



对汽车软件开发下一阶段的畅想

多年来，汽车行业一直在朝着软件定义汽车的方向发展，其中越来越多的特性和功能都主要通过支持快捷更新的软件来实现。

当前，千万行量级的软件代码也只是解决了初步问题。随之而来的互联化、自主化和用户体验提升都需要复杂的软件来实现。

确保为开发人员提供卓越的工具、流程和架构，以有效地创建、测试和更新软件是整个汽车行业所面临的首要任务。

持续集成和持续部署 (CI/CD)就是这个问题的答案，但平台必须具备足够强大的云原生开发能力和编排环境，以实现实时全球协作并执行汽车应用所需的严格而广泛的测试。



更好的方法

随着软件将车辆的安全性、舒适性和便利性提升到新的水平，开发人员现在需要比传统系统更现代、更强大的软件开发环境。

过去，软件开发遵循僵化、迟钝的瀑布法，并使用高度离散的工具链。开发过程被分割为不同的阶段，只有前一个阶段结束，后一个阶段才会开始。许多开发过程都需要手动完成。从工具链的一个部分切换到下一个部分也是如此。采用这种方法，推出新的软件版本需要耗时六到八个月。

如今汽车行业力推的软硬分离架构为开发人员带来新的机会。他们可以使用现代化的敏捷和 DevOps 方法按自己的时间表更新软件，速度更快且不受硬件更迭或其它物理更新的影响。这种方法可实现前所未有的在速度、可扩展性、质量和安全性方面水平的提升。

在持续集成 (CI) 方法中，软件将实现自动化编译，软件开发的各个步骤都将包含在“CI 链”中，因为一个环节的输出将成为下一个环节的输入。持续部署 (CD) 指在现场自动部署新的软件版本。CI/CD 以及持续测试 (CT)，现在都可以在汽车上实现，但在汽车行业，测试新的高级应用程序会造成独特的难题，原因是测试需要在实体车辆上或者在测试台上的复杂模拟环境中进行。例如，想象一下对特定软件进行测试有多复杂，该软件需要分析来自多个雷达和摄像头的输入信息，以便自主执行操控，如超过公路上慢速行驶的汽车，或者在车辆、行人及其它障碍物遍布的复杂城市环境中进行导航。

亟需蜕变

[波士顿咨询公司\(BCG\)](#) 曾表示：“仅仅是从内燃机到电动汽车 (EV) 的转变就足以撼动整个行业，而通过软件进行的创新也已然能够改变游戏规则。”“移动出行行业正经历着前所未有的大变革，OEM 应加快上市速度，并针对客户需求做出更加积极的响应。……继续以传统方式运作的企业将无法实现这种蜕变并会在新的环境中丧失竞争力。”BCG 称，敏捷方法具有许多优势，包括加快上市速度、降低风险和¹提高产品品质。

理想的方法是通过基于云的集中化平台，使开发人员能够在位于世界任何测试中心的相关测试台上执行任何测试，从而消除开发和测试过程中的瓶颈。这些测试可以安排软件在环 (SIL)、硬件在环 (HIL) 甚至车辆在环 (VIL)，以便进行更真实的测试。此方法可以利用全球资源，达到处理当今艰巨挑战所需的规模。

传统方法的问题

在开发、测试、集成和部署软件的传统方法中，开发人员每天需要编写数百万行代码，这是不可持续的。由于存在硬件在环（HIL）测试需求，而代码变更需在 CI 期间集成到软件中，CI 系统就必须在物理上位于 HIL 测试台架旁边。这种方法有很多缺点：

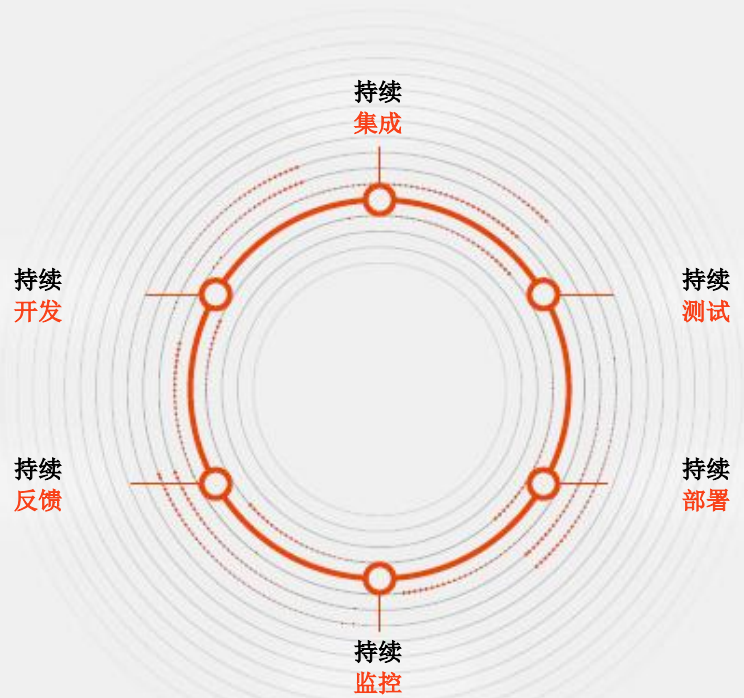
- 单次编译需要消耗数小时的时间，然而我们需要的是在几分钟甚至更短的时间内完成。这是影响交付速度和质量的一个严重瓶颈，因为如果编译需要更长的时间，执行自动化测试的时间通常就会更少。如果编译耗时过久，就会消耗用于额外测试或功能开发的宝贵的时间。
- 传统基础架构价格昂贵，并且程序之间缺乏可扩展性、安全性和灵活性。
-

每个程序都从零开始，而不是重复利用代码或现成的解决方案。

- 如果没有得到普遍应用的软件方法，就会不可避免地会出现影子 IT，也就是说开发人员有时会使用自己喜欢的工具。这不仅会造成效率低下，而且还可能会构成安全风险，因为 IT 对开发过程缺乏了解。如果开发人员使用不同的工具集，他们将难以与客户或在彼此间展开协作。
- 用于编译同一软件程序的 CI 链已在全球多个技术中心得到应用，而每个技术中心都有自己的 HIL 测试台架。而如果没有标准方法，企业就无法在云中进行开发并实现全球标准化所带来的一致性和可重复性。
- 随着众多的团队甚至供应商当前都在致力于打造移动出行软件产品，集成点的增加也催生了更多的质量、交付和时间问题。最好的办法是尽早且经常地集成代码，但传统方法在开发过程中已然形成了固定的门禁，导致在下一个门禁出现之前无法测试相关问题。这会导致整个项目出现不必要的延误。

持续交付

根据全面的持续交付方法，在一个持续不断的循环中，每个操作步骤都会通知下一个操作。



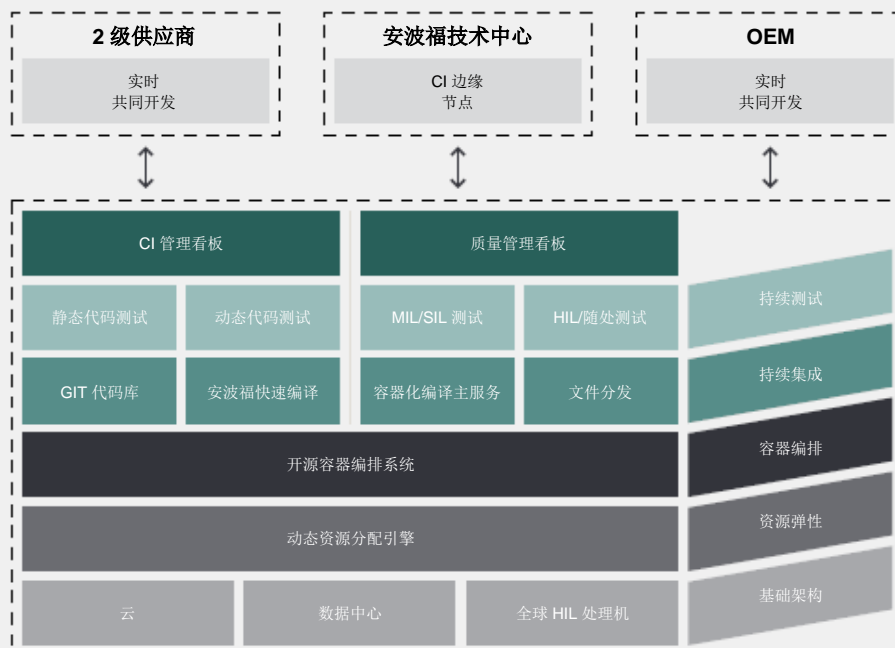
迁移到云端

由于汽车是一个性命攸关的系统，长期以来，汽车企业在设计和测试中一直采用以需求为中心的方法。他们会根据一系列要求验证系统，以确保满足安全和法规要求。事实上，根据行业的 ISO 26262 功能安全标准，他们需要测试各个功能下的每个需求。简而言之，制造商必须证明他们的汽车在下线的第一天就符合安全标准，并且在上市后的每次更新，也必须确保之前的功能仍能正常运行。

在过去 10 年间，汽车行业中应用的软件程序数量已从数百个增长到数万个。其中许多程序的测试必须通过嵌入式软件进行，而这些软件必须在车载电子控制单元（ECU）硬件上运行。测试还必须实时执行，以确保能够预测响应时间，这意味着每个测试平均需要花费几分钟。更麻烦的是，这些软件通常分布在多个 ECU、传感器等设备上，并且可能是由不同企业的不同团队开发的。

持续集成

下一代持续集成离不开基于云的广泛工具，并将它们以注重程序质量和速度的方式



这些因素导致企业在多个地点使用多个 CI 链，每个都拥有自己的 HIL 测试台架，并且都会用于同一个项目。

为每个程序创建一个统一的工具链将是一个更好的选择。这条工具链必须基于云而且在全球范围内可用。并且应该形成一种机制来快捷地部署新的工具链。

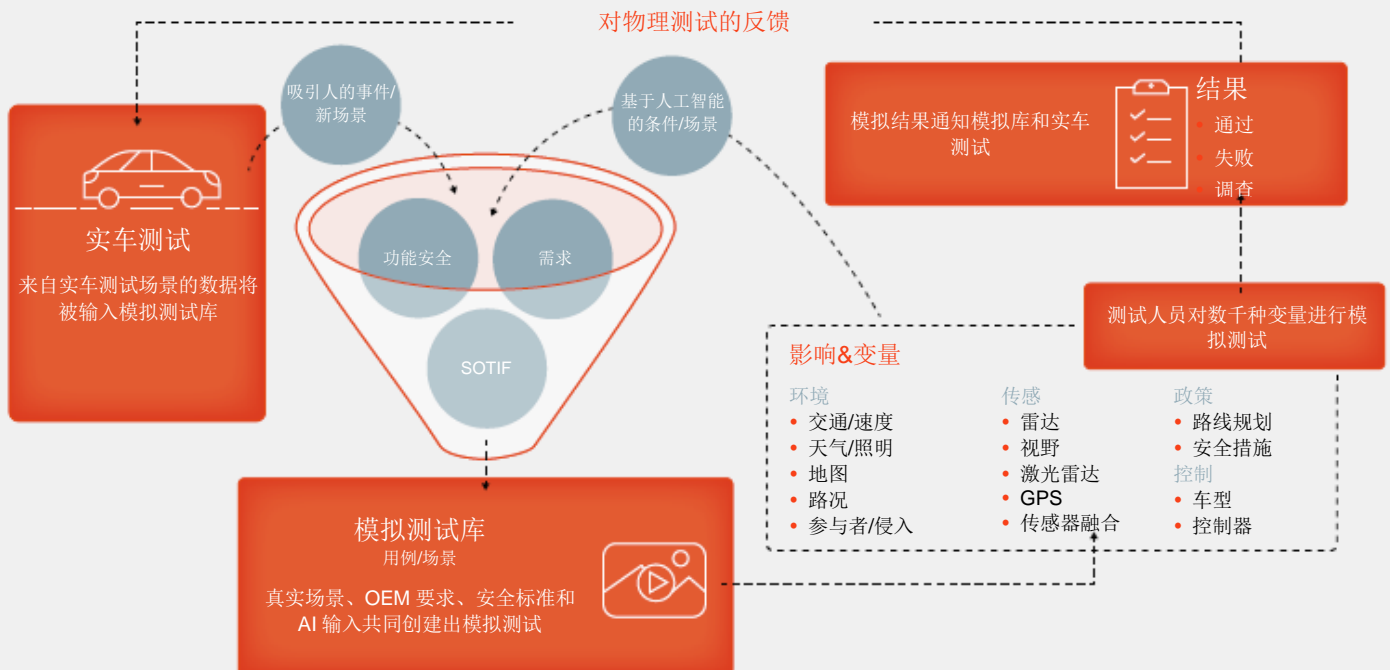
基于云的工具链具有可扩展性，可确保 CI 编译时间不会成为一个限制因素 - 这一点很重要，否则将会压缩可用于测试的时间并导致开发延迟。

使用基于云的方法，开发过程将更为顺畅，因为代码更新可在开发团队之间共享，因此每个人对项目状态认识并不存在差异。这可以实现更高的自动化、远程故障排除、快速反馈、清晰的团队工作分配和明确的产品所有权。

使用基于云的 CI 持续集成意味着开发团队创建的新代码会自动集成到上一级分支中，而基于云的持续部署（通过 OTA 无线更新）可确保成功编译的代码自动部署到测试或生产环境中。应用得当的话，基于云的方法还可以在整個过程中进行安全性编译，其中包括灾难恢复。托管在云中的集中式基础架构允许通过单一管理视图查看所有这些高度安全且有弹性的 CI 链。

持续测试

汽车领域的持续测试指的是在物理测试和基于软件的模拟测试之间创建反馈循环。



此外，这种灵活性使开发人员能够在开发周期后期优化产品。开发人员可以等到上市前一年再明确消费者需求并对它们进行测试，从而编译出更接近用户期望的系统，而无需提前几年就预判今天的消费者需要什么样的系统。

而且，他们可以在今后几年根据需要部署 OTA 软件更新，从而降低保修成本并确保软件始终满足消费者的需求。

测试是关键所在

在汽车行业，车辆最终要在实车进行测试。除了时间成本外，路测成本也非常高。将新软件实际加载到车辆中并通过数十万英里的路试，确保该软件在各种驾驶条件下都能正常运作，成本高达每英里 7 到 10 美元。

模拟测试程序可帮助汽车行业软件开发公司降低成本，同时实现测试的灵活性和可重复性。此外，借助模拟测试路线，企业可以在复杂解决方案的开发过程中测试代码片段改动或模块功能，而不必等整个产品完成后再进行测试，以及测试问题修复后的再次测试。

融合 SIL 或 HIL 的模拟测试技术，可以测试和验证日常的编译成果。多线程 SIL 或 HIL 可以同时多个测试，而不是逐一进行，这既能节省时间又能提高效率。

SIL 测试完全可以在软件生成的建模环境中进行。SIL 测试对硬件没有特殊要求（几乎可以在任何笔记本电脑或其它计算平台上进行），并且最适合在早期阶段对设计进行测试，这也是它的一大优点。

在 HIL 测试中，系统给 ECU 输入车辆和环境的模拟信号，使其等同于连接到真实的车辆。HIL 测试台架包含所有的相关车辆部件，模拟器向真实的摄像机和雷达系统提供输入信息，然后再将信号发送到被测试系统，以检测系统是否能够对输入做出正确响应。

例如，测试脚本可以创建一个场景，在该场景中，汽车在雨天中以 60 英里/小时的速度绕弯道行驶时遇到未知障碍物，或迎面而来的汽车突然转向跨越了车道线。连接到 HIL 测试台架的摄像头和雷达将图像发送到 ECU，被测试系统必须实时处理这些数据并决定采取何种行动。

使用这些方法，安波福测试人员可以每天执行超过 100 万次对象级的模拟，可以每天包括雷达和摄像头输入在内模拟“驾驶”200,000 英里。

在模拟测试中，测试人员还可以快速测试不常见或潜在危险的用例。通常而言，人们往往需要驾驶数百或数千英里才能重现某特定驾驶情况或部件问题，而模拟测试则可以按需测试，对某挑战性的场景进行重新模拟测试，对比不同版本的软件如何处理相同的输入信息。

基于云的 CI/CD/CT 的优势

基于开放标准和敏捷软件开发模式的全球集成云原生架构彻底解决了传统瓶颈，并为开发高级软件的企业带来了关键优势。包括：

- **性能：**基于云的全球可用架构可以实现从世界任何地方远程控制测试台架，从而提高可扩展性和灵活性。
- **速度：**自动化可缩短高达 80% 的编译时间。企业可以通过基于容器的架构和代码合并方法来解决瓶颈问题。他们可以进行增量编译和测试，进而将部署速度提高 60%。
- **共同开发：**如果存在多个合作伙伴，各方可以实时测试彼此的代码，各方都可以在供应商提交代码的当天发现、修复和测试集成问题。这样就可以快速地为 OEM 提供高品质、低风险的复杂软件功能，实现降低成本、简化维护的目的，方便后期的功能迭代优化。
- **质量：**实现与远程 SIL/HIL 测试台架的完全集成，解决了汽车行业敏捷开发长期以来面临的问题。开发人员可以在任何地方进行无限次测试，从而提高产品质量。
- **透明度：**无论程序规模、复杂性和所在位置如何，整个团队都能全面了解所有软件开发链的最新状态。开发的最佳案例可以得到加强和支持，问题在质量受到影响之前被发现。这样做也大大简化了安全策略的制定和执行。

数据挖掘

对每个客户项目，安波福都会进行 400,000 到 100 万英里的路测，并记录相关数据。这个庞大的原始感知和场景数据库包括雷达和摄像头捕捉的来自世界各地的所有环境、一天中不同时间和各种天气条件下的数据。产品开发人员可以分析日志文件，了解安波福传感器、控制器如何与 OEM 提供的整车作为一个整体进行系统交互，然后将该数据用于未来的开发当中。

安波福的 CI 持续集成工具链

安波福在 CI 持续集成软件开发工具链中使用了基于云的可扩展技术，可并行进行多个测试。这将支持新的开发方式 - 在靠近发布日期时而不是在开发伊始定义功能。它还支持安波福、OEM 和第三方开发人员之间的深度协作，各方将使用相同的工具集在相同的看板中进行实时开发。

结果令人印象深刻。现在，该平台每天编译和测试 1000 万行代码，在速度和质量提升方面取得了突破性进展。比如，在应用安波福的工具链之前，编译一个完整的主动安全系统耗时超过 12 小时，并且按照当前的行业编译标准，只有完成一项编译工作后才能开始下一项编译工作。

平均而言，该平台可以将编译时间缩短 70%。它突破了汽车业持续集成（CI）面临的巨大瓶颈，允许对每项编译工作执行更广泛的测试，从而实现质量方面的巨大飞跃。这将有助于实现一项关键操作，也就是被称为代码门禁的持续测试，其中包括完整的编译活动和每次代码检入后完整的自动化测试。

基于静态基础设施的传统 CI 链已无力应对呈指数级增长的汽车复杂的解决方案，安波福的持续部署（CD）平台通过采用全新的云原生方案解决了此问题，其中包括智能编译和弹性基础架构技术。借助这些技术，该平台可以轻松地从数十个并发编译扩展到数百个并发编译，并且它会自动提供适当的计算能力以优化代码编译和测试的执行。

新的 CI 链可在几分钟内完成部署，且不会遇到任何障碍。通过单一视图就可透视全球 CI 链，并内置安全和灾难恢复功能。只需单击一个按钮即可进行更新，并且每次都会集成增强功能。该工具链针对需求和流程合规性实现了完全可追溯，其中包括支持 ASPICE 和 TISAX 3。

结果：降低了开发成本，加快了交付速度，提高了灵活性，并真正实现了安波福、OEM 和第三方之间的实时共同开发。

自动化的力量

过去，开发人员需要手动测试软件。软件版本每月发布一次，执行测试几乎也需要花费那么长的时间。随着编译所需的代码急剧增加，这种方法便不再可行。

随着安波福在开发和测试关键汽车软件项目方面积累的经验越来越丰富，我们对行业挑战以及克服这些挑战所需的工具的认识也拥有深刻洞见。今天，得益于 CI/CT 系统，96%的测试过程都实现了自动化，这样，无论需要测试多少需求，执行时间都可以以天为单位计算。

目前，安波福正继续致力于提高自动化水平，力争使完整编译的测试窗口缩短至 6 到 10 个小时。

作者简介



Brian Murphy
工程服务总监

Brian Murphy 热衷于使用尖端技术和流程来提高产品开发的质量和效率。他在金融、健康、电信和汽车行业的软件开发、架构和管理方面拥有超过 25 年的经验。组建高效团队、业务快速交付和超越预期创新是 Brian 日常工作中的三个核心内容。

更多详情请访问 [APTIV.COM](https://www.aptiv.com)/ 智能汽车架构