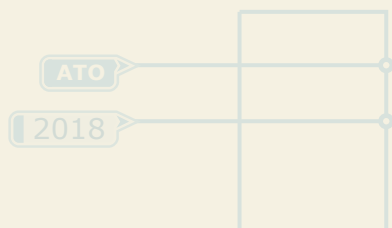




自动化测试趋势展望2018

# 智能测试趋势指南



True



# 给智能测试领导者的话

从5G技术的首次推出到自动驾驶汽车的加速发展,企业需要更智能的测试策略来保持竞争优势。10多年来,NI收集了来自众多领先的测试公司的看法,并将其整合到每年一次的《自动化测试趋势展望》中。文档中的趋势、技术和信息将帮助您更好地满足当前和未来的质量、上市时间和成本需求。感谢您的阅读,如需更多信息,请随时联系我们。

## 为什么要阅读这一趋势展望?

我们知道您的时间非常宝贵,因此我们编写的《NI自动化测试趋势展望2018》非常简洁易懂。除了技术趋势,我们还简要地概括了您需要了解的信息。您还可查看业界同行的评论以及参考更多资源。最后,我们增加了一个紧急性衡量表(如上所示),可帮助您根据公司的情况对这些趋势进行优先级排序。

监测

计划

执行



Eric Starkloff

全球销售、市场营销  
和支持执行副总裁



第 2 页

确保测试系统的安全

第 4 页

高效测试团队的秘密

第 6 页

自动驾驶汽车的传感器融合测试

第 8 页

对测试实验室标准化

第 10 页

先于标准进行测试

第 12 页

封装技术创新对测试的影响

# 确保测试系统的安全

- 测试系统与其他工业设备一样, 非常容易受到网络攻击。
- 应用分阶段的网络安全方法, 消除最有可能的威胁
- 与供应商交流, 理解供应链中的上游威胁。

在如今的数字时代, 存在安全隐患的测试系统可能会对组织的声誉和销售额造成严重影响, 但是确保测试系统的安全并不容易。如果想保护测试系统的安全, 又不确定如何开始, 那么请参考下面的方法, 该方法包含三个阶段。

## 阶段1. 谨慎将IT的做法应用于测试系统

首先, 使用泄露数据可帮助您确定测试系统应借鉴哪些IT安全措施。此数据可让您与IT安全人员一起探讨测试系统存在的风险。**2016年Verizon数据泄露调查报告 (DBIR)** 显示, 黑客一般会利用供应商发布补丁的时间和计算机安装补丁的时间之间的时间差侵入到系统中。系统漏洞通常发生在广泛使用的软件发布补丁后两到七天内, 而大多数测试系统无法在该时间段内重新认证。为了尽可能降低风险, 请删除不必要的软件, 启用尽可能多的实用操作系统安全功能, 并将测试系统与IT网络隔离开来。

第二, 大多数测试系统并非为处理动态隔离文件或高吞吐量网络数据而设计。在将它们应用于测试系统之前, 请仔细评估IT安全技术行为。

第三, 利用测试系统特定的安全功能来补充传统的IT安全措施以解决测试系统独有的风险。例如, 考虑到数据校准、参数测试和测试序列对于保证测试质量的重要性, 您可以使用专为您的测试系统配置的文件完整性监控和校准完整性监控等技术。

## 阶段2. 评估供应链

测试系统的完整性依赖于在其整个生命周期中所有组件的完整性多个供应商的合作, 降低了仅依赖单一供应商来设计的系统所带来的安全风险。但是这样并不能够弥补由员工学习成本和管理供应商关系带来的长期成本问题。

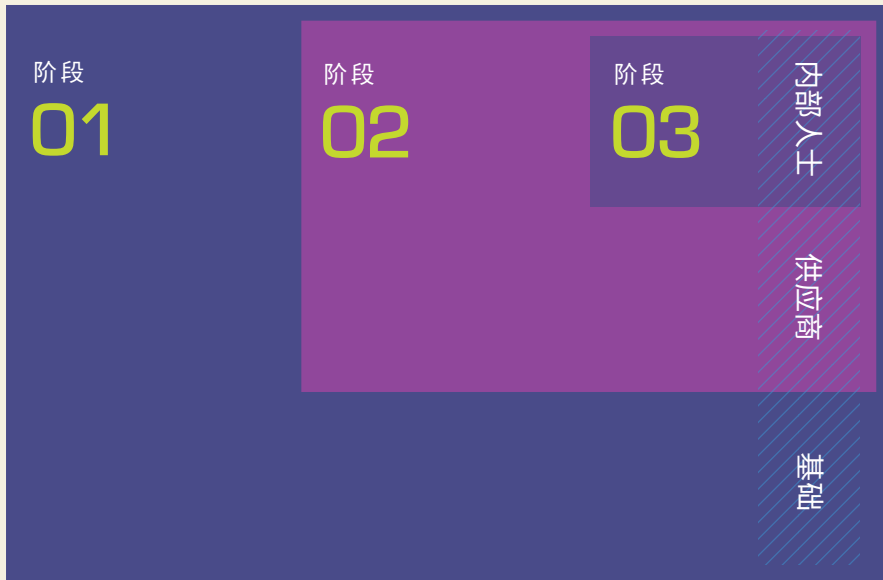
规范供应链之后, 确保系统安全的最重要步骤就是与供应商交流。询问其供应链信息, 以及他们如何在开发、制造和执行订单的过程中保护产品的完整性。了解以上流程中的缺漏之处可以帮助您降低供应链受到安全威胁的风险, 并有助于您的供应商加强安全措施。如果发现漏洞, 请确保您的供应商会对其进行检测, 并明确回复应对措施。如果缺少此类对话, 则双方可能会因沟通不畅而做出没有依据的决定。



### 阶段3. 防范内部威胁

众多的相关报道使得内部威胁听起来风险十足,但2016年Verizon DBIR表示内部威胁发生的概率并不高。在2015年超过64,000起网络安全事件报告中,只有172起涉及内部人士滥用特权。75%以上的内幕事件都是由内部原因造成不存在任何外部协助或内部勾结。

克服内部威胁是一个多方面的挑战,仍然需要重点研究。无论是员工还是开发人员,任何可以访问关键测试系统的人员都需多加防范。另外,还需明确业务的最关键部分、参与人员以及权限分配。最重要的步骤是将关键功能的权限授予至少两个人,这样任何人都无法危及整个测试系统。



首先消除可能性最高的威胁,然后再采取措施防止公司遭受影响较广的内部威胁。

## 案例学习

### IT做法

2016年,一个资产达数十亿美元的某家公司的制造系统在三个月内多次瘫痪。PLC一直因不明原因而无法运行,直到调查发现了根本原因:IT最近将安全扫描范围扩展到测试系统设备,并且数据包速率超出了PLC的承受范围。不了解测试系统的独特需求将会带来数百万美元的经济损失。

### 供应链

2014年,Energetic Bear黑客攻击了三家不同的软件供应商,这些供应商在网站上提供了其行业控制系统软件的下载。黑客获取网站上的文件之后,通过插入恶意软件来更改合法的供应商软件安装程序,然后将文件保存在网站上的原始位置。之后客户下载了木马软件并进行安装。这给软件供应商和客户带来的经济影响是无法估量的。

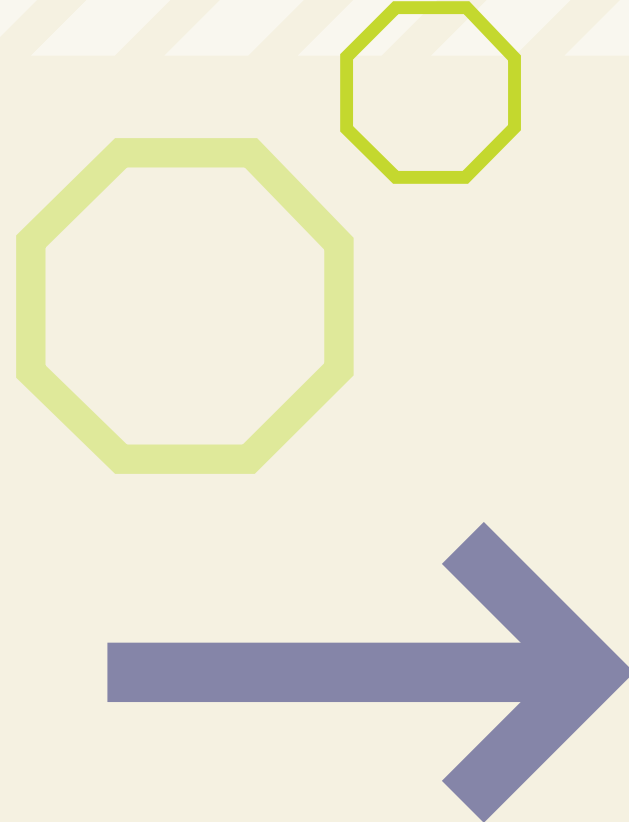
### 内部威胁

Omega Engineering公司的Timothy Lloyd由于在1996年进行一些威胁公司内部安全的行为变得臭名昭著。当他在车间现场被罢了系统管理人员的职务时,他安装了一个软件定时炸弹,在他的控制下将系统内所有的制造软件全部删除。这件事给Omega Engineering公司造成了数百万美元的经济损失,导致80人失业,使公司陷入濒临破产的境地。



# 高绩效团队的秘密

- 三分之二的领先团队使用结构化软件工程开发流程
- 技术领导者对于推动团队变化和领导团队至关重要
- 卓越中心 (Center of Excellence) 的团队建设机制提供了最佳的评价准则和框架



组织研究表明,大多数团队都表现不佳没有发挥出真正的潜力。对于工程团队来说,效率低下意味着高额的调试成本和维护成本质量问题、错误的项目估计及无法按时完成等问题。

为了找出高效测试软件组织的共同点,NI对测试行业的领导者进行了为期五年的研究。研究表明,这些组织主要投资在以下三个关键领域:软件工程流程、技术领导力和学习文化。

## 软件工程开发流程

为了制定最高效的测试策略,团队必须采用最佳的做法来有效地收集和跟踪待测设备 (DUT) 需求,控制源代码访问权限,审查设计和代码更新,测试软件以及部署新的软件版本。

研究中涉及的团队有超过三分之二在开始编写项目代码之前会持续对设计架构进行投资而且在编写代码时,会考虑模块化和代码复用问题。出色的团队之所以能脱颖而出,是因为他们特别注重需求文档的撰写软件漏洞和错误的跟踪、确保结构化的测试以及软件发布过程。

## 技术领导力

成功的测试软件团队必须拥有精通编程核心概念的成员,不仅需要熟悉编程环境、善于编写模块化代码和开发架构,而且还需要进行不断改进。

不成熟的团队要想取得技术领先地位,应有合适的技术领导来带领团队进行变革并提供指导。该技术领导必须得到集团经理的支持,开展一些并不能立马见效的措施。除此之外,技术领导还需要有不断追求卓越的动力,并有极高的热情来带领团队齐心协力改善流程。

## 学习文化

愿意投资到学习的团队通常会不断发展壮大,包括正式和非正式的学习,比如当地活动、用户群和社区参与。这些团队通常拥有标准的入职培训方案,让新成员能够快速了解团队的独特编程风格和流程,从而快速开展工作。

经常交流的内部用户群可以让团队成员分享技能、展示新的最佳做法以及制定有效的技能提高计划。随着团队技能的不断磨练、能力和信心的不断提高,这种交流的重心就会从学习转变为创新讨论。

## 成立卓越中心 (Center of Excellence , COE)

成立COE是获得业内认可的建立专业有效团队的做法。前面提到的三个关键领域为成立测试软件COE提供了框架。建立COE需要团队领导人的贡献。如果不愿意投资到这一方面,可能会付出高昂的代价。

### 成功的步骤

1. 对每个团队擅长的专业领域进行自我评估,找出流程的漏洞和能力的差距。
2. 不断学习新技能和技巧。
3. 制定统一的计划,以便将新技术整合到团队各自的工作流程中。

LabVIEW卓越中心计划为您提供了实施上述最佳做法的参考架构,旨在帮助您的小组快速转型。访问 [ni.com/labviewcoe](http://ni.com/labviewcoe), 开始部署您自己的改进计划。



“

卓越中心作为一个论坛,可让所有工程师畅所欲言,各展所长来改进现有的流程,同时也为他们提供了一个学习机会来快速适应这些改进。COE也为我们执行这些流程变化提供了一个结构和平台。我们会收到关于特定主题的意见和方向指导,从而能够始终自信地做出决策。”

—Chris Forristal, 软件开发团队负责人, Valeo

### 案例分析: L3 TECHNOLOGIES公司的团队能力建设

↑ **9X**  
开发时间缩短9倍

↑ **80%**  
相似产品的代码复用率高达80%

↓ **50%**  
BETA测试的停机时间减少50%

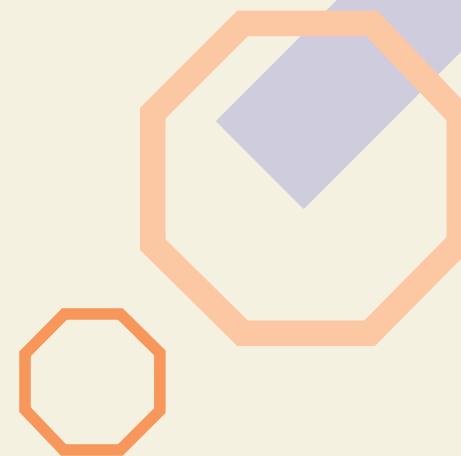
通过专注于提高开发人员的技术水平, L3公司大幅提升了测试代码的模块化特性和可扩展性。



监测 计划 执行

# 自动驾驶汽车的传感器融合测试

- 雷达、激光雷达和其他传感器的融合大大提高了自动驾驶汽车的功能。
- 每种传感器独特的定时机制给测试中的同步带来了挑战
- 快速发展的技术要求测试系统具有灵活性

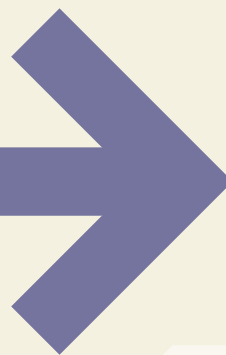
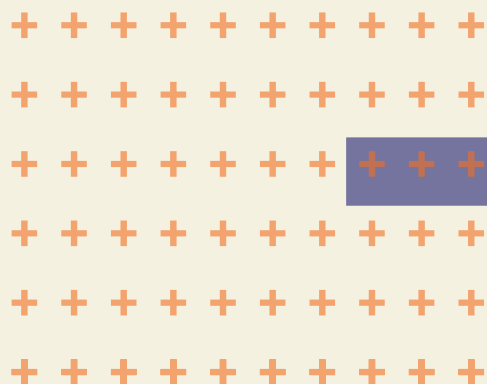


曾经我们只在科幻小说中看到过自动驾驶汽车，而现在，只需几年的时间，这一设想将变为现实。2017年6月，本田汽车宣布将加入许多其他主要汽车制造商的行列，计划在2025年之前生产出能够在城市街道推行的自主车辆。其中的一项关键技术就是传感器融合，也就是将众多传感器的数据汇总以便系统做出正确决策的技术。传感器融合的出现最早可追溯到阿波罗登月舱，如今，传感器融合就存在于我们口袋里结合了GPS、加速度计和陀螺仪的智能手机中。

这种融合使制造商能够使用更低成本和功耗的传感器，延长电池寿命，同时为消费者提供更全面的功能。该概念的创新之处在于将主动智能算法与多种新的传感器结合。传感器融合技术的全部潜力尚不可知，但是随着我们将此概念应用到自动驾驶汽车的开发中，测试工程师必须克服两个主要挑战：不断变化的传感器技术和难以实现的同步。

## 不断变化的传感器技术

从GPS到摄像头、雷达再到加速度计和陀螺仪，测试系统必须有能力处理视频、CAN和RF等各种不同的I/O。而传感器自身的不断变化却加剧了这一挑战。雷达传感器非常适合于在天气不可知的情况下检测障碍物，这类传感器正在从24 GHz迁移到77-82 GHz，以允许更小型的天线、更宽的带宽和更高功率的传输。这可实现更高的准确度和物体分辨率。激光雷达是雷达的替代传感器之一，曾经成本非常昂贵，而且在不佳的天气状况下无法稳定运行。但是现在，固态激光雷达的出现降低了其成本。福特公司发布了一项最新的研究成果，即使用激光雷达传感器来区分雨和雪，使得激光雷达成为一个有吸引力的选择。







24 GHz  
雷达传感器



77-82 GHz  
雷达传感器  
更高的功率、分辨率、  
准确度以及  
更小性的天线



激光雷达  
复杂性

雷达和激光雷达技术的发展表明了测试设备必须能够不断扩展以适应各种传感器类型。

### 难以实现的同步

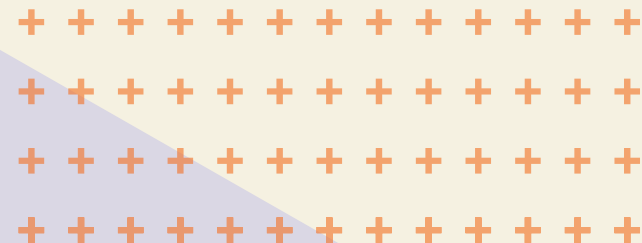
如果数据不能正确同步，车辆便不能准确识别环境，这时安全性就会成为主要问题。同步的挑战源于传感器自身。由于传感器数据本身没有时间标记，因此工程师们通常使用传感器规范（如摄像头帧速率）来推断软件的时序，但这样会降低准确性。更糟糕的是，硬件在环（HIL）测试工程师必须在实时运行的数学模型和摄像头等传感器之间建立一个同步的连接，该传感器可能在基于GPU的另一个处理平台上运行并查看模拟的场景。

如果要正确测试自动驾驶算法，测试人员必须确保摄像头看到的图像与模型及任何其他传感器同步。理想的测试系统为所有组件提供了一个通用的时间标准，使传感器和测试数据的同步变得更加容易。

### 备战未来

现在，自主车辆的问世已经指日可待。传感器融合是这些智能机器成功与否的关键。传感器融合技术的复杂性目前已经极具挑战性，但这一复杂性仍在不断加剧。为了适应未来的变化，测试系统必须模块化，且具有足够的灵活性，可在需要时兼容新的I/O，同时提供可以通用的同步时间基准。一些技术已经迫使测试工程师采取新方法，例如汽车雷达采用现代空中下载技术（OTA）测试而非有线解决方案。未来，由于快速发展的机器学习技术将应用到验证测试中，测试工程师可以基于智能算法快速检测故障触发模式，从而确定最有效的测试场景。这将允许他们在更短的时间内实现最大的测试覆盖范围。

因此，可随新技术不断扩展且可以处理复杂的时序和仿真的灵活解决方案就显得至关重要。通过采用与尖端技术保持同步的测试系统，您将能够准时生产出安全、智能的车辆。



观看由五个视频组成的网络研讨会系列，了解更多关于自动驾驶汽车测试。



# 测试实验室标准化

- R&D的测试实验室中需要进行自动化的场景增多
- 以前仅量产阶段才使用的技术正在帮助实验室提高效率
- 半导体行业的发展趋势也开始显现在其他行业

监测

计划

执行

对于特性分析或是验证工程师来说,手动测量的时代即将终结,因为这种做法太过于低效。而领先的测试组织正在将生产车间的最佳做法部署到其特性分析和验证实验室。通过投资到以下项目来最大限度地提高产品质量,同时缩短产品上市时间,您也可以获得同样的成功。

## 测试自动化

无需每次测试时都进行手动配置,而只需创建一个配置文件,列出所有仪器在每个所需设定点的设置值,然后使用自动化软件向测试系统发送命令并接收数据。几乎每个仪器都包含一个仪器驱动程序,可以通过PCI Express、USB、串行(RS232 / RS485)、GPIB (IEEE 488.2) 或LAN接收命令。测试速度越快,就能在更短时间内发现更多缺陷。

## 设备接插件

将待测设备(DUT)手动连接到每个仪器不仅浪费时间,而且会降低测量的可重复性。相反,我们可以设计一个通用接口板,将一端连接至测试仪器,并提供一个夹层板将DUT连接到另一个端。同时还可执行引脚级的系统校准到引脚,并添加探测点来进行故障排除。调试测试系统的时间越少,就有越多的时间用于调试和优化设计。

## 硬件抽象层(HAL, Hardware Abstract Layer)

部分硬件供应商提供的API可以对一系列仪器而不仅仅是单个仪器模型进行函数调用。HAL进一步增强了这一概念,可通过创建一个API,对每种仪器类别(如数字万用表)的所有仪器(不论来自于哪个供应商)进行函数调用。当仪器不可用时,只要有同等的仪器并集成到该API中,即可通过HAL来避免测试组织进行成本高昂的返工。

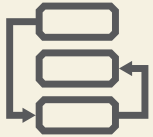
## 共享软件库

重复开发是导致大型组织效率低下的原因之一。如果共享软件库提供的代码模块可读性强就可让团队成员共享代码,并在不同测试系统中针对常见操作重复利用代码,同时还可确保团队中的成员以一致的方式完成将结果录入数据库等常见任务。

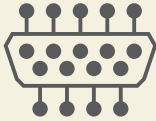


“通过采用集中化的测试策略来优化劳动力储备和资金设备储备，我们增加了测试产出，提高了测试效率并降低了资本成本。”

-Noril Craig, Qorvo公司高级工程经理



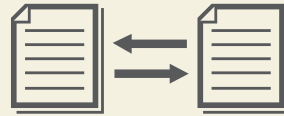
自动



设备接插件



硬件抽象

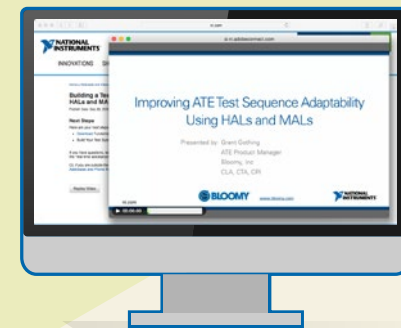
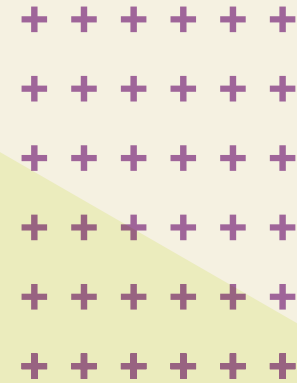


共享库

## 更集中化地测试

尽管您可以将这些最佳做法独立应用到企业的每个产品组或设计团队，但是领先组织采取了另一种更为统一的方法来分摊前期的投资。集中化的测试工程要求您所在的组织必须进行变革。采用集中化工程测试的组织可以接受组织中不同产品工程师或设计团队的测试计划，然后根据测试设备的可用性和技术人员的时间来有效地安排测试任务，并以一致的方式提供测试结果。由此您可以将整个组织的测试工程师和测试设备的效率量化，以决定劳动力和资本设备的进一步投资。例如，您可以定义和跟踪资本设备和劳动力使用情况的统计数据，例如在给定时间内完成的工作数量可以按照工作量的大小进行归一化，或追踪每个测试系统的有效运行时间。

监控这些统计数据可帮助您为更多的产品设计团队服务，确保产品质量，并将产品快速投放市场，同时最大限度地减少资金和人力成本。



希望了解Bloomly Controls如何部署HAL来节省宝贵的测试开发时间?观看[网络教程](#),了解更多信息。

# 先于标准进行测试

- 先发制人的市场策略需要有对该领域标准化流程更深的见解
- 产品需求会不断变化,直至标准最终确定下来
- 走在产品开发前端需要灵活的设计和测试工具

2011年11月, Quantenna在标准正式出台前两年推出了业界首款IEEE 802.11ac芯片组。如今5G的情况也同样如此。韩国电讯运营商KT计划于2018年2月在平昌举行的冬季奥运会上进行5G试验,这一时间比第三代合作伙伴计划(3GPP)预计完成的5G规范时间足足提前了5个月。

现今的工程组织通常在无线规范完成之前就会被要求推出无线产品。预标准技术的设计和测试需要深入了解其中所涉及的复杂过程和政策。虽然这些过程因标准而异,但是通过3GPP制定5G标准的过程可见一斑。

在3GPP内部,新理念和新技术在初始阶段通常会作为一个“研究项目”,或是作为一项提议进行进一步研究。研究项目首次在全体会议上提出,然后每个无线电接入网(RAN)委员会分配时间表。然后,RAN委员会进行进一步研究,并向全体会议报告进展情况。特定的研究项目经过全体会议和各个RAN委员会的多次讨论,才会最终被批准,并汇总作为综合规范的一部分。

对于开发RF前端模块、收发器和无线电模块等组件的工程师来说,查看3GPP等标准机构收到的技术提案可以提前获悉未来无线标准的一些信息。工程师通过这些提案可以了解物理层相关的有用信息,包括频率范围、调制方案、频谱使用和其他实现要求。

然而,虽说政治利益往往决定最终哪些提案可以通过,但是与标准机构内部人士保持密切的关系也至关重要。Qualcomm高级RF工程师Shardul Velapure表示:“准备测试预标准产品时,与标准化机构委员会成员的交流通常会获得书面文件中所没有的重要物理层信息。”

即使工程师能够在过程初期确定新标准的物理层一般特性,但是影响测量结果的一些更细微实现细节通常要很晚才确定。Qorvo公司高级主要系统架构师Dirk Leipold表示:“误差矢量幅度(EVM)等品质因数在很大程度上取决于待确定的物理层特性。因此,将我们开发的波形的EVM结果与客户和测试设备供应商的波形相关联是有一定挑战性的。我们不仅需要具有所需射频性能的测试设备,而且还需要可以灵活地使用各种来源的波形生成或采集各种IQ数据的测试设备。”



“准备测试预标准产品时,与标准化机构委员会成员的交流通常会获得书面文件中所没有的重要物理层信息。”

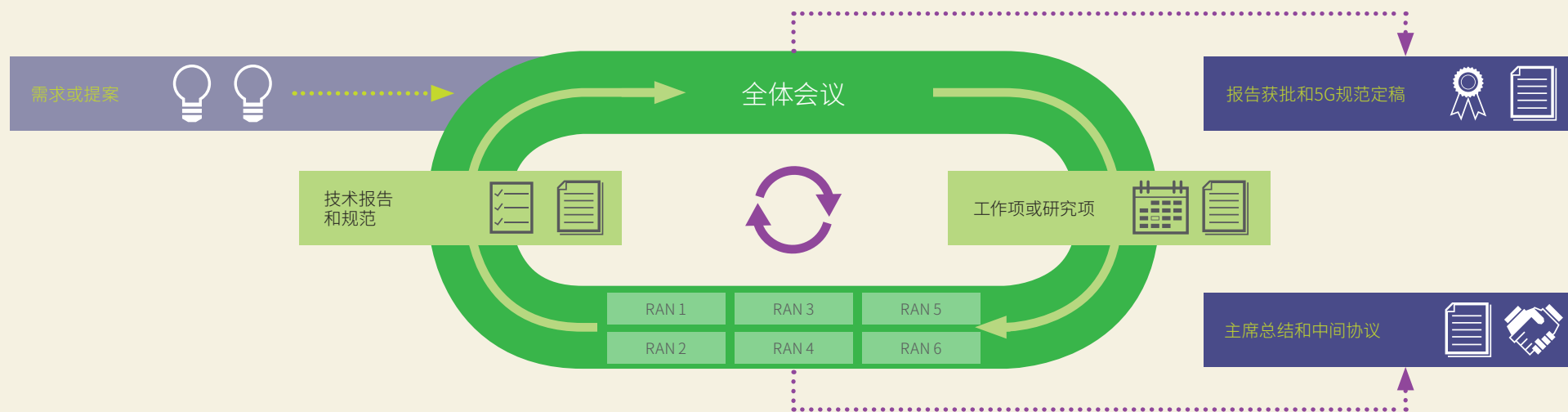
—Shardul Velapure, 高级RF工程师, Qualcomm

标准的最终技术细节尚未确定使得产品开发的范围变广。Leipold还表示,早期的设计应该更加灵活,进行更彻底的测试。因此,由于所需的测试场景非常多,对所设计的5G功率放大器(PA)等早期产品进行自动化测试就非常重要。他表示:“我们不能仅仅依靠重新编译PA来提高EVM性能,因为EVM的优化需要对电磁学和热力学拥有全面了解,并且需要进行大规模的特性分析。”

虽然说等待无线标准确定后再开始进行研发工作可能更为容易,但等待只会导致错过市场良机。而走在标准制定时间表前面不仅需要为标准有所了解,而且需要灵活的设计和测试工具。这些挑战是NI加入IEEE工作组和3GPP等标准机构的原因之一,也是为什么NI仪器以软件为中心的原因之一。如果下一次您尝试在市场上率先推出无线产品时,请确保您拥有成功所需的关系和产品。



关注NI RF/通信和5G总监James Kimery及其团队在微波杂志上发表的“5G and Beyond”博客,了解5G角逐的最新进展。



# 封装技术创新对测试的影响

- 封装技术可将不同的晶片集成到单个芯片中
- 测试和验证方法必须随之改变, 以确保产品质量
- 模块化解决方案可让测试组织适应未来需求



“SiP的测试非常有挑战性, 因而测试的设计就十分重要。SiP通常包括传统测试方法无法测试的多种功能和特性。”

— E. Jan Vardaman, TechSearch国际公司总裁兼创始人

随着半导体行业努力满足对更高性能、更小尺寸和更低成本的持续需求, 系统级封装 (SiP, System-in-Package) 技术正在对电子供应链产生重大影响。在国际微电子与封装协会举办的SiP 2017年峰会上, TechSearch International的E. Jan Vardaman SiP在“SiP驱动因素和市场趋势”讲座中指出, SiP包含两个或多个不同的晶片通常与无源器件、滤波器、MEMS、传感器和天线等其他组件组合在一起。SiP提供有保证的系统级性能和即插即用特性, 可帮助希望在产品类型和风格而非电子设计方面寻求差异化的公司减少设计负担。

随着市场对SiP技术被广泛采纳的期望, 半导体公司正在展开角逐, 竞相率先克服从装配、封装技术到测试和验证等各个阶段的各种挑战。例如, 随着RF组件的纳入, 屏蔽问题给组装设计提出了严峻的挑战。从测试方面来说, 集成到SiP中的晶片经过测试, 通常可以满足良品晶片 (known-good-die; KGD) 的标准, 但是当多个晶片组合在一起时, 通常会添加有源和/或无源器件, 这时SiP作为一个系统的性能必须加以验证和保障。

## 对测试产生的影响

近年来,系统级测 (SLT, System-Level-Test) 对保证终端应用环境中的SiP整体性能发挥了越来越重要的作用。SLT环境可在电气、物理和软件方面模拟终端应用环境,理想情况下可以覆盖100%的环境场景。现在,由于以下四个挑战,可能很难找到符合这些要求的商用现成测试解决方案。

### 分选机 (Handler) 设计

SLT可能需要较长的测试时间,这会存在分选机 (Handler) 设计方面的挑战,通常包括异步加载和卸载的能力以及操作多个工位 (site) (通常有几百个) 的能力,以最终提供高吞吐量。

### 上层通信

在电气和软件方面,SLT通常包含IC测试和终端设备测试。例如,与SiP进行通信时可以使用针对特定设备的协议,类似于与智能手表等终端设备进行通信,而不是使用在ATE里常见的基于Pattern的数字信号进行IC级别测试。

### 针对特定应用的负载板 (Loadboard)

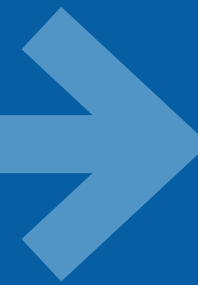
SLT负载板或系统板经过专门设计,可以模拟终端应用环境。例如,用于移动电话的SiP负载板可能类似于移动电话的参考设计。

### 模拟和射频组件增加

SiP通常包含多个传感器和电源管理块以及两个或多个RF标准,例如Wi-Fi、蓝牙、GPS、NFC和2G/3G/4G蜂窝无线电。因此,测试设备需要提供可靠稳定的模拟和RF I/O,类似于高性能ATE。

## 使用模块化方法,更早获得成功

如果您身处半导体行业,您很可能已经感受到测试策略面临的压力。虽然这似乎是一个不可逾越的挑战,但早期的创新者已经解决了这个问题。今天许多SLT的成功实现离不开一个高性能、灵活且具有足够开放性来集成不同设备的各种需求的测试平台。具有灵活性的行业标准平台可帮助您随时满足额外的特定设备要求,以确保当前的技术投资可随着未来需求的变化而扩展。无论是否从事半导体行业,您每天的工作可能都需要依赖于半导体。因此了解供应商的SiP产品规划十分重要,因为这可能会对您的设计选择产生重大影响。



## 我们如何掌握未来发展趋势

NI与测试机构密切合作,利用以软件为中心的平台化测试和测量方法,帮助他们构建更智能的测试系统。每年,我们与超过35,000家企业客户以及众多技术厂商和标准机构进行交流合作,以理解影响测试组织的重要趋势和技术。这些努力通过NIWeek上举办的年度测试领导力论坛来展现,并编纂成《自动化测试趋势展望》来进行广泛的传播。

访问 [ni.com/smarter-test](http://ni.com/smarter-test), 了解更多关于智能测试方法。



US Corporate Headquarters  
11500 N Mopac Expwy, Austin, TX 78759-3504  
T: 512 683 0100 F: 512 683 9300 [info@ni.com](mailto:info@ni.com)

[ni.com/global](http://ni.com/global)—International Branch Offices  
[ni.com/ato](http://ni.com/ato)



© 2017 National Instruments. 版权所有。LabVIEW, National Instruments, NI, ni.com与NIWeek为美国国家仪器有限公司 (National Instruments) 的商标。此处提及的其它产品和公司名称均是各自公司的商标或商业名称。 31057