

物联网设备与 WI-FI 6E

探索 Wi-Fi 6E 技术、Wi-Fi 6E 技术对物联网设备的好处、选择天线的关键考虑因素和 Wi-Fi 7 的未来。

作者：Irfan Yousaf, TE Connectivity 天线解决方案专家



引言

如今，越来越多的物联网 (IoT) 设备需要通过一种或多种无线技术进行连接。而每个物联网设备也都有各自的应用、环境和用例。有些设备需要在高温环境下运行，如安装在发动机上的传感器。又如智能水表，可能安装在混凝土房屋的地下室。还有一些设备可能被安装在金属墙上，如安装在电柜中的智能电表，或安装在金属运输集装箱中的资产跟踪设备。在医疗应用中，智能医疗设备更是被安装在了人体中，用于测量生命体征，并面向医护人员提供跟踪、警报和通信功能。

同样，每种无线技术也各有长短。例如，蜂窝网络的覆盖范围更广，信号传输距离更长，且可靠性更高。而 Wi-Fi 技术则可在特定覆盖区域提供更高的数据传输速率。因此，在为物联网设备选择一种或多种无线技术时，关注应用和用例是至关重要的。本白皮书将重点研究 Wi-Fi 6E 技术及其对物联网设备的好处。



物联网连接的考虑因素

优秀的物联网无线技术要兼顾三个关键参数：带宽、覆盖范围和功耗。但也应考虑其他一些因素，如可靠性、成本、延迟、移动性、与现有基础设施的兼容性、适应未来的能力、可扩展性和安装位置。

有些应用要求满足上述一个或多个参数和因素。医疗设备、健康跟踪设备和救援无人机要求 100% 可靠连接，因为哪怕一个小小的故障，也可能导致致命危险。安装于船舶上的资产追踪器需要在世界各地部署一致的跨境网络覆盖，因此连续的实时定位数据传输远远无法满足要求。许多物联网设备内置了多种连接技术，可用于不同用例或作为后备解决方案。下表分别列示了一些主要物联网连接技术的优势和劣势：

科技	带宽	覆盖范围	功耗	成本
4G/5G	高	高	高	高
LTE-M	中	高	低	低
NB-IoT	低	高	低	低
LoRa	低	高	低	低
Sigfox	低	高	低	低
Wi-Fi	高	低	高	中
Zigbee	中	低	中	低
蓝牙	中	*低	高	低

表 1：不同物联网连接技术的对比

Wi-Fi 的早期演变

1997 年，Wi-Fi 经过商业化被推向了消费市场，此后一直没有停止演进。到了 2009 年，随着智能手机的推出，Wi-Fi 成为继蜂窝技术之后的又一领先连接技术。Wi-Fi 标准也始终朝着更快的速度、更高的网络/频谱效率这一目标而持续优化。为了便于标识标准所做的改进，Wi-Fi 联盟为每一代标准指定了代号，如 Wi-Fi 4、Wi-Fi 5 和 Wi-Fi 6，这不同于标准主体的规格名称（如 IEEE 802.11n、802.11ac 和 802.11ax）。



IEEE 802.11b 于 1999 年发布，使用 2.4 GHz 频段。该频段也为其他技术所用，如蓝牙和无绳电话，这造成了干扰，也限制了数据传输速率。IEEE 802.11a 引入了 5GHz 频段和正交频分复用（OFDM）技术，它将理论最大数据传输速率提高至 54 Mbps，而 IEEE 802.11b 则仅达到 11 Mbps。不过，IEEE 802.11a 产品的市场接受度有限，原因有三：一是成本过高；二是频率较高，覆盖范围较小；三是与 IEEE 802.11b 产品不兼容。

2003 年，IEEE 802.11g 结合前两代标准的优点，为该技术的市场接受奠定了坚实的基础。2009 年发布的 IEEE 802.11n（Wi-Fi 4）迎来了重大进展。多输入、多输出（MIMO）与 40 MHz 带宽信道相结合，将理论最大数据传输速率提高至 600 Mbps。

Wi-Fi 5、Wi-Fi 6 和 Wi-Fi 6E 的比较

2014 年推出的 Wi-Fi 5（IEEE 802.11ac）借助 160 MHz 的更宽信道带宽，将理论数据传输速率提高到每秒数千兆位，提供多达八个 MIMO 空间流和多达四个多用户 MIMO 客户端，并采用 256-QAM（正交振幅调制）进行更高密度的调制。该版本还引入了波束成形技术，允许针对特定设备传输无线电信号。尽管有了这些改进，但仍然存在一些限制。该标准只利用了 5 GHz 频段，因此覆盖率较低，同时与 2.4 GHz 设备之间存在后向兼容问题。

2019 年发布的 Wi-Fi 6（IEEE 802.11ax）改善了该技术在密集环境中的性能，如办公室、购物区和建筑物。Wi-Fi 6 还包含了 2.4 GHz 和 5 GHz 工作频段。2021 年，Wi-Fi 6E 基于 IEEE 802.11ax 规格发布，将工作频段扩展到了 6 GHz（5.925 至 7.125 GHz）。与 Wi-Fi 5 相比，Wi-Fi 6 和 Wi-Fi 6E 提供更密集的调制方案，采用 1024-QAM 和正交频分多址（OFDMA）技术，能够达到 9.6 Gbps，减少了子载波间隔（78.125 kHz），以及基于时间表的资源分配。不同于前一代标准支持下行连接的 MU-MIMO，Wi-Fi 6 支持上行和下行的 8X8 连接。

	IEEE 802.11ac (Wi-Fi 5)	IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6/6E)
频段	5 GHz	2.4, 5, 6 GHz
通道带宽	20, 40, 60, 160 MHz	20, 40, 60, 160 MHz
子载波间隔	312.5 KHz	78.125 KHz
符号持续时间	3.2 us + 0.8/0.4 us	12.8 us + 0.8/1.6/3.2 us
最高调制方式	256-QAM	1024-QAM
最高数据传输速率	6933 Mbps	9607.8 Mbps

表 2：802.11AC 和 802.11AX 的基本参数比较

Wi-Fi 6E 在物联网设备中的优势



1. 频段

Wi-Fi 6E 具有明显频段优势，增加了 6 GHz 频段。由于信道带宽更宽，近距离连接设备时，可以实现更高的数据传输速率。另一方面，Wi-Fi 6E 也支持较低频率，当设备远离发射器时，也可以获得更远的传输距离。2.4 GHz 和 5 GHz 频段的使用率较高，往往较为拥挤，而 6 GHz 频段则不存在这种信号干扰和重叠。这意味着更低的延迟、更快的速度。例如，在医院里，许多设备和器材需要相互通信。由于 6 GHz 频段最近开放了 Wi-Fi 6E，来自其他技术的干扰将大大减少，这增加了此类关键环境中的通信可靠性。



2. 耗电量和电池寿命

使用 Wi-Fi 作为主要连接技术的物联网设备大多需要连接电源。然而，仍有许多物联网设备和应用采用一次性电池或可充电电池供电。节约电池的电量也是 Wi-Fi 6/6E 的一大独特优势，而这要归功于名为目标唤醒时间 (TWT) 的新功能。不传输信号时，物联网设备可以利用 TWT 功能关闭其 Wi-Fi 无线电；该功能还可确定 Wi-Fi 何时需要激活，以发送和接收数据。这样便可以增加无线电装置的睡眠时间，节省电池电量。随着电池寿命的延长，停机时间 (充电) 缩短，这样不同班次的医务人员可以共用同一台设备，实现了设备的重复使用。需要一提的是，Wi-Fi 5 不支持 TWT 功能。



3. 数据传输速率

Wi-Fi 6E 的理论最大数据传输速率为 9.6 Gbps，而 Wi-Fi 5 则是 6.9 Gbps。数据传输速率的提升缩短了下载时间，提供更快的数据传输和浏览，从另一方面降低电池消耗。然而，数据传输速率的提升带来的更大好处在于，当多台设备连接时，可持续提供高性能；反观 Wi-Fi 5，当多台设备共享同一带宽时，传输速度明显下降。例如，对于患者监控摄像机，由于设备需要高质量的视频，因此会产生大量流量，此时高带宽可以最大限度地减少连接丢失的情况。



4. MU-MIMO 和波束成形

MIMO 可将多个数据流导向同一用户，而 MU-MIMO 可将空间数据流同时导向多个用户，这样可以提高网络效率。Wi-Fi 6E 提供 MU-MIMO 8x8 技术，该技术既适用于上行链路，也适用于下行链路；而 Wi-Fi 5 则在下行链路中限制使用 4x4 技术。这项技术极大地支持 Wi-Fi 6E 在拥挤环境中发挥效用，并在数据率、延迟和数据包丢失方面表现出良好性能。正如其名，波束成形技术可在一个特定方向为设备创建一个数据流，而不是在所有方向上传播。它并非 Wi-Fi 6E 中的新技术，但在 Wi-Fi 6E 中可以使用八根天线来形成波束——相比 Wi-Fi 5 中的四根天线，可以为路由器提供更高的数据传输速率和更佳信号传输范围。在医院环境中，许多用户需要同时共享同一个 Wi-Fi 接入点，为此，MU-MIMO 和波束成形技术发挥了重要作用，因为其带来了更高质量的服务。



5. 延迟

某些物联网设备及其功能受延迟的影响较大。Wi-Fi 6E 借助 MU-MIMO 降低了延迟，允许多个用户同时在上行链路或下行链路中进行通信。同时，OFDMA 技术支持不同设备共享同一信道，大大提升了通信速度，而无需等待子载波的出现。



6. 网络安全协议

Wi-Fi 允许多个用户和设备同时连接到同一接入点。如前所述，Wi-Fi 大量用于医院等公共区域，因此可能带来隐私和安全威胁。Wi-Fi 5 支持 WPA 和 WPA2 协议，可以实现安全连接。而 Wi-Fi 6 则更上一层楼，增加了 WPA3 协议，改进了多因素认证和加密功能。

未来：Wi-Fi 7

自 1999 年以来，Wi-Fi 的发展从未停步。IEEE 802.11be，即 Wi-Fi 7，预计将于 2024 年发布。在 6 GHz 频段的 320 MHz 宽信道和 4096-QAM（相对于 Wi-Fi 6E 的 1024-QAM）的助力下，理论最大数据传输速率将增加 4 倍，达到 46 Gbps。Wi-Fi 7 将引入其他性能增强功能，包括多机箱链路聚合（MLAG）和操作、协调波束成形、MU-MIMO 16x16，以及基于序言穿刺的灵活信道利用，以避免信道干扰。Wi-Fi 7 也承诺将从容量、延迟和覆盖范围方面高度优化拥挤的网络环境。



	Wi-Fi 6	Wi-Fi 7
IEEE 标准	802.11ax	802.11be
最高传输速率	9.6 Gbps	46 Gbps
频段	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz (Wi-Fi 6E)	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz
安全协议	WPA3	WPA3
通道带宽	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz, 80+80 MHz	最高可达 320 MHz
调制模式	1024-QAM OFDMA	4096-QAM OFDMA
MIMO	8x8 UL/DL MU-MIMO	16x16 UL/DL MU-MIMO

表 3：IEEE 802.11AC 和 IEEE 802.11AX 的基本参数比较

竞争技术

IEEE 802.15.4

如果您的物联网设备和应用要求满足低成本、低数据率（最高 250 Kbit/s）、低电池消耗、短距离通信、高可靠性和对基础设施依赖性较低等要求，那么 IEEE 802.15.4 将是您的理想选择。IEEE 802.15.4 也被称为低速率无线个人区域网络（LR-WPAN），可在三个未授权的频段上运行：

- 868.0-868.6 MHz：可在欧洲使用，允许 1 个通信频道。
- 902-928 MHz：可在北美使用，最初允许多达 10 个频道（2003 年），现已扩展到 30 个（2006 年）。
- 2400-2483.5 MHz：可在全球范围内使用，最多支持 16 个频道。

LR-WPAN 使用带有防撞功能的载波监听多路访问（CSMA/CA）技术进行网络接入。其网络节点包含两种类型：

- 全功能设备（FDD）可以作为一个公共节点，也可以作为个人区域网络（PAN）的协调器。
- 简化功能设备（RFD）极其简易，对资源和通信的要求非常低。RFD 只能与 FFD 通信，不能充当协调器。针对该类型，网络可以使用点对点或星形拓扑结构。在该标准下，知名度更高且更常用的是基于 2.4 GHz 频率的 Zigbee 技术。

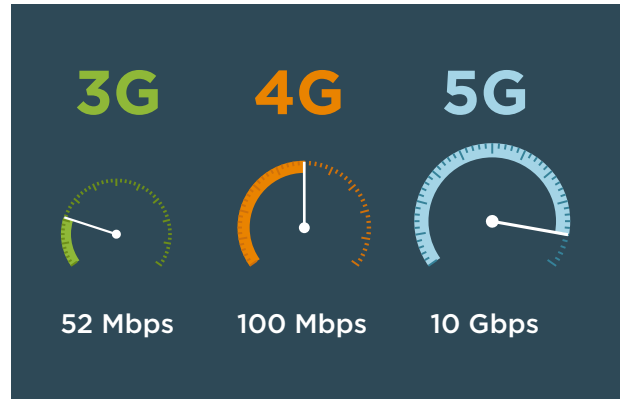
物联网设备与 Wi-Fi 6E

探索 Wi-Fi 6E 技术、Wi-Fi 6E 技术对物联网设备的好处、选择天线的关键考虑因素和 Wi-Fi 7 的未来。

4G/5G 蜂窝网络

Wi-Fi 和蜂窝电话技术之间的竞争已有一段时间。4G 是第一代使用长期演进 (LTE) 技术的网络技术，理论下载速度介于 10 Mbps 和 1 Gbps 之间。4G 是第一个基于 IP 的移动网络技术，可作为另一项服务来处理语音服务。5G 网络使用现有 4G LTE 和 5G 新无线电 (5G NR) 技术的组合。5G 在三个主要用例中加强了 4G 网络：

1. 增强移动宽带
2. 关键通信
3. 移动物联网



增强型移动宽带目前针对的是需要不断增加带宽的消费者群体。它还实现了需要高数据量的新物联网用例，如流媒体视频。关键通信需要更快的响应速度以及更高的服务质量和安全性。为了满足这一需求，5G 引入了 5G NR 技术，它使用更高的无线电频率。

LTE-M 和窄带物联网 (NB-IoT) 专为移动物联网而设计。LTE-M 和 NB-IoT 支持需要更长电池寿命的设备，以及需要在偏远地区提供良好网络接入性能的设备。这些技术虽然在带宽上逊于 5G，但对于许多物联网用例来说，其数据传输速率和延迟性能已经绰绰有余。此外，功耗更低意味着设备的服务寿命将更长。LTE-M 和 NB-IoT 可向前兼容 5G NR 技术，因此可以在 5G 设备的整个生命周期内使用。

天线设计与选择

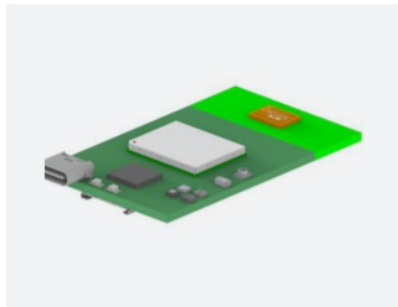
选择天线时，需要仔细考虑设备尺寸、形状和材料。基于 PCB 的天线，其性能严格依赖 PCB 的尺寸。天线数据表通常基于 PCB 的参考尺寸而制作。缩小 PCB 的尺寸意味着降低天线的性能。评估板和应用说明能够帮助您了解周围环境对天线的不同影响。

不同的天线类型各有利弊：

- 表面安装天线需要足够大的 PCB 和足够大的 PCB 非接地面积，但其优势在于体积小、外形低矮。
- 插片安装天线适用于高度较高的应用，但其要求 PCB 面积更小且间隙区域更小。
- 电缆馈电天线和远程天线对 PCB 的空间占用没有任何要求，它们可以远离 PCB，减少 PCB 元件的影响。但是，需要为它们提供安装组件和安装空间。
- 定制型天线可以根据具体要求进行开发，并且可以在传统天线的有限 PCB 空间内更深入地集成到设备中。TE Connectivity (TE) 提供各种类型的 Wi-Fi 6E 天线；同时，由于频段不变，这些天线也可用于 Wi-Fi 7 产品。

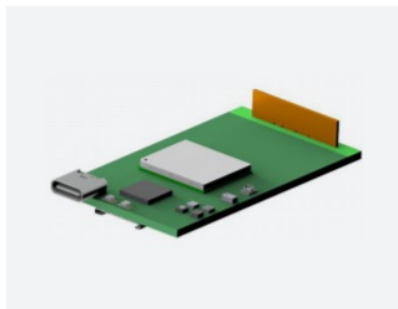
TE 天线安装类型

板装天线



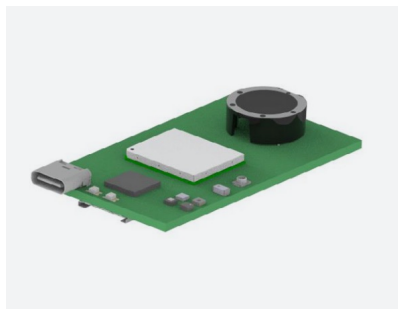
表面装配

- 由元件+防护罩+接地线组成
- 体积小，外形低矮
- 对于高度要求很低的设备来说，是理想选择
- PCB 接地距离较大，在 10 毫米至 20 毫米之间



插片安装

- 由元件+防护罩+接地线组成
- 高度更高，10 毫米至 20 毫米
- PCB 接地距离较小，在 5 毫米至 10 毫米之间
- 可节省 PCB 空间，提供良好的天线性能



接地型表面安装

- 由元件+接地线组成
- 高度更高，5 毫米至 25 毫米
- 无需 PCB 接地
- 可节省 PCB 空间
- 接地型是单/双高频段天线的理想选择

物联网设备与 Wi-Fi 6E

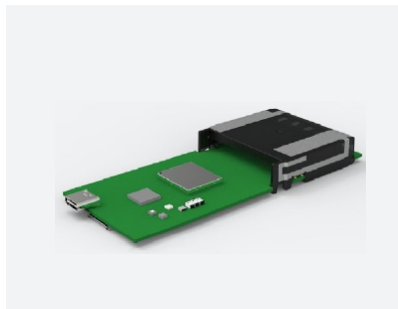
探索 Wi-Fi 6E 技术、Wi-Fi 6E 技术对物联网设备的好处、选择天线的关键考虑因素和 Wi-Fi 7 的未来。

嵌入式天线



底座安装，电缆馈电

- 较大天线
- 接地板独立天线
- 接地板+组件对射频的影响很小
- 手动组装



直接馈电

- 紧凑型天线
- 使用现有接地板
- 组件/线路对射频有影响
- 自动可重复装配

外部和终端安装天线



- 独立天线
- 金属外壳的首选方案
- 更高增益选项
- 适配器电缆=增加成本
- 以最小的射频设计工作量获得更好的操控性

物联网设备与 Wi-Fi 6E

探索 Wi-Fi 6E 技术、Wi-Fi 6E 技术对物联网设备的好处、选择天线的关键考虑因素和 Wi-Fi 7 的未来。

面向 Wi-Fi 6E 解决方案的 TE 天线

可提供不同长度的电缆和连接器。

嵌入式 Wi-Fi 6E 解决方案

						
无线应用	蓝牙、Wi-Fi、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM
尺寸	18.9 mm x 6.2 mm x 0.76 mm	41.24mm x 29.9mm x 0.34mm	40 mm x 8 mm x 1 mm	40 mm x 10 mm x 0.12 mm	15 mm x 17 mm x 10 mm	45 mm x 7 mm x 0.1 mm
安装类型	SMD	采用粘合剂与 MHF/MHF4 连接器背板粘合	采用粘合剂与 MHF/MHF4 连接器粘合	采用粘合剂与 MHF/MHF4 连接器粘合	通孔	采用粘合剂与 U.fl/MHF4 连接器粘合
天线类型	PCB IFA 天线	薄型 FPC 单极天线	PCB 双极天线	FPC 双极天线	冲压金属单极天线	FPC 双极天线
峰值增益	2.3dBi @ 2.4GHz 2.8dBi @ 5GHz 2.3dBi @ 6GHz	3.0dBi @ 2.4GHz 3.1dBi @ 5GHz 3.5dBi @ 6GHz	4.3dBi @ 2.4GHz 4.3dBi @ 5GHz 5.0dBi @ 6GHz	4.9dBi @ 2.4GHz 3.5dBi @ 5GHz 4.5dBi @ 6GHz	3.5dBi @ 2.4GHz 3.8dBi @ 5GHz 3.8dBi @ 6GHz	4.8dBi @ 2.4GHz 6.3dBi @ 5GHz 7.4dBi @ 6GHz
VSWR	<2.0:1 @ 2.4GHz <2.5:1 @ 5GHz <2.5:1 @ 6GHz	<1.4:1 @ 2.4GHz <1.6:1 @ 5GHz <1.9:1 @ 6GHz	<1.9:1 @ 2.4GHz <1.8:1 @ 5GHz <2.2:1 @ 6GHz	<2.1:1 @ 2.4GHz <2.1:1 @ 5GHz <1.7:1 @ 6GHz	<2.9:1 @ 2.4GHz <1.9:1 @ 5GHz <3.2:1 @ 6GHz	<1.5:1 @ 2.4GHz <1.6:1 @ 5GHz <1.5:1 @ 6GHz
产品料号	2118908-1/2	2118907-1/2/3/4/5/6/7/8/9	2118909-1/2/3/4/5/6/7/8	2108792-1/2/3/4/5/6/7/8/9	ANT-W63-MSA-TH1	ANT-W63-FPC-LV


外部 Wi-Fi 6E 解决方案

					
无线应用	蓝牙、Wi-Fi、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM	Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、ISM
尺寸	19.91mm x 135.80 mm (未折叠) 19.91mm x 115.00 mm (已折叠)	71.1 mm x 9.3 mm	85.5 mm 至 179.6 mm (拉直) 65.0 mm 至 156.0 mm (弯曲 90度)	178.0 mm x 25.0 mm	132.0 mm x 24.0 mm
安装类型	90 度铰链式，SMA/RP-SMA	带有 SMA/RP-SMA 插头的紧凑型旋转鞭状天线	铰链式设计，带止动件，可用于直型、45 度和 90 度定位，采用 SMA 和 RP-SMA 插头	户外 (IP67) 鞭状天线，带 N 型插头	户外 (IP67) 鞭状天线，带 N 型插头
天线类型	外部偶极	单极	偶极	短小型偶极	短小型偶极
峰值增益	2.3dBi @ 2.4GHz 3.2dBi @ 5GHz 2.5dBi @ 6GHz	3.2dBi @ 2.4GHz 4.2dBi @ 5GHz 3.4dBi @ 6GHz	1.2-2.3dBi @ 2.4GHz 1.5-1.8dBi @ 5GHz 1.5-3.5dBi @ 6GHz	3.2dBi @ 2.4GHz 8.7dBi @ 5GHz 5.5dBi @ 6GHz	7.0dBi @ 2.4GHz 5.0dBi @ 5GHz 5.6dBi @ 6GHz
VSWR	<1.6:1 @ 2.4GHz <1.8:1 @ 5GHz <1.9:1 @ 6GHz	<2.4:1 @ 2.4GHz <2.3:1 @ 5GHz <2.0:1 @ 6GHz	<1.2-2.3 @ 2.4GHz <1.5-1.8 @ 5GHz <1.5-3.5 @ 6GHz	<4.1:1 @ 2.4GHz <2:1 @ 5GHz <2.3:1 @ 6GHz	<2.5:1 @ 2.4GHz <1.7:1 @ 5GHz <2.8:1 @ 6GHz
产品料号	2108923-1/2/3/4	ANT-W63-MON-ccc	ANT-W63WSx 系列	ANT-W63-IPW1-NP	ANT-W63-IPW2-NP

TE 的专业技术如何助力天线性能的优化

TE 具备数十年的天线产品开发与制造经验，提供了丰富的天线产品，加速了客户在产品制造上的成功。通常情况下，客户在针对无缝连接需求寻找合适的天线时，会面临几个共同的挑战。这就是为什么在设计阶段早期选择一个值得信赖的射频技术合作伙伴至关重要。

常见挑战和解决方案

挑战 1 在理想设计中整合多种技术，同时充分保障性能和合理的成本		解决方案 1 选择多频段天线方面具有丰富经验的供应商
挑战 2 产品面临严重的工业设计限制		解决方案 2 提供多样化的制造能力，包括 3D 天线，以实现更优的灵活性
挑战 3 复杂的辐射环境		解决方案 3 利用 MIMO/分集、辐射模式优化和极化方案
挑战 4 需要快速进入市场 (TTM)		解决方案 4 尽早开展合作，适时利用平台产品
挑战 5 不熟悉射频要求或期望		解决方案 5 尽早咨询专家，以选择合适的技术

提供规模化的端到端方案，赢在开端。



如需详细了解 TE 的物联网产品和专业知识，请访问 te.com/loT

te.com

TE Connectivity 和 TE Connectivity (标识) 是 TE Connectivity Ltd. 集团公司的商标。本文件中的所有其它标识、产品和/或公司名称可能是其各自所有者的商标。

本白皮书中的信息, 包括仅为说明产品目的而使用的图纸、插图和图表, 据信为可靠信息。

但是, TE Connectivity 不对这些信息的准确性或完整性做出任何保证, 并且不对这些信息的使用承担任何责任。TE Connectivity 的义务仅在该产品的 TE Connectivity 的标准销售条款和条件中进行规定, 并且在任何情况下, TE Connectivity 均不对产品销售、转售、使用或误用造成的偶然的、间接性的或结果性的损失承担赔偿责任。TE Connectivity 产品的使用者应自行评估并确定每种产品是否适用于特定用途。

© 2022 TE Connectivity 版权所有。

11/22 初版