

为了在开发过程中尽早准备和完成 ECU 功能测试，我们需要制定新的测试策略。因此，大众汽车公司 (VW) 决定使用软件在环 (SIL) 测试作为现有硬件在环 (HIL) 测试的补充。这需要在早期阶段使用虚拟 ECU (V-ECU) 代替硬件 ECU，以便进行真实测试。我们需要根据现有开发工件采取一种有效的方法来创建和仿真 V-ECU。这种方法必须通用，以适用于不同领域的 ECU 和不同的车型 - 从内燃机的发动机控制单元到电动汽车的高压充电管理都包括在内。

#### 合并不同的源格式

虚拟 ECU 的开发数据与最终 ECU 相同，例如，软件架构的 ECU 功能代码和 XML 描述文件。这些信息通常由多个开发部门分管。因此，首要问题就是确定所有必需的文件。另一个挑战是使用未基于 AUTOSAR 的代码来创建虚拟 ECU，因为各种 ECU 的软件组件根据 AUTOSAR 标准仅进行了部分开发。

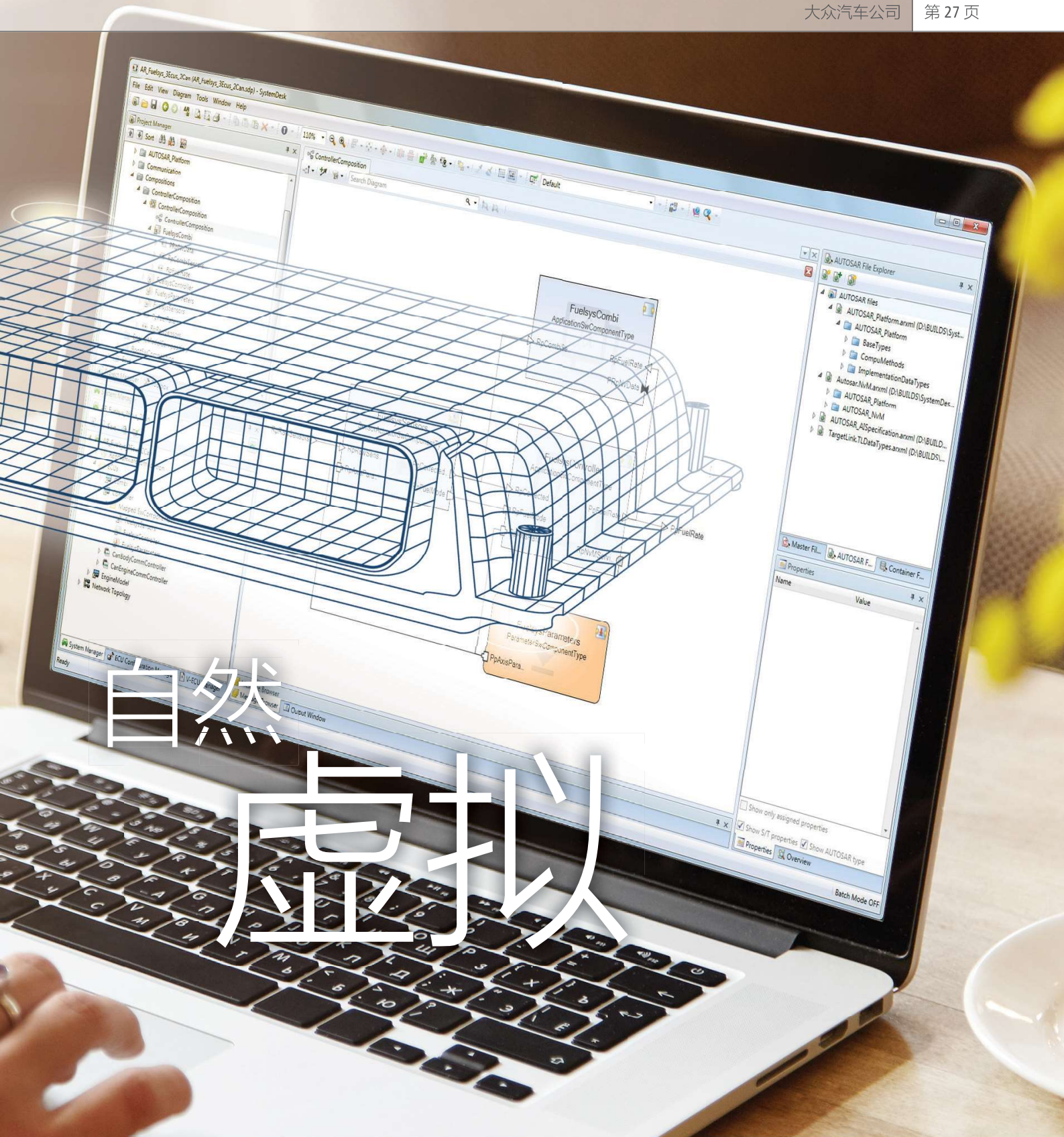
#### 生成虚拟 ECU

VW 选择 dSPACE SystemDesk 架构工具来有效地创建 V-ECU。通过 SystemDesk 可以将 ECU 描述文件导入，这些文件可用于构建兼容 AUTOSAR 标准的架构，进而可以为现有功能代码进行架构准备。为此，首先从导入的描述文件为每个功能生成软件组件 (SWC)。与功能 (C 代码或对象代码) 相关的代码用作 SWC 的实现依据。我们将功能打包到 AUTOSAR 元素中，以使用基于非 AUTOSAR 的代码：例如，功能调用及其在 SWC 中的时序是在内部行为中定义的。这封装了实现操作，从而封装了对代码的引用。然后，根据描述

使用软件在环测试  
有效验证虚拟 ECU



文件将 SWC 连接到 ECU 软件架构。最后一步是创建运行时环境 (RTE)，并将其与 SystemDesk 模板中的基础软件集成。最后，可以使用 SystemDesk (图 1) 生成 V-ECU。 >>



我们希望通过新功能可用时立即对其进行测试。这项任务要求足够的灵活性，并需要前置测试。因此，大众汽车公司使用自动生成的虚拟 ECU。dSPACE 工具 SystemDesk 和 VEOS 可帮助开发人员生成和仿真软件。

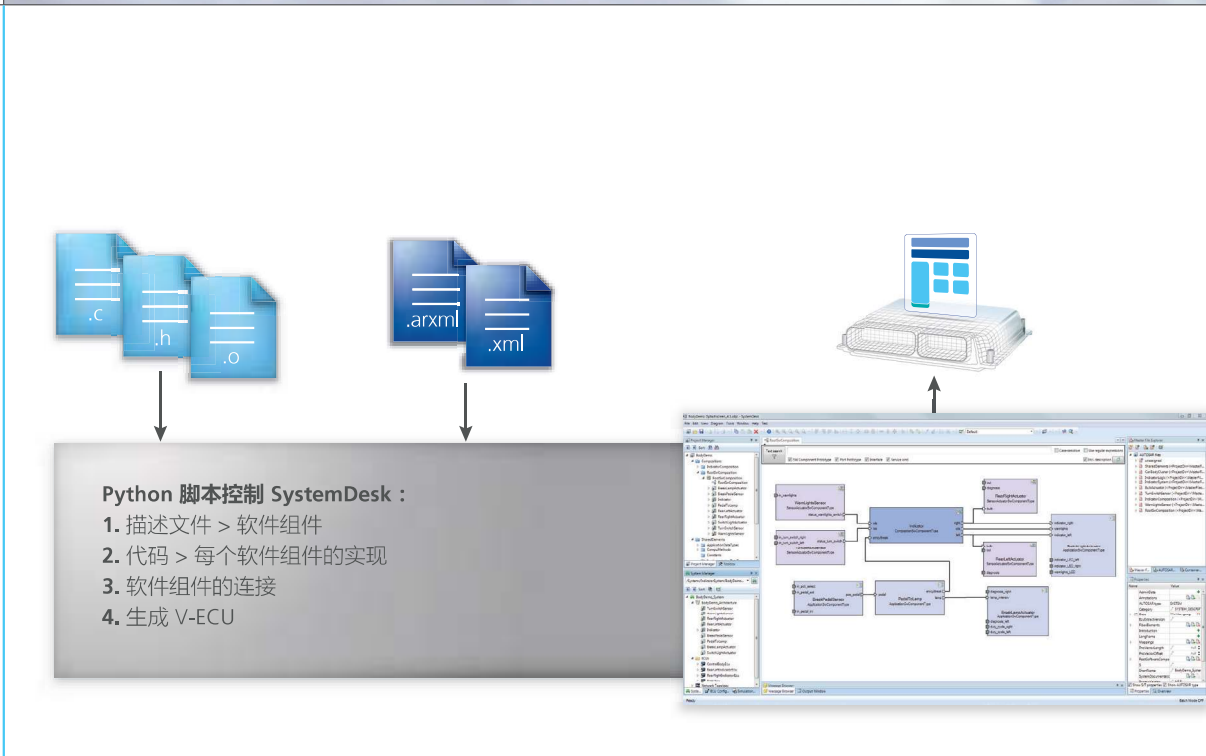


图 1 : 为了创建虚拟 ECU , 现有代码将集成到 AUTOSAR 软件组件中 , 以利用非 AUTOSAR 的代码生成兼容 AUTOSAR 标准的 ECU。

“强大的 SystemDesk 功能和非常详细的文档使虚拟 ECU 自动生成变得更加简单。”  
大众汽车公司, Kirsten Pankratz

### 通过脚本自动生成

除了手动操作之外, 还可以自动创建虚拟 ECU, 更加有效。为此, 可使用 Python 脚本分析描述文件, 并通过 SystemDesk 应用程序编程接口 (API) 执行工作步骤。只需要有关虚拟 ECU

的软件组件名称和配置文件的文件存储路径, 即可开始自动化。如果此数据与描述和代码文件一起提供, 则可通过脚本创建虚拟 ECU, 10 分钟左右即可完成。

### 初次项目的经验 : 发动机控制

VW 实施的第一个项目专注于发动机 ECU 的虚拟验证。具体而言, 这涉及曲轴角度同步的功能调用, 这对于精确进行发动机控制来说至关重要。评估当前曲轴角度的 VW 编程功能实施了 1 ms 格栅中曲轴角度同步格栅的调用。根据曲轴的当前位置, 该功能会触发 SWC 实现的调用。虚拟 ECU 的首次设置仍需手动完成, 方便熟悉软件和必要的工作步骤。然后, VW 根据获得的信息创建 Python 脚本。

由于 SystemDesk 的文档十分详尽, 其实现过程非常顺利。

### 虚拟和真实 ECU 对比

dSPACE VEOS 仿真平台只需要标准 PC 作为硬件, 用于评估所生成虚拟 ECU 的功能和质量。在测试中, V-ECU、Functional Mock-up Unit (FMU) 与 VEOS 互联, 形成了一个系统。车辆测量的真实数据用作激励数据。数据已加载到 Simulink 中, 并通过 FMU 进行集成, 以在 VEOS 中激励虚拟 ECU。使用 dSPACE ControlDesk 测量虚拟 ECU 的输出值。然后, 以图形方式准备和对比虚拟和真实 ECU 的输入和输出变量 (图 3)。若测试结果几乎完全匹配, 这说明了虚拟 ECU 的质量很高, 可作为现有测试的全面补充。另一个优势是虚拟 ECU 可在多个开发项目中并行使用。这消除了对硬件原型的依赖。

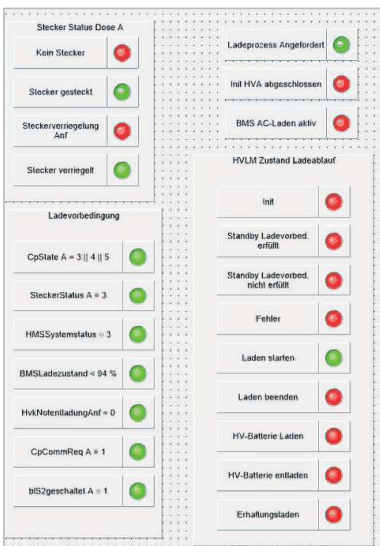


图 2 : ControlDesk 提供了有关变量状态的概述, 十分易于理解。

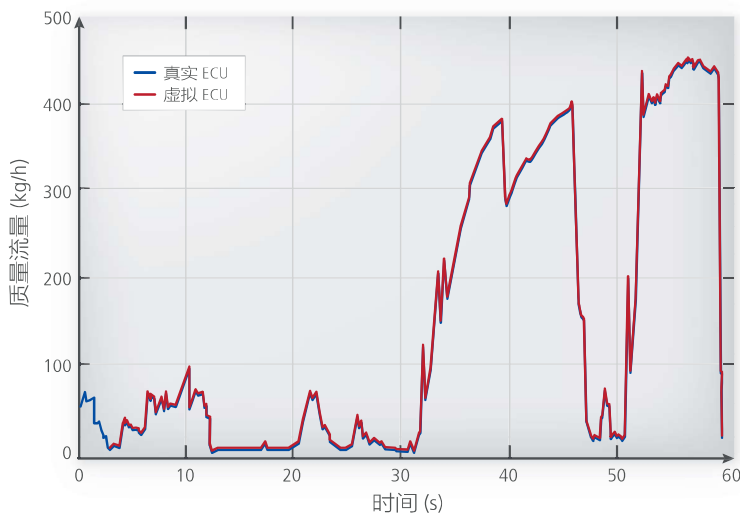


图 3：虚拟 ECU 与产品级 ECU 的测试数据对比情况说明了虚拟 ECU 的真实行为。

### dSPACE SystemDesk 的使用经验

SystemDesk 无疑是一款强大、方便的工具，可用于创建虚拟 ECU。SystemDesk 支持简单的 AUTOSAR 架构建模，并且可以生成虚拟 ECU，包括 RTE 和基础软件。由于文档内容全面、易于理解，所有工作步骤都可以通过使用脚本的 API 轻松实现自动化。从第一个脚本原型开发到第一个虚拟 ECU 生成只需几周时间。SystemDesk 中 ECU 架构以清晰的图形化方式很好地概述了现有功能、界面和功能关系。由于这些功能通常由不同的团队提供，SystemDesk 还会为开发人员之间的有效协作提供支持。

### 总结与展望

第一个项目（EECU 的验证）显示，虚拟控制单元具有开发和测试产品级项目所需的成熟度。另一个项目涉及为高压充电管理器创建虚拟 ECU，以控制电动汽车和充电站之间的通信。此项目表明，虚拟 ECU 的设计流程涵盖范围很广，从内燃机到电动机都

有涉及，包含了整个电机和发动机系列产品。目前，大众汽车公司的很多开发团队都在使用虚拟 ECU 进行软件在环测试。为此，会复用现有 HIL 测试和配置，这显著减少了创建测试所需的工作量。■

大众汽车公司，Kirsten Pankratz,  
Dominik Ott

“SystemDesk 中 ECU 架构清晰的图形化概述为开发团队之间的有效协作提供了有力支持。”

大众汽车公司，Dominik Ott

#### Kirsten Pankratz

Kirsten Pankratz 任职于德国沃尔夫斯堡大众汽车公司，负责集成环境中的虚拟验证工作。



#### Dominik Ott

Dominik Ott 任职于德国沃尔夫斯堡大众汽车公司，负责集成环境中的虚拟验证工作。

