

如何确保物联网设备 在实际环境中正常运行

找到并识别干扰



物联网共存测试

确保物联网设备始终可以正常运行

共存对于物联网 (IoT) 实现稳定可靠的通信至关重要。如果不支持共存，那么物联网设备就无法在拥挤的无线环境中正常运行。如果不支持共存，那么您的设备可能无法检测到其他物联网设备，也无法与其他物联网设备交换信息，因而可能会出现意外或发生危险。

确保物联网设备支持共存是一个很有挑战性的问题。除非您在设计过程中已经采取了适当的措施，否则您无法保证设备的共存性能。

您可以采取的一项最重要的操作便是执行共存测试。该测试有助于确定您的设备对其他无线电信号的容忍度，并在有其他无线电协议的情况下表征该设备的特性。

在预期和意外（干扰）信号存在的情况下，共存测试是准确评估设备能否保持功能无线性能 (FWP) 的唯一方法。为了确保物联网设备的正常运行，最关键的要求是必须了解共存测试的详细信息，以及知道如何准确有效地执行共存测试。



目录

确保**物联网设备**在实际环境中正常运行的 4 个主要步骤。

选择您的协议

当今的无线技术层出不穷，可以支持各种物联网应用。阅读第 1 章，了解所使用的无线制式：远程还是短程

了解共存

在拥挤的无线环境中，您可能会受到物联网设备和其他信号源的干扰。阅读第 2 章，了解您的设备将面临的挑战。

选择您的技术

通常使用三种技术来改善设备和网络共存。转到本章，了解每项技术的更多细节。

创建您的测试计划

稳健的共存测试计划应包括五个关键步骤。阅读第 4 章，了解这些步骤都包含哪些内容，并通过示例了解如何在设计流程中执行这些步骤。

实现共存

了解本电子书提供的信息，将有助于您确保物联网设备正常运行。了解到如何执行共存测试之后，您就可以专注于物联网设计。



第一步

选择您的协议



选择您的协议

第一步

选择您的协议

客户期望获得可靠而高质量的连接

共存问题会影响物联网设备在拥挤的无线环境中的性能，比如可能会导致数据丢失或语音质量下降，或是设备的工作范围变小或电池续航时间缩短。要解决这些问题，首先是选择您的设备所支持的无线标准。

无线标准有很多种，因此为每个标准分配单独的频谱是一件很困难（甚至是不可能）的事。不同的标准共享相同的频段，随着新的应用不断增加，不可避免会产生干扰。

无线标准采用了多种技术来实现协同共存。选择哪一种标准取决于您预期的应用及其使用环境。在做出选择之前，请确保您完全了解该选择将如何帮助或阻碍共存。

本章介绍了一些常见的物联网标准：

- ZigBee
- NFC
- Thread
- NB-IoT
- 蓝牙低功耗 (BLE)
- Cat-M1
- Z-Wave
- LoRa
- Wi-Sun
- SigFox
- WiFi



物联网的无线标准

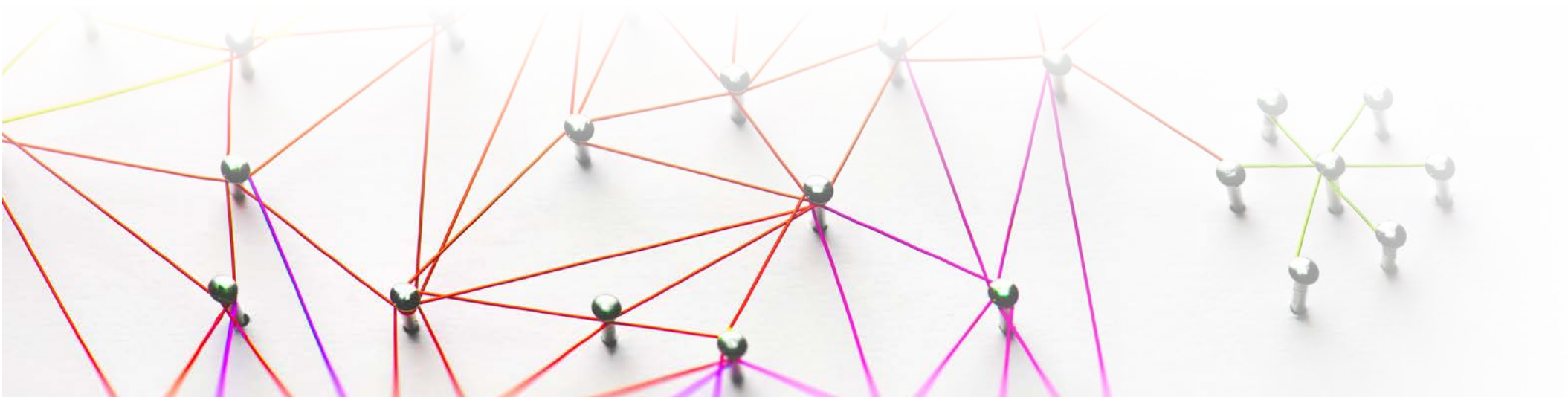
分为两大类：短程和长程。

短程标准

包括蓝牙® 低功耗 (BLE)、WiFi、近场通信 (NFC)、ZigBee 和 Wi-Sun。它们的覆盖范围通常达到 10~30 米，条件允许的话，所有标准都能达到更大的覆盖范围。短程标准适用于可穿戴设备、智能家居应用、支付系统和楼宇自动化应用。

长程标准

如窄带 (NB) 物联网、Cat-M1、LoRa 和 SigFox，适用于预期覆盖范围更广的应用。例如智慧城市、智能能源和工业物联网 (IIoT) 应用。

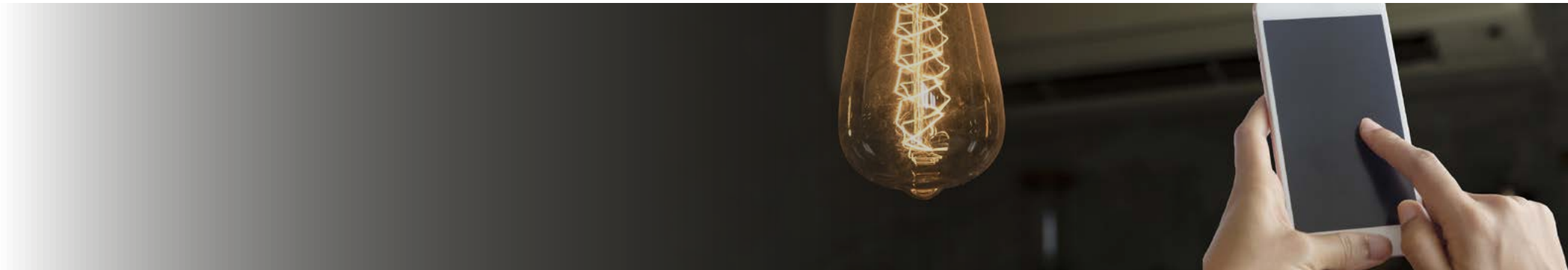


选择您的协议

ZigBee

ZigBee 基于 IEEE 802.15.4 物理 (PHY) 层和媒体访问控制 (MAC) 层。这两个规范的许多功能都是为促进共存和减少干扰而专门设计的。ZigBee 本身支持树形、星形和网状网络，因此设备组合可以协同合作，将短跳数据传递到数千个控制节点。如欲了解更多信息，请访问 www.zigbee.org。

ZigBee	
频率	800、900、2400 MHz
带宽	2 MHz
数据速率	40 kbps 至 250 kbps
调制	BPSK OQPSK
范围	10 米
网络	WPAN
应用软件	家庭自动化、智能电网以及遥控



Thread (802.15.4)

Thread 也是基于 IEEE 802.15.4 物理 (PHY) 层和媒体访问控制 (MAC) 层，但它使用的是 IPv6 低功耗无线个人局域网 (6LoWPAN) 协议。它是一个稳健和加密的网状网络，旨在安全可靠地连接数百个家庭自动化产品和服务。在每次数据传输之前，它会采用先听后发技术，达到防止干扰的效果。如欲了解更多信息，请访问 www.threadgroup.com。

Thread (802.15.4)	
频率	800、900、2400 MHz
带宽	2 MHz
数据速率	40 kbps 至 250 kbps
调制	BFSK、FSK、OQPSK
范围	10 米
网络	WPAN
应用软件	用于家庭的网状网络，支持 6LoWPAN



蓝牙低功耗 (BLE)

蓝牙低功耗标准是蓝牙标准的演进版，适用于电池功耗较低的操作。蓝牙低功耗的设计思想是通过降低数据吞吐量，显著减少蓝牙设备的功耗，使其可以使用纽扣电池工作 10 年之久。为了确保能够在同一设备上与蓝牙标准和谐共处，蓝牙低功耗和蓝牙标准使用公共的媒体访问控制 (MAC) 层。如欲了解更多信息，请访问 www.bluetooth.org。

蓝牙低功耗	
频率	2.4 GHz
带宽	1 MHz
数据速率	1 Mbps
调制	GFSK
范围	50 米
网络	WPAN
应用软件	汽车、医疗保健、安全和家庭娱乐



Z-Wave

Z-Wave 协议是一种可互操作的、射频无线通信技术，适用于家庭自动化应用。它专为住宅和轻型商业环境中的控制、监测和状态读取应用而设计。Z-Wave 使用拥挤程度较轻的 sub-GHz 频段（美国为 915 MHz 频段，欧洲为 868 MHz 频段），可以减轻干扰问题并扩大覆盖范围。如欲了解更多信息，请访问 www.z-wavealliance.org。

Z-Wave	
频率	868.42 MHz 908.42 MHz
带宽	200 kHz
数据速率	9.6 kbps 至 100 kbps
调制	BFSK GFSK
范围	100 米
网络	WPAN
应用软件	遥控器、烟雾报警器和安全传感器。 由丹麦 Zensys 公司拥有



选择您的协议

Wi-Sun (802.15.4g)

Wi-Sun (无线智能泛在网络) 针对 IEEE 802.15.4g 局域网和城域网标准进行了物理层修正。它提供了一种低数据速率无线网络, 可以支持在地理位置分散的大型智能公用事业和智慧城市网络中的大规模物联网。它对网络基础设施的要求极低, 可以支持数百万个固定端点。Wi-Sun 使用了高度灵活的协议和跳频技术, 因此抗干扰能力极强。如欲了解更多信息, 请访问 www.wi-sun.org。

Wi-Sun	
频率	800、900、2400 MHz
带宽	200 kHz 至 1.2 MHz
数据速率	50 kbps 至 1 Mbps
调制	FSK、OFDM、OQPSK
范围	1000 米
网络	WNAN
应用软件	FAN 和 HAN 智能公用事业网络、智能电网和智能计量



Wi-Fi

IEEE 802.11 Wi-Fi 协议是当今使用最广泛的无线互联网连接技术, 具有许多变种。802.11ah (HaLow) 是为低数据速率的远程传感器和控制器而开发的。HaLow 采用时隙分配方法, 可以避免设备冲突并确保其在拥挤的无线环境中的性能。如欲了解更多信息, 请访问 www.wi-fi.org。

802.11ah	
频率	Sub GHz
带宽	1 至 16 MHz
数据速率	150 kbps 至 78 Mbps
调制	OFDM
范围	1000 米
网络	无线局域网
应用软件	适用于物联网、可穿戴设备或扩展的覆盖范围



选择您的协议

NFC (ISO/IEC18092)

近场通信 (NFC) 是在 ISO 14443 的基础上开发的标准。它的工作频率为 13.56 MHz，适用于访问控制、移动支付系统、护照和票务应用。NFC 设备可以是终端（临近耦合设备）或读取器，覆盖范围非常小。为了避免 RFID 设备的干扰，NFC 采用了防冲突协议。如欲了解更多信息，请访问 www.emvco.org 和 www.nfcforum.org。

NFC	
频率	13.56 MHz
带宽	1 MHz
数据速率	848 kbps
调制	FSK、ASK
范围	20 厘米
网络	P2P
应用软件	非接触式支付，轻松识别和访问其他连接 (Wi-Fi、BT)

LTE-M (Cat-M1)

Cat-M1 使用蜂窝长期演进 (LTE) 许可频谱。它非常适合用于需要深度覆盖范围，但对延迟、移动性和数据速度要求不那么严格的应用。通过使 LTE-M 与 LTE 兼容，可以重复使用相同的硬件并且共享频谱，而不会出现共存问题，但需要与蜂窝服务提供商签订合同。如欲了解更多信息，请访问 www.gsma.com/iot/long-term-evolution-machine-type-communication-lte-mtc-cat-m1/。

LTE-M 类别 0/1 (LTE 第 12/13 版)	
频率	LTE 频段
带宽	1.4 MHz
数据速率	200 kbps 至 1 Mbps
调制	OFDM
范围	1000 米
网络	WAN
应用软件	3GPP 第 12/13 版中的 LTE 低速和低功耗版本。Cat-M1 预计将用于工业物联网的机器对机器 (M2M) 应用。

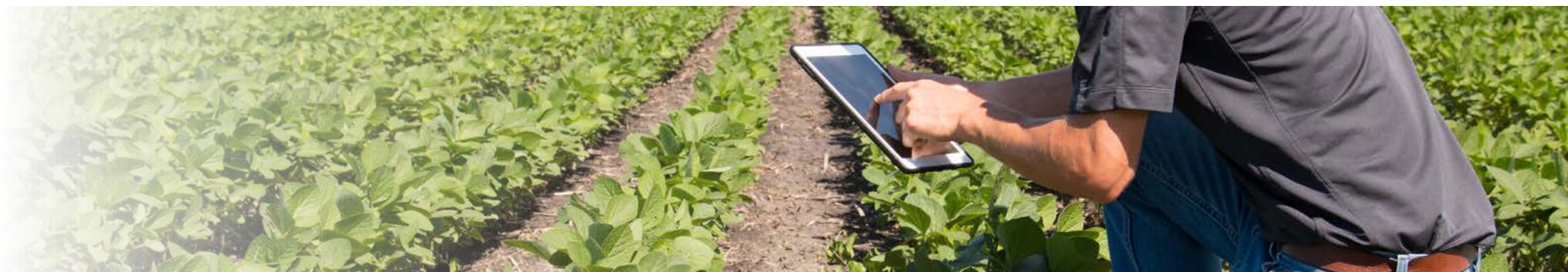


选择您的协议

窄带物联网 (NB-IoT)

NB-IoT 为 LTE 蜂窝网络添加了低数据速率和远程覆盖特性。与 LTE-M 一样，它使用许可频谱。NB-IoT 可以提供 20~250 Kbps 的数据速率，具体速度取决于将使用的 LTE 资源块。该标准的空中接口经过优化，可确保与 LTE 协同共存，但需要与蜂窝服务提供商签订合同。如欲了解更多信息，请访问：www.gsma.com/iot/narrow-band-internet-of-things-nb-iot。

NFC	
频率	GSM/LTE 频段
带宽	180 kHz
数据速率	高达 250 kbps
调制	BPSK、QPSK、可选 16QAM
范围	10 千米
网络	WAN
应用软件	关键基础设施和农业



LoRa

LoRa 技术使用 VHF、UHF 和 800-930 MHz 频段未许可频谱中的 1 GHz 以下射频频率。LoRa 信号可渗透到建筑物内部，到达高频设备达不到的位置。但是，彼此靠近的 LoRa 网络会产生干扰。可以使用定向天线和多个基站来实现共存。如欲了解更多信息，请访问 www.lora-alliance.org。

LoRa	
频率	Sub GHz
带宽	125 kHz
数据速率	0.3 至 50 kbps
调制	GFSK、CSS
范围	32 千米
网络	WAN
应用软件	关键基础设施和农业



SigFox

SigFox 是一种低功耗的广域网技术，在 sub-1 GHz 频段内工作。它提供一个类似蜂窝网关的网络，可以连接到互联网和云端。不同于 LoRa 可以用于商业网络和私人网络，SigFox 仅适用于商业网络。为了减轻干扰，SigFox 可以在极窄带宽内使用差分相移键控 (DPSK) 进行设备与云的通信，实现低功耗的远程覆盖。如欲了解更多信息，请访问 www.sigfox.com/en/sigfox-iot-radio-technology。

SigFox	
频率	Sub GHz
带宽	600 Hz
数据速率	高达 500 kbps
调制	BPSK、GFSK
范围	10 千米
网络	WAN
应用软件	关键基础设施和农业





第二步

了解共存



了解共存

第二步

了解共存

物体间的干扰

客户希望物联网设备无论基于何种标准设计, 也无论无线环境如何密集, 它们都能无缝运行。您该如何实现这一目标?

首先, 您需要理解“共存”这个术语。

本章介绍了共存的基础知识, 包括:

- 定义共存
- 产生共存问题的因素
- 共存测试简介



定义共存

共存是指在其他设备（使用不同工作协议或标准）的干扰下，无线设备保持正常运行的能力。当两个无线设备彼此靠近并且以相同或接近的频率运行时，它们将互相影响。使用最密集的频谱是 2.4 和 5 GHz 的免许可“ISM”频段。蓝牙设备、微波炉、无绳电话和无线监控摄像头都是可能导致干扰的无线设备。诸如蜂窝电话频段的许可频谱会受到更严格的控制，但其传输可能会影响附近频段的用户。

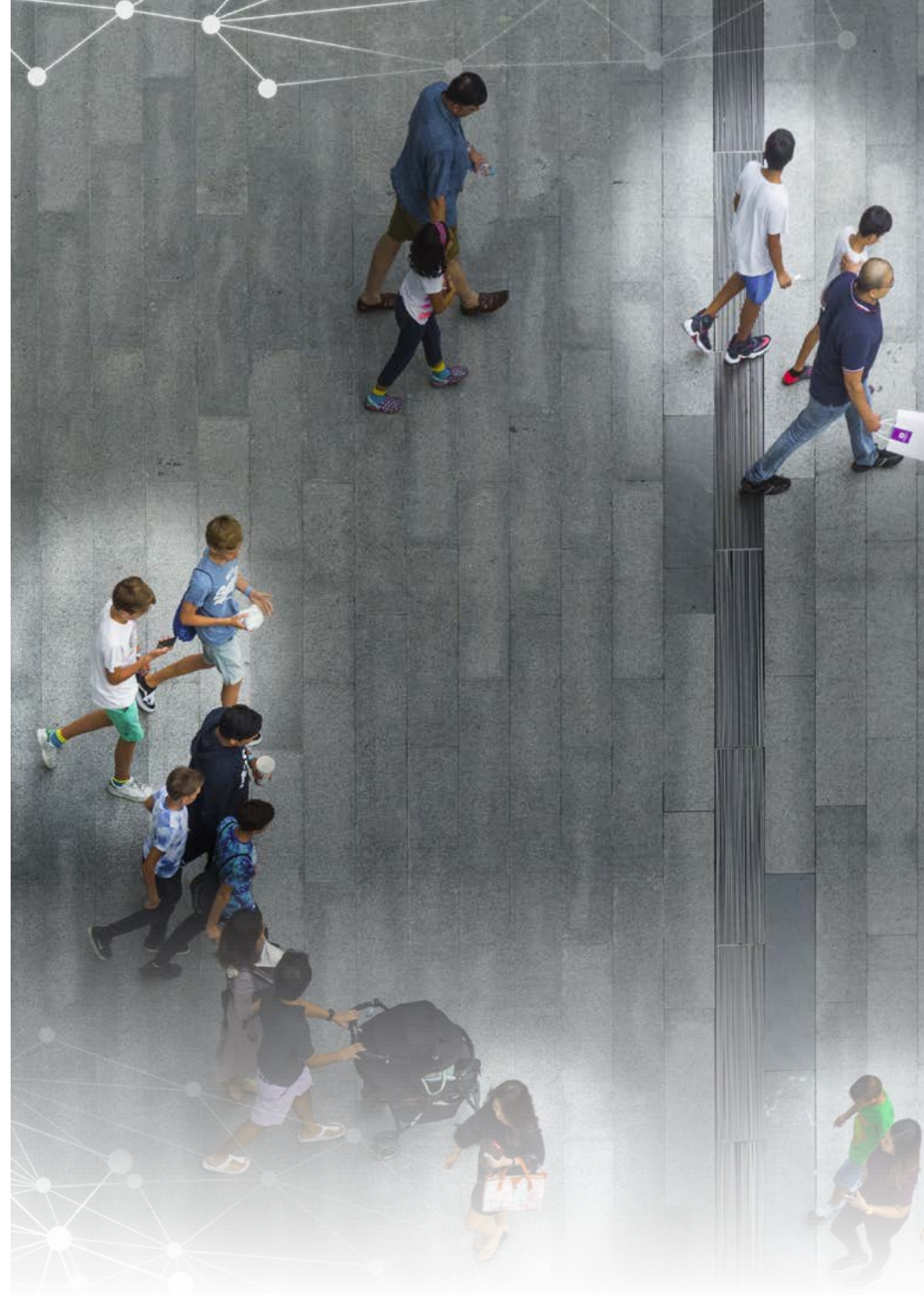
产生共存问题的因素

总的来说，产生共存问题的关键因素主要有四个。

它们是：

- 更多地使用无线技术连接关键设备
- 密集地使用免许可或共享的频谱
- 部署更多的敏感设备，包括医疗设备（静脉输液泵，心脏起搏器）和紧急检测设备（例如互联车辆中的设备）
- 为智慧城市、工业应用及其他应用大规模部署传感器

这些因素直接影响到物联网设备的通信可靠性。



了解共存

为了更清楚地解释共存，我们以智能助听器为例，它可以与医院方的移动电话通信。

在通往病房的通道上，部署有无线局域网接入点、护士呼叫站、护士站（使用蓝牙设备）、餐具室（使用微波炉）以及会发出警报的医疗设备（例如静脉输液泵和可以报告患者状态的心脏监测器）。访客可能随身携带智能手机和/或平板电脑，所有这些设备可能会同时进行蜂窝、LTE、蓝牙和 Wi-Fi 通信。

在这种场景下，这些不同的设备和标准都是干扰源，可能会破坏它们周围不同无线设备的最佳运行状态。当今世界到处都有传感器，干扰问题只会变得更糟。

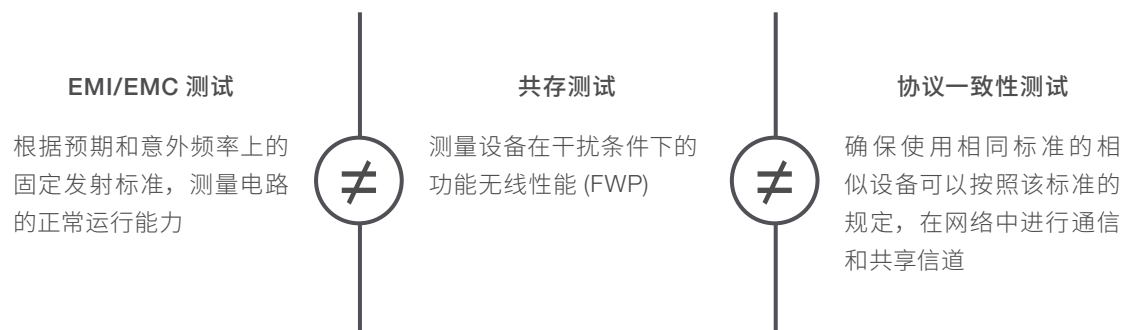


共存测试简介

共存测试主要评测设备在不同射频 (RF) 环境中 (包括类似医院这样拥挤的无线环境, 或是类似火车站或地铁站的混合环境) 保持其功能无线性能 (FWP) 的能力。

共存测试与电磁干扰 (EMI) 和电磁兼容性 (EMC) 测试不是一回事, 也不同于协议一致性测试。它没有固定的合格/不合格标准。共存测试评测的是预期信号和意外/干扰信号对设备的影响。

共存测试的基本概念要求被测设备 (EUT) 发起与其配套设备的通信。与此同时, 设置信号发生器生成意外的干扰信号, 用于干扰通信。信号分析仪负责监测被测设备 (EUT) 与其配套设备之间的预期信号和意外信号。被测设备 (EUT) 的性能下降通过关键性能指标 (KPI) 来监测。



了解共存



第三步

选择您的技术



选择您的技术

第三步

选择您的技术

物理层的共存因素

您已经选择完协议,现在更深入地理解到共存及其对设备功能无线性能(FWP)的负面影响。下一步做什么?

不同的标准无法协同共享信道。例如,蓝牙设备与 802.11 设备在相同无线频率上工作,但蓝牙设备使用的是跳频扩频 (FHSS) 技术,而 802.11 设备使用的是正交频分复用 (OFDM) 或直接序列扩频 (DSSS) 调制技术,因此蓝牙设备无法检测和理解 802.11 设备传输的信号。

虽然业界正在努力改善标准的共存性,但至今尚未确定任何有效的协同方式。

本章介绍了可用于改善设备和网络共存的三种技术:

- 物理隔离
- 频率隔离
- 时间隔离

在复杂的射频环境中,每种技术都有着各自的优缺点。



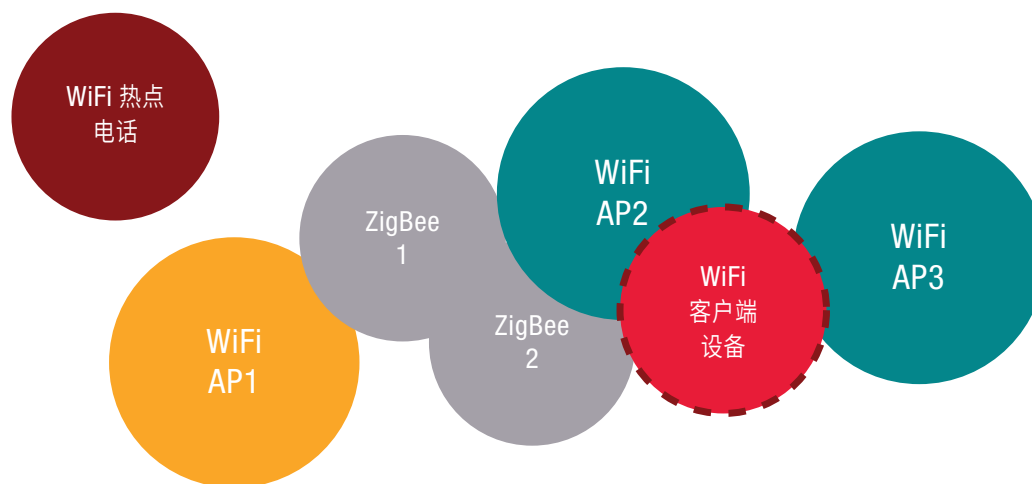
第 1 种技术：物理隔离

物理隔离通过减少对共享频谱的竞争和信号强度，使信号更加局部化，从而降低干扰。

通过在物理上隔离不同的网络，可以减少干扰，而来自另一网络的干扰信号也会变得更弱。使用物理隔离，可以有效促进每个网络及其支持的设备同时运行而不会出现错误。

挑战

该技术不适用于密集的无线区域。一个典型的例子是医疗保健环境，其中可能有数百或数千个无线物联网设备使用不兼容的协议在相同的 2.4 GHz ISM 频段上运行。此时，使用物理隔离减少干扰显得不切实际。



选择您的技术

第 2 种技术：频率隔离

频率隔离是一种改善混合无线网络性能的技术。

当两个网络的工作频率不一致时，两者之间以及在这些网络中运行的设备之间的干扰就会减少。无论两个网络相距远近，都会发生这种情况。

挑战

虽然频率隔离是一种有效的技术，但它对于 2.4 GHz ISM 频段并不总是有效，因为蓝牙、ZigBee 和 802.11 信道都在重叠使用这一频段。您无法预料您的邻居使用共享频谱中的哪些信道。

	802.11a/g/n...	802.15.4 (ZigBee)	802.15.2 (蓝牙)
非重叠信道 (2.4 GHz)	3	16	79
带宽	22 MHz	5 MHz	1 MHz



选择您的技术

第 3 种技术：时间隔离

时间隔离是一种在不同时间收发信号以避免冲突和干扰的技术。这种技术的可行性较高，因为大多数无线网络和协议都明确设计为不会在所有时间进行传输，而是只使用一小段时间来进行传输。

挑战

大多数无线标准不能检测其他网络传输并与其协同共享信道。随着传输的数据量逐渐增加，发送数据并收到相应答复所花费的时间更长。在关键数据传输期间，设备无法回应其他协议传输的可能性随之增加。传输可能会发生冲突，导致错误并要求重新传输数据，这意味着数据可能会传输两次或更多次直至被正确接收，致使信道更加拥塞。



时间 →



选择您的技术



第四步

创建您的测试计划



创建您的测试计划

第四步

创建您的测试计划

提供可靠的设备和网络

为了提供可靠的设备和网络性能，最好是实施以上一种或多种共存技术。

测试这些技术的实施是生产最高质量设备必不可缺的一步，也有利于让设计人员确信它可以在任何射频环境中正常运行。

创建最佳共存测试计划需要采取以下五个步骤：

- 表征预期射频环境
- 选择您的测试信号
- 定义功能无线性能
- 选择物理格式
- 执行共存测试



第 1 步：表征预期的射频环境

为了表征设备预期的工作射频环境，您必须在所关注的频段中执行外场测量。您需要开发一个模型，包括目标环境中存在的信号，这些信号的强度以及它们所使用的频谱。

传统的扫频分析仪通常无法高效地执行该任务。设备的数字传输时间非常短，在分析仪扫描到所用频率之前便可能完成一次传输，因而无法被检测到。

要进行精确的外场测量，建议使用实时频谱分析仪 (RTSA)。实时频谱分析仪能够帮助您使用高速模数转换器 (ADC) 对频谱进行连续采样。

在表征您预期的射频环境时，实时频谱分析仪首先执行实时快速傅里叶变换，以便识别存在的信号类型。可能还需要其他频谱分析软件来精确识别正在使用的是什么协议。接下来确定信号的强度及其传输速率。



创建您的测试计划

第 2 步：选择您的测试信号

一旦识别出目标环境中存在的信号，您需要选择信号类型和数量，用于生成共存测试或建立共存测试模型。

这可能需要您选择三个不同层的测试信号。

例如，您可能需要选择单个 Wi-Fi 网络在最低层传送数据，并选择两个 Wi-Fi 信号和一个蓝牙信号以更高数据速率传送数据。在最高层，您可能需要三个 Wi-Fi 信号和五个蓝牙信号。这些干扰层意味着风险程度不断增加，这是设备设计人员非常熟悉的概念。



创建您的测试计划

第 3 步：定义功能无线性能

功能无线性能 (FWP) 是一种衡量被测设备在特定环境中是否合格的指标。该指标定义了被测设备在其无线信道中必须具备的重要特性。

针对这一步骤，您需要编辑一个必要功能列表。您的设备必须能够执行这些功能，才能被视为能够正常运行并可以与其他设备共存。

这些功能可能包括：

- 启动并连接到设施中的无线网络
- 成功且迅速地发送状态报告
- 在接入点 (AP) 之间漫游时，每分钟最多可进行五次数据交换

您编辑的功能无线性能 (FWP) 要求取决于设备的类型和应用及其所定义的“正常”工作特性。

第 4 步：选择物理格式

创建共存测试计划的最后一步是选择测试的物理格式。

有**四种方法**可以配置测试设备，执行共存测试。每个配置都是由类似的组件组成：

- 您的被测设备
- 与被测设备连接或配对的设备
- 其他同类型的网络设备
- 频谱分析仪

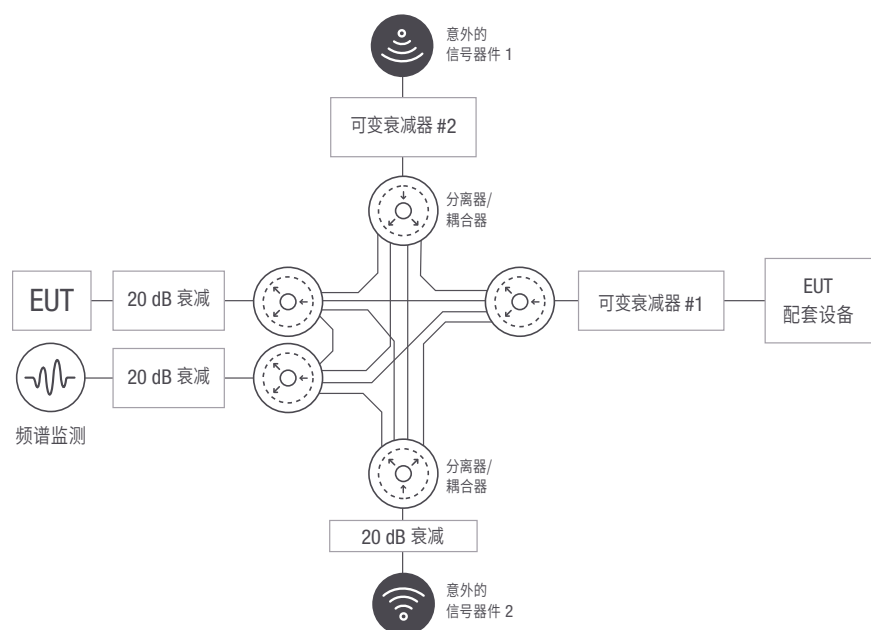
您选择配置时需要考虑实际因素。您是否可以接触到被测设备 (DUT) 的外部天线连接？您的设备是否会在多路输入多路输出 (MIMO) 网络中运行？您的设备是否有定向天线？



创建您的测试计划

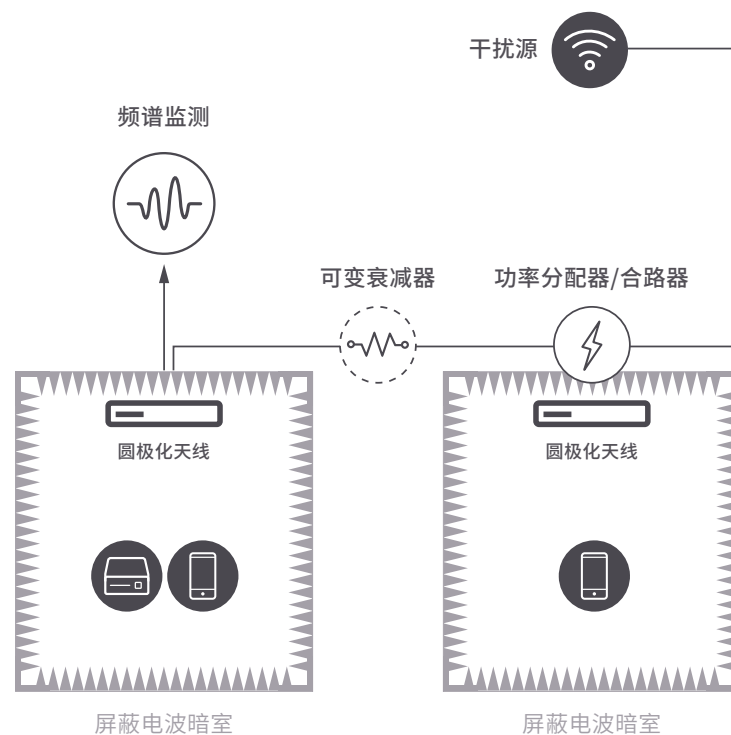
第 1 种方法：传导/有线测试

- 通过组合预期和意外信号并将其连接到靠近或位于天线位置的接入端口来执行此测试
- 测试排除了天线的影响
- 可以考虑 MIMO 和波束赋形，但这可能具有挑战性
- 这是最容易复验但最不现实的测试方法



第 2 种方法：多室/混合测试

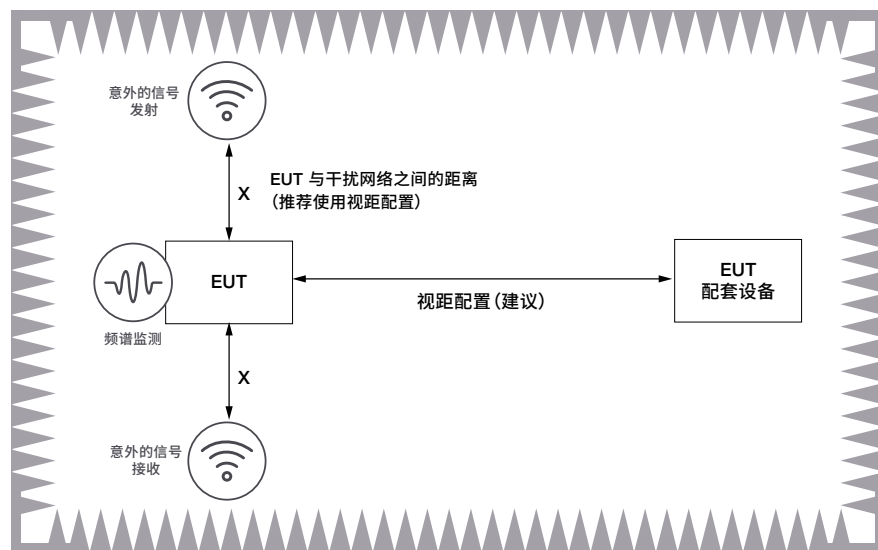
- 信号由实际设备和天线产生。被测设备和配套设备放置在单独的实验室中，这样可以控制被测设备暴露于哪些信号。
- 可以考虑信道效应
- 测试中考虑了天线的影响



创建您的测试计划

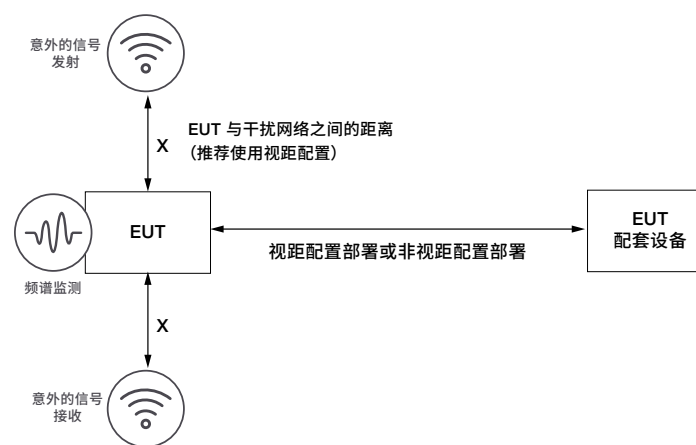
第 3 种方法：辐射电波暗室 (RAC) 测试

- 测试在半电波暗室或全电波暗室中进行
- 确保环境不会降低测试结果的可重复性
- 考虑天线效应
- 测试环境可能与实际部署环境不同



第 4 种方法：辐射开放环境 (ROE) 测试

- 没有屏蔽室
- 能够测试任何无线设备
- 设备可以处于视距或非视距配置中
- 由于环境信号的存在，导致测试的可重复性最低
- 测试容易受到周围信号的影响



创建您的测试计划

第 5 步：进行共存测试

最后一步是使用您选择的测试方法执行共存测试。

最有效和最具成本效益的共存测试方法包括对设备的集成无线模块进行完整的极限测试。端到端测试的最佳实践包括：

- 根据相应标准规定的无线共存和干扰测试，对您的设备进行早期测试
- 测试设备、接入点 (AP) 和基础设施
- 执行无线覆盖范围、共存和漫游测试，以便表征设备工作预期所处的射频环境

在分析测试结果并确定潜在的共存问题（例如无线芯片和模块的射频性能、模块固化软件、CPU 性能和缺陷，以及模块驱动固化软件缺陷）之后，您可以在实验室中进行修复。这种方法可以最大限度地降低预算风险以及对进度的影响，同时保护您的声誉。最终结果显示为共存概率（或可能性）(POC/LOC) 指标，它指示设备在测试环境中成功工作的可能性。





结论

实现共存



实现共存

结论

实现共存

您在现实世界中需要采取的措施

要确保您的物联网设备在预期射频环境中发挥稳定可靠的功能性能，能够共存是关键所在。欢迎阅读本指南为您介绍的四个步骤，轻松找到并识别可能对设备产生负面影响的干扰因素。

请参阅第 1 章，评测您的选择以及可防止干扰的不同措施，确定您的物联网 (IoT) 设备所使用的无线协议。

请参阅第 2 章，清楚地了解干扰对您的设备有何影响以及共存至关重要的原因。了解共存测试如何在有干扰信号的情况下消除不良特性。

请参阅第 3 章，了解改善设备和网络共存的三种常用技术，以及与每种技术相关的挑战。

请参考第 4 章中的步骤，设计共存测试计划。您需要执行必要的测试，如果干扰源导致设备无法获得功能无线参数，请在设计的早期阶段在实验室中确定干扰源并解决问题。

请记住，在将设备部署到商业运营网络之前，您可以更轻松找到并识别与干扰相关的问题并缓解这些问题。一旦进入消费者手中，您的设备的任何意外特性都会侵蚀用户信心，降低您的品牌价值，甚至可能导致代价高昂的召回。在共存问题成为外场问题之前，您可以更容易在实验室中以更低的成本解决该问题。

如欲了解关于是德科技共存测试解决方案的更多信息，请访问[物联网的设计和测试解决方案](#)。





此信息如有更改，恕不另行通知。© 是德科技，2019 年，2019 年 5 月 21 日，印于北京，5992-3467CHCN
蓝牙® 和蓝牙® 标识是美国 Bluetooth SIG 公司拥有的注册商标，并已经由该公司许可是德科技公司使用。