



实践中 的虚拟验证

宝马公司的功能 SIL

参与 ECU 软件开发的人员越多，尽早真实地测试单个组件越发重要。
宝马公司选择 dSPACE VEOS 作为基于 PC 的重要的仿真平台。



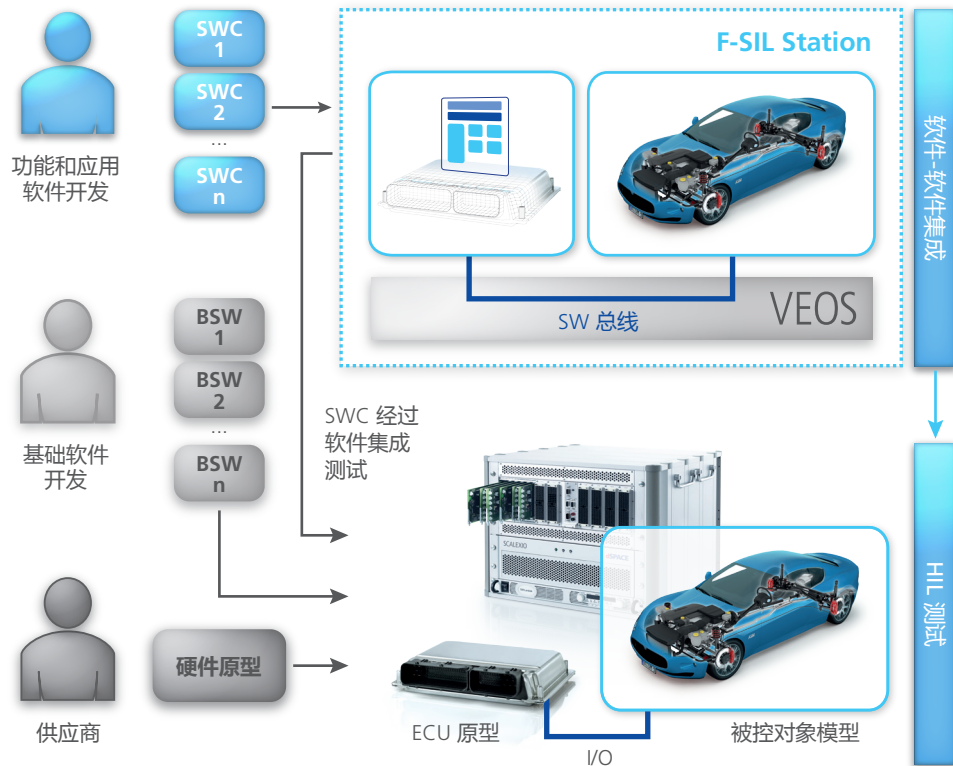


图 1 : F-SIL 增加了一个新步骤 - 在软件-硬件集成之前执行软件-软件集成。

车 辆虚拟化为新的控制策略开发中的测试和仿真开创了新方法。虚拟化有助于应对两大主要挑战：

1. **减少由于分布式开发而导致的错误**
各个组件分别由不同的团队提供，例如功能和应用软件、基础软件和

电子控制单元 (ECU) 硬件原型。因此，如果在集成期间出现错误，要发现错误来源会相当麻烦。



2. 克服 MATLAB®/Simulink® 的限制

在仿真真实 AUTOSAR 软件组件和基础软件模块时，MATLAB®/Simulink® 很快就会达到其极限。新功能的发展正在变得越来越复杂，因此涉及的工作领域也远超从前。由于开发任务分布在越来越多的团队和部门，同时上市时间也在变短，所以在早期开发阶段进行测试就变得必不可少。

第 1 项挑战的解决方案：F-SIL

当前的开发流程涉及三个主要团队：

- 功能和应用程序开发人员：他们负责提供软件组件 (SWC)。
- 基础软件开发人员：他们负责提供基础软件组件 (BSWC)。
- 供应商：他们负责提供 ECU 硬件原型。

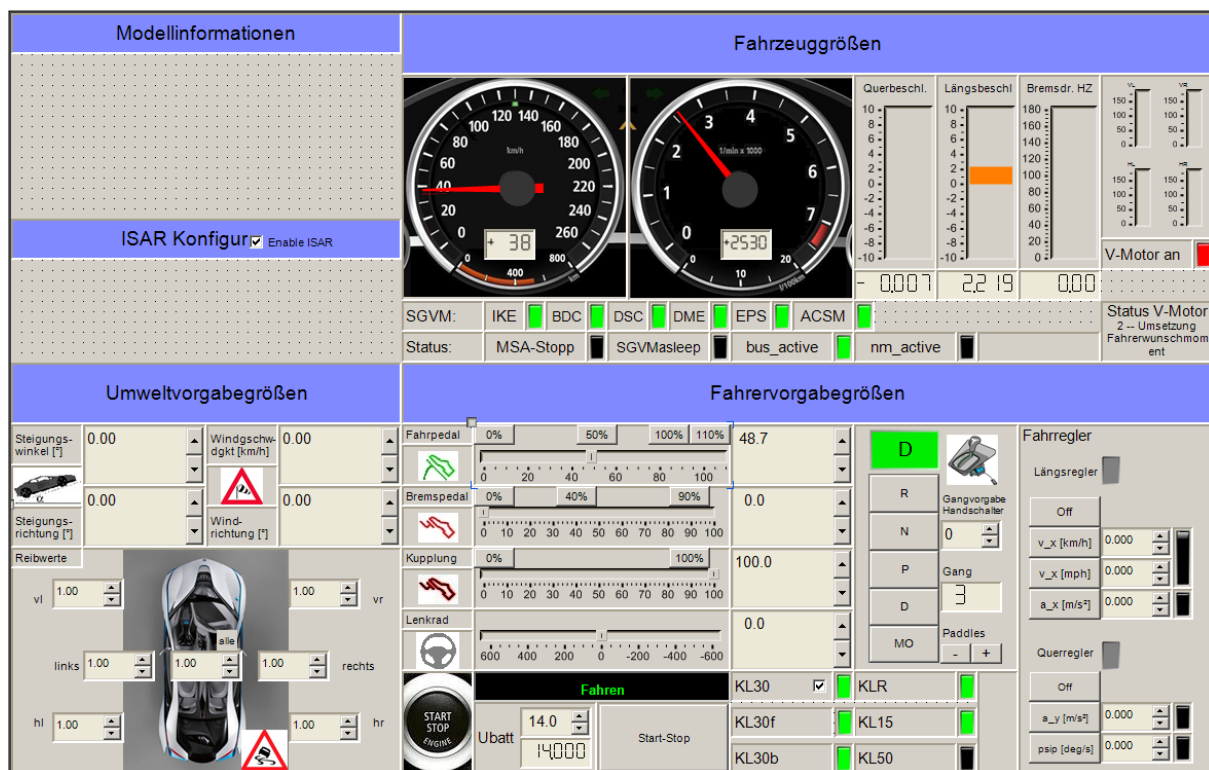
在某个特定的时间点，开始软件-硬件集成工作。此时将集成所有 SWC 和 BSWC，并加载到 ECU 原型上。下一步是全面的硬件在环 (HIL) 测试。宝马公司在软件-硬件集成之前增加了一个步骤：他们使用一个功能软件在环 (F-SIL) 首先执行纯粹基于软件的集成 (图 1)。这样就能尽早测试专为功能和应用程序开发的组件之间的接口信息。开发人员可以检查每个新的开发状态，并立即纠正潜在错误。凭借这些测试与纠正措施，软件可以在开发周期的早期达到高质量。在后续集成测试期间，就只会出现少量可轻松发现的错误。

安装 F-SIL

BMW 选择 dSPACE VEOS 作为 F-SIL 的基础，是公司的集成和仿真平台。由于软件-软件集成必须独立于目标平台的硬件参数，因此传统 Windows® PC 成为理想的选择，因为它们就是宝马公司的日常工作环境。VEOS 的另一项明显优势是对多种事实标准的高度支持，例如 AUTOSAR 和功能样机接口 (FMI) 以及 MATLAB®/Simulink®。此外，VEOS 还能轻松连接至现有硬件在环 (HIL) 测试和实验工具，例如 dSPACE ControlDesk® Next Generation 和 TraceTronic 的 ECU-TEST。这使得 F-SIL 可以轻松集成在宝马公司现有工具链中。

>>

图 2：ControlDesk Next Generation 中的宝马公司虚拟驾驶座。



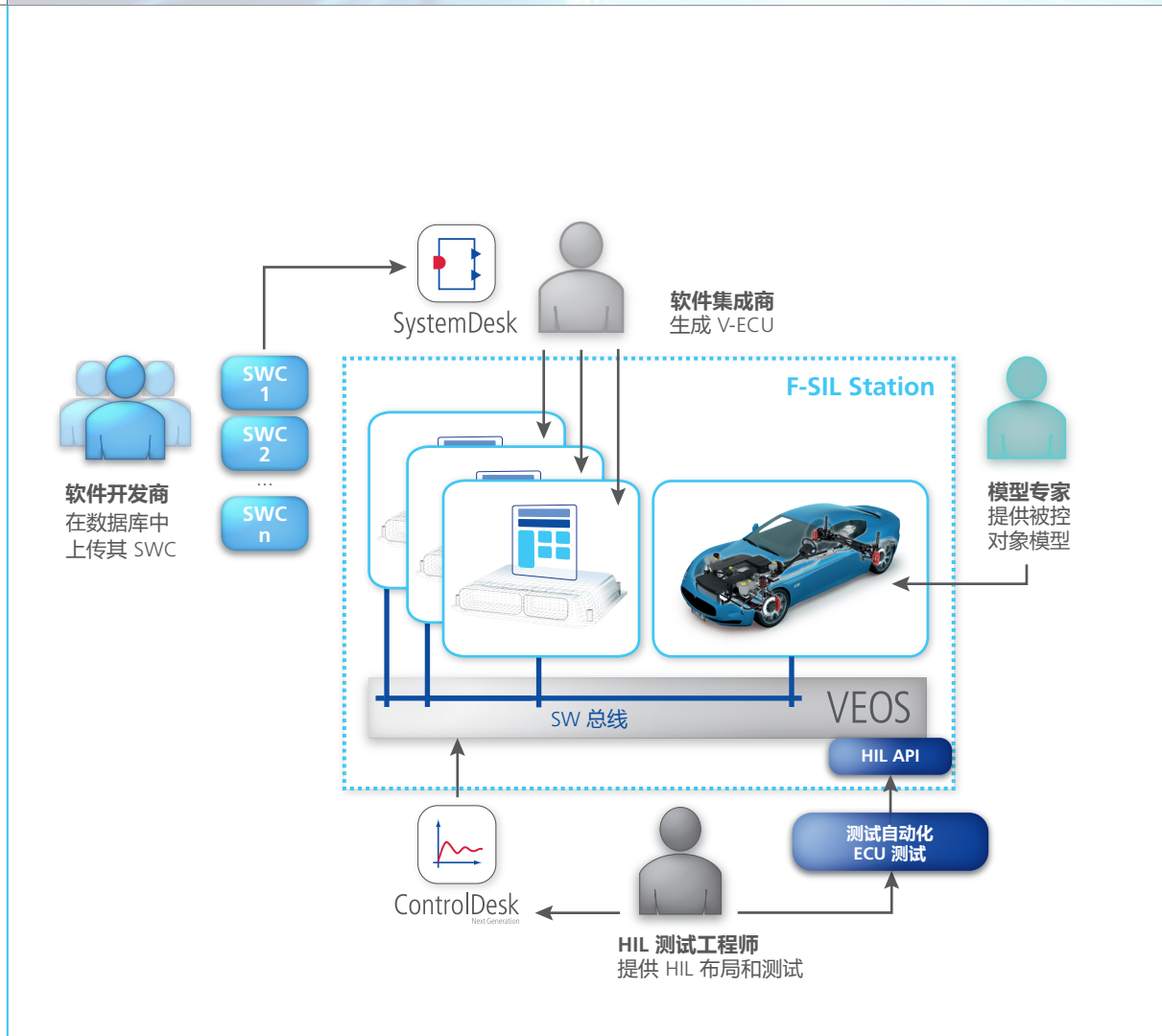


图 3 : F-SIL 涉及的产品、工件和角色概述。

第 2 项挑战的解决方案： 基于 VEOS 的工作流程

F-SIL 的使用清晰地展示了各个团队之间强大的跨学科性和信息交换能力。只要有 AUTOSAR SWC，软件集成商就能生成虚拟 ECU (V-ECU)，包括对应的 A2L 文件。在此步骤中，可以轻松消除接口和连接器错误。创建 V-ECU 之后，软件集成商可以连接 V-ECU 与被控对象模型或环境模型之间的接口。模型由被控

对象模型团队提供，他们还会将这些模型提供给 HIL 部门使用。此过程涉及到连接数以千计的信号，所以这一集成步骤完全自动进行。在最后一步中，软件集成商将接收来自 HIL 部门的 ControlDesk Next Generation 项目文件和界面（图 2）。它们在 F-SIL 上的闭环仿真中用于测试 V-ECU 功能。如果一切按计划进行，软件集成商将发布项目配置，而功能和软件开发人员

则可以在 F-SIL 上将这些配置用于自己的测试（图 3）。凭借 VEOS 的开放接口和支持标准，可以在 F-SIL 上的测试中重复利用现有 HIL 测试场景和界面。这样可以减少工作量，并确保在测试之间实现无缝过渡。由于功能开发人员使用的是逼真的测试场景，因此可以避免单纯依靠 MATLAB/Simulink 执行仿真所存在的限制。

F-SIL 对宝马公司的重要性

功能和软件开发人员主要在早期集成阶段中使用 F-SIL，原因是由于数量较少或成本较高，目标平台在此时不存在或不可用。宝马公司目前有超过 60 位用户正在使用三个 F-SIL，以便对四种不同的项目配置进行虚拟验证。由于软件-软件集成发生在软件-硬件集成之前，充满压力的集成阶段变得异常轻松。此外，软件和功能开发人员还可以像使用 HIL 一样在其 PC 上开展工作，同时仍然可以享受到非实时仿真的优势，例如调试、代码覆盖率分析以及参数优化。F-SIL 工具链完美支持验证流程中目前使用的工具，因此公司各个团队和角色之间不会出现明显的接受问题。这样开创了跨学科工作的可能性，并确保新的验证步骤轻松被接受。 ■

由宝马公司友情授权。

总结与展望

一直以来都能看出，对于宝马公司而言，在开发流程中包含新的验证步骤有明显的好处。采用这一新步骤并没有因为各部门之间需要更多协调而付出多少工作量，但其效应却非常显著。此外，将 VEOS 用作仿真平台甚至带来了始料未及的惊喜。例如，在纯离线仿真期间，VEOS 大大减少了与 MATLAB®/Simulink® 的兼容性和性能有关的问题。未来，用户和项目配置将会越来越多。F-SIL 现在已成为验证流程一个成熟和关键的部分，同时还是新一代产品的固有部分。

