

## 上海汽车使用基于模型的设计开发荣威 750 混合动力轿车的嵌入式控制系统



荣威 750 混合动力轿车。

上海汽车集团股份有限公司 (SAIC Motor, 以下简称上海汽车) 的荣威 750 混合动力轿车与非混合动力荣威 750 相比, 在燃油经济性和排放方面提高了约 20%。混合动力控制器 (HCU) 通过复杂的控制逻辑, 协调电动机和发动机的工作, 为实现既定的燃油经济性和驾驶性的目标起着至关重要的作用。

上海汽车认为 HCU 嵌入式控制系统的设计开发是其核心知识产权的一部分, 因此决定请外部咨询公司首先进行概念设计, 然后使用 Simulink® 和基于模型的设计在上海汽车内部进行产品化的工作。上海捷能汽车技术有限公司 (上海汽车旗下开发纯电动和混合动力的子公司) 总经理朱军先生说: “三年前, 上海汽车在开发嵌入式控制系统方面没有很丰富的经验, 开发团队的部分成员也是刚开始介入嵌入式软件开发, 所以我们需要采用行业内成熟的开发方法。我们将 Simulink 模型作为可执行的规范 (executable specification), 用它来与与咨询公司以及在团队成员之间更好地进行技术需求的交流和设计工作。基于模型的设计也使我们能够在模型层面进行测试验证, 然后基于模型生成高效、可靠的代码。”

### 挑战

荣威 750 混合动力轿车是上海汽车的第一款混合动力轿车, 而 HCU 则是其最早量化的嵌入式软件开发项目之一。在此之前, 上海汽车量化的嵌入式软件一直由供应商来提供, 为了成功地向

内部开发过渡, 上海汽车的开发团队力求采用先进的开发方法, 能够避免因对文本文档理解不一致而造成的误解。同时, 开发团队希望尽可能减少手工编码从而进一步减少错误, 并通过仿真而不是车内测试来验证设计。

上海汽车认为仿真是开发过程中必不可少的一环, 因为整车和包括电池和电机在内的多个关键部件的开发是同时进行的, 而且组件的交付也可能会出现延迟。朱军先生说: “我们的目标是在最大程度上通过模型仿真和测试来发现和解决问题, 而不是在完成软件实现, 装车以后再发现这些问题。”

### 解决方案

上海汽车选定了基于模型的设计作为荣威 750 混合动力轿车和其后所有新能源汽车嵌入式软件的标准开发模式。使用基于模型的设计, 上海汽车的开发团队能够在模型层面进行设计改进, 而不需要依赖手工编程和修改嵌入式代码。

上海汽车的控制工程师首先根据系统需求和咨询公司提供的原始 Simulink 模型, 使用 MATLAB® 和 Simulink 对 HCU 的控制算法进行进一步的建模和模型的完善。

他们使用 Stateflow® 这一图形化的方法建立起系统状态及各状态间的转换, 从而完成了 HCU 的工况转换逻辑的建模。

开发团队对不同动力总成系统配置进行了多次仿真和评估, 并比较了每种配置对燃油经济性和驾驶性的影响。

#### 挑战

开发荣威 750 混合动力轿车的混合动力控制器 (HCU)

#### 解决方案

使用 MATLAB、Simulink 和 Embedded Coder 建模、仿真、验证, 并生成嵌入式控制器的产品级代码

#### 结果

- 98% 的产品级代码自动生成
- 18 个月内完成了从概念设计到产品开发
- 建立了完整的测试验证流程

“三年前上海汽车在开发嵌入式控制系统方面没有很丰富的经验。我们之所以选择基于模型的设计，是因为它是一种成熟而高效的开发方法。这种方法使我们的工程师团队能够开发高度复杂的 HCU 控制逻辑并提前完成项目。”

—朱军，上海汽车

在整个开发过程中，开发团队使用 Simulink Verification and Validation™ 来执行建模标准检查，确保符合 MAAB 标准，并建立一致的建模风格。

为验证模型及其组件的功能，上海汽车的测试工程师进行了单元测试、模型在环测试和硬件在环测试，这些测试环节都是上海汽车为该项目制定的系统验证流程的一部分。这套流程目前已被上海汽车所有使用基于模型的设计的项目采用。

除了书面文档以外，上海汽车的测试工程师和标定工程师也依靠 Simulink 模型来进行测试开发和车辆标定。

借助 Embedded Coder™，上海汽车的工程师基于 Simulink 和 Stateflow 模型生成了产品级代码。

通过与 MathWorks 咨询工程师的合作，上海汽车的软件集成工程师将 HCU 的设计从原型环境过渡到了产品级 ECU。在过渡过程中，原来的许多手工任务都实现了自动化，从而提升了效率并减少了错误。

荣威 750 混合动力轿车项目达到了其燃油经济性提高的目标，已经上市销售。上海汽车团队目前正将基于模型的设计用于新能源汽车计划，包括荣威 550 强混合动力轿车及纯电动汽车项目。

## 结果

**98% 的产品级代码自动生成。**朱军先生说：“在改变控制策略时，我们通常需要更新多个模块。如果采用手工编码，很难在短时间内完成的。使用 Embedded Coder 后，我们 98% 的代码自动生成。不仅流程更快了，而且代码更加高效，错误也减少了。”

**18 个月内完成了从概念设计到产品开发。**“从概念车到开始投产，我们花了约 18 个月的时间。”朱军先生指出：“如果不采用基于模型的设计，这可能就要花上将近 24 个月。这样我们也就有更充裕的时间来确保我们交付高质量的产品。”

**建立了完整的测试验证流程。**朱军先生说：“我们在早期的模型中发现并修复设计缺陷，而不是等到上了车再去做这些工作。这为我们节约了大量的时间和成本。该流程包括仿真、模型和代码验证，以及 HIL 测试，现已用于所有新能源汽车项目。”

## 行业

- 汽车

## 应用领域

- 算法开发
- 系统设计和仿真
- 嵌入式代码生成
- 嵌入式系统
- 控制系统

## 使用的产品

- MATLAB®
- Simulink®
- Embedded Coder™
- Simulink Verification and Validation™
- Stateflow®

了解关于 SAIC 的更多信息

[www.saicmotor.com/chinese/index.shtml](http://www.saicmotor.com/chinese/index.shtml)