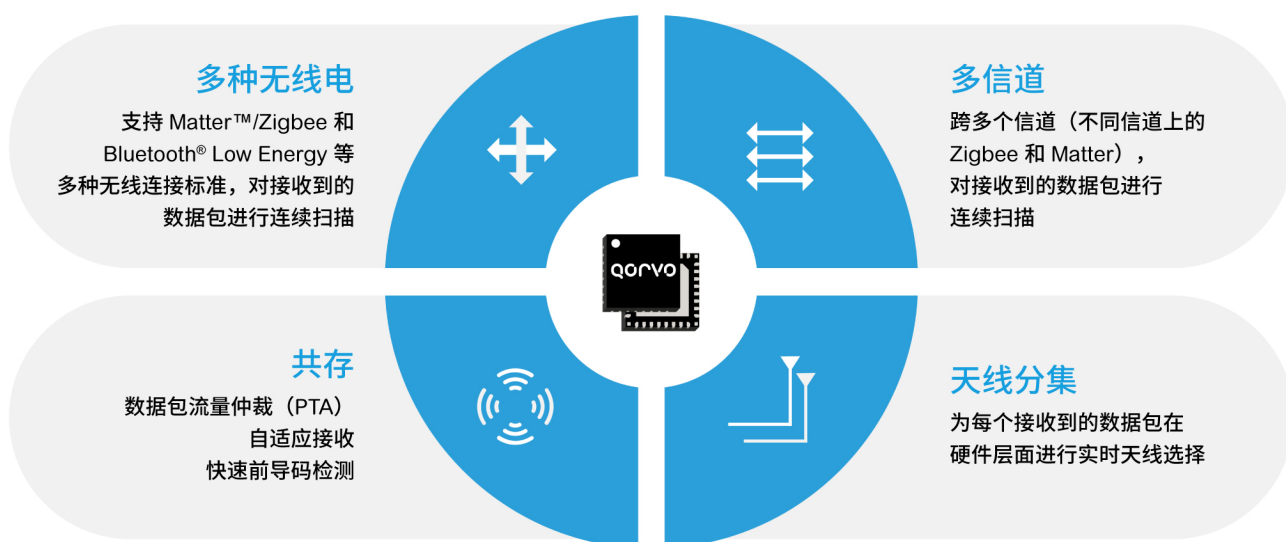


利用 ConcurrentConnect™ 天线分集技术扩大通信范围

引言

Qorvo 的 ConcurrentConnect 技术解决了四个系统设计难题，对于实现用户友好、顺畅、可靠的通信，同时保持小巧美观的外形至关重要。



QORVO

© 2024 Qorvo US, Inc.

图 1: ConcurrentConnect 技术的四个方面/象限概述。

Qorvo 的 ConcurrentConnect 天线分集技术适用于低功耗无线控制器，可在典型的室内环境中提供卓越的范围和可靠性。其基础算法已嵌入 Qorvo 通信控制器的硬件中。因此，它不仅快速、准确、经济高效，而且对用户透明。

本文将讨论这项技术的性能优势，并介绍它在运行于受限环境中的联网设备中易于部署的特点。

目录

引言.....	1
背景.....	2
Qorvo 天线分集技术.....	3
在不同环境下利用天线分集扩大通信范围.....	5
测量天线分集在办公环境中的增益效果.....	7
结论.....	10
参考文献.....	10

背景

经过 20 年的发展，用于低速率无线网络的 IEEE 802.15.4 标准已涵盖了在多个频段运行的约 20 种不同的 PHY。该标准中最成功的 PHY 之一是在 2.4 GHz 频段工作的 IEEE 802.15.4 OQPSK PHY。它是第一版 IEEE 802.15.4 标准中就有的 PHY 之一，并为 Zigbee、Thread 和 Matter 等知名的智能家居标准提供支持。

在此背景下，许多技术陆续开发出来，以改善基于 IEEE 802.15.4 标准的低功耗无线设备的无线链路。其中一种技术是天线分集，使用两个或多个天线来增强无线设备之间的通信。这尤其适用于室内环境，因为室内射频信号会受到反射、衰减、干扰和失真的影响，从而导致连接中断并限制通信范围。

有效地实施天线分集，能够实时选择具有最佳通信链路的的天线，以提高接收器探测信号的能力。这提高了数据接收效率并降低连接损耗。

然而，天线分集技术也会在设计复杂性和天线选择算法有效性方面带来额外的挑战。其中包括需要额外的计算处理，如不加以优化，会导致系统能耗增加。此外，多天线设计比单根天线需要更多空间。

Qorvo 的 ConcurrentConnect 天线分集技术采用特有的算法解决了这些挑战。该技术可与适用于小尺寸物联网设备的紧凑型天线设计技术相结合。

Qorvo 天线分集技术

Qorvo 的 ConcurrentConnect 天线分集技术已应用于数亿台设备，与其他天线分集方法相比，该技术具有独特的优势。

Qorvo 的 Rx 分集算法通过硬件实现。图 2 展示了简化流程图。相关性分析采取并行计算方式，可在几微秒内选出合适的天线。使用了 IEEE 802.15.4 信号信噪比 (SNR) 相关性，与 RSSI 等方法相比，它具有更高的准确性。

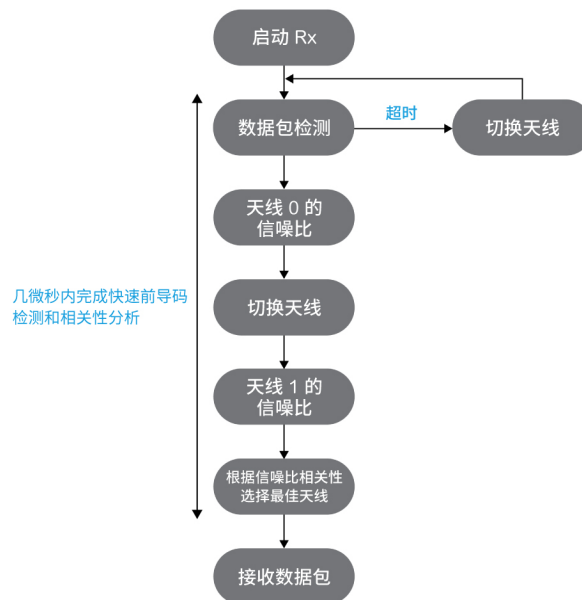


图 2：ConcurrentConnect 天线分集算法简化流程图。

在硬件层面实施算法不仅速度快，而且对用户（通常是 OEM 公司）完全透明。此外，Qorvo 的天线分集在芯片上集成了开关以确保设计简便性，无需任何特殊的射频知识或软件管理。

低功耗 IEEE 802.15.4 无线控制器中的传统方法仅可以支持 sub-GHz 协议中的接收分集。此外，传统技术进行数据包检测和最佳天线选择的耗时较长，这就意味着需要更长的处理时间和更多功耗。Qorvo 的方法可在前导码时间内快速检测到有效的前导码并选择合适的天线。

图 3 所示为 IEEE 802.15.4 数据包的接收时序图。一个符号的长度为 16 μ s。在一个天线时隙完成数据包检测和分析后，就会选择第二个天线，并在该天线上进行同样的分析。随后将选择结果最好（或足够好）的天线来接收其余数据包，从而消除干扰和其他影响性能的环境因素。

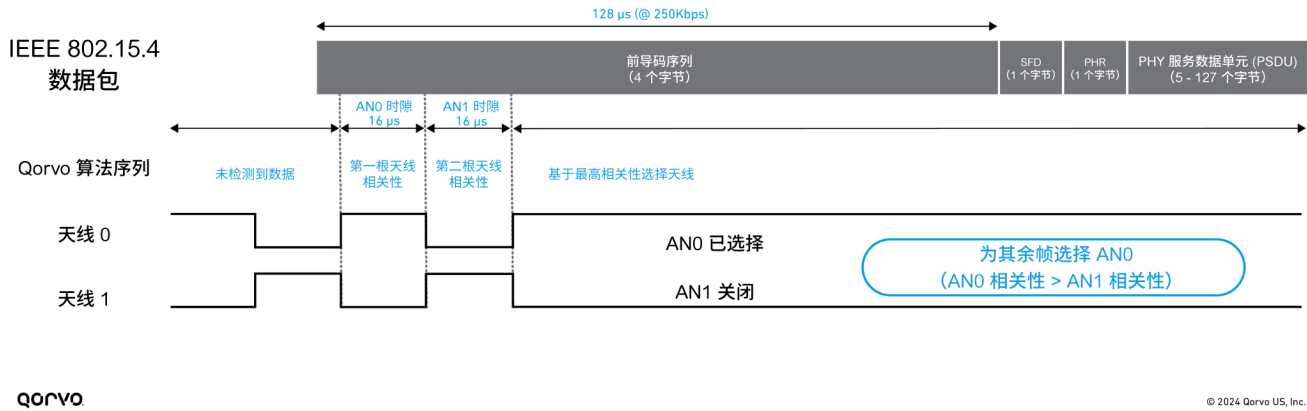


图 3: Qorvo Rx 分集算法序列。

Qorvo 算法的另一个优点是，它支持三个不同射频信道上的天线分集。图 4 时序图对此进行了说明。对于 3 个信道的天线分集，16 μs 时隙以时分复用方式进行分析：CH0AN0、CH0AN1、CH1AN0、CH1AN1、CH2AN0、CH2AN1。一旦在其中一个时隙上检测到数据包，设备就会切换到检测到数据包的同一信道上的另一根天线，并选择结果最好的天线。

如图 4 所示，如果在时隙 CH1AN1 上检测到数据包，设备不会切换到 CH2A0，而是会检查 CH1AN0，并选择结果最好的天线来检测数据包的其余部分。由于家庭、办公室和商业环境中联网设备的数量不断增加，多信道功能的可靠性变得越来越重要。

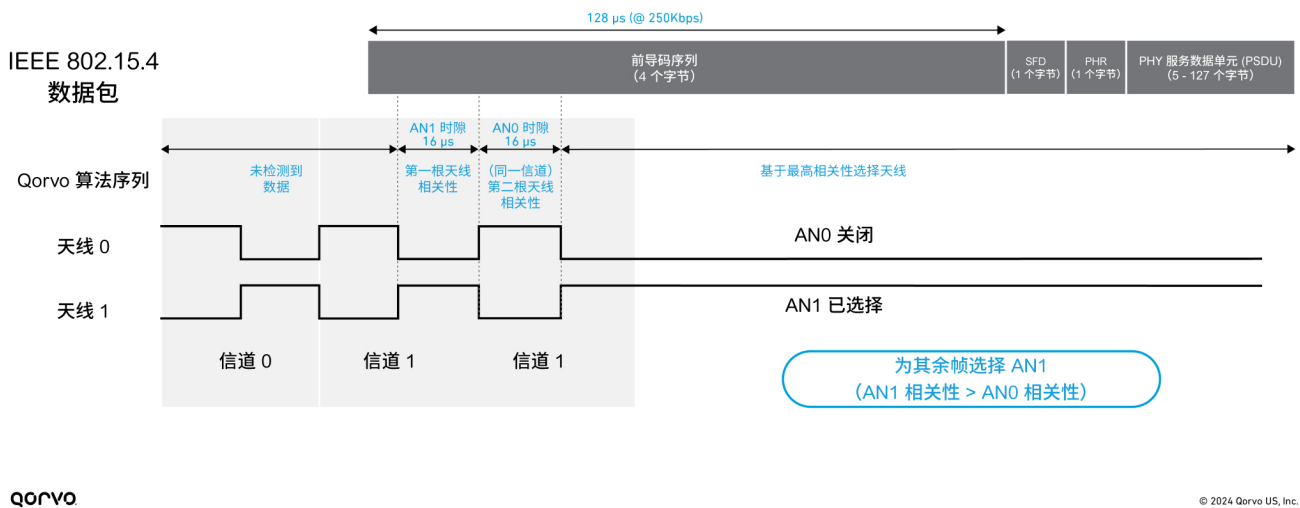


图 4: ConcurrentConnect 多信道运行模式下的 Qorvo Rx 分集算法序列。

在不同环境下利用天线分集扩大通信范围

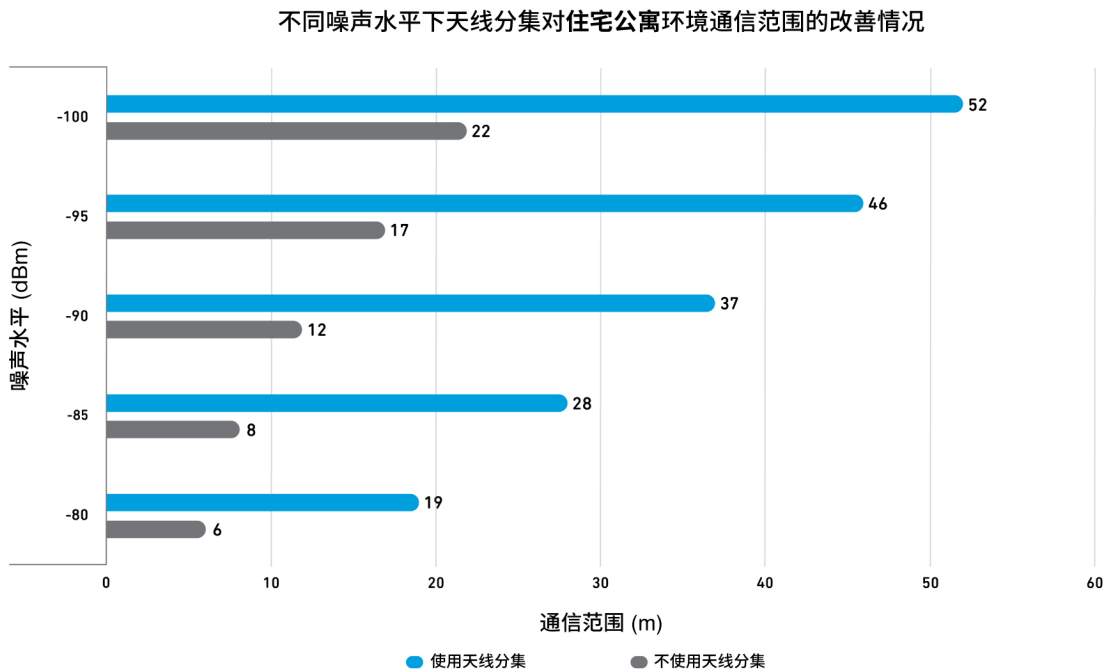
本章介绍使用以下 Qorvo 无线设备的仿真结果：QPG6105 用作终端节点 (发射端)，QPG7015M 用作网关/路由器 (接收端)。

图 5 和图 6 比较了在不同噪声水平下采用和未采用 Qorvo 天线分集技术的通信范围。我们考虑了两种不同的室内环境：住宅公寓 (多房间) 和开放式办公室 (单房间)。

与开放式办公室或单房间相比，多房间住宅公寓的建筑物结构衰减更明显，导致通信范围更小。

对于住宅公寓，图 5 中的路径损耗模型使用一面砖墙和一面加气 (蜂窝状) 混凝土墙作为视距遮挡。它们的衰减分别为 8 dB 和 4 dB。在 QPG6105 和 QPG7015M 上分别使用 10 dBm 和 20 dBm 的发射功率，2 dBi 的天线增益计算通信距离。

纵轴上的噪声水平为来自外部噪声源 (Wi-Fi、蓝牙等) 的平均噪声水平。

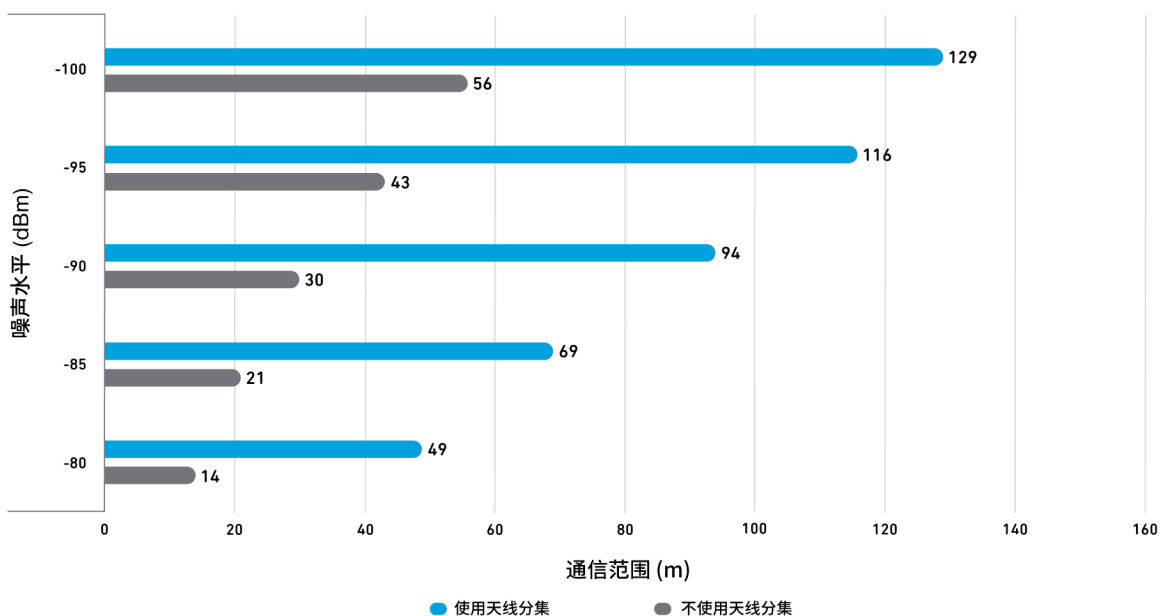


Qorvo

© 2024 Qorvo US, Inc.

图 5: QPG6105 和 QPG7015M 在使用和不使用天线分集情况下的通信范围 (住宅公寓环境)。

不同噪声水平下天线分集对开放式办公环境通信范围的改善情况



QORVO

© 2024 Qorvo US, Inc.

图 6: QPG6105 和 QPG7015M 在使用和不使用天线分集情况下的通信范围（开放式办公环境）。

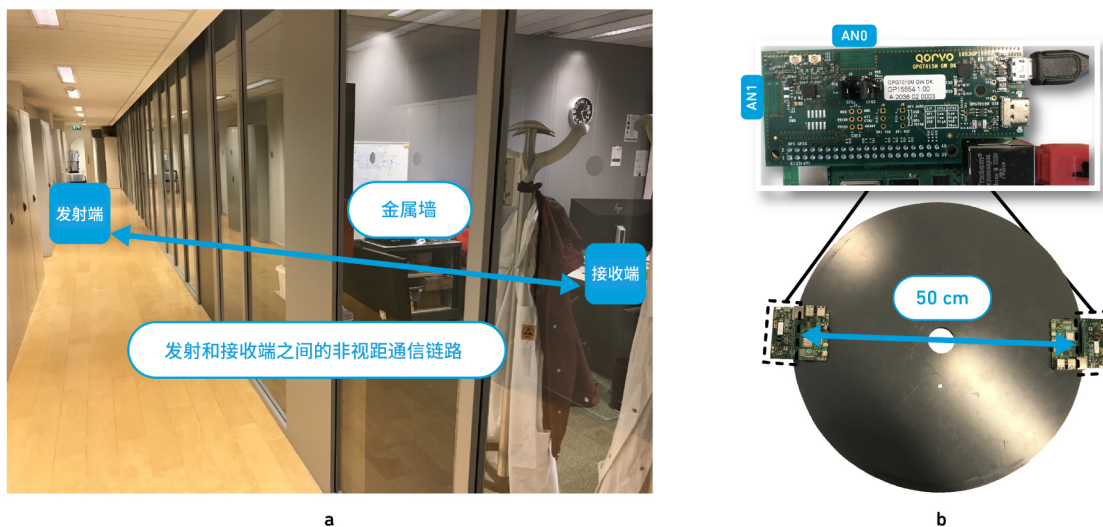
结果表明，在这两种环境中，Qorvo 的天线分集技术均显著扩大了通信范围。

测量天线分集在办公环境中的增益效果

本章展示在有人员随机移动和存在 Wi-Fi 干扰的办公环境中，基于 Qorvo 天线分集的通信链路预算的改善情况。如图 7 (a) 所示，测量装置包括放置在固定位置且与接收设备 (QPG7015M) 非视距通信的发射设备 (QPG6100)。在接收端，设备被放置在一个旋转台上，以较慢的速度旋转¹，以便在测试过程中产生衰减。请参见图 7 (b)。

由于环境的随机变化（例如办公室内人员的移动），需要同时重复测量多块电路板，对天线分集性能取平均值，以淡化环境随时间变化的影响。

办公环境中的天线分集测量装置



QORVO

© 2024 Qorvo US, Inc.

图 7：办公环境中的天线分集测量装置：

- a) 发射和接收端之间的多路径通信链路。
- b) 将多个接收端设备放在旋转台上，以便在测试过程中产生衰减。

天线分集性能是基于范围测试进行分析的，在该测试中，发射端设备以 100 毫秒的数据包间隔发送 5000 个数据包，并进行 5 次 MAC 重试。当发射端 (QPG6100) 收到确认 ACK 时，数据传输即被视为成功。为保证数据包传输和 ACK 接收期间的链路预算对称，接收设备 (QPG7015M) 被设置为用与发射设备相同的功率水平传输 ACK。

¹ 在这种情况下，“慢”是指初始数据包和重试的数据包在传输和 ACK 接收过程中，无线信道属性不会发生变化。为获得真实的结果，应防止旋转台在重试时将设备移出信号衰减区。

下面的图 8 展示了在使用和不使用天线分集的情况下，通过扫频发射功率和计算每个功率步长接收到的 ACK 数量进行范围测试的结果。在以 1% 的信息错误率 (MER) 定义的范围极限上，与单根天线的结果相比，天线分集显著改善了通信链路，提高了约 7 dB。

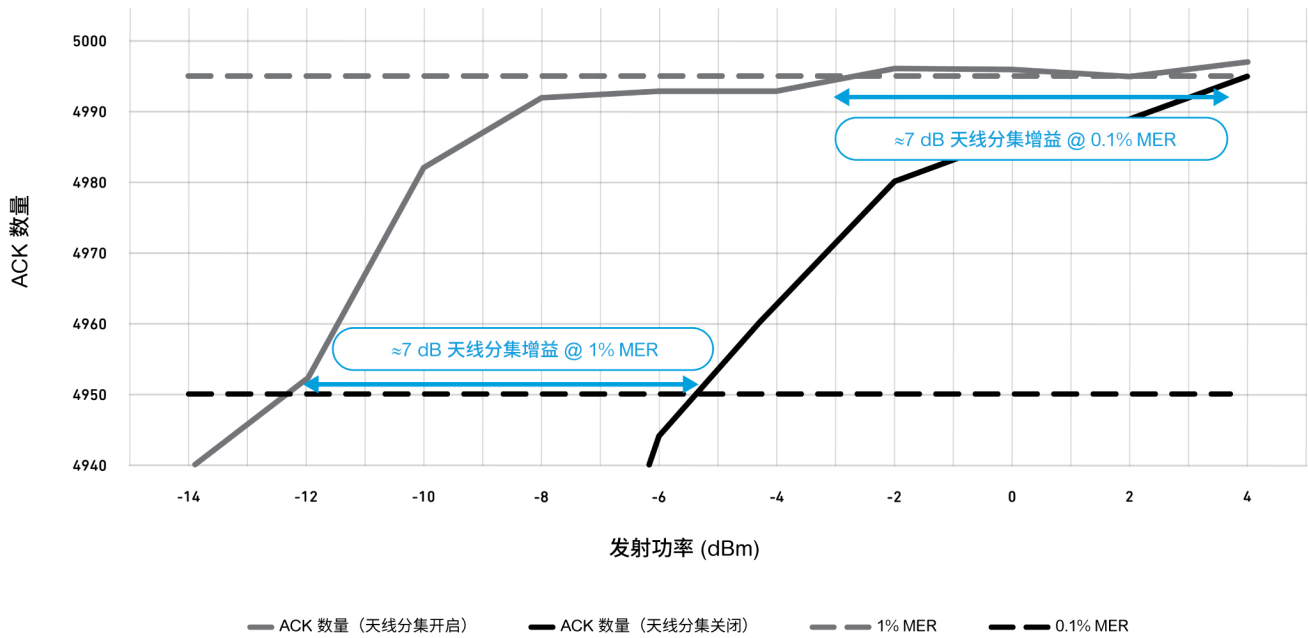
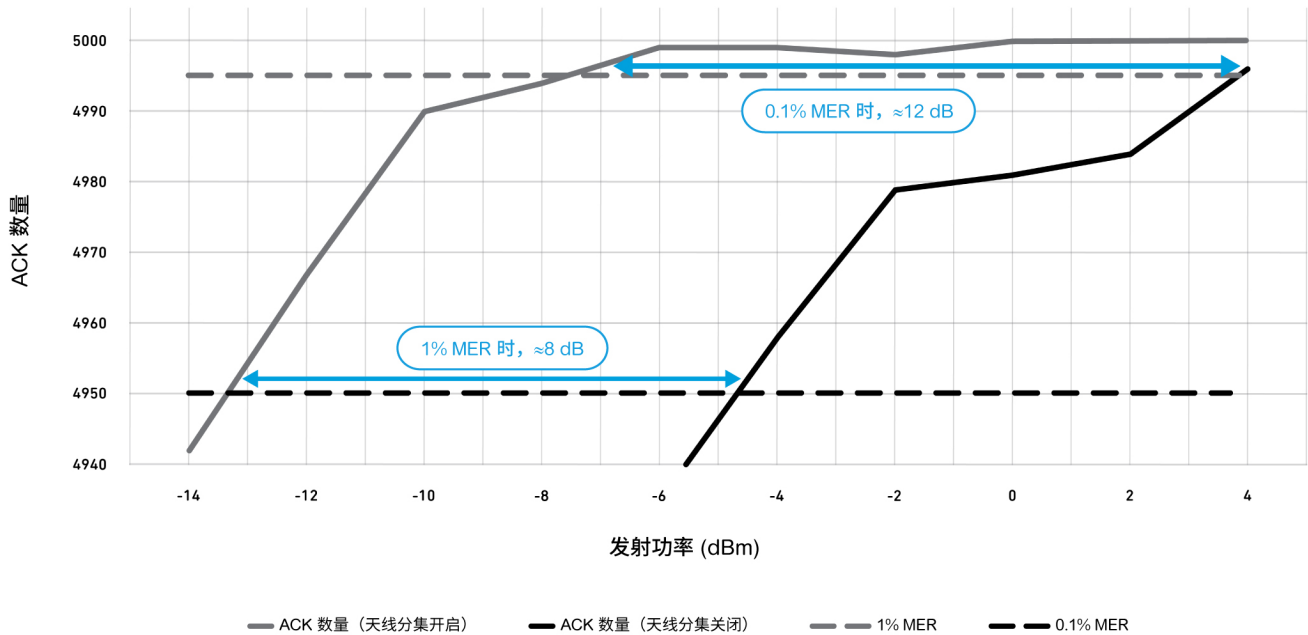


图 8：接收端使用和不使用天线分集的范围测试。

如图 9 所示，如果在发射设备上也启用分集功能，天线分集增益在 1% MER 时增加了约 8 dB，在 0.1% MER 时增加了约 12 dB。与之前的范围测试分析（图 8）相比，可以进一步提高性能。



QORVO

© 2024 Qorvo US, Inc.

图 9：接收端在接收 ACK 时启用和未启用天线分集的范围测试。

这些结果表明，随着发射和接收设备之间距离的增加（较低的发射功率），Qorvo 的天线分集解决方案具有更高的可靠性，而基于单根天线的替代解决方案则出现了显著的可靠范围损失。在嘈杂环境和衰减环境中，根据信噪比选择最佳天线是一种强有力的工具。由于噪声和所需信号都在衰减，两根分集天线上的 RSSI 和信噪比都会不断变化。

结论

随着物联网的扩展，系统工程师和物联网设备制造商面临的挑战是如何确保传感器和其他设备能够快速通信，并以良好的通信范围可靠地运行，即使在添加多个新设备的情况下也是如此。Qorvo ConcurrentConnect 天线分集技术在其低功耗无线芯片组合中实现了快速前导码检测算法，可以轻松构建出色的系统解决方案。因此，Qorvo 在为小尺寸物联网设备提供天线分集的可靠性方面具有优势。

总之，Qorvo 的天线分集技术具有以下优势：

- 天线分集在硬件层面实现，并行执行相关性计算，速度快且对客户透明。高效减少干扰。无需外部天线开关。
- 与其他方法相比，在选择 IEEE 802.15.4 信号时，利用信噪比相关性进行选择更为准确。
- Qorvo 的天线分集凭借快速选择能力，实现了与 Qorvo 的 ConcurrentConnect 多信道操作的无缝集成。

参考文献

- [1] IEEE 802.15.4: 低速率无线网络 IEEE 标准
- [2] 参考设计说明 QPG7015M; Qorvo 文档 GP_P1053_RDD_15950
- [3] QPG7015M 数据手册; Qorvo 文档 GP_P008_DS_13639
- [4] QPG6105 数据手册; Qorvo 文档 GP_P008_DS_17366
- [5] ConcurrentConnect 共存应用笔记; Qorvo 文档 GP_P008_AN_20238
- [6] GP_P414_TR_15190_802.15.4_Indoor_Range_Calculation_Tool.xlsx

© 2024 QORVO US, Inc.和 CONCURRENTCONNECT 是 Qorvo US, Inc.的商标。Bluetooth® 字标和标识是 Bluetooth SIG, Inc.的注册商标，Qorvo US, Inc.在获得许可的情况下使用这些标识。Matter 由 Connectivity Standards Alliance™（连接标准联盟）开发。该品牌、相关标识和标志均为该联盟的商标，该联盟保留相关的所有权利。Zigbee 是 ZigBee 联盟的商标。Thread 是 Thread Group, Inc. 的注册商标，其他商标和商号分别归属于各自所有者。