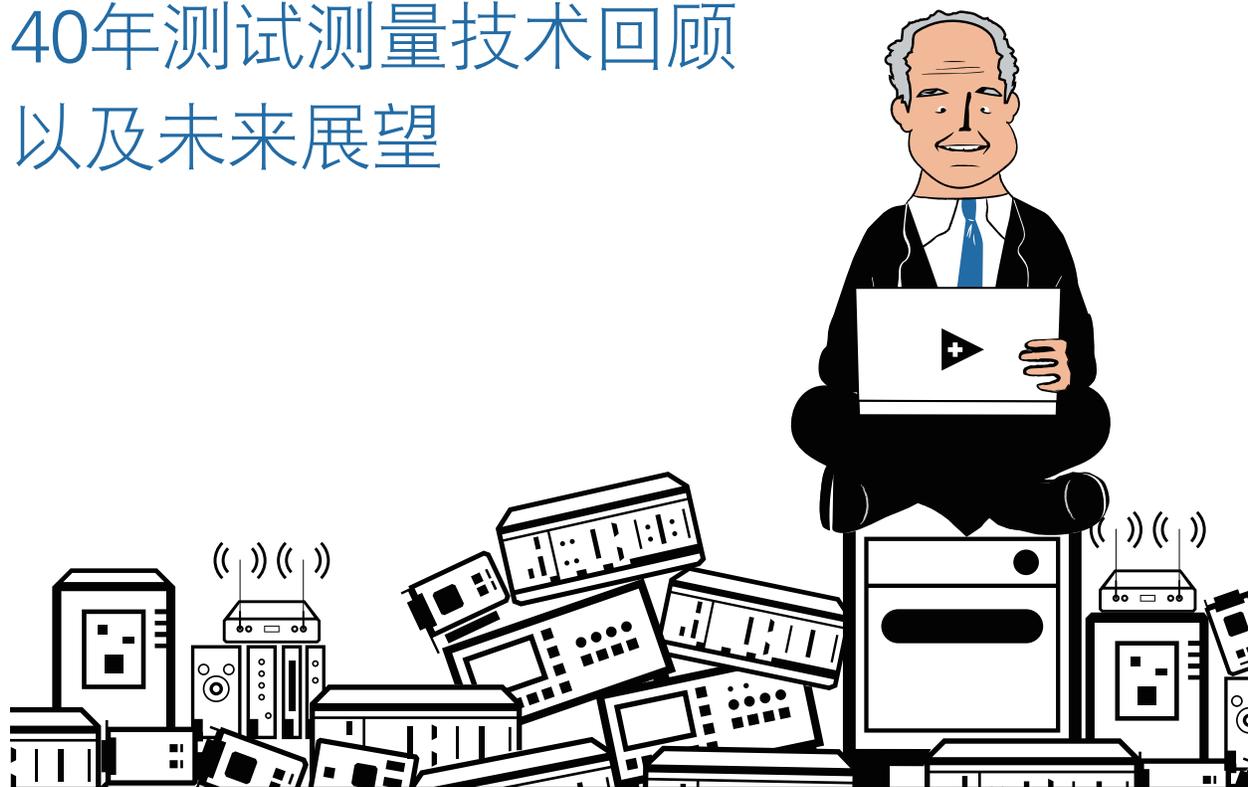


# 2017自动化测试趋势展望

NI联合创始人带您慧眼看趋势：由Dr. James Truchard担任客座编辑



# 40年测试测量技术回顾 以及未来展望



随着我作为NI首席执行官40年的职业生涯接近尾声，测试测量行业自1976年起所发生的重大变化和创新也重新浮现在我眼前。我们从真空管技术驱动的通用无线电时代进入到惠普晶体管主导的时代再到今日——由NI所引领的过渡时期，此时软件变成了真正意义上的仪器。毫不夸张地说，摩尔定律给我们带来了疯狂的快速进步，当你觉得一切沿着轨道正常运行时，过程创新却扩展到新的维度，将性能推高到另一个层次。

就像晶体管一样，NI的起点也非常不起眼，但通过不懈地专注于开发伟大的产品以及借助客户和平台技术，NI赋予了世界以变革性的创新能力。下面请允许我回顾40年来所学到的经验以及我即将进入职业生涯新阶段时这一市场的展望。

## “为测试测量提供利器，正如电子表格之于财务分析”

当我和Jeff Kodosky、Bill Nowlin在1976年创立NI时，我们看到了工程师和科学家与测试测量设备交互的方式以及开发方式具有有非常大的创新空间。我们成立公司的初衷是为工程师和科学家解决测试测量需求提供更好的方式。我们没有现成的解决方案可以购买，但至少我们应该不需要从零开始开发。

通用接口总线（GPIB、IEEE 488）就是我们的网关。我们的愿景正如1983年所说的：“为测试测量提供利器，正如电子表格之于财务分析。”今天再说这句话似乎丧失了一些力量，但想一下80年代初。当时，财务分析工具

就像被“锁起来”，如果没有较高的预算，一般人是用不起的。电子表格的出现改变了这种情况，这也正是我们想要做的。我们希望让所有工程师或科学家都能够使用到与领先技术公司研发团队相同的工具或平台。这在当时是一个非常超前的观点，而且到如今，从许多方面看仍是如此。

## “软件就是仪器” (The Software is Instrument)

虽然很多人可能将 GPIB 仅仅视为硬件，但我们也认识到它在软件方面所起的作用。随着 PC 行业的发展（以及苹果 Mac 的发展，我们对于图形用户界面有着特殊的青睐），GPIB 电缆使得我们能够容易地以自定义的方式来分析和展示数据，以满足客户的需求。它们不再局限于使用仪器前面板以及笔和纸来记录采集的数据。之后创新的方向开始转移到软件世界，因为编程语言需要仪器驱动程序来连接不同的仪器。NI 编写和支持这些驱动程序的战略为用户提供了一个重要的服务，到目前为止，NI 通过仪器驱动网络提供了超过 10,000 个驱动程序。

但是，测试测量界的工程师和科学家仍然需要使用专为计算机科学而设计的工具来执行工程开发、测试和测量任务。我们的解决方案有两个：LabWindows™/CVI – 为 ANSI C 编程提供工程开发专用工具；LabVIEW - 图形化编程软件，可将我们的问题解决思路以流程图和图片的方式转换为编译代码。原理很简单：采集、分析和展示。这一过程使用专为用户应用而定制的软件工具来实现，该工具不仅易于学习，而且功能强大。我们创造了“软件是仪器”这一标语来描述这种方法，验证这一方法有效性的方式就是看到工程师和科学家节省了宝贵的时间以及更快速地获得结果。

## 遵循摩尔定律

人们谈论摩尔定律时都是在说硬件，但计算硬件的存在只是为了运行软件（或者固件）。我们在将测试与测量的重心转移至软件领域之后，便立即着手网罗 Intel、Xilinx 等多家市值超过 10 亿美元的大型企业，成为我们的合作研发商。随着客户和合作伙伴越来越熟练地使用我们的软件工具，我们只需要通过优化芯片来为测试和嵌入式系统提供更多的价值。到目前为止，这主要取决于两个方面：多核处理器和 FPGA。

因为 LabVIEW 是图形化的，因此很明显它不是采用顺序执行方法，而是专为并行处理而开发的。LabVIEW 用户是第一批可以轻松从单核处理器迁移到多线程和多核处理器的程序员，其速度提升几乎是瞬时的。显然，其他语言也有可能利用这些趋势，就像我们仍然有可能使用机器或汇编语言编写高效的代码，那为什么要利用这些趋势呢？现代电子产品的变革速度意味着你不能浪费时间在可以使用工具可以轻松解决的事情上，大量 LabVIEW 用户的反馈也证明了这一点。

而 FPGA 则完全不同。有些问题就是更适合在高度并行且确定的硅芯片中解决。但是大多数机械工程师或医学研究人员的专长是测量和解决问题，而不是数字设计，因而无法使用工具链或编程结构。我们在 20 世纪 90 年代后期认识到了这一点，并开发了 LabVIEW 图形化编程方法。我们力求让 LabVIEW 编程人员也能够轻松使用 FPGA 的功能，而且我们也做到了。只需看一下 Engineering Impact Awards 的获奖作品，不管是再生和恢复由于疾病或创伤而损坏的器官功能，还是使用大规模 MIMO 创造 5G 无线频谱效率的世界纪录，这项技术的强大便一览无余。

## 硬件设计采用以软件为中心的方法

当您开始用与我们一样的独特观点来思考软件时，就会自然而然地会以不同的视角看待硬件。基于 PC 的插入式模块化板卡便应运而生。这使得硬件可以尽可能轻量且经济高效（无专用屏幕、电源、固定按钮/旋钮等），并专注于 ADC、DAC、信号调理和数据移动。任何测试测量供应商都无法替代客户，设计出最能够满足其需求的用户界面。即使是设计最完善的台式仪器前面板，也会有许多派不上用场的按钮或菜单结构。许多硬件产品会因为 I/O 连接器而存在尺寸限制。那么我们是否能克服这一限制呢？

事实证明我们的战略不仅有效，而且是正确的。全新的矢量信号收发器 (VST) 将 RF 分析仪、RF 发生器、并行和串行数字接口以及高性能信号处理集成到一个 2 插槽 PXI 模块中。该产品提供业界领先的分析带宽 (1 GHz)、出色的射频性能和 MIMO 应用所需的可扩展性，秘诀在于：软件。我们将尽可能多的技术问题转移到 FPGA 中，摩尔定律（以及赛灵思）提供了一个能够处理计算任务的“车辆”。然后，我们将启动该车的钥匙交给我们的客户，允

许他们使用LabVIEW来自定义FPGA。从5G蜂窝技术开发到汽车雷达和驾驶员辅助算法开发再到降低物联网(IoT)设备的成本，VST和LabVIEW正在帮助客户实现目标，避免传统仪器的诸多限制。

## 未来

无论从哪方面来看，我们都能够探视未来。现代工厂采用所谓的“信息物理系统”，将以软件为中心的计算机技术与机电系统、操作员相结合，以提高安全性、效率和成本结构。“采集、分析和展示”这一概念仍然有效，但是对于物联网设备，我们添加了一个并行的流程 - “感测、计算和连接”。无线技术无处不在。这些概念我们已经说了一段时间，即使今天的你不是RF工程师，未来的你也将会变成RF工程师。连接的设备越多，就越难以利用从数十亿个传感器节点采集的数据。对我们来说，这是Big Analog Data™解决方案，是世界上最丰富的数据集。NI客户每天都在采集以TB计的数据。

尽管我们的功能日益先进，但我们需要解决的问题的规模也越来越大，因此我们使用的工具必须简单易

**“所有工程师、科学家和供应商都应积极接纳最新的方法，才能最终解决时代所面临的重大工程挑战。”**

— James Truchard博士，总裁兼CEO兼联合创始人，  
National Instruments

用。正如机器语言迁移到汇编语言和面向对象语言，其他编程方法，包括图形化数据流编程，是提供正确抽象层次的关键。LabVIEW Communications系统设计套件中的多速率图就是一个很好的例子；没有一个软件工具能独立提供5G算法原型验证所需的生产力，除非我们在一个可直接部署到硬件的流程内处理多个计算模型。

没有一个伟大的创新是独自完成的。我们今天使用的平台之所以有效，是因为它们已经形成了一个生态系统。NI以软件为中心的方法催生了一个由1,000多家公司和300,000个活跃的LabVIEW用户组成的合作伙伴网络。生态系统只有建立在开发者友好的平台上才是健康的，才有可能推动移动设备和app的兴起。基于团队的开发、代码共享和社区支持很快将不再是想象或领先公司的专利，而是一个不可或缺的元素。

## 结束语

若您像我一样亲眼目睹此行业过去40年来所经历的一切，您将很难不对所有这些技术及趋势的未来愿景感到兴奋。在此我想要给所有刚入行的工程师一个简单的建议：为未来制定愿景，并坚持不懈地为之奋斗。最后，在一天即将结束之时，也别忘了放松一下，享受人生。

谢谢过去40年的一切。我相信以下《自动化测试趋势展望》的五篇文章无论是今天还是最初发布之际，都是适用的。希望这一报告能够帮助您制定您的未来愿景，给您和组织带来兴盛和成功。



# 目录

- 04 优化测试组织**  
将测试组织转变为战略资产需要采用长期的阶段式方法，即创建标准测试平台—搭建数据技术架构—决策优化。
- 06 可重配置仪器**  
测试系统进行重新配置的原因不胜枚举，从满足新的测试需求，到校准与维修期间替换其他仪器，不一而足。
- 08 以软件为中心的生态系统**  
以软件为中心的技术特性给自动化测试系统的功能带来变革，有助于提高生产力以及促进协同合作。
- 10 管理测试系统**  
随着摩尔定律持续影响测试系统的性能，新的数据与通信技术可帮助测试管理人员优化其测试系统，降低测试成本。
- 12 由必然性驱动**  
在一个软件日益占据主导地位的世界中，安全法规和软件正在将 HIL 测试推向交通运输制造业的最前沿。

编者注：我喜欢见证测试领导者和测试组织将他们的“必要成本中心”转变成战略资产，以提高其盈利能力、加快其产品上市时间以及改善其产品质量。我带领也经历过很多组织的转折点，从个人和专业角度来说我都可以证明测试既是个艰苦的工作，但也值得企业为之付出努力。我们每年主办各种全球性的测试工程领导者活动，让您能够了解到前瞻性的见解以及学习到他人资深的经验，这些活动包括测试领导论坛、地区咨询委员会和在线LinkedIn群。你会惊讶于从行业内外的同行那里学到的东西。

## 优化测试组织

在低迷的市场经济环境下，公司更加努力地寻找机会来获得竞争优势，同时增加营业额、利润和客户忠诚度。这使得六西格玛、精益制造、能力成熟度模型集成（CMMI）和敏捷产品开发等商业改进策略得到广泛的应用。此外，公司将提升以及战略性地利用组织内部的支持功能作为其市场差异化特性。

例如，信息技术(IT)的角色在过去二十年中发生了巨大变化。最初，IT只是一个支持功能，提供了标准的计算应用程序、数据存储和例行任务自动化。现在，在领先的组织中，IT可以简化关键业务流程，并帮助处于公司业务核心的高管做出实时决策。2010年《首席信息官》(CIO)杂志的调查报告确认了IT的战略重要性，该报告表明，70%的CIO现在属于其公司执行委员会的成员。

与IT类似，产品测试历来被视为产品开发制造过程中的支持功能——仅仅是一个必要的成本中心。因此，许多公司对其他领域的“战略”价值，如产品开发和销售支持，进行了大力度的投资。这使得测试组织分散，无法

满足业务要求，技术和测试方法过时，给组织的发展带来瓶颈。然而研究显示，测试非常重要，因为它可以验证产品的性能、缩短开发时间、提高产品质量和可靠性、降低产品召回率。测试有助于在产品开发早期发现产品缺陷并采集产品数据，以便改进设计或过程，给组织带来了巨大的价值。

电子制造公司的一个新兴趋势是通过产品测试来实现竞争差异化。这导致公司将测试工程从成本中心提升到战略资产。最近，NI对测试工程领导者的一项全球调查证实了这一转变，这些测试工程领导者表示，他们在未来一到两年内的首要目标是重组其测试组织结构，以提高效率。这种战略调整将有助于降低质量成本，并通过更快速将更好的产品推向市场来影响公司的利润。研究表明，当测试工程组织提供整个产品生命周期的集中测试策略时，“优化”是最理想的成熟度等级。这类优化组织会开发标准化测试架构来大量复用组件，实现动态资源利用，并提供系统化企业数据管理和分析来对整个公司的业务产生影响。

## 长期的阶段式方法



将测试组织转变为战略资产需要采用长期的阶段式方法。

据NI研究，做出这种转变的公司必须采用长期的战略，一般需要三到五年才能开始展现效益。一个公司必须有一个严谨创新的投资策略，通过四个成熟度阶段来改变测试组织：适应、被动、主动和优化。每个阶段都包括人员、过程和技术等要素。测试组织需要让合适的人员来制定和维护统一的测试策略，并改进流程来简化整个产品开发过程中的测试开发和复用。最后，公司需要跟踪、整合最新的技术来提高系统性能、降低成本。

当公司改变流程、人员或技术时，他们有时会试图跳过想项目，因为他们相信他们可以更快地达到更高的成熟度等级。然而，组织达到优化等级之前，必须首先在每个主要竞争力领域达到主动等级：企业整合、业务规划、部署生命周期、系统开发以及测试技术和架构。

组织通过采用循序渐进方法，并根据其年度经营目标制定短期项目来帮助公司提高成熟度等级，从而为战略转型打下坚实的基础。随着基础的建立，企业的测试生产力和资产利用率将提高，原始投资将开始获得回报。这种阶段式方法能够使组织仅在完成一两个项目后就可以获得收益。这些过渡项目的例子包括：

- 标准化测试架构/过程（适应→被动）——采用标准化的软件和硬件架构以及测试方法可实现通过提高测试代码开发和资产利用率来提高生产力。

- 测试总体拥有成本（TCO）财务模型（被动→主动）——创建测试的TCO财务模型，帮助公司计算测试优化项目相关的业务生产力指标和财务指标（投资回报率、投资回收期、净现值价值、内部收益率等）。
- 企业测试数据管理（主动→优化）——开发一个通过通用访问接口覆盖多个站点的全面测试数据基础架构，帮助负责人作出实时决策。

这种转变要求公司不仅要支持现行的运营，还要开发创新项目。测试行业还处于转型的初期阶段。IBM以IT行业为外部比较基准，在其2010年的全球技术展望中指出，与采用传统85/15商业模式的组织相比，IT组织经过战略转型的高效率公司仅将60%的IT预算用于现行运营，而将40%的预算用于创新项目。与测试行业相似，领先的公司通过保持其测试部门的灵活性，使其匹配其他战略部门的创新水平来获得竞争优势。

当测试工程组织变成战略资产时，就需要开始创建标准测试平台，开发有价值的测试相关知识产权，同时降低运营成本，并通过持续提高产品利润、质量和上市时间来匹配业务目标。

编者注：《2010年自动化测试趋势展望》发布三年后，NI推出了矢量信号收发仪，这是一款掀起RF仪器革命的PXI模块，创造了一类新的用户可重新编程的软件设计仪器。起初，业内的其他人称之为“可爱”，并否定了用户希望拥有该级别仪器功能的设想。但是VST成为了NI到目前为止最成功的硬件产品，并重新定义了仪器的未来。如果您的组织尚未考虑使用软件设计的仪器，那我强烈推荐您考虑这种仪器。

—Dr. James Truchard

## 可重配置仪器

软件定义的仪器也称为虚拟仪器，基于模块化架构来实现高度可重配置性。软件定义的仪器包括模块化采集/生成硬件，通过在主机多核处理器上运行的用户定义软件来自定义其功能。这个基本模型是目前大多数自动化测试应用的理想选择，但是不断出现的新技术和测试方法

是现场可编程门阵列(FPGA)，以将必要的智能置于仪器内。用户可编程仪器创建了这样一种架构：数据可以在FPGA上实时操作和/或由主机处理器集中处理（见图）。FPGA是使这些成为可能的关键，因为它结合了ASIC和基于处理器的系统的优势。简单来说，FPGA是可重新编程的硅芯片。借助预构建的逻辑块和可编程布线资源，工程师可以配置这些芯片来实现定制硬件功能。他们可以在软件中开发数字计算任务，并将其编译为配置文件或位流，以编程FPGA组件。此外，FPGA可以完全重新配置，在采用其他电路配置进行重新编译后立刻具有新的功能。

除了用户可编程，FPGA还提供硬件定时的执行速度以及高确定性和可靠性。FPGA采用真正的并行机制，因此不同的处理运算不必竞争相同的资源。每个独立的处理任务具有其自己专用的芯片部分，并且每个任务可以自主地运行而不受其他逻辑块的任何影响。因此，添加更多的处理任务不会影响应用程序其他部分的性能。

虽然FPGA应用到仪器内部已经有十多年，但是测试工程师很少有权限在其上嵌入自己的算法。为了应用于软件定义的仪器环境中，FPGA必须能够由工程师使用软件重新编程；换句话说，它们应该让硬件具有与软件一样的

“硬件定制的能力本身就是通往完全软件定义的测试系统的另一个里程碑。10年后，我们将会惊叹于曾经在不具备这一能力的情况下我们是如何高效地编程测试系统。”

— Mike Santori, 首席商业和技术工程师, 美国国家仪器

开始要求硬件也必须具有可重配置性才能满足性能要求。一个例子是测试现代RF接收器，其中编码/解码、调制/解调、打包/解压和其他数据密集型任务需要在待测设备(DUT)的一个时钟周期内完成。在这些情况下，软件定义的架构需要足够灵活才能集成用户可编程硬件（通常

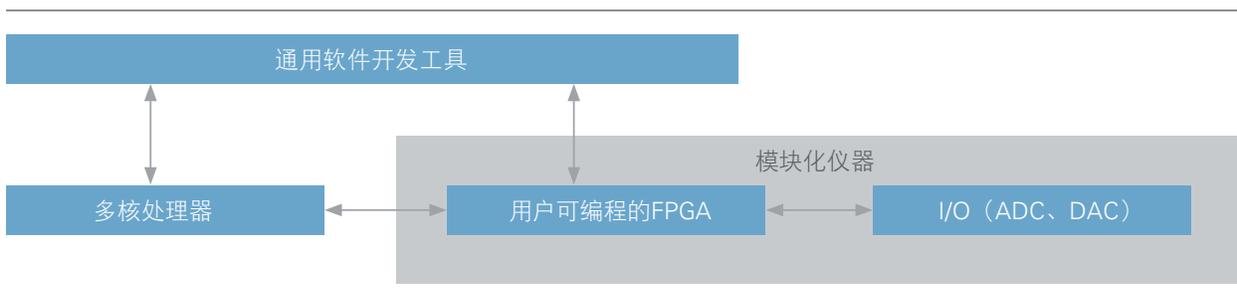
可编程性。过去，FPGA技术仅面向对数字硬件设计软件有深入理解的工程师，例如硬件描述语言（如Verilog或VHDL），这些语言使用底层语法来描述硬件行为。大多数测试工程师并不具备这些工具相关的专业知识。然而，高级设计工具的兴起正在改变FPGA编程的规则，它们采用新技术来将图形化程序框图或甚至C代码转换成数字硬件电路。这些系统级工具能够抽象化FPGA的编程细节，从而弥补了这一个知识差距。

显然，在主机处理器和FPGA上执行不同类型的处理有许多优点。例如，FPGA通常适用于在线处理，比如简单的点对点I/O降采样，而复杂调制过程由于需要进行大量的浮点运算，更适合在多核处理器上运行。开发软件定义测试系统的理想解决方案是通过一个统一的图形化系统设计开发环境，依据主处理器和FPGA的各自优势来快速分配处理任务。

这种新的软件定义的架构可以应对传统方法无法解决的应用挑战，例如前面所述的例子需要主机的实时决策才能准确地测试设备，这在传统方法中是难以实现的。取

而代之的是，工程师可以将智能完全部署到嵌入在仪器内的FPGA上，以帮助判定产品是否合格。这通常是提供DUT所需的严格同步性和确定性的唯一方法。这种类型的设备包括RFID标签、存储器、微控制器和发动机控制单元（ECU）等。对于一些应用，工程师还需要通过协议进行无线或有线通信，在作出决策之前需要大量的编码和解码。

随着测试工程师继续寻找创新的方法来减少测试时间和系统成本，可重配置仪器将不断被主流应用所采用。例如，采用模数转换器和FPGA的数字化仪。工程师可以将滤波、峰值检测、快速傅里叶变换(FFT)或自定义触发等函数部署到FPGA上。所有数据不再被同等对待，基于FPGA的数字化仪可以快速判断哪些数据是没用的并可以丢弃的、哪些数据是有价值的。这可以最终显著地减少测量时间。军事和航空航天工业的测试工程师通过合成仪表计划成为基于FPGA的仪器的早期使用者，但该技术电信、汽车、医疗设备和消费电子等应用同样具有巨大的潜力。



可重配置仪器提供了主机+FPGA配置，可同时提供高性能和灵活性。

编者注：过去，我常用苹果iOS应用商店的bagpipe tuners为例来展示一个有活力的生态系统的力量。就像苹果一样，NI也拥有一个自己的生态系统。而这个生态系统正是建立在LabVIEW的平台上的，它明确地定义了API和硬件规范。然而这个生态系统却不要求用户从零开始开发，除非他们自己想要这样做。对于一个健康有生产力的工程平台而言，一个有朝气的生态系统是至关重要的，这样的平台将比任何一个测试供应商的研发部门都更有价值。请务必了解您测试系统所处的生态系统，并积极融入进去。

—Dr. James Truchard

## 以软件为中心的生态系统

在移动设备转型中，我们可以挖掘到测试和测量行业的一个重要趋势：即以软件为中心的生态系统。最初移动电话仅仅是为打电话而设计的，之后增加了短信功能，然而这些功能几乎完全由供应商定义。一旦这些设备的软件向用户开放后，音乐播放器、相机、电子邮件等功能便接踵而至。但是，转型的有效性不仅仅是一个开放的软件体验。从Apple到之后的Google都根据自己的产品建立起了一个强大的生态系统，并创建了一个用户体验社区来加速APP的普及性。

一般来说，手机固有的开放性和社区理念本该由手机供应商自己开发的，但是，现在却是由Apple和Google在研发硬件设备之前就已经将软件环境开发好了。通过向用户或第三方开发者提供相应水平的定制产品，然而这两家公司却成功地改变了消费者对手机的看法。

这一理念也在影响着测试和测量行业。建立在标准软件平台之上的设计师和集成商组成的社区，正在利用商业现有技术来将复杂硬件的功能扩展到前所未有的应用中。基于软件的生态系统所具有的生产力和协作力将会影响着测试系统设计未来三到五年的发展趋势。

### 生态系统定义

James F. Moore在《竞争的衰亡：商业生态系统时代的领导与战略》一书中对商业生态系统做了这样的定论：“以商业世界的有机体 - 企业和个人相互作用为基础的经济社区。该经济社区为生态系统的一部分——客户提供有价值的商品和服务。其他成员组成还包括供应商、领先制造商、竞争者和其他利益相关者。他们的能力和角色随着时间的推移而共同变化，总是趋向于让自己与一个或多个处于中心位置的公司设定的方向保持一致。”

在测试和测量行业，经常会有跨行业协作。IVI Foundation、PXI Systems Alliance 和 LXI Consortium 等领先行业集团数十年来一直致力于让行业的参与者相互合作交流，但通常由于摩尔所描述的主要代沟而收效甚微。现在软件供应商、硬件供应商以及软硬件供应商也积极地加入到这些交流合作中，他们正将专有架构之间的互操作性和开放架构的易用性推向商业生态系统。测试测量行业中最成功的例子便是以软件为核心的生态系统。LabVIEW就是通过生态系统来提高价值的应用软件之一。相当多的工程师已经接受LabVIEW培训并通过LabVIEW工具网络等商用工具开发了可满足专用应用程序需求及其他需求的附加工具。NI联盟合作伙伴网络的

系统集成商以及 LabVIEW 顾问正在致力于部署这个生态系统。每加入一个供应商、制造商、竞争者或利益相关者，软件对每个客户的价值也随之增加。

## 开放和专有软/硬件架构的生态系统

一个非常有用的生态系统可帮助我们与仪器之间交互——可互换的虚拟仪器（IVI）驱动程序。通过在应用程序编程接口层面提供一个通用方法来与多个供应商的类似仪器通信，IVI基金会减少了用户的学习曲线和供应商的开发周期。这为第三方创建驱动程序、容纳这些驱动程序的聚集网站（如ni.com上的IDNet）、以及基于这些驱动程序的抽象层打开了大门。如果采用精心构建的硬件抽象层，为几十年前设计的系统插入技术不仅成为可能，而且将成为例行工作。为实现这一目标，基于标准化的生态系统是至关重要的，并且过去几年，随着IVI在Microsoft .NET的本地实现得到了批准，该生态系统不断壮大。为在线信号处理或DUT控制等应用编程FPGA时，大多数测试工程师实际上只需要单个供应商的硬件来实现满足其技能水平所需的抽象。在以软件为中心的商业生态系统背景下提供这些解决方案时，该平台可以像独立或可互换的软硬件方法那样具有高用户灵活性。例如，LabVIEW可重配置I/O（RIO）架构的FPGA编程能力可以在LabVIEW系统设计工具链中集成第三方

VHDL或Xilinx 内核生成器IP。LabVIEW工具网络可帮助用户交流项目范例和编译代码，为自动化测试中不同应用领域的用户和供应商提供支持。这种生态系统为非传统自动化测试领域打开了FPGA编程的大门，并提供了成功开发所需的IP。如果没有一个以软件为中心的生态系统，许多可实现的开放平台可能会遭遇难产。xTCA平台在电信基础设施中广泛应用，也受到高能物理学界的关注，但是该平台未能为自动化测试建立起一个强大的生态系统。由于平台具有多种不同的组成结构、通信总线 and 软件选项，使得领先供应商无法快速或轻松地应用这些平台。虽然AXIe联盟正在努力统一这些选项并针对自动化测试进行改进，但成功与否将由以软件为中心的生态系统所决定。

## 自动化测试生态系统的未来

在接下来的三至五年中，自动化测试系统以软件为中心的趋势将显著增加，生态系统将对用户从这些平台获得的价值产生更大的影响。前面介绍的仪器通信和抽象FPGA编程示例只是自动化测试生态系统的开始。由于软件供应商能够更好地利用其生态系统及为第三方IP利用商业化模型，移动设备的发展将对测试和测量行业产生变革性影响。



由于软件平台开发的生态系统随着客户、供应商和附件提供商的加入而日益壮大，软件平台对于客户的价值也越来越高。以软件为中心的生态系统将会显著影响工程师从基于软件的测试平台获得的价值。

编者注：媒体倾向于关注消费者物联网，但却很少想到测试系统作为一个物联网设备所带来的更多机会。从小的方面来说，的性能。从大的方面来说，通过管理测试系统获得的信息有助于提高产出、质量、生产力和正常运行时间等等。一个典型的例子是大型半导体制造商使用实时数据来优化其流程。此外，随着测试系统变得比待测设备更加智能，这种趋势也会增加。

—Dr. James Truchard

## 管理测试系统

由于摩尔定律持续影响测试系统的性能和复杂性，人们对系统管理的高鲁棒性需求越来越迫切。负责维护测试系统正常运行的测试经理正在为测试设备寻求更优化的可管理性功能。简单来说，可管理性包括识别和监控计算系统所需的一系列功能。得益于信息技术(IT)行业的丰富资源，可管理性功能可确保系统组件的更新、健康以及满足性能预期，从而提高测试系统执行其主要任务（测试和测量）的能力。

在企业环境中，IT管理员依靠可管理性功能有效地维护客户端和服务器的计算资产，同样地，测试工程师和操作员在开发、部署以及运行测试系统时也会获益于可管理性功能。

### 管理测试系统的组成和运行模式

管理测试系统由系统基础设施、外设以及管理基础架构和外设的软硬件组成，包括管理控制台和API。例如，管理控制台软件，如NI Measurement & Automation Explorer (MAX)可以直接通过独立计算机上的网络在远程管理或者运行的测试系统上运行。在这两种情况下，管理控制台会代替管理系统的测试工程师或操作员发出配置、校

准、平台监视和部署请求，管理系统将会完成这些请求。除了供应商提供的管理控制台，用户可以定义自己的可管理性功能，或使用API将可管理性功能直接集成到测试应用程序中。这些标准元素使得可管理性功能可以在两种不同的模式下运行：带内和带外。

带内管理使用主要计算资源（包括系统控制器的主CPU、网络接口和操作系统）来管理系统。除了运行测试应用程序之外，系统控制器还通过运行软件来启用可管理性功能，包括管理控制台和支持基础设施。这样，当系统在“完全开启”状态下运行时，带内管理可以支持一系列丰富的可管理性功能。如果系统控制器电源断开、供电不足或由于故障而无法正常运行，则需要采用带外管理。

带外管理对于诊断已发生故障的系统尤其有用。虽然并不普遍，但越来越多的测试设备通过使用专用计算资源（包括辅助管理处理器、网络接口和操作系统）来集成这些功能，从而独立于系统控制器的计算资源对测试系统进行管理。例如，如果系统控制器因为发生硬盘驱动器故障而无法正常开机，可以使用带外管理为系统远程

供电，并对硬盘驱动器进行诊断，通过远程分析来确定故障发生的原因。此外，由于带外管理不需要使用系统控制器的计算资源，所以系统控制器可以完全专用于执行应用程序。这对于对CPU或数据总线使用中断（包括实时和高吞吐量测量）敏感的应用程序尤为重要。

## 管理测试系统的趋势

随着模块化仪器平台不断取代传统台式仪器，资产管理的重要性日益凸显。由于模块化测试系统将系统分为多个组件（系统控制器、机箱和仪器），因此需要管理的资产数量也自然增加。测试经理通过了解哪些测试资产正在被使用以及如何被使用来最大程度利用可用设备，从而降低成本。例如，在验证实验室中，知道所有资产的位置和运行状态至关重要，这样可以将处于待用状态的组件重新部署到其他测试系统中。这同样适用于规模更大的大批量生产测试环境。

日益复杂的测量设备也推动了对综合管理支持的需求，特别是在平台监测和控制方面。现代模块化仪器，尤其是射频仪器，通过充分利用支持其运行的模块化平台的供电和冷却功能，提供了前所未有的测量灵活性和速

度。测试系统设计人员可以选择具有监测和控制功能的平台元件，最大化这些系统的长期可靠性、可用性和测量准确性。例如，通过监测机箱中仪器的冷却要求，机箱可以优化其风扇速度来使噪声降到最小。在噪声必须尽可能小的环境中，如验证实验室，这个功能尤其重要。此外，当仪器的工作温度尽可能接近其校准温度时，其测量准确性达到最高。通过监测仪器的温度，机箱可以精确地控制风扇，使仪器稳定保持在校准温度或接近校准温度，从而确保测量的完整性和可重复性。

## 管理测试系统的优点

测试经理将大大获益于可管理性功能的优化，比如通过高效诊断和解决问题来降低测试系统的集成风险，尤其是大型的复杂测试设备和位于偏远位置的测试设备。此外，测试经理还可确保以快速、可重复的方式管理首个和后续测试站的部署，从而最快速实现测试系统的价值。最后，可管理性功能有助于实现主动监测和诊断问题，将计划外中断转换为计划内中断，因而降低了测试系统的总体拥有成本。正如可管理性功能有助于推动IT和电信行业的转型，未来几年这些功能也将在测试系统中发挥越来越大的作用。



编者注：如果您从事的是汽车行业，就不能使用针对过去的需求而设计的测试功能。作为一个测试设备制造商以及特斯拉车主，我很了解无人驾驶车辆的前景和挑战，包括通过无线软件更新接收新功能时的兴奋，以及与汽车工程师讨论满足安全法规的挑战。如果您也受到了技术融合的影响，您会发现NI平台和生态系统能够提供独一无二的方法来解决这些尚未解决的问题。

—Dr. James Truchard

## 由必然性驱动

对于航空航天和国防工业，缩短发布周期以及避免项目延迟变得日益困难。在汽车领域，消费者的需求导致测试复杂性不断增加，并带来了新的成本领域，比如信息娱乐。为了应对这些难题，测试经理必须找到经济实惠的方法，将无线信号的射频测试和辅助停车的机器视觉测试结合在一起，从而满足不断扩大I/O测试的覆盖范围。

虽然行业法规为确保嵌入式电子产品的安全性提供了指南，但遵守这些法规要求在各种真实世界场景中全面测试嵌入式软件。开发测试嵌入式软件时如果一味注重质量可能会破坏业务需求的平衡，例如快速产品上市时间、低测试成本以及满足由于客户对新功能和产品差异

化需求而产生的技术要求的能力之间的平衡。所有嵌入式系统制造商都面临着类似的需求，但如果是安全关键型应用，质量是不能牺牲的。如果企业改进其开发策略，采用先进的硬件在环（HIL）测试，就可以减少质量相关问题的开支，提高他们的市场知名度，而且最重要的是确保客户的安全。

### HIL测试有助于满足安全性和业务需求

遵守安全标准需要了解所有潜在的健康风险和危害，并具备严格测试这些场景的能力。与物理测试和现场测试相比，HIL测试能够以更低成本和更短的时间满足不断增加的测试需求。借助这种方法，企业能够使用数学模型动态模拟真实环境，从而为待测控制器提供闭环反馈。随着控制器功能的增加、测试用例的增加以及现场或测试车间对缩短测试时间的需求增加，HIL测试的价值日益凸显。混合动力电动车的电机控制器通过管理内燃机和电机之间的安全功率控制，达到了新的功能水平。在设计斯巴鲁的第一辆混合动力电动车Subaru XV Crosstrek时，富士重工的工程师需要为他们的创新动力总成技术进行全方位的测试。

随着控制器功能和测试用例的增加以及现场或测试车间对减少测试时间的需求增加，HIL测试的价值日益凸显。

## 斯巴鲁使用FPGA提高安全性和可靠性

测试混合电机控制器需要先进的测试工具和新的方法来提供高质量的软件，帮助工程师满足紧迫的时间期限。斯巴鲁选择使用FPGA技术来满足其高性能需求以及验证各种测试。例如，当车辆在冰上行驶时，控制器必须能够识别牵引力的损失，并且向混合动力总成提供正确的响应。在验证地面上重现这些测试场景会产生不一致且不准确的数据，而且进行HIL测试的传统处理器无法精确地模拟电机模型所需的保真度和速度。

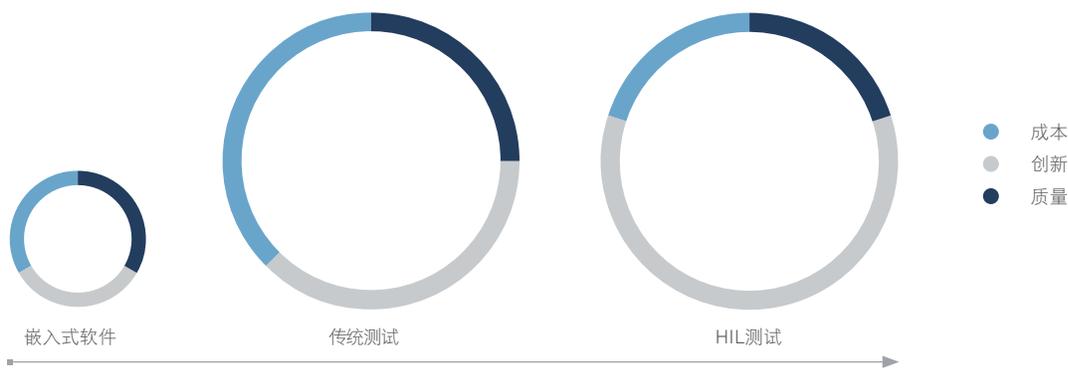
斯巴鲁工程师使用开放、灵活的FPGA模块，通过配置处理节点和I/O节点大大缩短了通信时间。他们将繁重的计算任务转移到FPGA上，并在其系统上为极端场景进行HIL测试，如车辆在冰上行驶丧失牵引力等，以提供更高的安全性和可靠性。借助开放式架构，他们能够对系统进行编程来使用高保真的JMAG-RT模型，并达到准确模拟电机安全操作所需的1.2μs仿真速率。将更多现场测试转移到实验室使得测试时间缩短了20倍，这样工程师不必在创新技术、缩短上市时间、降低测试成本之间做出取舍，即可实现高质量的软件。与物理测试相比，斯巴鲁的HIL测试平台提供了更低成本、更全面且更快速的测试。

## 可扩展测试平台提供了经济性和安全性

嵌入式软件设计和测试团队必须继续寻找新的方法来不断实践，以确保产品质量和保障消费者安全，同时不会延迟产品的发布。HIL测试主要是由某个特定测试团队进行，但是开发工程师也需要执行手动激励测试(称为旋钮箱测试)来快速检查功能。这种测试形式非常受限制，开发人员可通过手动改变有限的通道数来误导控制器。然而，许多功能缺陷仍然是在HIL测试的后期阶段，甚至到现场才发现，这导致开发人员需要花费更多的时间来解决这些问题。借助更高级别的自动化和易于重复的测试场景，开发人员可以发现更多的功能缺陷，以便测试工程师专注于识别性能和集成相关的缺陷。该应用不需要采用全机架HIL测试系统。相反，企业必须构建可扩展的测试平台，为实现各种功能提供一个经济实惠的解决方案。

随着嵌入式控制器功能的不断增加进一步推动了创新，安全法规将进一步完善来确保更高的用户安全性。为了满足日益增长的功能需求，同时维持整个系统的质量，测试功能也需要相应地增加。仅仅是增加测试带宽并不会减少开销；测试经理需要采用先进的HIL测试技术和新技术。这可确保系统工程团队在行业法规的指导下开发出更高级的产品来提供更高安全性，同时测试平台也仍然可以满足关键的成本和时间要求。

### 开发下一代产品



HIL解决方案有助于降低测试成本，而且不会牺牲创新过程中不断提高的质量要求。



**NI 上海 中国区总部**

电话: (021) 5050 9800  
传真: (021) 6555 6244

**NI 北京**

电话: (010) 8262 5966  
传真: (010) 8286 2099

**NI 成都**

电话: (028) 6516 4886  
传真: (028) 6516 4880

**NI 深圳**

电话: (0755) 36881186  
传真: (0755) 36881181

**NI 青岛**

电话: (0532) 66996679  
传真: (0532) 66996678

**NI 西安**

电话: (029) 8845 2535  
传真: (029) 8845 3362

**NI 苏州**

电话: (0512) 8766 1880  
传真: (0512) 8766 1880-208

**NI 香港**

电话: (00852) 2645 3186  
传真: (00852) 2686 8505

**NI 武汉**

电话: (027) 59376566  
传真: (027) 59376577

**NI 广州**

电话: (020) 2201 6899  
传真: (020) 2201 6898

