

# 是德科技 物联网测试解决方案



IoT

M2M



## 物联网概述及挑战

物联网 (Internet of Things) 概念最早在1999年由美国麻省理工大学在研究RFID时首次提出。如今, 物联网有了更为广泛的定义: 它指的是无处不在的末端设备和设施, 包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、楼宇系统、家庭智能设施、视频监控系统等和“外在使能”的贴RFID的各种资产、携带无线终端的人和车辆等等, 通过各种无线和/或有线的长距离/短距离通讯网络, 实现互联互通并产生基于云计算的SaaS营运模式。随着智能家居、智能可穿戴、智慧城市、智慧工农业等物联网应用的持续深入, 有研究机构表示, 到2020年将有数百亿的物联网设备互联在一起。三星电子的总裁和CEO曾表示, 到2020年, 三星电子的所有产品都将是IoT设备。

在广泛深远的应用场景下, 物联网发展面临一些巨大的挑战: 如汽车联网应用下, 超低的时延和对移动性的支持能保证对突发移动信息的快速实时响应; 在虚拟现实应用下, 超高的数据传输速率能保证视频等大数据量的内容流畅传输; 在智能家居等应用下, 低功耗和超高的连接密度是面临的重要问题。这些问题, 对于产业链上下游的企业来说, 是需要共同考虑的问题。

总体来看, 目前的物联网应用面临的主要挑战表现为以下几个方面:

- 1)大量的低成本的传感节点用于感知和收集外界信息, 系统的后端可以基于前端传感系统收集到的信息来决策, 使得整个系统智能化。传感器的技术经过多年的发展, 已经相对成熟。但是在物联网这种新的应用场景下, 超大规模的传感节点使得其成本以及体积等面临挑战。
- 2)先进的连接技术能保证海量节点安全稳定地互联并进行数据传输。在物联网应用中, 海量的节点通过有线的方式连接在一起显然是不可能的, 因此在物联网领域中, 无线的连接方式由于其更方便的部署以及更灵活的特性会成为物联网主要的连接方式。业界目前针对各种不同的应用提出多种不同的无线技术, 如基于超大带宽应用的WLAN 802.11ad技术, 如基于广域覆盖的低功耗NB-IoT和Lora技术等。为了保证各终端能正常互联并传输数据, 需要对这些无线制式进行全面的测量。
- 3)在满足功能需求的基础上, 保证终端节点的超低功耗也是现在节能工作的重中之重。在物联网应用中, 很多垂直应用中的终端节点只能通过电池供电, 这是物联网应用节点需要实现低功耗的第一个原因; 第二, 频繁为终端设备更换电池等是一项费时费力的操作, 而在例如智能水务、智能路灯等场景下更是如此。从发展的眼光看, 未来物联网终端设备的低功耗特性一定会成为市场对终端设备的重要衡量指标。当前, 很多研发机构和物联网终端开发团队都把低功耗作为重要的研究点, 而如何对设备的低功耗进行分析和优化也就成了一个重要的挑战。

是德科技作为测试测量厂商的领导者, 一直致力于为工程师解决测量过程中的各类实际问题。本文后续的部分, 会针对上述的三条挑战逐一介绍, 并给出是德科技提供的解决方案, 希望能帮助各位工程师更好更快地解决实际问题, 帮助您的产品更快更好地市场化。

# 传感器技术

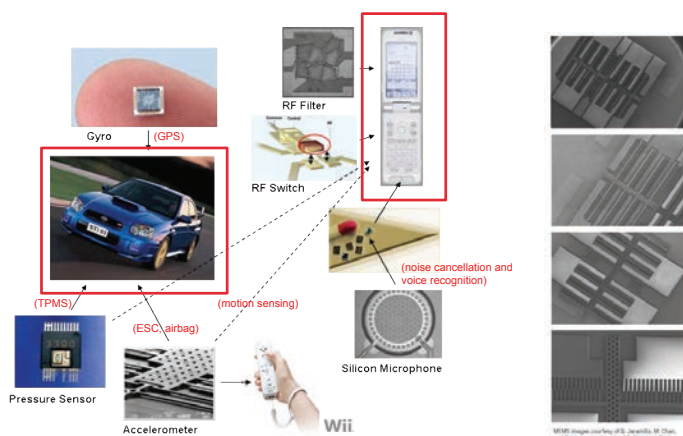
|                      |   |
|----------------------|---|
| 传感器技术.....           | 5 |
| MEMS测试方案.....        | 5 |
| Keysight测试方案的仪器..... | 6 |



## 传感器技术

传感器是一种信号检测装置，能将物理信息的变化（如位置、压力等）转换成电信号或者其他所需形式的信息输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。传感器的存在和发展，让物体有了感觉，因此，它是实现自动检测和自动控制的首要环节。随着技术的发展，传感器的特点也正在向微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化的方向发展。传统的传感器种类有很多，例如用于检测温度的温度传感器、用于检测角速度的陀螺仪、用于检测加速度的加速度计等等。随着智能楼宇、智能家居、智慧城市等物联网智能应用的深入，未来大量的传感器将被部署在城市和家庭的各个角落。与此同时，市场对传感器的小型化、轻量化、低成本化的要求也不断提高，因此，市场上对于MEMS传感器的关注也越来越高。

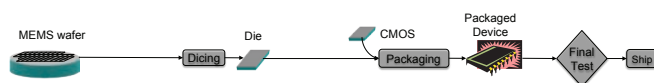
MEMS是微电子机械系统的简称，也称为机电系统。通常是在一个系统级芯片上包含一个或者多个传感器、制动器以及电子控制部。但归根结底，MEMS传感器依然是一个能量的传输设备——将机械能或者化学能转换成电能。典型的MEMS传感器应用包括加速度计、陀螺仪、麦克风等。目前，MEMS传感器在汽车和工业领域应用很多，有人曾预言：在汽车和工业领域，MEMS将会取代传统的non-MEMS传感器。在更广阔的物联网应用领域，MEMS传感器也具有巨大的潜力。



## MEMS测试

MEMS传感器很大的优势之一就是可以大规模生产。下图是一个MEMS生产流程：首先是MEMS晶圆切片，之后进行封装，在发货之前进行封装之后的final test。

由于MEMS传感器中包含机械部分，封装成本较高。调查研究显示，切片之后的封装过程占了整个成本的80%。因此，为了降低生产成本，在生产过程中越早测试越好。所以前期的晶圆测试越来越受到业界重视，它可以在产品研制阶段，通过早期特性以及可靠性数据分析，验证器件是否正常工作；在产品预量产和量产阶段可以验证传感器件是否具有较高的成品率（微结构成品率一般比接口ASIC低很多）。



### 封装前的on-wafer测试

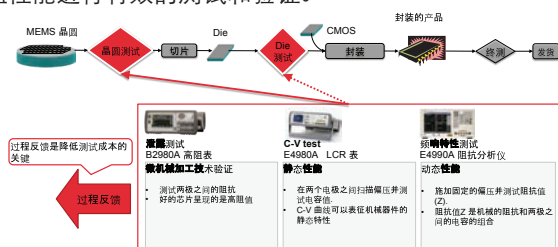
如前所述，在封装之前越早检测出不合格的芯片就越能够降低测试成本。其快速的过程反馈能够提高产品质量，是降低生产成本的关键。

从测试方法上看：对于MEMS产品，有两种输入方法驱动一个MEMS设备，一个是施加物理激励，比如压力或者加速度；另一个方法是施加电激励。电激励在速度、可靠性、准确性和可重复性上都有优势。对于MEMS输出信号，同样有两种方法进行测量：一种是使用激光干涉仪直接测量，另一种是电气测量。电气测量适用于电容式或者压阻式MEMS传感器。虽然激光干涉仪直接测量的方式比较直接，但电测量在重复性、准确性和可用性上同样都有优势。对于生产来说，产量对于大规模生产非常重要，因此，测试系统的速度和可重复性是选择测试方法的关键因素。

从测试需求上看：类似于MEMS电容传感器，需要对其静态响应和动态响应进行评估。静态响应是指施加一个静态的物理激励（可用直流偏置电压来模拟）在传感器上时的响应，表现在参数上就是C-V曲线；动态响应是指施加一个动态的物理激励时传感器的响应。通常其动态响应性能可以用幅度/相位的频率响应来表征，表现在参数上就是谐振频率、Q值和3dB带宽。

## Keysight是德科技的MEMS on-wafer测试方案的主要特点:

- E4990A内置的7种谐振参数模型, 为MEMS压电传感设备测量提供了一个电子电路模型, 使工程师不仅可以对频响特性进行测试, 还能帮助您仿真元器件的等效参数值, 以快速表征MEMS设备。此外, E4990A的0.045% (典型值) 的基本阻抗精度, 使得工程师可以精确地评估MEMS传感器的阻抗特性。
- E4980A LCR表的阻抗范围、测量精度、测量速度、可重复性和直流偏置电压范围等在MEMS设备静态特性测试中保证测试性能和指标。当MEMS设备的机械改变非常小时, 所对应的电容变化量也非常小。此时, E4980A的测量精度和测量稳定度能很好地保证测量性能; 而E4980A能在MEMS待测设备上施加高达40V的高精度偏置电压, 不仅保证测量的动态范围, 也能有效提升测量吞吐率。
- 在待测设备上施加高压来测试高阻性能是一种普遍做法。但对于MEMS微系统来说, 施加高电压的方法很可能导致设备的损坏。B2980A高阻表基于超高的电流测量精度 (0.01fA级别) 使得工程师可以在不施加超高电压的基础上对设备的高阻性能进行有效的测试和验证。



测试方案典型配置: B2980A高阻表+ E4980A LCR表 + E4990A 阻抗分析仪

## B2980A系列毫微微安计/皮安计和静电计/高阻表

### 典型技术规格

- 电流测量分辨率可到0.01 fA ( $0.01 \times 10^{-15}$  A)
- 静电计可测量高达10PΩ ( $10 \times 10^{15}$  Ω) 的电阻
- 20000 读数/秒
- <20 μV 的负荷电压
- 电池供电, 用于避免在低电平测量时交流电源线的噪声干扰
- 可选的装置完整性检查软件可以帮助您找到外部设置单元 (电缆、连接器、适配器、测试箱等) 产生噪声的原因



扫描二维码获取更多资源



扫描二维码获取更多方案介绍

## E4980A 精密LCR表

是德科技 E4980A 精密 LCR 表可提供一流的精确度和速度, 并且具有多种功能, 可广泛应用于各种元件测量。无论是低阻抗范围还是高阻抗范围, E4980A均能提供极快的测量速度和出色的测量性能, 是元件和材料的常规研发测试以及制造过程测试的理想选择。

### 典型技术规格

- 在20Hz至2MHz的频率范围内提供4位分辨率显示
- 对高低阻抗的高精度重复性测量基本精度为0.05%
- 高速测量 (ms级别) 和列表扫描



扫描获取更多资料和选型

## E4990A 阻抗分析仪

是德科技 E4990A 精密阻抗分析仪涵盖了很宽的测试频率范围, 具有优异的基本阻抗精度, 其高Q值/低D值精度使得它能够分析低损耗元件, 而它的宽信号电平范围可用于在实际工作条件下评估器件。此外, 先进的校准和误差补偿功能也能帮助工程师进一步避免进行夹具内器件测量时的测试来那个误差。

### 典型技术规格

- 频率范围: 20Hz至10/20/30/50/120MHz, 可升级
- $\pm 0.08\%$  ( $\pm 0.045\%$  典型值) 基本阻抗测量精度
- 25mΩ至40MΩ宽阻抗测量范围 (10%测量精度范围)
- 内置直流偏置源: 0 V 至  $\pm 40$  V, 0 A 至  $\pm 100$  mA
- 数据分析功能: 等效电路分析、极限线测试



扫描获取更多资源和产品参数

# 无线通信技术

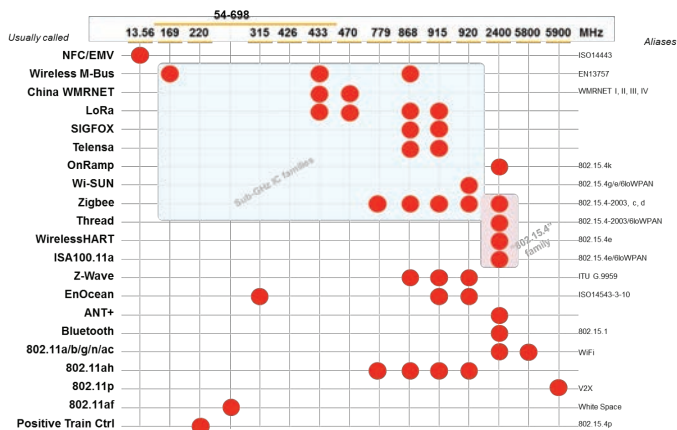
|                       |    |
|-----------------------|----|
| 无线个域网测试方案.....        | 9  |
| 无线局域网测试方案.....        | 13 |
| 无线广域网测试方案.....        | 14 |
| Keysight测试方案中的仪器..... | 16 |
| 成功应用案例.....           | 24 |



## 无线通信技术

物联网技术的深化应用，让每个人和物能随时随地与数十亿个事物相互连接。虽然某些设备仍将采用有线连接的方式（例如 Ethernet），但是无线通信技术却让我们生活更加方便，例如蜂窝网络、WLAN就是目前我们每个人生活的重要部分。随着物联网应用的深入，更多适用于特定垂直应用的无线通信技术被提出，如Bluetooth® LE、ZigBee、Z-Wave、NFC、RFID、NB-IoT、Lora 等技术，而这些技术也在跟随着具体的应用需求不断地演进和发展。

对于物联网终端/模块/无线芯片厂商来说，持续地跟踪各种无线通信技术和持续的标准演进是重要的工作内容。而对应的测试方案也需要能涵盖各种需要的无线通信制式并能快速升级跟踪最新的测试需求。是德科技一直引领着 IoT 和 5G 等新兴无线通信技术的发展。我们的测试工程师和专家致力于理解错综复杂的 IoT 测试需求，以便为工程师们提供出色的硬件和软件测试解决方案，提供适用于 IoT 测试中的解决方案。下面将集中介绍物联网中一些较为主流的无线制式并介绍是德科技的相关解决方案。



## 无线个域网技术 — RFID

### 简介

RFID射频识别是一种非接触式的自动识别技术，它通过射频信号自动识别目标对象并获取相关数据，识别工作无须人工干预，可工作于各种恶劣环境。最基本的RFID系统由三部分组成：标签（Tag）、阅读器和天线。系统的基本工作流程是：阅读器通过发射天线发送一定频率的射频信号，当射频卡进入发射天线工作区域时产生感应电流，射频卡获得能量被激活；射频卡将自身编码等信息通过卡内发送天线发送出去；系统接收天线接收到从射频卡发送来的载波信号，经天线调节器传送到阅读器，阅读器对接收的信号进行解调和解码，然后送到后台主系统进行相关处理；主系统根据逻辑运算判断该卡的合法性，针对不同的设定做出相应的处理和控制，发出指令信号控制执行机构动作。

RFID根据各种不同的应用场景有多种不同的工作频段，如120-150kHz, 13.56MHz, 433MHz, 860~960MHz和2450MHz，识别距离可从几厘米到上百米。我国的二代身份证采用的就是13.56MHz的技术。

### Keysight是德科技的RFID测试方案的主要特点：

主要针对RFID的研发生产测试和射频/协议/性能一致性测试。89601B软件支持18000-6, 18000-4等各种标准，能深入地对RFID物理层性能进行分析和故障诊断，并提供完备的分析结果，在研发和一致性测试中都有很好的应用。射频/协议/性能一致性测试方案是一个完整的turnkey方案，内含标签性能检测、射频一致性认证、协议一致性认证、RFID Emulator等功能，为您的产品提供全面的一致性测试。

| 测试方案典型配置：N9020A/B + N5172B + 89601B (研发) 或 射频/协议/性能一致性测试方案 |            |                  |         |                       |
|------------------------------------------------------------|------------|------------------|---------|-----------------------|
| 频率                                                         | 标准         | 数据率              | 类型      | 应用                    |
| 120-150 kHz                                                | 18000-2    | low              | Passive | Animal Identification |
| 13.56MHz                                                   | 18000-3    | Low to moderate  | Passive | ID Cards              |
| 433 MHz                                                    | 18000-7    | Moderate         | Active  | Asset Tracking        |
| 860-960MHz                                                 | 18000-6B/C | Moderate to high | Passive | Industry, Defense     |
| 2450MHz                                                    | 18000-4A   | High             | Passive | ISM bands             |

## 无线个域网技术 — NFC

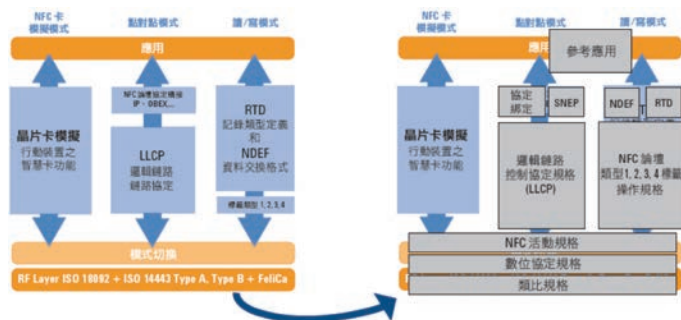
### 简介

NFC近场通讯技术，是RFID射频识别技术的一种（如果您去过 Keysight 是德科技美国办公室，给您的入门卡上面就有一个 RFID 标识）。NFC 标准定义起始于2003年，由恩智浦、索尼和诺基亚三家公司发起，第一个NFC器件产品的面试时间是2011年。NFC 标准涵盖了通信协议和数据交换格式，它是基于现有的RFID标准，包括ISO/IEC 18092以及由NFC论坛定义的哪些标准。其工作频段是13.56MHz，数据速率是106kbps、212kbps、424kbps，需要注意的是848kbps的速率不在 ISO/IEC 18092 标准定义范围之内。

### Keysight是德科技的测试方案的主要特点：

针对NFC的测试方案可分为认证测试和研发生产测试两大类，TS3111S作为认证和一致性测试系统，被国内外认证实验室广泛采用，而基于InfiniVision 3000T或4000X的测试方案是很独特的用于研发或者生产的低价位方案，它的基于硬件实现的NFC信号触发功能深受研发工程师喜爱。

- 支持通过/不通过测试，测试时间少于1分钟，即可完成功能测试也可作参数具体测量
- 测试系统可以分解为实时示波器、任意波形发生器、天线夹具、自动测试软件
- 自动测试软件可运行在外部电脑中，产生测试报告
- 触发支持NFC A, B, F 模式
- 维修和调试都可用这套系统，示波器和任意波形发生器还可用来测量其他模拟和控制信号，及其他子系统



测试方案典型配置：T3111S NFC 一致性测试系统及 T3121S NFC R&D测试系统 及 InfiniVision3000T X-series + 33512B 信号发生器 + DSOXT-4NFC 测试软件( DV和Mfg方案)

## 无线个域网技术 — Bluetooth LE

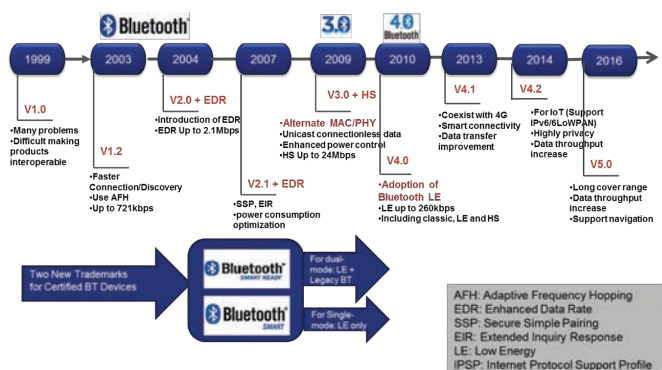
### 简介

蓝牙用于在不同的装置之间进行无线连接。蓝牙的标准是IEEE 802.15.1，蓝牙协议工作在无需许可的ISM (Industrial Scientific Medical) 频段的 2.45GHz。蓝牙 4.0 是 Bluetooth SIG 于2010年7月7日推出的新的规范。其最重要的特性是支持省电。蓝牙4.1是蓝牙技术联盟于2013年底推出的新的规范，其目的是为了让 Bluetooth Smart 技术最终成为物联网(Internet of Everything)发展的核心动力。蓝牙4.2是蓝牙技术联盟于2014年12月推出的新的规范，主要是定义如何让蓝牙实现隐私权保护的改善与速度的提升，同时也支持 IPv6 / 6LoWPAN 网络协议。2016年推出的蓝牙5.0，有效的工作距离可达300米，是之前4.2LE版本的4倍，传输速度上限为2Mbps，是4.2版本的两倍。此外，辅助的导航功能可以实现室内1米的定位精度。为了应对移动客户端需求，功耗更低，且兼容老版本。

### Keysight是德科技的蓝牙测试方案的主要特点：

针对研发和生产的全面测试方案

- EXM E6640A配合相应的软件，可以在同一个平台上支持各种制式并能进行后续的升级；
- EXM E6640A 模块化的通道配置，让您按产能需求配置测量通道数；
- EXM E6640A结合现成的自动化测试软件，可以智能调度多个并行通道，大大提升生产测试中的吞吐率；
- 台式的交互式测量仪器能在研发过程中帮助您更直接地获取测量数据，方便您实时调试而无需花费宝贵时间用于额外的测试程序的开发；
- 89601B矢量分析软件能更深入地分析矢量信号，提供更全面的结果，深受研发工程师喜爱。



测试方案典型配置：E6640A+V9081B+N7606B (Mfg) 或N5172B+N9010A/B + N7606B + N9081B/89601B (R&D)

## 无线个域网技术 — ZigBee

### 简介

ZigBee (IEEE 802.15.4) 是一款低数据率 (20 至 250 kbps)、极低信号周期 (< 0.1%) 系统, 专为进行周期性、间歇性和重复性的低延迟数据传输设计。星形网络结构允许点对点联网, 使每个网络连接支持多达 255 个设备。低功耗和积极的睡眠模式使电池寿命可延续几个月甚至几年。尽管电池被指定为可在 868 MHz、915 MHz 和 2.4 GHz ISM 频段下运作, 但 2.4 GHz ISM 频段似乎是实际使用最广泛的频带。

ZigBee 的数据率非常低, 但若使用频谱扩展 (在 2.4 GHz 频段), 则占约 2 MHz 的带宽, 这可允许链接到涵盖 1 米到大于 100 米范围的操作。

Keysight是德科技的Zigbee测试方案的主要特点请参考蓝牙部分。



测试方案典型配置: E6640A+V9064B+N7610B或N5172B+N9010A/B+N9064A/89601B+N7610B

## 无线个域网技术 — Thread

### 简介

Thread是物联网技术在智能家庭中的应用, 也是利用IEEE 802.15.4 MAC/PHY而开发的。在2015年, 会员已超过160人。Thread有几个特点: 特别为家用设计、开放标准且支持IPv6 6LoWPAN 技术。基于稳固的网状网络, 简单、保密、可扩充到单一网络, 可链接超过250个设备。支持AA电池, AA电池可够几年使用。

Keysight是德科技的Thread测试方案的主要特点请参考蓝牙部分。



测试方案典型配置: E6640A+V9064B+N7610B或N5172B+N9010A/B+N9064A/89601B+N7610B

## 无线个域网技术 — Z-Wave

### 简介

Z-Wave协议是一种支持互操作、可靠性高、低时延的无线通信技术, 专为家庭自动化和轻型商业环境控制、监测和状态读取应用而设计。吞吐率较低, 适用于控制和传感器应用; 支持自组织全网状网络, 两个节点之间的通信距离大概30米, 并可以通过路由信息扩大网络覆盖范围。

- 低功率RF通信技术。
- 工作在1GHz以下频段, 不受其他无线技术如2.4GHz 通讯技术 (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee等) 的干扰
- 支持9.6 - 40 kbps的数据传输速率的FSK, 调制高达 100kbps, 并含AES128加密, IPv6和多通道运行
- Z-Wave的PHY和MAC层由ITU-T建议的G.9959定义。

Keysight是德科技的Z-Wave测试方案的主要特点请参考蓝牙部分。



典型测试硬件配置: E6640A+V9064B+N7610B或N5172B+N9010A/B+N9064A/89601B+N7610B

Ref: <http://www.z-wave.com/>

## 无线个域网技术 — 无线充电

### 简介

无线充电，又称作感应充电、非接触式感应充电，是利用近场感应，也就是电感耦合，由供电设备（充电器）将能量传送至用电的装置，该装置使用接收到的能量对电池充电，并同时供气本身运行。由于充电器与用电装置之间以电感耦合传送能量，两者之间不用电线连接，因此充电器及用电的装置都可以做到无导电节点外露。无线充电技术目前应用的主要为四大技术：磁感应、磁共振、无线电波、电场耦合。主流的无线充电标准有四种：Qi标准、Power Matters Alliance (PMA) 标准、Alliance for Wireless Power (A4WP) 标准、iNPOFi技术。

测试方案典型配置: E5063A (VNA) + 33510B (函数信号发生器) + U1273A (DMM) + DSOX3014T (示波器)

Keysight是德科技的无线充电测试方案的主要特点:

针对无线充电的研发测试，包络网络分析仪、双通道函数发生器、数字万用表和数字示波器，是一套完整的解决方案。

- 网络分析仪专门推出006选件用于无线充电测试（无线功率传输效率分析），该软件可用在E5072A/E5061B/E5063A网络分析仪上
- 示波器支持一致性测量的项目（谐振电流、Beacon、时序）和一致性测量不要求的项目（功率和效率）
- 示波器独特的区域触发功能可以稳定地隔离短的Beacon
- 是德科技一站式完成无线充电相关的测试需求，可根据指标要求，灵活配置每个产品系列的相应型号

## 无线个域网技术 — WirelessHART

### 简介

WirelessHART是基于高速可寻址远程传感器协议(Highway Addressable Remote Transducer Protocol)的无线传感器网络技术而开发的一个开放的可互操作无线通信标准。

HART标准是美国罗斯蒙特公司(USA ROSEMOUNT Ltd)在1985年针对控制仪表与智能电表所开发的通信协议。

WirelessHART是基于HART协议和IEEE802.15.4标准而建立的，支持运行在2.4 GHz ISM频段。

Keysight是德科技的WirelessHART测试方案的主要特点请参考蓝牙部分。

**WirelessHART**

HART= Highway Addressable Remote Transducer

- Wired HART is a global technology today
- WirelessHART enables industrial wireless sensor network communications based on wired HART principle
- PHY/MAC: IEEE 802.15.4-2006 2.4GHz
- Data Link Layer (DLL): optimized for collision-free and deterministic communications:
  - Frequency hopping, time slotted (10 ms) TDMA features
  - Optional collision avoidance - "clear channel assessment" (CCA) also known as "listen before talk" (LBT)
- Network Layer: Not IP based. Needs gateway to connect to the internet

**ISA-100.11a**

ISA= International Society of Automation

- ISA100.11a used for non-critical monitoring, alerting and control applications
- PHY/MAC: IEEE 802.15.4-2006 2.4 GHz
- Data Link Layer (DLL): optimized for collision-free and deterministic communications
  - Frequency hopping, time slotted (variable length)
  - Collision avoidance – uses "clear channel assessment" (CCA) also known as "listen before talk" (LBT)
- Network Layer: based on 6LoWPAN

测试方案典型配置: E6640A+V9064+N7610B或N9010A/B+N5172B+N9064A/89601B+N7610B

## 无线个域网技术 — EnOcean

### 简介

EnOcean的能量收集无线技术使用其经过验证的、可互通的大楼自动化功能，让智能家居或智能计量系统实现无电池控制。

EnOcean的能量收集使用动力转换器、太阳能电池和热转换器。

EnOcean无线标准采用ASK调制（在 868和315 MHz时）。EnOcean的能量收集无线模块可以很容易地在室外传输信号300米，室内传输30米。

Keysight是德科技的EnOcean测试方案的主要特点请参考蓝牙部分。



## 无线局域网技术 — 802.11

### 简介

**A. 802.11ac:** 它构建在 802.11n 之上, 但具备高达 160 MHz 的射频带宽、MIMO以及高密度 256QAM 调制信号, 使其得以在低于6 GHz的频段中, 为多个无线存取装置提供每秒 1 Gigabit 的传输速率。Keysight 802.11ac 软件可部署于组件和接收器中, 方便工程师查看所有的 802.11ac 调制格式并进行故障诊断(从 BPSK 到 256QAM)。为获得更高的灵活性, 该软件支持所有的信号带宽, 包括 20、40、80 和 160 MHz, 同时还支持高达 4x4 的 MIMO。

**B. 802.11af:** 被称为White-Fi和Super Wi-Fi, 是无线计算机网络标准中的802.11系列, 允许无线局域网 (WLAN) 操作电视空白频谱, 54MHz到790MHz之间的VHF和UHF频段。该标准在2014二月被批准

Source: Draft Amendment Proposed by 802.11 TGah Working Group

| Feature              | 802.11ac                        | 802.11ah                                                    |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Channel bandwidth    | 20/40/80/160MHz                 | 1/2/4/8/16MHz                                               |
| FFT size             | 64/128/256/512                  | 32/64/128/256/512                                           |
| Data subcarriers /   | 52/108/234/468                  | 24/52/108/234/468                                           |
| Pilot Sub-carriers   | 4/6/8/16                        | 2/4/6/8/16                                                  |
| Pilot Type           | Fixed pilot                     | Fixed pilot or <i>Traveling pilot*</i>                      |
| Subcarrier spacing   | 312.5KHz                        | 31.25KHz                                                    |
| OFDM symbol duration | 4.0/3.6us                       | 40/36us                                                     |
| Guard interval       | 0.4/0.8/1.6us                   | 4/8/16us                                                    |
| Preamble duration    | 16us                            | 320us(1M BW)/160us                                          |
| Modulation types     | BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM    | BPSK/QPSK/16QAM/64QAM/256QAM                                |
| Coding rates         | 1/2, 2/3, 3/4, 5/6              | 1/2 rep2, 1/2, 2/3, 3/4, 5/6                                |
| MCS                  | 0-9                             | MCS0-9, 10                                                  |
| Transmission Mode    | VHT mode, non-HT duplicate Mode | Normal Mode S1G, 1 MHz Duplicate Mode, 2 MHz Duplicate Mode |
| Duplicated PPDU      | Non-HT PPDU                     | S1G_DUP_1M, S1G_DUP_2M                                      |
| MIMO                 | Up to 8                         | Up to 4                                                     |
| Multi-user           | Up to 4                         | Up to 4, only available in S1G_LONG PPDU                    |
| Beamforming          | Support                         | Support                                                     |

**C. 802.11ah:** 随着IoT的兴起, 802.11ah的规范也正在拟定中。802.11ah与现有的802.11n、11ac等Wi-Fi技术有很大差异, 11ah采用低于1GHz的频段运作, 目标是1公里以上的传输距离, 且具有100kbps以上的传输速率。相较802.11n、802.11ac约100米的传输距离, 其传输距离相对较远但传输速率较低。

IEEE 802.11ah任务组使用OFDM PHY在1 GHz以下的免许可频段运行。

### 标准状态:

- IEEE 802.11工作组目前正在制订草案4.0
- 预计在2016年中期三频设备(2.4主频/5 GHz的/900MHz的)将在数十亿的Wi-Fi认证设备上运行

**D. 802.11p 标准:** 修订第六版, 采用车载无线接入环境 (WAVE) 的技术, 支持车辆与车辆 (V2V) 和车辆到基础设施 (V2X) 通讯。

- 车辆广播它的位置和速度, 并接收邻近的道路使用者的广播
- 频率范围: 5.85-5.925 GHz
- 基于802.11a, 但可提供目标可靠的连接和低延迟

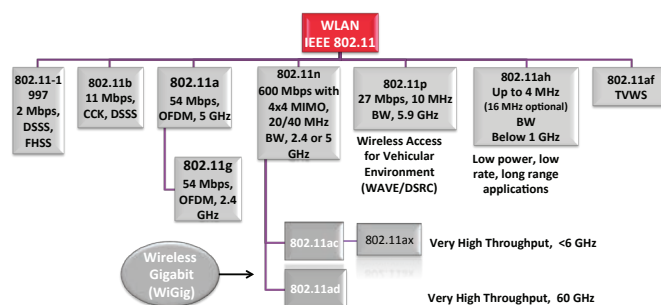
**E. 802.11ax 标准:** 为了显著提高移动设备的吞吐量和功率效率, 802.11ax草案于2016年1月发布。虽然仍处于开发前期, 但802.11ax已展露出巨大的潜力, 特别是针对室内及室外环境的密集部署应用。简单来说, 802.11ax有望在任何场景下为用户提供更优质的体验。802.11ax同时采用了多种不同的技术: 正交频分多址接入 (OFDMA)、多用户MIMO (MU-MIMO)、高达1024 QAM的调制阶数和DCM等

**F. 802.11ad 标准:** 802.11ad主要用于实现家庭内部无线高清音视频信号的传输, 为家庭多媒体应用带来更完备的高清视频解决方案。为此, 802.11ad抛弃了拥挤的2.4GHz和5GHz频段, 而使用高频载波的60 GHz频谱, 传输速率高达7Gbps。由于需要处理比以往 WLAN标准高10倍的频率和宽100倍的调制带宽, 802.11ad 设备的设计和整合面临极大挑战。多种调制技术的混用及有源定向天线的使用, 使问题进一步复杂化。

Keysight是德科技的WLAN测试方案的主要特点:

是德科技具有针对研发和生产测试的全面方案。

- 对于在6GHz以下的WLAN标准, E6640A/M9421A的生产测试方案和基于信号源频谱仪的研发测试方案, 适用于WLAN各种标准的测试需求, 可按需升级
- 除了可支持并行测试, 对于WLAN标准中的MIMO需求, E6640A/M9421A具有天然的支持能力
- 89601B的深入分析能力和全面的测试结果深受研发工程师青睐, 而作为X-Apps的信号发生和分析软件又能给出最直接的测量结果, 提升生产测量吞吐率
- 对于新兴的在微波频段的802.11ad, 专用的研发测试方案能让您搭建和仿真各种算法进行验证; 而DV&Mfg方案, 是一款集成的Turnkey Solution, 具有体积小、自动化程度高、成本低等优势



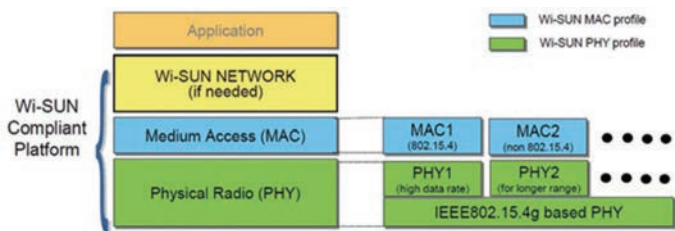
测试方案典型配置: E6640A/M9421A+V9077B+N7617B或N5182B+N7617B+N9020A/B+N9077A/89601B 或 M9421A + SystemVue (802.11ax) 或 802.11ad 研发测试参考方案 或 Bugatti E7760A+M1650A 802.11ad D&V/ Mfg方案

无线邻域网技术 — Wi-SUN

简介

Wi-SUN基于开放的全球IEEE 802.15.4g-2012标准而建立, 目标应用是超大规模进程控制应用, 如公共智能电网, 特点是可互通、可靠、经济实惠和低功耗。

802.15.4g PHY可在450 MHz至2.4 GHz频段中承载多种数据速率, 并支持3种操作模式: 1. 多速率、频移键控(MR-FSK); 2. 多速率、正交频分复用(MR-OFDM); 3. 多速率、偏移正交相移键控(MR-OQPSK)。



测试方案典型配置: E6640A+V9064B+N7610B或N5172B+N7610B+N9010A/B+N9064A/89601B  
Ref:<https://www.wi-sun.org/>

无线广域网技术

除了上述的短距离个域网和邻域网技术, 还有一类广域物联网技术, 一般定义为WWAN, 典型的应用场景如智能抄表、智能物流等。随着大量电池供电的传感应用的不断深入, 低功耗的物联网应用大量增长, 一般称为LPWAN。3GPP无线接入网络 (RAN) 和 GSM EDGE无线接入网络 (GERAN) 着力开发蜂窝协议, 以在许可的频谱支持LPWA。这里包含LTE CAT0技术和NB-IoT技术。另一类工作在非授权频段的技术, 如Lora和Sigfox等, 主要是由行业联盟在制订标准并进行推广。下面将对LTE CAT0, NB-IoT和Lora等分别进行介绍。

无线广域网技术 — LTE CAT0

简介

3GPP的Rel-12引入了新的低复杂度设备类别 (Cat 0), 用于LTE MTC (机器型通信), 为低数据速率的物联网应用提供改进的效率, 实现更低的功耗和更低的成本。

TS36.306 定义 Category 0 UE 的能力有:

- 传输块最大可达 1,000 bits (DL 和 UL)
- 不支持DL 空间复用
- 不支持 UL 64QAM
- 只有FDD Half-Duplex Operation使用 Type B

Keysight是德科技的LTE CAT0测试方案的主要特点:

具有研发、生产和一致性测试的全面方案:

- 与LTE/LTE-A一脉相承的研发、生产和认证测试方案, 帮助您更快跟进市场需求;
- UXM E7515A信令综合测试仪通过灵活的网络和睡眠设置, 评测Cat0射频性能以及电池耗电性能;
- UXM E7515A的内置衰落功能, 帮助您结合实际场景进行更真实的测试;
- EXME6640A的高速并行测试功能 (最多同时测32个DUT), 让您的产品更快推向市场

Table 4.1-1: DL PHY layer parameter set by the field ue-Category

| UE Category | Maximum number of DL-SCH transport block bits received within a TTI (Note 1) | Maximum number of bits of a DL-SCH transport block received within a TTI | Total number of soft channel bits | Maximum number of supported layers for spatial multiplexing in DL |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Category 0  | 1000                                                                         | 1000                                                                     | 25344                             | 1                                                                 |
| Category 1  | 10296                                                                        | 10296                                                                    | 250368                            | 1                                                                 |

Table 4.1-2: UL PHY layer parameter set by the field ue-Category

| UE Category | Maximum number of UL-SCH transport block bits transmitted within a TTI | Maximum number of bits of an UL-SCH transport block transmitted within a TTI | Support for 64QAM in UL |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Category 0  | 1000                                                                   | 1000                                                                         | No                      |
| Category 1  | 5160                                                                   | 5160                                                                         | No                      |

测试方案典型配置: E6640A+V9080B/V9082B+N7624B/N7625B或 E7515A

## 无线广域网技术 — NB-IoT

### 简介

GERAN早期提出三项技术，分别是：扩展覆盖GSM技术EC-GSM (Extended Coverage-GSM)，NB-CIoT技术和NB-LTE技术。NB-CIoT和NB-LTE有着相似的目标，支持高链路预算，超长的电池寿命和低数据速率，可以部署在重新分配的GSM频谱，支持零散的频谱和/或LTE保护带。后在2015年9月的RAN#69次全会上经过激烈讨论，最终统一为NB-IoT。

在2016年的巴塞罗那和上海世界移动通信大会上，NB-IoT (Narrowband Internet of Things，窄带物联网)颇受关注，行业各厂家分别提出基于NB-IoT的垂直应用场景和案例，并探讨整个行业的发展时间点和商业模式。

NB-IoT的几个重要特点：

- 支持三种部署方式：独立部署、保护带部署、带内部署；
- 速率的预期指标是上下行至少支持160kbps；
- 单小区支持5万个NB-IoT终端接入；

Keysight是德科技的NB-IoT测试方案的主要特点请参考LTE CAT0部分。

|                            | 3GPP Rel 12        | 3GPP Rel 13        |                                                                          |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                            | MTC Cat 0          | eMTC Cat M         | NB-IoT                                                                   |
| Heritage                   | LTE                | LTE                | Clean-slate                                                              |
| Bandwidth (downlink)       | 20 MHz             | 1.4 MHz            | 180kHz (12 by 15kHz)                                                     |
| Bandwidth (uplink)         | 20 MHz             | 1.4 MHz            | Single-tone (180kHz by 3.75kHz or 15kHz) or multi-tone (180kHz by 15kHz) |
| Multiple access (downlink) | OFDMA              | OFDMA              | OFDMA                                                                    |
| Multiple access (uplink)   | SC-FDMA            | SC-FDMA            | Single-tone FDMA or multi-tone SC-FDMA                                   |
| Modulation (downlink)      | QPSK, 16QAM, 64QAM | QPSK, 16QAM, 64QAM | BPSK, QPSK                                                               |
| Modulation (uplink)        | QPSK, 16QAM        | QPSK, 16QAM        | QPSK, BPSK                                                               |
| Peak data rate             | 1 Mbps             | 1 Mbps             | DL ~30 kbps; UL ~70 kbps                                                 |
| Coverage (link budget)     | ~141dB             | ~156dB             | ~164dB                                                                   |
| Mobility                   | Full               | Full               | Nomadic                                                                  |

测试方案典型配置：E7515A（研发测试）或 E6640A（生产测试）

Note \* Cat M also currently referred to as Cat M1, NB-IoT also referred to as Cat M2.

## 无线广域网技术 — GNSS

### 简介

GNSS是全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System) 的缩写，泛指所有的卫星导航系统，包括全球的、区域的和增强的，主要包括美国的GPS、俄罗斯的Glonass、欧洲的Galileo和中国的北斗卫星导航系统。用户越来越多地使用手机或者汽车导航系统或者可穿戴设备来进行定位和导航，使得在万物互联的世界中，GNSS和辅助接收机的设计和测试需求与日俱增。

Keysight是德科技的GNSS测试方案的主要特点请参考蓝牙部分。

## 无线广域网技术 — LoRa

### 简介

LoRa 用于同样属于LPWAN中的一种技术标准，适合各种物联网的应用。长距离M2M通信，使用覆盖很广，并且它具有非常低的功率水平。LoRa联盟是正式在MWC 2015年推出一个开放的非营利性协会。

LoRa联盟成员包括Actility, Cisco, Eolane, IBM, Kerlink, IMST, MultiTech, Sagemcom, Semtech公司和Microchip。

### 重要特点

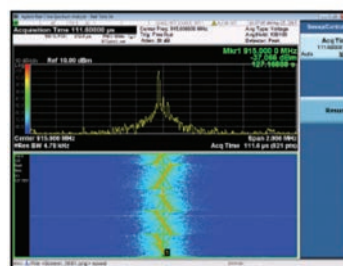
- 低成本：简单调制
- 低功耗：超长的电池寿命（超过十年）
- 长范围：~ 15k - 20km

Keysight是德科技的Lora测试方案的主要特点：

- 全面的信号源和分析仪产品线，让您按需选择合适的测试平台；
- 业界认可的仪器射频指标，让测量结果值得信赖，提升产品竞争力。

| Frequency (MHz)<br>ISM Band | Bandwidth         | Modulation Schemes                           | Range                                                                                            |
|-----------------------------|-------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 433<br>(Europe)             | 125 kHz & 250 kHz | LoRa* (Chirp Spread Spectrum or CSS)<br>GFSK | >15 km (9 miles) in a suburban environment and up to 5 km (3 miles) in a dense urban environment |
| 853-870 (Europe)            | 125 kHz & 250 kHz | LoRa* (Chirp Spread Spectrum or CSS)<br>GFSK |                                                                                                  |
| 779-787 (China)             | 125 kHz & 250 kHz | LoRa* (Chirp Spread Spectrum or CSS)<br>GFSK |                                                                                                  |
| 902-928<br>(North America)  | 125 kHz & 500 kHz | LoRa* (Chirp Spread Spectrum or CSS)         |                                                                                                  |

\* LoRa, Semtech's proprietary modulation, is a spread spectrum modulation scheme that is derivative of Chirp Spread Spectrum modulation (CSS) and which trades data rate for sensitivity within a fixed channel bandwidth.



**LoRa Alliance**  
Wide Area Networks for IoT

测试方案典型配置：N5172B + N9010A/B（发射机和接收机性能测试）

Ref: [www.lora-alliance.org](http://www.lora-alliance.org)



测试方案典型配置：N5172B + N7609B/W1919EP或E6640A

## RFID 协议/性能一致性测试系统

性能和规范认证测试是RFID实验室最重要的工作。如何验证读写器发射信号跳频模式的正确性，如何判断标签在垂直天线角度的识读率是否大于95%，如何验证场地的隔离度达到了50 dB以上，这些疑难都需要RFID测量方案解决。性能测试不仅是数值测量，而且是基于统计的分析测量，认证测试是结合特定规范的测试，验证射频参数和协议过程的规范一致性。

- 作为读写器仿真器工作时，系统主动发射指令，使标签进入应答状态并反馈96bit或者128bit的射频识别码。在完成物理层编解码和调制解调的同时，完成协议层的状态控制和时序指令测量。
- 标签性能检测子系统的主要测量指标：识读率、识读距离、方向性分布、前向灵敏度、反向灵敏度、灵敏度频率分布、写标签时间，结果以各自容差形式表示
- 射频一致性认证子系统主要测量指标：调制制式、调制深度、载波包络、信号上升沿下降沿和占空比、频率误差、频谱模板、带宽、功率及其频率分布等反映信号调制域、时域、频域指标项目。



扫描获取更多信息

To learn how this solution  
can address your specific needs  
please contact  
Keysight's solutions partner,  
partnername

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



中科国技  
HWA-TECH

北京中科国技信息系统有限公司  
是是德科技授权系统集成商，将  
与是德科技一起努力，致力于为用户  
提供满足需求的解决方案。

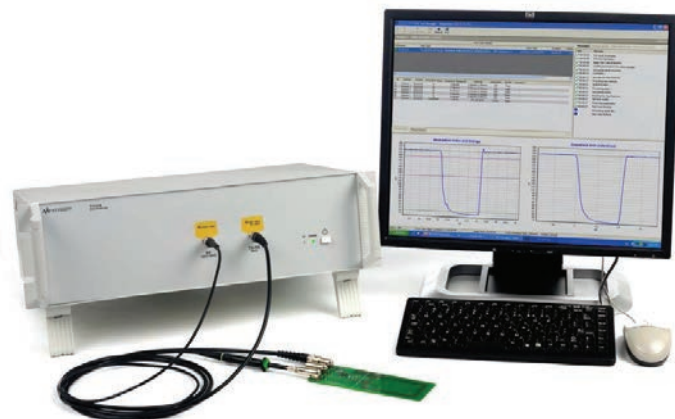
## T3111S NFC 一致性测试系统

### 技术规格

T3111S NFC一致性测试系统是基于T1141A测试机、与FIME合作开发的。它提供了RF模拟和NFC，EMVTM以及ISO设备数字协议测试解决方案。该解决方案包括一个自动定位机器人，满足NFC和EMV所有非接触式测试规范要求。

### 特点如下：

- 支持 NFC、EMV 和 ISO 测试规范中定义的模拟射频和数字协议测试
- 测试平台可用于研发、先期认证和一致性测试
- 通过 NFC 论坛认证计划的认证
- EMV Level 1 PICC RF (\*) 已通过认证，其他 EMV 测试规格先期认证正准备取得认证
- 可通过软件进行升级、整合、自动化以及延伸的测试系统
- 使用全自动定位机器人，支持高准确度的天线定位
- 易于操作的测试项目管理环境，可用于测试执行和结果分析



## NFC D&V/Mfg 测试系统

除了设计验证阶段的测试，生产测试对于确保产品最终的质量以及数据传输的稳定性也是非常必要的。考虑到基于NFC的设备很多时候都是安全性需求很高的金融交互，这种测试就更加需要了。

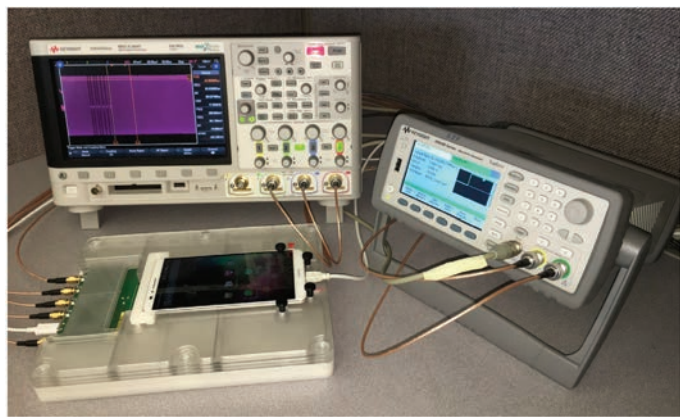
是德科技的DSOXT3NFC/DSOX4NFC 自动化测试软件能在提供很高的测试吞吐量的同时提供深入的物理层测试。这款软件虽不是完整的NFC一致性测试软件，但包含了绝大部分最重要的关键测试项，并且是一个低成本测试方案，非常适合于生产阶段的大规模测试。

### 技术特点：

- 基于PC, 可选择单独的或者多个测试同时运行
- 基于选定的连接类型提示如何连接测试设备和 DUT
- 自动检查测试仪器的配置是否正确
- 能产生各种NFC标准的测试信号
- 实时采样, 5GSa/s
- 测试结果自动与公开的NFC标准进行比较, 判断Pass/ Fail
- 为每一个测试提供详细的测试结果并可配置冗余/警告门限



扫描获取更多信息



## 802.11ad 研发测试参考方案

对于 802.11ad 来说，新的毫米波技术带来了丰富的频谱资源，但也使得原本在低频段容易解决的性能影响因素（如匹配、抖动等）重新成为一个令人关注的难题；高达 2GHz 的带宽，对于高带宽器件以及带内平坦度提出了更高的要求。作为测试测量厂商，我们的系统只有具有更高的性能和指标，才能帮助工程师发现和解决实际问题。

是德科技 802.11ad 研发测试参考方案生成和分析 802.11ad 完整的编码和物理层波形，用于全面表征基带、中频和毫米波频率元器件、子系统和系统的性能。这个参考解决方案结合运用了是德科技的软件和硬件，为 802.11ad 波形生成和分析提供了一个非常灵活的测试台。软件能够灵活地生成和分析具有特性各异的 802.11ad 波形。硬件可以灵活地支持基带、中频和毫米波测试方案。可以创建具有独特 802.11ad 数据包结构的波形序列，包括调制编码方案（MCS）、数据包长度、净荷数据类型以及数据包间隔长度等。

### 技术规格

- 射频带宽高达2GHz
- 基础仪器覆盖100 kHz 至 44GHz之间的多个频段
- 扩展的毫米波配置覆盖55GHz – 90 GHz之间的多个频段
- 利用灵活的参数配置即可生成和分析完整编码的802.11ad波形
- 预先校正波形的I/Q 失衡和总体通道响应
- 支持多种拓扑结构的发射机/接收机测试（IQ、中频、射频、微波、毫米波）
- 用于调试和验证硬件性能的独立参考



扫描获取更多信息



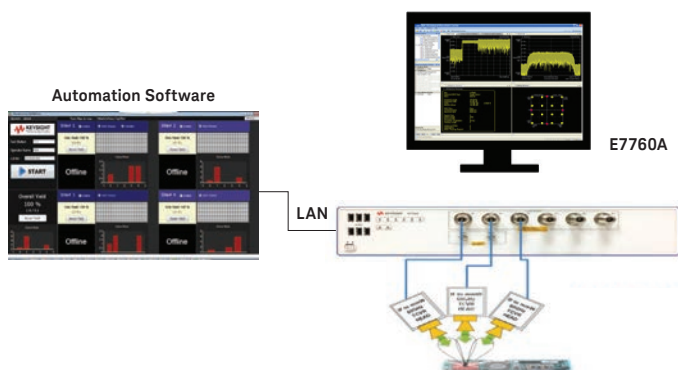
## 802.11ad D&V/Mfg测试方案

对于802.11ad来说，新的毫米波技术带来了丰富的频谱资源，但也使得原本在低频段容易解决的性能影响因素（如匹配、抖动等）重新成为一个令人关注的难题；高达2GHz的带宽，对于高带宽器件以及带内平坦度提出了更高的要求。作为测试测量厂商，我们的系统只有具有更高的性能和指标，才能帮助工程师发现和解决实际问题。

是德科技802.11adD&V/Mfg测试参考方案，结合自动化测试软件和只有2U高度的硬件平台，能很好地满足802.11ad中DVT和Mfg的需求。特色：体积小、成本低、测试自动化且速度优化。测试方式：支持IF传导测试以及RF的OTA测试。

### 技术规格：

- 60GHz的802.11ad信号产生和分析系统
- IEEE CH1、2、3、4 TX&RX 55GHz-67GHz
- 射频带宽高达2GHz
- 最多支持6个毫米波通道，支持并行测试或Beamforming
- 支持RF OTA测量
- 2个中频的信号产生和分析端口（2-18GHz）
- 灵活配置IF、RF、RF+IF
- 自动化测试软件帮助您快速完成DV或者Mfg测试
- 连线简单



## E6640A 无线测试仪

### 技术规格

#### 多器件测试优化

- 每个 EXM 提供多达 4 个 TRX 通道，每个 TRX 具有高达 6 GHz 的频率范围
- 每个 TRX 具有 2 个全双工和 2 个半双工端口，或者 4 个全双工端口
- 可加以定制，以便通过多端口转接器 (MPA) 技术连接多达 32 个 DUT
- 每个收发器都配备独立的信号源和分析仪，可更有效地运用测试资源测试多格式设备
- 蜂窝通讯：LTE/LTE-Advanced FDD、LTE/LTE-Advanced TDD、HSPA+、W-CDMA、1xEV-DO、cdma2000®、GSM/EDGE-Evo、TD-SCDMA、DECT 以及 PHS
- 无线连接：802.11a/b/g/n/j/p/ac/af/ah、WLAN MIMO 2x2/3x3/4x4、Bluetooth®、WiMAX、多卫星 GNSS、FM、Zigbee，以及数字视频将测量速率与良率最大化\*
- 可通过高级排序和单次采集多项测量 (SAMB) 技术，捕获多种制式的蜂窝和 WLAN 测量结果，以加速执行测试
- 160 MHz 802.11ac 的接收器 EVM: < -43 dB
- 绝对对准准确度，380 MHz 至 3.8 GHz: < ±0.2 dB (标称值)
- 输出功率范围，380 MHz 至 6 GHz: +5 至 -130 dBm (标称值)



E6640 官网页面



E6640 测量应用指南



## N5172B EXG 向量信号产生器

### 技术规格

#### 信号特性

- 9 kHz 至 3 或 6 GHz
- 使用电子衰减器, 于 3 GHz 时指定功率为 +21 dBm
- 可在不到 900- $\mu$ s 内, 同时在频率、功率与波形间切换
- $\leq -70$  dBc ACP W-CDMA 64 DPCH 与  $<0.4\%$  EVM 80 MHz 802.11ac 调变和扫描
- AM、FM、 $\phi$ M 和窄脉冲
- 10 MHz 多功能产生器与 LF 输出
- 数字步进式与列表扫描模式
- I/Q 调制: ASK、FSK、MSK、PSK、QAM、自定义的 I/Q 基带产生与信号产生
- 内置 120 MHz 之基频产生器 ( $\pm 0.2$  dB 之平坦度): 任意波形与实时 I/Q
- 512 Msample 回放内存与 30 GB 内置或 8GB 外接抽取式内存
- 任意信号与实时信号: LTE、HSPA+、WLAN、GNSS、DVB 等信号产生能力
- 可利用 Keysight N5102A 数字 I/O、MIMO 产生多通道基带, 并使用 PXB 基带信号发生器与信道模拟器进行射频衰减



N5172B 官网页面



N7624B LTE/LTE-A FDD/  
TDD 软件



## N9010B EXA 信号分析仪

### 技术规格

#### 功能 - 最新增强特性

- 频率范围为 10 Hz 至 3.6、7、13.6、26.5、32 或 44 GHz; 内部前置放大器选项提供高达 44 GHz 的带宽
- 25 MHz (标配) 或 40 MHz (选配) 分析带宽
- 新仪器标配快速扫描功能 (需要选项 B40 或 DP2 或 MPB), 选项 FP2 提供快速的功率测量
- 搭配是德的智能型谐波混频器, 可轻松地将频率范围扩充至 110 GHz, 与第三方混频器搭配使用可提升至 1.1 THz
- $\pm 0.27$  dB 绝对幅度精度
- 在 1 GHz 频率, 10 kHz 偏移下相位噪声为  $-109$  dBc/Hz;  $+18$  dBm 的三阶交调点 (TOI),
- 在 1 GHz 时, 显示平均噪声位准 (DANL)  $\leq -165$  dBm;  $-153$  dBm DANL, 44 GHz 且使用前置放大器时; 使用噪声底线扩充功能 (选项 NFE), 可进一步改善 9 dB
- $-73$  dB W-CDMA ACLR 动态范围 (已开启噪声修正功能) 测量应用程序与软件
- 支持超过 25 套测量应用软件, 包括: 蜂窝移动通信、无线接口、数字视频以及一般用途软件。
- 可分析超过 75 种信号格式的先进分析功能, 可在随附 89600 VSA 软件的 EXA 中执行软件
- 是德科技 PowerSuite 一键功率测量软件为标准配备
- MATLAB 数据分析软件可执行通用数据分析、显示和自动测量



扫描获取更多信息

## N9020B MXA 信号分析仪

### 技术规格

#### 功能 - 最新增强特性

- 频率范围为 10 Hz 至 3.6、8.4、13.6 或 26.5 GHz; 通过是德科技智能型混频器可将频率延伸至 110 GHz, 使用其他厂商的混频器最高可延伸至 1.1 THz
- 25 MHz (标配); 40、85、125 或 160 MHz 分析带宽
- 新仪器标配快速扫描功能 (需要选项 B40 或 DP2 或 MPB), 选项 FP2 提供快速的功率测量
- 实时频谱分析仪功能, 具备100%的信号拦截机率, 可在 3.57  $\mu$ s 的极短时间内撷取信号效能
- $\pm 0.23$  dB 绝对幅度精度
- 在1GHz的频率, 10 kHz 偏移下相位噪声为 -114 dBc/Hz; +20 dBm 的三阶交调变点 (TOI)
- 配备前置放大器时 DANL 在1GHz时为 -166 dBm, 如使用噪声底线延伸 (选项 NFE), 可进一步提升为 10 dB
- -78 dB W-CDMA ACLR 动态范围 (已开启噪声修正功能) 测量应用程序与软件
- Keysight MXA 支持超过 25 套测量应用软件, 包括: 蜂窝移动通信、无线接口、数字视频以及一般用途软件。
- 可分析超过 75 种信号格式的先进分析功能, 可在 Keysight MXA 中执行 89600 VSA 软件。
- MATLAB 数据分析软件, 可用来执行一般资料分析、可视化处理, 并支持量测自动化。
- 是德科技 PowerSuite 一键功率量测软件为标准配备



扫描获取更多信息

## M9420A VXT 向量信号收发器

### 技术规格

#### 功能

- 60 MHz to 3 GHz or 6 GHz
- 40 (标准), 100, or 160 MHz 分析带宽
- 四槽模块,
- 可加选购全双工与半双工

#### 性能

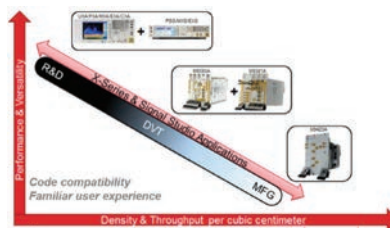
- 发射功率准确度  $\pm 0.18$  dB 在 900 MHz
- 接收振幅准确度  $\pm 0.36$  dB 在 900 MHz
- -65 dB W-CDMA ACLR 动态范围
- -111 dBc/Hz 相位噪声 @ 1 GHz, 10 kHz 偏移

#### 速度

- 通过实时FPGA加速器节省测量时间, 包含内置快速功率演算、ACPR测试和快速功率测量
- 通过开放原始测试函数库与参考方案来减少测试时间
- 使用一致性且验证过的标准软件产生与分析信号, 优化测试流程



扫描获取更多信息



## E7515AUXM 无线测试仪

确保LTE/LTE-Advanced 设备可获得并维持1Gbps DL, 100 Mbps UL 的最大数据传输速率

- 在高达 5CC 的下行链路和 2CC 上行链路 (并支持 FDD-TDD 混合 CA、LTE-U2、及 256 QAM) 中, 以稳定的双向数据传输速率评估真实的 CA 效能
- 通过内置应用服务器、每个载波的综合独立衰减, 多达 8x4 的 DL MIMO 进行测试, 以了解真实的数据传输效能并降低台式仪器的复杂度
- 利用独特的接收器测试功能, 例如灵活易用的信道分配和闭环测试功能, 更快找到吞吐率问题

通过仿真各种不同的复杂网络操作场景, 进行更深入的功能测试

- 使用两个 (内置) 独立小区来检测LTE与W-CDMA、TD-SCDMA或GSM之间进行intra-RAT和inter-RAT切换的流动性或者通过连接另一个UXM或者Keysight 8960来验证多个小区无线切换场景
- 提供灵活的网络和休眠模式设定, 以评估 IMS/端到端 VoLTE、(F)elCIC、CPC、TM9、cat 0 (M2M), 以及电池耗电性能
- 利用 UXM 内置数据记录器快速检查 LTE 协议信息, 或是使用 Wireshark 记录软件全面分析时序一致多制式信息

更可靠地测试射频效能

- 使用备受业界肯定的X系列测量应用软件检查发射器相符性并解决问题
- 通过一个简单的界面表征, 在真实的衰减和 MIMO 情境下, 分析接收器性能; 支持所有标准的测试方法, 可以简化MIMO OTA天线性能验证
- 无需断开连接即可轻松修改参数, 观察射频性能的变化
- 一台UXM测试仪即可进行2G/3G/4G双手机或者双卡双通 (DSDA) 设备并行射频测试



官网页面



News



## N9040B UXA信号分析仪

- 3 Hz至8.4GHz, 13.6 GHz, 或26.5 GHz; 搭配Keysight智能混频器, 可扩展频率至110 GHz; 搭配第三方混频器可扩展频率至1.1THz
- 25MHz (标准), 40MHz, 255MHz, 510 MHz或1GHz分析带宽
- 实时分析带宽255MHz 或 510MHz
- 100% 截获概率的最短信号持续时间尽可能短, 3.517us
- 1GHz, 配置前置放大器时的显示平均噪声电平 (DANL) 为-171 dBm, 使用噪声底扩展 (NFE) 技术可进一步降低; 最大三阶互调 (TOI) 为22dBm
- 1GHz, 10kHz频偏处的相位噪声为-136 dBc/Hz
- $\pm 0.16$ dB绝对幅度精度
- > 78 dBc的无杂散动态范围, 全频段
- -136 dBc/Hz的相位在1 GHz载波噪声, 10 kHz偏置



扫描获取N9040B 官网页面

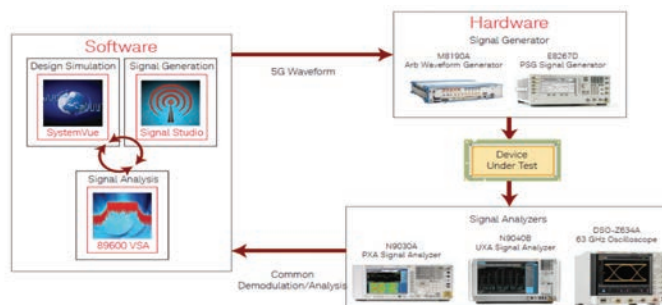


Figure 1. The 5G testbed provides combinations of hardware and software, giving the researcher flexibility needed to explore possible 5G technologies.

## 经济型基础设备

### 技术规格

Keysight提供一系列“刚好够用”的性能和功能组合，为精打细算的客户提供一种选择。例如33522B双通道波形产生器和N9310A射频信号发生器，以及为ASK和FSK格式特性分析和解调的N9320B/N9322C基础频谱分析仪 (BSA)。此外，N9000A CXA可用于复杂的调制格式，如O-QPSK，而且它还可以与软件一起用于ZigBee等制式的分析。近场探头集N9311X-100，可以与频谱分析仪一同使用来解决EMI问题。



扫描获取N9310A信息



扫描获取N9320B信息



## 相关软件 — N7610B 短距通信Signal Studio

- 支持 IEEE 802.15.4g 标准，可用于 W-SUN PHY 接收机测试
- 支持 MR-FSK 和 MR-OFDM 模式所要求的 Wi-SUN 强制定义档
- 支持生成符合 IEEE 802.15.4 O-QPSK 标准的信号Zigbee物理层信号
- 支持生成符合 ITU-T G.9959 FSK/GFSK标准的Z-Wave物理层规范信号
- 提供多项进阶功能，包含用于接收器测试的全编码信号产生能力



扫描获取更多信息

## 相关软件 — N9064A VXA矢量信号测量应用软件

- 通过对超过 400,000 个频率点的进行FFT运算，以查看详细的频率特性；从四种不同分辨率带宽 (RBW) 滤波器形状 (均匀/汉宁/高斯/平顶) 中进行选择，可满足特定测量需求；使用 x 轴缩放功能可深入查看感兴趣的信号区域
- 利用时间闸控及统计功率测量 (CCDF/CDF/PDF) 深入了解信号的时域特性；同时显示时域及频域，可让您东西使用频谱分析仪无法深入了解的信号特性
- 使用多达 30 种解调器进行自定义调制分析，包括2-16 FSK、PSK 和16-1024 QAM。通过灵活显示和游标对信号进行定性和定量分析
- 方便的常见制式分析，如CDMA、GSM/EDGE、蓝牙、Zigbee、TETRA、APCO25、WiSUN (MR-FSK PHY)

Receiver Test

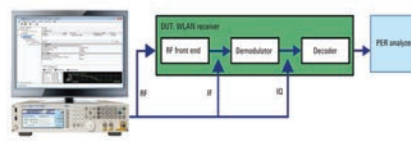


Figure 2: Generate fully channel-coded signals to evaluate the BER of your receiver with Keysight Infinii-Tiered signal generators and Signal Studio's advanced capabilities



扫描获取更多信息

## 相关软件 — N7617B适用 802.11 WLAN 的 Keysight N7617B Signal Studio

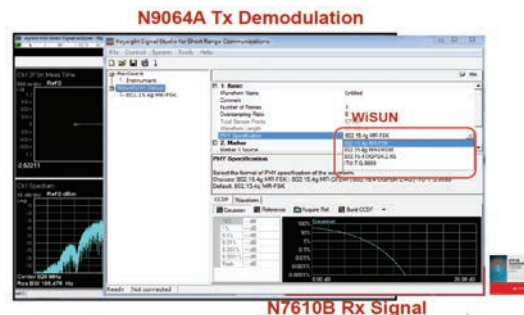
- 支持单载波与多载波 802.11a/b/g/j/p/n/ac/ah WLAN
- 支持802.11n、802.11ac 和 802.11ah MIMO 系统测试和信道仿真：2x2、2x3、2x4、3x3、3x4、4x4 与 8x8
- 基本选件：产生部分编码的信号，以进行组件测试
- 高级选件：建立完整编码的信号，以进行接收机测试



扫描获取更多Application Note 信息



扫描获取更多Datasheet信息



N7610B Rx Signal

## V9081B 用于EXM的Bluetooth测量应用软件

### 产品特色

- 符合 Bluetooth® 核心规范版本 2.1+ EDR 和低功耗 (Bluetooth 4.2) 标准
- 一键测量功能, 并可依据标准判定合格/不合格
- 在单次发射机测量中, 利用基本数据速率和低能量技术可获得多个输出功率结果、调制特征、初始载波频率公差和载频漂移的组合。对 EDR 信号的相对发射机功率、频率稳定性/调制精度和差分相位编码进行分析
- 专有算法对 79 个信道 (79 MHz) 中的 EDR 信号执行基本速率邻道功率和带内杂散发射测量

### 测量功能

- 发射机可分析综合的输出功率 (基本速率或低功耗) 或 EDR 相对功率, 调制测量采用单次采集多项测量技术
- 调制: 偏差、初始载波频率公差 (ICFT)、载频漂移、EDR 频率稳定性和 EDR 调制精度
- 频谱测量: 输出频谱带宽、邻道功率和 EDR 带内杂散发射
- 查看多个结果: 射频包络、解调波形、射频频谱、数字显示



扫描获取更多信息

## 相关软件 — N7606B 适用于蓝牙技术®的 Signal Studio 软件

### 信号产生

- 生成标准信号, 用于蓝牙基本速率 (BR)、增强数据速率 (EDR)、低功耗 (LE) 4.0、4.2 和 5.0 版本的测试
- 为基本速率和增强数据速率 (EDR)、蓝牙 LE 4.0/4.2/5.0 版本技术测试配置完全编码的蓝牙数据包和蓝牙调制数据流
- 用于接收机灵敏度测试 (EDR 使用 DHx、2-DHx、2-Evx、3-DHx 和 3-EVx 数据包类型, 或使用蓝牙低能量参考数据包) 的有扰发射机测试设置

## 相关软件 — N9077A WLAN测量应用软件

### 产品功能

- 自动检测和分析 802.11a/g、802.11b/g DSSS/CCK/PBCC、802.11g DSSS-OFDM、802.11n 20 MHz 和 40 MHz 信号 (HT-Mixed、HT-Greenfield、非 HT)
- 使用 802.11ac 20/40/80/160 MHz 和 80+80 MHz 信号执行功率、频谱和调制测量
- 针对 802.11j、802.11a-Turbo 模式和 802.11p 信号进行手动设置
- 一键式测量, 按照标准提供合格/不合格指示

### 测量功能

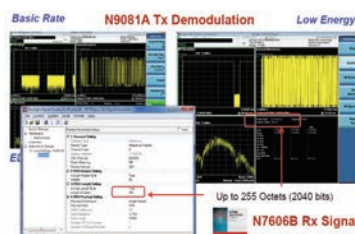
- 使用时间选通特性进行扫描测量信道功率、SEM、OBW、CCDF
- IQ 测量: 功率与时间、频谱平坦度、调制分析等等
- 查看多个结果: 星座图、EVM 与符码、EVM 与子载波, 以及 OFDM 信号的数字结果显示
- OFDM 数据猝发信息、802.11n (MCS 0-7) 的 HT-Sig 信息、802.11ac (MCS 0-9) 的 VHT-Sig 信息

### 特色

- 简化设置, 使用一键式测量对 802.11a/b/g 和 802.11n WLAN 信号的时域、频域和调制域特征进行分析
- 对扫描功率测量 (例如信道功率、频谱发射模板、占用带宽和 CCDF) 没有任何带宽限制
- 从帧到原始比特的调制分析使用图形和数字结果显示控制 DSSS、CCK、PBCC 和 OFDM 调制质量
- 相同的功能和用户界面用于研发和生产, 对 X 系列分析仪 (从高性能 PXA 到低成本 CXA) 进行统一支持



扫描获取更多信息



扫描获取更多信息

## 相关软件 — 89601B 矢量信号分析软件

### 标准及调制类型

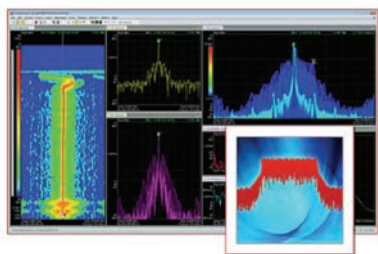
- 蜂窝移动通信: LTE & LTE-Advanced (FDD、TDD)、W-CDMA/HSPA+、GSM/Edge 演化等等
- 无线网络: 802.11ac、802.11n、WiMAX™、RFID、Bluetooth、Zigbee 等等
- 一般用途: 支持 AM、FM、PM、BPSK、QPSK、QAM、FSK、APSK、OFDM、SOQPSK、APCO 25 等调制分析, 甚至支持定制的 IQ 信号
- 适用于脉冲与 FMCW 雷达的雷达分析

### 矢量信号分析

- 使用脉冲时序特性、互补累积分布函数 (CCDF) 等进行时域分析, 并以高分辨率、FFT 测量量化频谱性能
- 用星座图、EVM、译码位等测量复数调制机制的特性
- 通过 AM/AM、AM/PM 和增益压缩结果调变信号, 以便测量真实运作状态下的装置失真
- 利用多种测量功能, 快速分析众多信号或装置的特性进阶的故障诊断工具
- 通过每条轨迹数量不限的标记, 以及轨迹对轨迹耦合功能

### 先进故障诊断工具

- 通过每条轨迹的数量不限的游标和轨迹到轨迹耦合, 隔离多余的交互源
- 记录和回放信号, 以进行详细的后期处理分析通过多域数字余辉和先进触发捕捉短暂信号
- 查看数量不限、灵活排列和缩放的轨迹



扫描获取更多89601B信息

## 成功应用案例

### 目标客户: 智能家居

随着移动互联网的发展, 智能机承载的以个人消费为主体的市场趋向饱和, 厂家把目光投向另一个领域 — 家庭。苹果、谷歌及三星等国外巨头纷纷加紧布局家庭智慧生活; 国内小米、乐视、阿里等互联网企业也在抢占家庭入口; 主流运营商AT&T、中国移动等也推出智能家居业务平台并推动整体产业链的发展。

上海某智能家居厂商为国内某知名运营商的智能家居生态系统提供产品/模块解决方案。随着智能硬件产品数量的增多和用户的逐渐成熟, 用户体验在竞争中越发重要。如果智能硬件的质量总给人一种“会不会用两天就坏了”的不踏实感, 往往会导致用户大量流失, 甚至削弱整个公司产品的品牌影响和竞争力。因此, 该智能家居厂商对智能硬件的质量问题非常关注, 对相关的测试也提出了较高的要求。

### 方案: N5182B & N9010A & 配套软件 (研发) + E6640A (生产)

#### 测量需求:

- 1) 研发需求: 直观的测量结果, 全面深入的分析, 帮助工程师快速发现并定位问题;
- 2) 研发需求: 便捷的交互式体验, 提升研发进度
- 3) 生产需求: 测量吞吐率, 更快的Time to Market

是德科技基于台式信号源和频谱仪的Zigbee测试方案很好地满足了客户的研发需求, 一流的硬件指标、专用的测量应用软件以及交互式的操作, 帮助研发工程师专注于产品研发问题, 提升工作效率。使用E6640A进行产品的生产测试, 能够在保证质量的基础上尽可能地提高测试效率。

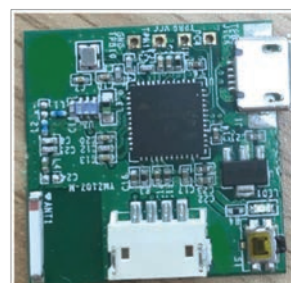
#### 实际测试:



实际的射频指标



扫描获取更多信息



实际的被测模块

# 低功耗分析测试

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 微小信号测试方案.....         | 27 |
| 电源完整性测试方案.....        | 28 |
| 功耗分析测试方案.....         | 28 |
| Keysight测试方案中的仪器..... | 29 |
| 成功应用案例.....           | 31 |

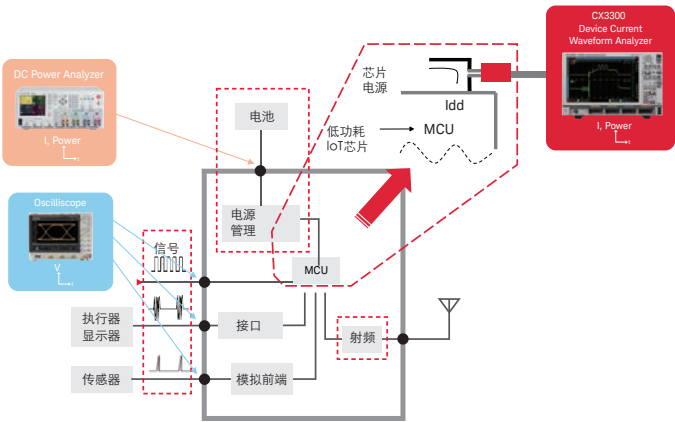


## 低功耗分析测试

在物联网的很多应用中，终端的传感设备通常是用电池来驱动供电的，因此可用的电量非常有限。在类似智慧城市、智能楼宇等很多应用中，频繁地更换电池来保证终端节点正常工作所需的人力物力时间等都是一个巨大的挑战。对于一个部署了海量终端节点的网络来说，这些终端节点需要有数月甚至是数年的使用寿命。为了降低功耗，这些终端或设备通过多种途径进行节能：

- 1)设备通常处于空闲或者休眠的模式下，而只在需要的时候激活工作状态
- 2)设备在空闲/休眠状态下的板载信号非常小，如达到uA甚至nA的级别，某些芯片的空闲模式信号甚至达到pA级别；
- 3)为了提高能量转换效率，PDN（电源分配网络）必须具有很好的匹配度，并且保证很小的纹波和噪声。

因此，在以上提到的这几个方面中，涉及到的相关测量就包括：1) 芯片或者模块在空闲状态下的微小信号测量，有时甚至达到pA级别；2) 电源分配网络的匹配度、噪声等测量；3) 整体的系统功耗分析。如下图所示。为了保证终端整体功耗的降低，需要保证每个环节都进行非常精确的测量，了解各个部分的功能性能，并进行整体的优化。下面将主要针对这几个方面来进行分析。



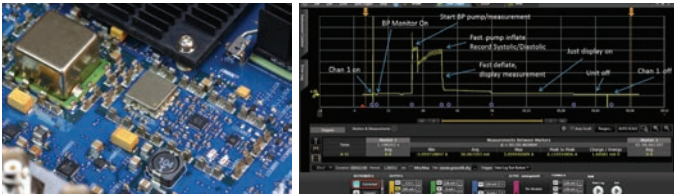
## 芯片/模块的微小信号测试

为了保证物联网终端超长的待机时间，在绝大多数情况下，物联网设备都处于空闲或者休眠的状态下。在这种状态下，从芯片到模块的信号水平都必须保持在非常低的水平。下表列举了几个常见物联网通信芯片的信号水平。可以看到，休眠状态下，这些通信芯片的信号水平普遍达到了nA级别，而测量仪器只能以更高的精度来测量这些微小信号。这就对测量仪器的本底噪声、探头的噪声、仪器分辨率和精度等都提出了很高的要求。尤其是当要测试板子上某根连线或者芯片管脚的信号时，对测量方案的精度和连接方式都提出了很大的挑战。

| IoT Technology       | Sleep Current | Peak Current |
|----------------------|---------------|--------------|
| NFC                  | 5 uA          | 100 mA       |
| Bluetooth Low Energy | 100 nA        | 26 mA        |
| ZigBee               | 700 nA        | 14.4 mA      |
| LoRa                 | 100 nA        | 10.5 mA      |
| Cellular             | 100 uA        | 2.5 A        |

### Keysight是德科技的微小信号测试方案的主要特点：

- 200MHz的pA级 电流分析仪，让您能探测到极微弱的信号及其高速的动态变化；
- 10bit的示波器结合超低噪声的探头，助您更精确地分辨亚uA级的电流信号；
- N6705B直流电源分析仪低至nA级的精度以及无缝量程切换技术能自动适应待测件的动态状态切换
- 丰富的配套探头和附件等让您的测试方案更加完整



测试方案典型配置：CX3300（pA级别）或 S系列10bit示波器+ 1:1探头（亚uA级别）或 N6705B（nA级别）

## 电源完整性测试

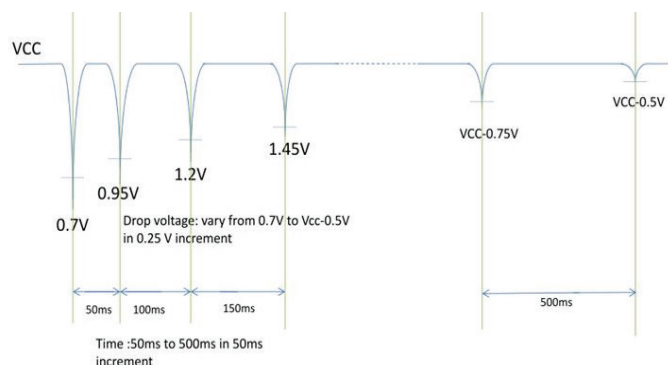
PI (Power Integrity), 即电源完整性, 是对电源从源端到负载端转化和传输 (电源分配网络) 效率的分析。物联网设备或者模块上的PDN (电源分配网络) 会将一个固定的直流电源 (通常如电池) 转变成各种电压的直流电源 (如+1.5V, +1.2V等) 给设备或模块上的各个部分进行供电。由于这些终端传感设备通常处于动态工作模式 (如长时间休眠模式下突然激活), 瞬时电流可能很大 (如数百mA), 也可能很小 (如nA、pA级别)。但无论电流如何变化, 供电电压必须平稳 (即纹波和噪声必须较小), 以保持芯片或模块上各部分的正常工作。这就对PDN提出了苛刻的要求。

要测量PDN的性能, 首先需要测量PDN网络输出到各芯片端口的电源纹波和噪声。如今电子电路的切换速度、信号摆率比以前更高, 同时芯片的封装和信号摆幅却越来越小, 对噪声更加敏感。因此, 噪声和纹波也更加受到测试工程师的关注。所以必须首先用示波器对纹波和噪声进行精细测量。

如果希望进一步精确衡量PDN的性能, 并深入了解可能出现的问题来源, 还需要测试PDN的输出阻抗 (随频率变化的阻抗) 和PDN的传输阻抗 (也是随频率变化的阻抗), 就像表征一个单端口网络或者双端口网络一样去表征PDN。此外, 由于现在PDN大都是开关电源结构, 还需要测量PDN或关键DC到DC转换器的环路增益。这就要用到网络分析仪。

**Keysight是德科技的电源完整性测试方案的主要特点:**

- 10bit的示波器结合超低噪声的探头, 帮助您更精确地表征纹波和噪声;
- 专门针对PDN测试而设计的网络分析仪, 满足PDN毫欧级的输出/传输阻抗测量以及环路增益测量, 其内置的直流偏置源也满足了PDN带偏置的测量需求;
- 电源的完整性常受到负载端超大的动态变化影响。N6705B能有效地模拟这种动态负载, 同时进行测量



测试方案典型配置: S系列10bit示波器+ 1:1探头 (纹波、噪声测量) 或 E5071C (阻抗测试) 或 N6705B 直流电源分析仪 (电压、电流测量)

## 功耗分析测量

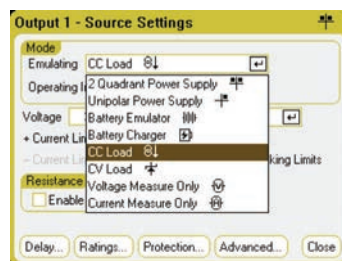
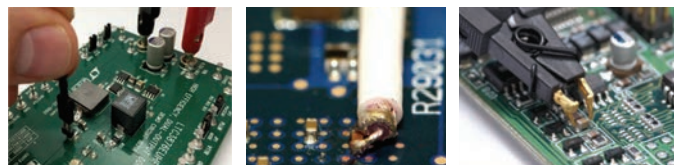
为了延长电池寿命, 工程师们需要设计终端或者模块在各种工作模式下的电流消耗, 结合各工作状态的持续时间, 从而计算出所消耗的功率。这种整体的功耗测量, 通常情况下比较容易测试。

然而, 如果整体功耗存在某种异常, 则可能需要进一步测试各个子电路的功耗, 以分析整体电路的实际工作状态。例如对子电路进行单独的源端模拟或者负载模拟, 用以单独分析各子电路在特定的源激励以及负载情况下的功耗情况。这是针对整体的电路进行分析时比较有效的方法。

如果在功率分析过程中, 需要对电路中某些关键线路或节点进行精密的测量, 则还需要全面地考虑夹具和探头的问题。这种情况下, 使用外部独立的电源激励再结合示波器或者电流分析仪以及丰富的探头, 则更加适合于类似的精密测量环境或者对测量连接方式要求更高的应用。

**Keysight是德科技功耗分析测试方案的主要特点:**

- N6705B的源端模拟和负载模拟功能让您的测试灵活、方便, 结合自带的电压、电流测量功能, 为您提供了电路整体功耗分析的完整解决方案;
- 在应对部分关键的线路或节点的电流/功率测试时, 示波器/电流分析仪的探头法弥补了N6705B的接插方式限制, 而精度也能满足更高的要求



测试方案典型配置: N6705B 直流电源分析仪 (源/负载模拟 + 功耗统计) 或 N7900系列电源+S系列示波器/ CX3300系列电流信号分析仪

## CX3300系列器件电流波形分析仪

是德科技CX3300系列器件电流波形分析仪可以清晰准确地显示以前无法测量或者无法检测到的低电平电流波形。强大的动态范围使得测试工程师可以在一次测量从待机/睡眠到激活的多种状态，而高带宽和高速采集使您能够测量宽度小于100ns的脉冲响应。借助这些全新的特性和性能，CX3300将显著缩短您的测量时间，简化您的测试系统。

### 技术规格

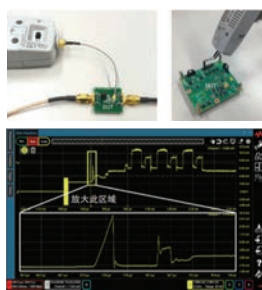
- 最大带宽200MHz
- 电流测量范围从100pA 到 10A
- 功率测量范围从10pW 到 400W
- 最大1GSa/s的采样速度
- 可选的14位（高速模式）和16位宽（高解析度模式）
- 紧凑型2通道和4通道型号
- 14.1英寸多点触控的触摸屏，像使用iPad一样感受测量仪器



扫描获取更多信息



扫描获取更多技术资料



## S系列示波器

是德科技S系列示波器具有出色的信号完整性测试性能，为您呈现最真实的信号。配套的超过100款的电压和电流探头以及专业的电源探头，能大幅度提升测量可靠性。

### 技术规格

- 500MHz至8GHz
- 10bit示波器，低噪声前端、超稳时基、硬件实现的信号处理
- 结合专用的1:1探头，最小可测信号电压为3uV，电流为500nA
- 在各种量程设置下的示波器本底噪声可参考下表

| 量程设置    | DSOS054A  | DSOS104A  | DSO204A  | DSOS254A  | DSOS404A  | DSOS604A  | DSO804A   |
|---------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 每格1mV   | 74uVrms   | 90uVrms   | 120uVrms | 130uVrms  | 153uVrms  | 195uVrms  | 260uVrms  |
| 每格2mV   | 74uVrms   | 90uVrms   | 120uVrms | 130uVrms  | 153uVrms  | 195uVrms  | 260uVrms  |
| 每格5mV   | 77uVrms   | 94uVrms   | 129uVrms | 135uVrms  | 173uVrms  | 205uVrms  | 320uVrms  |
| 每格10mV  | 87uVrms   | 110uVrms  | 163uVrms | 172uVrms  | 220uVrms  | 256uVrms  | 390uVrms  |
| 每格20mV  | 125uVrms  | 163uVrms  | 233uVrms | 254uVrms  | 650uVrms  | 446uVrms  | 620uVrms  |
| 每格50mV  | 372uVrms  | 456uVrms  | 610uVrms | 650uVrms  | 1.3mVrms  | 1.3mVrms  | 1.4mVrms  |
| 每格100mV | 0.78mVrms | 0.96mVrms | 1.2mVrms | 1.3mVrms  | 2.8mVrms  | 2.3mVrms  | 3.1mVrms  |
| 每格200mV | 1.6mVrms  | 2.0mVrms  | 2.6mVrms | 2.8mVrms  | 6mVrms    | 4.9mVrms  | 6.4mVrms  |
| 每格500mV | 3.5mVrms  | 4.2mVrms  | 5.5mVrms | 6mVrms    | 10.1mVrms | 10.0mVrms | 13.3mVrms |
| 每格1V    | 5.1mVrms  | 6.8mVrms  | 9.2mVrms | 10.1mVrms | 12.5mVrms | 17.6mVrms | 24.1mVrms |



更多示波器选型和配置



兼容探头网页



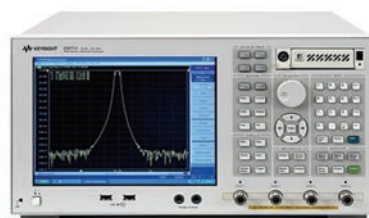
## ENA网络分析仪

是德科技ENA网络分析仪凭借出色的吞吐率、可重复性和可靠性，助您创建精确而可靠的测试方案。结合丰富的校准套件和测量附件，以及增强的时域频域分析选件，帮助您轻松面对测试挑战。

### 技术规格（基于典型的E5071C型号）

- 9kHz至20GHz的频率范围
- 低至0.003 dBrms的轨迹噪声
- 高达123 dB的动态范围、5ms的快速测量速度和0.005dB/°C的出色温度稳定性

- 本底噪声为-131 dBm
- 软硬件可升级，例如频率和测试端口



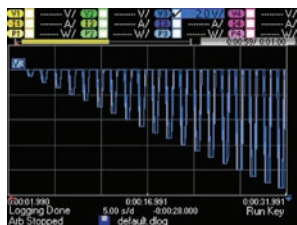
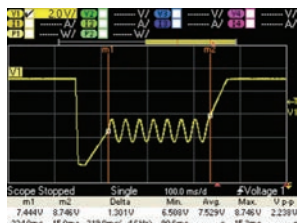
扫描获取更多型号对比

## N6705B直流电源分析仪

是德科技N6705B直流电源分析仪，采用模块化设计，在一台主机中提供了多种测试仪表功能。

### 技术规格

- 1至4路高性能电源输出或者电子负载
- 集成数字电压表和电流表、带功率输出的任意波形发生器、电压/电流示波器等
- 基础型模块的最高电压高达150V，最大电流20A，功率50W ~ 300W
- 高性能模块的最高电压60V，最大电流50A，功率500W，电压编程实践<2ms
- 精密型模块的最高电压60V，最大电流50A，功率500W，0.016%的电压输出精度
- SMU源表模块，20V/3A，20W，双向限或四象限工作，低至nA级电流测量精度



扫描获取更多信息



扫描获取更多信息



扫描获取更多信息



## 经济型的功率测量方案

除了上述针对各种精度需求的测试方案，是德科技还提供多种经济型的功耗测试方案，供生产测试等场景使用。

Keysight USB多功能数据采集设备，即插即用，并可以同时对待测件进行同步的采样。结合分流电阻，可以对待测件的电压、电流、功率等进行快速的测量。此外，该硬件平台还支持是德科技模块化仪器测量管理软件，可以快速进行设置和数据记录。

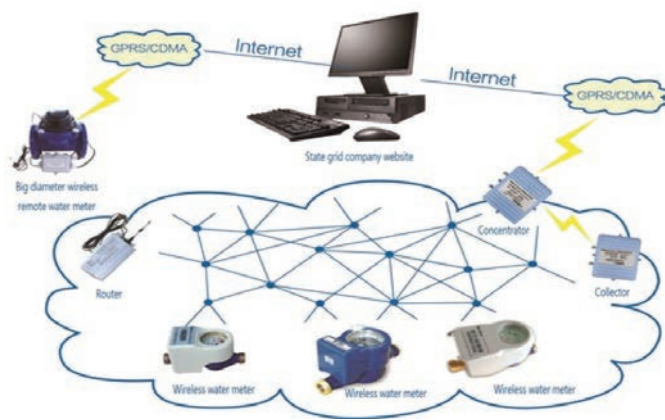
与此同时，是德科技的数字万用表也被在生产和基础研发中有功率和常规电压电流信号测试需求的工程师们广泛应用。借助数字万用表连通性工具软件，只需单次点击，即可在PC或移动设备中控制、捕获和查看数字万用表的数据。利用Truevolt技术，Keysight DMM系列产品可以对直流/交流电压和电流，2线和4线电阻，二极管、频率、周期等进行测量。基础的精度可以达到0.0075%（直流），0.09%（交流）。

## 成功应用案例

### 目标客户：智能水表/电表的低功耗分析测试

智慧城市建设涉及方方面面，包括“提升基础设施智能化水平。加大信息技术在城市公用事业的基础设施建设、管理领域的推广和应用，引入传感器、物联网等技术提升对城市运行感知检测能力，建立先进的地下管网、交通、电力、供水、供气等行业检测、控制和管理系统...”。为此，各省市投入大量资金进行智能改造。

在这样的背景下，浙江某智能水表公司用智能水表方案替代大量传统水表，逐步减少人工抄表，降低人力成本，提高整体效率。整体的方案设计如下：



考虑到安全性、便捷性和成本，水表环境下的智能水表采用直流电池进行供电，这也是目前业界普遍认可的方式。在这种应用中，最大化电池使用寿命，是衡量智能水表的关键指标。该公司要求对产品的功耗性能进行测量并优化整体的功耗。

### 方案：N6705B + 配套软件

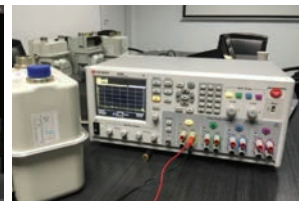
#### 测量需求：

- 1) 供电模式：作为源为被测电路供电，同时测量被测电路的静态和动态电流，记录数据
- 2) 电子模式：记录实际的负载电流波形，将它作为标准的负载电流进行回放来评估电池的使用时长
- 3) 测量单元模式：记录实际的电流和电压数据，计算电池使用时长

#### 实际测试：



实际电流波形



实际测试现场

## 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年

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。

Keysight Infoline

Keysight Infoline

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

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。

[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)

是德科技公司

DEKRA 认证 ISO 9001:2008  
质量管理体系



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。



关注是德科技

了解更多测试资讯

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：[china-cs@keysight.com](mailto:china-cs@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

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, January 26, 2016

出版号：5992-XXXXCHCN

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