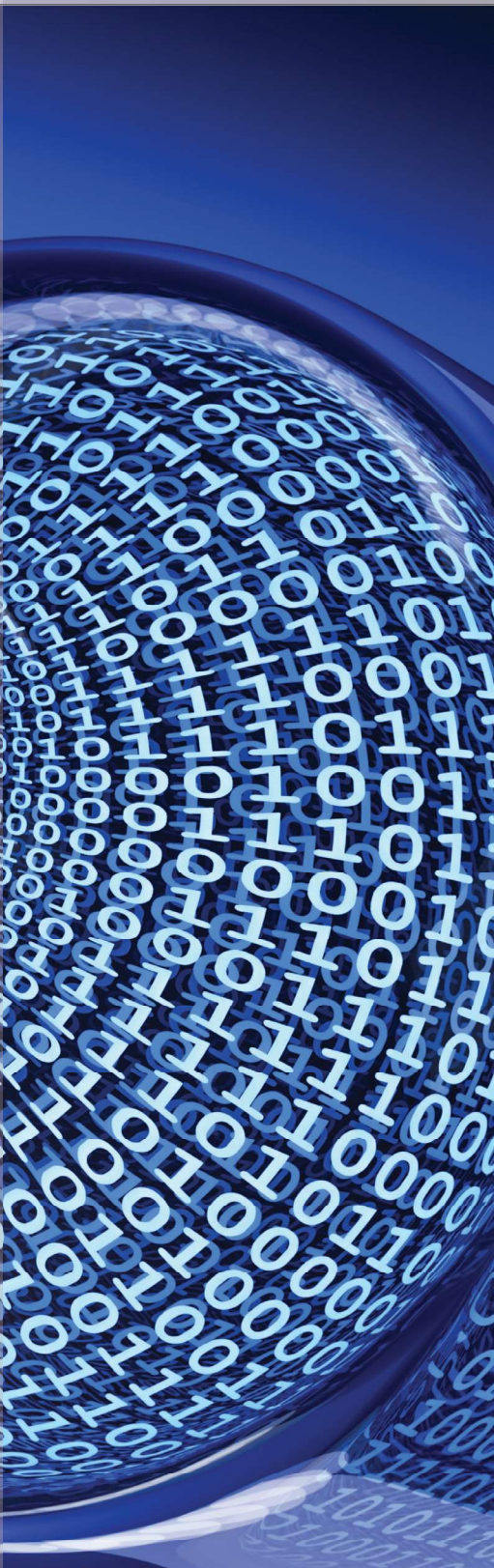


通过虚拟验证克服  
测试流程中的瓶颈

# 突破 瓶颈

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





## 能

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

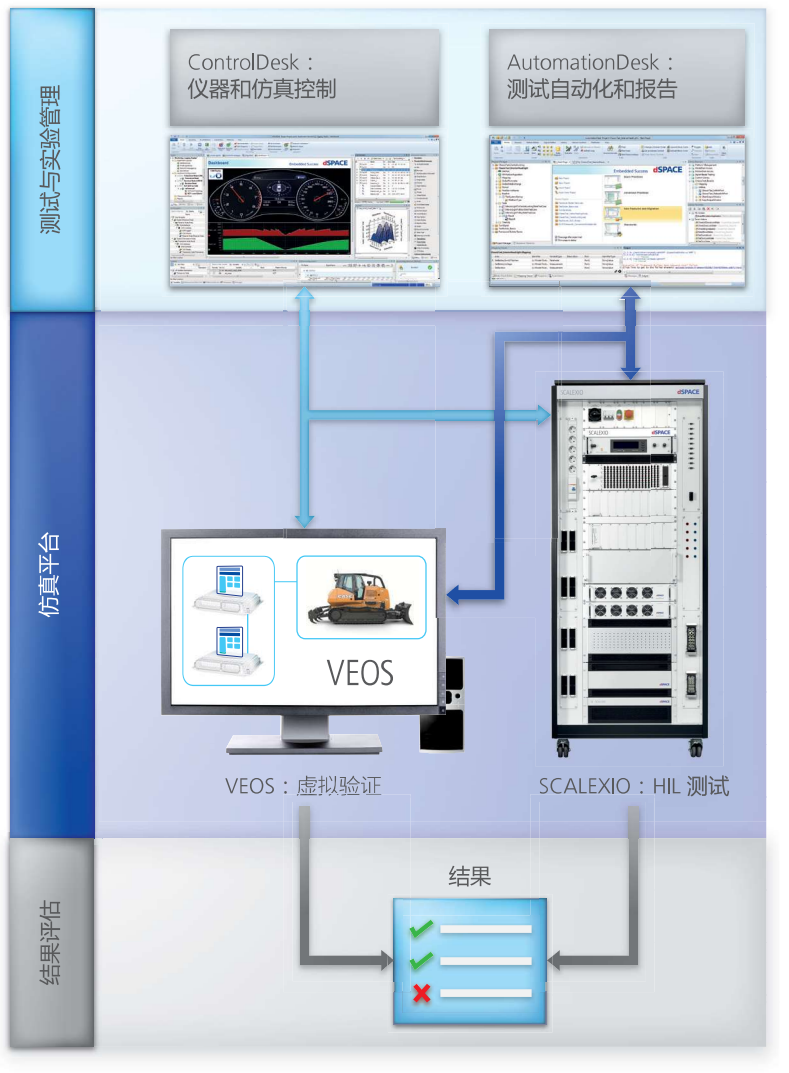
### 挑战：测试效率

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

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

### 解决方案：虚拟验证

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



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

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

### 设置虚拟验证

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

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

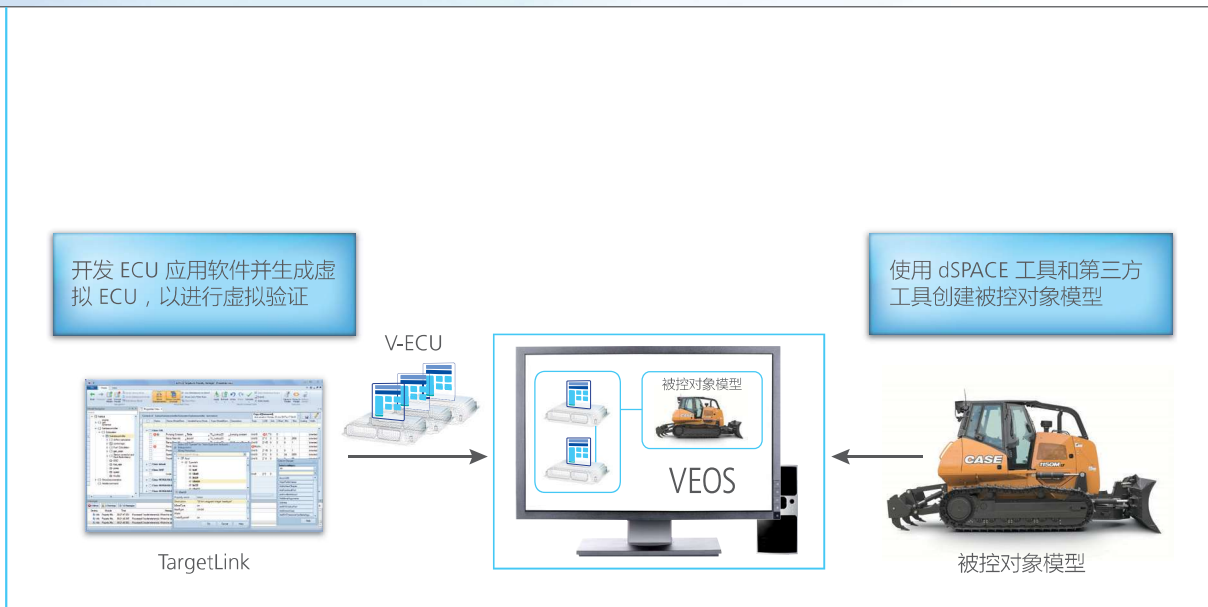
### 创建虚拟 ECU

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

### 列出并比较结果

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





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

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

### 结论

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

ECU 软件，因为 VEOS 能够提高软件开发流程各个方面的效率。” ■

资料由 CNH Industrial 友情提供。



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

CNH Industrial, Pedro De La Torre

CNH Industrial 的农业机器应用实例。

