

dSPACE

1/2023

MAGAZINE

Renault——仿真能够：
在实验室中实现高
动态充电 | 第 6 页



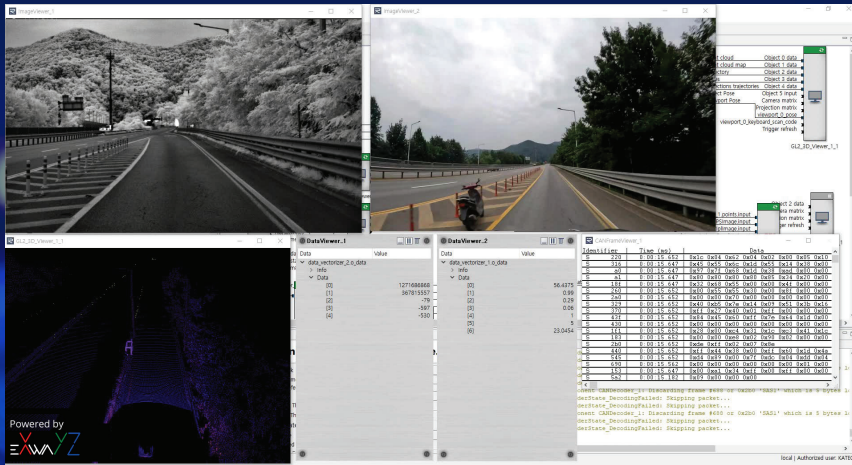
INCEPTIO ——仿真能够：
生成非常逼真的自动驾驶虚拟世界 | 第 12 页

一汽红旗——仿真能够：
验证自动驾驶实车 | 第 16 页

传感器数据同步

随着市面上的传感器数量增加和新技术的兴起，高级软件开发越来越复杂、费时，对于工程师来说，找到有效的软件框架变得至关重要，从快速原型开发一直到最终部署，这些框架会贯穿整个项目。dSPACE推出了RTMaps，这是一款功能强大、值得信赖的模块化开发和执行软件工具，能够大幅降低团队工作负载和取得成功的相应成本。

KATECH是一家从事前沿技术研发的研究机构。为寻求自身不断发展与突破，KATECH需要灵活的现代化工具，因此，KATECH决定在智能和新能源汽车技术领域使用RTMaps（实时多传感器应用）作为通用开发框架，助力加快其进展。



“RTMaps这款工具可以轻松、高效同步诸多ADAS传感器的数据，如雷达、摄像头、ADASIS v3.0地图、GNSS等。这对我们来说至关重要，因为我们正在为自动驾驶系统开发复杂的导航解决方案。多亏了RTMaps，我们能够利用它进行了很多国家项目的研发。”

Yui Hwan Sa, KATECH (韩国汽车技术研究院) 导航解决方案开发研究员。



“客户的诸多成功案例证明，dSPACE始终是您的仿真和验证合作伙伴。”

亲爱的读者，

汽车已经被重新定义：软件所占比重与日俱增，车辆正变成数字生态系统，具有无尽技术和经济可能性。人们正在重塑电子和软件架构、改进操作系统、引入云解决方案，开发软件更新策略。听起来很复杂？确实如此，特别是因为该行业有严格的质量和安全性要求。dSPACE将于5月24日和25日在慕尼黑举行2023年世界大会，会上将向所有客户和相关各方展示dSPACE如何通过密切合作、投资各种创新方法、倾力打造仿真和验证解决方案，为您的项目提供一贯的支持。我在此盛情邀请大家参加此次大会。请继续翻阅下面的内容，快速了解我们的客户如何与dSPACE携手应对复杂的挑战。中国初创企业INCEPTIO Technologies阐述了其自身如何将真实和仿真传感器数据相结合，为全自动驾驶打造成熟的ECU。INCEPTIO自动驾驶卡车队的商业运营里程已超过600多万公里。杂志的第12页提到，该公

司使用AURELION进行传感器真实仿真、使用SCALEXIO进行高性能数据回放，才成就了他们的成功。电动汽车的成功不仅体现在道路上，还体现在汽车行业的开发部门上。去年，电动汽车仿真和验证解决方案的需求完全超出我们的预期，表明该领域潜力巨大。2023年，很多客户也下了订单，并启动了高压系统、电池管理(BMS)仿真器和充电解决方案项目。我们还与合作伙伴KPIT Technologies最新设计了一个解决方案，它可以在早期设计阶段通过软件在环(SIL)仿真验证BMS的开发。在第32页，KPIT Technologies介绍了这是如何实现的，以及开发过程的高效率。上述案例和很多其他的成功案例证明，dSPACE始终是您的仿真和验证合作伙伴。

Martin Goetzeler



压印

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: Björn Gaentzsch, Stefanie Koerfer博士、
 Ralf Lieberwirth, Lena Mellwig, Ulrich Nolte、
 Patrick Pohnberg, Gerhard Reiß博士, Sonja Ziegert

本期杂志合作伙伴: Alicia Garrison, Klaus Oertel

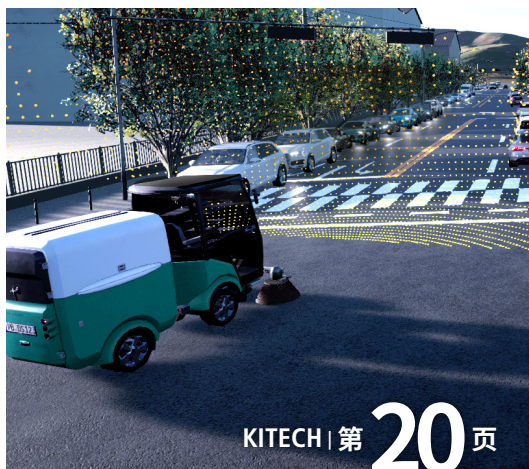
编辑和翻译: Robert Bevington, Anna-Lena
 Huthmacher, Stefanie Luedeking, Julie Pollington

设计与排版: Jens Rackow, Sabine Stephan

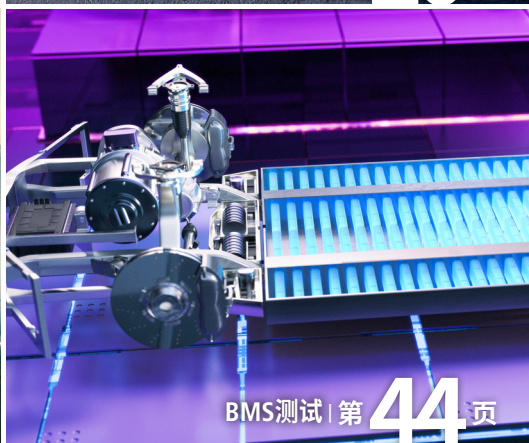
© 版权所有 2023 保留所有权利。
 若要复制本出版物的全部或部分內容, 必须获得书
 面許可。任何此类复制必须注明出处。dSPACE 将会
 不断地改进其產品, 并保留随时更改本出版物所含
 產品规格而不予通知的权利。

dSPACE 是 dSPACE GmbH 在美国和/或其他国家/
 地区的注册商標。其它注册商標請参阅
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
 的商標或注册商標。

目录



KITECH | 第 20 页



BMS测试 | 第 44 页

- 3 主编寄语
- 客户
- 6 RENAULT
充电更高效
车载充电器高动态验证系统
- 12 INCEPTIO TECHNOLOGY
在虚拟世界中解决现实世界的问题
INCEPTIO Technology使用dSPACE解决方案,验证长途省际运输的自动驾驶卡车车队
- 16 一汽红旗
一切都符合要求吗, Ph(v)il?
中国汽车制造商一汽红旗依靠车辆在环(VIL)解决方案来验证实车
- 20 KITECH
清扫路面
验证自动街道清扫车
- 24 KEB
虚拟现实
通过数字孪生开发机器
- 28 伊利诺伊大学
智能电力电子装置
借助原型开发和仿真,推进新的能源范式
- 32 KPIT
加快虚拟化
KPIT运用软件仿真测试电池管理系统
- 38 PTV VISSIM
让虚拟交通更加真实
详细的驾驶仿真与详细的交通仿真相结合
- 42 CRRC
数据管理驱动电动出行
通过SYNECT中的智能数据管理改进电驱动开发
- 产品
- 44 BMS测试
最新BMS测试
全面的电池管理系统测试解决方案
- 46 基于数据驱动的开发
基于数据的驱动
传感器数据正在推动自动驾驶功能的开发
- 50 ADAS/AD
安全——综合视图
车辆动力学对ADAS/AD功能安全性的影响
- 商业
- 54 UNDERSTAND.AI
自动标注
understand.ai首席执行官Jürgen Daunis表示,基于数据驱动开发链的自动化是自动驾驶的一个关键因素
- 58 验证方法
系统性地测试自动驾驶车辆
项目决定了验证方法的可靠性
- 60 INDY AUTONOMOUS CHALLENGE
人工智能大比拼
国际学生团队自动驾驶赛车角逐——最佳算法获胜

充电 更高效

车载充电器高动态验证系统



法国汽车制造商Renault推出首款新一代电动汽车——全新Megane E-TECH Electric。该车设计紧凑，依托新开发的CMF EV平台，融汇了Renault的最新技术，成为经典的短途代步车型。为满足车载充电技术的这些要求，该公司还借助了高效、紧凑的电力电子装置拓扑结构。车载充电器由Vienna整流器和两台DC/DC转换器组成，Renault自主开发。为在早期阶段测试ECU，Renault借助了dSPACE的专业知识。



图片来源:© Renault



图片来源:© Renault

过去十年在欧洲售出400,000辆电动汽车,这是该公司拥有电气技术专长的最好证明;特别是Zoe, Renault在许多国家/地区都是市场领导者。在WLTP测试循环中最长续航达470公里、市面上最薄的电池,高11.0厘米,配备紧凑型中最大的信息显示区域,这些只是Megane E-TECH Electric重新界定纯电动汽车界限的几个亮点。该电动汽车有两个输出电平:96 kW/131 hp和160 kW/218 hp。电池也有两个容量级别:40 kWh和60 kWh。电池可以在不同的输出和电流下充电,包括高达130千瓦的直流快速充电站,具体取决于版本。由于配备绕线转子的新一代油冷同步电机,无需含稀土材料的磁铁。

Renault和dSPACE之间的合作由来已久,可以追溯到21世纪初,当时dSPACE的设备主要用于内燃机、变速箱和车辆动力学控制单元。

Renault很自然地依托dSPACE来实现新的车辆概念。随着电子出行的发展,如今Renault采用了dSPACE的诸多硬件解决方案和建模解决方案,包括逆变器的FPGA建模。除了充电验证外,还值得一

提的是, Renault拥有电动列车HIL测试台架,以及专为Renault电池架构量身打造的电池管理系统。

车载充电器开发

Renault为其充电解决方案架构选择了一个高效的现代化解决方案,一方面为终端客户带来灵活性,另一方面还能遵守现行的国家和国际电网质量法规。为此,该公司还借助新型半导体,通过高达200 kHz的更高开关频率,提高效率,缩小安装空间。除了用充电站安装的电力电子装置进行直流快速充电外,交流充电则使用车辆上安装的充电器。后者允许用2.3 kW传统单相插座或22 kW墙装线盒给电池充电。

需要将交流电转换成直流电来给电池充电。充电系统的效率在其中起着重要作用,这意味着整流器拓扑结构的选择尤为重要。

为此, Renault选择了充电系统两级设计。Vienna整流器用来进行整流,并确保达到电网运营商的要求。此类整流器是单向三相有源整流器,效率可以达到99%或更高。与Boost型PWM整流器不同, Vienna拓扑结构有三个层级,这降低了电感要求,开关设备上的电压负载也减半。这转而提高

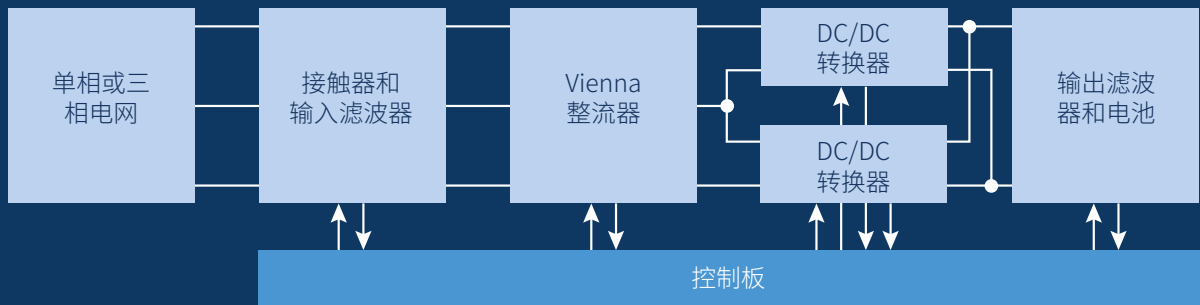


图 1: 配备输入/输出滤波器、Vienna整流器和DC/DC转换器的OBC系统示意图

了效率和功率密度。与传统整流器相比, Vienna整流器具有下列优点:

- 根据EN 61000-3-2, 具有更好的功率因子校正 (PFC), 电能更优质
- 谐波电流减少
- 各相之间电流平衡, 电力电子元件上的负载较低

验证过程和HIL仿真

长久以来, Renault一直使用硬件在环 (HIL) 仿真来验证ECU软件, 特别是汽油、柴油、电动和混合动力汽车的动力传动系统领域以及其他ECU。多年来, HIL验证不断拓展, 极大地补充了车载测试。仅在动力传动系统领域, 目前Renault在罗马尼亚布加勒斯特附近的Titu技术中心就运营着40个HIL测

试台架 (图2)。Titu技术中心是Renault集团研发中心Renault Technologie Roumanie (RTR) 的一部分。

该车载充电系统的硬件和电子控制单元软件全部由Renault开发。验证过程在早期开发阶段就开始了, 采用基于模型在环 (MIL) 和软件在环 (SIL)、面向拓扑结构的离线仿真。在实际的电力电子装置问世之前, 已经利用HIL测试系统测试了控制板。在HIL测试台架上

进行验证通常具有诸多优点。它比原型车经济实惠, 因为HIL测试台架是通用的, 可以根据大多数车辆项目进行配置。此外, 可以在多个测试台架和人员之间分散验证负载, 从而缩短开发时间。HIL测试台架的另一个优点是工作效率更高, 因为软件测试甚至可以

在真实的组件推出之前进行。与实车相比, 除了安全性和灵活性方面, HIL系统在可重现性和自动化测试上也很出众。此外, 电力电子电路信号级HIL仿真的安全性优于原型测试, 因为高电压和电流只是仿真变量。这样一来, 还可以在不损坏硬件原型的情况下, 有针对性地仿真故障案例。

挑战: 高动态电力电子装置

新型车载充电系统的HIL验证给Renault开发人员带来了独特的挑战, 这些挑战与以前的大多数HIL应用挑战明显不同。特别是Vienna整流器的开关频率为140 kHz, DC/DC转换器的为200 kHz, 这对HIL仿真提出了很高的要求, 其采样和响应时间必须远远低于1 μ s。相比之下, 内燃机



图片来源: © Renault



图片来源: © Renault

电力质量

在欧洲，EN 61000-3-2要求大型消费品纳入功率因子校正。EN 61000-3-2标准指的是输入电流小于等于16 A的电气和电子设备引起的谐波电流。此外，该设备必须用于与公共低压电网连接。EN 61000-3-2标准对谐波电流有明确的限制。所有符合EN 61000-3-2标准的电气或电子设备都归为A类至D类。



图片来源: © Renault

“Renault与dSPACE开展了长期合作。作为值得信赖的合作伙伴，dSPACE卓越的HIL测试台架、创新型硬件解决方案、极其精简的软件套件和软件库让Renault受益匪浅。”

Stefan-Valentin Popescu, Renault

的采样时间通常是1 ms。其挑战就是必须在很短的采样时间内计算非常复杂的电力电子电路的动态行为。出于这一点，开发人员很快就明白了，由于开关频率较高，无法在基于处理器的现有SCALEXIO HIL测试台架上进行仿真。因此，测试台架配备了dSPACE的现场可编程门阵列（FPGA）板卡，它更适合这种实时应用。

实现高动态验证系统

该HIL环境的架构是模块化的，即将车载充电系统划分为它的功能

组。分别为电网、接触器和输入滤波器、Vienna整流器、两台DC/DC转换器和输出滤波器以及电池创建了单独的模型。对于包括接触器和复杂的滤波器网络在内的电网仿真，采用了dSPACE Electrical Power Systems Simulation Package (EPSS) 来实施面向拓扑结构的模型。由于电力电子电路的高开关频率，FPGA实施的速度需要优化。Vienna整流器及配备输出滤波器和电池的DC/DC转换器模型由dSPACE开发和实施。所有模型都能够精确地仿真模块所

需的高动态，并为连接子模型准备好接口。各个拓扑的模块化结构促成了逐步、系统性地调试。于是，在三个FPGA Base Board上实施了模型。为实现模型间的直流链路电压和电流等信号的低延迟交换，通过快速的FPGA间通信，在HIL仿真器中直接将FPGA板卡互连。转而使用直接连接FPGA Base Board的FPGA多I/O模块，捕捉PWM和控制反馈信号。所有建模方法都使用状态空间表示法来描述不同的开关状态组合。然而，为尽量平衡仿真精度和

>>



图 2: Titu技术中心位于罗马尼亚，于2010年9月15日开放，是Renault集团在全球的第二个测试中心，占地面积约350公顷。Renault集团的车辆和驱动组件在该技术中心进行测试。

图片来源: © Renault

DS6602 FPGA Base Board配备了Xilinx的Kintex® UltraScale™系列目前的第二大FPGA。附加的板载RAM能够存储庞大的数据集，例如模型参数，这是苛刻的仿真所必需的，特别是在电驱动领域。DS6602有四个千兆收发器（MGT），可以非常快速地通信。此外，可以通过线缆将多个板卡互连，进行FPGA内部通信，在FPGA堆栈之间交换直接数据。



FPGA资源消耗，采用了不同类型的开关模型。电阻式开关模型非常理想，可以快速、非常精确地建模的模型，但需要较高内存，资源消耗大[EPE2021]。接触器、输入滤波器和DC/DC转换器的模型采用这些方法。电感/电容式开关模型可以利用很多半导体器件来仿真复杂电路，例如本应用中的Vienna整流器[PCIM2020]。

验证结果

车载充电系统的闭环仿真测量结果如图4所示。t=0.1 s时，充电过程激活，要求电池电流为5 A。在短暂的启动序列中，首先激活DC/DC转换器控制，再激活Vienna整流器控制。在该序列之后，将所要求的电流输入到电池中。DC/DC转

换器的控制器确保准确设置所要求的电流。t=0.75 s和t=1.75 s时，充电电流进一步增加，从5 A增加到10 A，再增加到20 A。在车载充电系统的多FPGA仿真中，充分考虑了电力电子电路的互连。例如，电池电流增加，充电功率上升，那么不同FPGA上仿真的供电电网电流必须相应地增加。Vienna整流器的控制器调整这些电流，确保它们与电网电压同相。

总结与展望

当Renault决定验证车载充电器的控制单元时，基于信号级的HIL仿真的优点令开发人员折服。由于无需电力电子电路的原型，高充电电流和电压只是仿真变量，可以在整个开发过程的早期阶段进

“利用dSPACE的高动态一揽子验证系统，甚至能够实时精确地展现具有140 kHz高开关频率的Vienna整流器。”

Adrian Vlad, Renault

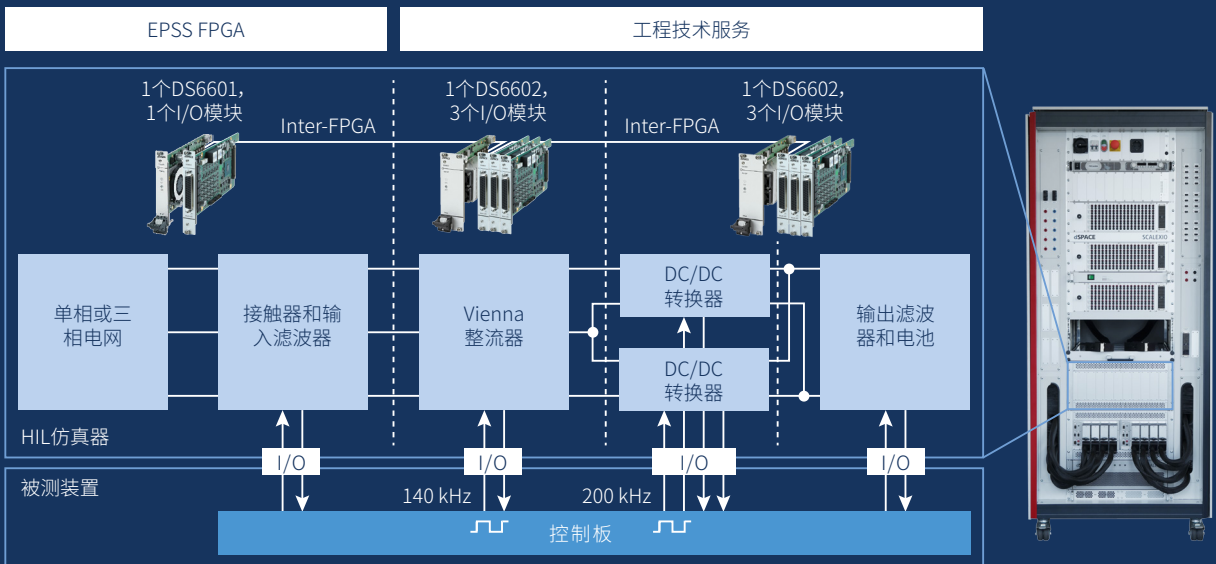


图 3: 该HIL环境的架构是模块化的, 即将车载充电系统划分为它的功能组



图片来源: © Renault

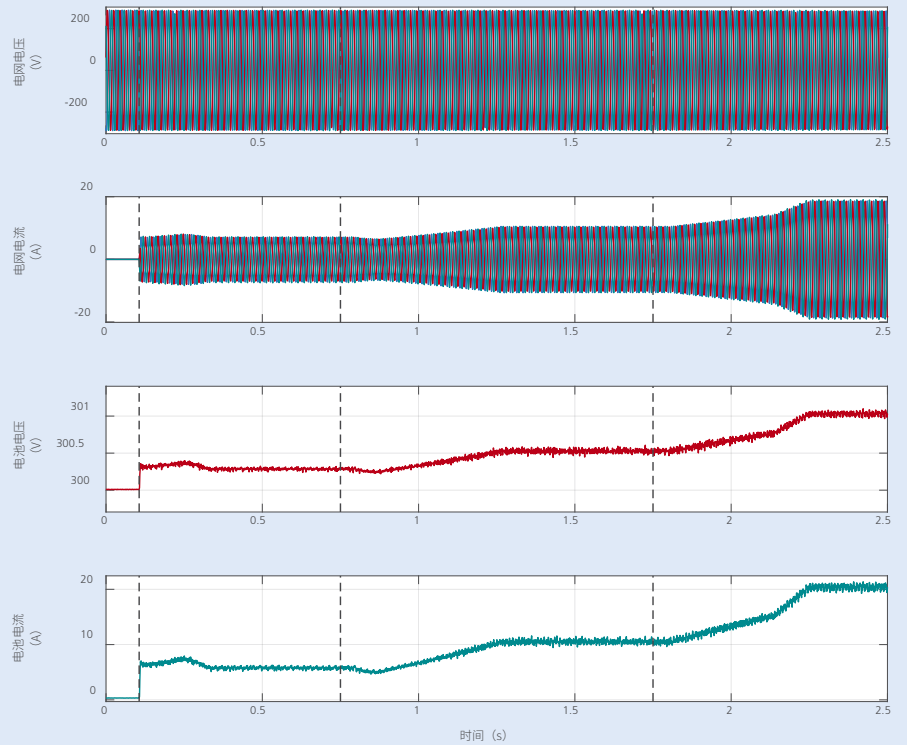


图 4: 车载充电系统的闭环仿真测量结果。

进行测试。Renault 利用 dSPACE 的专业知识、综合方法和电力电子装置仿真模型, 结合最新的 FPGA 平台, 成功地验证了新开发的车载充电系统, 即使在 Vienna 整流器的高开关频率下, 也能稳定而可靠地验证。■



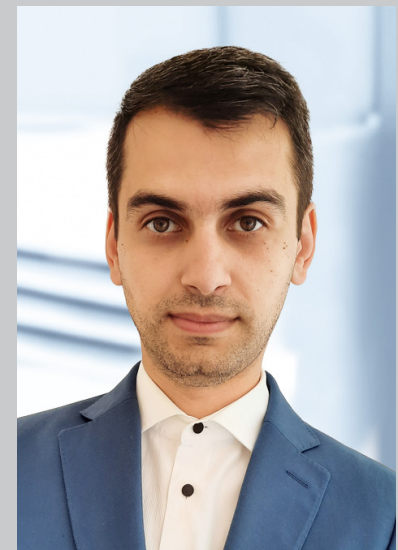
图片来源: © Renault

Stefan-Valentin Popescu

Stefan-Valentin Popescu 是位于 Renault Technologie Roumanie Titu 技术中心动力传动系统软件验证部的 HIL 参照试验人员

Adrian Vlad

Adrian Vlad 是位于 Renault Technologie Roumanie Titu 技术中心动力传动系统软件验证部的 HIL 试验人员。



Stefan-Valentin Popescu,
Adrian Vlad, Renault



初创公司INCEPTIO Technology正在实现一项雄心壮志。该公司正在研发一支智能高效的自动驾驶卡车车队，在中国高速公路上从事商业货物运输，未来或许会推向其他地区。

这一创新举措需要一项关键技术。那就是开发一个全栈自动驾驶系统(ADS)，该系统可以集成到卡车车队中，在开放的高速公路环境中实现自动驾驶。INCEPTIO正在开发ADS来支持此类商业运营，以及车载软件和云服务。INCEPTIO公关总监Lydia Zhu表示，“我们的使命是通过开发行业领先的卡车自动驾驶技术，打造更安全、更高效的长途物流，量产自动驾驶卡车将预装我们的技术和系统。”



截至2022年8月底，INCEPTIO Technology的商业运营里程超过600万公里。

图片来源: © INCEPTIO



在虚拟世界 中解决现实世界的问题

INCEPTIO Technology使用dSPACE解决方案，
验证长途省际运输的自动驾驶卡车车队

自动驾驶计算平台

ADS接收来自相连感知传感器(摄像头、激光雷达和雷达)的大量数据,并执行各种计算任务,包括感知、预测、定位、规划、交路和控制在INCEPTIO Technology自主平台系统架构师Dexin Li谈到,“运行时,这些任务会为车辆解答问题,

比如‘我在哪里?’、‘周围环境中有什么?’以及‘我该去哪里?’,ADS由此生成车辆控制命令,并通过CAN接口及时发送给车辆。”在ADS上运行的软件包括用于人工智能(AI)算法的应用软件、用于软件功能配置和车载通信的运行中间件,以及硬件支持固件。

还有专门的硬件和软件组件来监测和管理系统功能安全及网络安全。

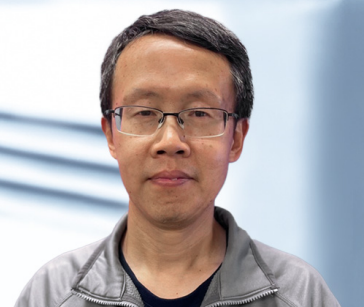
设置复杂的虚拟环境

由于在实际运营的车队上验证硬件和软件验证成本高昂,而且硬件和软件问题往往发现得迟,

>>

“为验证自动驾驶建立复杂的虚拟环境实属不易。我们知道进行开发需要外部资源和专业知识,于是联系了dSPACE。”

Dexin Li, INCEPTIO Technology自主平台系统架构师





INCEPTIO Technology已经用L4自动驾驶卡车原型完成了无人驾驶道路测试。

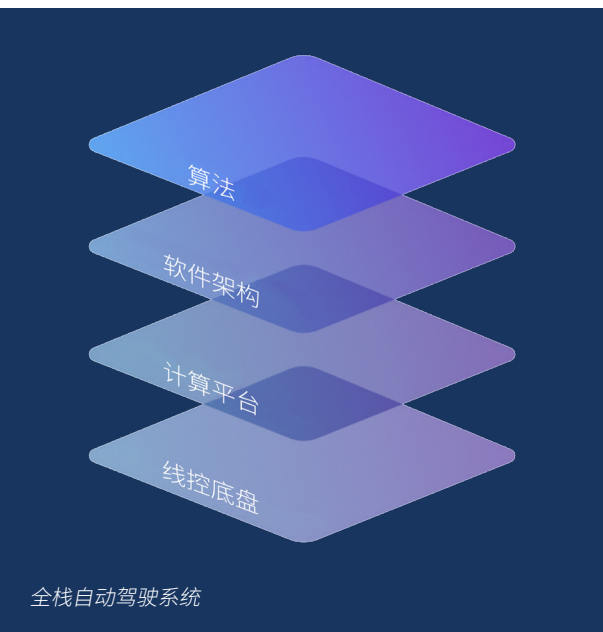
开发需要外部资源和专业知识，于是联系了dSPACE。”INCEPTIO正利用dSPACE SCALEXIO硬件在环(HIL)系统、汽车仿真模型(ASM)、传感器仿真(AURELION)、dSPACE环境传感器接口(ESI)单元以及其他几个dSPACE工具，开发、测试和验证其ADS。Li表示，“SCALEXIO HIL是建立系统验证环境的理想平台，我们发现了一个实用的方法，那就是将各种传感器的数据回放服务器和我们的ADS连接至环境传感器接口(ESI)单元，该单元转而在HIL仿真中回放现实世界的传感器数据，帮助我们验证ADS。”

于是，INCEPTIO决定使用现实世界数据及合成数据，进行算法开发和人工智能(AI)模型训练。利用传感器真实仿真方法，开发人员可以用更低的成本生成有价值的的数据，在早期设计阶段验证其系统。

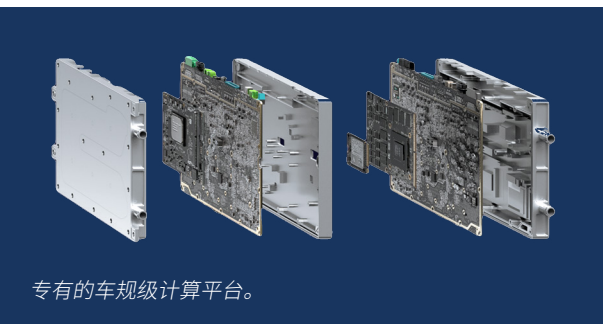
项目现状和未来计划

INCEPTIO的项目目前正处于实现阶段。截至目前，这家初创公司已经制定了传感器仿真和数据回放计划，他们的工程师大量使用dSPACE HIL系统来执行硬件验证、车辆通信、控制验证、自动驾驶模式控制验证和空中激活(OTA)验证。Li表示，“系统运行良好，我们在车辆控制和车辆通信的各种相关测试用例中使用了dSPACE工具。dSPACE HIL系统的性能非常令人满意。”未来，INCEPTIO计划加大ESI单元连同dSPACE仿真模型的使用力度，在危险的交通状况下仿真更多传感器真实环境仿真。该设置还适用于执行“所有功能检查”和相关的故障注入测试(例如传感器断开)，以验证ADS硬件。随着驾驶场景不断扩充，INCEPTIO在不同的环境仿真下生成了逼真的卡车驾驶条件，

Zhu表示，这些数据不仅有助于INCEPTIO更好地了解其运营场景和客户需求，还将帮助公司在现实环境中验证自身的技术，包括未来的上路迭代。他们的一台测试车配备了3个激光雷达、7个摄像头和5个雷达。为充分利用产品开发期和算法研究期间收集到的传感器数据，INCEPTIO将现实世界的的数据与虚拟世界相结合，在虚拟世界中可以对系统行为进行研究、分类和分析。Li解释道，“这再次帮助我们降低了解决现实世界问题的成本，我们可以彻底、反复地研究问题，建立如此复杂的虚拟环境实属不易。我们知道进行



全栈自动驾驶系统

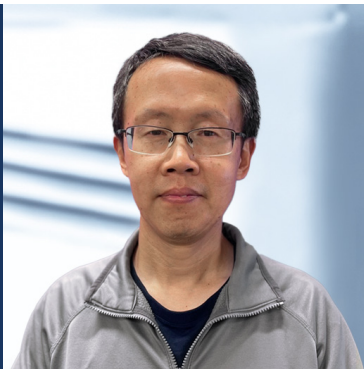


专用的车规级计算平台。

“dSPACE硬件在环(HIL)仿真系统的性能非常令人满意。”

“我们发现了一个实用的方法，那就是将各种传感器的数据回放服务器和我们的自动驾驶系统 (ADS) 连接至环境传感器接口 (ESI) 单元，该单元转而在HIL仿真中回放现实世界的传感器数据，帮助我们验证ADS。”

Dexin Li, INCEPTIO Technology 自主平台系统架构师

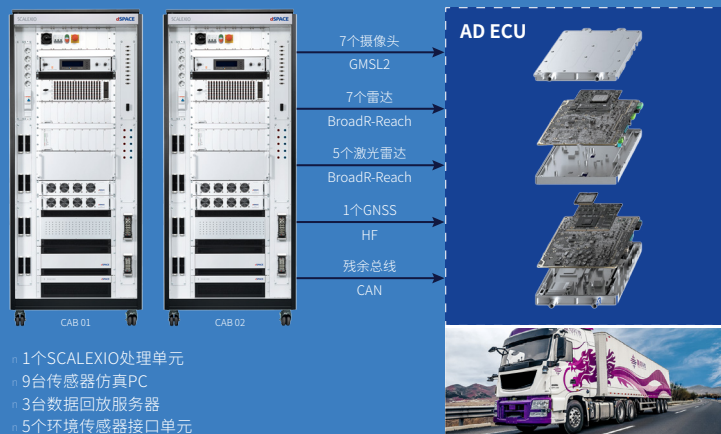


例如道路损毁、各种路侧建筑物和变化无常的天气。测试还包括轮胎漏气等典型故障。开发人员还将利用连接HIL的dSPACE的全球导航卫星系统 (GNSS) 仿真器接口模块组，仿真和控制GNSS测试场景和信号。最后，INCEPTIO计划利用Intempora RTMaps多传感器软件，收集卡车测试中的传感器数据流和环境CAN信号。随后，在同一个HIL系统上回放数据，再现与测试卡车相同的条件。

总结与成果

总之，dSPACE仿真软件与硬件接口相结合，提供车辆级和传感器级仿真和回放功能，为提高系统验证效率提供了强有力的解决方案。随着INCEPTIO进一步使用这些功能，该公司力争降低成本，提高其自动驾驶卡车系统的产品质量。■

承蒙INCEPTIO Technology提供



任务

- 自动驾驶卡车功能的硬件在环测试

挑战

- 利用基于人工智能的中央ECU验证自动驾驶卡车
- 20个环境传感器的仿真与数据回放
 - 5个激光雷达传感器
 - 7个雷达传感器
 - 7个摄像头
 - 1个GNSS

解决方案

- SCALEXIO硬件在环仿真器
- 通过基于物理的传感器模型 (激光雷达、雷达、摄像头和GNSS) 进行传感器仿真
- 数据回放
- 利用ESI单元注入原始数据

图片来源: © INCEPTIO



一切都符合要求吗, Ph(v)il?

中国汽车制造商一汽红旗依靠车辆在环 (VIL) 仿真解决方案来验证实车



如何在安全的条件下测试自动驾驶实车？CATARC和dSPACE开发的VIL测试系统完整地回答这个问题，该系统缩小了仿真和道路测试之间的差异。

安全是自动驾驶汽车最重要的因素。在此类车辆的整个开发过程和生命周期中，实际车辆的测试任务必须与其传感器技术的测试一起进行。自动驾驶汽车极其复杂，要全面高效地执行这些测试面临着种种挑战。为完成测试任务，CATARC和dSPACE设计了一

个流程和测试系统，可以简便、快速地进行详细的测试。该系统解决了实车验证时出现的难题。零部件产线测试、定期技术检验、认证和售后市场的测试任务中，都需要这种验证方法。

充分、高效地测试自动驾驶车辆
测试的目的是高效地测试自动驾

驶汽车，并验证其功能。确保传感器、控制单元和执行器正常运行。特别在危险情况下的测试，如果方法不正确，会以灾难性的后果收场。仿真可以很好地执行和评估这样类似的场景。例如在软件在环 (SIL) 仿真中，详细分析虚拟交通场景下驾驶测试车辆及其自动驾驶控制系统的行为。为了利

图片来源:©一汽集团



图片来源:©一汽集团



“dSPACE为我们的开发部门提供了全面的车辆在环(VIL)测试解决方案,已成功用于自动化实车基于场景的动态测试。”

渠谨黛女士,一汽集团

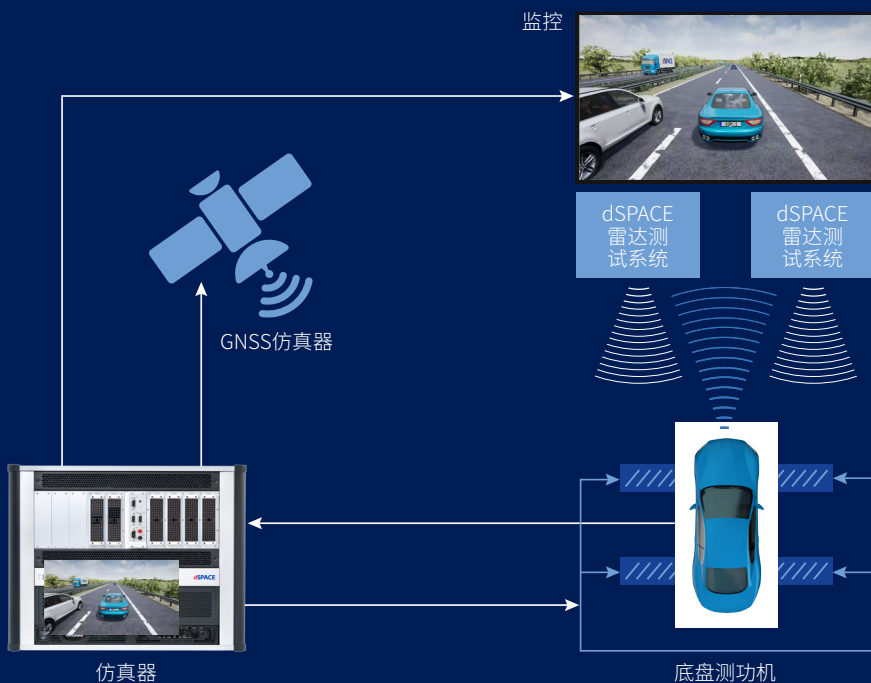
用这些关乎安全的场景来测试实车,一个巧妙的解决方案将真实世界和模拟世界结合在了一起:将被测车辆放在与仿真器相连的底盘测功机上。仿真器生成由道路、周围交通、交通标志、行人等组成的虚拟世界。这个虚拟世界转换成物理变量(雷达波、图像),激发自动驾驶车辆的传感器。底盘测功机的物理变量信号(如速度、加速/减速)依次馈送到仿真器,从而关闭控制循环。该测试方法称为车辆在环(VIL)测试。它减少了硬件在环(HIL)仿真和驾驶测试之间的差异。

>>



用环境仿真的动画图像激发摄像头传感器。

图片来源:©一汽集团



建立VIL测试系统。通过仿真无线激发所有传感器。将在底盘测功机上测得的变量输入仿真中。



VIL测试台架实现整车测试

这种尺寸的VIL测试台架很复杂，它由大量的不同组件组成，需要高精度同步协作。在寻找合适的解决方案供应商时，dSPACE和CATARC在X在环仿真领域多年的开发和验证经验受到一汽红旗的青睐。

他们携手为一汽红旗开发了定制VIL仿真系统。该系统包括dSPACE成熟可靠的仿真解决方案和德国测试台架专家Dürr的底盘测功机。在SCALEXIO系统上，使用汽车仿真模型(ASM)工具套件中的模型实时仿真虚拟汽车环境。SCALEXIO仿真器连接下列仿真组件，作为虚拟世界中的车辆传感器的物理变量，并将其无线输出：

- 两个dSPACE汽车雷达测试系统(DARTS) 9040-G, 用于激发雷达传感器

- 一个显示屏，通过dSPACE动画软件提供图像内容。内容由摄像头传感器捕捉和评估。
- 一个全球卫星导航系统(GNSS)仿真器，用于导航系统定位

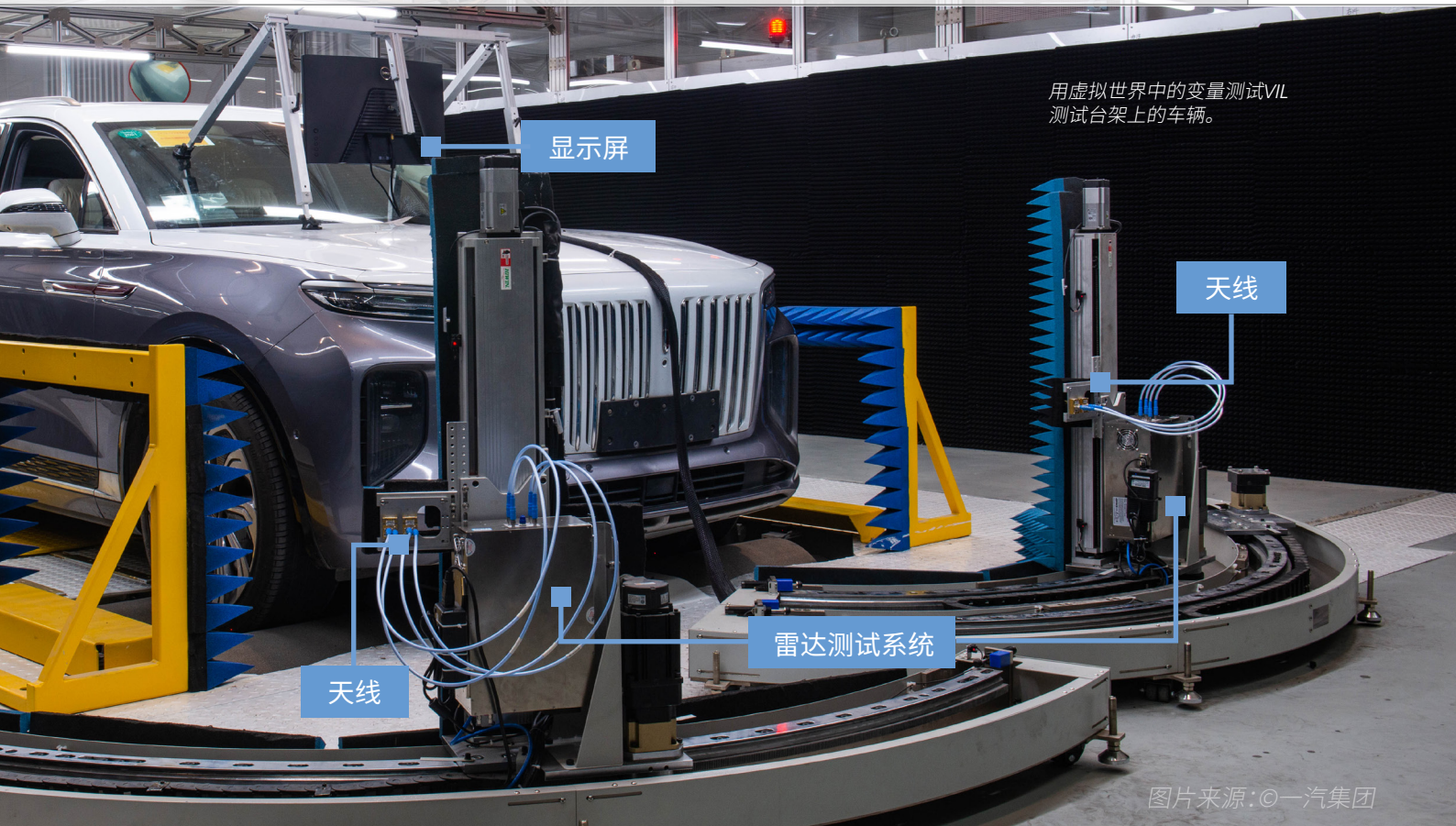
轨道上装有两个DARTS，允许在动态交通场景中对雷达目标进行角度仿真。混合路面曲线底盘测功机仿真道路。它还可以让前轴转向，以便测试侧向作用辅助系统。dSPACE已经与Dürr携手，制定了有效的解决方案来将仿真器与底盘测功机相结合，因此，可以使用在技术上成熟的概念。

VIL测试系统有什么作用？

车辆在环(VIL)仿真系统用于综合测试自动驾驶车辆。它被成功用于辅助驾驶系统的功能验证，例如：

- 自适应巡航控制(ACC)
- 自动紧急制动(AEB)
- 交通标志识别(TSR)
- 车道保持辅助(LKA)
- 自适应灯光控制(ALC)
- 交通堵塞辅助(TJA)
- 高速公路辅助(HWA)

它还为智能自动驾驶系统的验证提供了坚实的保障。利用VIL测试系统，一汽红旗实现了它的目标：为实车创建虚拟动态测试场景，在整车层面完成智能驾驶系统功能集成的确认和验证。借助ASM中可用的选项，可以不断扩充测试场景。所有测试都可以自动、重复执行，而且通过参数变化增加测试数量。



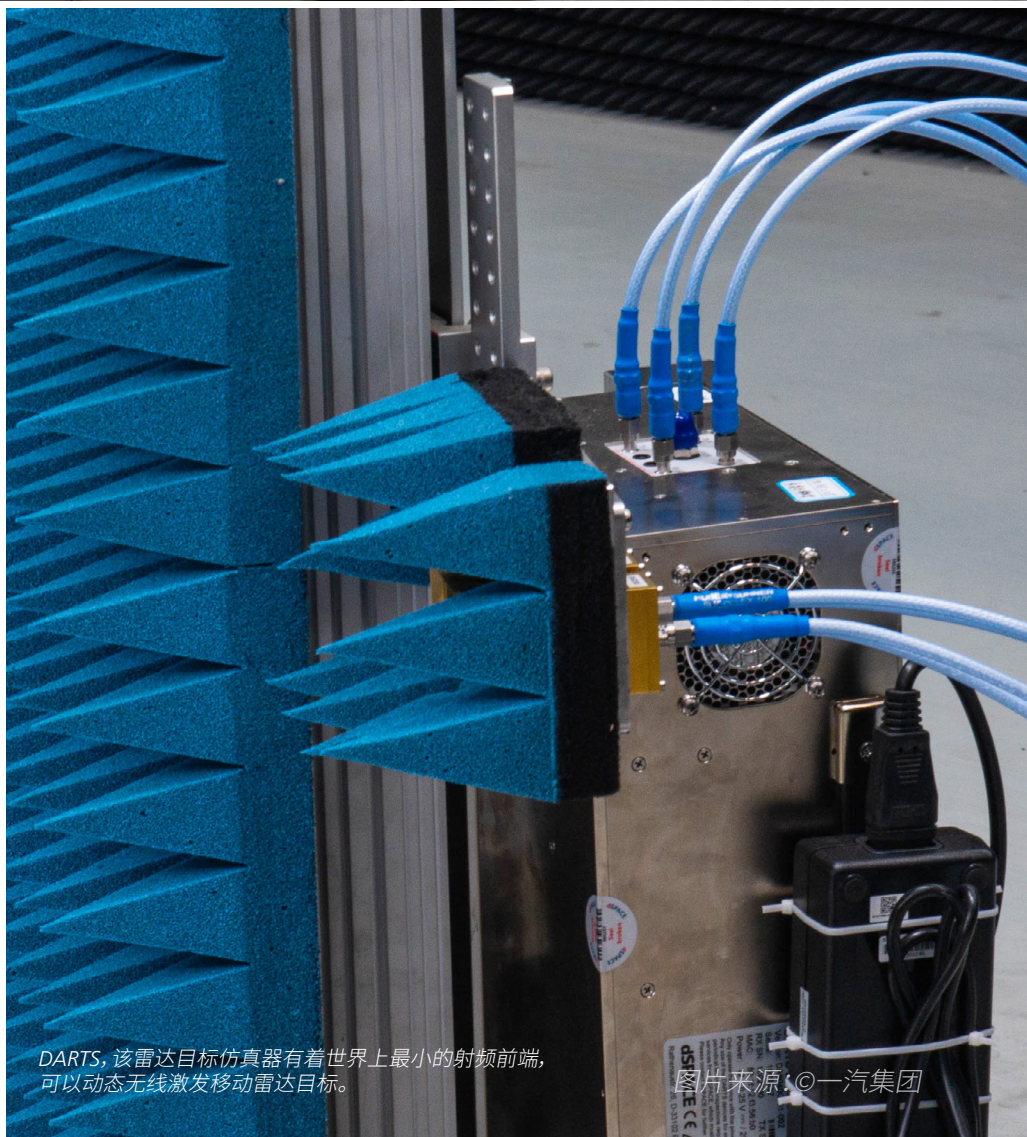
用虚拟世界中的变量测试VIL测试台架上的车辆。

图片来源:©一汽集团

VIL测试的日常使用

该测试在不同的开发阶段为一汽红旗提供支持。它适合任何需要整车测试的情况。它可以用于车辆的深度测试以及的最终检验,支持认证过程。因此,VIL试验台为高效地将多功能的自动驾驶新车推向市场做出了重大贡献。■

渠谨黛女士



DARTS, 该雷达目标仿真器有着世界上最小的射频前端,可以动态无线激发移动雷达目标。

图片来源:©一汽集团

渠谨黛女士, 中国一汽集团工程部电子电气测试技术主管



路面环卫 环卫清扫

自动驾驶车辆的开发往往注重人员和货物运输。如今，韩国工业技术研究院（KITECH）利用自动街道清扫机证明了，自动驾驶在交通领域之外的其他领域也发挥着重要作用。



清扫

验证自动街道清扫车

KITECH采用dSPACE技术（例如场景生成服务、仿真解决方案AURELION和汽车仿真模型(ASM)），成功打造了一个测试系统，该系统用于验证自动街道清扫机软件，用于未来区域路面环卫不是。KITECH团队利用现有的测量数据等生成逼真的场景。

虚拟展示真实的街道

KITECH利用车辆传感器记录的测量数据，在虚拟3D环境中复原了韩国平东市的道路组成的2.3公里轨道。对于该部署区域（图1），团队生成了用于操作街道清扫机的传感器真实测试场景，然后运行。实现此类项目需要仿真和验证合作伙伴dSPACE所关注的解决方案。这意味着，dSPACE工具链可以在整个过程中提供重要支持。

囊括关乎安全的场景

该仿真的目标是验证自动街道清扫机在路上会遇到的各种日常情况及重要场景（如车辆转弯等）。该项目还重点验证了定位、规划逻辑、轨迹记录和速度控制算法。这对于关乎安全的驾驶场景中发挥作用的算法尤其重要，在真实的驾驶测试中很难验证这些算法。



图 1: 自动清扫车要清扫的路线。

从街道到仿真

要实现无人驾驶街道清扫机，在计算机生成的场景中进行驾驶测试是必不可少的。为了让场景尽量逼真，所采用的模型和数据需要尽可能精确地复制真实世界。该复制用于测试系统中的传感器仿真，因此精度至关重要，特别是使用传感器在虚拟地图上寻找路线自动驾驶汽车。

几乎可以自动创建仿真场景

高度自动化的过程(图2)利用可用的车辆传感器数据，创建仿真所需的人为因素(仿真场景)。首先，根据时间和空间，将可用的测量数据放入全球参考系统中。第二步，使用基于人工智能的标注过程提取相关信息。由dSPACE旗下公司understand.ai的标注工具生成所需的标注。第三步，将提取到的信息转换为可仿真的场景。每个仿真都是基于精确的道路模型。该项目采用2.3公里轨道的道路模型。它包含十个十字路口和摄像头可以检测到的所有道路标志。

精细的环境模型

除了道路模型，该场景还包括一个三维环境模型，其中包含这条路线附近的所有静态对象。这包括70座建筑物、45个围栏、墙壁、交通标志、交通灯、路灯和树木。

关于KITECH

韩国工业技术研究院(KITECH)是一所研究机构，专攻技术转让和技术商业化。该研究院成立于1989年，其宗旨是为工业界，特别是生产型中小企业(SME)提供支持。

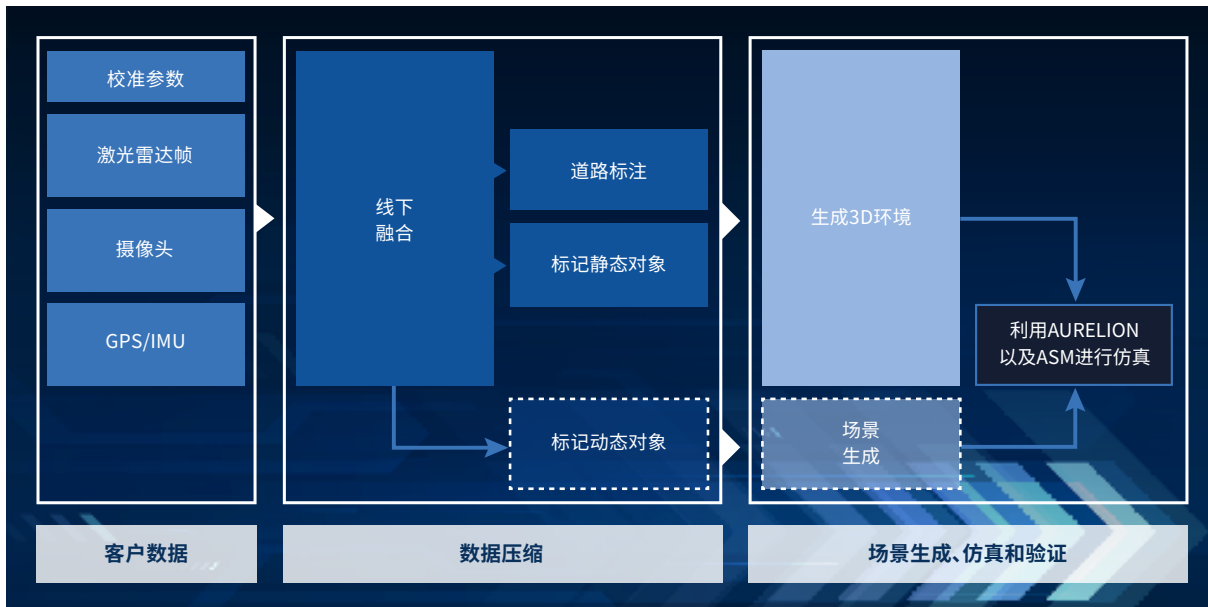


图2:根据各种传感器数据创建测试环境。

由于该环境模型要用于基于物理的激光雷达仿真，团队尽量逼真地仿真了这些对象的材质。并将其他道路使用者作为动态对象，对仿真场景进行补充。其类型、外观和行为根据简单的行为模型随机定义。从测量数据中还可以提取出交通场景，并在仿真中回放。

在虚拟环境中进行验证

此时，就可以在新创建的虚拟世界中测试不同层次的驾驶功能了。这还包括基于卷积神经网络（CNN）的车辆和交通灯检测感知算法；通过过滤体素网格和边

界框检测障碍物；以及基于高清地图的轨迹规划。仿真中非常逼真地创建所有传感器（7个摄像头、4个激光雷达、4个雷达、V2X、车辆状态信息和GPS）的相关传感器数据。此时，虚拟车辆需要按照计划的轨迹行驶，并根据接收到的障碍物和环境信息调整速度。通过改变天气和交通密度等参数，可以生成任意数量的不同场景，并运行数千次。从而，在原型车在平东实际行驶之前，检测各种关键情况。■

Wongun Kim博士, KITECH

Wongun Kim

Wongun Kim博士是韩国KITECH全北分部智能农业机械研发小组首席研究员。



“dSPACE解决方案在仿真和验证方面的性能让我们心悦诚服，该解决方案助力我们有效地将宏伟的自动街道清扫机项目付诸实践。”

Wongun Kim博士, KITECH



虚拟 现实

通过数字孪生开发机器

在构建新机器之前对其进行虚拟化和优化：这是否听起来很抽象？是。但这是所谓数字孪生概念的核心。KEB Automation使用dSPACE SCALEXIO实时系统实现了这一点，大大缩短了新型机器的开发时间。



KEB Automation公司概况

KEB Automation是知名的驱动技术供应商，为实现自动化提供全套解决方案。塑料机械、木材加工、工艺技术、内部物流，甚至风能和电动出行：KEB提供全方位的解决方案，包括HMI、控件、驱动装置，以及电机、齿轮和制动器等。KEB Automation Group于1972年成立，是一家家族企业，总部位于巴恩特鲁普（北威州），经营范围遍及全球，拥有近1,500名员工、12家子公司和50多家合作伙伴。

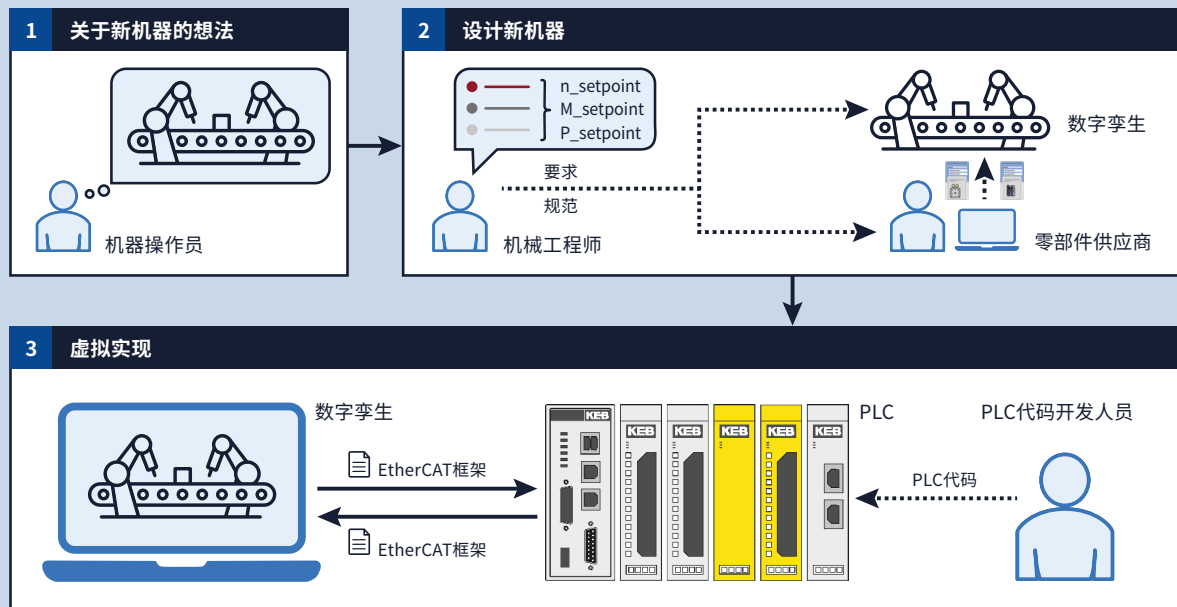
仿真在工业设备开发中发挥着重要作用。虚拟调试 (VD/VDE指南 3693中有相关介绍) 在该领域已经日渐成熟，它在机器的虚拟副本即数字孪生的帮助下进行。打造实机之前(图1)，在虚拟实施中通过实时HIL仿真(其中包括仿真

现场总线或实时以太网接口和真实的可编程逻辑控制器(PLC))，对机器及其传感器和执行器进行虚拟调试。这样，就可以在实机投入使用之前，检测和纠正PLC控制代码中的编程错误。虚拟调试的结果很大程度上取决于装置模型的详细程度。

传统方法:行为模型

如今，人们依然经常用行为模型来驱动控制器，其中部分原因是由于重新设计或实际组件中使用独立的固件代码。然而，这些行为模型通常只考虑到实际驱动器控制器的某些方面，最终可能导致错误，并且在实机投入使用时才会显现。

图 1: 虚拟测试的原理。



第 1 步: 设备操作员对新设备有新的设想, 并把这个设想传递给机械工程师。
 第 2 步: 机械工程师提出新机器的要求和规范。此外, 组件供应商指定机器所需的组件。这样就创建了机器的数字孪生。
 第 3 步: 在打造实机之前, PLC 代码开发人员可以在机器数字孪生的帮助下, 开始开发 PLC 代码。
 借助虚拟调试, 可以及早在机器数字孪生上评估 PLC 代码。这样就可以在早期发现并纠正错误。

这意味着, 行为模型越出色, 机器开发中的迭代循环次数越少。

更好的方法: 固件仿真模型

在仿真模型中使用驱动控制器 (而非行为模型) 的综合固件代码, 有两大优点: 首先, 固件仿真模型的行为更加详实, 比如在诊断、检测配置错误和测试参数等方面。其次, 其功能范围随着每次固件更新自动扩展。

引擎仿真模型需要强有力的工具

常用的虚拟调试仿真工具主要用于机械和物流元素的仿真, 其中包括通过仿真现场总线连接真实的 PLC 及实时以太网连接。这对机械和物流元素仿真来说足够了, 但对引擎仿真模型而言是不够的。因而, 驱动控制器是抽象的, 即使有的话, 也只是以理想化的方式仿真电机。

利用 dSPACE SCALEXIO 进行固件仿真

相比之下, 由驱动控制器和电机模型组成的整个动力驱动系统 (PDS) 可以在 dSPACE SCALEXIO 实时系统上执行, 由于有高性能处理器和 FPGA 单元 (图 2), 开关频率可达 16 kHz。由此, 实时仿真通常达到功率输出级。增加了仿真现场总线和实时以太网接口, 还可以支持考虑到电力潮流的虚拟

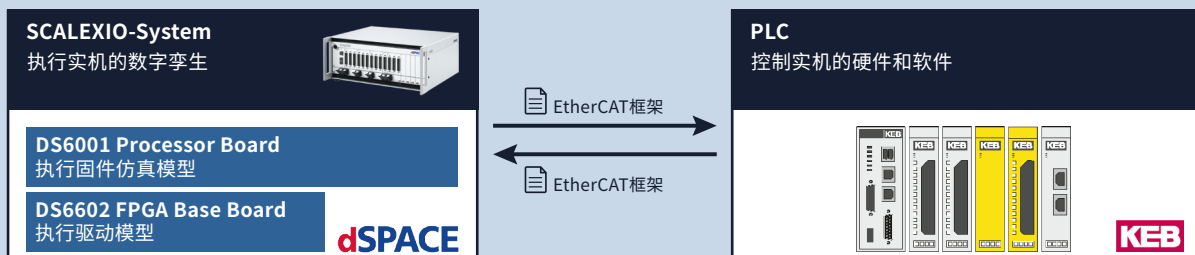


图 2: 在 dSPACE SCALEXIO 实时系统的帮助下进行虚拟调试。对于 PLC 来说, 数字孪生和实机之间没有明显的区别。

dSPACE EtherCAT网络仿真用来仿真EtherCAT网络，控制器不会注意到通信中的差异。

功能

EtherCAT网络仿真接收来自控制器的EtherCAT帧，并加以修改，让它们的响应看起来像已经通过了EtherCAT参与者。从外表看来，只

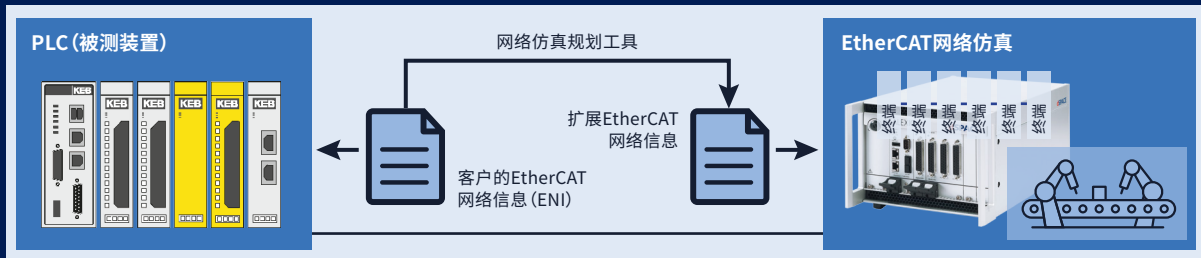
有两个参与者进行通信：控制器和dSPACE系统。

详细程度可扩展

dSPACE SCALEXIO系统包括FPGA，可用来以不同质量等级仿真网络参与者和与之相连的受控系统。有各种FPGA板卡可用来仿真非常快速的过程。

实时虚拟调试

这为数字孪生提供了一个平台和一个通信接口，其计时行为与实机相对应，可以对PLC代码进行真实的测试。详细程度可变，您还可以仿真能量流，检查馈入的利用率等。另外一个优势：还可以在网络参与者参数化甚至软件更新应用于实际设备之前以及推出实际设备之前，对其进行测试。



调试。该仿真还可以优化装置设计。为此，扩展了dSPACE现场总线解决方案，将EtherCAT网络仿真（信息框）包含在内。有了这些扩展，也可以通过现场总线和具备真实PLC的实时以太网，在SCALEXIO系统上操作包含所有细节的固件仿真模型。

总结与展望：

SCALEXIO系统性能出众加上虚拟EtherCAT从站现场总线解决方案的扩展（信息框），为KEB Automation开辟了新的应用领域：如今，通过HIL仿真进行的KEB驱动控制器测试可以进行扩展，囊括KEB固件的SIL仿真。这样，

即使在HIL仿真开始之前，也可以发现固件代码中的编程错误并加以纠正。因此，KEB计划为今后的KEB传动变频器扩展固件仿真模型产品组合；将来，固件仿真模型也会作为功能模型单元（FMU）提供。■

Manuel Brose, KEB Automation

“得益于采用dSPACE SCALEXIO实时系统的虚拟调试，可以在早期阶段发现和纠正机器控制器PLC代码中的编程错误。”

Manuel Brose, KEB Automation (德国巴恩特鲁普) 软件开发人员





借助原型开发和仿真，推进新的能源范式

智能 电力电子

伊利诺伊大学芝加哥分校的一个研究团队开展了一个加速实施新能源示范的项目，其中包括可再生能源和储能系统。



“总的来说，MicroLabBox提供了非常快的处理速度。我们能够毫不费力地通过实验验证智能逆变器的控制。”

Mohsen Hosseinzadehtaher,
伊利诺伊大学芝加哥分校



传 统发电厂可以根据负荷需求调整有源电力，而这些发电厂正迅速被只依靠可再生能源资源的可再生能源发电厂取代。这给电网安全、可靠运行带来了一大挑战。

伊利诺伊大学芝加哥分校(UIC)的研究正在利用新的发电能源范式解决这些挑战，该范式基于分散的电力电子装置，但各个控件相互关联。这个新概念与传统电网有本质的不同，后者依赖于集中式发电厂。

电气与计算机工程系副教授兼UIC智能电力电子装置电网边缘(IPEG)研究实验室主任Mohammad Shadmand博士谈

到，电力电子化电力系统(PEDG)对人们的激励远远超过传统电力系统带来的好处。

Shadmand博士解释道，“传统电力系统面临诸多挑战，比如环境问题(它们是全球变暖的一个原因)、能源损失、稳定性问题、效率低下和可观察性规划限制，此外，它们在公用事业层面受到集中控制。转为使用PEDG解决了其中的大部分问题。然而，仍会出现一些新的问题。我们正在针对这些挑战的不同方面，提供有效的整体解决方案。”

克服重重挑战

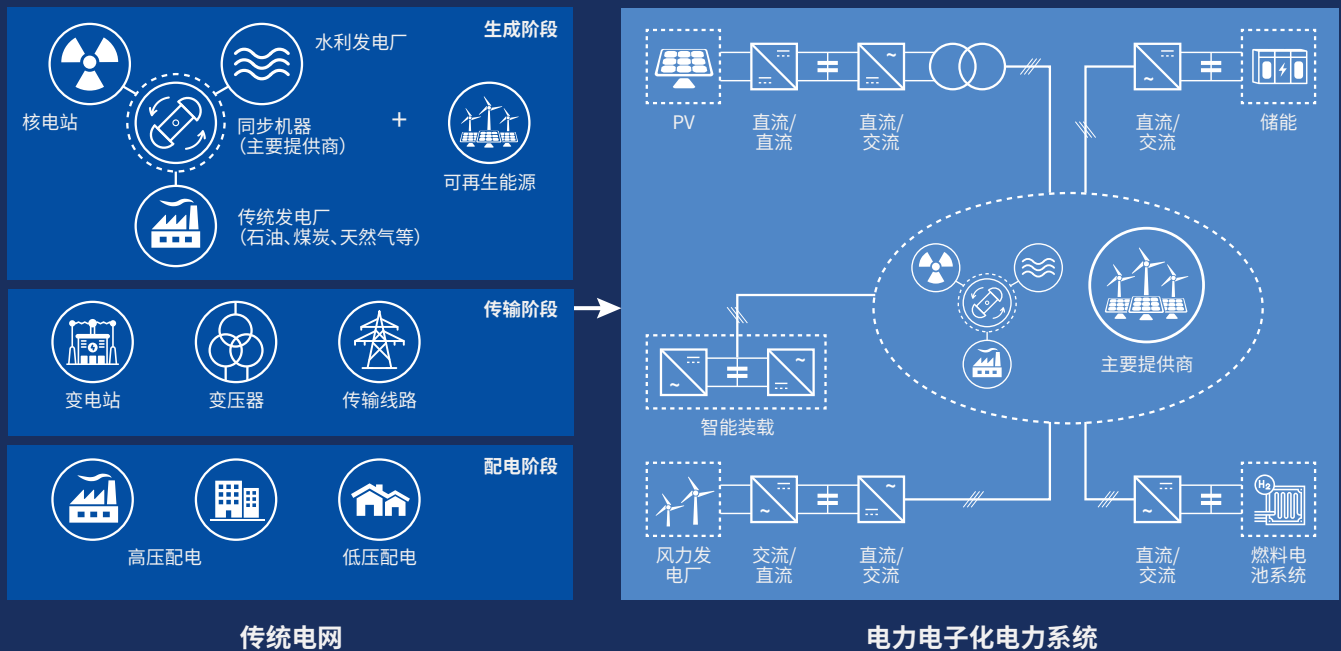
尽管新的PEDG概念可以增加整个电网的可再生资源使用量，但也

在隐私、稳定性、控制、网络物理安全和规划方面带来了一些挑战。需要解决这些问题，才能加速新示范项目的全面实施。

UIC博士生兼IPEG实验室研究助理Mohsen Hosseinzadehtaher谈到，“解决了这些难题，我们就有了安全的弹性能源系统，可以在诸多方面造福整个国家，比如社会福利、洁净的空气、降低医疗保健成本、提升高功率品质。”

UIC研究团队的解决方案：

1. 设计自主学习控制方法等自主控制方案，这些方案能够提高PEDG的网络物理安全性、适应力、可控性和可观察性。
2. 电网集群化技术可以更好地控制电网，去除多余的通信链路。



传统电网

电力电子化电力系统

传统电网与电力电子化电力系统 (PEDG) 的对比

3. 开发一个真实的微电网测试平台来评估所设计的控制方案，并设计一个可靠的便携式发电系统。

大处着眼, 小处着手

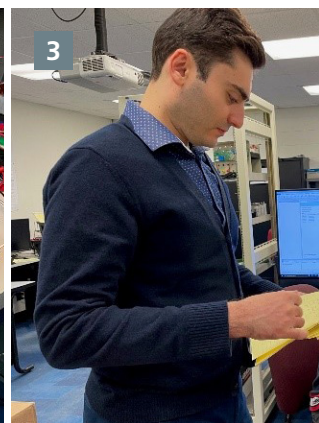
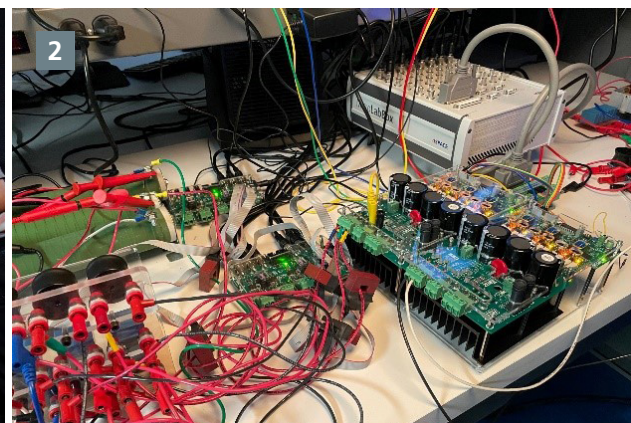
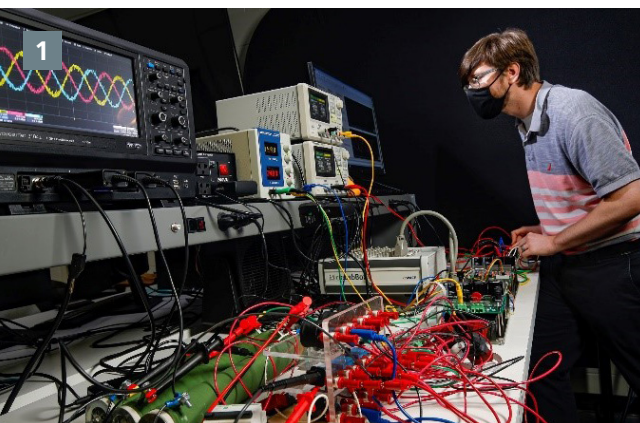
多项研究活动正在同时进行。Shadmand表示, 这些活动专注于设备级 (电网交互式逆变器) 和系统级 (电网集群中的智能逆变器交互以及态势感知和网络安全分析)。Shadmand博士谈到,

“大部分研究已经完成, 目前我们正在开发一个真实的小型微电网, 我们将使用这个微电网用实验方法来检验我们设计和提出的技术的功能, 从而达到我们的最终目标: 确保电力电子化电力系统有弹性, 并安全运行。”

该团队正在确定可能危及系统稳定性的潜在干扰。团队对这些问题进行根本原因分析, 就能打造智能技术来控制系统参数, 增强电网的适应力和稳定性。

测试平台的MicroLabBox部分

该团队使用一个MicroLabBox原型开发单元来控制其设计的测试平台上的各个电源开关。测试平台控制器是使用MATLAB®/Simulink®开发的。采用功率组件的电压/电流测量值。将这些测量值作为MicroLabBox的输入, 然后将MicroLabBox作为处理器, 驱动在Simulink中开发的控制方案, 并提供逻辑级信号来驱动转换器。举个例子, 该团队用MicroLabBox开发





“MicroLabBox提供的最精妙的解决方案就是在Simulink中开发控制器和测试之间快速转换。”

Mohammad Shadmand博士, 伊利诺伊大学芝加哥分校

了智能构网和跟网型逆变器, 实现电力电子化电力系统的相干性。“我们使用MicroLabBox的数字输出控制全H桥逆变器的开关, 使用模拟输入来接收全H桥逆变器不同位置连接的电流和电压传感器的测量数据,” UIC博士生兼IPEG实验室研究助理Matthew Baker说到。

实现预测控制方法

首先, 用MATLAB/Simulink接口测试了基于弹性模型的预测控制方案, 该方案的灵感来自电网交互式逆变器的人工智能方法。随后, 在dSPACE ControlDesk环境中运行仿真, 对该方案进行实验验证。Shadmand博士谈到, MicroLabBox提供的最精妙的解决方案就是在Simulink中开发控制器和测试之间快速转换。“有了MicroLabBox, 我们就不必在开发周期早期投资微控制器编程,” 他继续谈到。例如, 模型预测控制的

动态响应很快, 但需要高处理速度、周转时间要尽量短。此外, 我们开发的自适应控制需要迅速解决弱电网和超弱条件下LCL滤波器的谐振问题。”

Hosseinzadehtaher补充道, “总的来说, MicroLabBox提供了非常快的处理速度。我们能够毫不费力地通过实验验证智能逆变器的控制。” Baker继续说到, “此外, 利用ControlDesk的用户友好型用户界面, 我们收集了所有结果, 动态更改了参数, 从而获得控制器的动态响应。”

分布式能源的协同运作

针对PEDG的粒度研究, 用MicroLabBox作为HIL平台, 实施PEDG的二级和三级控制器, 并结合跟网型和构网分布式能源(DER), 研究分布式能源在电压调节、频率调节、合成惯量仿真、加强暂态稳定性等方面的协同运作。■

由伊利诺伊大学芝加哥分校提供

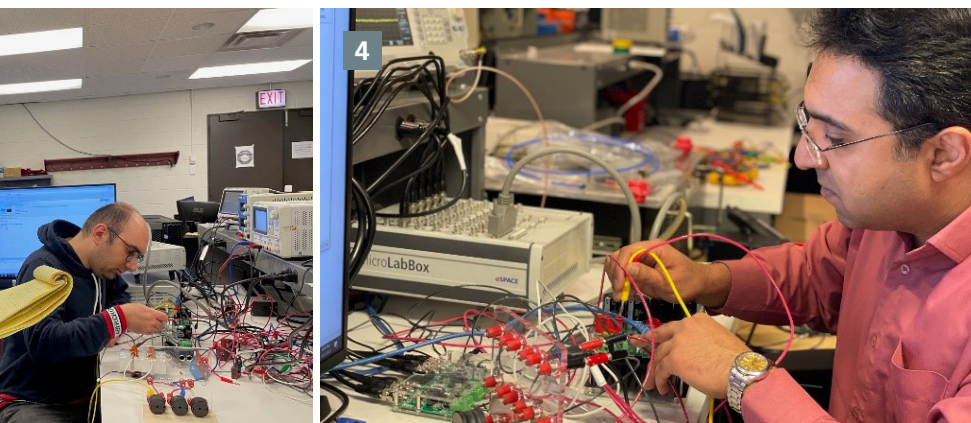
电力电子化电力系统(PEDG)

PEDG将与通信基础设施和物联网(IoT)集成, 构建双向信息和电力潮流系统。它引入了各种新功能, 包括攻击弹性、自修复、电力质量提升、负载点的发电和储能系统调节, 以及系统实时优化。PEDG具备支持支持电力市场发展所需的一切。

dSPACE解决方案

dSPACE推出了各种产品, 用于开发和测试电网或电力电子装置的智能电网控制器和仿真解决方案。

www.dspace.com/go/powergrids



1

博士生兼IPEG研究助理
Matthew Baker测试智能构网
和跟网型逆变器的测试平台。

2

3

IPEG研究团队测试事件触发自
主学习逆变器(左起): Mohsen
Hosseinzadehtaher, Mohammad
Shadmand博士和Amin Y. Fard。

4

加快 虚拟化

KPIT运用软件仿真测试电池管理系统

现代汽车系统结构日益复杂，车厂正竞相使用全新的测试及验证方法予以应对。目前，KPIT Technologies开发了一种测试环境，可用来集成和仿真虚拟电池管理系统。这样，就可以在SIL环境中进行BMS测试。



如今的汽车系统结构日趋复杂。电动出行、自动驾驶乃至智能网联汽车等话题的出现意味着，软件开发日渐成为制造商研发新车的的主导因素。模型在环 (MIL)、硬件在环

(HIL) 和软件在环 (SIL) 等传统开发测试方法如果有多个软件集成点，就会极大拖延整个项目开发进程甚至导致项目无法按期交付。为解决这一问题，制造商正在寻求更为全面的软件验证和测试方

法。本文将会介绍如何利用虚拟验证来应对当今复杂的创新汽车技术挑战。具体来说，该方法采用 KPIT 开发的虚拟测试台架，利用 dSPACE 工具链验证 48V 电池管理应用程序。

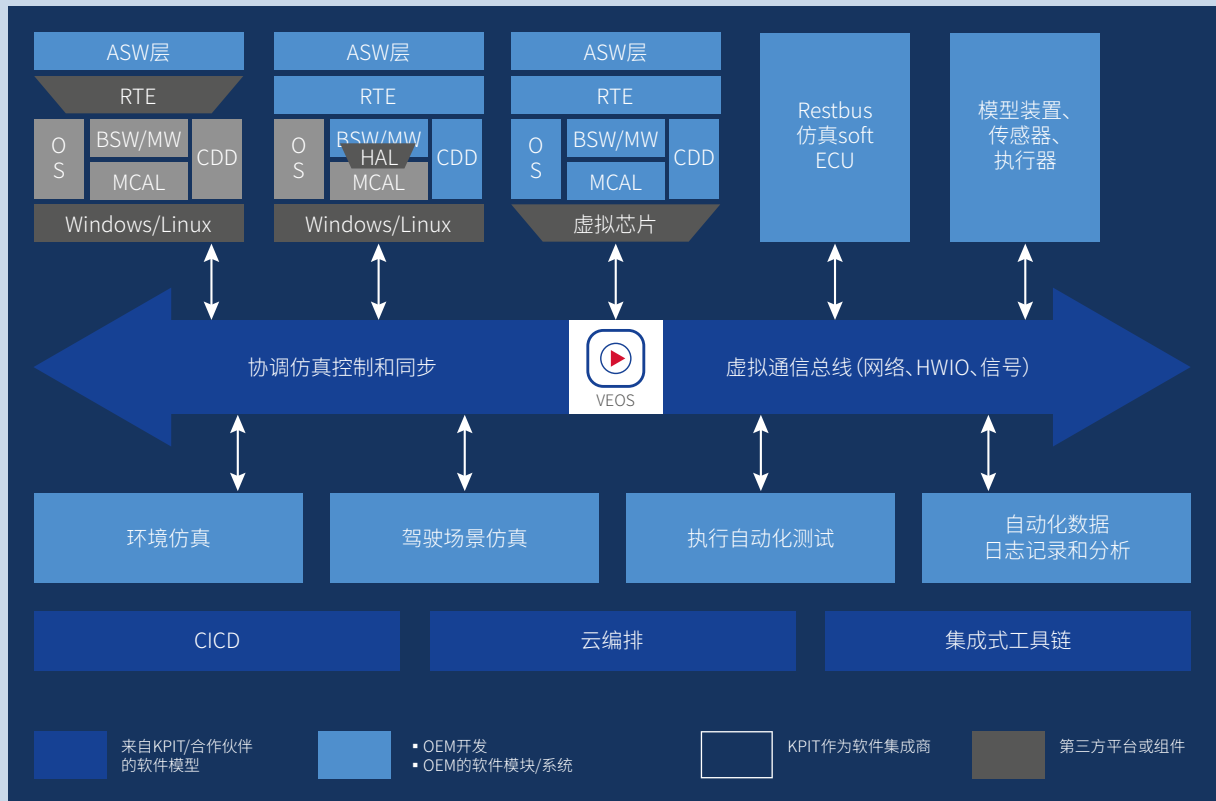


图 1: 集成式虚拟测试台架, 用于多ECU/领域测试。

集成式软件验证的挑战

要提高嵌入式软件的质量, 您可能认为, 多做一些测试(回归)就能够实现。然而, 测试已经占用了项目的大部分时间和资源, 这种方法并不可行。一个模块的测试和调试过程影响着整个软件平台(如共享软件库), 从而让测试更加复杂。比如, 一个软件功能或组件可能用于几十种变量(低/中/高端、特定国

家/地区等)。这需要成千上万次的测试, 其中有一个缺点就是一个变量中的错误修复了, 这个变更会影响所有其他变量。

另一个缺点是软件集成测试是在HIL测试台架上按顺序执行的。因此, 在后期开发阶段才会发现软件集成错误, 这会打乱整个计划。由于集成和测试团队通常共享硬件在环(HIL)环境, 对软件团队来

说, HIL难以涉及。各团队需要的HIL配置略有不同, 这很容易出错, 配置起来也很耗时。整个程序的总体测试时间也随之增加。

集成式敏捷开发软件测试

面对上述挑战, 带有虚拟电控单元(ECU)的完全虚拟测试台架越来越受制造商欢迎。顶尖的汽车制造商已经将该方法用于集成式软

“我们的虚拟测试台架(VTB)采用dSPACE提供的解决方案, 在组件层面用虚拟方式重现HIL测试台架, 用以测试车辆监控系统、电力驱动逆变器和电池管理系统等。”

Priyanshi Gupta, KPIT虚拟测试台架技术主管





件开发和软件测试。十多年来，人们不断开发虚拟测试台架，虚拟ECU (V-ECU) 足以替代真实的ECU。印度公司KPIT Technologies是该领域的领先供应商，该公司大力支持客户建立组件、子系统和系统级虚拟测试台架，让他们得以改变测试策略。KPIT虚拟测试台架技术主管Priyanshi Gupta解释说，“我们的虚拟测试台架 (VTB) 采用dSPACE提供的解决方案，用虚拟方式重现组件级HIL测试台架，用以测试车辆监控系统、电力驱动逆变器和电池管理系统等。”

KPIT通过集成dSPACE仿真软件VEOS、体系架构软件、装置模型即dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) 和Restbus仿真容器，打造出了这些虚拟测试台架装置。此外，标准测试工具与VTB相连，从而在VTB和HIL中一致进行测试。Gupta补充道，“这一方法加快了开发、集成和验证流程，整个车辆的流程可扩展，而且公司的每位工程师都可以使用，在这

个过程中，只要点击一下，就可以设置和更新更新测试，并可根据需要，即刻扩展。它还可以与各种OEM专用工具和持续集成/持续部署管道轻松集成，实现收益最大化。”

电池管理系统虚拟HIL测试应用实例

电池管理系统 (BMS) 测试的重点在于多个软件和硬件组件上的所有功能。这些测试通常通过HIL设置执行，该设置需要真实的硬件、外围设备、实体连接，并允许操作人员在运行测试时断开硬件和外围设备。有一个例子可以很好地说明该测试方法：注入一个外围

设备故障 (注入硬件级故障) 后验证算法，然后验证电池算法。电动汽车 (EV) 或混合动力汽车 (HEV) 必须持续监控和管理电池组，确保整个电动汽车系统的安全、效率和可靠性。这就需要BMS，其功能包括监测电池的荷电状态、一个最佳充电算法，以及用于电池和热平衡的电路功能。BMS不仅要与其他车载系统协作，还要在车辆快速变化的充放电条件下实时发挥作用，比如加速或刹车时。荷电状态 (SOC) 是指测得的可用容量，这取决于电池的化学性质、老化因素等。BMS的SOC估算涉及各种应用组件、基础软件 (BSW) 及复杂的设备驱动程序 (CDD) 的

>>

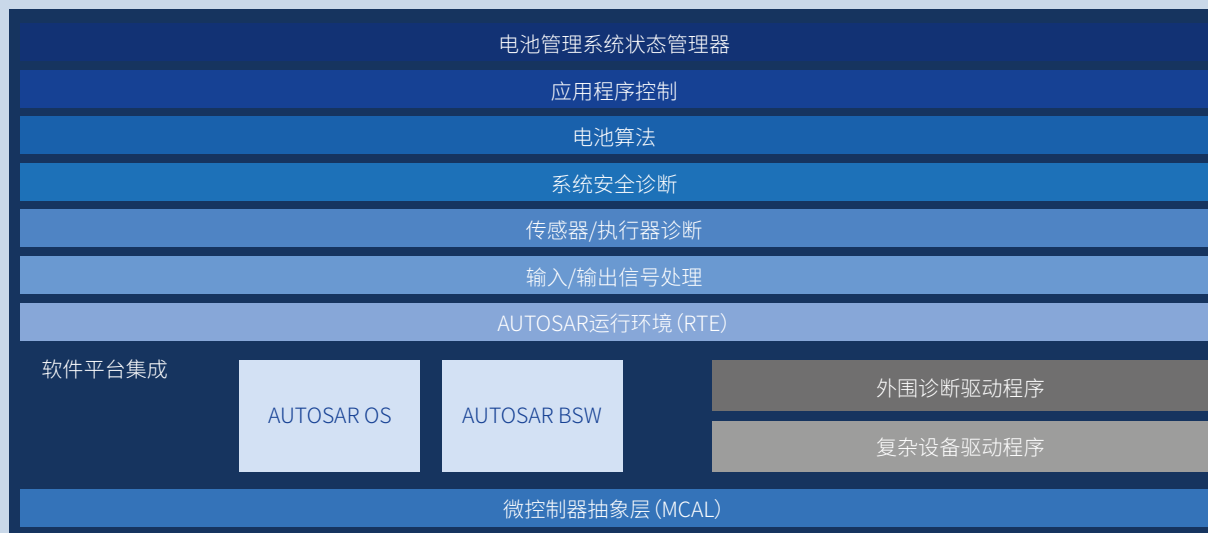


图2: BMS架构——影响分析。

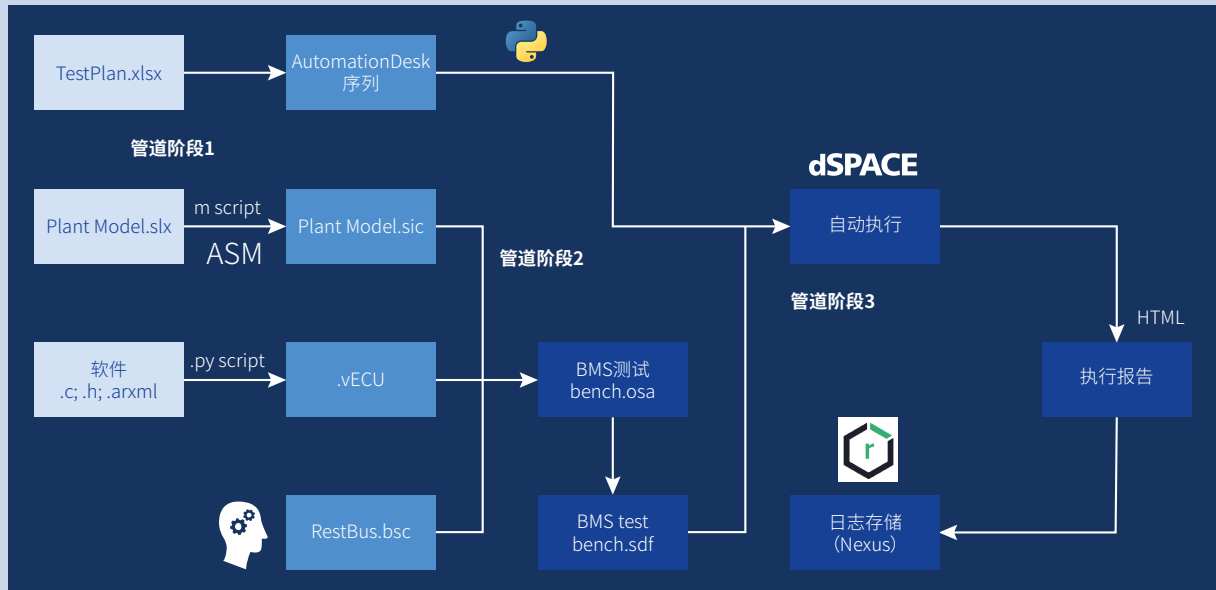


图3:CI/CD工作流程。

软件代码,以及特定应用集成电路(ASIC)的输入。这些功能日益复杂,而且不同软件层之间多重交互,因而,软件的整体复杂性和软件错误的影响明显大于MIL测试纯粹的本地影响。为满足BMS软件的安全性、稳健性和质量要求,虚拟BMS ECU测试环境(VTE)可提供合适的工具来分析和验证影响和设计变更,不仅是在单元层面,也面向整个软件。

图2阐明了某个传感器过滤组件的设计缺陷对整个软件的影响,这影响着算法、控件和持续诊断。这个问题是在KPIT BMS软件平台的验证过程中发生的,在VTE中检测到了。KPIT BMS控件与软件解决方案架构师Debang Chakrobarty谈到,“总的来说,我们利用dSPACE工具链和环境成功验证了90%的BMS软件平台。

诊断服务协议的扩展和验证

诊断服务通常由多个功能组在功能或协议的集中阶段执行。不过,dSPACE环境非常灵活,帮助KPIT扩展和验证了诊断服务协议,例如统一诊断服务(UDS)和相关功能。KPIT通过测试标准测试套件,例如开放式测试序列交换(OTX)格式和BMS软件的自定义功能,发现并解决了诊断创作和软件开发问题。KPIT还通过更改运行时装置模型的输入,使用VHIL组件生成错误。这确保了软件触发正确的诊断错误代码。此外,KPIT集成了一个第三方工具来执行OTX,确认该格式符合标准。从而,验证了BMS的响应情况。在另一项测试中,所有物理参数都在正常范围内,确保接触器已成功关闭,以便BMS可以通过CAN的高压请求报告高压的通电状

态。随后,通过电池装置模型注入电池过电压故障,增加电池电压,直到其超过临界过电压阈值。BMS做出了响应,它打开受过电压故障影响的接触器,并通过CAN监测状态。从而,保证了故障注入的闭环验证。在最后一个测试案例中,KPIT在电池装置模型中注入了一个电池温度传感器,该传感器存在温度过低故障。KPIT在虚拟CAN总线上监测了BMS传输的功率限值。BMS限值下降,意味着系统进入了跛行模式。为响应热力系统输出,系统显示了BMS热力调节命令。除了上述测试外,还利用KPIT的虚拟测试环境,对车辆级虚拟测试台架的所有通信框架、集成功能验证和扩展进行了回归测试。此外,虚拟测试台架的执行集成到持续集成/持续测试(CI/CT)工作流程中。在整个开发周期中,

“我们与dSPACE携手开发了该测试环境，它可用来执行组件、子系统和车辆级的测试，适合所有OEM车辆程序。其优点显而易见：组件级虚拟HIL设置和环境促进加快验证ECU软件，整个V周期上的测试覆盖率提高了90%。”

Neeraj Patidar, KPIT虚拟测试环境架构师



定义了100多个数据管道，确保从组件级到系统级的所有消费者都能进行测试。图3展示了测试执行过程的简化版。KPIT使用Jenkins CI设置了BMS测试台架的实现。使用不同技术的不同KPIT客户已经实现了这些管道。

虚拟测试环境的优势

在当今的产品开发领域，基于平台的方法越来越受青睐，KPIT VTE

等虚拟测试台架提供了完美的环境，可扩展、适应组件平台以及将其转换为更多变体，同时可尽量提高测试效率。

KPIT虚拟测试环境架构师Neeraj Patidar表示，“我们与dSPACE携手开发了该测试环境，它可用来执行组件、子系统和车辆级的测试，适合所有OEM车辆程序，“其优点显而易见：组件级虚拟HIL设置和

环境促进加快验证ECU软件，整个V周期上的测试覆盖率提高了90%。”KPIT为客户推出了VTE，加快特定OEM的实现过程。VTE为成千上万的并发用户提供精确而稳定的协同仿真编排，用户可以同时提交多个测试作业。■

由KPIT Technologies Ltd提供

关于KPIT

KPIT Technologies是汽车和驾驶生态系统领域的全球合作伙伴，致力于让软件定义汽车成为现实。该公司是领先的独立软件开发和集成合作伙伴，帮助汽车驾驶进行跨越式发展，实现绿色、智能和安全的未来。KPIT在全球拥有9,000名员工，致力于嵌入式软件、人工智能和数字解决方案的开发，加快了客户对新一代未来驾驶技术的实现。KPIT在欧洲、美国、日本、中国、泰国和印度均设有工程中心，与汽车和驾驶领域的领先者合作，见证生态系统的变革并积极应对。

让 虚拟交通 更加真实

详细的驾驶仿真与详细的交通仿真相结合

提高使用效率和脱碳是现代汽车开发的主要驱动力。由于开发周期日益缩短，为了在早期阶段评估各项措施的实际效用，可以将dSPACE ASM用于详细的车辆模型、将PTV Vissim用于真实交通，两者协同仿真，带来令人惊讶的发现。



出行是人类的基本需求，也往往是社会参与度的先决条件。在德国，交通运输行业占最终能源消耗和相应排放量的四分之一以上，该行业需要为应对人为气候变化做出重要贡献。追求高效率 and 可持续发展是现代汽车开发的主要驱动力。未来的车辆排放目标有了框架。比如，如今在德国，几乎每两辆新乘用车中就有一辆是混合动力汽车或电动汽车，最迟到

2030年，纯电动汽车很可能在欧洲等关键市场的新注册汽车中占主导。

确定并充分利用效能

有多种方法可以提高汽车效率，其中包括车辆概念和车辆类型的选择(例如SUV或轿车)、驱动系统和部件的设计，乃至运营策略的优化。电池电动车效率提高的话，无需搭载更高的电池容量，即可直接增加电续航里程。WLTP(全球

轻型车测试规范)等标准化测试周期仅在一定程度上适用于在特定工况下的相关的节能潜力的评估测试。要可靠地评估节能潜力，需要在不同的交通状况、路线类型和环境参数下进行测试。进行真实的测试需要巨大的费用，而且项目要足够成熟才能实现。

在真实仿真中全面评估各项措施在仿真中进行测试可以有效替代真实测试。为有效评估效率和可



能的优化措施,有必要对车辆、交通和驾驶环境进行非常详实地建模,这需要特定知识领域高度专业化的软件环境。一方面,需要详细仿真整个车辆的所有相关部件和控制策略,以便确定即便是很小的变化带来的影响;另一方面,需要精确映射交通网络,真实地仿真不同路线类型和不同情况下的周围交通状况。现在,在开发过程的早期,在第一个原型构建之前两个系统协同仿真,有助于在灵活参数化的交通场景中对与客户相关的效率进行可重复的综合评估。

专家级交通与车辆协同仿真

有两个交通和车辆仿真专业解决方案在其中发挥作用:PTV Vissim是世界公认的交通流量仿真工

具,用于评估新建道路设施的交通流量。它采用灵活的行为模型,分别在纵向和横向运动中映射所有道路使用者的驾驶特征和交互,形成真实的整体交通。通过局部观察,它会校准交通参与者,在仿真中准确再现真实的驾驶行为。这包括不同的驾驶风格和违反规则的行为。

为了分析和优化未来车辆的效率,仿真工具套件ASM(汽车仿真模型)对它们进行了真实建模。其中包括车身和动力传动系统拓扑结构。例如,该套件可以通过内燃发动机、电动机以及电池电动汽车和燃料电池电动汽车的详细模型,仿真各种混合动力概念。车辆概念和车身设计可以灵活配置和详细参数化。各个接口支持以虚拟ECU(V-ECU)形式开发控制算

法的集成,以便在软件在环(SIL)仿真中执行初步优化和分析。在进一步的开发过程中,可以将各种仿真车辆部件替换为真实零部件,例如,通过模拟功率HIL上的物理变量来验证电机和蓄能器。

协同仿真的附加值

为了在开发过程中尽早进行逼真的仿真,PTV Vissim与ASM协同仿真,非常逼真地仿真交通和车辆的相关领域。PTV Vissim在ASM中生成的交通状况被用作具体自主车辆的周围交通,以便所有车辆交互。特别要指出的是,这两个世界相结合可以演示真实的条件,例如,重复仿真实际行驶排放(RDE)等真实的测量方法。这种协同仿真可以用于开发过程的各个阶段,包括SIL和HIL,以及在控

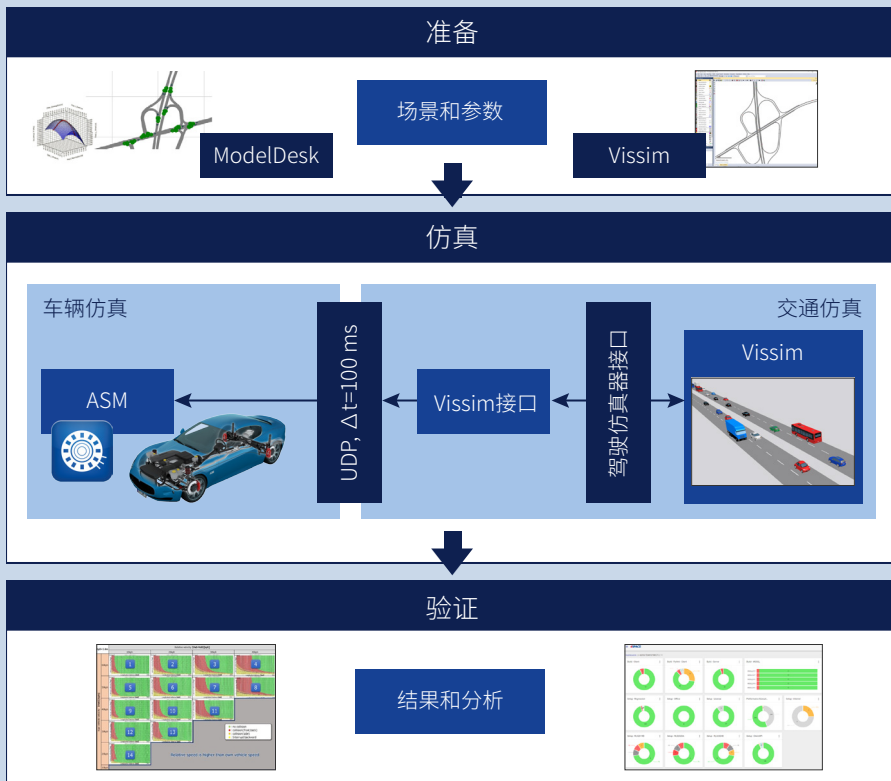


图 1 : SIMPHERA 中的 PTV Vissim 和 ASM 协同仿真的步骤

制回路 (VIL) 中仿真实车。为了让新函数的验证尽可能高效并有针对性地优化参数空间,也可以在云中并行执行仿真。dSPACE 推出了基于 Web 的仿真解决方案 SIMPHERA, 它可以在指定范围内改变参数以及集成优化算法, 找到最佳状态或识别极端情况。参数化和编排通过 Web 界面执行, 方便不同领域的专家在不同地方协作。采用持续集成 (CI), 可以自动编译使用该解决方案开发和优

化的 ECU 代码, 并在协同仿真中对其进行测试。随后, 就可以分析报告了。

评估概念验证

概念验证所需的步骤是在 SIMPHERA 中执行的。这些步骤举例说明了在复杂的周围交通环境中, 每轴具有一个永久激励同步电机的电池电动中型车辆能耗的协同仿真和分析 (图 1)。交通环境是帕德伯恩附近的 A33 高速公路

的一段, 延伸部分包括一条乡村道路和一个内城区域 (图 2)。在准备步骤中, 将道路网从 Open Street Map 导入 ModelDesk, 然后以 OpenDRIVE 格式导出到 PTV Vissim。按照逻辑, 该设置分为两个区域: 自主车辆和周围交通。针对自主车辆, 在 ModelDesk 中定义所需的驾驶操作, 并指定可能的 ECU 参数和激活信号。对于周围交通, PTV Vissim 会根据德国联邦公路研究机构 (BASt) 的统计数据、车辆类型、车辆行为模型, 以及交通灯信号程序和交通路线来定义交通流量。接下来, 在 SIMPHERA 中并行仿真几个具有不同交通流量的实例。由于 SIL 仿真速度快, 很快就可以得出结果 (图 3)。从中可以看出交通流量对出行时间、平均速度和能耗的影响。

展望: 驾驶概念和驾驶概念分析

图中利用能耗分析示例演示了详细车辆仿真和详细交通仿真的协

“利用 dSPACE ASM 和 PTV Vissim 协同仿真, 我们可以对车辆和交通进行非常详细地建模, 从而进行可靠的能效研究。由于 Linux 在云中实现, 如果需要, 可以大力并行扩展系统, 同时评估多种变化。”

同仿真。为增加价值，协同仿真也可以用于其他领域，例如开发城市运营自动驾驶穿梭巴士。PTV Vissim可以用来真实地仿真周围的多模式交通，即使有大量行人。穿梭巴士的自动驾驶功能可以作为V-ECU与ASM耦合。协同仿真结合AURELION中的真实传感器仿真和SIMPHERA中的智能测试控制，可以高效识别和并行分析与周围交通及路人交互中的极端情况。利用这种协同仿真，可以在真实的条件下有效仿真驾驶概念和驾驶功能，并在早期阶段予以验证。

工程学博士Matthias Pfriem (PTV)、
Jochen Lohmiller教授 (PTV、BHT)、
Dennis Roeser (dSPACE)

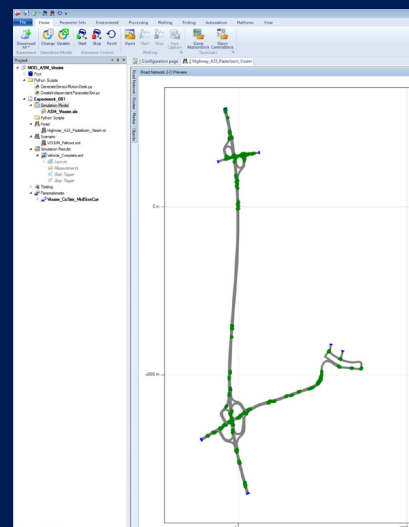
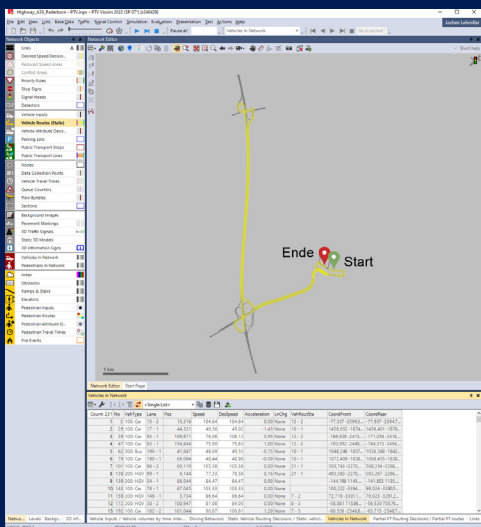


图2: PTV Vissim (左) 和 ModelDesk (右) 中的测试路线概览。路线数据以OpenDRIVE格式在工具之间交换。

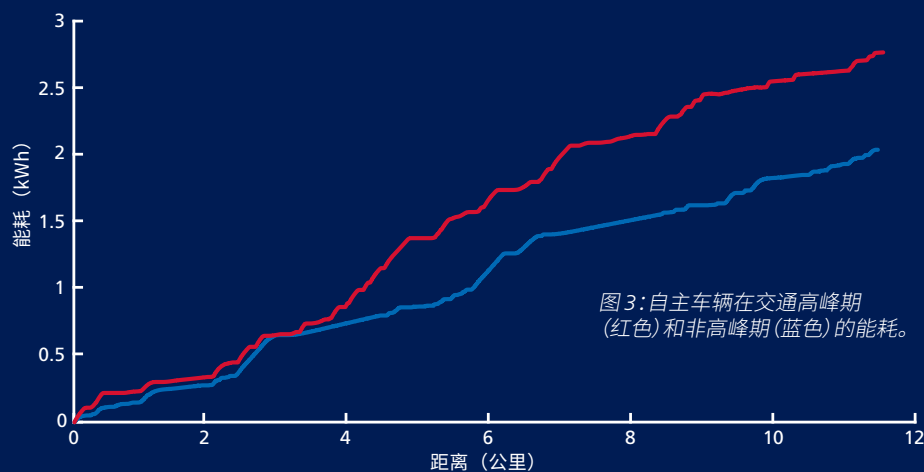


图3: 自主车辆在交通高峰期 (红色) 和非高峰期 (蓝色) 的能耗。

交通	平均车速 (km/h)	能耗 (kWh)	时长 (分钟)	距离 (公里)	仿真中的车辆
非高峰期	61.4	2.02	11.1	11.4	268
高峰期	46.8	2.71	14.6	11.4	1032

表格: 交通非高峰期/高峰期的选定特征值。

工程学博士Matthias Pfriem

工程学博士Matthias Pfriem任德国卡尔斯鲁厄PTV Planung Transport Verkehr GmbH高级客户专员，负责汽车开发领域的客户。



Jochen Lohmiller教授

Jochen Lohmiller教授曾任卡尔斯鲁厄PTV GmbH交通仿真产品经理，现任德国柏林应用科技大学东亚合作中心(BHT)交通工程教授。



Dennis Roeser

Dennis Roeser是dSPACE GmbH帕德博恩公司的高级应用工程师。



通过SYNECT中的智能数据管理改进电驱动开发

数据管理驱动 电动出行

为 推进“新能源汽车 eDriver”项目中的电动汽车的动力总成系统,集成系统应用公司株洲中车时代电气股份有限公司(TEC)正在开发涵盖高效控制器在内的新型电动驱动器。TEC致力于为市场提高电机控制器和动力传动平台产品的可靠性、集成度和安全性。数据管理软件SYNECT用于开发新一代三合一动力传动平台产品。SYNECT和AutomationDesk共

同构成了自动驾驶测试的测试解决方案包(TSP)。SYNECT的作用是管理过程、日常测试工作和工具并实现自动化。TSP为开发人员提供了从需求到测试结果的完全可追溯性。TEC的开发过程包括以下任务:

- 简化测试工程管理,实现测试需求、测试用例和测试结果的闭环管理。

- 实现测试工程开发的有序迭代和测试工作的有序转移。即使数据因意外事故而损坏,也可以恢复。
- 为测试过程和回归测试的可追溯性奠定坚实的基础。

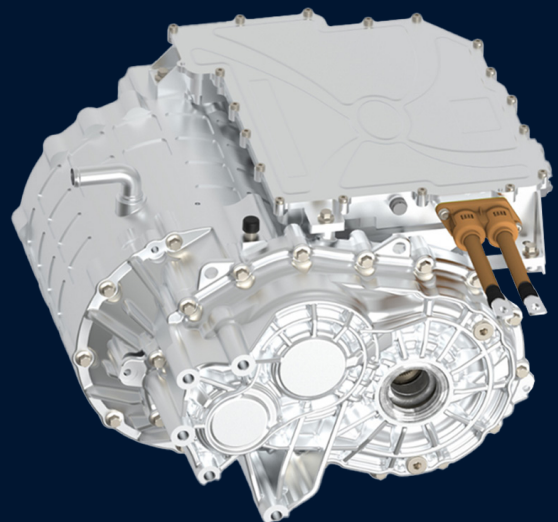
在TSP的帮助下,公司成功验证了新的驱动器和控制器,并迅速推向市场。■

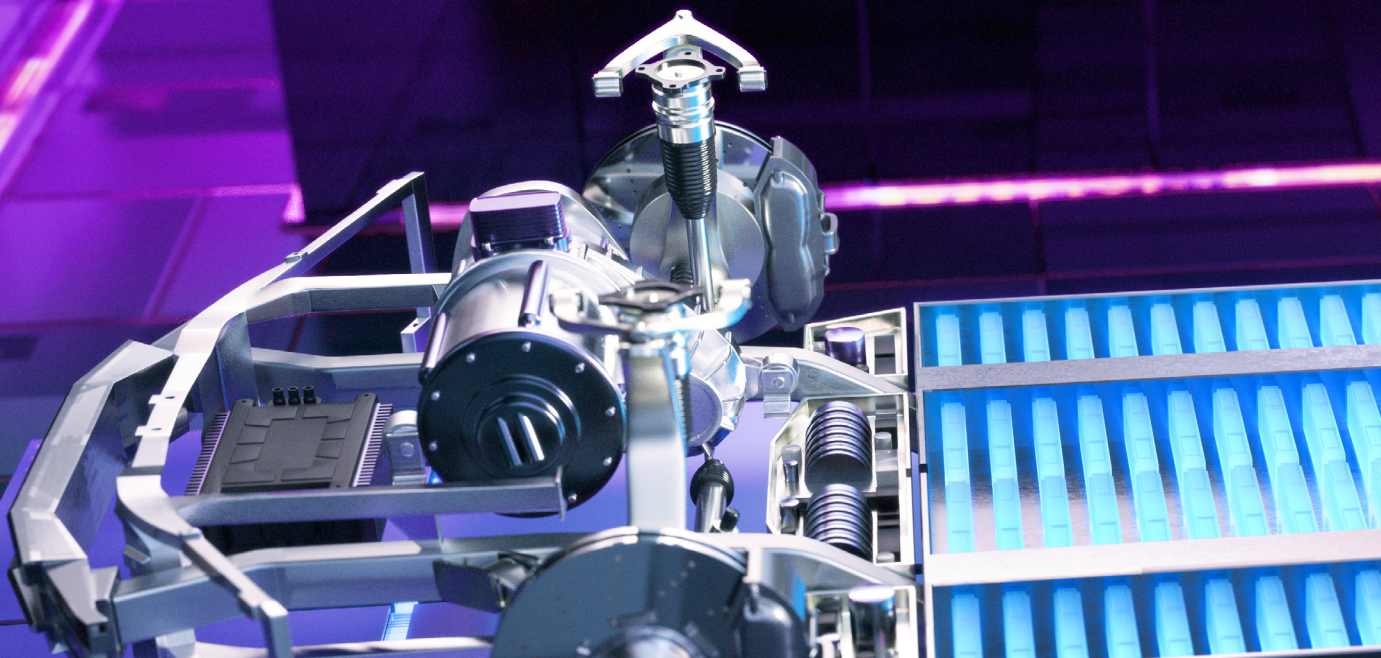
由株洲中车时代电气股份有限公司提供



“dSPACE工具链为我们的开发和测试工作提供系统支持。SYNECT和AutomationDesk的测试解决方案包有助于我们对测试项目进行闭环管理,帮助我们成功开发高功率密度、高集成度和市场竞争力强的电机控制器产品。”

Jing Li, 软件测试总工程师





新一代

全面的电池管理系统测试解决方案

BMS测试

如今的动力电池需要一个电池管理系统，以确保其在不同环境条件下在数千次充电循环中还能安全高效运行并保持比较长的生命周期。目前，dSPACE推出了全新的解决方案，可以将BMS测试提升到一个新的水平。

强 大的创新电池系统是最終突破电动出行的关键，其不仅应用于电动汽车和非道路机械，还应用于电动列车和飞机。此外，随着向可再生能源的过渡，针对家庭应用端固定式电池储能系统变得越来越重要。为了确保这些电池系统安全、持久运行，它们都需要一个电池管理系统（BMS），该系统在推向市场之前必须经过大量测试。

支持BMS的不同开发阶段

针对新一代BMS的开发和测试，dSPACE推出了全面的解决方案产品组合，帮助制造商在大规模生产前加速开发过程，提高BMS的性能、促进其走向稳定成熟。取决于所需的测试级别，我们可以提供各种软件和硬件产品涵盖信号级和高压级的硬件在环（HIL）测试，无论测试重点是包括在电池级别监测和平衡电压的各个电池

监控单元（CSC）在内BMS的算法还是整个系统，它们都可以适用。不过，我们的产品组合也可以在开发过程早期为BMS制造商提供支持。我们推出了解决方案用于BMS功能的软件在环（SIL）测试和原型开发，还可以为BMS生成高效的生产代码，实现BMS算法的前期验证。

以高精度实现最高功率

我们最新推出的BMS测试解决方



“利用我们新推出的BMS测试解决方案, 客户可以高效验证和优化其BMS, 缩短上市时间, 进而大受裨益。”

Stefan Walter, dSPACE电动汽车和电驱动产品经理

主要功能

- 模块化和可扩展的系统架构可以覆盖所有用例
- 出色的电池模拟, 具有卓越的精度
- 可随时使用、具有实时功能的电池模型
- 高度可定制, 基于预定义的系统设置, 包括总包工程

案支持总电压高达1500v的现代电池系统的验证。它无缝集成到久经考验的SCALEXIO技术中, 并可进行配置, 从而满足每个客户的需求。它配备创新的核心组件——电池电压仿真板卡, 确保以300 μ V的高精度生成电池电压, 支持高达20A的电池电流。该卡板与提供实时库仿真软件相结合, 会在电池级别仿真电池系统, 可以立即使用新的解决方案。我们将陆续完善测试BMS系统的模块化系统设计, 利用额外的仿真卡板来模拟温度和高电压等。■

系统
电压高达
1,500 V

模拟
256
多个电池单元

电池电压模拟,
精度出众,
达到
300 μ V



dSPACE新推出的BMS测试解决方案包括SCALEXIO Battery HIL, 带有用于DUT (例如BMS和CSC) 的大安全隔室、一个随时可用的实时电池模型, 以及一个方便的预定义用户界面, 用于配置、仪表和校准。

传感器数据正在推动自动驾驶功能的开发

驱动 由数据

在开发自动驾驶功能时，数据是最宝贵的资源。Patrik Moravek 是基于数据驱动开发的专家，他解释了如何尽可能高效地利用这一资源。

Patrik Moravek是基于数据驱动开发的专家。



什么是基于数据驱动的开发？

基于数据驱动的开发通常是一种软件开发方法。它可以解决新的软件开发时代的各种问题，包括基于人工智能(AI)的算法，更具体地说是人工智能的一个子类别，即机器学习。这种新的开发方法可以让开发更快速、更容易、更高效，因为它解决了基于人工智能开发功能的新问题和新挑战。在汽车领域，ADAS和自动驾驶功能的开发中需要机器学习模型来分析车辆周围复杂情况。为了开发和配置这些模型，我们需要从真实世界中采集传感器数据样本，即大量的样本数据。由于样本数据量很庞大，准备这些数据会耗费开发中的大部分时间和资源。因此，如果开发过程中的资源分配已经发生改变，那么开发优化的重点也随之改变。如果在数据准备上花费的资金多于编写代码，则数据准备应成为成本优化的重点。对此，我们通过基于数据驱动的开发方法来解决这一问题。在一定程度上，可以把它比作基于模型的开发。在软件开发中引入模型和仿真，显著加快了开发速度，特别是在控制领域。它降低了复杂性，将开发分为更容易处理的步骤，从而节省了资源、便于管理项目。同样，基于数据驱动的开发包括特定的流程、方法和

工具，可以让基于人工智能的功能开发更高效、更快速。

基于数据的开发有哪些好处？

现代车辆的新功能开发，比如车道保持辅助(LKA)、交通堵塞辅助(TJA)和更高水平的自动驾驶，都是基于利用机器学习模型实现的感知能力。为了让这一感知能力走向成熟、在现实世界中可靠运行，需要事先收集很多现实世界的例子，用于开发和验证。可以说，用于开发的示例越多，软件在操作中(在路上)就越可靠。在某些开发环节，不会再进行编程；只有靠数据本身来提高可靠性和性能。因此，开发的一个目标是收集

尽可能多的相关的、不同的交通状况示例，建立一个稳健的训练和验证数据集，避免在路上出现软件故障。数据决定了AI的性能，AI则可以实现自动驾驶。

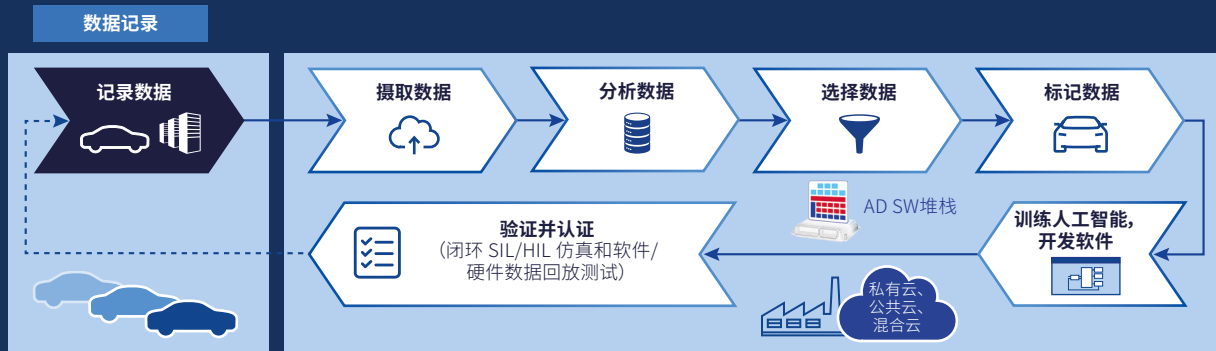
基于数据驱动的开发面临哪些挑战？

主要挑战是开发过程的数据量。数据收集和道路测试涉及数十万甚至数百万公里的道路。收集到的数据有千万亿字节甚至数百千万亿字节。大存储容量和相关成本并不是收集如此庞大的数据带来的唯一影响。另一个影响是需要适当的流程和工具来处理这些数据，在这一需求出现之前，市面

>>



dSPACE使用传感器车辆收集交通数据，在其自己的产品(如AUTERA、IVS或AURELION)中训练人工智能模型。



基于数据驱动的开发通过数据循环进行自动驾驶汽车的开发。这包括道路上的数据收集、数据中心中的高带宽数据摄取、相关交通状况的数据分析、人工智能培训和数据回放测试中地面实况生成的标注。

上并没有这些流程和工具。假设，您需要一个切割工具。用刀砍树枝很好用，但砍树就不太合适了。同样地，有些工具可以很好地处理兆字节和千兆字节数据，但不适用于处理太字节和千万亿字节等更庞大的数据量。事实上，在开发和验证中，并非在道路上收集的所有数据都具有相同的价值。各种消息来源声称，所收集的90-95%的数据毫无用处。挑战在于区分数据是否有用。因此，基于数据驱动的开发的一个重点是收集、存储和使用在开发和验证中真正有价值的道路数据，去除毫无价值的数据。

*dSPACE*的解决方案是什么？

作为仿真和验证领域的合作伙伴，*dSPACE*确定了早期阶段的挑战，并构建了适当的工具，帮助我们的客户改进基于数据驱动的开发流程。我们的产品涵盖从数据记录到数据回放（又称“再处理”）

的整个数据路径。此外，还顺利拓展到了全虚拟世界ADAS/AD功能的闭环仿真验证。

- *dSPACE*从数据记录开始提供智能解决方案，记录所有数据或运行车载分析及优化数据记录。手动标记使用RTag或基于人工智能的过滤器，扩展了AUTERA数据记录器和RTMaps记录软件的功能，只捕获相关情况，减少了数据量。
- 上行注入站进行高速数据摄取，确保数据及时送达开发人员和测试工程师手中。
- *dSPACE*旗下公司Intempora的自动驾驶传感器数据管理平台IVS提供访问、可视化、标注和数据选择，可以有效利用收集到的数据。
- 功能和系统的验证只能根据测得的参考信息（又称“地面实况”）进行。在自动驾驶功能的开发中，参考信息基于传感器

数据的标注，它代表了真实的信息。*understand.ai*在其中发挥着至关重要的作用。*understand.ai*是*dSPACE*旗下公司，专注于大规模和自动化标注。

- 使用我们的数据回放系统对所记录和标注的数据进行验证。我们提供算法验证的工具和解决方案，以及包括硬件和软件在内的完整系统。数据回放系统由我们现有的产品组成，如RTMaps、VEOS、SCALEXIO和ESI Unit，具体取决于客户要解决的用例。

除此之外，还有特定的客户用例：使用记录数据进行验证（即闭环测试）并不是利用数据的唯一方法。高质量数据也可以用来改进训练数据集。记录数据在向闭环验证的过渡中也起着重要作用。首先，IVS及其插件支持自动分析交通状况，从而更好地了解相关

“我们的目标很明确——尽量为客户提高基于数据驱动的开发过程效率。”

Patrik Moravek

的交通参数。其次，收集到的数据适用于闭环仿真，dSPACE利用这些数据生成合成场景，在认真过程中改善整体验证策略的规划和执行。

车载合作伙伴有哪些？

在ADAS/AD功能的开发中，广泛的合作伙伴生态系统必不可少。它是帮助客户完成任务的一个关键方面。端到端数据驱动开发的整个过程和解决方案非常复杂，跨越多个专家领域，并不是一家公司就可以解决的。为解决客户遇到的各种复杂问题，我们与不同领域的诸多合作伙伴密切合作。例如，在数据记录和回放方面，与传感器供应商（如Velodyne、LeddarTech、Robosense、leopard imaging和Sensing World）、图像芯片供应商（如OnSemi、NXP）或ECU供应商（如Nvidia、Renesas）紧密合作，助力在短时间内调试系统。由于供应商之间的协调要求降低，这明显提高了客户满意度。我们还在计算基础设施领域与AWS、DELL、IBM、微软、SVA等公司合作，这方便在各种环境中部署我们的系统，充分利用各种资源来运行。有了配置中心的优质网络连接支持，才能有效连接不同位置的软件、硬件和数据，比如Equinix。此外，我们与工程公司通力合作，灵活拓展我们执行工程

任务的能力，如车载集成或管理服务，包括系统集成和操作。合作伙伴的生态系统丰富多样，我很高兴所有的合作伙伴积极与dSPACE合作，满足客户的各种需求。

对客户有哪些好处？

我们的工具和解决方案改善了客户基于数据驱动的开发过程，他们可以更高效地实现目标，最终，总成本也降低了。这是客户对我们的反馈，我们将再接再厉。解决方案的全面性和一致性为客户节省了大量的集成时间和成本，我们的解决方案已经很大程度上实现了集成。合作伙伴生态系统进一步扩大了这方面的优势。一个来源或一个合作伙伴的生态系统交付的解决方案越多，客户的集成工作和风险就越少。我们始终会考虑模块化和可扩展性。随着项目规模不断扩大，我们会为客户逐步壮大基于数据驱动的开发工具。客户可以从小做起，在之前的投资基础上逐步发展。我们的工具可以重复使用，在各种项目中都是如此。但对我们的客户来说有一个很大的好处，那就是也可以在不同的应用中重复使用我们的产品。以硬件在环（HIL）产品为例。这些产品是硬件设置中数据回放必不可少的部分。这意味着拥有dSPACE HIL系统的客户可

以将这些系统用于数据回放测试站，节省大量成本。

未来会是什么样子，dSPACE将如何进一步开发产品？

我们的目标很明确——尽量为客户提高基于数据驱动的开发过程效率。如果客户在提供安全自动驾驶的过程中，利用我们的工具节省了金钱和时间，这将是一个双赢局面。这就是我们对合作关系的理解。优化和改进整个数据管道可以更好地了解数据——了解数据的内容及其在后续步骤中的价值。如果在数据记录过程中确定哪些数据没有价值，直接就可以节省成本。另一方面，了解数据的价值并不是免费的，说到底，这是数据洞察投资和节约数据管道成本之间的平衡。这就是我们要解决的问题。人工智能对于了解数据（如记录数据中的场景检测）起着关键作用，因此，我们在这方面投入了很多。我们已经在各种工具中采用了人工智能算法，而且正努力增强。人工智能在数据记录、标注和数据管理等方面提升了我们的产品。我们有自己的数据收集策略，该测量基于dSPACE收集平台（又称传感器车辆），精确解决改进工具的用例。■

感谢您接受采访。

“用刀砍树枝很好用，但砍树就不太合适了。同样地，有些工具可以很好地处理兆字节和千兆字节数据，但不适用于处理太字节和千万亿字节的庞大数据量。”



车辆动力学对ADAS/AD功能安全性的影响。

安全 —— 综合视图

车辆中ADAS/AD功能的集成有一个目标：确保并尽可能提高所有道路使用者的安全。但是，在验证智能系统时我们需要考虑什么？对法规、测试场景、传感器和功能的考虑是否充分，或者车辆的动态行为是否也起着决定性的作用？

驾 驶动力学洞见：实际上，车辆不仅是一个点质量，其动态驾驶行为对危险的行驶情况有特殊影响。举一个简单的例子，那就是在

摩擦系数不同的表面上制动：围绕自身垂直轴产生转矩时，车辆开始打滑。即使稳定系统会加以干预、防止车辆旋转，也一定要从传感器角度来评估安全性。但是，

当动态驾驶效应影响成像传感器技术时，这些评估会提供什么信息呢？ADAS/AD（先进驾驶辅助系统/自动驾驶）功能又如何利用这些信息呢？



图 1: 在理想的摩擦值下全制动: 卡车在静止的障碍物 (公共汽车) 前停稳。卡车和拖车都在各自的车道上。

通过仿真进行测试

所幸, 我们不必在试验场进行任何复杂、危险的操作来测试车辆的动态行为。只需点击几下, 仿真就能带来发人深省的见解。我们希望使用dSPACE汽车仿真模型(ASM)工具套件, 结合传感器真实仿真软件AURELION来测试选定的相关情况。

1) 车辆动态测试: 极限紧急制动

为分别强调车辆动力学对整体系统行为的影响, 在树叶、潮湿或积雪等导致摩擦系数不同的道路上, 用卡车进行极限紧急制动, 并关闭电子制动系统(EBS)。在每种情况中, 自动紧急制动(AEB)系统作为ADAS的一部分, 根据检测到的碰撞风险触发制动过程。这些例子表明, 只有考虑到驾驶的所

有物理方面(摩擦值、卡车和拖车之间的扭矩), 才能在仿真中真实地体现紧急制动。只有考虑到车辆动力学的影响, 才能充分评估和验证ADAS的功能。整个系统的稳定性不容忽视, 特别是在车辆动力学的极限紧急制动时。

考虑整个网络

此外, ASM车辆模型还考虑到了液压和气动制动系统的行为, 因而, 可以将ADAS/AD ECU连同其他ECU一起测试, 例如与电子稳定控制系统(ESC)的交互。这样的优势在于: 评估涵盖整个系统的性能, 不仅验证单个组件, 还验证整个系统。这为ADAS/AD开发人员扩充了更多的备选项, 他们可以在早期阶段了解整个系统的行为, 并在必要时调整。

>>



图 2: 在摩擦系数较低的情况下全制动: 摩擦系数较低、制动距离延长, 完全改变了卡车和拖车的运动行为, 出现了更加危险的情况。卡车驶入对向车道。

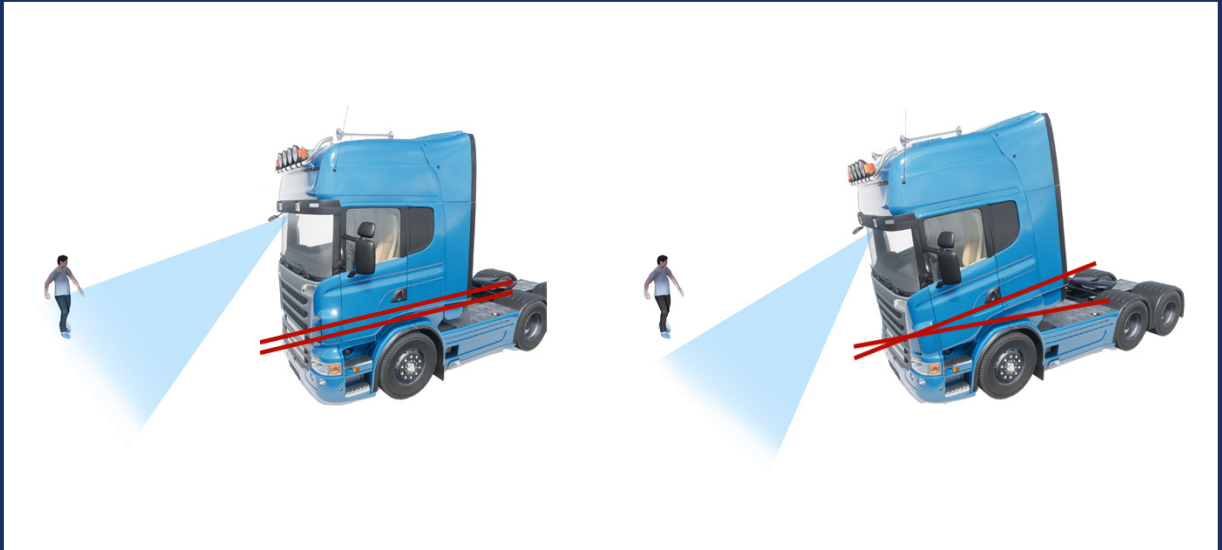


图 3: 俯仰角会探测到的障碍物的视角。大俯仰角甚至会导致传感器的视场内只能看到障碍物的一部分, 这就更难探测 (感知) 对象了。

2) 车辆动态测试: 制动过程中驾驶室的俯仰角

卡车刹车时, 行驶方向的加速度会导致驾驶室因自由度而向底盘倾斜。安装在驾驶室内部的摄像头传感器会改变其视角。所安装的 ADAS/AD 控制单元会补偿这一视

角变化, 以便正确计算与所探测到的障碍物的距离。为了在仿真中也包含俯仰角补偿, 并正确校准 ECU, 俯仰角必须与各种实际条件相对应。对于单个传感器的对象检测和下游传感器融合来说, 这都是必不可少的。例如, 驾驶室

内安装的摄像头传感器必须与底盘底部安装的雷达传感器获得相同的障碍物探测结果。否则, 整个系统将面临失灵的风险, 并可能造成严重后果。根据驾驶情况, 最初探测到的障碍物会从传感器的视场 (FoV) 中部分或甚至完全消失, 尤其是在剧烈制动减速和由此产生高俯仰角的情况下。必须了解和验证 ADAS/AD 功能在这些特别危险的情况下的行为。下图说明了 ASM Truck 如何清晰地展现这种行为, 并正确集成到有关物理特性的仿真中。利用 AURELION 中的基于物理的传感器模型, 您可以随意配置传感器的位置, 特别是摄像头传感器在驾驶室内部的安装位置, 它具有额外的自由度:

图 4: 车辙带来干扰变量, 影响了车辆导引; 整个车辆组合可能会离开车道。



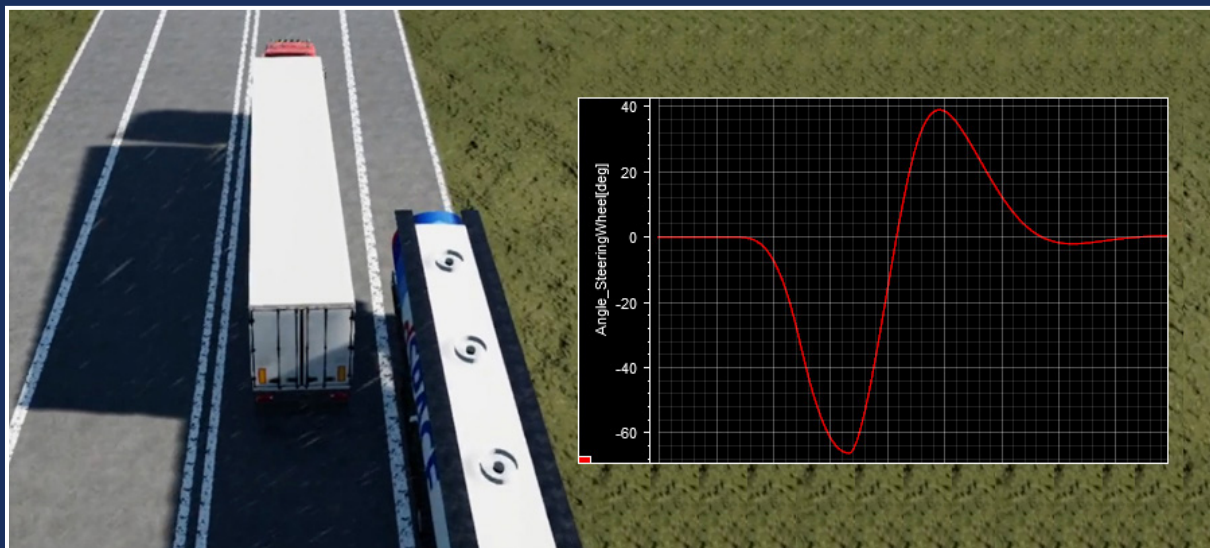


图5：侧风会改变行驶方向。如不采取控制措施，车辆会冲出道路。

3) 车辆动态测试：路面上的车辙

卡车ADAS/AD控制单元的一个重要功能是主动车道保持辅助(LKA)。它们不仅要正确探测道路，还要有很强的抗外界干扰能力。例如，车辆处于车辙或车道沟内时，由于轮胎与道路的接触点不得不逆向转向，就会发生干扰。为可靠地验证LKA系统，有必要在闭环仿真中真实地体现这些干扰变量。有了ASM道路仿真模型，可以仿真任何路面进行仿真，并灵活地参数化。您可以采用在真实的驾驶测试中无法实现的可重现测试，测试覆盖范围非常广。

4) 车辆动态测试：考虑侧风

对卡车而言另一个特别重要的方面是，自动车道保持要考虑到侧风。避风与强烈的侧阵风相关联，这可能导致拖车和半挂车方向改变和不稳定。ADAS/AD控制单元必须识别这些状况并适当响应。同样，ASM仿真支持您复制此类高变性的情况。这样，您就可以在早期阶段确保算法高度成熟。最后但同样重要的是，这些测试是验证控制单元必不可少的。

评估和总体视图

通过囊括高精度的车辆动态系统行为，就可以仿真物理效应对

ADAS/AD系统的影响，并有效地利用它们进行验证。这样一来，车辆动力学仿真对可靠的开发和验证具有重要作用，并可确保ADAS/AD ECU稳健。如果在危险的驾驶情况中发生致命后果，不同效应的相互作用往往起着决定性作用。而仿真让这些往往无法在现实中体现的组合成为可能。采用真实的交通和车辆动力学仿真是有效的ADAS/AD系统开发方法的基础。除了提高开发效率外，它还增加了测试深度和广度，转而提升各个功能的质量，并因此加强网络中的交互。■

免责声明：

文中展示的所有仿真都是用dSPACE多物理工具套件ASM(汽车仿真模型)进行的。用高保真3D软件AURELION对传感器仿真和动画进行了计算和渲染。

自动标注



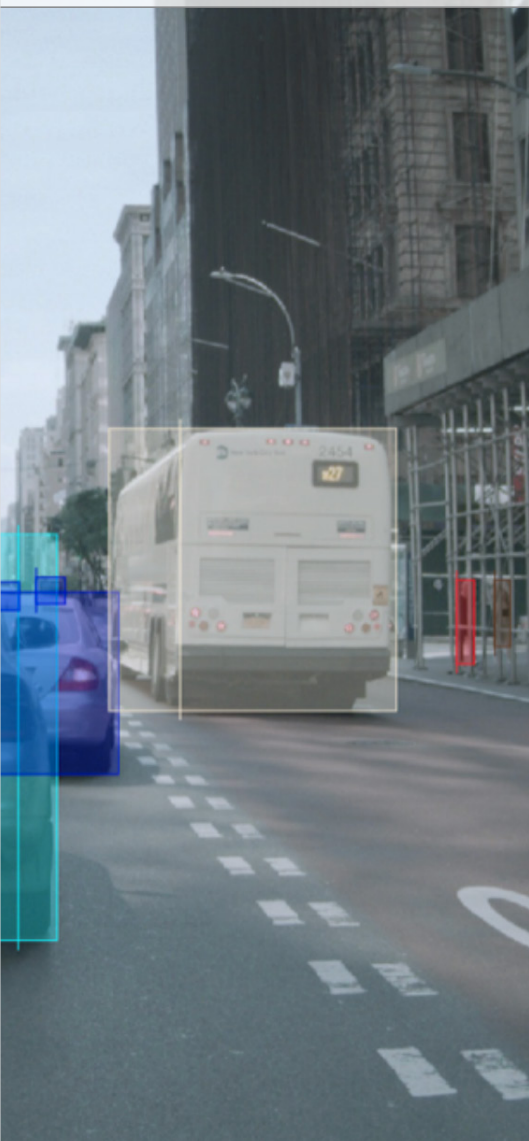
understand.ai首席执行官Jürgen Daunis表示，基于数据驱动开发链的自动化是自动驾驶的一个关键因素。

自动驾驶车辆的感知模块必须能够准确地检测车辆的环境。为此，要将其功能与地面实况数据进行比较。该数据由基于人工智能和机器学习的标注自动生成。understand.ai公司隶属dSPACE集团，该公司的目标正是优化标注的质量、实施速度和成本。

Jürgen，您于2021年担任understand.ai的首席执行官。之前您是做什么工作的呢？您对该公司及dSPACE集团的印象如何？

我在汽车行业、EE和IT领域拥有专业背景，重点关注CASE（互联、自动化、共享和电动化），曾在初创公司和大型公司做过技术和销售

管理工作。汽车行业的新型创新技术的实现极大地激励了我。understand.ai是创新的推动者，在人工智能和机器学习领域



understand.ai首席执行官
Jürgen Daunis

拥有出众的能力和 product，我们将应用于自动驾驶交通环境。我们拥有干劲十足、才华出众的团队，在大家的努力下，我们度过了初创阶段，正处在扩大规模的阶段。在dSPACE的背景之下，我们有强大的合作伙伴助力我们进一步发展壮大。我们独立运作，同时根据情况通力合作。另外值得一提的是，understand.ai的产品非常适合dSPACE的数据驱动开发产品组合，比如与仿真场景的生成相结合。

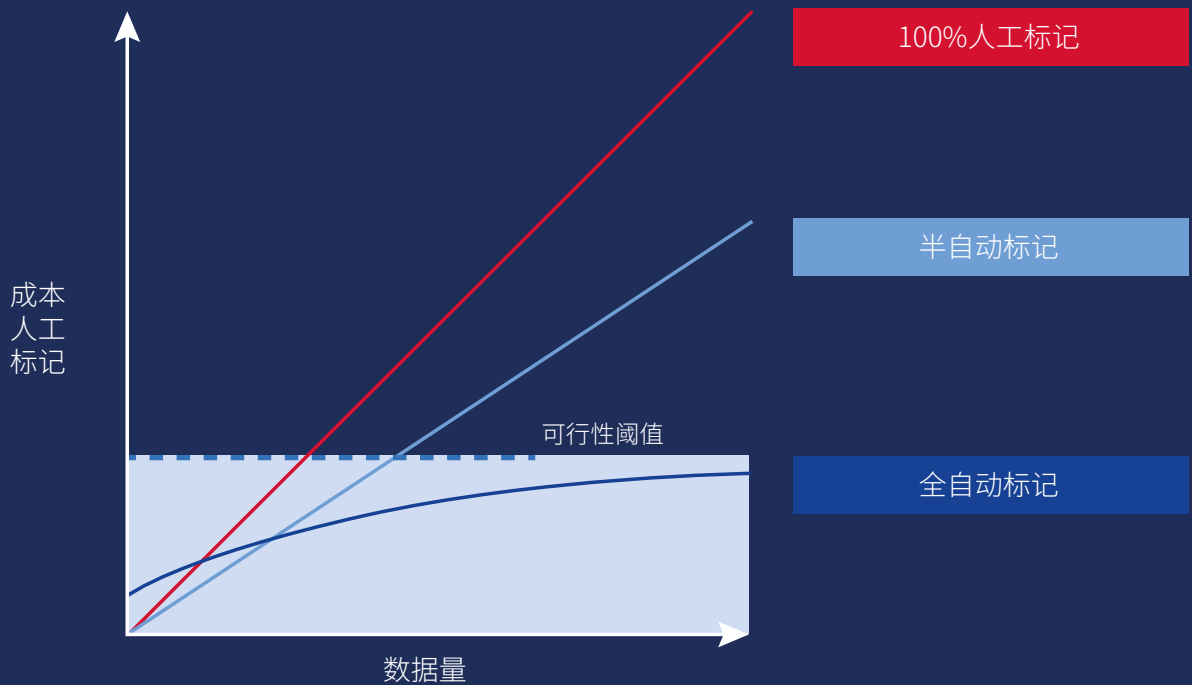
我们什么时候能体验到自动驾驶，它给自动驾驶车辆制造商带来了哪些挑战？

首先，需要区分我们探讨的是乘用车还是商用车B2B应用。在乘用车领域，我们如今主要看到了ADAS/L2领域的功能，以及在AD/L3环境中的初步应用。除了技术挑战，还有成本、审批条件以及责任问题，而责任日渐从驾驶员转移到制造商身上。因此，我认为，乘用车领域的4级或5级自动驾驶还需要一些时日。商用车领域的

情况则不同，由于可以更明确地定义运行设计域(ODD)，因而，可以限制审批和责任风险。此外，商用车有商业回报，由于无需驾驶员，可以抵消AD技术的成本。如今，我们已经看到首批L4应用案例付诸实践。

对于高效开发自动驾驶系统而言，最重要的成功因素是什么？

成功实施自动驾驶的一个常见先决条件是数据、算法、流程和技术的质量，以及开发过程中的自动



自动化:分解人工标注成本和数据量之间的线性关系。

化速度和程度。必须建立可靠的工具链,推动高度灵活、高质量和自动化。数据处理量巨大,但需要控制成本。还需要缩短开发和响应时间,以便及时在量产中引入新的传感器和功能,始终确保现场车队的安全。

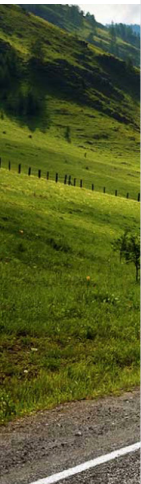
*understand.ai*如何为客户提供支持?对客户具有哪些价值?

*understand.ai*为自动驾驶交通系统生成地面实况数据创建标注。为验证感知模块,相关审批应用领域需要大量数据。在验证过程中,会将感知模块的功能与地面

实况数据相比较。我们利用人工智能和机器学习,实现了全自动标注创建过程。其目的是避免在处理验证数据时人工贴标。传统标注方法需要大量人工调整和检查标签。大型验证项目动辄需要成百上千名员工,成本高昂、难以

“我们依托创新技术,为以前没有解决的行业问题开发智能解决方案。”

Jürgen Daunis, *understand.ai*



“我们的自动化方法适合大规模验证项目，经济实惠、有条不紊地验证数据质量，还可以显著缩短项目持续时间。”

Jürgen Daunis, understand.ai

协调，速度又慢。我们的自动化方法适合大规模验证项目，经济实惠、有条不紊地验证数据质量，还可以显著缩短项目持续时间。

*understand.ai*的典型项目是什么样的？

我们会收到来自客户的数据，或者我们自己建立一个数据管道，从而持续处理数据。如有需要，随后我们会导入和校准数据，并将其匿名化。这一点很有必要，比如说人们为了选择数据进行培训，就需要访问数据。接下来，开发和训练贴标机器人。我们通过迭代过程，将自动化质量提高到所需的质量水平。随后，处理数据并自动生成标签。最后一步，将结果发回给客户。我们的平台在

云端作为软件即服务(SaaS)解决方案运行，这样，我们就能根据需要扩大或缩小规模。

*understand.ai*有望给客户带来哪些战略方向？

我们正重点关注大规模验证领域的自动化，侧重于质量、扩展和灵活性方面。就我们而言，质量意味着我们达到所需的数据质量水平，也意味着我们具备证明质量达标的方法。在扩展方面，我们正不断提高自身能力，让我们的系统适应不断增长的数据量，可以大规模并行化。我们还不断实现流程自动化，以便能够同时处理大量项目。灵活性意味着我们能够快速满足客户在功能和流程方面的要求。我们力争成为

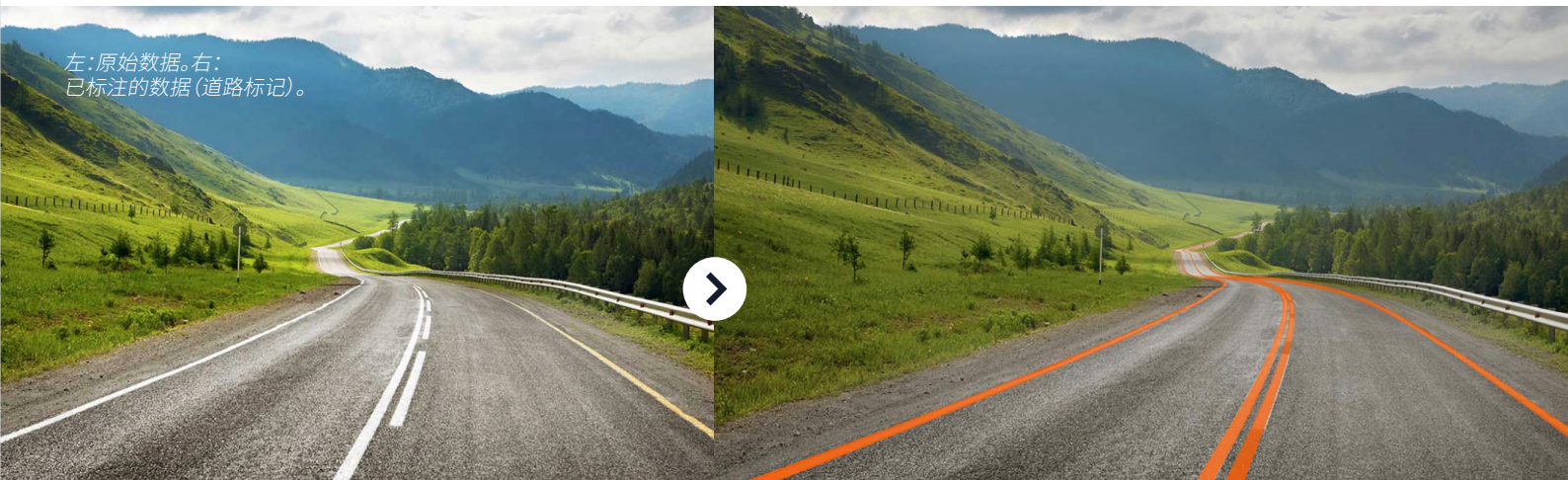
OEM、Tier1、B2B车队供应商和AD/ADAS领域科技公司开发工具链的一部分。


*understand.ai*已经取得了哪些成功？

目前，在understand.ai内部以及在dSPACE的背景之下，我们有非常清晰的战略和实施计划。我们的增长势头非常强劲，在目标市场得到了越来越多的客户项目。行业、客户、合作伙伴和分析师都给出了正面反馈，显然，我们正在为一个尚未解决的行业问题开发解决方案。■

感谢您接受我们的采访。

左：原始数据。右：
已标注的数据（道路标记）。



A futuristic blue autonomous car is shown on a test track. The car is surrounded by red sensor waves, indicating its range of detection. The background shows a modern, glass-walled building with other cars and people inside, suggesting a high-tech testing environment.

系统地

测试自动驾驶车辆

项目决定了验证方法的可靠性

知名的确认验证方法（VVM）项目进行了一半：在3月中旬，项目伙伴介绍了初步成果和方法。政界、产业界和学术界代表纷纷强调该项目的重要性，并表示，使用可靠的验证方法，才能确保自动驾驶的安全性。dSPACE依托自身在SIL和HIL仿真方面的专业实力，对项目要求进行充分的分析及评估，并提供原型从而实现方法验证。

这

场项目中期展示会介绍了三大领域的成果：测试方法的要求、测试基础设施的编排和验证、数据流以及项目中使用的工具。dSPACE成功测试了该项目所开发的方法的实用性，对危害性分析和传感器模型验证等进行了两次演示。

危害性分析

道路交通状况各式各样，只把真实测试转变为仿真，不足以应对无尽的测试里程。为限制相关情况的参数范围，中心任务是危害性分析。项目系统地识别了导致危险路况的因果关系（即危害性现象），将测试范围缩小到相关测试用例，从而将危害降低到可以

应付的程度。基于场景的高度可扩展测试尤为重要。虽然事故数据库和专业知为项目奠定了基础，项目很早就利用仿真有效补充真实数据，专门为改进危害性现象生成了证据。因果关系图显示了影响危害性现象的因素及它们相互之间的关系，先进行分析，再在模拟中有意地改变和观察它



团队根据一个指定用例，使用SIMPHERA实现了一项演示，用来研究危害性现象“摩擦系数减小”。

们。dSPACE SIMPHERA用一种方法定义了一个用例，整个项目都使用这个用例，由此实现了一项演示。该演示分析了一个特别容易观察到的危害性现象“摩擦系数减小”。(图片)KPI评估很容易筛选危急情况仿真，然后再次分析，这次分析会更加详细。

传感器模型仿真

为系统地将现场测试转变为仿真，必须了解它们的应用限制，才能信赖所使用的模型。首先需要针对该用例和可能参数集的不同

样本，验证仿真和所使用的全部模型。

会上演示了前半期项目中设计的方法。该方法根据一般仿真要求，采用了激光雷达传感器仿真的模型定式。团队在传感器系统中系统地准备效应链，并进行相关性测试。项目团队由此了解了激光雷达系统仿真的要求，并在dSPACE工具链中实现了这些要求。为进行后续的演示，团队通过开放接口，利用强大的光线跟踪引擎，将SET Level项目提供的激光雷达传感器模型集成到了dSPACE

传感器环境仿真中。重点在于经过验证的虚拟环境材料参数，这些参数非常逼真地仿真的对象的光学反射行为。这正是基于点云水平回波脉冲宽度的模型验证的基础。

后半期项目注重改进演示结果、实现更多的概念演示。危害性分析和传感器模型仿真仍然跟以前一样重要，dSPACE在该项目中还有一个重点，那就是测试编排，即将测试用例分配给最合适的测试设备，以及SIL和HIL之间的测试基础设施需要具备的连续性。■

VVM

VVM项目的目标是开发测试方法、提供各种系统和方法，证明自动驾驶汽车的安全性。目前，该项目正在研究城市十字路口的用例，重点是全自动车辆（SAE 4级和5级）的驾驶功能。在该项目中，安全性证明是开发过程不可分割的一部分。可测试性、验证也是组件和子系统开发的设计目标（“可测试性设计”）。这样就可以对新出现的系统进行分层测试，单个组件更新时，不必再次测试整个系统。本项目有23个合作伙伴，dSPACE是其中之一。该项目将持续到2023年年中。

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

人工智能大比拼



国际学生团队自动驾驶赛车角逐——最佳算法获胜

Indy Autonomous Challenge (IAC) 组织来自世界各地的大学生团队参赛，这些团队给自动驾驶赛车编程，在传奇赛道上比拼，推动自动驾驶汽车商业化。我们就2022年首场比赛以及dSPACE中央计算机在其中的作用，采访了IAC总裁兼首席执行官Paul Mitchell。

2022 Indy Autonomous Challenge 首战告捷。在培训会 and 德克萨斯州的首场比赛之后，您有何感想？ 我们看到赛车的硬件和软件都有了很大的改进，车辆更加耐用，启动序列也更快了。车辆配备了更多传感器选件，例如六个GNSS，让团队有了更好的表现。新型车载

计算机dSPACE AUTERA的引入提高了速度和容量，它支持团队运行最强大的软件版本——AI驱动程序。有了这些改进和训练，赛车可以在赛道上进行更多类似人类驾驶员的动作，比如超车。德克萨斯州的赛事颇具挑战性。我们从没遇到过那么恶劣的天气，当时

下着雨，天气很冷。这意味着并非所有操作都能以最高速度进行，但也证明了车上安装的硬件和软件可以在充满挑战的条件下运行，从而向业界证明了车上安装的传感器和车载计算机等硬件的性能。我们也看到各团队改进了算法：遇到对手的赛车违反安全



边际，一辆IAC赛车第一次表现得像一位老练的赛车手。它并没有安全停车而是减速，避免了撞车。并因此在德克萨斯州的比赛中一举夺冠。

您能否简要阐述一下您是如何想到Indy Autonomous Challenge (IAC) 这个主意的，以及这个系列赛事的发展历程？

这个概念于2018年推出，目标是将两个相关领域结合起来，那就

是自动驾驶技术和赛车。赛车知识是在印第安纳州积累起来的，把它变成有奖竞赛则是受DARPA挑战赛影响。

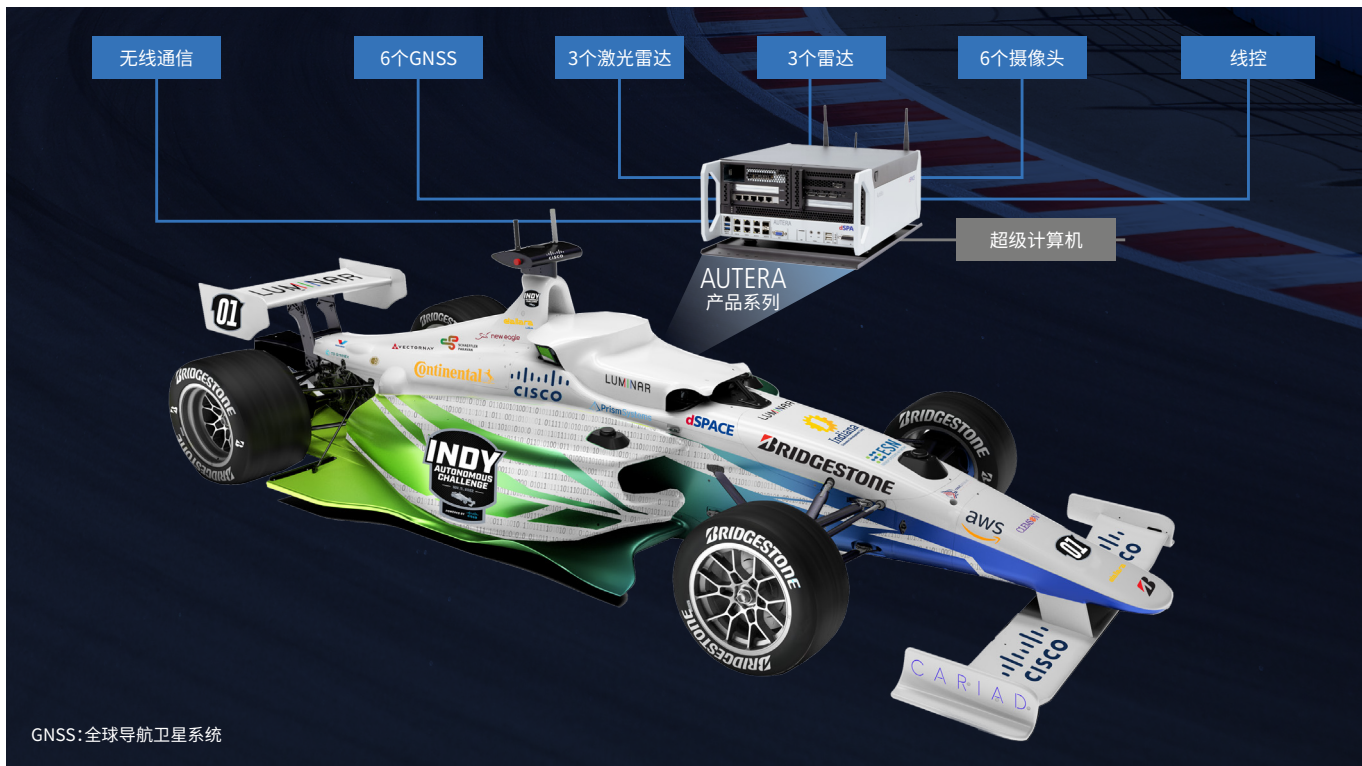
赞助商对IAC来说有多重要？

没有业界的各大公司，我们是无法运作IAC的。但赞助商就是我们的合作伙伴，他们提供基本组件，比如车载和非车辆硬件及软件。我们使用的传感器、无线组件、计算机等所有技术，都和商用车行

业一样。因而，我们在行业技术提供测试平台和测试场。

dSPACE是IAC的车载计算机技术合作伙伴。车辆中的中央计算机有多重要？德克萨斯州的赛事是否证明了这一点？

dSPACE AUTERA对车辆改进发挥了关键作用：其一，AUTERA非常耐用，可以在时速接近190英里的情况下应对各种恶劣条件。即使严寒天气，它也能做到。此外，



GNSS: 全球导航卫星系统



“有了AUTERA, 由于性能非常接近超级计算机——汽车很难做到这一点, 各团队可以运行最高端的算法。”

Paul Mitchell, Indy Autonomous Challenge 总裁兼首席执行官

比赛中发生了几次事故, 即使经历了重大事故, AUTERA仍能操作。我们需要结实耐用的计算机, 而AUTERA超出了我们的预期。它还可以灵活连接所有激光雷达、雷达和摄像头传感器、无线通信、线控系统、六个GNSS等等。有了AUTERA, 一切都集中连接在一起。由于性能非常接近超级计算机——汽车很难做到这一点, 各团队可以运行最高端的算法。

学生团队需要攻克哪些技术难题?

首先, 他们需要在理想的赛道上驾驶赛车。方法、定位和路径规划, 这些挑战都会影响比赛发挥。

要想获胜, 他们需要增添人为因素, 比如避免碰撞, 还要大胆驾驶。另一方面是出现爆胎、失去GPS连接、电线松动等问题时, 要安全操作。他们能做到这一点, 我们感到很自豪, 这向公众证明了自动驾驶的安全性。

业界对IAC有多大的兴趣? 业界能否从这些比赛成果中获益?

IAC在业界有很棒的合作伙伴。由于IAC是一个非营利组织, 我们很幸运能有合作伙伴免费提供技术和工程支持。对业界而言, 有几个原因可以让他们获得回报。一个是学习, 它会改进合作伙伴贡献

的产品。另一个因素是可以让世界获得人才。此外, 这些人才接受过有关某些产品的训练并信赖它们, 这又会给业界带来裨益。当然, 营销和推广也很重要, 它们带来了许多乐趣。

由于每个人都采用相同的硬件平台, 软件是制胜的关键。你认为各学生团队采用不同的方法并开展激烈竞争, 还是彼此交流想法?

两者都有: 每个团队的AI驱动程序是不同的, 有各自的驾驶风格, 这是有原因的: 精益求精才能赢。所有团队和赞助商都支持合作。这意味着他们都想互帮互助解决问

“我们需要结实耐用的计算机，
而AUTERA超出了我们的预期。”

Paul Mitchell, Indy Autonomous Challenge 总裁兼首席执行官



图片来源: © Indy Autonomous Challenge

题,都想掌握进步和前进的主动权。我们在分享问题解决方案的团队身上看到了这一点。例如,我们发现了一些GPS干扰。不同的团队合作并分享了数据,他们由此确定了干扰源,那就是赛道上的一个大屏幕。有几个团队非常支持开源方法,他们愿意将基础软件提供给其他人。

目前的比赛是两辆车在比赛,赛道上的车辆不多。什么时候我们会在赛道上看到两辆以上的车,最好是同时出现?

赛车比赛五花八门。比如,短程高速赛车,赛车之间甚至有障碍物。我们试图通过IAC证明,技术可以在车辆高速相遇时发挥作用。这么做是为了提高商业效益。我们的目标不是模仿或取代一级方程式赛车或类似的比赛。我们需要更多地了解汽车将为该行业带来什么,并评估资产成本,比如撞车车损/毁坏的风险更高。我们必须记住,这些车辆价值百万美元。

如果这对未来的业界有好处,我们就可以支持它。目前的比赛形式多种多样,我们只是其中一种。

车辆速度和安全性是否每年都在稳步提升?是否取得了很大的进展?

当然。它们在不断超越极限。这些车的最高时速是190英里,但安全性正在大幅提升。在这样的速度之下,车辆的操作越来越出色。

未来的汽车都是电气化的,参赛车辆是否计划采用电动驱动器?

这需要新的汽车底盘,还要考虑到零部件和基础设施。越来越多的赛车系列和赛道实现电动化,我们会利用这些优势。但我们没有足够的规模来开发动力传动系统和基础设施。目前,我们仍专注于现有的赛车平台。■

非常感谢您接受我们的采访。



图片来源: © Indy Autonomous Challenge



图片来源: © Indy Autonomous Challenge



图片来源: © Indy Autonomous Challenge



图片来源: © Indy Autonomous Challenge

准备、设定， 一气呵成。

准备、仿真和验证变得更加快速简便。
这就是SIMPHERA, 欢迎来到simpliCity。



ISO
26262

欢迎了解SIMPHERA。你将进入全新的世界，
探索基于Web的最新解决方案，推进自动驾驶的发展。
在SIL和HIL平台上体验无缝测试。换句话说：
欢迎来到simpliCity。详情请见simpliCity.dspace.com