO AutoBox 有哪些应用案例？

我们汽车行业的客户越来越需要功能强大的原型开发系统，使他们能够在道路上直接测试复杂的功能。我们注意到，高度自动化驾驶功能的开发使得对计算能力和数据带宽的需求增加了，例如，在车辆网络中集成高质量辅助功能和自动化功能所需的数据带宽。然而，在电动交通工具领域，快速闭环反应以及高精度信号处理和生成发挥了重要作用。SCALEXIO 平台已上市多年，可提供多种选项。现在，SCALEXIO AutoBox 将这些选项从实验室应用到实际车辆驾驶中。

车载操作移动系统的核心特征是什么？

首先，必须保证能在所有常规汽车条件下稳定运行。在此过程中的一个关键点是供电。因此，我们为 AutoBox 配备了宽频带电源装置，该装置支持在典型的板载网络架构中工作，供电电压范围 12V~48V。补偿瞬间电压下降或上升是非常重要的，例如在高功率负载打开或关闭时会出现电压下降或上升。这种情况可能会经常发生，尤其是当车辆部件仍处于开发阶段时。此外，与实验室环境相比，实时系统在车载环境驾驶测试中运行时温

度范围更广，并具有更高的抗冲击和抗振能力。因此，车载环境应用中强大的主动冷却功能是 AutoBox 的关键特点。此外，AutoBox 还具有一套特殊的抗冲击和减振系统。系统鲁棒性已由外部机构根据 ISO 16750-3 标准进行了测试。

在技术方面，AutoBox 拥有 SCALEXIO 系列的哪些特点？

SCALEXIO AutoBox 与该系列的所有其它系统拥有完全相同的特性：用于快速计算复杂应用程序的最新英特尔处理器和自定义编程 FPGA 组件、高性能实时操作系统以及我们的智能 I/O 网络以及 IOCNET 不仅能缩短传输延迟，还能提供大量数据库带宽。SCALEXIO 的模块化概念还提供高度的灵活性和可扩展性。

汽车开发项目一般持续三到四年。这些系统的使用寿命如何？

经验表明，我们的部分客户仍然在使用超过其生命周期的设备。例如，我知道一些用户的实时系统已使用了十年以上。为了验证系统的可靠性，我们在极端条件下测试 SCALEXIO AutoBox 系统，相当于在标准道路行驶情况下行驶远超过 100,000 公里的

里程。客户多年来一直在使用我们的产品并用于各种项目，因此，AutoBox 需要适应不断变化的市场要求，这一点至关重要。特别是在开发驾驶辅助或自动驾驶功能时，市场的需求仍然非常多变，例如要求新的以太网接口，或对更高计算能力的需求，因为需要应对越来越复杂的算法。根据市场需求，我们可以对模块化系统不断进行更新和维护，例如，提供更强大的处理器板卡和新型通信接口板卡。因此，我们能够为客户开发提供助力。

最后一个问题：与市场上的其它产品相比，SCALEXIO AutoBox 有何独特之处？

dSPACE 原型开发系统的优势在于将强大的硬件、高可靠性、便捷的客户端访问与出色的功能深度结合。这种结合方式使 SCALEXIO AutoBox 在市场上脱颖而出。最终，我们的目标是为客户提供无忧解决方案，确保他们可以将精力集中在开发任务上。

Wördehoff 先生，非常感谢您接受采访。

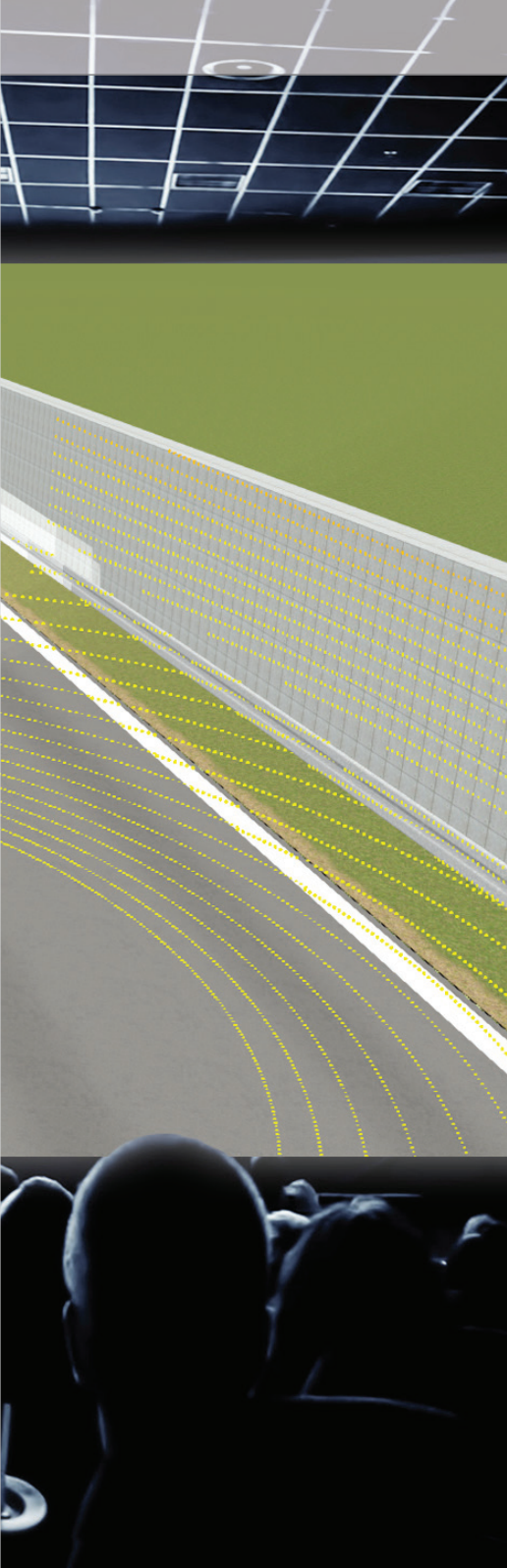




dSPACE 在自动驾驶领域的最新开发

真实传感器仿真

自动驾驶汽车将配备众多的环境传感器。但是，测试它们的功能和复杂的交互将是一个巨大的挑战。Holger Krumm 和 Sebastian Graf 共同负责这一领域的最新开发，他们将深入了解最新的 dSPACE 产品活动并规划如何面对未来的挑战。



Krumm 先生，自动驾驶车辆的开发中经常提到“真实传感器仿真”这一术语。这个术语是什么意思呢？

Krumm：“真实传感器仿真”指的是我们可以在实验室中对传感器（即摄像头、雷达、激光雷达）感知和记录的道路交通进行虚拟化的再现。传感器的功能必须要在实验室中得到验证，因为由于交通状况十分多样，我们目前需要进行数百万公里的驾驶测试，而这些测试无法在实际道路上完成。因此，我们可以利用 dSPACE 工具确保实验室中真实传感器仿真和激励。

传感器真实仿真的应用有哪些？

Krumm：由于从感知算法到对象识别的功能链必须在早期得到验证，这时就需要用到真实传感器仿真。在测试 ADAS/AD 应用程序的虚拟 3D 世界中，模型将返回与实际传感器相同的信号。为此，客户希望在传感器和处理单元（如中央 ADAS 控制单元）的早期开发阶段进行测试和验证。因此，这时模型在环 (MIL) 和软件在环 (SIL) 显得格外重要。

dSPACE 现在提供哪些传感器仿真模型？

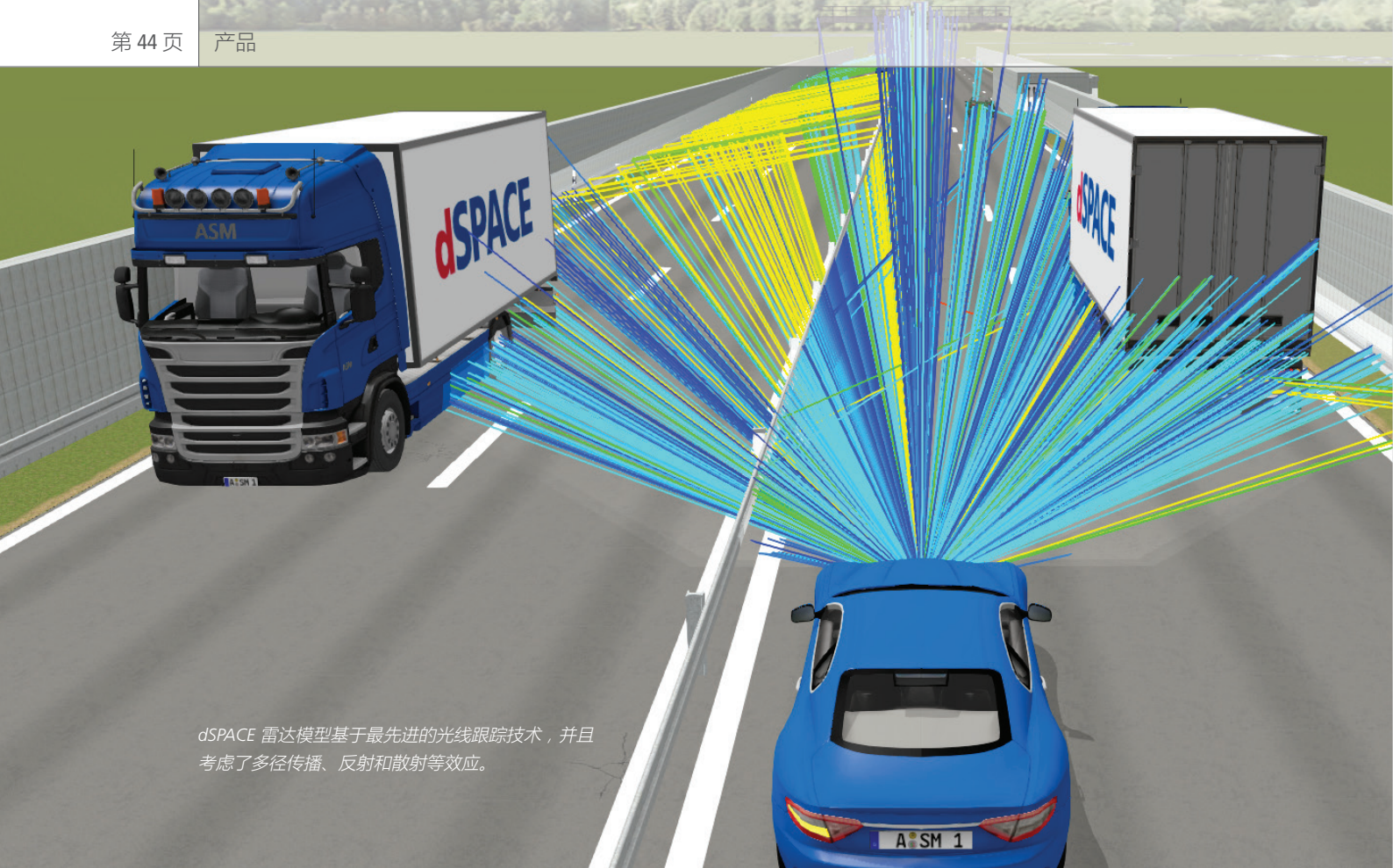
Krumm：Sensor Simulation 是摄像头、雷达和激光雷达传感器仿真软件模块的通用术语。在 dSPACE 2018-B 版之后，我们推出了一个独立的模块，用于基于摄像头的原始数据生成，以对环境、交通对象以及基于气候和日间的照明效果进行仿真。dSPACE 2019-A 版之后，我们又推出两个附加模块：雷达模块和激光雷达模块。两者均基于光线跟踪技术，包括将光束发送到三维场景并捕获其反射，从而将物理效应（如多径传播）融入到建模中。因此，我们能对雷达波或近红外激光束的传播进行正确的物理仿真，这对传感器的激励和仿真至关重要。

Graf 先生，这些模型能够提供何种级别的仿真数据以及应用范围？

Graf：一般来说，模型会计算环境和传感器前端的传输路径，以及前端组件（如雷达天线）之间的传输路径。除了波传播计算之外，雷达和激光雷达模块还具有强大的后处理接口，可 >>

Holger Krumm (左) 是 dSPACE 原型制作和验证软件工具产品经理；Sebastian Graf 博士 (右) 是 dSPACE 高级应用工程师。





dSPACE 雷达模型基于最先进的光线跟踪技术，并且考虑了多径传播、反射和散射等效应。

利用 Sensor Simulation 中的光线跟踪引擎，按照物理精度仿真毫米波和红外辐射的传播，这是激励和仿真雷达和激光雷达传感器的基本功能。

用于处理采集的数据。例如，您可以创建雷达和激光雷达的检测列表或点云。此外，我们还将对摄像头的前端属性，包括镜头系统和图像传感器进行仿真，包括色差、渐晕、复杂镜头配置、鱼眼失真等效果以及图像传感器的输出（如拜耳滤波器和高动态范围）。基于接口的开放性，客户可以集成自己的后处理功能，以实现其自身 ECU 的特殊功能。这适用于所有传感器模型。

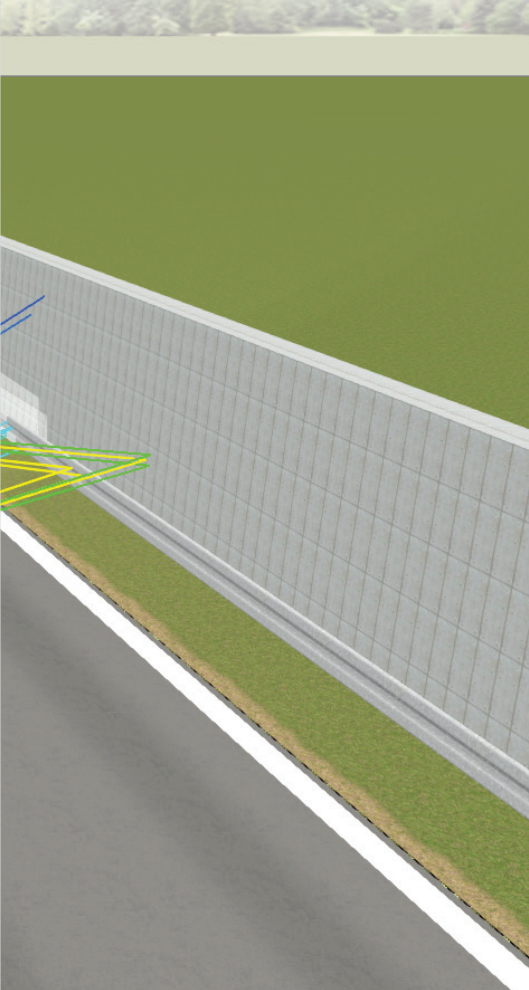
使用 Sensor Simulation 有哪些要求？

Graf：SIL 设置需要标准 PC 和 NVIDIA 显卡，也可以选择使用 dSPACE 的 Sensor Simulation PC。它的优势在于能够针对 dSPACE 工具链中的运行进行设计。另一方面，在 HIL 系统中，我们可以使用 Sensor Simulation PC 执行传感器仿真。这些 PC 具有可扩展性，能够仿真任意数量的传感器。为此，PC 需要对车辆环境进行描述并对车辆动力学进行仿真。这两项需

求可通过带有 ASM 工具套件的 SCALEXIO 仿真器实现。由于传感器仿真产品将来不受平台类型限制，也将在 Linux 等平台下运行，因此它们也可用于集群或云服务。

与其他供应商的解决方案相比，Sensor Simulation 有哪些亮点？

Krumm：Sensor Simulation 基于一套完整的自车动力学仿真。因此，传感器的所有运动都将被考虑在内，例



传感器仿真基于一套完整的自车动力学仿真，传感器的所有运动都被考虑在内。

OEM、Tier 0.5 级供应商 ZF 和雷达供应商 HELLA。我们还参与了其它一些中小型合作和联合项目。所有用户都向我们提供了反馈，希望仿真能够更加接近真实，并建议我们对工具链进行调整，以应对 Tier 2、Tier 1 或 OEM 提出的要求。

您能告诉我们 dSPACE 正在进行哪些创新吗？

Graf：我们将提高可视化质量，即使在特殊的光线和天气条件下也能进行摄像头功能测试。另一项创新是基于神经网络的环境检测。对于这种高度逼真的可视化效果，我们使用现代的专业图像引擎来实现全新水平的摄像头传感器仿真。我们致力于为客户提

供全面的应用服务。到 2019 年底，我们还计划针对物体类型分配材料属性。对于雷达和激光雷达，我们已提供传感器原始数据级 SIL 和 HIL 实现的原型。这样可以测试数字传感器的后端。在过去几年里，这一直是摄像头的最新标准。然而，对于雷达和激光雷达来说，这还是新领域。目前，供应商都十分推崇这项技术，因此我们对这条道路充满信心。在此过程中，开发过程中的测试将发挥很大的作用。此外，借助直接方便的接口，供应商可以提供特定于传感器的模型，这一点让很多 OEM 尤为满意。

Graf 先生、Krumm 先生，感谢你们接受此次采访。

如，车辆朝道路弯道倾斜或在鹅卵石路上颠簸时。Sensor Simulation 通过 SIL 和 HIL 仿真应对传感器测试中的特殊挑战。这些仿真需要实时进行。由于雷达波传播的仿真速度非常快，在运行时我们就注入原始数据，激励真实传感器。我们将现代高端显卡并行使用，这种两三年前做梦也想不到的计算速度现已成为可能。Sensor Simulation 是在此种级别的，唯一可以仿真所有三种传感器类型（即摄像头、雷达和激光雷达）的工具链。dSPACE 工具链的另一个显著功能是从 SIL 到 HIL 仿真的简单过渡。

您的客户是否已使用 Sensor Simulation？他们的应用目的是什么？

Graf：是的。德国汽车行业有几位重要客户已经在各个领域使用了该工具。为此，我们选择了供应链中不同层次的客户。主要客户包括德国大型



在现代化的汽车驾驶舱中，Michael Beine 和 Olaf Grajetzky 讨论了如果功能要求增加，开发周期变得越来越短，TargetLink 将需要做出哪些改进。

A photograph showing two men in a car's interior. The man on the left is driving, and the man on the right is pointing at the central infotainment screen. The screen displays a car configuration menu with options like 'Comfort', 'Individual Konfiguration', 'Antrieb', 'Lenkung', and 'ESP'. The car's dashboard and steering wheel are visible.

Targetlink

面世 20 年

20 年来，Targetlink 一直在为批量产品快速可靠地生成高效的代码。如今，Targetlink 生成的代码在汽车行业中随处可见，Targetlink 已经成为了全球汽车软件开发中不可或缺的工具。Targetlink 在其它行业中也有成功的应用案例。我们与 dSPACE 的首席产品经理 Michael Beine 和工程组经理 Olaf Grajetzky 讨论了 TargetLink 的功能和作用。他们两人都为 TargetLink 的成功做出了巨大贡献。



Beine 先生，客户觉得 TargetLink 最大的优势是什么？

Michael Beine：从一开始，TargetLink 的定位就不仅仅是一款新的软件产品。TargetLink 缩小了功能模型与 ECU 之间的差距。利用 TargetLink，客户能够从手动编程模式转换为自动代码生成模式，因此能够显著加快开发过程。在引入 TargetLink 之前，设计到实施的周转时间需要数周甚至数月。现在，初始配置完成后，只要点击一个按钮，TargetLink 就能生成代码。除了显著提高效率外，客户还能进一步提高软件质量。这是因为代码和模型具有一致性，因而使用 MIL、SIL 和 PIL 仿真对它们进行比较的过程也非常简单。Nissan 和 MAN 使用 TargetLink 完成的第一批项目，在某种程度上可以说是一场革命。

回顾 TargetLink 的初期阶段之后，我们发现 TargetLink 到底经历了怎样的变化？

Michael Beine：最初，我们的重点显然是代码生成，主要是代码效率。如今，我们希望团队和整个部门能够高效、安全地开发和验证基于模型的软件。考虑到这一点，我们不断改进 TargetLink 并构建一个全面的软件生态系统，以解决基于模型软件开发问题，包括验证。

TargetLink 有哪些重要的开发步骤？

Michael Beine：从项目一开始，我们就与许多客户紧密合作，这带来了诸多好处，比如会促进 TargetLink 数据字典的创建等。有史以来第一次，我们可以将实现细节从模型中分离出来，并在团队内部和团队之间进行交换。此外，我们还致力于 AUTOSAR 领域的创新。2006 年，TargetLink 成为了首个支持 AUTOSAR 的代码生成器。从那时起，该工具就在产品层面提供一流的 AUTOSAR 支持。我们目前正在开发自适应 AUTOSAR。还有一点：自 2009 年以来，TargetLink 已通过 TÜV Süd 的正式认证，证明其可用于安全关键型的项目

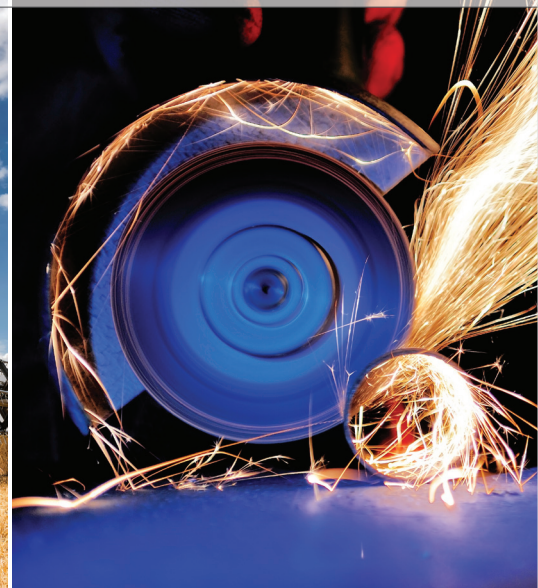
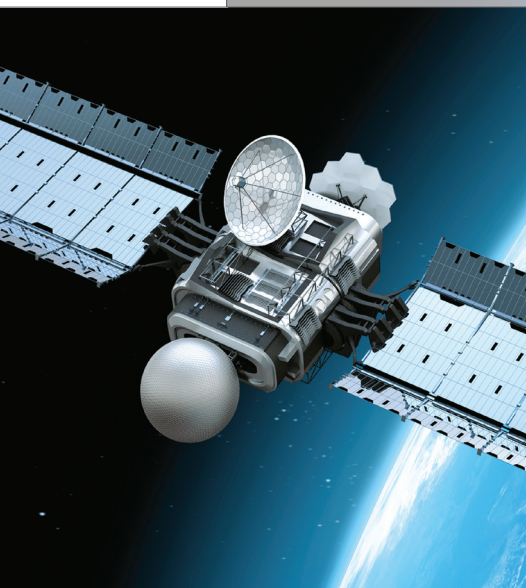
在安全方面，TargetLink 提供了哪些安全功能？

Michael Beine：使用 TargetLink 开发软件时，开发人员和工程师毋庸置疑是安全的。对客户而言，参考工作流程是一个重要的决定要素，这属于 TÜV 认证的一部分。该工作流程使用了 TargetLink，为安全相关软件基于模型的开发提供指导。在此过程中，我们的两个战略合作伙伴 Model Engineering Solutions 和 BTC Embedded Systems 发挥了重要作用。他们的工具与 TargetLink 配合使用，确保模型和代码级别达到所期望的质量。TargetLink 具有建模指南、>>

从高效的产品级代码生成器到敏捷的基于模型软件开发

实时硬件验证

现在，通过使用 Simulink Implementation Container (SIC)，TargetLink 能够帮助用户在 SCALEXIO 硬件上更轻松地测试产品级代码。请参见第 49 页，了解实时硬件验证的优势。



MISRA 兼容、dSPACE 专家的专门支持、定期的 Automotive SPICE 开发审核和早期 TargetLink 版本的补丁等多种服务，进一步体现了高质量和高度可靠性。

Grajetzky 先生，TargetLink 可用于哪些领域？您对哪些应用案例记忆犹深

Olaf Grajetzky：TargetLink 生成的产品级代码广泛应用于汽车 ECU 中，例如动力传动系统、底盘、车身或 ADAS 领域。再者，TargetLink 在许多其它行业也发挥了重要作用。例如，在角磨机电机控件中，TargetLink 自动生成的产品级代码在操作中十分可靠。TargetLink 在自行式收割机的应用更让人刮目相看，此外，即使在轨道上的卫星也配备了具有 TargetLink 代码的控制系统。

dSPACE 在现场实施许多项目。

TargetLink 的用户支持是什么样的？

Olaf Grajetzky：我来举个例子，我们有一位重要的汽车客户，十多年来，我们一直通过高度自动化的工具链为他们提供支持。此工具链现在能够支

持 AUTOSAR 4 的所有相关规范。我认为，这是 AUTOSAR 一致性最高、最复杂的应用之一。在许多其它项目中，我们仅在项目开始时提供短期支持。之后，客户便会接管运营。近 20 年来，我们一直为客户提供现场支持，以便快速找到最适合他们需求的解决方案。即使出现问题，我们也能在短时间内提供帮助。这一点很重要，因为世界那么大，需求当然各有不同，因此我们必须保持灵活。

尤其是在汽车行业，功能要求越来越多，而开发周期越来越短。这对于 TargetLink 的持续发展意味着什么？

Michael Beine：我们目前正致力于实施 Adaptive AUTOSAR，这是支持升级 ECU，推进自动驾驶功能开发的又一标准。TargetLink 将对涉及新技术的要求进行支持，例如持续集成和敏

捷方法，帮助客户进一步提高开发速度。一般来说，进行敏捷、基于模型的软件开发是至关重要的，因此它可以确保整个工具链的平稳交互。

一旦自动驾驶的愿景成为现实，TargetLink 将扮演什么角色？

Olaf Grajetzky：有一点没变，就是：车辆要在道路上安全行驶，就必须使用 TargetLink 生成的产品级代码。因为用于车辆转向、加速或制动（不仅在危急情况下）的代码必须绝对安全、确定和可靠。

Beine 先生、Grajetzky 先生，感谢你们接受我们的采访。

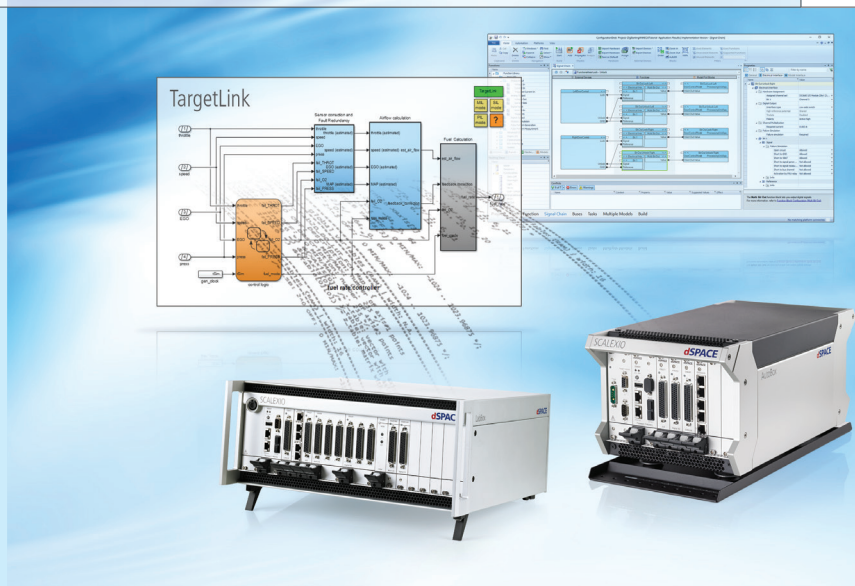
Michael Beine 是 dSPACE 的首席产品
经理。



Olaf Grajetzky 是 dSPACE 的工程组
经理。



实时硬件验证



让我们详细了解一下 TargetLink 的最新发展：自 4.4 版（dSPACE 2018-B 版）之后，TargetLink 提供了将产品级代码直接从 TargetLink 导出为 Simulink Implementation Container (SIC) 的选项，并通过 ConfigurationDesk 在 dSPACE SCALEXIO 实时硬件上执行该代码，并且能够非常方便快捷地验证代码。产品经理 Felix Engel 介绍了这一验证步骤的优势。

Engel 先生，新功能面向哪些用户和应用程序？

首先，该功能面向软件开发人员。他们可以在工作中使用 TargetLink 生成的真实产品级代码，在开发过程的早期，此代码已经通过模型在环、软件在环和处理器在环仿真，采用真实受控系统上的真实硬件进行了测试。这使开发人员可以直接看到算法具体实施的效果，与产品级代码对功能产生的效果一致，并考虑到了各种资源限制和量化效应。利用 TargetLink，测试工程师还可以进行系统性功能测试，这些功能通过真实受控系统上具有真实硬件的 TargetLink 模型所实现。由于 SIC 容器的界面十分清晰，所以我们在使用实施软件

ConfigurationDesk 时觉得工作流程非常易于使用，并且能确保流程的最高可靠性（因为功能和 I/O 是分开的）。因此，可以清楚地分配相关的文件版本等。

与所周知的 MIL/SIL/PIL 仿真相比，此验证方法的优势是什么？

这些方法相辅相成。MIL-PIL/SIL 仿真能够测试多种变体。如果需要，我们可以通过这些仿真轻松地在大型集群中并行计算大量数据。因此，它们可以实现所有维度的广泛测试。在真实受控系统上验证产品级代码可将早期随机检查的元素添加到测试中，以确定仿真的合理性。我们的目标是实现仿真过程中的一些隐藏的影响。因此，这些影响可以尽早检测到，并可以轻松修复。

哪些影响在仿真中是不易觉察的？

例如，除了上面提到的量化效应外，环境模型可能无法准确地表示环境。然而，实际上，为产品级代码应用而修改的功能必须能够处理环境的复杂细节。通过在 SCALEXIO 硬件上执行产品级代码可快速找到解决方案。

在此过程中使用了哪种硬件？

您可以使用所有 ConfigurationDesk 支持的系统。SCALEXIO LabBox，尤其是新 SCALEXIO AutoBox（请参见第 40 页上的访谈），均为原型开发系统，特别适用于验证产品级代码。

对于整个 ECU 验证过程而言，附加验证步骤意味着什么？

它进一步增强了我们验证产品级代码和后续控制单元的信心。此外，由于越来越多风险得以提前发现并消除，因此降低了总体成本。

Engel 先生，感谢您接受我们的采访。

Felix Engel 是 dSPACE 的产品经理。





Sebastian Thrun 是一名科学家、教育家、发明家和企业家。Sebastian 还是 Kitty Hawk 公司的首席执行官，他一直希望能够让人们摆脱交通堵塞的窘境。他还是 Udacity 的创始人、主席和总裁，致力于教育的普及。Sebastian 是 X（其前身是 Google X）的创始人，领导自动驾驶汽车、Google Glass 和其它项目的开发。他在斯坦福大学担任教授的几年时间里带领过斯坦福车队，他的“Stanley”在 DARPA 比赛中大获全胜。

据 Sebastian Thrun 所说，在未来几年，人工智能将影响每个人的职业生涯

飞行汽车

将成为现实

Sebastian Thrun 是一位科学家、教育家、发明家和企业家。他认为汽车出行的未来将朝着自动化方向发展，并且将实现三维空间中的驾驶。在接受 dSPACE 杂志独家采访时，Sebastian Thrun 谈到了为什么人工智能在未来对所有人都很重要，以及为什么飞行汽车将成为热门话题。

Thrun 先生，您在斯坦福开发过自动驾驶车辆，现在您正在开发飞行汽车。在未来 20 年，交通工具将会有怎样的发展呢？

我设想的未来是，我们坐在汽车驾驶座上开始行程，汽车将飞上天空，然后直线飞行，快速到达目的地。这样，我们都不用堵在公路上。我的设想是我在亚马逊上点餐后五分钟内，空中交通工具就会将食物送到我面前。与地面相比，空中丝毫不拥挤，而且非常广阔，因此是一项更优的选择。

所有人都在谈论未来是自动驾驶汽车的天下。但是会从什么时候开始呢？其实已经开始了！我创立的 Waymo 正在美国许多不同地区测试自动驾驶汽车，他们与 Lyft 合作，不久前首次

向市场推出自动驾驶汽车。Voyage 由我在 Udacity 聘用的第一批工程师所成立，现在已经通过自动驾驶汽车在美国各地的退休社区接送老年人。在全球范围内，还有更多自动驾驶汽车的实际应用案例。

在此过程中有哪些重大障碍呢？

最大的障碍仍然是在技术上，这涉及到自动驾驶汽车在现实世界中遇到的所有特殊情况。工程师们称这些为“突发”或“极端”案例，尽管这些案例很特殊，但是必须正确处理，并保证在所有情况下都能正常驾驶。每位自动驾驶汽车工程师都必须考虑道路上可能发生的意外事件，比如有人在错误的道路上驾车、物体从天上掉下来、动物不知从哪里冒出来。处理这些情况需要我们投入很多的努力。

在上路之前，自动驾驶车辆必须进行数百万公里的驾驶测试。那么，在现实世界需要行驶多少公里，在虚拟世界需要行驶多少公里呢？

仿真已成为开发自动驾驶车辆的关键。此外，仿真有助于确认和验证软件系统。我们可以在仿真器中运行之前在实际道路上采集到的数据来检查系统，确认软件是否正确处理了相关场景。仿真也越来越擅长创建全新的场景，但我认为在现实世界中采集实际道路环境的数据来用于测试系统，这种测试是必须执行且不可替代的。

这对汽车制造商及其供应商意味着什么？

汽车制造商及其供应商通常专注于机械工程或相对基础的功能软件。这些软件应用仍然是必要的，但是更高级别的软件工程，如仿真和人工智能，变得越来越重要。有时，公司会对自己的工程师进行内部培训，或者公司可以与仿真或人工智能的供应商合作。

“未来 5 年内，每个人，包括我，都会在工作中使用某种形式的人工智能。”

Sebastian Thrun

图片来源：© Udacity



“仿真已成为开发自动驾驶车辆的关键。”

无人驾驶车辆应该更安全。软件开发人员在使车辆更安全方面发挥了多大的作用？这些开发人员如何为他们的任务做好最佳准备？

自动驾驶汽车本质上就是一个人工智能机器人。因此，它具有三个主要功能：感知、计划和行动。感知就是汽车通过传感器来了解环境。这需要大量的软件工程工作，尤其是在计算机视觉和机器学习等领域。人类驾驶员可以通过长期在实际道路上观察交通情况，预测其他人和车辆的情况和并总结应对这些情况的驾驶经验，机器学习也基本采用这种方式。驾驶策略的规划系统也主要依赖于软件，尤其是人工智能和概率计算系统。无人驾驶汽车必须要预测出另一辆汽车转弯或直行的可能性，然后做出相应的决策。最后一步是执行系统。它们在过去基本上是人通过机械传动来控制，但现在越来越多地由软件通过电子系统来控制。大多数现代转向和制动系统都通过电控单元发出电信号来控制电机或者电磁阀来驱动，而不是依靠机械组件。对于自动驾驶汽车至关重要的电动传动系统，在很大程度上也是由软件来运行。

在 Udacity，您非常关注深度学习和人工智能这两个话题。您能解释一下原因吗？

未来 5 年内，每个人，包括我自己都会在工作中使用某种形式的人工智能。不管您的职业是什么，企业高管、会计师、农民、程序员或者其他任何职务，人工智能都会影响到你的

行业领域。医疗保健领域中，最近的报告多次表明，通过人工智能可以挽救的生命数量正在激增。法律和安全专家预测，人工智能将大幅减少网络漏洞和欺诈。教育行业的技术创新者正在开发一种虚拟讲师，这样全球缺乏教育资源的贫困区域也能实现教育普及。从市场营销人员到制造商，每个人都在期待人工智能的未来的潜力。五年多前，当 Udacity 开始在网上教授人工智能时，大部分内容还是预测性的。现在，这些预测都变成了现实，我们不断更新和扩展人工智能产品，以确保每个人都能学习这些技能。世界上任何地方的学生都可以学习这些技能，把握丰富多彩的职业机会。

业内资深的汽车制造商在开发中扮演什么角色？硅谷初始公司的方法与这些资深制造商有什么不同？

传统汽车企业比硅谷初创公司更擅长设计和制造汽车，但汽车智能技术的发展非常缓慢。新公司的最大优势在于发展速度。通过快速、安全的新技术开发，进入汽车市场的新兴公司正在推动整个行业的发展，使其变得更加灵活，从而也使世界变得更美好。

回到飞行汽车这个话题。飞到空中有什么好处？这是一个有朝一日许多人都能实现的梦想吗？

我对飞行汽车非常感兴趣。它们将实现许多在平面道路上不可能实现的愿景。当我刚开始研究自动驾驶车辆时，人们都认为我疯了。但现在，自动驾驶汽车已经成为现实。今天，当我告诉人们我正在制造飞行汽车时，很多人也认为我的想法很荒谬。但是我相信，飞行汽车的发展将超出人们的想象。■

Thrun 先生，感谢您接受我们的采访。

关于 Udacity

Udacity 是一个全球性在线终身学习平台，将教育与工作联系起来，教学生一些职业发展技能。Udacity Nanodegree 项目提供从自动驾驶汽车到人工智能再到数据科学和数字营销等一系列在线课程和项目，并提供证书。Udacity 与 200 多家全球行业合作伙伴合作，包括 AT&T、Google、Facebook、Lyft 和 IBM，以保障智库的高水准。这家私人投资企业总部位于加州山景城，在中国、埃及、德国、印度和阿拉伯联合酋长国都有业务，其投资方包括 Bertelsmann、Andreessen Horowitz、Charles River Ventures 和 Drive Capital。更多信息，请访问

www.udacity.com。

“飞行汽车的发展将超出人们的想象。”



PEGASUS

项目

通过基于仿真的测试更快地验证自动驾驶功能

上车，选择目的地，再坐下来，即可享受轻松的旅程了。这是许多驾驶员梦寐以求的驾驶状态。然而，我们如何确定自动驾驶功能能做出正确的操纵呢？此外，如何证明自动驾驶汽车是安全的呢？由联邦经济和能源部（BMW i）资助的 PEGASUS 合作项目负责这项任务。

2019年5月中旬，工业和科学领域的17位项目合作伙伴展示了三年半以来的研究和开发成果，项目的测试基地在下萨克森州埃拉莱辛的大众汽车试验场，在那里测试人员对自动驾驶功能进行验证。dSPACE是该项目的合作伙伴，为测试子项目提供专业知识。在

PEGASUS项目期间，研究人员开发了一套程序，确保以最有效的方式对驾驶功能进行统一评估和验证。DLR运输和能源执行总监、PEGASUS项目协调员之一Karsten Lemmer教授说：“在项目过程中，我们与国内和国际专家对这些研究成果深入讨论，以确保这些结果在实践中也是可行

的。”Thomas Form教授负责大众汽车公司汽车技术和移动体验，同时也是项目协调员，他补充道：“PEGASUS通过对要求、过程、度量标准和工具进行开发，为自动驾驶车辆的功能认证做出了重要贡献，并且形成了一整套一致的驾驶功能认证方法。”

André Manicke (TraceTronic)、Mark Schiementz 博士 (BMW)、Karsten Krügel 博士 (dSPACE) 和 Jens O. Schindler (TraceTronic)。

大众测试场的展示成果

在最后的演示中，项目合作伙伴在埃拉莱辛的大众测试场展示了该项目期间开发的工具链。他们通过使用数字海报、展品和（驾驶）仿真器以及室外驾驶测试清楚地展示了验证和审批自动驾驶功能所涉及的三个步骤。2016 年，项目合作伙伴决定实施一个实际的应用案例 Highway-Chauffeur，以测试用于验证驾驶功能的通用 PEGASUS 方法。Highway-Chauffeur 在公路和高速公路对车辆进行控制，车速为每小时 0 到 130 公里。此外，它还可以独立变道。PEGASUS 整体方法通过收集驾驶功能的所有要求和相关交通状况来实现测试的连续性。数据的收集基于现场测试、仿真器和事故数据。数据经过统一处理，并通过中央数据库进行仿真、测试现场和实际交通中的应用程序，从而改善了驾驶功能的发布，并支持过程的优化和最终安全评估。

dSPACE 通过基于场景的工具链提供支持

大量基于仿真的测试使得 PEGASUS 中的测试尤为高效。它们使用统一的接口，还能够集成到现有环境中，并通过现场测试验证了仿真结果。此仿真方法尤其适用于自动驾驶车辆开发过程的早期阶段。因此，PEGASUS 将之前面向制造商的辅助功能测试和验证程序应用于新的通用程序中，这样，所有开发人员都可以应用相同的标准和规格。dSPACE 通过建立基于场景的典型工具链为该项目提供支持。在该工具链中，宝马将标准格式，如 FMI（模型）、OSI（传感器）、OpenSCENARIO 和 OpenDRIVE（场景）作为原型进行实现和使用。利用 dSPACE VEOS，所有这些接口都集成到一个单一的仿真平台中，并与 ASM 环境模型相结合。因此，我们得到一个强大的软件环境，可用于验证 ADAS 和 AD 功能。其它项目合作伙伴的测试工具可通过标准接口轻松连接，如 TraceTronic 的原型。因此，

“PEGASUS 为后来自动驾驶车辆的认证做出了重要贡献。”

我们有可能实现 PEGASUS 的智能理念和基于场景的 SIL 测试。这些测试包含全面的实际场景。“结合 VEOS 基于 Classic 或 Adaptive AUTOSAR 标准仿真虚拟 ECU 的功能，项目合作伙伴基本能够以现实、可再现和高度可扩展的方式执行测试的目标，”dSPACE 高级产品虚拟验证经理 Karsten Krügel 博士说。因此，对高成本的真实驾驶测试的要求将大大降低。

更多信息，请访问：www.dspace.com/go/pegasos



FMI : Functional Mock-up Interface 接口定义了支持仿真软件连接的标准化接口。

OSI : Open Simulation Interface 是将自动驾驶功能的开发与各种驾驶仿真框架相连的标准。

OpenSCENARIO 定义了一种文件格式，描述驾驶仿真器中使用的动态交通操控（场景）。

OpenDRIVE 定义了一种数据模型，对道路网进行高度精确的逻辑描述。

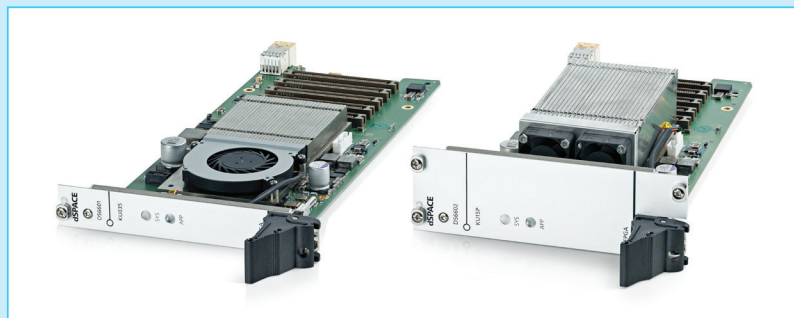
ASM 是 dSPACE 的一款工具套件，用于仿真内燃机、车辆动力学、电气组件和交通环境。

SCALEXIO：先进电动汽车应用的最新 FPGA 技术

通过基于最新 Xilinx® FPGA 技术的两款新 FPGA 基板，dSPACE 可以加强 SCALEXIO 产品组合，用于 ECU 开发和测试。DS6602 FPGA 基板及其强大的 Xilinx® Kintex® UltraScale+™ FPGA 满足 HIL 测试的严格要求，例如，处理庞大的非线性电机模型或基于拓扑结构的电路仿真。其规格较小的系列产品 DS6601 FPGA 基板是一款配备 Xilinx® Kintex® UltraScale™ FPGA 的经济型多用途产品，尤其适

合 RCP 应用。由于插入式 I/O 模块具有丰富的扩展选项，这两种高性能 FPGA 板卡可用于各种应用，例如，

电驱动技术、混合动力车辆、动力电子设备和电力工程。■



云端 SIL

为了充分测试自动驾驶车辆，必须在不同环境条件下完成数百万公里的测试里程，测试还必须包括极端情况。理想情况下，这是在虚拟测试环境中完成的。然而，即使是这种规模的软件在环 (SIL) 仿真也不能再用本地安装

的测试系统有效地执行。因此，dSPACE 正在研究一种解决方案，将 SIL 测试所需的计算能力转移到云上。这样可显著扩大测试范围，因为测试不再在资源有限的计算机上执行，而是在可扩展的云基础架构上

执行。因此，我们能够充分利用自动生成的基于场景的测试，并验证整段测试距离。

关于更多详细信息，敬请期待下一期的 dSPACE 杂志。■



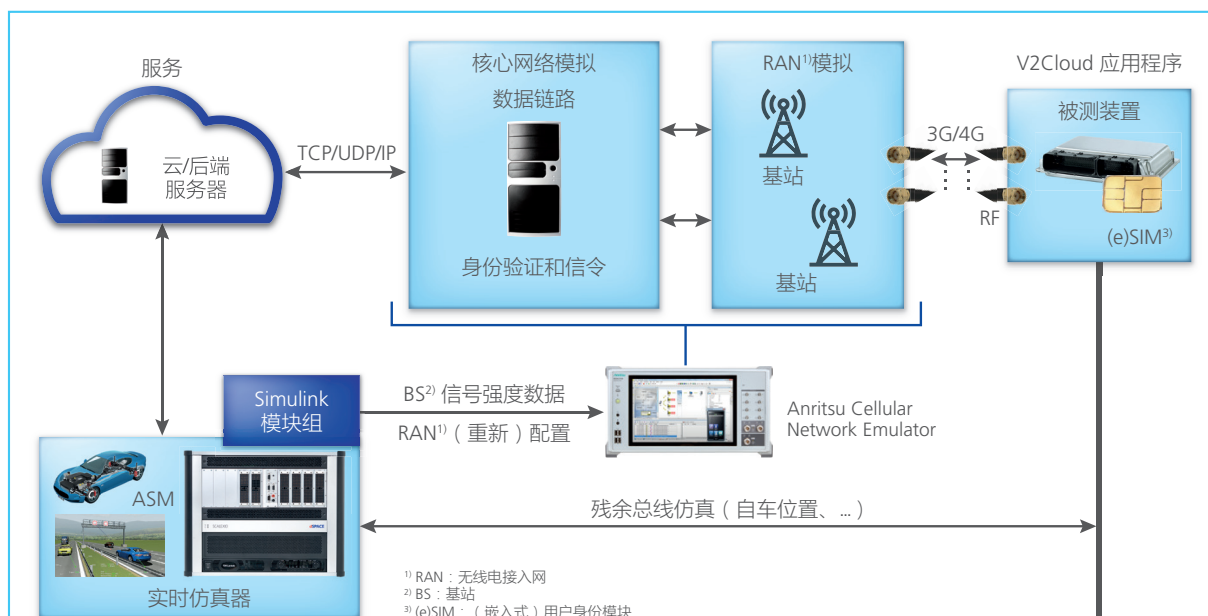


V2Cloud 应用程序的真实测试

驾驶员可以使用智能手机定位车辆或导航至最近的免费停车位。因此，他们通常采用 V2Cloud 应用程序，使用移动通信将车辆位置、免费停车位等所需数据与互联网服务进行实时交换，并向用户提供易于理解的数据。这些应用程序的新一代产品，如软件 OTA 更新或远程诊断，将更广泛地集成到车辆中，并将对数据吞吐量、延迟和可靠性提出高要求，尤其是对移

动通信接口的要求。因此使用 HIL 仿真来实现整个行动链是非常明智的选择，因为从车辆功能到与云服务的通信都包含在内。dSPACE 的方法是集成移动通信网络仿真器，以在实验室中提供真实的基站测试网络 (Radio Access Network) 和移动通信核心网络。此移动通信网络仿真器由使用 Simulink® 模块组的 HIL Simulator 控制。因此，可以重新配置移动通信网

络，操纵数据吞吐量和延迟时间等，并且还支持诸如交接等移动场景。在虚拟驾驶测试期间，移动通信链路从一个基站传输到下一个基站，而不会丢失数据链路。该模块组支持 Anritsu 的 MD8475B signalling Tester 测试仪，并适用于 5G。■



采用高清电子地平线的自动驾驶

新的 dSPACE ADASIS v3 Horizon Reconstructor Blockset 模块组使用标准化 ADASIS v3 协议访问来自 Simulink® 的电子地平线。它支持用户在 dSPACE 原型开发系统和基于 PC 的 VEOS 仿真平台上开发基于地图的

自动驾驶应用程序和功能。该模块组基于 Elektrobit 的 EB robinos 重构器，适合批量生产，无需实施专有地平线重构器或了解 ADASIS 协议的细节。清晰的模块结构便于访问详细的环境数据，并进行精确的操作计算

等。开发人员还可以利用新的地图管理，管理大量数据。地平线重构器仅提供必需的数据，并会自动删除多余的数据。■



dSPACE WORLD CONFERENCE

2019 MUNICH

首届 dSPACE 全球用户大会！ 2019 年 11 月 19-20 日，慕尼黑

dSPACE 将在 2019 年 11 月 19 日至 20 日召开 dSPACE 首届全球用户大会，届时会在德国慕尼黑的希尔顿慕尼黑机场酒店（Hilton Munich Airport Hotel）举行。本次大会围绕**自动驾驶**和**电动出行**等话题进行交流和讨论，为大家提供一个国际化的平台：

- 全球一流的演讲嘉宾阵容，提供精彩演讲
- 行业专家举办的高质量研讨会
- 分享汽车行业创新成果，获取最新技术，并观看产品演示
- 在轻松的氛围中进行精彩纷呈的晚间活动。

通过这次活动，您可以与来自全球各地的dSPACE专家、技术合作伙伴和同事们聚在一起，进行交流和讨论。dSPACE 2019 年全球用户大会将帮助您更快地实现技术创新，在成功之路上助您一臂之力！



<https://www.dspace.com/go/World-Conference>



dSPACE 加速自动驾驶开发

dSPACE 已经与许多国际汽车制造商达成合作，致力于实现自动驾驶，并将其投入驾驶应用。为此，我们提供了一站式、不断创新、可扩展的开发和测试工具链，进一步推动了自动驾驶的开发。

www.dspace.com

Embedded Success **dSPACE**