

执行 5G 元器件表征和测试的五大策略

洞悉 5G 的复杂性，加速创新和产品上市

5G 给整个移动生态系统带来了巨大的创收前景。这个生态系统涵盖了芯片和元器件制造商、器件制造商、网络设备制造商和服务提供商。5G 的技术复杂程度也呈指数增长。例如，大规模多路输入多路输出（MIMO）天线要求对每个天线元件进行多次传输和反射测量。

无论是哪些类型的元器件（放大器、混频器、变频器等），元器件制造商都需要部署有效的表征和测试策略。为了在 5G 竞争中占据领先地位，元器件制造商需要对整个工作流程更加充满信心。保持高度的测量完整性，是确保在研发（R&D）过程中深入了解设计的关键。为了保持竞争优势，元器件制造商还需要加快产品上市速度并降低测试成本。真正的多端口测试设置能够实现高测试吞吐量，为元器件制造商满足严苛的时间要求提供了必要的性能。



本文要点：

- 使用优化的仪器，充分发挥多端口测试的优势
- 利用不同的平台减少测试占用的空间
- 通过多站点测试实现吞吐量翻倍和多用户测试工作站
- 支持快速、全面、更低成本的生产测试
- 部署包含通用硬件和软件组件的仪器

1. 使用优化的仪器，充分发挥多端口测试的优势

元器件制造商需要在更短的时间内解决 5G 的复杂问题。5G 带来了巨大的多端口挑战。例如，大规模 MIMO 需要进行大规模的多端口测试来表征天线性能。5G 新空口（5G NR）频率范围 1（FR1）最多需要 66 个端口。8x8 MIMO 配置需要 64 个端口进行天线测量。制造商通常还需要两个校准端口。

因此，元器件上面的端口越来越多。对元器件进行多端口表征的需求也与日俱增。针对多端口测量进行优化的仪器可确保全面支持各种被测器件（DUT），实现高测量性能和精度。这有助于用户提高测量吞吐量，最大限度地降低测试成本。

过去通常使用基于开关的矢量网络分析解决方案来执行多端口测试。但是，许多多端口器件要求对其端口进行两两测量。简单的开关测试装置无法满足这一要求，因为开关是从矢量网络分析仪（VNA）的同一端口分支出来的，开关与开关之间并没有路径。基于开关的解决方案不支持多端口器件的全部路径。

元器件制造商可以使用完整的交叉装置来代替简单的开关装置。这样的装置可以在各个端口之间执行完整的测量。但是，它们通常每次都要执行完整的 $N \times N$ 校准。此外，含有固态开关的装置容易受到温度变化的影响。它们需要经常接受校准才能确保测量的准确性。更严格的校准要求会影响测试吞吐量。

现代多端口器件也需要更快、更精确的测量。随着端口数量的增加，将测试信号路由到每个被测器件端口所需的扫描次数也急剧增加。开关衰减会影响动态范围，使得测量性能下降。

真正的多端口 VNA 不需要开关，因此可以减少损耗。针对多端口测试优化的 VNA 还支持多端口器件的全部路径。宽广的动态范围使它们能够快速执行扫描。动态范围增加 20 dB，可以使测量速度提升 100 倍。通过同时采集数据，可对多个端口同时进行测量，从而显著加快测试过程。



2. 利用不同的平台减少测试占用的空间

仪器具有不同的外形：台式、模块化和通用串行总线（USB）形式。每种外形都各有各的优点，并且在元器件工作流程（研发、设计验证和制造）的不同阶段得到采用。元器件制造商需要制定适合的测试策略，以便在工作流程中充分利用每种外形的优势。

用于大批量元器件生产和大规模 MIMO 的模块化平台

灵活性对于元器件制造应用非常重要。模块化仪器允许将多个仪器（信号发生器、信号分析仪、网络分析仪）组合到一个机箱中，构成一个功能强大的测试系统，同时将占用的空间压缩到最小。配置上的灵活性使得元器件制造商可以根据应用要求调整测试系统。他们还能够随着应用需求的变化扩展配置。

例如，借助是德科技的新型 VNA，元器件制造商可以通过以下配置方案，满足不同的 5G 大规模 MIMO 天线要求：

- 使用 17 个双端口模块在单个机箱中组成一个 34 端口 VNA 解决方案
- 使用 8 个六端口模块和 1 个双端口模块在单个机箱中提供 50 个端口
- 在两个机箱中使用 11 个六端口模块得到 66 个端口

模块化仪器还可以节省空间。测试占地面积越小，测试成本就越低，因为合同制造商通常按占地面积收费。借助 PXI，元器件制造商可将模块组合成功能强大的测试系统，与使用箱式仪器的系统相比，这样的模块化系统占地面积更小。

图 1 显示了端口数量的增加和不同元器件的复杂性。

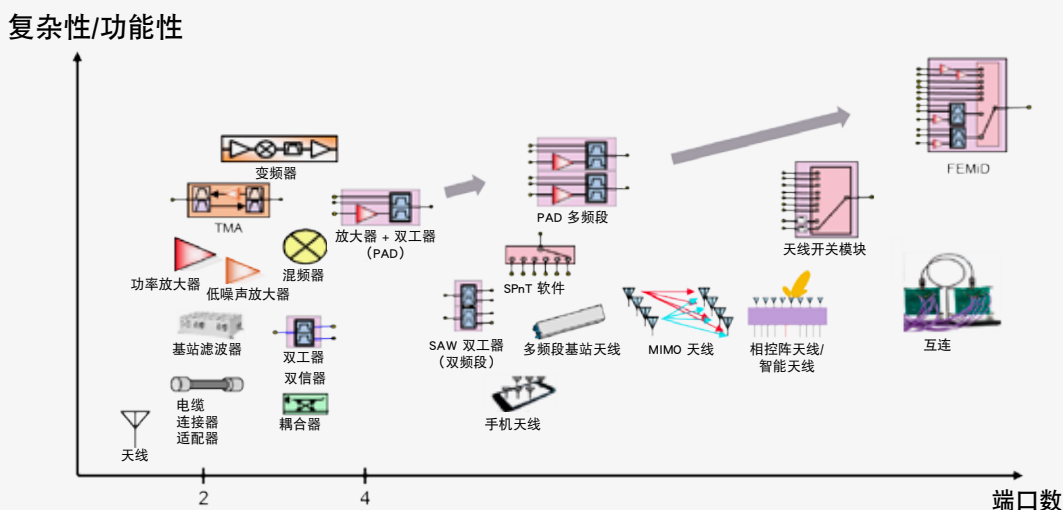


图 1：被测器件的复杂性和端口密度

3. 通过多站点测试实现吞吐量翻倍和多用户测试 工作站

在 5G 竞争中，时间至关重要。除了多端口测试之外，元器件制造商还可以实施多站点配置来提高吞吐量。多站点测试要求多个 VNA 在同一个机箱上运行，对多个器件同时进行测试。这些测量技术有助于充分提高高隔离度多端口器件（例如 FEM）的吞吐量。FEM 不需要在高频段和低频段之间进行隔离度测试。多站点测试支持同时进行扫描，从而可缩短测试时间并提高吞吐量。

提高元器件制造的吞吐量

并行测试可以提高吞吐量，同时还可以降低测试成本。这对于在元器件工作流程中生产无源元器件、手机 SAW 器件以及通用元器件（如天线、滤波器和电缆等）的制造商来说，具有极其重要的意义。过去，制造商会将传统仪器堆放到机架中来执行多站点测试。模块化仪器能以更小的体积实现更大的吞吐量和更高的灵活性。它可以同时测量被测器件的多个路径，使元器件制造商能够同时测试相同或不同的器件。



(a) 同时测试多个器件

(b) 同时测试不同器件

图 2：采用 PXI VNA 的多站点配置示例

虽然模块化仪器具有明显的优势，但元器件制造商必须注意潜在的 CPU 问题。随着测试站点中 VNA 数量的增加，控制器需要执行更多的计算任务。这最终会影响处理器的性能。此外，多个 VNA 在单个 PXI 机箱内运行时，VNA 的 IF 带宽 (IFBW) 设置会影响测量速度和吞吐量。在低 IFBW (如 1 kHz) 情况下，元器件制造商可以将单核 VNA 升级到多核。

用于滤波器调谐的多用户测试解决方案

多站点功能还可以支持多用户测试解决方案。由于这一功能有利于实现低成本制造，因此对需要进行滤波器调谐等工作的元器件制造商非常重要。元器件制造商可以将嵌入式控制器的输出路由到监视器，或是使用外部控制器。他们只需配置计算机操作系统支持多个显示器，并确保操作系统能够识别不同的测试站点。此外，他们必须尽量减少操作员的控制时间以免发生错误。这可以使用图形宏命令来实现。



4. 支持快速、全面、更低成本的生产测试

在 5G 竞争中，元器件制造商需要快速、彻底地测试他们的产品。与此同时，他们还必须降低 5G 的测试成本，以实现商业上的成功，推动收入和利润增长。

整个移动价值链，包括芯片厂商和元器件制造商，都面临来自消费者的巨大价格压力。选择合适的仪器可以帮助他们解决 5G 带来的更高复杂性和器件集成问题。对于元器件工作流程中的制造阶段尤为如此。这些选择还可以帮助他们满足在更高良率、可靠性和更低成本等方面日益增长的需求。

总体拥有成本（TCO）包括测试资产的获取成本，以及在测试资产使用寿命内的操作成本。运营支出包括预防性维护、维修和升级。测试成本指的是生产线测试过程中特定时间的总体设备成本。它在测试设备的整个使用寿命期间内会发生变化。

从长期来看，制造成本已经明显降低，但测试成本相比 40 年前仍大致相当。这是因为产品采用了更复杂的通信技术，需要进行更高性能的测试。向 5G 的演变同样会遵循这一趋势。然而，消费者的期望也在增加。元器件制造商会发现自己处在一个十字路口，因为他们一方面要降低测试成本，另一方面要提供更好的产品质量。

生产线上所用测试设备的性能和质量是影响测试成本的关键因素。在元器件工作流程的开发、逐步量产和大批量制造阶段，还有许多其他影响因素。为了有效降低测试成本，元器件制造商应当做到以下几点：

- 审查厂商的制造能力和全球交付能力，以降低逐步量产成本
- 考虑测试资产的价格，从而降低大批量制造中与设备相关的成本
- 评估仪器的 IFBW、CPU、误差计算、数据处理和迹线噪声等性能，以提高测量速度和精度
- 选择校准要求最低但测量稳定性高的仪器，以便缩短测试时间并提高良率

测量速度直接影响测试成本。例如，手机中使用的 SAW 滤波器需要毫秒级测量速度。高测量吞吐量可以实现高产能。低迹线噪声对于测量精度和良率非常重要。低损耗器件（如滤波器通带）的制造商可以最大限度地减少误差和测试裕量。

5. 部署包含通用硬件和软件组件的仪器

使用可在多个测试平台上运行的通用组件有助于加快产品上市速度。在从研发到设计验证再到制造的整个工作流程中，元器件制造商通常使用不同的平台。在工作流程的各个阶段，他们还会使用不同外形的仪器来完成不同的工作。例如，在研发应用中除了台式 VNA 之外，还经常见到 USB 仪器，因为它们更方便运输、堆叠和存储。跨平台的通用用户界面可以缩短操作人员的学习时间。

在网络分析方面，关键性能指标（如动态范围、测量速度、迹线噪声和温度稳定度）比其他指标更重要。这些技术指标使元器件制造商能够更准确、更快速地测量器件。宽广的动态范围使元器件制造商能够在测量精度和速度之间找到最佳平衡，更好地满足当前应用的需求。

利用不同外形的硬件，可以获得同等水平的关键技术指标性能。元器件制造商因此可以得到一致的测量结果。例如，Keysight M980xA 系列 PXI VNA、P500xA 和 P502xA 系列 USB VNA 以及 E5080B 台式 VNA 都使用相同的硬件，并可以提供相同的整体性能。元器件制造商使用 USB 型 VNA，可以获得与高端台式 VNA 相同的测量结果。USB 型仪器比其他类型的仪器更方便携带，使工程师之间能够进行更多的协作。它们外形小巧，简单易用，使所有用户都更容易上手。

通用的固化软件体系结构为支持不同平台的软件资产奠定了重要基础。元器件制造商使用装有相同固化软件的仪器，可以方便地扩大其仪器软件的使用范围。他们可以轻松获得更多测量，比如脉冲射频、频谱分析、噪声系数、增益压缩、混频器/变频器测量，从而能够对各种器件进行测量。

元器件制造商在研发和制造阶段通常会使用不同的仪器。对于常用功能，如果他们采用装有相同固化软件的仪器，则可以利用研发阶段开发的软件。



加速 5G 元器件表征和测试

元器件制造商在移动价值链中发挥了重要作用。射频技术应用的大量涌现，促使客户日益期待获得功能更卓越、价格更低的产品。制造商可以通过提高元器件集成度并实现规模经济来满足这些矛盾的要求，如此更加凸显了元器件的重要性。

在元器件工作流程中，通过测试可以实现更好的设计，打造出更具竞争力的元器件。5G 领域的竞争正在如火如荼地上演。元器件制造商需要部署能够加速创新和上市策略。此外，他们必须克服测试成本挑战。他们必须采用新测试策略来完善现有的测试策略，包括利用优化的测试解决方案进行多端口测试，部署模块化仪器以减少测试占用空间，通过实施多站点测试提高吞吐量，以及采用针对生产应用专门优化的仪器。

就像“不识庐山真面目，只缘身在此山中”一样，元器件制造商必须后退一步才能看清全局。他们应当部署包含通用硬件和软件组件的仪器来加速元器件工作流程，率先实现 5G 目标。

如欲了解是德科技解决方案如何帮助您应对 5G 测试挑战，请下载以下白皮书：

- 《增加端口数量的重要性与日俱增》
- 《降低测试成本》

如欲了解更多信息，请访问：www.keysight.com

如需了解关于是德科技产品、应用和服务的更多信息，请与是德科技联系。

如需完整的联系方式，请访问：www.keysight.com/find/contactus

