

# 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

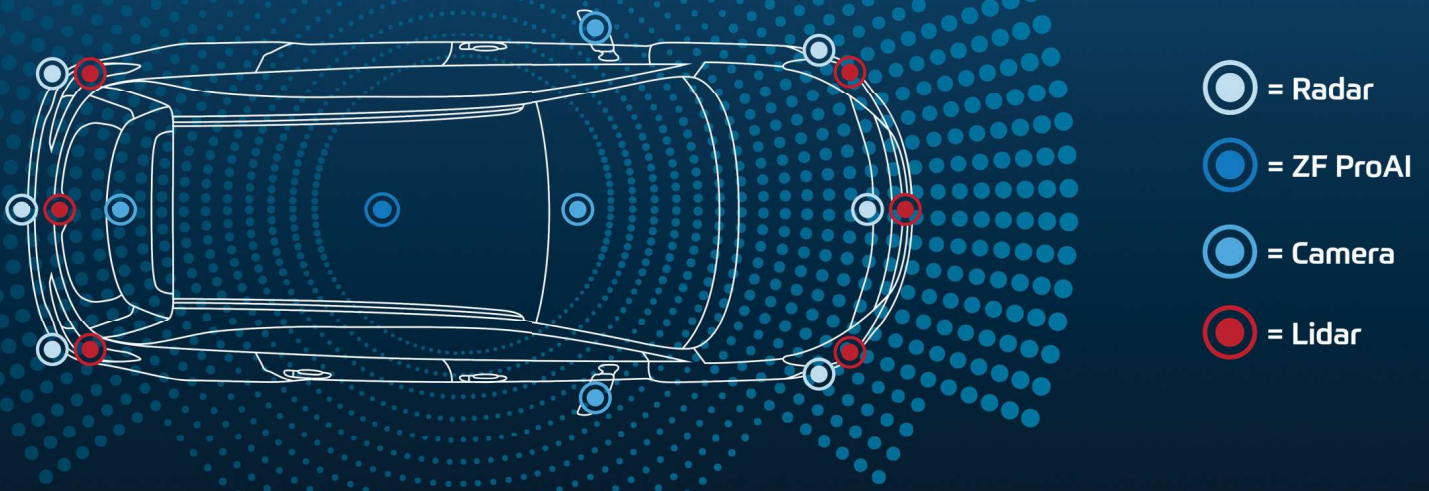
构来测试 ECU。通过这种全面的测试视角，我们可以对相关组件（传感器、执行器）以及车辆行为在内的全部驾驶功能进行完整验证。硬件在环 (HIL) 仿真是集成测试的常规解决方案。因此，开发项目包含使用 HIL 测试解决方案的验证步骤。

### 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

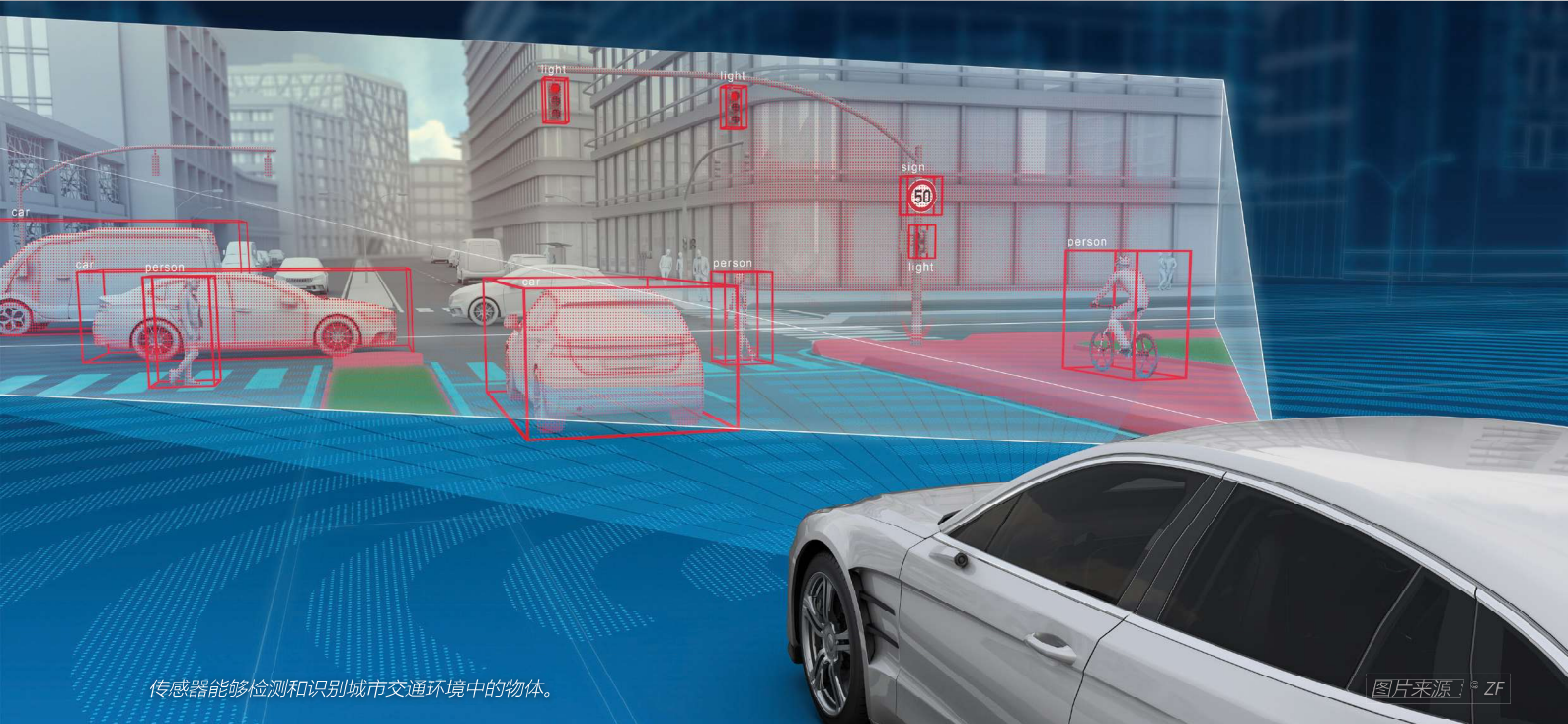
ZF ProAI 控制单元主要用于直接处理所有原始传感器数据。此外，传感器数据也作为对象列表 (Object List) 读入。对象列表则由 ASM Traffic Model 提供，作为周围交通地面真值 (Ground Truth) 仿真的一部分。对于原始数据，必须尽可能真实地仿真所有传感器。

#### 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

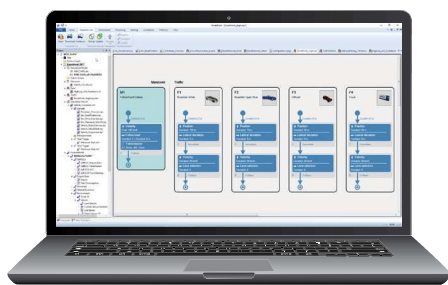
dSPACE 实时系统中，无缝集成了配备有 NVIDIA P6000 的 Sensor Simulation PC。

#### 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：

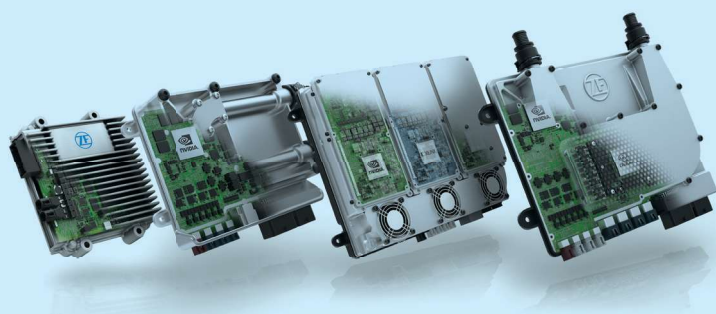
类型	数量	ESI 单元	Sensor Simulation PC
激光雷达	6	1	1
雷达	7	1	4
摄像头	12	3	3

## 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。

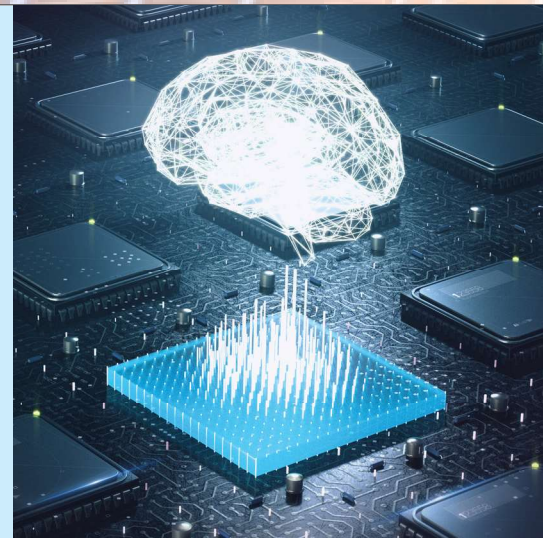


- 1) 传感器环境模型：计算传感器所能看到的环境，包括传感器前端，具有高真实性和高分辨率。
- 2) SCALEXIO + ASM 交通：仿真周围的交通。
- 3) Sensor Simulation PC：确保实时传感器仿真真实性，并通过标准化图形化界面发布原始传感器数据。

- 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。*