

是德科技

## IoT — 挑战与应用并存

应用指南

IoT 设备设计人员和研发人员面临越来越大的挑战，这些挑战来自元件、电路和系统层级。现有的工具和解决方案有哪些？哪些测试考量可以帮助节省时间和降低成本？

## 目录

1. 引言.....	3
2. IoT 的挑战.....	4
a) 电路和元件的更高度集成.....	4
b) 能源效率和电池寿命.....	5
c) 信号完整性 (SI) 和电源完整性 (PI) .....	6
d) 无线技术和多标准设备的异构混合.....	6
e) 干扰、合规性和一致性.....	7
3. 解决方案和测试考量——软件和硬件.....	8
(i) 设计和仿真 (a-e) .....	8
(ii) 电池电流消耗分析 (b).....	10
(iii) 信号完整性和电源完整性工具 (c).....	12
(iv) 无线测试解决方案 (d).....	15
(v) 实时频谱分析 (d、e) .....	17
(vi) EMI /EMC (e) .....	18
4. 结论.....	19
5. 参考资料.....	19

物联网 (IoT)<sup>1</sup> 的爆炸式增长如同一场即将来临的风暴。据估计，将有超过 300 亿个“物”或智能物件面世，这些 IoT 的构建模块将无处不在并且始终保持互连。IoT 应用，例如智能家居和医疗，已经在消费市场广受欢迎。在韩国，甚至有智能城市即将竣工，而其他地方的更多智能城市也在规划之中。技术的不断发展使得 IoT 在消费者和企业市场不断推出崭新的、不可思议的应用产品。同时，软件和服务、硬件和连通性也在迅速发展。为了充分利用这些优势，IoT 设备设计人员和研发人员需要工具和解决方案，来帮助他们克服复杂的设计和集成方面的挑战，进而使他们能够快速和成功地开发和部署 IoT 设备。

# 1. 引言

凯文·阿什顿 (Kevin Ashton) 在 1999 年讨论 RFID 标签的应用时首次提出“物联网”这个概念。从 RFID 目标的简单跟踪和计数开始，物联网开始启航并陆续发展出机器对机器 (M2M)、大数据和机器学习，使得类似智能建筑、智能电网和智能交通系统等应用成为可能。

终端节点上的物联网设备与云或服务器连接，获取商业情报和分析数据。有些连接直接进行，有些则通过网关进行，如图 1 所示。网关可以将低功耗网络上的流量汇聚到高容量的局域网和广域网。它们通常包括比终端节点更大的电源功率和计算资源。网关运行的前沿应用或模糊应用部分接管了云端和终端节点的传感器和执行器上的处理任务。为了有效地利用嵌入式计算机和无线传输，终端节点通常采用长电池寿命设计。网关应用中的智能阈值触发通过向中央云端服务器传递可执行信息，使得流量更有效率。网关接口采用各式各样的蜂窝和非蜂窝无线技术，与云端和终端节点衔接。无线接口可以根据覆盖范围、时延、吞吐量、能源效率和成本，满足不同应用需求。

大规模地扩展不同无线通信技术的混合网络带来互操作性和干扰等挑战，这些挑战必须在 IoT 设备的设计和研发期间得到解决。除了要符合网络要求和无线监管标准，设计方面例如能源消耗和电池寿命也应考虑在内。IoT 设备的通常预期是在部署后可工作数年。

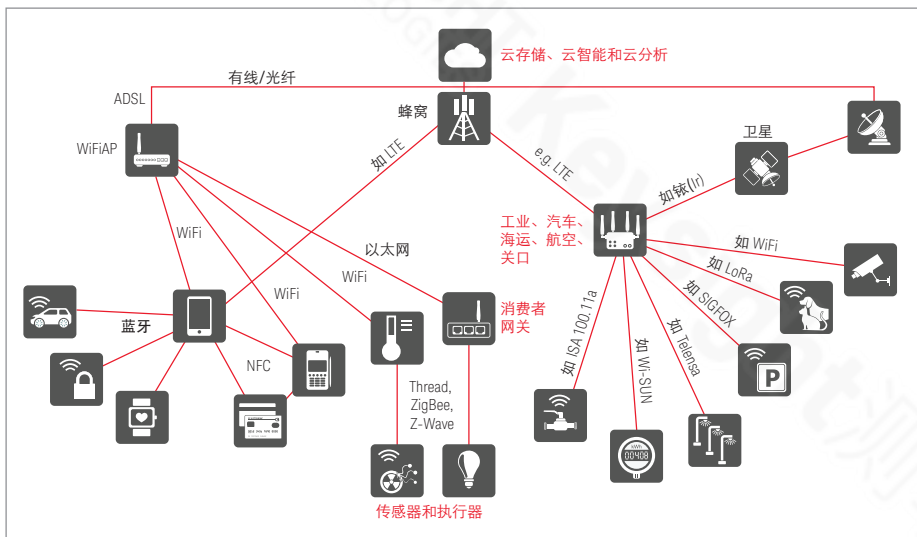


图 1. 有无数途径和网关可提供云端访问。<sup>1</sup>

## 2. IoT 面临的挑战

IoT 应用和服务中部署的设备在数量和密度上大幅增加，带来一系列的挑战，这些挑战必须得到解决，才能确保这些设备的成功实施。在本章中，我们将讨论 IoT 设备设计人员和研发人员面临的一些具体挑战。

### a) 电路和元件的更高程度集成

混合信号集成电路（IC）技术的发展是 IoT 设备取得成功的关键因素。通过减少部件数量等方式，可以实现更小的设备尺寸。而且，随着集成度的提高，成本会不断降低，能源消耗更少，性能也更高。但是，混合信号集成也可能导致新的设计变得更为复杂。目前的混合信号 IC 将数字、模拟和射频功能集成到单个芯片上。以前片上系统（SoC）是将分立系统元件集成到单个衬底上。集成了无线连通性、传感和执行接口的低功耗无线微控制器 SoC 正在广泛部署到许多 IoT 应用中。

PCB 集成天线通常作为芯片或外部天线的替代品，用于可穿戴的、体型小巧的低成本设备中，如智能手表。<sup>2</sup> 随着各种设备越来越多地使用印刷天线、多天线和多路无线通道，对各种现实条件下的天线性能和自我干扰进行建模和测量也变得越来越重要。天线的匹配度、效率、辐射和接收模式需要进行评估，评估时通常要考虑墙壁和安装结构，如果是可穿戴设备的话，则需要考虑到衣服和人体。

随着设备复杂性的增加，需要彻底评估电、热和机械特性。这些效应会影响其他设备子系统的性能和可靠性。要解决这个挑战，我们需要能支持从元件到系统层级的多领域、多技术协同仿真的设计和仿真工具，才能帮助取得成功，并为设备的实际工作提供深度设计洞察。

## b) 能源效率和电池寿命

传感器这类简单设备通常由电池驱动，并且存储的能量有限。对于大规模部署传感器节点的网络或是医学植入体而言，这些设备的寿命应该为数月或是数年。频繁的更换电池成本非常高昂，并且在某些工作环境下也不切实际。为了节省能源，设备通常以非常低的占空比进行工作，并在大多数时候处于空闲或睡眠模式，仅在必要时才会激活。

在更高性能的设备 and 网关中，处理器、显示器和无线模块占据了总能源消耗量的很大一部分。这些设备配备了多种无线接口，并且通常需要处于活动模式，以便处理繁重的任务。为了更好地理解这些设备的能源消耗，就必须充分考虑不同元件和模块的电源管理及其之间复杂的交互，如图 2 所示。

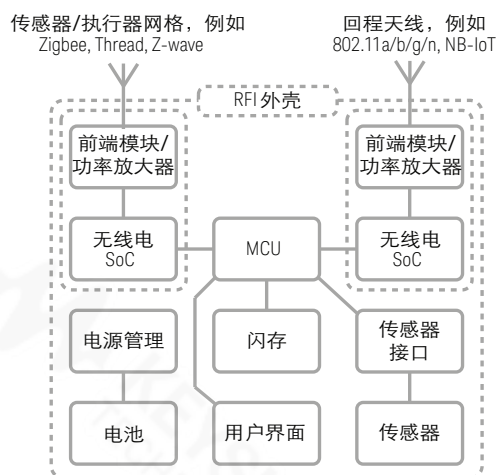


图 2. IoT 网关 / 传感器 (如供暖温控器、烟雾报警器、防盗报警器、公用事业计量表网关) 的典型元件。

为了优化电池寿命，我们需要了解每种工作模式的电流使用和持续时间。持续时间和消耗电流量决定了每种活动模式的效能与效率。电流消耗可能是确定处理某种事件或活动持续时间的唯一有效办法。其关键挑战在于测量宽动态范围的电流消耗；从睡眠模式的次  $\mu\text{A}$  到活动模式的几百  $\text{mA}$ 。因此，在仿真的网络条件下使用无缝电流量程切换（获取高峰值、低占空比和低平均值）进行电池消耗分析变得十分必要。无论是使用实际电池还是电源，设计人员都必须确保设备得到正常供电，这样的方法下测试得到的电池消耗结果才能代表该设备在活动状态时的情况。

随着能源收集、新电池技术和低功耗设计的发展，电池寿命正在延长。使用更小的电池规格、带宽更窄的低功耗通信网络也有助于减轻能源制约。为了达到设计寿命和散热要求，进行系统化的能量分析非常必要。这样做也有助于更好地控制设备的硬件和软件性能。在环境和网络条件可能会显著降低设备工作寿命的实际工作中，这一点尤为重要。

### c) 信号完整性 (SI) 和电源完整性 (PI)

SI 可分为四组：单网问题、多网耦合问题、配电网络 (PDN) 中的电源和接地路径以及电磁干扰 (EMI) 问题。<sup>4</sup> 最小化 SI 问题的方法包括通过互连维持受控电阻，注意跟踪间隔以使得互感或电容最小化，校正长于理想返回路径的路径，使 PDN 阻抗最小以及确保良好的接地和屏蔽。即便如此，随着栅极或沟道长度变短、开关切换速度变快、上升时间减少和时钟频率增加，半导体技术进一步发展，使得 SI 问题无法避免。在低功率电路中，对于串扰等 SI 问题的容差更小。

PI 是关于在系统内如何有效地将电能从电源转换和交付至负载的分析。由无源元件和互连组成的 PDN 可将电能从电源交付至负载。通过驱动低功率电子产品，直流电源的电压和容差降低。在某些情况下中，电源容差从 +/-5% 下降到 +/-1%。在这些低压电源上的纹波、噪声和瞬态会给时钟和数字数据造成不利影响。为确保电源的清洁度，需要检查电源线的质量和完整性。关键在于测量直流电源上的更小、更快的交流信号。

随着电子产品的功能增加、密度增大、速度加快和功耗降低，SI 和 PI 问题会越来越普遍。使用系统建模和仿真工具来预测性能，再辅以测量工具来评测实施，能够使设计团队降低项目风险，缩短产品上市时间。

### d) 无线技术和多标准设备的异构混合

为了适应 IoT 应用的多样化本质和需求，出现了许多无线技术和标准。<sup>1</sup> 各种网络均可支持这些应用，包括从单电池供电的传感器到自动驾驶汽车的高带宽、任务关键性服务。图 1 所示为支持蜂窝和非蜂窝无线接口（如 NFC、WiFi、蓝牙<sup>®</sup> 和 LTE 的设备（如智能手机））。现实情况是，现在太多的标准可以用于 IoT，因此给测量带来了很大挑战。这些标准有很多不同的物理层，其中每层都有其独特的射频测试要求。更复杂的是，每个物理层有可能支持多个调制方案。

随着支持多重标准的设备日益增加，测试这些设备也变得更加复杂。每个标准都各有一套测试要求，带来不同的挑战。研发人员也需要验证这些设备是否能够同时进行良好的交互操作，并同时处理多重标准。但是，如果每项单独的标准都需要不同仪器的话，测试设备将变得非常昂贵。更具性价比的方法是仅用一台仪器就能测试所有必要的标准，并且支持添加其他新标准。

### e) 干扰、合规性和一致性

对于高密度的 IoT 连接设备，共享相似频段的无线技术可造成互相之间的同道和邻道干扰。例如，越来越多的 IoT 设备使用未经许可的工业、科学和医用（ISM）频带。这样导致 2.4-GHz ISM 频段被无线电话、无线摄像机、微波炉和可穿戴设备共用，变得非常拥挤。这些设备应进行彻底地测试，以确保它们满足网络需求和监管标准，并具备在密集信号环境下工作的能力，这一点非常关键。这包括满足一致性和合规性标准。除此之外，实时频谱分析可对频谱环境加以检测和采集，是识别随时间变化的干扰源的有效方法。

近距离工作的大量 IoT 设备所带来的另一个担心是电磁干扰（EMI）。电磁兼容（EMC）测试分为四类：辐射和传导发射测试、辐射和传导抗扰度测试。一方要避免造成无用的发射，而另一方则争取抵抗无用发射。为了进行合规认证测量，需要符合各自标准要求的解决方案。

## 3. 解决方案和测试考量——软件和硬件

是德科技为设计、验证、一致性和生产测试提供了广泛的综合测试解决方案。在本章中，针对元件、电路和系统层级的设计人员和研发人员，推荐采用其中一些方案来解决前文所述挑战。

### (i) 设计和仿真 (a-e)

设计和仿真工具使设计人员能理解复杂系统的潜在物理现象。复杂、灵敏和高性能混合信号电路可以建模和集成，不会对其性能造成显著影响。Keysight EEs of 电子设计自动化（EDA）软件通过提供完整设计流程的解决方案，来应对系统、电路和物理层设计的内在挑战。使用设计流程构建这些系统、元件和物理层设计工具，设计工程师可以更快更好地设计新产品。此外，是德科技的 EDA 软件与是德科技的测试和测量设备完全兼容，这为设计人员提供了从设计到验证测试的完整解决方案。

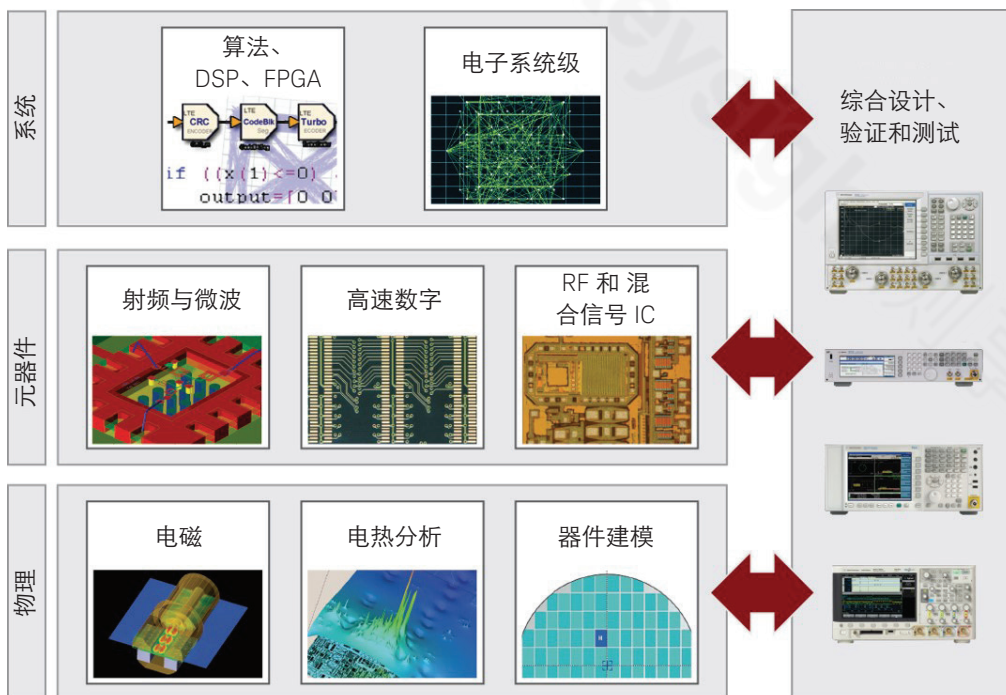


图 3. 是德科技的设计软件为设计人员提供了从设计到验证和测试的完整设计流程图。

在开发过程前期，新产品可以在 SystemVue——用于电子系统级（ESL）设计的专用 EDA 环境中进行仿真。如图 4 所示，SystemVue 使得系统架构师和算法开发人员能对无线通信系统的物理层进行创新，并且为射频、DSP 和 FPGA/ASIC 的实施人员提供很大的帮助。SystemVue 还包括可连接到仿真节点的虚拟测量工具，以提供系统性能预测。

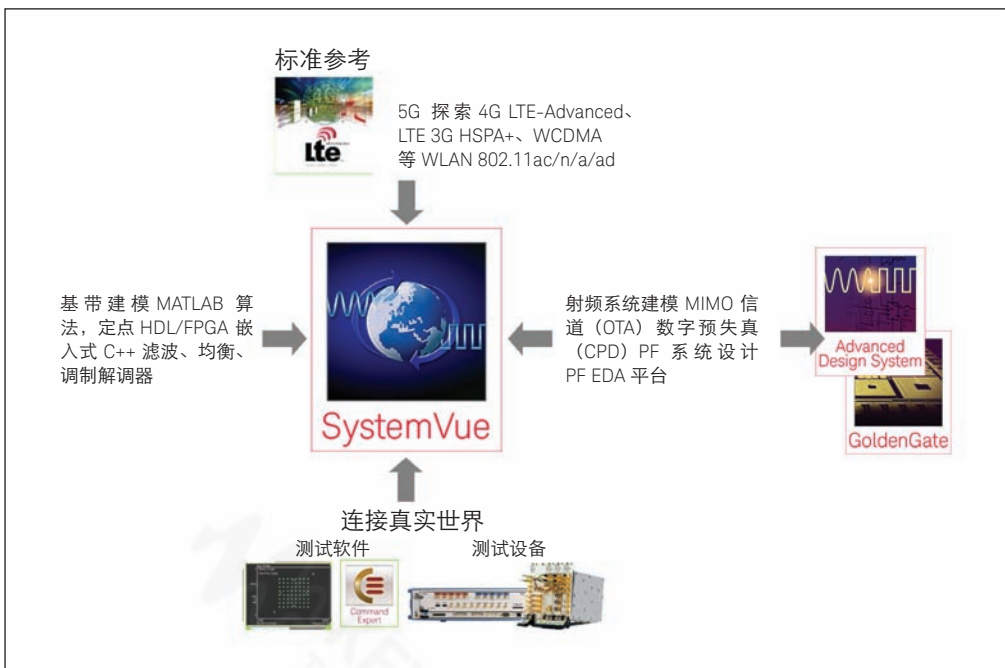


图 4. SystemVue 是跨域开发环境的核心。

先进设计系统（ADS）是射频、微波和高速数据应用的最佳设计工具。它所包含的设计环境能支持 IC、封装和电路板的协同设计，在同时使用多个工具时有助于节约时间、减少误差。在对 IC、封装和电路板进行协同设计时，可采取交互方式设置它们之间的折中。多种技术设计的电路可在电路和完全 3D EM 层级上组合并仿真。

ADS 的特点包括完整图形捕获和版图环境、电路和系统仿真器、本地访问 3D 平面和完整 3D 电磁场解算器、精准高效的电热分析以及大量的制程设计套件（PDK）。它也为 Cadence、Mentor 和 Zuken 等公司提供 EDA 和设计流程集成服务。此外，EDA 软件的优化操作窗口允许实时反馈和控制，而最新的无线数据库允许设计人员使用最新的无线标准。X 参数<sup>1</sup>模型生成也能用于非线性高频设计。

使用低功率电路设计时，噪声计算可能非常重要，尤其是当信号电平接近本底噪声时。ADS 提供具有交流和 S 参数仿真器的线性噪声仿真。噪声仿真计算出由每个元件产生的噪声，然后确定其如何影响整个网络的噪声性能。在大多数情况下，由电路元件产生的噪声会自动计算出来。例如，失真无源元件按照其发生热噪声功率的能力贡献噪声。非线性设备的噪声贡献通过模型计算，像 SPICE 中所使用的模型一样，这些与温度和偏置有关。

1. X 参数是是德科技公司在美国、欧盟、日本及其他国家或地区的注册商标。X 参数格式和基础方程是公开并存档的信息。如欲了解更多信息，请访问 <http://www.Keysight.com/find/eesof-x-parameters-info>。



ADS 也提供 SIPro 和 PIPro 的 SI 和 PI 分析。<sup>1</sup> SIPro 提供在密集走线、高复杂性 PCB 的高速链路上进行 EM 表征所需的速度和精度。相比有限元法 (FEM) 仿真这一黄金标准, SIPro 在一部分时间和内存消耗方面表现出极好的一致性。PIPro 提供 PDN 的 PI 分析并且包含直流 IR 压降分析、交流阻抗分析和电源层共振分析。直流 IR 压降仿真器为 PDN 中的每个 PCB 过孔、引脚、接收机和电压调节模块提供直流电压和电流表, 使得 SI/PI 工程师能预测集成电路接收电流时其引脚上的直流电压。通过直观呈现电源和接地网上的电压、电流密度和功率耗散, 可以轻松地识别出故障处。

SI 和 PI 分析采用相同的环境, 因此可以将设置从一种分析类型轻松复制到另一种分析类型。生成的 EM 模型可无缝转换成原理图, 以便进一步仿真。综合原理图捕获、版图和数据分析环境具有包括 IBIS-AMI 通道、瞬态、S 参数和物理层 EM 的多个仿真器, 确保设计符合最新标准。为了支持 ADS 环境内的通道仿真, 设计人员可使用 EMPro 软件用于复杂通道元件模型的完整 3D 仿真, 并使用 SystemVue 软件产生定制 IBIS-AMI 发射机 (Tx) 和接收机 (Rx) 特性模型进行快速信道仿真。该流程摆脱了不同工具间切换的需要, 提供了更好的工程协作并节省了时间。

是德科技 EDA 提供广泛的 EM 仿真技术选择, 覆盖矩量法 (MoM)、FEM 和时域有限差分法 (FDTD)。动量仿真器使用 MoM 实施无源电路建模和分析, 以便精确仿真复杂多层设计的耦合和寄生效应。FEM 仿真器以 FEM 为基础, 精确仿真 3D 结构, 例如封装、键合线、连接器和其他元件。配有 FDTD 解算器的 EMPro 是天线、EMI/EMC、雷达截面积和生物医药应用的高效解决方案。

GoldenGate 是一个用于集成混合信号 RFIC 设计的高级仿真、分析和验证解决方案。它完全集成到 Cadence ADE, 包含用于 3D 电磁仿真的 Momentum, 用于系统级验证的 SystemVue 和 Ptolemy 无线测试台, 以及用于高级数据分析的 ADS 数据显示屏。GoldenGate 链接系统、子系统和元件级设计和分析, 成为 IoT 设计综合设计流程的一部分。

随着设计从仿真转为实现, 实际的设备模型可代入仿真。实际测量或硬件在环取代虚拟工具, 使研发人员能够比较仿真的性能和测得的性能。为了实现更大的能见度, 在测量探头无法达到的位置, 可使用仿真来内插和外插波形。为了实现从设计到原型验证的连续性, 是德科技提供前所未有的科研级测试设备, 包括台式、模块式和手持式。

## (ii) 电池电流消耗分析 (b)

是德科技的 N6781A 和 N6786A 2-象限电源测量单元 (SMU) 专为无线设备的电池消耗分析而研发。<sup>5-7</sup> N6781A 提供的高精度确保了技术参数高达 20 V、3 A 和 20 W 的低电流测量。N6786A 可用于更高功率的设备, 如最新的智能手机 / 平板手机、平板电脑和笔记本电脑, 可实现高达 20 V、8 A 和 80 W 的输出功率。

SMU 最重要的特性是其无缝切换的测量量程, 在进行动态电流消耗信号时可以精确测量跨越 7 个数量级的信号 (图 5)。它们还具有可设置的电池仿真特性, 可提供类似于实际电池的效果, 以及零负担电流计和电压计记录工作模式, 确保必要时执行实际电池的耗电测试。快速瞬态响应使瞬态压降最小化, 该压降用于无线设备汲取的脉冲电流, 而 200-kHz 的采样率则可提供详细的测量洞察。

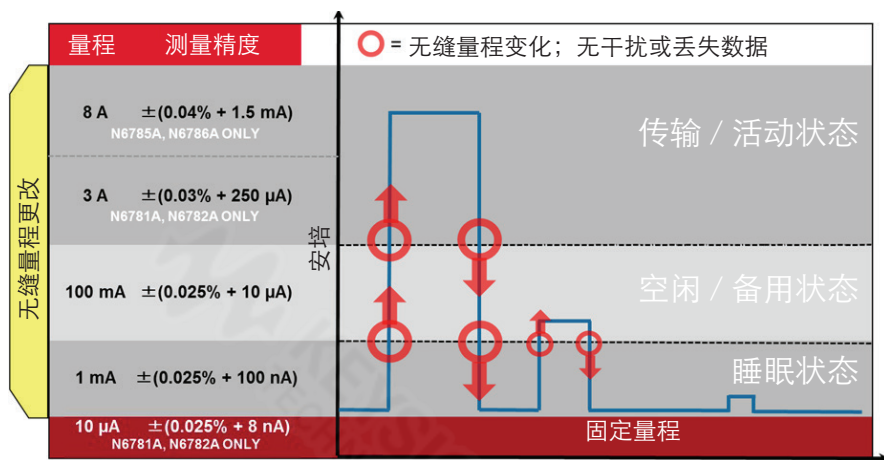


图 5. 无缝测量量程使得是德科技的 SMU 能跟踪实时的动态信号的电平, 并为给定信号电平使用最佳测量量程。

两个 SMU 均在 N6705B DC 功率分析仪的主机内工作。N6705B 提供了一个包括功率、波形捕获、长期电流消耗记录和显示以及结果分析的平台。14585A 软件通过增加高级电池消耗分析功能, 例如统计分析和能量测量, 对解决方案作了补充。

图 6 所示为优化 GPRS 设备的电池运行时间时更大时间分辨率下观察的信号实例。左边所示为一部分 DRX 备用工作的电流消耗被捕获。右边的展开图显示了每次 Rx 电流脉冲的细节, 这为该阶段的基带和接收机活动提供了洞察。

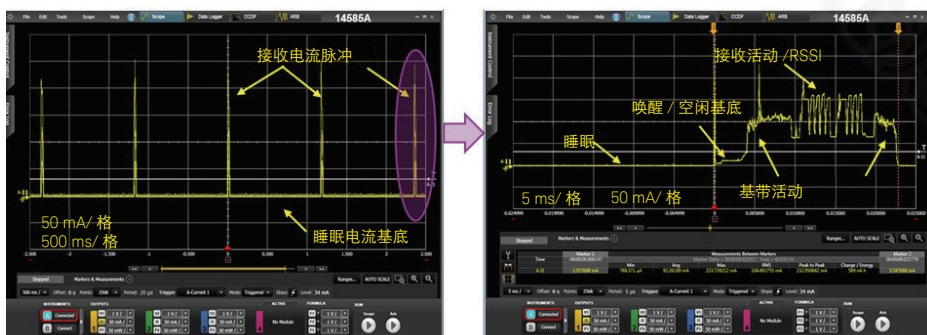


图 6. 放大视图提供优化电池运行时间的更佳洞察。

电池仿真器电源为设备提供恒定的直流电源，因此，在评估设备性能时用电池仿真器电源供电非常有用。在其他场合，如进行实际电池的耗尽测试时，往往使用设备的实际电池。该测试设置有助于进一步了解设备在使用电池工作时的状态。N6705B 与 E7515A UXM 无线测试仪的灵活网络仿真和可配置的睡眠模式功能配合，支持实际工作条件下设备电池寿命和电流消耗的表征（图 7）。除了评估不同工作模式对各种设置产生的影响、用户设备的应用和网络条件对电池消耗的影响外，用户还可以分析由设计变化、固件升级和添加复杂的传输和接收功能（如载波聚合和高阶 MIMO）所产生的影响。

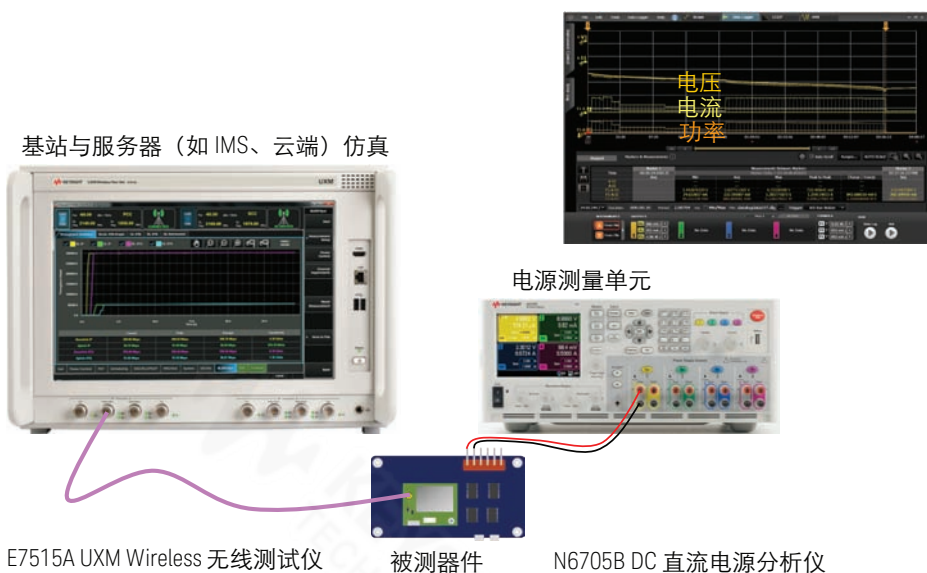


图 7. 设计人员可以使用 UXM 和直流电源分析仪来表征电池和电流消耗。

关于 N6705B 直流电源分析仪提供的其他应用和设备电池寿命的优化技巧可分别参见参考文献 5 和 6。对于更低电流和更高带宽的测量，可使用 CX3300A 设备电流波形分析仪。它可测试低至 150 pA 的电流和高达 200 MHz 的带宽。

### (iii) 信号完整性和电源完整性工具 (c)

有很多测量工具可用于验证和关联具有实际测量值的信号完整性和电源完整性仿真。例如，ENA 选件 TDR 可用于互连测试，Infiniium 示波器支持发射机测试，误比特率测试 (BERT) 解决方案可用于接收机测试。匹配的软件可用于加强这些工具的测量值。

E5071C ENA 选件 TDR8 是分析高速串行互连的一体解决方案。它支持时域 (TDR/TDT)、频域 (S 参数, 可用于描述串扰) 和眼图分析, 如图 8 所示。ENA 替代了传统的解决方案, 如矢量网络分析和 TDR 示波器。它包含可自动调节偏差的安装向导, 只需点击鼠标就可进行测量。而且, 它允许对小的不连续性也能进行快速和精确测量。出色的噪声性能使得实时测量成为可能, 而不像传统的 TDR 示波器需要求平均值。其他优势包括 ESD 稳定性; ESD 保护电路是很难在 TDR 示波器上实施的。ENA 支持合规性测试并且经证实符合主要通信标准。与差分 and 单端 TDR/TDT 探头配合使用时, ENA 也可用于 PCB 质量控制和故障分析。

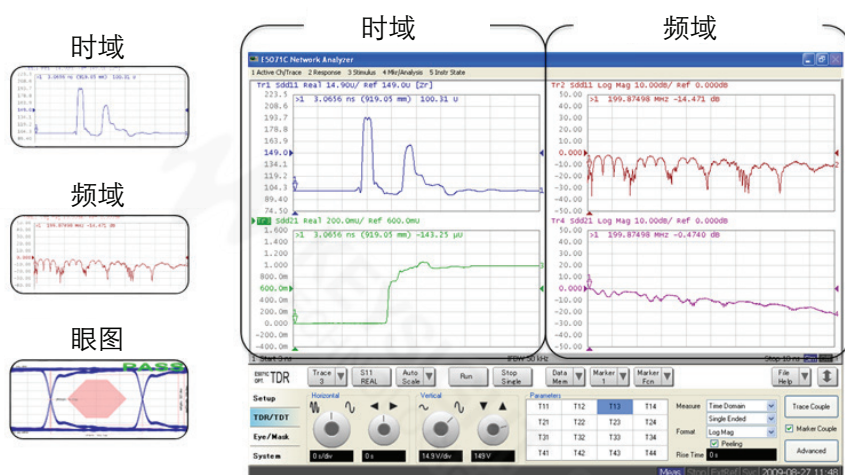


图 8. E5071C ENA 选件 TDR 用于时域和频域的实时测量。



图 9. 使用 Infiniium S 系列示波器进行实际抖动测量。

物理层测试系统 (PLTS) 软件<sup>9</sup> 专为互连中的信号完整性设计。它可与 PNA、ENA 和 PXI 矢量网络分析仪以及 TDR 示波器配合使用。PLTS 指导用户进行硬件设置和校准，并控制数据采集。它也提供用于自动夹具去除的去嵌入模型构建，以便工程师可以只检查所关心的元件。该系统采用一键式合规性测试，使用便捷。

为了测量抖动和观察波形，需要高带宽测量解决方案。Infiniium S 系列示波器<sup>10</sup> 提供业内顶尖的信号完整性，具有 10 位 ADC、低噪声前端（1-GHz 带宽时，噪声为 90  $\mu$ V RMS）、高达 8-GHz 的带宽、20 GSa/s 的采样率和小于 200 fs RMS 的固有噪声。图 9 所示为使用这些示波器获得的实际抖动测量值。该系列所有机型采用相同的时基技术块和低抖动水平分量，可测量短记录长度内的低于 130 fs 的信号。S 系列支持合规性应用，例如 DDR、eMMC、MIPI、USB 等等。

除了硬件本身的性能指标之外，S 系列示波器还配备了支持更好测量洞察的软件。InfiniiScan 可快速触发复杂事件，这些事件可以看见，但不能使用硬件触发器指定。它可快速扫描数千个采集到的波形周期，并隔离出异常的信号特性。串行数据分析为具有嵌入时钟的高速串行接口提供快速信号完整性验证。EZJIT、EZJIT-Plus 和 EZJIT-Complete 帮助表征和测试最常用的抖动测量。N8833A 串扰分析应用<sup>11</sup> 通过检测和量化串扰来源来协助诊断串扰。当受扰信号的特定干扰源被去除后，N8833A 能向用户直观呈现预期改善，从而对恢复的设计裕量进行量化（图 10）。



图 10. FEXT 受扰波形之前和之后的视图。顶部的图用绿色表示受扰波形，用橘色表示干扰源、用红色表示去除串扰的波形。中间的图为具有 FEXT 眼形显示的受扰波形眼图。底部的图是去除串扰后的受扰波形眼图。

示波器本身同样需要面对失真、噪声和损耗这类挑战，这是需要考虑的一个重要问题。<sup>12</sup> 具有高级 SI 属性的示波器能更好地表述被测信号，反之亦然。表 1 所示为七项关键示波器属性，这些属性对于准确表述测得的被测信号非常重要。

信号完整性指标	示波器技术块	参考资料或文献
分辨率	ADC 位	产品技术资料
噪声	前端电路	大多数供应商提供产品技术资料。
硬件支持的垂直刻度设置	ADC/ 前端	技术资料一般不会规定软件放大模式的起始刻度。部分厂商在垂直刻度设置较小时，自动将带宽限制到较低的值。
频率响应平坦度	模拟滤波器和校正滤波器	产品技术资料通常不包含这个技术指标。您需要向厂商索取特定型号的幅度和相位响应技术指标。
时标精度	时基	产品技术资料
固有抖动量	时基	有的供应商提供，有的则不提供。如果技术资料未包括这个指标，请向供应商咨询。
ENOB (有效位数)	示波器垂直和水平系统组合	有的供应商提供，有的则不提供。如果技术资料未包括这个指标，请向供应商咨询。

对于接收机测试，是德科技的 BERT 解决方案包括价格实惠的生产测试和高达 32 Gb/s 的高性能表征及合规性测试。例如，J-BERT M8020A<sup>13</sup> 专为研发和测试工程师设计，他们需要表征和验证具有串行 I/O 端口的芯片、器件、电路板和系统的合规性。它具有全部所需的内置接收机测试功能，并且可用于测试最流行的串行总线标准如 USB 超高速和 MIPI™ M-PHY。

为了测量直流电源上的小交流信号并捕获高频加载产生的瞬态变化，需要具有低噪声、支持常用电压、低负荷和高带宽的电源完整性解决方案。N7020A 电源探头和 N2820A 高灵敏度电流探头，配合使用 Infiniium S 系列，可用作电源完整性分析仪参考解决方案。<sup>14</sup> 该解决方案能完整地展现隐藏在直流电源上的信号（图 11）。N7020A 具有 1:1 的衰减比，± 24-V 的偏移和 2-GHz 的带宽，可捕获导致时钟和数据抖动的高频噪声和瞬态。它可以限制带宽以降低噪声。N2820A 支持低至 50-μA 量程的电流探测，确保低功率测量。

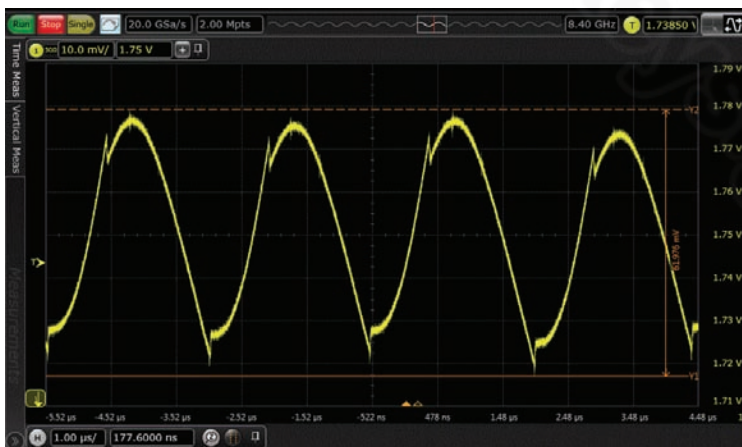


图 11. 典型 1.8-V 直流电源顶端的纹波、噪声和瞬态的放大视图。

#### (iv) 无线测试解决方案 (d)

对于那些研发 IoT 设备以及寻找支持当今和未来无线标准解决方案的人来说，是德科技提供一系列的硬件平台，包括台式、模块化和一体式测试仪（图 12）。这些产品还匹配软件，能提供更多产品功能和测量洞察。使用是德科技解决方案的优势在于，通用的测量科学确保从研发到制造的整个产品生命周期都有一致性和可比性的测量结果。

在设计和原型评估阶段，台式仪器如 X 系列信号分析仪和信号生成器是理想选择，因为它们能提供高性能和前面板功能。在之后的产品生命周期中，类似测试速度、灵活性和大小等标准则更为重要，模块化和一体式测试仪解决方案如 M9420A VXT PXIe 矢量收发机和 E6640A EXM 无线测试仪是更好的选择。例如，EXM<sup>15</sup> 提供在其等级内最广泛的多制式覆盖范围，并且定期升级添加新制式。当前支持的格式包括 2G/3G/4G 蜂窝格式、WLAN、ZigBee、蓝牙<sup>®</sup> 和 Wi-SUN。同时它也可扩展至四个 TRX 信道。每个 TRX 是一个完整的矢量信号分析仪（VSA）、矢量信号生成器（VSG）和四端口 RFIO，具有高达 6 GHz 的频率覆盖范围和 160MHz 的带宽。端口可被配置为两个半双工和两个全双工或四个全双工。

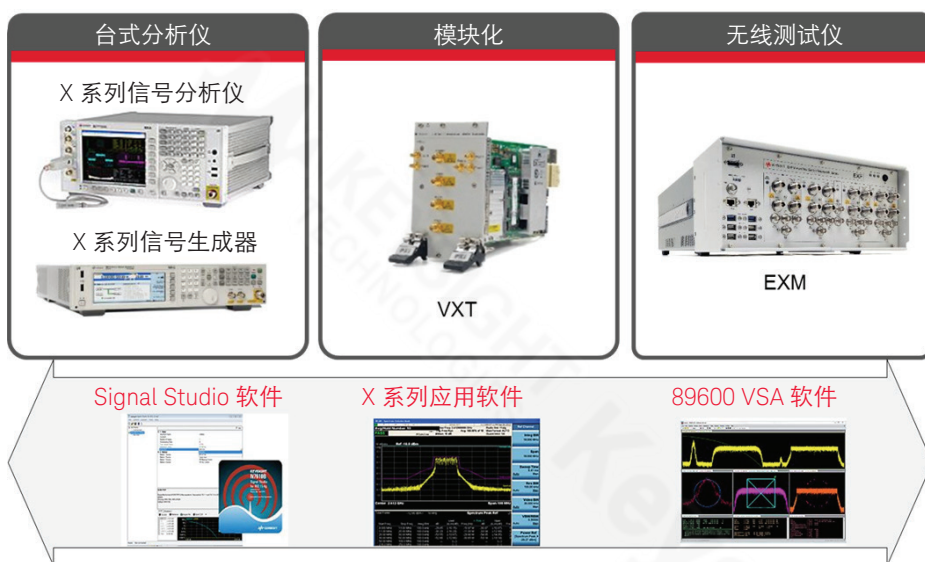


图 12. 是德科技的测量科学涉及台式、模块化和无线测试仪。以下软件可协助这些硬件来提供更多的产品特性和测量洞察。

为加速设计和测试，是德科技提供三款流行应用软件，可被用于台式、模块化和一体式测试仪平台。Signal Studio 软件可以创建定制和符合标准的波形，而 X 系列测量应用软件可支持一键式测试各种 IoT 无线制式。除了信号生成软件和测量应用外，89600 VSA 软件是领先于业界的数字调制分析工具，可用于更深层次的无线制式故障诊断。

除了上述方案，一些中小型厂商可能为 ASK/FSK 等简单测量以及低成本的蓝牙和 Zigbee 测试选择高性价比的解决方案<sup>16-19</sup>。N9320B/N9322C 基础频谱分析仪 (BSA) 可用作测试低成本设备和模块的高性价比解决方案。BSA 是研究、开发和生产消费电子，以及维修站、高校和一般频谱监测的理想选择。

图 13 中的 T3111S RIDER NFC 一致性测试系统是用于 NFC、EMV 和 ISO 设备的射频模拟和数字协议测试的一体式解决方案。该测试系统以 T1141A NFC 测试仪为基础，可辅以是德科技或 FIME 机器人来确保精确、可重复的射频测试。T3111S 是用于 NFC 论坛认证项目的官方验证测试平台。该平台也通过了 EMV 1 级卡片与终端认证。此外，是德科技采用 Infiniium S 系列示波器和 33522B 波形生成器，为 NFC 研发工程师提供解决方案。

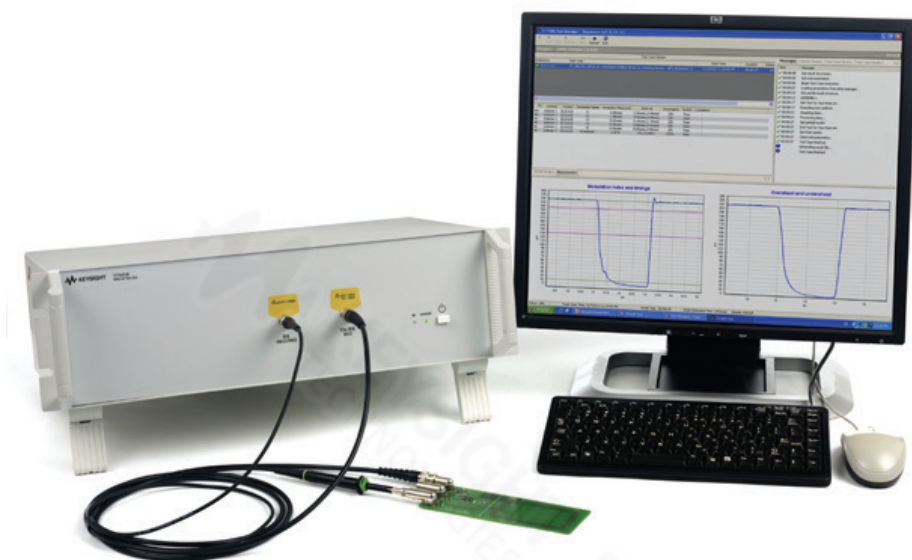


图 13. T3111S RIDER NFC 一致性测试系统用于 NFC、EMV 和 ISO 设备的射频模拟和数字协议测试。



## (v) 实时频谱分析 (d, e)

实时频谱分析可以解决很多问题，包括诊断真实环境中的性能问题，捕获可能出现和影响性能的干扰信号（故意或非故意），即使这些信号是瞬态信号且持续时间非常短。该功能可作为 UXA、PXA 和 MXA 信号分析仪的选件升级。实时频谱分析仪 (RTSA)<sup>20,21</sup> 选件可检测最短 3.33 ns 的信号并扫描高达 510 MHz 的实时带宽，使用外混频对高达 THz 的频率实施实时信号分析。有效触发使得用户能只专注于复杂信号环境中的感兴趣信号，并且在出现大信号时也能看到小信号。

89600A VSA 软件是对 RTSA 的补充，可以对捕获的复杂信号做更深的分析。N9077A WLAN 测量应用和 RTSA 功能使信号分析仪可以精确定位干扰，这些干扰由 ISM 和 UNII（2.4 GHz 或 5 GHz）频带中的许多信号造成。图 14 描绘了多种不同制式同时存在下的实时频谱分析结果，从中可以看出捷变的、隐蔽或意外的信号。密度显示提供频谱环境内正在进行的变化的详细视图。这里，色度显示出现频率。频谱图呈现频率频谱与时间的关系，并使用颜色来显示强度。该信息实时更新，显示频谱域、时域和频谱图视图的信号变化。

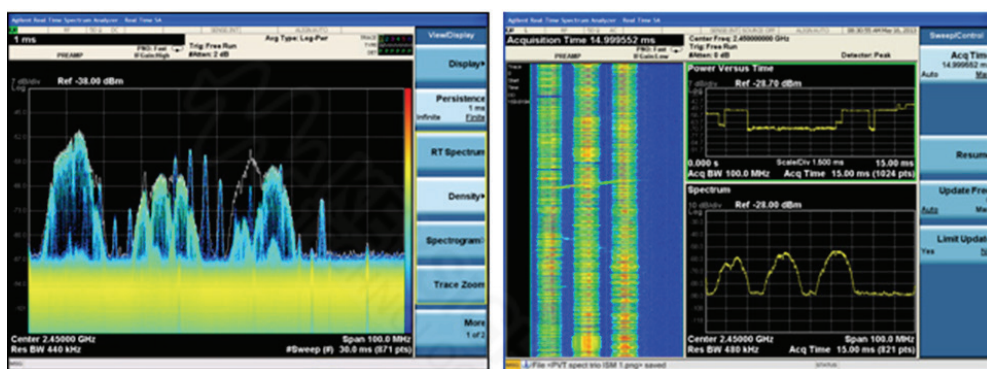


图 14. 实时频谱分析结果按照 (a) 密度格式、(b) 频谱图和功率时间关系显示。

## (vi) EMI /EMC (e)

在研发周期早期，可使用是德科技的 EDA EMPPro 软件仿真电子电路和元件的辐射杂散。根据计算出的结果，可确定发射是否在通用 EMC 标准（如 CISPR、FCC 第 15 部分和 MIL-STD-461G）规定的水平内。建模能帮助设计人员在研发硬件前估计杂散水平。

为了避免因 EMC 合规性故障导致代价高昂的项目延迟，研发团队针对新设计提前执行预兼容性测试，以帮助识别 EMI 问题。N/W6141A EMI 测量应用软件在 X 系列频谱分析仪（PXA/MXA/EXA/CXA）上运行，有助于使用众多以 EMC 为中心的数据收集和分析工具进行预兼容性测试。

EMC 合规性测试的成功取决于产品能否快速、有效地通过测试队列。完整的标准合规性测试可根据 CISPR 和 MIL-STD 标准，使用可升级的 N9038A MXE EMI 接收机进行。如果您需要完整的 EMI 测试解决方案，是德科技解决方案合作伙伴可提供一站式服务，包含 MXE 及所有配套的试验箱、天线、软件、增值集成和探头等。图 15 所示为辐射 EMI 测量的测试设置。

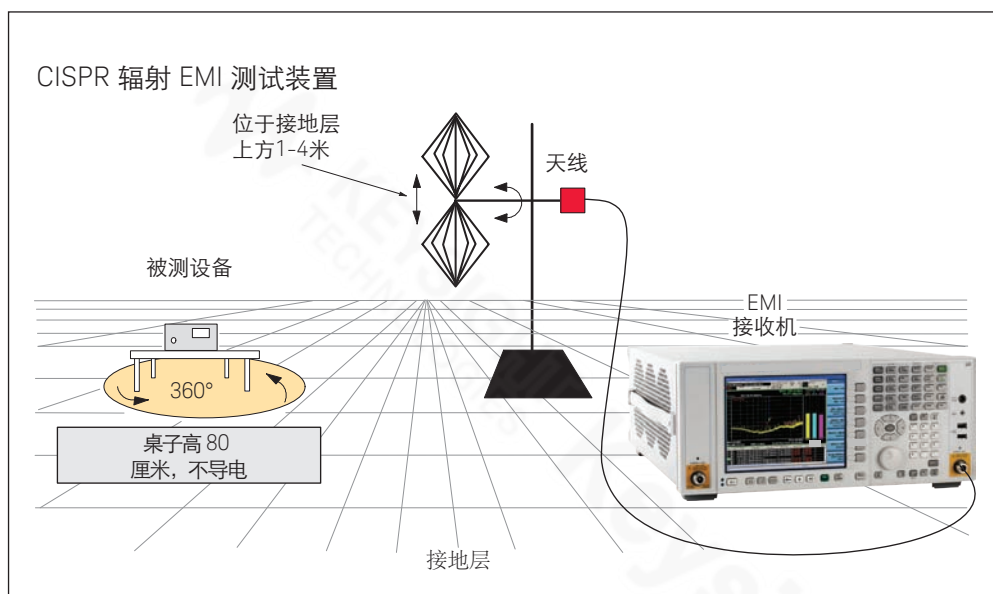


图 15. 该测试装置用于执行辐射 EMI 测量。

## 4. 结论

IoT 设备设计人员和研发人员面对不断出现的各种挑战，他们需要精确、可靠的测试和测量解决方案来应对这些挑战。使用是德科技的解决方案，工程师们不仅能获得更快的上市时间，而且能增加他们的设备在市场上成功实施的可能性。

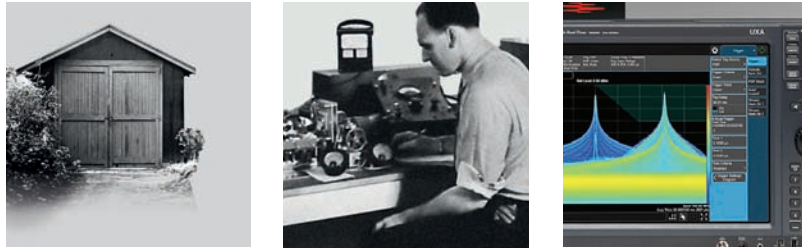
是德科技提供覆盖产品所有阶段的一系列解决方案，帮助设备设计人员和研发人员应对所面临的挑战。每种解决方案的背后，是是德科技持续不断地创新和投资，开发全新技术，支持不断演进的标准，满足新兴的测试和测量需要。为了确保今天的设计人员和研发人员能获得尖端解决方案，是德科技参与了众多行业协会并与客户紧密合作。这使我们能够通过不断升级、更新和改型，始终保持技术领先地位。

## 5. 参考资料

- [1] 物联网：支持技术与设计和测试解决方案 (5992-1775CHCN)
- [2] Sojuyigbe, S.; Daniel, K., “Wearables/IOT devices:Challenges and solutions to integration of miniature antennas in close proximity to the human body,” in Electromagnetic Compatibility and Signal Integrity, 2015 IEEE Symposium, pp. 75-78, 15-21, March 2015
- [3] W2360EP/ET SIPro、W2359EP/ET PIPro (5992-1291CHCN)
- [4] 理解信号完整性 (5988-5978CHCN)
- [5] 提高移动或无线设备中的电池寿命 (5991-0519CHCN)
- [6] 优化移动设备电池寿命的 10 个技巧 (5991-0160CHCN)
- [7] IoT 无线传感器中的电池寿命挑战和测试意义 (5991-2698CHCN)
- [8] E5071C ENA 选件 TDR 增强时域分析 (5990-5237CHCN)
- [9] 物理层测试系统 (PLTS) 2016 (5989-6841CHCN)
- [10] Infiniium S 系列高清示波器 (5991-3904CHCN)
- [11] N8833A 和 N8833B 实时示波器串扰分析应用软件 (5992-1308CHCN)
- [12] 评测示波器的信号完整性 (5991-4088CHCN)
- [13] J-BERT M8020A 高性能比特误码率测试仪 (5991-3647CHCN)
- [14] 电源完整性分析仪参考解决方案 (5992-1292CHCN)
- [15] E6640A EXM 无线测试仪 (5991-4287CHCN)
- [16] 测试低于 1 GHz 的无线模块的高性价比方式 (5992-1142CHCN)
- [17] 测试智能设备上的蓝牙® 模块的高性价比方式 (5992-1118CHCN)
- [18] 2.4 GHz ZigBee 发射机和接收机的灵活测试解决方案 (5992-0464CHCN)
- [19] 测试 Zigbee 智能家用设备的高性价比解决方案 (5992-1298CHCN)
- [20] 实时频谱分析仪、X 系列信号分析仪 (5991-1748CHCN)
- [21] 用于 802.11n/ac WLAN 设备故障诊断的实时频谱分析 (5991-2652CHCN)

## 从惠普到安捷伦再到是德科技

传承 75 年创新史，我们始终帮助您开启测试测量新视野。我们独有的硬件、软件和技术人员资源组合能够帮助您实现下一次突破。1939 年成立的惠普公司起源于电子测量，是德科技将这一业务传承至今，并将继续发扬光大。



1939 未来

### myKeysight

myKeysight  
[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)  
个性化视图为您提供最适合自己的信息！



3 年保修  
[www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty](http://www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty)  
是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。



是德科技保证方案  
[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)  
10 年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。



[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)  
是德科技公司  
DEKRA 认证 ISO 9001:2015  
质量管理体系

### Keysight Infoline

Keysight Infoline  
[www.keysight.com/find/service](http://www.keysight.com/find/service)  
是德科技的洞察力帮助您实现最卓越的信息管理。免费访问您的是德科技设备公司报告和电子图书馆。

是德科技渠道合作伙伴  
[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)  
黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

Bluetooth and the Bluetooth logos are trademarks owned by Bluetooth SIG, Inc., U.S.A. and licensed to Keysight Technologies, Inc. All instances of Bluetooth should be in italics  
\*X-parameters is a trademark and registered trademark of Keysight Technologies in the US, EU, JP, and elsewhere. The Xparameters format and underlying equations are open and documented. For more information, visit <http://www.Keysight.com/find/eesof-x-parameters-info>.  
MIPI is a licensed trademark of MIPI, Inc. in the U.S. and other jurisdictions.  
[www.keysight.com/find/IoT](http://www.keysight.com/find/IoT)



如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：[www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

**是德科技客户服务热线**  
热线电话: 800-810-0189、400-810-0189  
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863  
电子邮件: [tm\\_asia@keysight.com](mailto:tm_asia@keysight.com)

**是德科技(中国)有限公司**  
北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦  
电话: 86 010 64396888  
传真: 86 010 64390156  
邮编: 100102

**是德科技(成都)有限公司**  
成都市高新区南部园区天府四街 116 号  
电话: 86 28 83108888  
传真: 86 28 85330931  
邮编: 610041

**是德科技香港有限公司**  
香港北角电器道 169 号康宏汇 25 楼  
电话: 852 31977777  
传真: 852 25069233

**上海分公司**  
上海市虹口区四川北路 1350 号  
利通广场 19 楼  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200080

**深圳分公司**  
深圳市福田区福华一路 6 号  
免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元  
电话: 86 755 83079588  
传真: 86 755 82763181  
邮编: 518048

**广州分公司**  
广州市天河区黄埔大道西 76 号  
富力盈隆广场 1307 室  
电话: 86 20 38390680  
传真: 86 20 38390712  
邮编: 510623

**西安办事处**  
西安市碑林区南关正街 88 号  
长安国际大厦 D 座 501  
电话: 86 29 88861357  
传真: 86 29 88861355  
邮编: 710068

**南京办事处**  
南京市鼓楼区汉中路 2 号  
金陵饭店亚太商务楼 8 层  
电话: 86 25 66102588  
传真: 86 25 66102641  
邮编: 210005

**苏州办事处**  
苏州市工业园区苏华路一号  
世纪金融大厦 1611 室  
电话: 86 512 62532023  
传真: 86 512 62887307  
邮编: 215021

**武汉办事处**  
武汉市武昌区中南路 99 号  
武汉保利广场 18 楼 A 座  
电话: 86 27 87119188  
传真: 86 27 87119177  
邮编: 430071

**上海MSD办事处**  
上海市虹口区欧阳路 196 号  
26 号楼一楼 J+H 单元  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200083

[www.keysight.com/find/IoT](http://www.keysight.com/find/IoT)

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改  
© Keysight Technologies, 2016  
Published in USA, March 16, 2016  
出版号: 5992-1478CHCN  
[www.keysight.com](http://www.keysight.com)