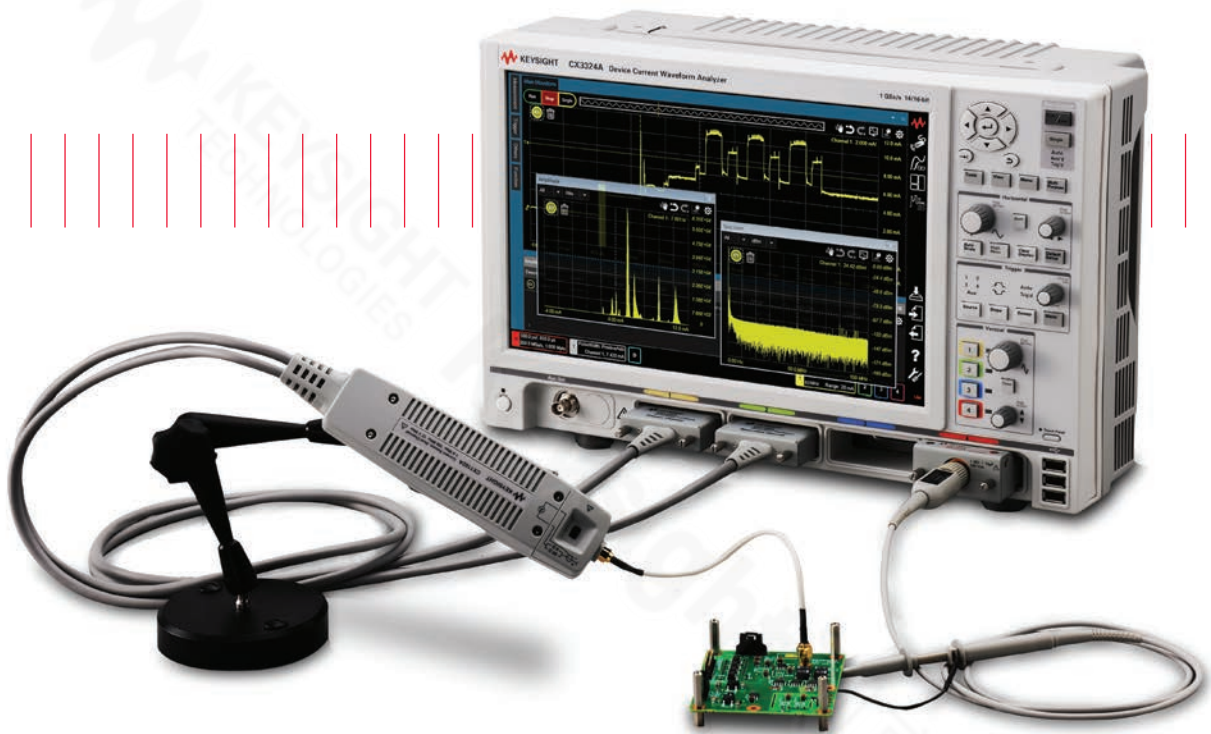


# 是德科技 精确测量低功耗蓝牙®设备的 电流曲线

技术概述



## 引言

作为新的信息技术，物联网 (IOT) 正在改变我们的生活。针对物联网应用的低功耗蓝牙® (BLE) 标准显著地延长电池供电时间。该标准的执行需要减少现有设备中未使用的功率，所以工程师们正努力探索元器件级别的动态电流消耗。由于动态范围有限、测量噪声大以及带宽有限，这种级别的动态电流消耗（特别是物联网产品中所使用的低功率器件的动态电流消耗）就显得难以测量。

CX3300 系列器件电流波形分析仪使您可以观察此前无法测量或检测的宽带低电平电流波形。其主机拥有 2 个或 4 个通道，可以接收来自电流传感器的信号，并能以最高 1 GSa/s 的采样率和 14 位或 16 位的宽动态范围将信号数字化。它还拥有三种电流传感器，凭借最高 200 MHz 的带宽，可检测从 150 pA 到高达 10 A 的大范围动态电流。

CX3300 系列还具有非常实用的分析功能，例如自动功率和电流剖面仪、功率测量向导、FFT 分析仪和统计分析功能，这些功能可以加速测量数据的分析，使您不必再使用外部分析工具。

利用这种功能强大的新型分析仪，您可以精确测量此前无法测量或检测的宽带低电平电流波形，从而完成降低功率和电流消耗的关键任务。

## 当前解决方案存在的问题

为了满足降低功耗的需求，需要对动态电流波形进行精确的测量和调试。不过，这需要解决以下多个难题：

- 动态范围有限。  
例如，大多数电池供电设备都拥有低功率休眠模式，在此模式下只消耗很小的电源电流，例如 1  $\mu\text{A}$  以下，但在活动模式时，通常需要 10 mA 以上的电流。因此，只凭单次测量，很难测量如此宽动态范围的电流。
- 测量噪声大。  
钳式电流探头使用最为广泛，但由于其较大的本底噪声，很难用于测量 1 mA 以下的低电平电流。使用分流电阻器和示波器会很有用，但由于电阻器带来的本底噪声和压降，可测量的最小电流也非常有限。
- 带宽有限。  
低电平电流波形测量要达到一定的分辨率，需要在带宽方面做出让步，否则宽带测量可能会降低分辨率。高分辨率测量常常使用万用表或安培计，但由于它们的带宽较低，所以不适合宽带电流测量。
- 需要多台仪器。  
平均休眠电流通常用万用表来测量，而活动电流可用示波器来捕获。总体功率消耗和电流消耗必须根据这些结果手动评估，但该数据并非一直可靠，可能需要花费很长时间进行验证。

## 解决方案

工程师在测量低功耗蓝牙设备的精确动态电流时，可能会遇到许多难题。CX3300 系列器件电流波形分析仪让这些难题迎刃而解。表 1 概述了 CX3300 的主要特性。

- 单次测量即可覆盖从休眠到活动模式，拥有 14 或 16 位的宽动态测量范围，即使是低电平电流波形也能清晰显示。
- 通过使用超低噪声电流传感器，现在可以清晰显示休眠模式中的动态电流波形。
- 对于又窄又尖的电流（尖峰电流），可使用最高达 200 MHz 的宽带宽、1 GHz 最大采样率和 256 MB 存储器深度来捕获，使您可以轻松消除任何意外噪声或其他干扰。
- 与捕获电流波形类似，电压无源探头可同时捕获电压波形，使您可以精确评测功耗情况。
- 直观的触摸屏图形用户界面 (GUI) 和熟悉的功能，使用户可以快速掌握使用方法。

表 1. CX3300 的主要特性

主要特性	技术指标
电流量程	150 pA 至 10 A
功率量程	10 pW 至 400 W
最大测量带宽	200 MHz
最大采样率	1 GSa/s
测量动态范围	14 或 16 位 <sup>1</sup>
最大存储器深度	256 Mpts/通道

1. 14 位 (高速模式) 或 16 位 (高分辨率模式)

## 测量设置示例

图 1 显示了测量低功耗蓝牙设备  $I_{DD}$  电流的电路系统方块图。CX1101A 单通道电流传感器是 CX3300 系列电流传感器的一种，拥有最高达 100 MHz 的带宽、40 nA 至 10 A 的电流测量范围，以及 40 V 的最大电压，连接在电源和被测器件之间进行电流测量。

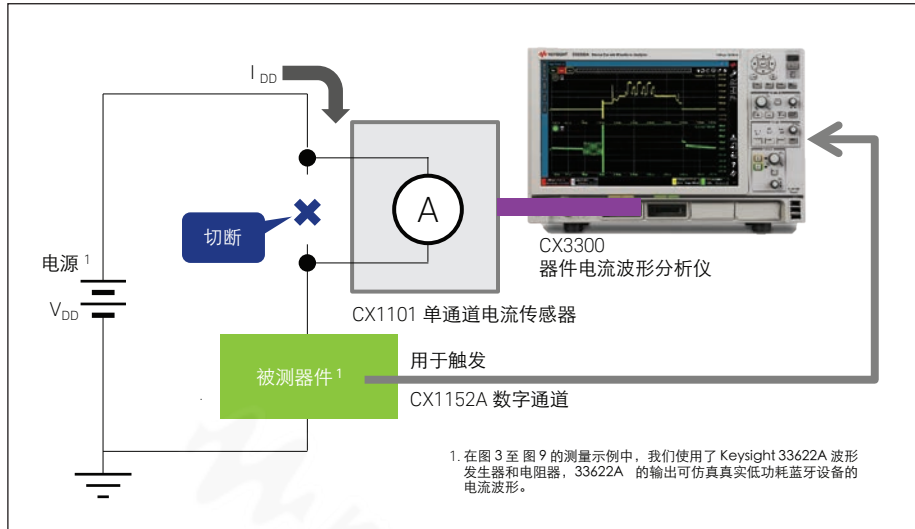


图 1. 测量低功耗蓝牙设备  $I_{DD}$  电流的电路系统方块图

您可在六个传感器头适配器中为被测器件选择最佳的连接接口，这些适配器可以简便、安全地与 CX1101A 电流传感器连接和分离，如图 2 所示。SMA 连接器型适配器支持宽带测量，而双绞线和测试引线适配器对于无需宽带宽的快速电流波形测量非常有用。



## 测量示例

图 3 显示了使用 CX1101A 测得的电流波形，该波形用于仿真低功耗蓝牙设备在广播事件（从待机到广播状态）中的  $I_{dd}$  电流波形。在活动模式时，电流高达 10 毫安，但在休眠模式时，电流非常小。设备在大部分时间处于休眠模式，所以尽管该模式中的电流很小，但累积起来也能影响总功耗。精确测量休眠模式的电流是评测低功耗蓝牙设备的关键参数之一。同时，活动模式中的电流会很大，对功耗也非常重要。此外，活动模式下的精确电流波形有利于电路工作的调试，因为它会随着各种内部电路工作（如 MCU、直流-直流转换器以及电路上的其他外部设备的工作）而改变。如图 3 所示，由于 CX3300 具有宽广的动态范围，所以它的单次测量能覆盖从休眠到活动模式的范围。图 4 至 6 更详细地显示了放大后的图 3 波形。

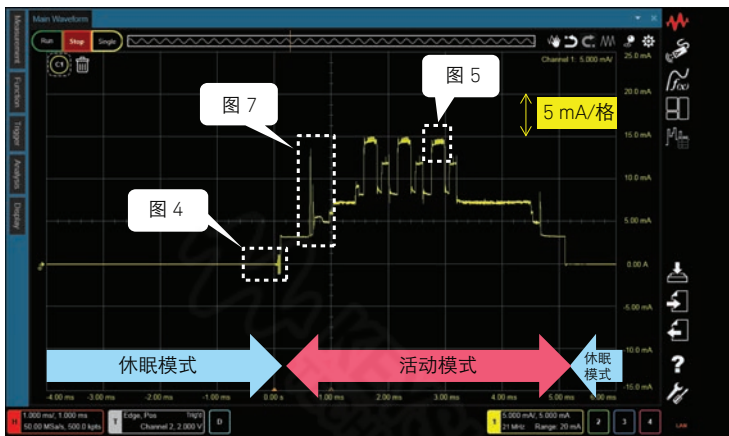


图 3. 广播事件的电流曲线测量示例

图 4 显示了图 3 中休眠模式下的水平和垂直轴的电流波形放大图。这些细节可使用 CX3300 的“Anywhere (任意位置)”缩放变焦这个强大功能来显示，该功能使您可使用一个矩形游标做标记，对任意区域进行缩放。

从图 4 所示的 60  $\mu\text{A}$  峰峰值正弦曲线波形可以发现，受集成开关变换器脉冲和休眠计时器时钟等因素的影响，低功耗蓝牙设备即使在休眠模式中也有周期性或非周期性的电流。因为没有仪器同时拥有足够的带宽、动态范围和本底噪声，所以我们很难在单次测量中准确评测这种电流。使用 CX3300 能够确定此类特征，因为它兼具更宽的带宽、更宽的动态范围和超低的本底噪声。

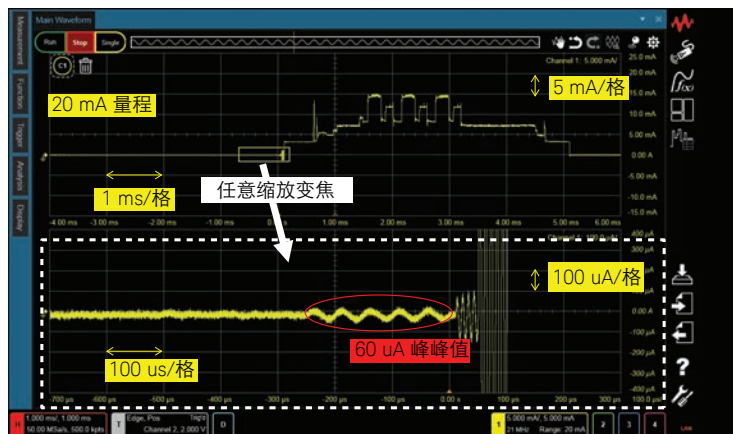


图 4. 放大后的图 3 中休眠模式下的波形。

## 测量示例 续

图 5 显示了图 3 中处于活动模式的电流波形的放大图。借助 14 位的宽动态范围，您可以清楚地观测到大电流中的细微变化，如放大后的波形所示。利用该电流波形，您可以深入了解内部电路和过程的特性。CX3300 是一款功能非常强大的工具，帮助您开发、调试产品以及对产品进行故障诊断。真实的  $I_{dd}$  线除了包括由电源噪声、其他外设电路或器件的工作噪声所造成的目标电流外，还包括很多其他噪声或意料之中的电流尖峰。如图 6 所示，CX3300 拥有 FFT、直方图或后滤波等多种分析功能，能够获取目标电流波形，并找出产生噪声或尖峰的原因。

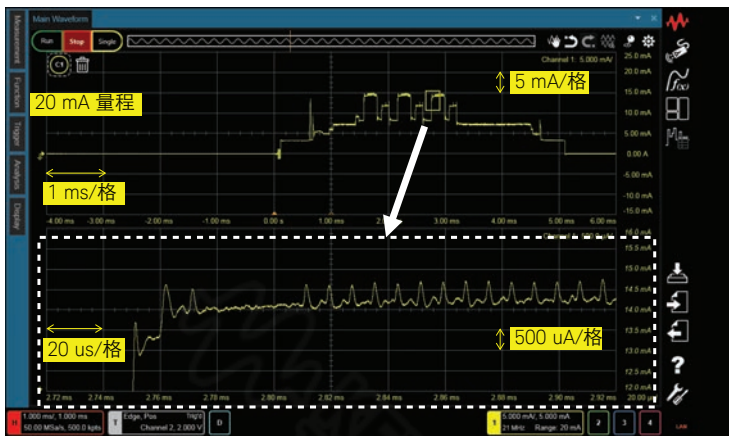


图 5. 图 3 中处于活动模式下的电流波形的放大图



图 6. 测量和分析功能示例

## 测量示例 续

图7显示了图3中处于唤醒区域的电流波形的放大图。通常这些尖峰受去耦电容的抑制，无法直接传送到电源侧。然而，借助未经过去耦电容器的电流波形，可以深入了解电路里发生的情况，有利于实施设计验证或故障诊断。此前由于带宽和分辨率的限制，很难通过单次测量观测这种尖峰，而 CX3300 拥有很宽的带宽和低噪声前端，能够让您观察到清晰的尖峰波形细节。

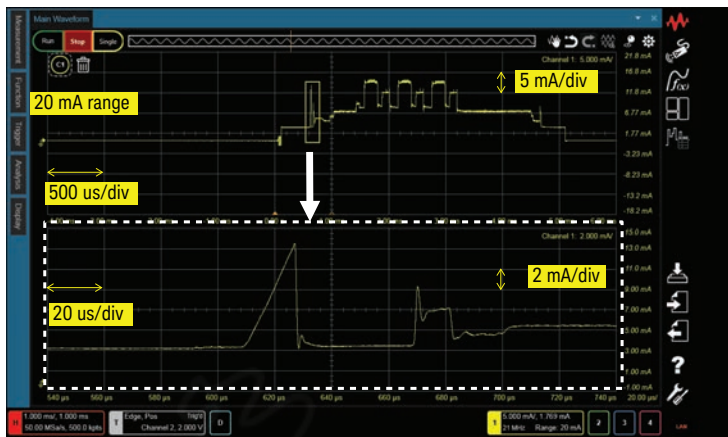


图 7. 图 3 中处于唤醒区域的波形的放大图

如图 3 到图 7 所示，CX1101A 单通道电流传感器拥有很宽的动态范围，使您能够观测从休眠到活动模式的电流波形。此外，如果需要更宽的动态范围，可以使用 CX1102A 双通道电流传感器。CX1102A 双通道电流传感器支持使用两个不同的测量量程进行同时测量。例如，您可以将主通道设置为 200 mA 量程，而辅助通道设置为 2 mA 量程（主通道量程为辅助通道量程的 100 倍）。这款电流传感器对于周期性以休眠和活动模式工作的低功耗应用非常有用。图 8 显示了双通道电流传感器的概念，它拥有两个通道输出，为更宽的动态范围测量同时提供低增益和高增益视图。

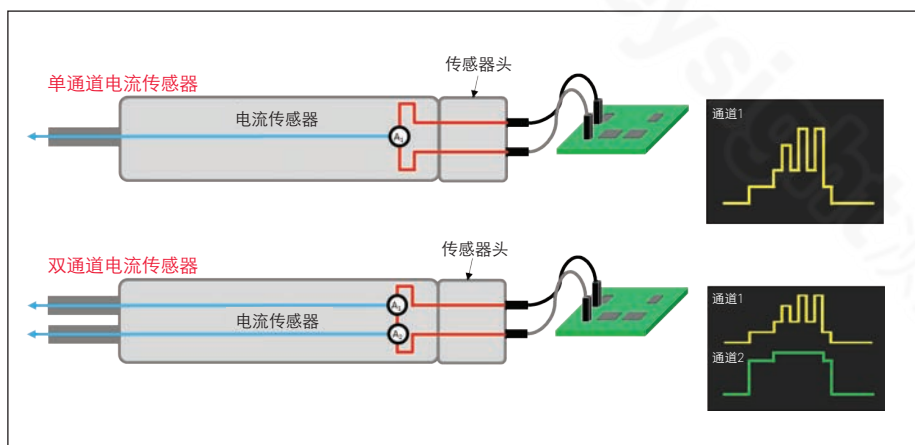


图 8. 双通道电流传感器的概念

## 测量示例 续

图 9 显示了使用 CX1102A 执行图 4 中同一测量的结果。如图 9 所示，CX1102A 使您能够同时测量休眠模式和活动模式的电流波形。

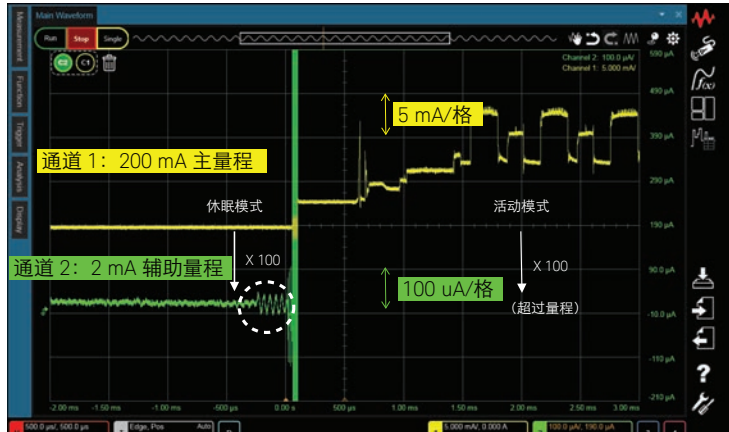


图 9. 使用 CX1102A 双通道电流传感器测量电流曲线的示例

要了解某个事件或状态消耗了多少电流，对功率或电流曲线进行分析至关重要，但该过程非常耗时。如图 10 所示，自动功率和电流剖面仪功能可以消除耗时的功率和电流曲线分析过程。这个剖面仪能够针对邻接表中的每个分段，利用垂直电平差异，自动画出时间标度线，并迅速计算出关键参数，例如平均电流、最大/最小电流、累积电荷等。您也可以根据自己测得的曲线，手动调整分段。



图 10. 自动功率和电流剖面仪

## 结论

CX3300 可以帮助您轻松而准确地观察宽带和低电平的电流波形，对电流波形做定量分析，同时能够降低低功耗蓝牙设备的功耗。

它还拥有各种有用的分析功能，例如自动功率和电流剖面仪、功率测量向导、FFT 分析仪和统计分析功能，这些功能将会加快测量数据的分析，而无需使用外部分析工具。



## 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 9001:2015

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。

[www.keysight.com/find/cx3300](http://www.keysight.com/find/cx3300)

The Bluetooth® word mark and logos are registered trademarks owned by Bluetooth SIG, Inc.

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, May 18, 2016  
出版号：5992-1589CHCN  
[www.keysight.com](http://www.keysight.com)