无线充发射端的异物检测 (FOD) 调整指南

适用于WLC IC

关于本文档

范围和目的

无线充电器 (WLC) 电源发射端解决方案是一种高度集成的无线解决方案，并集成了 Type-C 电源传输 (PD) 功能。

本应用笔记是用于配置异物检测 (FOD) 参数的指南。根据 WLC 电源发射端参考设计进行定制设计时，将要使用这些参数。

目标读者

基于 REF_WLC_TX15W_C1 或 REF_WLC_TX50W_N1 的无线电源发射端进行定制设计的专家。

目录

关于本文档 1
目录 2
1 简介 3
1.1 文档结构 3
2 入门 4
2.1 FOD 机制 4
2.1.1 电源传输前的 FOD 4
2.1.2 电源传输过程中的 FOD 7
2.1.3 电源传输前和电源传输期间使用的 FOD 方法 9
3 FOD 参数调整 13
3.1 调整目标 13
3.2 所需要的工具 14
3.3 硬件设置 16
3.4 Q 比例因子调整过程 17
3.4.1 Q 因子比例和阈值调整过程 17
3.4.2 基于 Q 因子的 FOD 调整 18
3.5 谐振频率比例因子和阈值调整过程 19
3.5.1 谐振频率比例和阈值调整过程 20
3.5.2 基于谐振频率的 FOD 调整 22
3.6 REF_WLC_TX15W_C1 的系统功率损耗曲线系数调整 23
3.6.1 数据采集和系统损耗曲线系数计算 23
3.6.2 基于功率损耗的 FOD 调整 25
3.7 SREF_WLC_TX50W_N1 的系统功率损耗曲线系数调整 27
3.7.1 数据采集和系统损耗曲线系数计算 27
3.7.2 基于功率损耗的 FOD 调整 32
4 FOD 功能验证 36
5 调整过程检查表 38
6 首字母缩略词/缩略词 39
7 附录 A – 查找信号强度 40
8 附录 B – 接收到的功率偏移 41
9 附录 C – 使用无线充电配置程序启用 UART 日志 42
10 参考材料 43
文档修订记录 44
免责声明 45

1 简介

本应用笔记提供 FOD 参数调整指南以获得最佳电源发射端性能。用户可以使用无线充电配置程序对 FOD 参数进行配置。更多有关产品参考设计的详细信息，请参阅[8]和[9]中的内容。在本文档中，产品参考设计被称为“参考设计”。如需任何其他支持，请联系英飞凌销售团队。

1.1 文档结构

- **第 2 节** [入门]介绍了 Qi 标准所推荐的 FOD 机制和用于 FOD 机制的 WLC 电源发射端方法。高级用户可以忽略该章节。
- **第 3 节** [FOD 参数调整] 介绍了数据收集、配置参数计算以及通过无线充电配置程序更新 WLC 电源发射端的过程。本节提供以下详细信息:
  - **Q 比例因子和阈值调整:** 本节定义了对比例因子和阈值进行配置的过程。基于 Q 因子的 FOD 方法将使用该因子和阈值。
  - **谐振频率比例因子和阈值调整:** 本节定义了对比例因子和阈值进行配置的过程。基于 RF 的 FOD 方法将使用该因子和阈值。
  - **系统功率损耗曲线系数调整:** 本节定义了功率损耗参数估计和配置的调整过程。将这些参数编程到 WLC 电源发射端中，从而可以通过功率损耗测量协助 FOD。
- **第 4 节** [FOD 功能验证] 介绍了调整后的过程。在该过程中，可以验证各项配置并确认由用户设置的新数值的性能。
- **第 5 节** [调整过程检查表] 提供了调整过程期间要确保的项目检查表。
- 提供的附录包含了规范信息，以供用户使用。

2 入门

WLC 电源发射端提供了符合 Qi 标准的 FOD 功能。有关详细信息，请参阅 Qi 标准中 FOD 章节的内容 (参见 [1]和[4])。以下各章节介绍了 FOD 功能的 WLC 电源发射端实现。

2.1 FOD 机制

Qi 标准定义了两种 FOD 机制:

1. 电源传输前或电源预备传输前的 FOD 方法
2. 电源传输过程中或电源传输期间的 FOD 方法

2.1.1 电源传输前的 FOD

电源传输前的 FOD 方法提供了以下各机制。通过使用这些机制可以进行 Rx 和 Tx 之间的电源传输前检测某个 FO:

1. Q 因子 FOD (FOD/qf)
2. 谐振频率 FOD (FOD/rf)

在协商阶段，接收器将发送 FOD/rf 和/或 FOD/qf 数据包。如果未检测到任何 FO，则 Tx 将用一个 ACK 数据包响应接收到的数据包；如果检测到某个 FO，则 Tx 将用 NAK 数据包响应。根据 Qi，Rx 将提供标准的 MP-A1 线圈测量 Q 因子和谐振频率值。由于发射端可能使用不同的线圈，所以该发射端测量的 Q 因子和谐振频率的值可能与接收器报告的值不同。可以使用一个比例因子将接收器报告的 Q 因子和谐振频率值转换为与发射端线圈等效的值。

该比例因子是 Rx 中存在的屏蔽材料与标准件的函数。根据由 MP-A1 线圈产生的 Q 因子和谐振频率与实验测量到的 Q 因子和谐振频率值之间的关系来计算该比例因子。Q 因子和谐振频率测量的比例因子可以是唯一的。所有符合 Qi 1.2 或更高版本的扩展电源配置 (EPP) 接收器都会发送 FOD/qf 数据包。所有符合 Qi 1.3 或更高版本的 EPP 接收器则都会发送 FOD/rf 数据包。

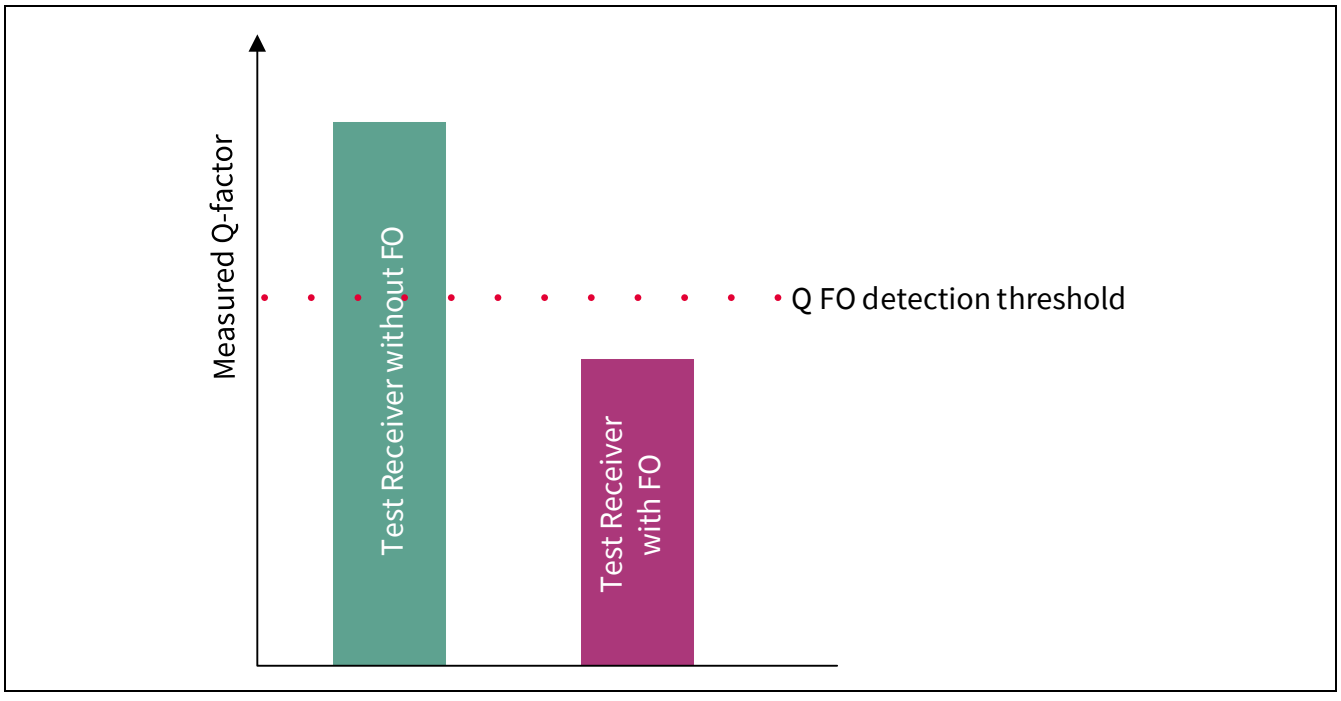


Figure 1 基于 Q 因子的 FOD 机制

Q 因子: 将 EPP TPR 放置在发射端的表面上时可以测量 Q 因子。所有 EPP TPR 都会报告使用 MP-A1 发射端线圈时测量到的参考 Q 因子。发射端控制器要采用一个比例因子，以从其发射端线圈 (发射端设计中考虑使用的线圈) 计算参考 Q 因子值。需要将 WLC 电源发射端测量的 Q 因子与 Q FO 检测阈值进行比较。该阈值是根据比例参考 Q 因子计算得到。测量到的 Q 因子与 Q FOD 阈值的比较结果确定了电源传输开始前 FO 在表面上的存在。如果测量的参考 Q 因子和接收器报告的参考 Q 因子 (FOD/qf 数据包) 间的差异小于阈值，则会检测到 FO。测量到的 Q 因子包括一个比例因子[7]。

如果 Q_{rep} 为接收器报告的 Q 因子，并且 Q_{scl} 为比例 Q 因子，那么，

$$Q_{scl} = S_{factor} * Q_{rep} \quad \text{公式 1}$$

其中，S_{factor} 为定制发射端的比例因子。在下面情况下可以检测到 FO:

$$Q_{meas} < Q_{threshold} \quad \text{公式 2}$$

其中，$Q_{threshold}$ 为阈值 Q 因子，Q_{meas} 为测量到的 Q 因子。[11]介绍了 $Q_{threshold}$ 的测量以及该参数与 Q_{scl} 的关系。

谐振频率: 将 EPP TPR 放置在 Tx 的表面上时可以测量谐振频率 (RF)。通过使用一个比例因子，可以使 Tx 线圈类型与报告 RF 的比例相同。将测量到的 RF 与比例 RF 进行比较。如果 RF 的偏移 (差异) 超过阈值，则会确认 FO 的存在。

从支持数据中获取谐振频率 (以赫兹为单位)，具体如下:

$$F_{res} = (2 * \text{FOD/rf supporting data}) + 72 \quad \text{公式 3}$$

$$F_{scaled} = \text{ScalingFactor} * F_{res} \quad \text{公式 4}$$

$$F_{threshold} = F_{scaled} * \text{Threshold_percent} \quad \text{公式 5}$$

其中，F_{res} 为报告的 RF、F_{scaled} 为比例 RF、$F_{threshold}$ 为阈值 RF。通过使用无线充电配置实用程序，可以配置 Threshold_percent 和 ScalingFactor。

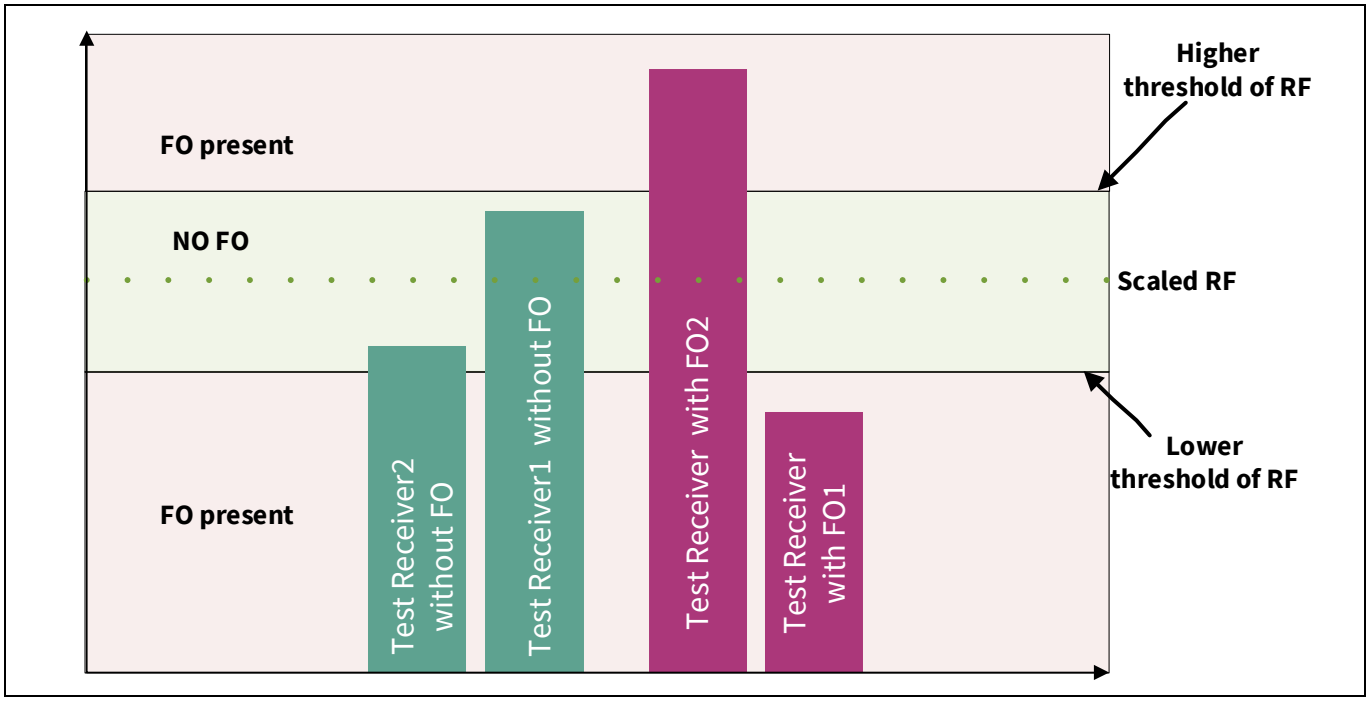


Figure 2 基于谐振频率的 FOD

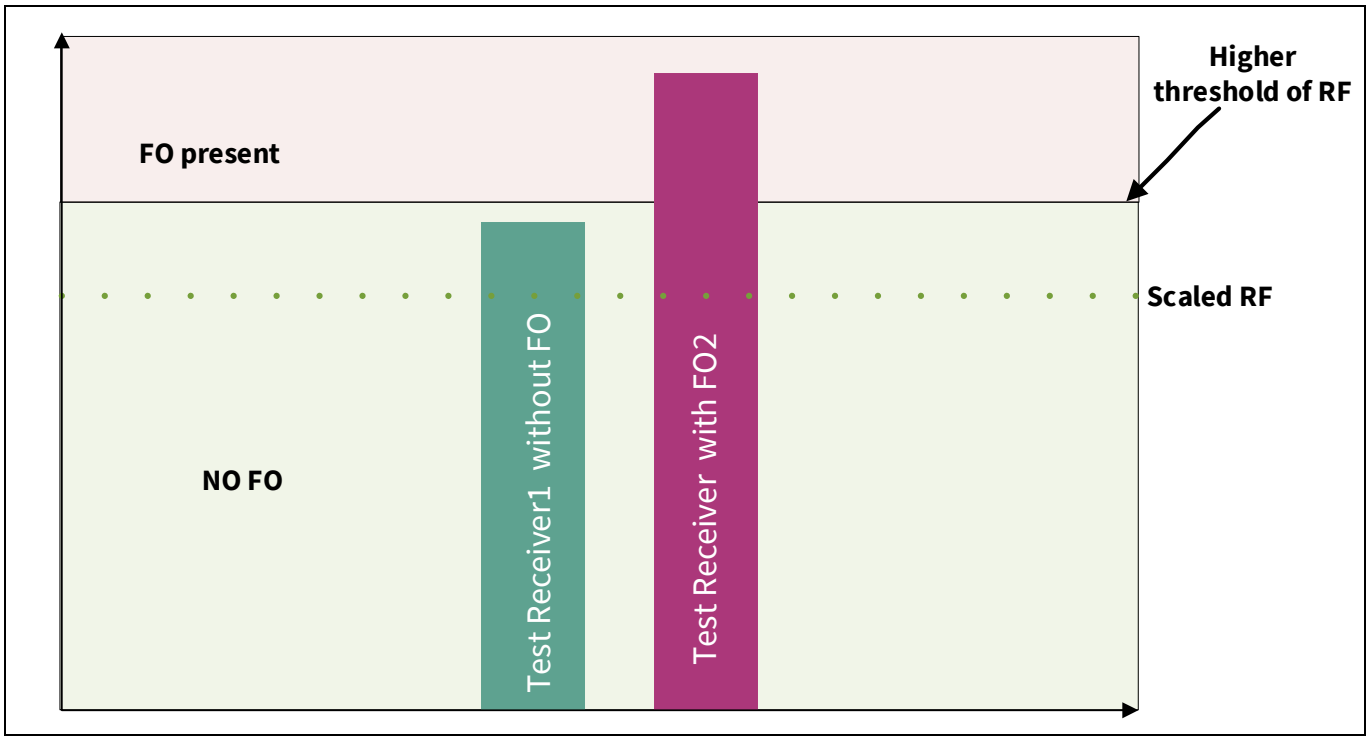


Figure 3　　基于谐振频率的 FOD 用于 REF_WLC_TX50W_N1

如果测量和比例参考谐振频率之间的差异小于阈值，那么会检测到 FO。通过使用无线充电配置程序，可以配置 ScalingFactor 和 Threshold_percent。

进行 FOD 时，Tx 会使用 NAK 数据包响应 FOD/rf 或 FOD/qf 数据包，从而可以立刻断开电源。只有将物体移除后才能重新建立通信。有关 FO 检测的 LED 用户界面的信息，请参阅用户手册中的内容。

2.1.2 电源传输过程中的 FOD

在功率损耗 FOD 机制中，在电源传输期间定期测量发射端功率，并将测量到的功率与接收器提供的损耗曲线估计值进行比较。为提高 FOD 的可靠性和准确性，WLC 电源发射端还采用了其它方法。

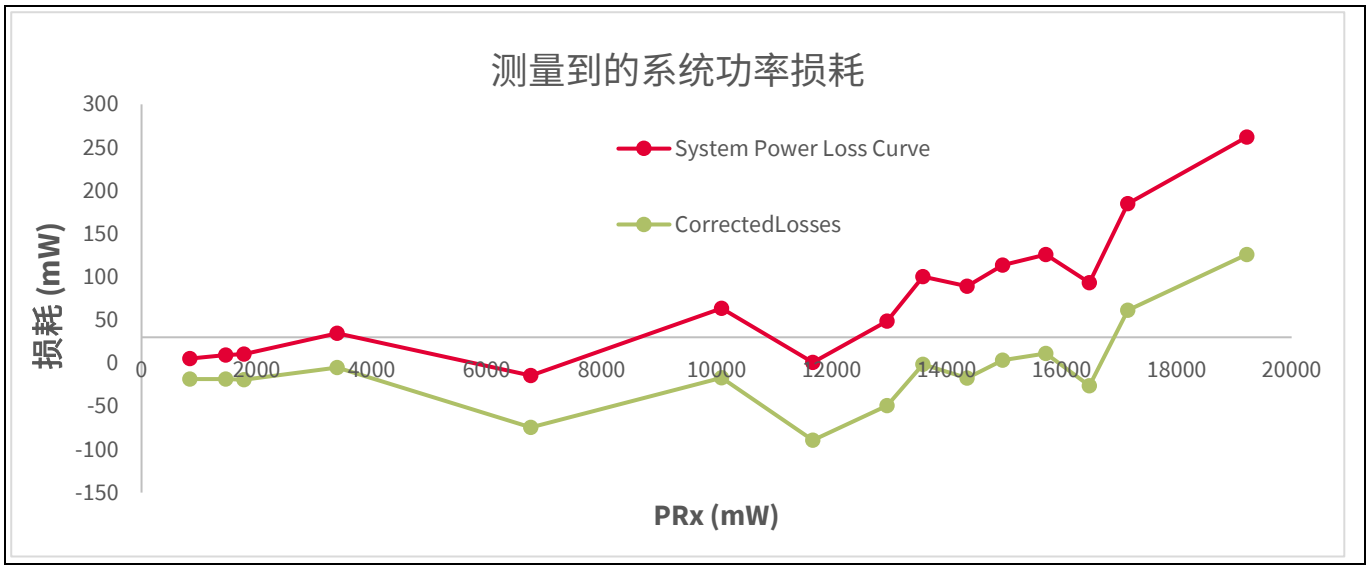


Figure 4 电源传输范围内的典型功率损耗测量

系统功率损耗: 如果所测量的系统功率损耗超过系统功率损耗阈值，则会检测到 FO。更多有关 Qi 标准推荐的 FOD 技术的详细信息，请参阅 [2]。

为实现准确的 FOD，需要为已有的硬件设计和表面高度 (Z 轴) 提供包含已校准功率损耗的参数数据参考。需要使用该参考校准数据来补偿由系统产生的功率损耗平衡偏差。WLC 电源发射端系统功率损耗因发射端电源传输范围、接收器设备耦合系数、温度等的变化而有所不同。第 3.5 节介绍了电源传输范围内的典型功率损耗测量以及相应的损耗校正曲线。这是对系统功率损耗实现的典型损耗校正行为。

在接收到 RPP 时可以开始计算功率损耗。可以按照 RP 值计算校准后的发射端功率，具体如下:

$$P_{Tx_calib} = \mathbf{a} * P_{Rx}^{2} + \mathbf{b} * P_{Rx} + \mathbf{c} \qquad \text{公式 6}$$

其中，**a**、**b** 和 **c** 均为系统功率损耗曲线系数。对于每个电源传输模式，这些系数都是唯一的。具体说明如下:

- EPP 15 瓦 (EPP15W): 代表的测试功率接收器 (TPR) 为 TPR#MP3。负载功率的典型范围为 300 mW 到 15 W。
- EPP 5 瓦 (EPP5W): 代表的 TPR 为 TPR#7。负载功率的典型范围为 300 mW 到 5 W。
- 基线电源配置文件 (BPP): 代表的 TPR 为 TPR#5。负载功率的典型范围为 300 mW 到 5 W。

英飞凌高功率专有协议: 代表测试功率接收器 (TPR) 为英飞凌高功率。负载功率的典型范围为 300 mW 到 50W。可以使用系统功率损耗曲线来表示发射端的损耗。功率损耗方程表示了发射端功率和报告功率的关系，具体如下:

$$P_{loss} = P_{Tx} - P_{Tx_calib} \qquad \text{公式 7}$$

其中，P_{Tx_calib} 来自公式 6。FO 存在的标准为:

$$P_{loss} >= P_{Threshold} \qquad \text{情况 1}$$

$$P_{loss} >= P_{Threshold_max} \qquad \text{情况 2}$$

其中，$P_{Threshold}$ 和 $P_{Threshold_max}$ 均为配置参数，并且:

$$P_{Threshold_max} > P_{Threshold}$$

情况 1 和情况 2 分别表示 Figure 5 中的区域① 和区域②。

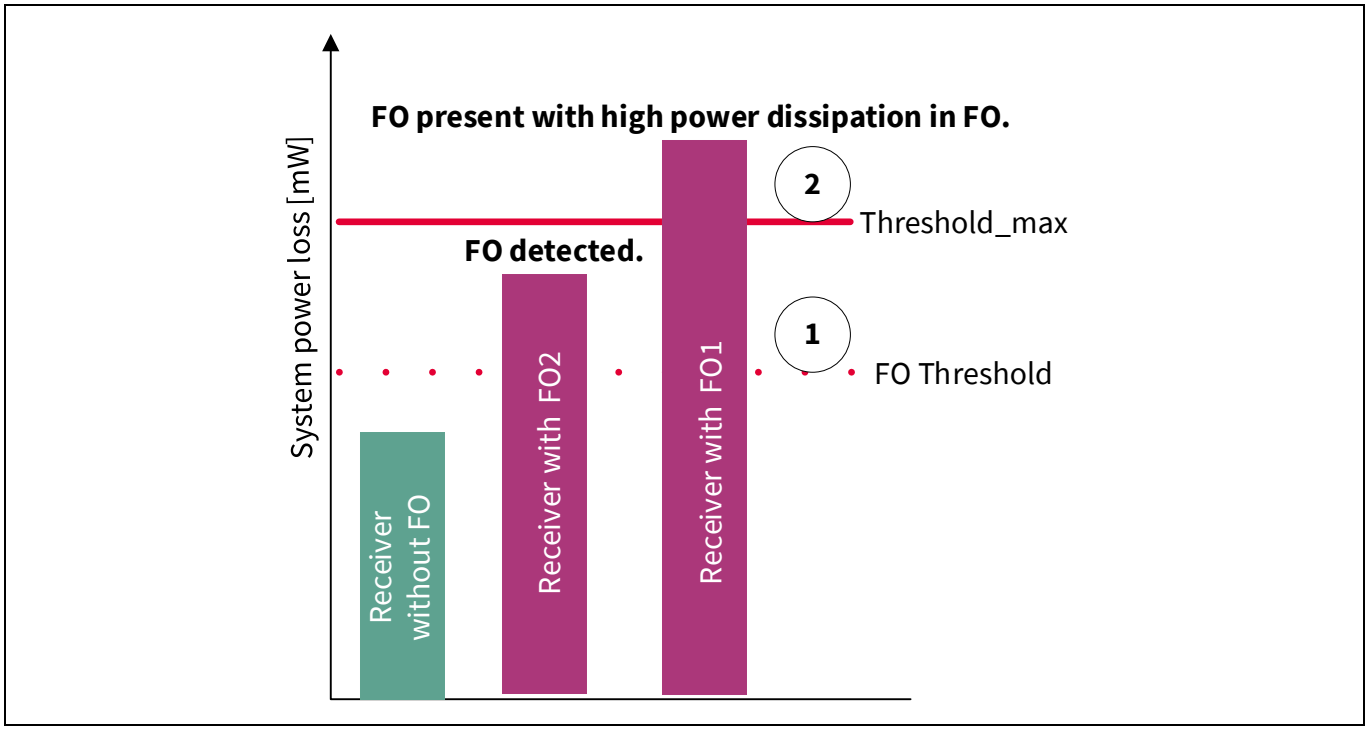


Figure 5　基于系统功率损耗的 FOD 机制

可以对 FOD 的各阈值进行配置。有关调整基于功率损耗的 FOD 阈值的详细信息，请参阅第 3.6 节。

2.1.3 电源传输前和电源传输期间使用的 FOD 方法

Figure 6 说明了空板 Q 因子 FOD 机制。FOD 检测机制将识别物体的位置并启动 Qi 通信堆栈，其中包括电源传输前和电源传输期间的 FOD 等机制。在进行模拟 Ping 时，Tx 将测量电源传输前的数据。对物体进行检测时，可以通过空板 FOD 方法查找 FO。如果检测到的设备是一个有效的接收器，程序将进入识别和配置阶段。如果该设备为 EPP，则对 FOD/qf 数据包进行交换，从而可以优化 EPP 设备的 FOD。在电源传输开始前，WLC 基于 Q 因子的 FOD 机制将识别已存在的 FO，或在进入有效区域时设别 FO。

基于功率损耗的 FOD 机制会识别电源传输开始后可能进入表面范围的 FO。为在 BPP 和 EPP 设备中实现最佳和高效的 FOD，WLC 电源发射端将结合使用 Q 因子和基于功率损耗的机制。有关 FOD 的 UI 指示的信息，请参阅用户手册中的内容。

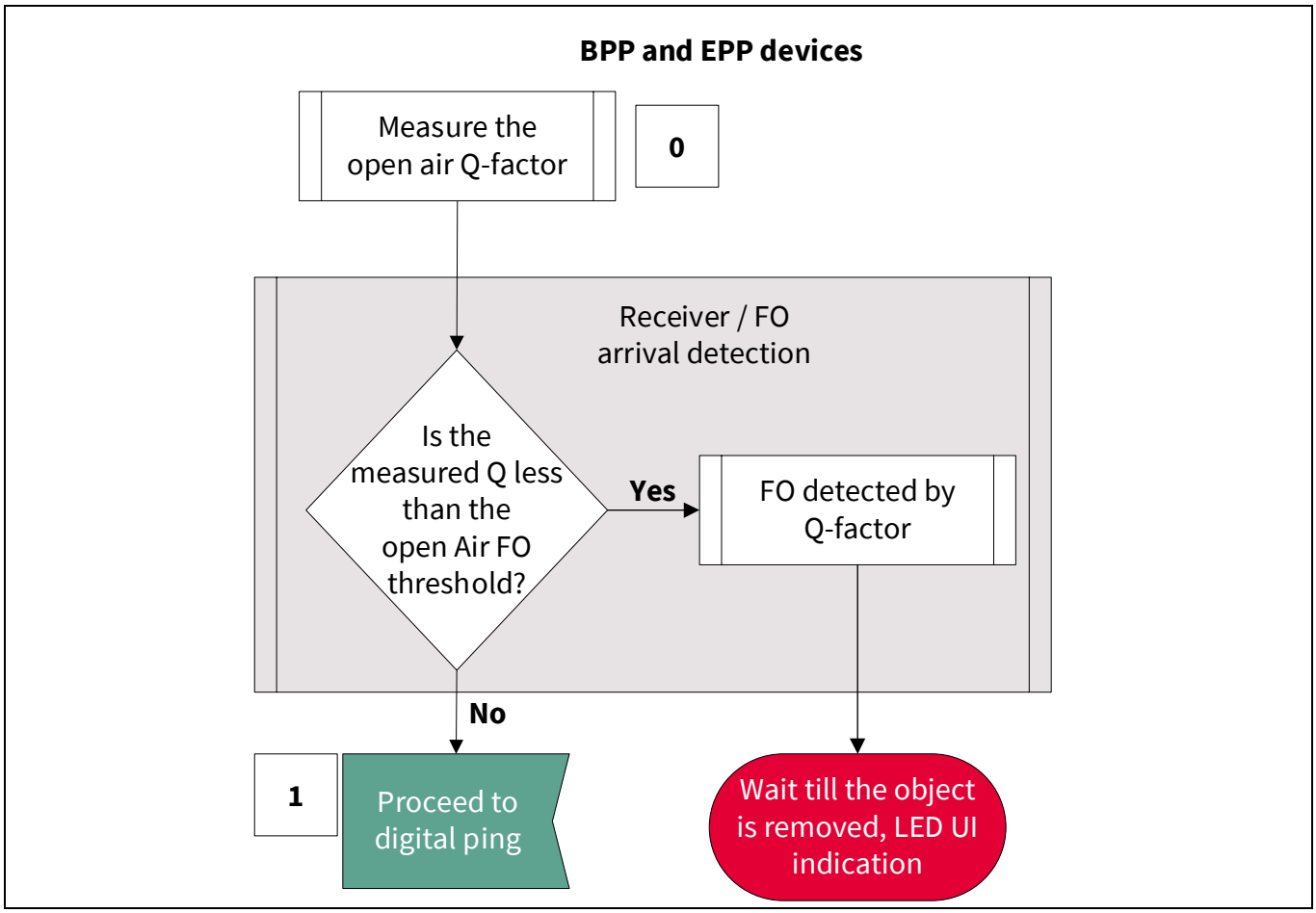


Figure 6 BPP、EPP 和高功率设备中空板 Q 因子 FOD 的流程

Figure 7 显示了采用 Q 因子机制的 FOD:

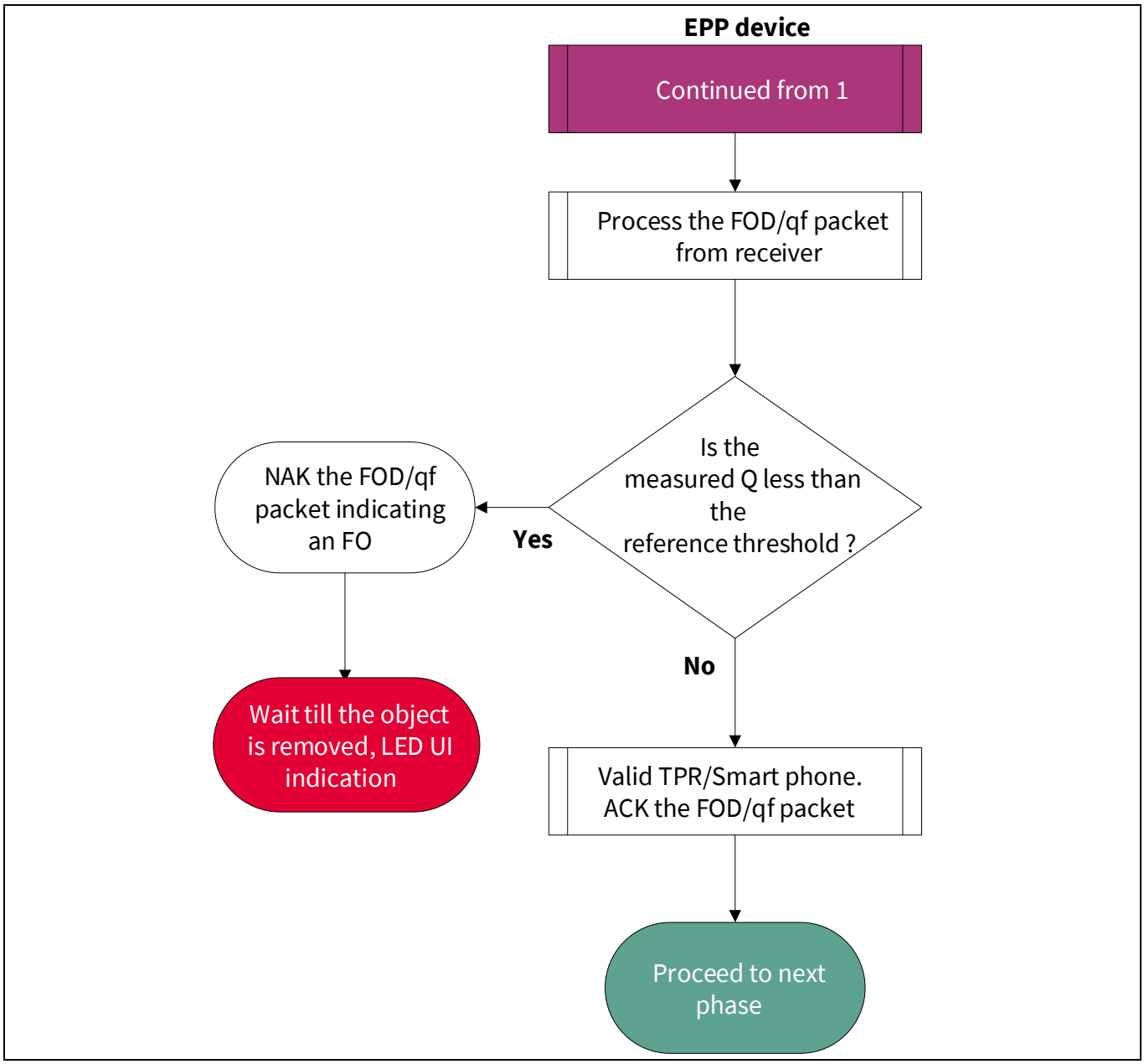


Figure 7　高功率和 EPP 设备中 Q 因子 FOD 的流程

Figure 8 说明了采用谐振频率机制的 FOD:

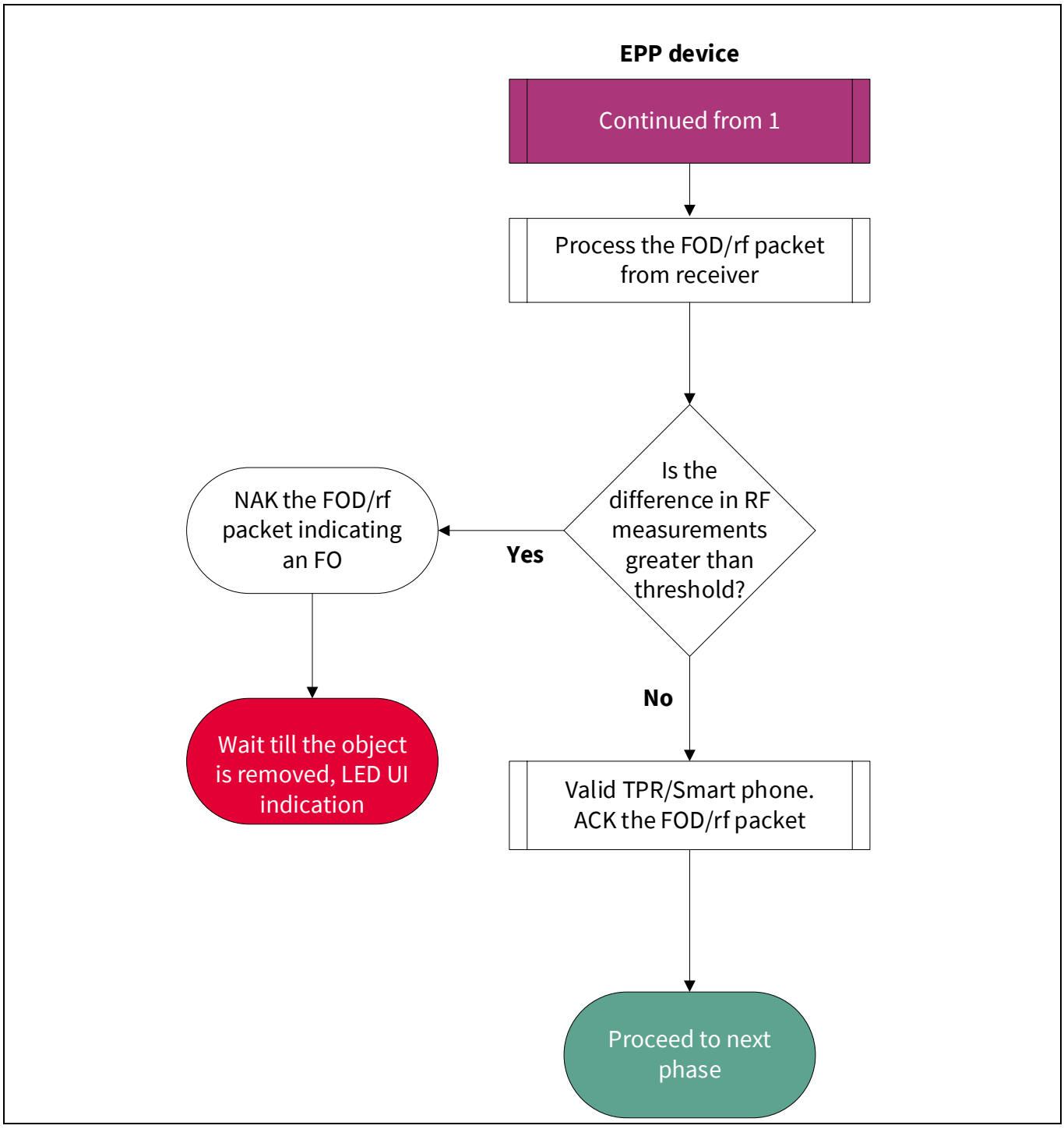


Figure 8　高功率和 EPP 设备上谐振频率 FOD 的流程

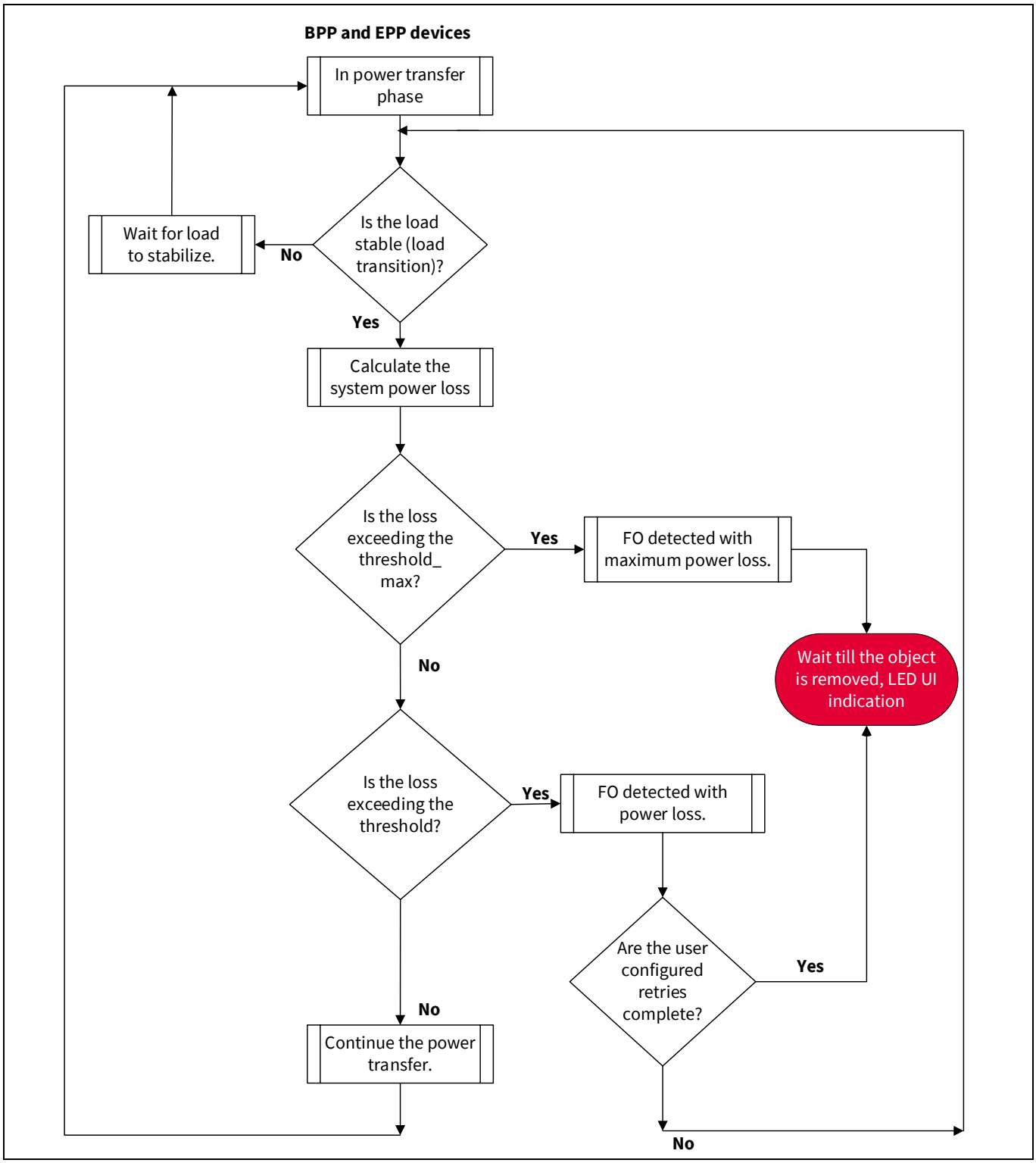


Figure 9　高功率、EPP 和 BPP 设备上采用功率损耗机制的 FOD 流程

只有负载稳定后，才能测量系统功率损耗，如 Figure 9 所示。通过检查控制错误包 (CEP) 的值，可以确保该条件。

3 FOD 参数调整

对 WLC 电源发射端的参考设计进行更改时，需要调整 FOD 参数。如果 WLC 电源发射端参考设计在以下各方面发生了了变化，则需要重新调整 FOD:

1. 该设计中使用的发射端线圈
2. 发射端线圈的任何屏蔽或封装发生变化
3. 线圈和接触表面之间的间距 (Z 高度)

这些变化将使 Q 因数和/或谐振频率和/或系统功率损耗测量发生变化。通过更新配置参数，可以调整 FOD，从而能够优化定制设计的 FOD 功能。

FOD 参数调整包括数据收集、计算合适的参数以及通过无线充电配置程序更新这些参数的过程。

收集数据和计算参数值时，可以使用支持文档 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx。该调整计算器提供了需要包含用户输入的工作表，具体如下:

- SystemPowerLoss_data: 在该页面中，可以收集用于计算功率损耗 FOD 参数的输入数据。可以使用该页面中所计算的系数对 WLC 电源发射端进行配置。
- QF Scaling Factor Calc: 在该页面的“用户输入”部分中收集 Q 因子调整数据。根据用户输入的数据，可以从计算部分中获取用于 Q 因子调整的参数值。
- RF Scaling_Threshold Calc: 在该页面的“用户输入”部分中收集基于 RF 的数据。根据用户数据可以自动生成比例因子和阈值频率。

无线充电配置程序会将各项配置存储到 WLC 电源发射端内。可从 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx 文档中获取这些计算结果。

调整过程需要 WPC 认可的合规性测试工具设置。下面各章节介绍了所需工具和准备设置的各操作步骤。使用 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx 输入设置过程中的数据，以便在计算器中自动生成调整参数。

3.1 调整目标

下面是最佳 FOD 系统性能的预期目标:

- 使用 Q 因子调整 FOD 的比例因子和阈值
- 使用谐振频率调整 FOD 的比例因子和阈值
- 系统功率损耗曲线系数调整

系统功率损耗曲线系数可以使报告的接收器功率与校准后的发射端功率关联，从而能够提高 FOD 机制的可靠性，如第 2.1.2 节所述。通过使用 MP-A1 发射端线圈，可以测量报告的 Q 因子和谐振频率。然而，在发射端设计中，该发射端可能会使用任何其他线圈，因此，需要使 Q 因子的参考值与相应的线圈类型有相同的比例 (转换)。比例因子是一个转换常数因子。在无 MP-A1 线圈的发射端设计中，可以使用该比例因子计算发射端的 Q 因子值。更多有关 Qi 标准 FOD 机制的详细信息，请参阅[2]。

3.2 所需要的工具

调整过程中需要使用的工具如下:

1. 定制设计电源发射端电路板。



Figure 10 WPC 认可的参考合规性测试仪

2. WPC 认可的合规性测试仪。如果没有可用的合规性测试工具，用户可以联系 WPC 的授权测试实验室 (ATL) [5]。有关 WPC 许可的合规性测试仪列表的详细信息，用户需要访问 WPC 成员登录页面。除软件工具以外，提供的可用附件如下。

- 测试电源接收器 (TPR): 调整过程中需要使用的 TPR 包括:
  - TPR#MP1A
  - TPR#MP1B
  - TPR#MP1C
  - TPR#MP4
  - TPR#MP3
  - TPR#1A
  - TPR#7
  - TPR#5
- FO 框架。
- 玻璃柱: 用于确保 TPR 的稳定状态。

3. USB-UART 设备，用于捕获来自 WLC 电源发射端电路板的 UART 日志。

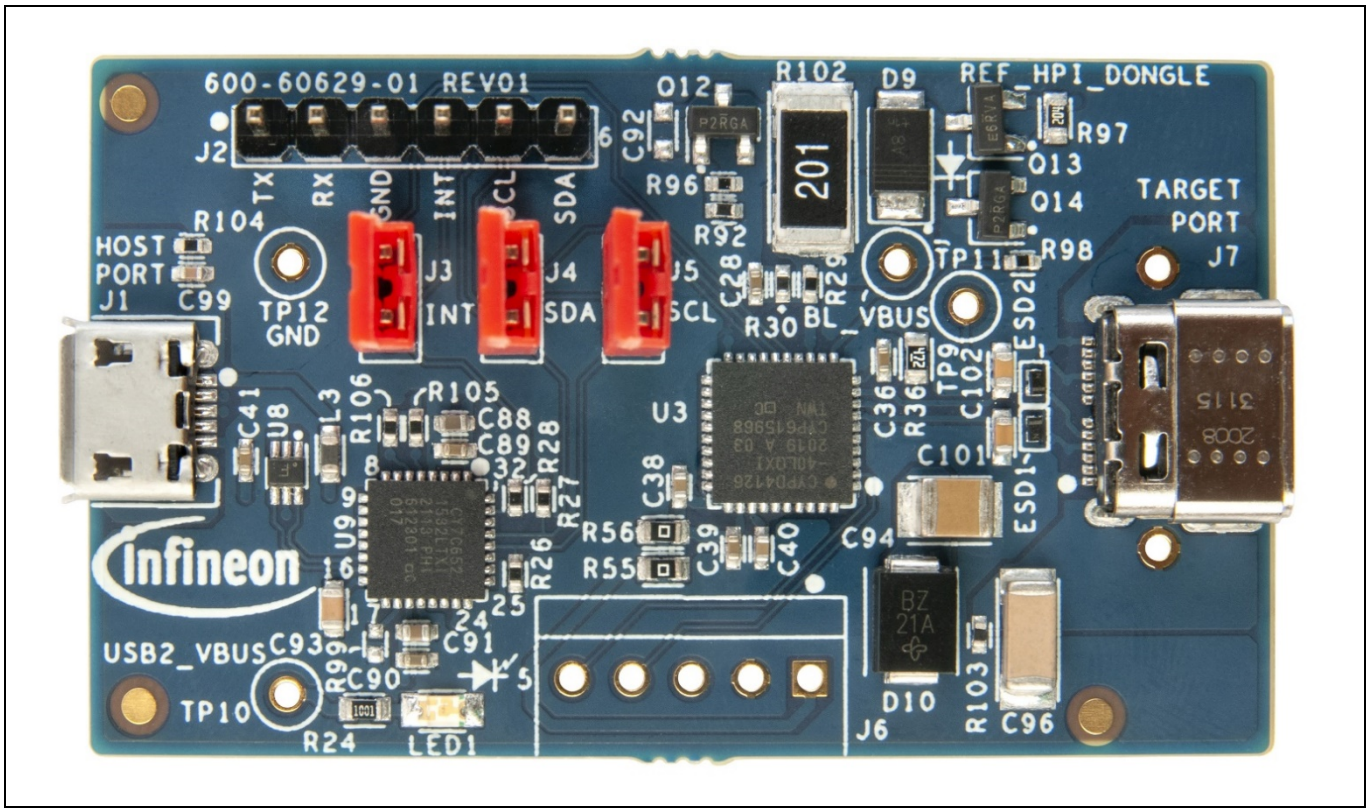


Figure 11　英飞凌 USB 转 UART 设备

4. Tera term 或 Putty 或任何基于串行通信的 PC 工具，用于捕获来自 WLC 电源发射端电路板的 UART 日志 (请确保用于数据记录的 PC 工具能够以 1,000,000 的波特率处理 UART 数据，并且该工具会导致最小的损耗)。

3.3 硬件设置

1. 通过无线充电配置程序使能 UART 调试。详见附录 C。
2. 将电源发射端电路板的 UART Tx 线连接到 USB-UART 设备的 UART Rx 线上。
3. 将发射端电路板的接地连接到 USB-UART 设备。

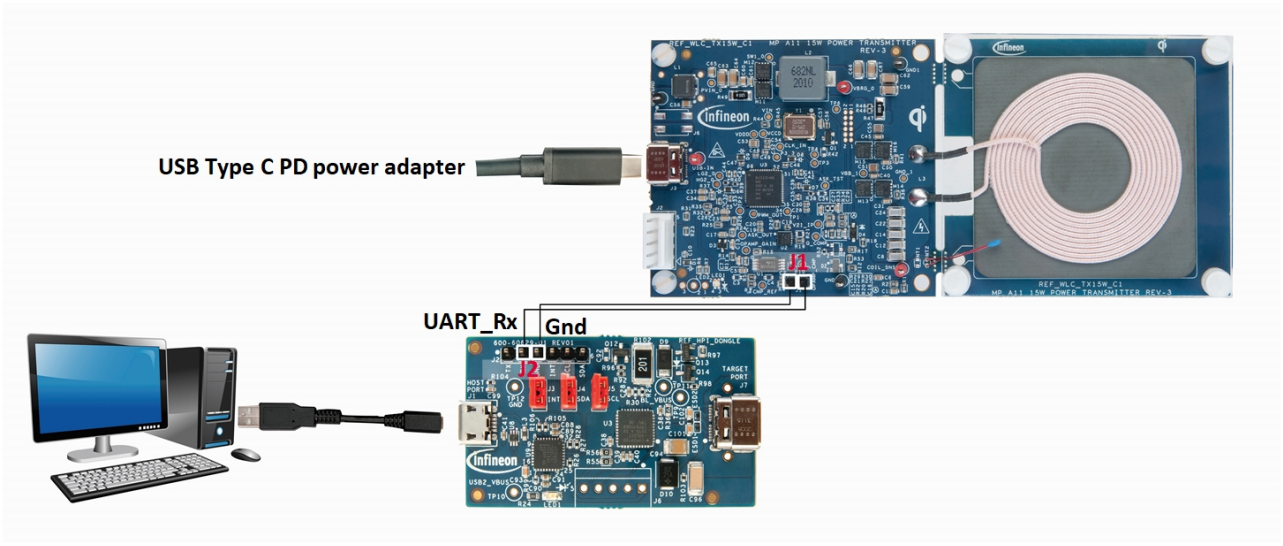
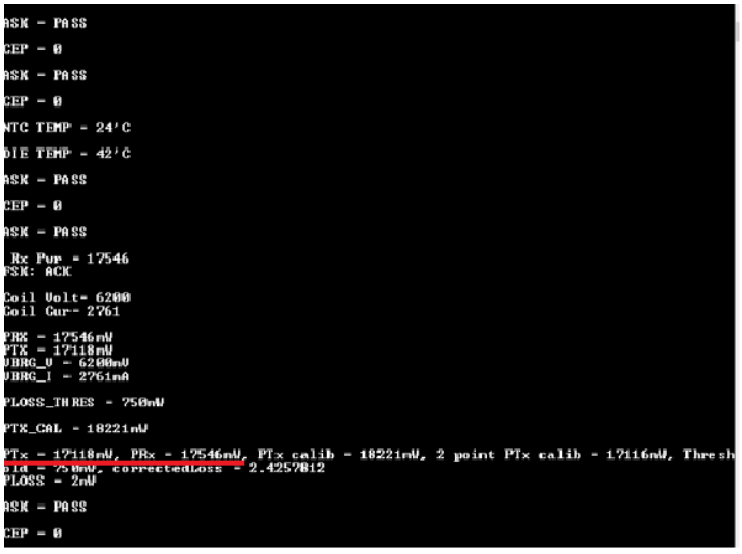


Figure 12 UART 与 PC 的连接

4. 打开串行通讯终端 (如 Minicom/Tera Term/Putty)，并将波特率设置为 1000000。
5. 保留 UART 其余设置的默认值。
6. 给发射端电路板通电，以查看串行通讯工具 (UART 接口) 上的 UART 日志 (可读的 ASCII 字符)。



默认的 Tera Term 屏幕



Tera Term 上的 UART 日志

Figure 13 Tera Term 调试屏幕和日志 UI 以供参考

3.4 Q 比例因子调整过程

在该部分内容中，可以将 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx 中的“QF Scaling Factor Calc”页面作为支持文档使用。可以使用测量和报告的 Q 因子值更新“用户输入”部分。也可以从 WLC 电源发射端的 UART 日志中获取测量和报告的 Q 因子值。 通过使用“QF Scaling Factor Calc”页面中的“Calculations”部分，可以生成比例 Q 因子值。Q 因子方法是根据含小的标准件的 TPR， (例如，符合 Qi 标准的 TPR (如 TPR#MP3、TPR#7)) 和含好大的标准件 TPR (如 TPR#MP4)。

3.4.1 Q 因子比例和阈值调整过程

计算 Q 因子的比例是指使用接收器所报告的参考 Q 因子计算出 WLC 电源发射端的参考 Q 因子。WLC 电源发射端使用两个比例因子。

- 高 Q 比例因子: 使用该参数并根据不含标准件的 TPR 计算出参考 Q 因子的比例。不含标准件的 EPP TPR 将报告超过 100 的参考 Q 因子。
- 低 Q 比例因子: 使用该参数并根据含标准件的 TPR 计算出参考 Q 因子的比例。含标准件的 EPP TPR 将报告小于 100 的参考 Q 因子。

要想调整 Q 比例因子，请按照以下各步骤进行操作:

1. 为下面的 TPR 捕获所有 EPP TPR 的接收器报告的参考 Q 因子。该因子位于支持文档“QF Scaling Factor Calc”页面中“使用不含标准件的 TPR 计算 Q 因子比例”表内。

   a) TPR#MP3

   b) TPR#MP4

   c) TPR#7

   欲了解接收器报告的参考 Q 因子的 UART 日志，请参见 Figure 14 。

2. 为下面所列的全部 EPP TPR 捕获 WLC 电源发射端所测量的 Q 值。请确保在进行这些测量时界面表面上没有出现任何异物。有关 WLC 测量的 Q 因子的 UART 日志，请参见 Figure 14。

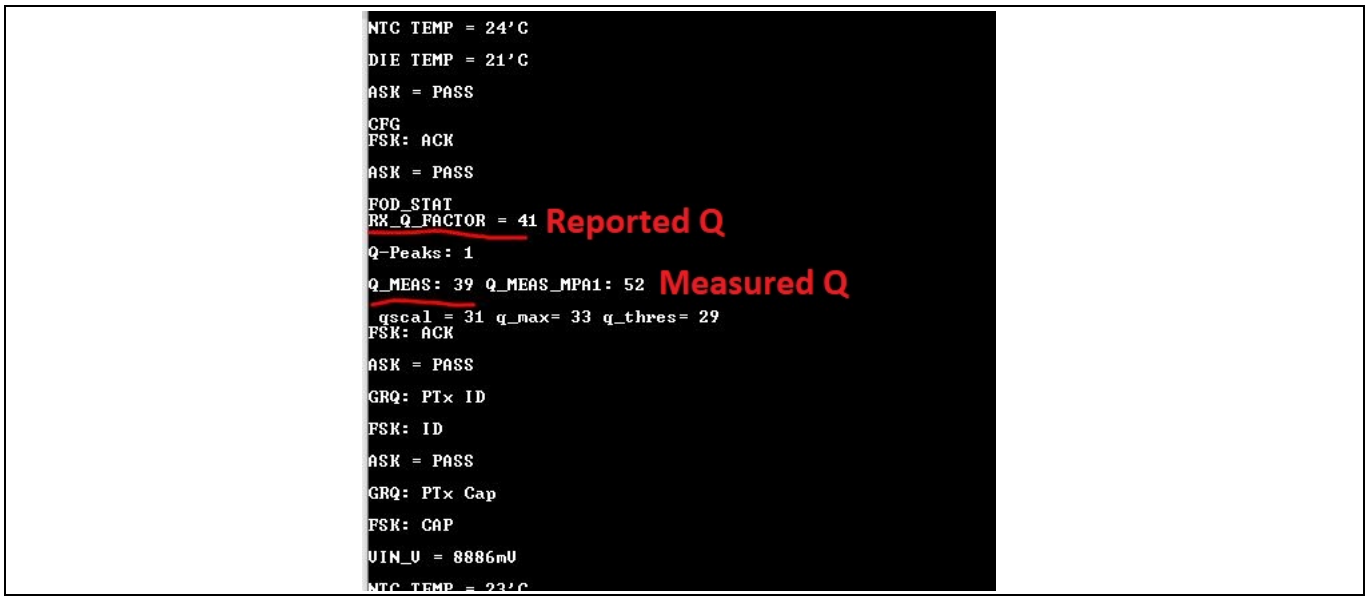


Figure 14 接收器报告和 WLC 电源发射端测量的 Q 因子的 UART 日志

3. 记录“QF Scaling Factor Calc”中的高比例因子，并在相应的字段中更新无线充电配置程序的参数，如 Figure 16 所示。更多信息，请参见 3.4。

4. 重新执行第一到第三步骤，通过不含规则形状金属的 TPR 计算 Q 因子的比例。
5. 分别将测量和报告的 Q 因子值输入到“QF Scaling Factor Calc”页面中的相应单元格内。可以在该页面中计算比例因子。

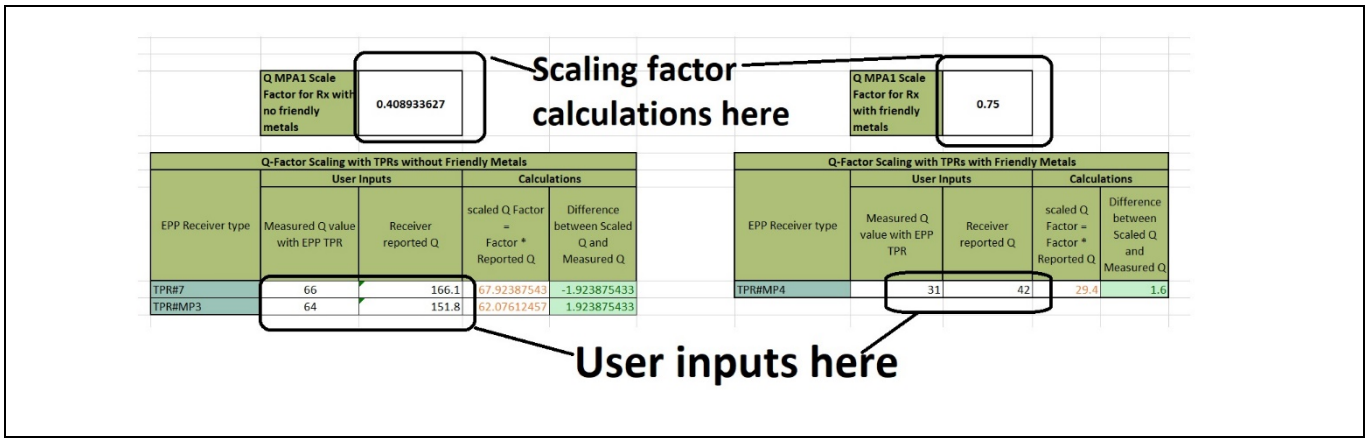


Figure 15 “QF Scaling Factor Calc”页面中的用户输入部分

下一节介绍了支持文档中所生成的参数的用法。

3.4.2 基于 Q 因子的 FOD 调整

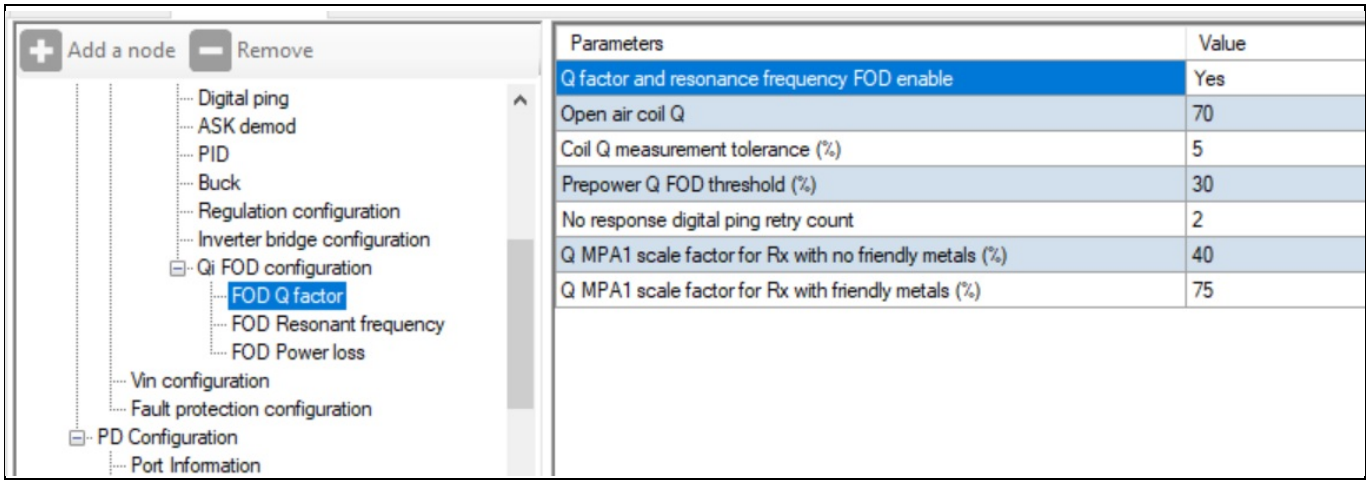


Figure 16 Q 因子设置配置工具视图

Table 1　　Q 因子配置设置参数

序号	参数	说明
1	Q factor and resonance frequency FOD enable (Q 因子和谐振频率 FOD 启用)	启用用于 FOD 的 Q 因子测量。 默认启用。
2	Open air coil Q (开放式线圈 Q)	开放式 Q 因子值。Tx 上不存在任何物体的情况下使用 LCR 仪表测量得到的值。 默认值为 72。
3	Coil Q measurement tolerance (%) (线圈 Q 测量容差 (%))	线圈开放式 Q 值的线圈 Q 测量容差百分比。 默认值为 5。
4	Prepower Q FOD threshold (%) (电源传输前的 Q FOD 阈值 (%))	无通信时用于 FO 检测的 Q 因子阈值。 默认值为 25。
5	No response digital ping retry count (无响应数字 Ping 重试次数)	检测到某个物体但未发生任何通信/未向数字 Ping 响应时，程序将重试启动通信。重试计数结束后，则进入空闲状态。 默认值为 3。
6	Q MPA1 scale factor for Rx with no friendly metals (%) (不含规则形状金属的 Rx 的 Q MPA1 比例因子 (%))	具有较高 Q 测量值的 TPR 的比例因子。 默认值为 40%。
7	Q MPA1 scale factor for Rx with friendly metals (%) (含规则形状金属的 Rx 的 Q MPA1 比例因子 (%))	具有较低 Q 测量值的 TPR 的比例因子。 默认值为 66%。

3.5　　谐振频率比例因子和阈值调整过程

对于使用 Q 因子在电源传输前进行 FOD 的机制，谐振频率方法是该机制的一步改进。如实验表明，在含规则形状金属的 Rx (如智能手机、平板电脑等) 上，基于谐振频率的 FO 更加有效。这种设备的参考 TPR 为 TPR#MP4。因此，可以根据 TPR#MP4 实现比例因子和阈值调整过程。

欲了解所需工具的详细信息，请参阅第 3.2 节；有关硬件设置的信息，请参见第 3.3 节。RF 调整的进一步操作适用于 TPR#MP4。

3.5.1 谐振频率比例和阈值调整过程

在该过程中，可以从 UART 日志中捕获测量的谐振频率值 (如 Figure 17 所示)，或者使用数字信号示波器或 LCR 仪表[7]。本节详细说明了 UART 日志中可用系统测量值的使用情况，具体如下面。

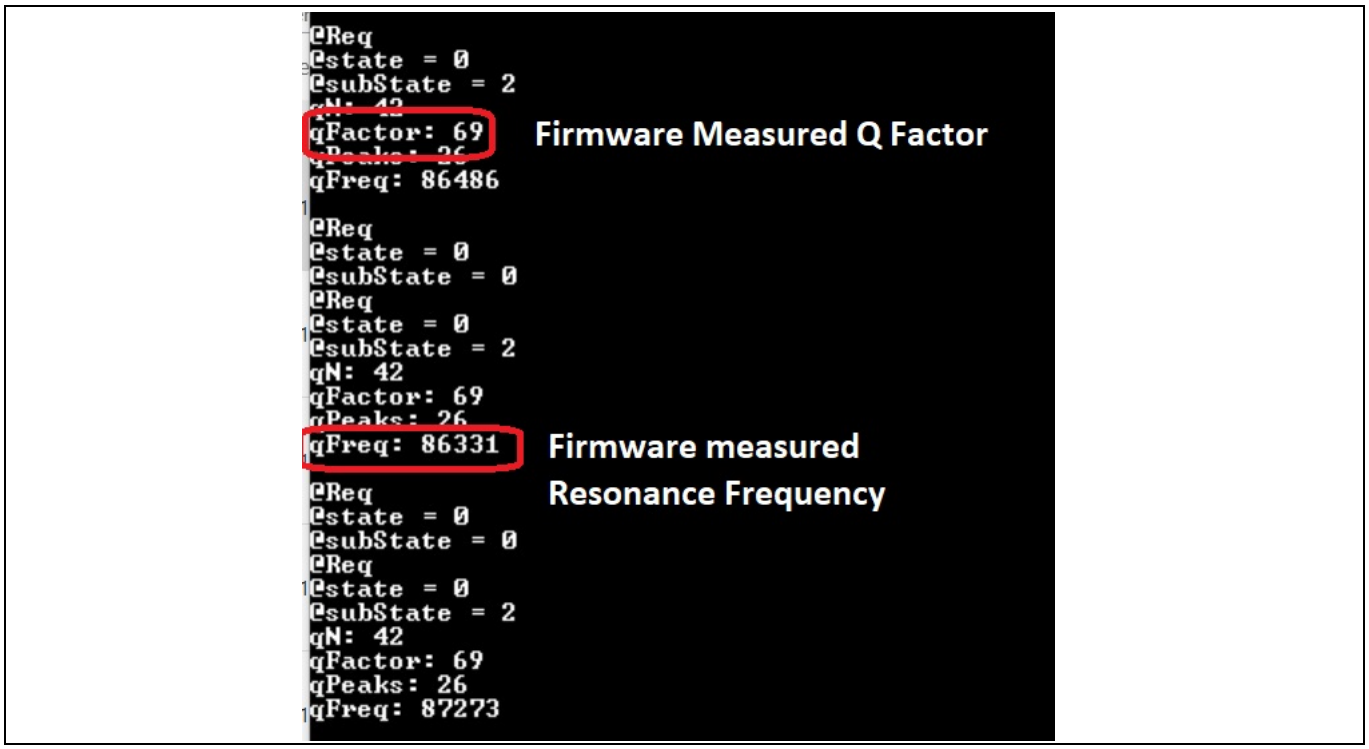


Figure 17 接收器报告和 WLC 电源发射端测量的谐振频率的 UART 日志

要想调整谐振频率比例因子和阈值，请按照以下各步骤进行操作:

1. 将 TPR#MP4 和 FOD 框架放置在界面表面上，从而可以确保获得最大信号强度。请注意，FO 框架中没有放置任何 FO:

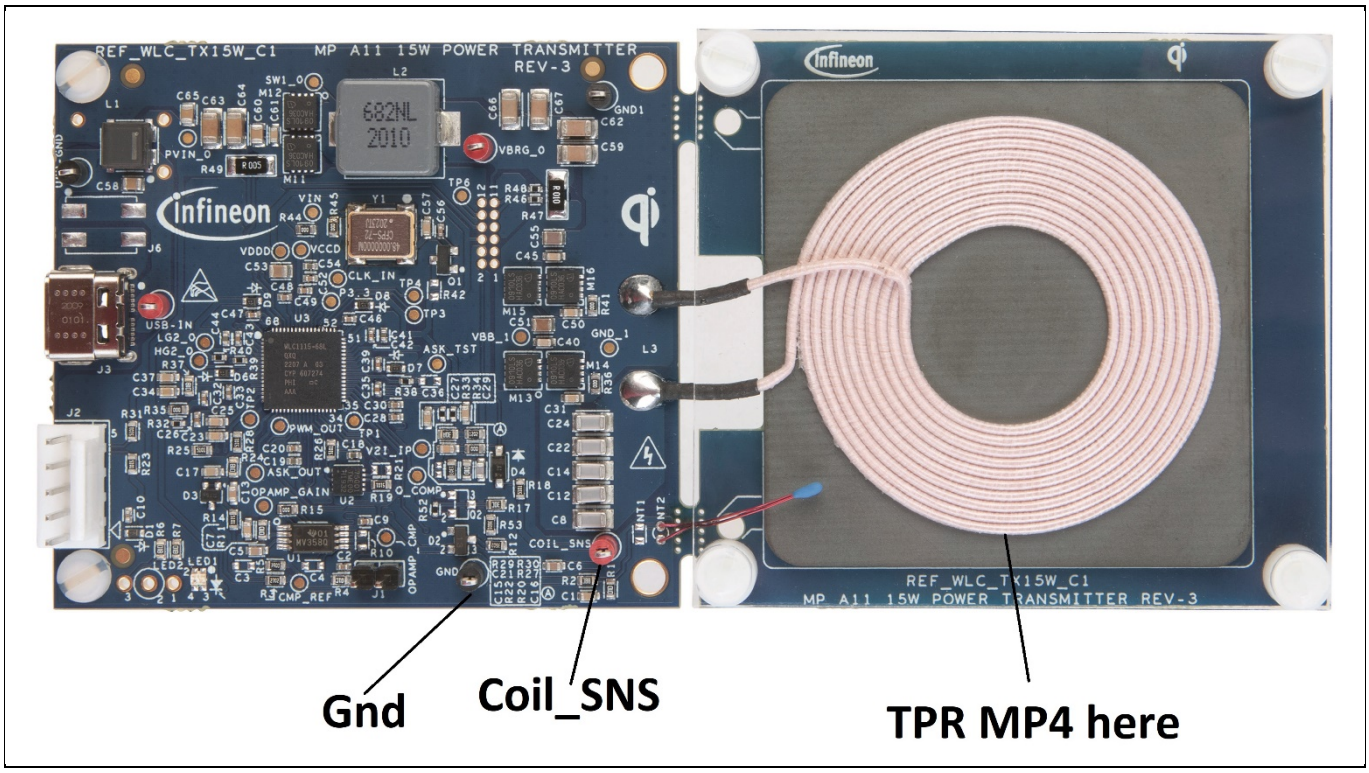


Figure 18　用于记录测量和报告的谐振频率值的实验设置

2. 在 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx 的“RF Scaling_Threshold Calc”页面中，捕获所有 EPP TPR 的接收器报告的参考谐振频率。在名为“FOD/rf”的行中输入该数据。
3. 使用 Rx 报告的谐振值更新“FOD/rf”部分。
4. 使用固件测量的谐振值更新标记为“无 FO”的行。
5. 将 FO1 插入 FO 框架中，以使 FO 与 Tx 和 Rx 线圈的中心对齐。
6. 将 UART 日志中所测量的谐振频率输入到标记为“FO_1_At_0mm”的行中。
7. 将 FO1 移到 FO 框架上标记为 15 mm 的位置。将所测量的谐振频率输入到标记为“FO_1_At_15mm”的行中。
8. 对 FO2、FO3 和 FO4 重复进行第四、第五和第六步骤。将所收集的数据记录到相应的 FO 行中 (参见 Figure 19)。

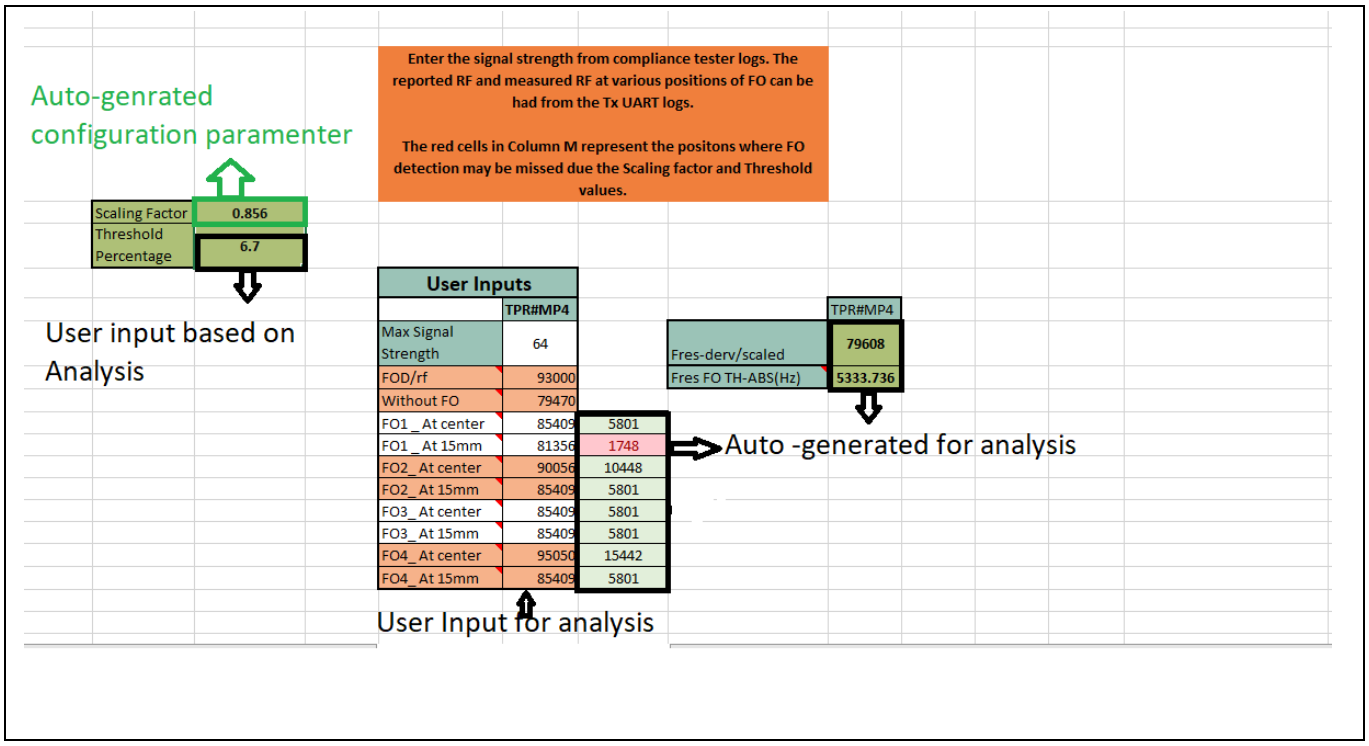


Figure 19　谐振频率测量数据的参考视图

9. 在调整比例因子和阈值调整参数时，可以参考使用 Figure 19 中的分析。调整谐振频率的 FOD 阈值，以便能够在最大的范围内进行 FOD (Figure 19 中的绿色部分表示 FO 检测)。
10. 在相应的字段中更新无线充电配置程序的参数，如 Figure 20 所示。

3.5.2　基于谐振频率的 FOD 调整

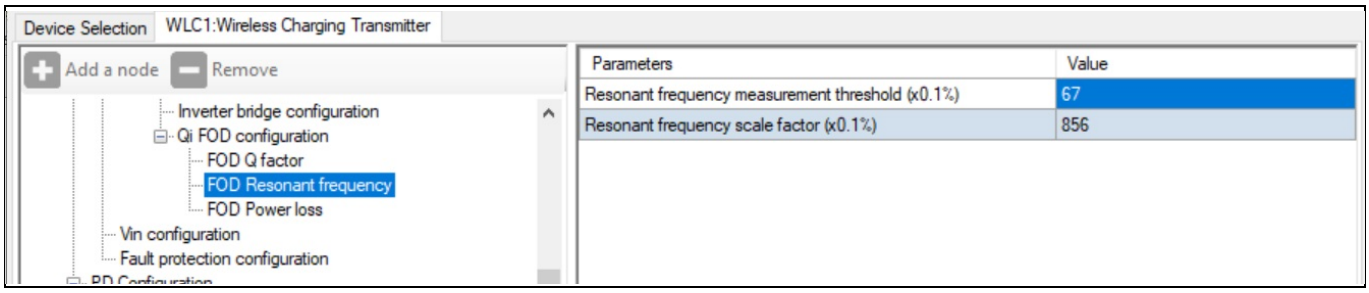


Figure 20　Q 因子设置配置工具视图

Table 2　　谐振频率 Q 因子配置设置参数

序号	参数	说明
1	Resonance frequency measurement threshold (x0.1%) (谐振频率测量阈值 (x0.1%))	以百分比表示的谐振频率测量阈值。比例为 x0.1%。默认值为 40。
2	Resonance frequency scale factor (x0.1%) (谐振频率比例因子 (x0.1%))	以百分比表示的谐振频率测量阈值。比例为 x0.1%。默认值为 1000。

3.6 REF_WLC_TX15W_C1 的系统功率损耗曲线系数调整

符合 Qi 标准的电源发射端具有三种操作模式:

- EPP15: 使用 TPR#MP3
- EPP5W: 使用 TPR#7
- BPP: 使用 TPR#5 本节介绍了在三种操作模式下调整 FOD 功能参数的过程。

系统功率损耗曲线系数调整要求基于用户的调整设置。有关 WPC 许可的合规性测试仪列表的详细信息，请访问 WPC 成员登录页面。欲了解所需工具的信息，请参阅第 3.2 节；有关硬件设置详情，请参见第 3.3 节。欲了解该调整过程中所需要的基于 WPC 许可合规性测试仪的实验设置列表的详细信息，请访问 WPC 成员登录页面。

3.6.1 数据采集和系统损耗曲线系数计算

1. 在合规性测试工具的用户界面中进入高级模式。
2. 将 TPR#MP3 连接到合规性测试仪上。请访问 WPC 成员登录页面，了解有关合规性测试工具列表的详细信息，并将其放置在发射端表面上。
3. 在 **Power load** (电源负载) 选项卡中选择 **Current load** (电流负载) 项。(默认值为电阻负载)。
4. 确保发射端和接收器线圈之间的最佳对齐。请参见附录 A。

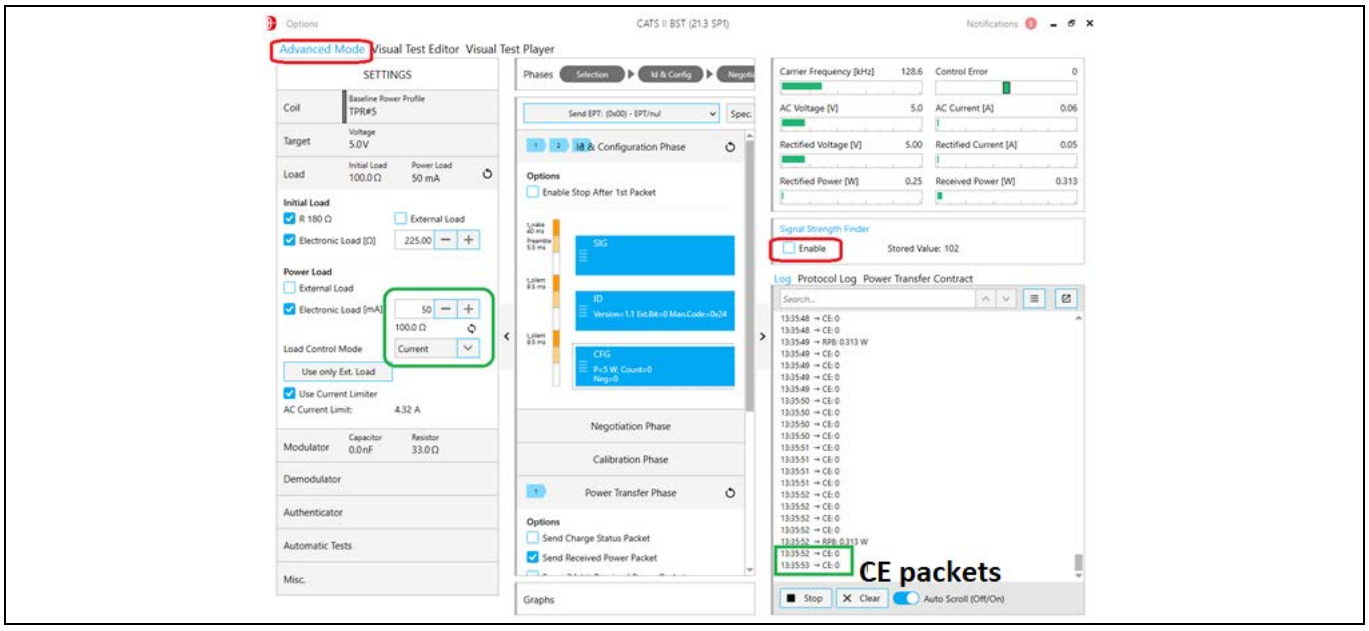


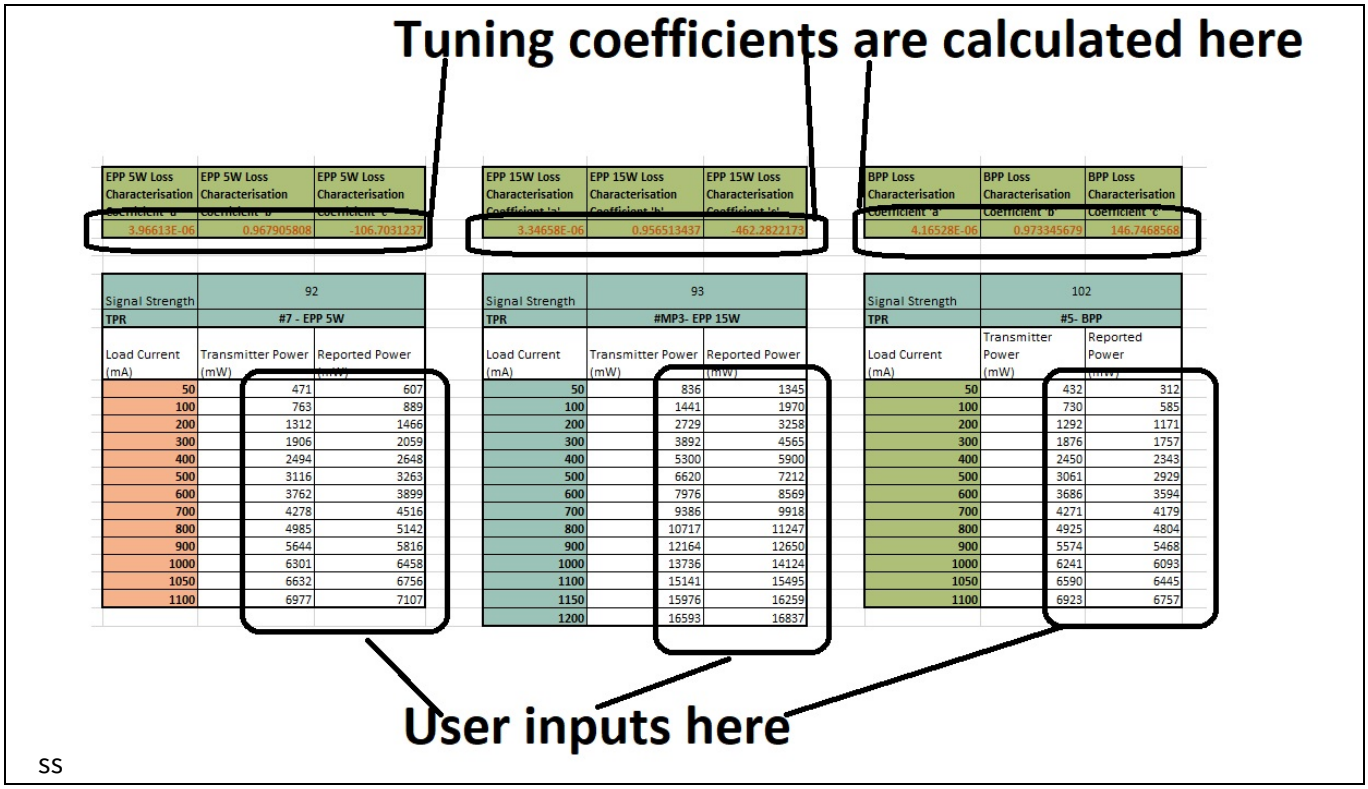
Figure 21 参考合规性测试仪上信号强度、CE 数据包、高级模式、电子负载选择的用户界面

5. 将负载设置为最小值。有关负载值的详细信息，请参阅 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx 中的“SystemPowerLoss_data”页面。
6. 等待两个连续的数值为 0 的 CE 数据包 (参见 Figure 17)。将 UART 调试日志中的 PTx (发射端功率) 和 PRx (报告的接收器功率) 值记录到支持文档中。
7. 将负载增加到下一个数值。有关下一个负载数值的详细信息，请参阅 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx 中的“SystemPowerLoss_data”页面。
8. 重复第六、第七和第八步骤，直到在最大负载值条件下捕获到 PRx 和 PTx 的值为止。TPR#MP3 的系统功率损耗曲线数据已准备就绪。

```
PLOSS_THRES = 750mW

PTX_CAL = 4783mW

PTx = 4324mW, PRx = 4481mW, PTx calib = 4783mW, 2 point PTx calib = 3873mW, Threshold = 750mW, correctedLoss = -459.
PLOSS = -459mW

ASK = PASS

CEP = 0
```

Figure 22 UART 日志中的 PTx 和 PRx 值

9. 对 TPR#7 和 TPR#5 重复第二到第九步骤，以获取 TPR#7 和 TPR#5 的系统功率损耗曲线数据。
10. 在 FOD_TuningGuide_Calculator.xlsx 的“SystemPowerLoss_data”页面中，当将数据输入到相应的单元格时，该页面将自动计算 EPP15W、EPP5W 和 BPP 设备的系统功率损耗曲线系数。



EPP 5W Loss Characterisation Coefficient 'a'	EPP 5W Loss Characterisation Coefficient 'b'	EPP 5W Loss Characterisation Coefficient 'c'
3.96613E-06	0.967905808	-106.7031237

EPP 15W Loss Characterisation Coefficient 'a'	EPP 15W Loss Characterisation Coefficient 'b'	EPP 15W Loss Characterisation Coefficient 'c'
3.34658E-06	0.956513437	-462.2822173

BPP Loss Characterisation Coefficient 'a'	BPP Loss Characterisation Coefficient 'b'	BPP Loss Characterisation Coefficient 'c'
4.16528E-06	0.973345679	146.7468568

Signal Strength	92	
TPR	#7 - EPP 5W	
Load Current (mA)	Transmitter Power (mW)	Reported Power (mW)
50	471	607
100	763	889
200	1312	1466
300	1906	2059
400	2494	2648
500	3116	3263
600	3762	3899
700	4278	4516
800	4985	5142
900	5644	5816
1000	6301	6458
1050	6632	6756
1100	6977	7107

Signal Strength	93	
TPR	#MP3- EPP 15W	
Load Current (mA)	Transmitter Power (mW)	Reported Power (mW)
50	836	1345
100	1441	1970
200	2729	3258
300	3892	4565
400	5300	5900
500	6620	7212
600	7976	8569
700	9386	9918
800	10717	11247
900	12164	12650
1000	13736	14124
1100	15141	15495
1150	15976	16259
1200	16593	16837

Signal Strength	102	
TPR	#5- BPP	
Load Current (mA)	Transmitter Power (mW)	Reported Power (mW)
50	432	312
100	730	585
200	1292	1171
300	1876	1757
400	2450	2343
500	3061	2929
600	3686	3594
700	4271	4179
800	4925	4804
900	5574	5468
1000	6241	6093
1050	6590	6445
1100	6923	6757

SS

Figure 23 “SystemPowerLoss_data”页面中的用户输入部分

11. 在下一节中，可以使用该数据对 WLC 电源发射端进行配置。

3.6.2 基于功率损耗的 FOD 调整

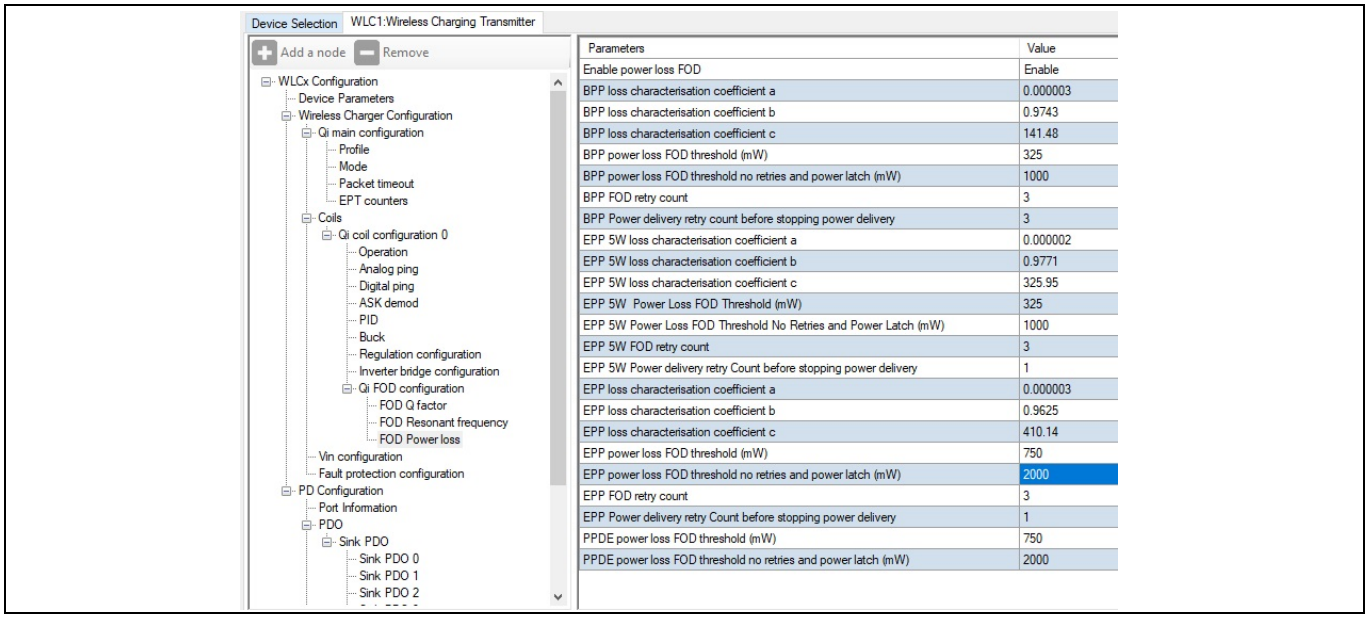


Figure 24 配置工具中的功率损耗设置

Table 3 出了通过功率损耗方法调整 FOD 时所需要的参数。

Table 3 功率损耗配置设置参数

序号	参数	说明
1	Enable power loss FOD (启用功率损耗 FOD)	使用功率损耗方法在固件中启用 FOD 功能。 默认启用。
2	BPP Loss characterisation co-efficient '**a**' (BPP 损耗特性系数'a')	公式 6 中用于 BPP 电源传输模式的系数"a"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.000003。
3	BPP Loss characterisation co-efficient '**b**' (BPP 损耗特性系数'b')	公式 6 中用于 BPP 电源传输模式的系数"b"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.9743。
4	BPP Loss characterisation co-efficient '**c**' (BPP 损耗特性系数'c')	公式 6 中用于 BPP 电源传输模式的系数"c"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 141.48。
5	BPP power loss FOD threshold (mW) (BPP 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	BPP 操作模式的功率损耗阈值 (以 mW 为单位)。参见情况 1。 默认值为 325 mW。
6	BPP power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (BPP 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	BPP 操作模式的最大功率损耗阈值。参见情况 2。 默认值为 1000 mW。

FOD 参数调整

序号	参数	说明
7	BPP FOD retry count (BPP FOD 重试计数)	BPP 设备判定 FOD 的次数 默认值为 3。
8	BPP Power delivery retry count before stopping power delivery (停止电源传输前 BPP 的电源传输重试次数)	BPP 设备判定 FOD 后，电源停止传输重试次数 默认值为 3。
9	EPP 5W loss characterisation coefficient '**a**' (EPP 5W 损耗特性系数'a')	公式 6 中用于 5 W EPP 电源传输模式的系数"a"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.000002。
10	EPP 5W loss characterisation coefficient '**b**' (EPP 5W 损耗特性系数'b')	公式 6 中用于 5 W EPP 电源传输模式的系数"b"。该值在 *SystemPowerLoss_data* 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.9771。
11	EPP 5W loss characterisation coefficient '**c**' (EPP 5W 损耗特性系数'c')	公式 6 中用于 5 W EPP 电源传输模式的系数"c"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 325.95。
12	EPP 5W power loss FOD threshold (mW) (EPP 5W 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	5 W EPP 操作模式的功率损耗阈值。参见情况 1。 默认值为 325 mW。
13	EPP 5W power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (EPP 5W 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	5 W EPP 操作模式的最大功率损耗阈值。参见情况 2。 默认值为 1000 mW。
14	EPP 5W FOD retry count (EPP 5W FOD 重试计数)	EPP 5W 设备判定 FOD 的次数 默认值为 3。
15	EPP 5W Power delivery retry count before stopping power delivery (停止电源传输前 EPP 5W 的电源传输重试次数)	EPP 5W 设备判定 FOD 后，电源停止传输重试次数 默认值为 3。
16	EPP Loss characterisation co-efficient '**a**' (BPP 损耗特性系数'a')	公式 6 中用于 15 W EPP 电源传输模式的系数"a"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.000003。
17	EPP Loss characterisation co-efficient '**b**' (BPP 损耗特性系数'b')	公式 6 中用于 15 W EPP 电源传输模式的系数"b"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.9625。
18	EPP Loss characterisation co-efficient '**c**' (BPP 损耗特性系数'c')	公式 6 中用于 15 W EPP 电源传输模式的系数"c"。该值在 SystemPowerLoss_data 页面中的同名单元格下自动生成。 默认值为 410.14。
19	EPP power loss FOD threshold(mW) (EPP 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	15 W EPP 操作模式的功率损耗阈值。参见情况 1。 其默认值为 750 mW。

序号	参数	说明
20	EPP power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (EPP 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	15 W EPP 操作模式的最大功率损耗阈值。参见情况 2。 默认值为 2000 mW。
21	EPP FOD retry count (EPP FOD 重试计数)	EPP 15W 设备判定 FOD 的次数 默认值为 1。
22	EPP Power delivery retry count before stopping power delivery (停止电源传输前 EPP 的电源传输重试次数)	EPP 15W 设备判定 FOD 后，电源停止传输重试次数 默认值为 1。
23	PPDE power loss FOD threshold (mW)(PPDE 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	PPDE 可能存在 FO 的阈值 默认值为 750 mW。
24	PPDE power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (PPDE 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	PPDE 存在某个 FO 的阈值 默认值为 2000 mW。

3.7 SREF_WLC_TX50W_N1 的系统功率损耗曲线系数调整

电源发射端具有四种操作模式：

- EPP15:使用 TPR#MP3
- EPP5W: 使用 TPR#7
- BPP: 使用 TPR#5
- 英飞凌高功率专有协议：使用英飞凌高功率接收器

本节介绍了有关调整全部四种操作模式下 FOD 功能参数的详细信息。

系统功率损耗曲线系数调整需要用户进行调整设置。有关 WPC 许可的合规性测试仪列表的详细信息，请访问 WPC 成员登录页面。有关所需工具的信息，请参阅第 3.2 节；有关硬件设置的详细信息，请参见第第 3.3 节。有关该调整过程所需的基于 WPC 许可合规性测试仪的实验设置列表详情，请访问 WPC 成员登录页面。

3.7.1 数据采集和系统损耗曲线系数计算

1. 在合规性测试工具用户界面上进入高级模式。
2. 将 TPR#MP3 连接到用于 EPP15 的合规性测试仪。请访问 WPC 成员登录页面，了解有关合规性测试工具列表的详细信息，并将其放置在发射端界面表面上。
3. 在 Power load (电源负载) 选项卡中选择 Current load (电流负载) 项。
4. 确保发射端和接收器线圈之间的最佳对齐。详见附录 A。

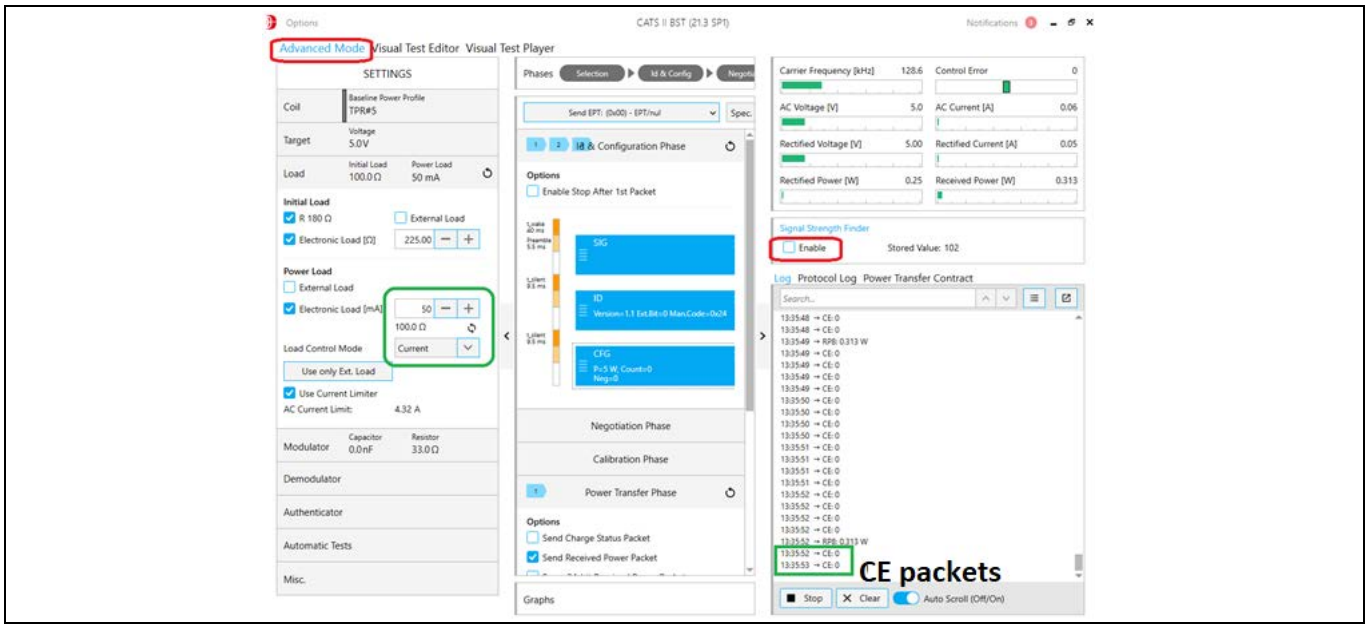


Figure 25　　参考合规性测试仪上信号强度、CE 数据包、高级模式、电子负载选择的用户界面

5. 打开无线充电配置程序并通过 I2C 接口连接所需设备，如 Figure26 所示。
6. 从设备选择选项卡中选择所需设备。
7. 打开 Read from device (从设备中读取) 选项卡配置禁用“Q factor and resonance frequency FOD enable”和“Enable power loss FOD”等参数，如 Figure 27 所示。
8. 调用 Configure Device (配置设备) 操作来更新设备的 Flash。
9. 使用工具栏或工具菜单中可用的选项打开 **System Loss Calibration** (系统损耗校准) 选项卡。
10. 根据操作模式从 Test Power receiver type (测试功率接收器类型) 下拉菜单中选择 TPR 类型，如 Figure28 所示。
11. 从 **Select load** (选择负载) 下拉菜单中选择以百分比表示的负载值。负载百分比以功率百分比定义。电流值或电阻值可以从接收器输出电压中导出。
12. 点击 **Start calibration** (开始校准) 按钮，以从设备中读取功率值，如 Figure29 所示。程序轮询设备，直到读取完数值为 0、1 和 -1 的两个 CEP 数据包为止，确保负载处于稳定状态。
13. 将负载增加到下一个数值并重复第 9 和 10 步骤。
14. 读取所有负载值的功率值后，为选定的 TPR 类型启用 **Calculate coefficient** (计算系数) 按钮。
15. 点击 Calculate coefficient 按钮，以计算并显示损耗曲线系数。Figure 30 显示了为 EPP15 测试功率接收器计算的系数。
16. 从活动 TPR 表中复制 FOD 系数，然后关闭 **System Loss Calibration** 选项卡。
17. 打开 **Read from device** 选项卡配置启用“Q factor and resonance frequency FOD enable”和“Enable power loss FOD”等参数，用于 FO 检测。
18. 在静态配置的适当文本框中更新所复制的系数，如 Figure 31 所示。
19. 调用 Configure Device 操作。该配置将被更新到设备的 Flash 中。
20. 分别对 TPR#7 和 TPR#5 重复执行步骤 2 到步骤 17，以便使用计算好的系数对 EPP5 和 BPP 进行校准。
21. 对于英飞凌高功率专有协议，在恒流模式下使用任何电子负载 (30 V – 5 A 兼容)，并对英飞凌高功率接收器重复执行步骤 5 到步骤 17。

Note:　　*如果设备的运行模式与选定的 TPR 匹配，则将计算出的系数更新到设备中，否则在弹出式窗口中显示错误。通过 Clear data (清除数据) 选项，可以清除 System loss calibration 窗口中存在的所有数据。当 System loss calibration 窗口打开时，静态配置功能将被禁用。*

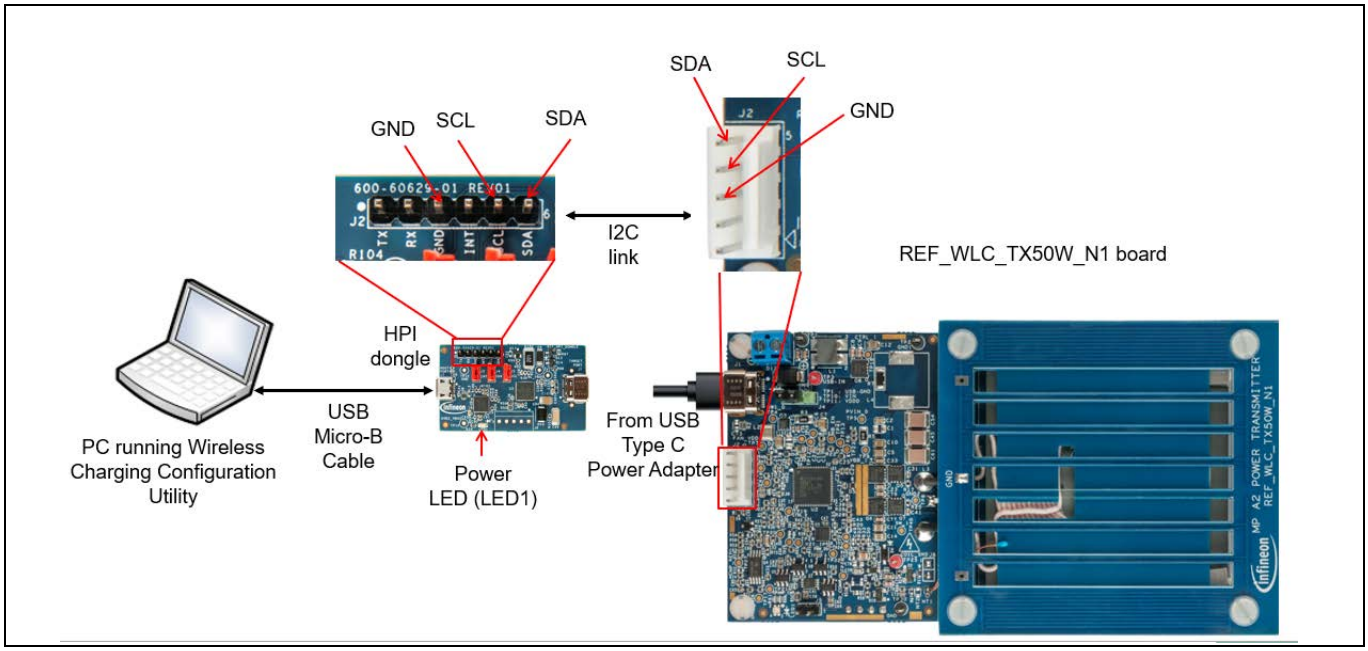


Figure 26　　连接无线发射端和调试器的 I2C 接口

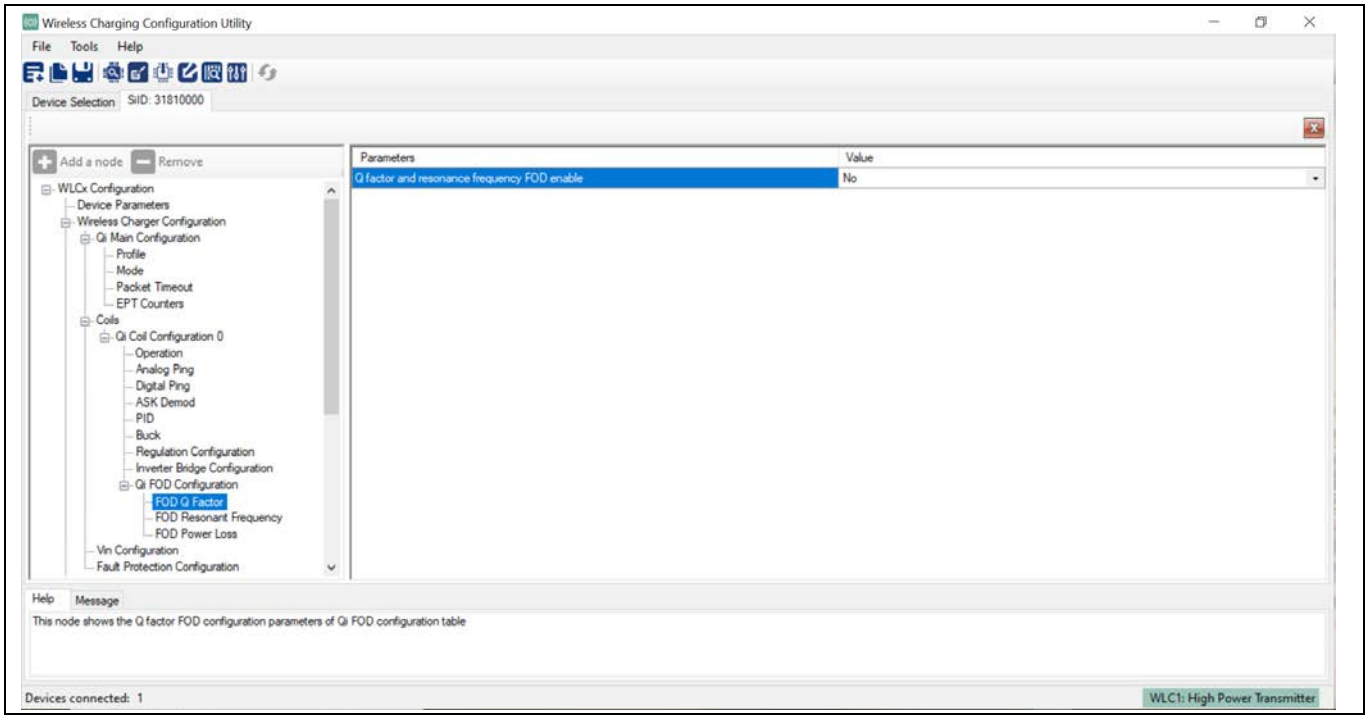


Figure 27　　用于更新参数的静态配置界面

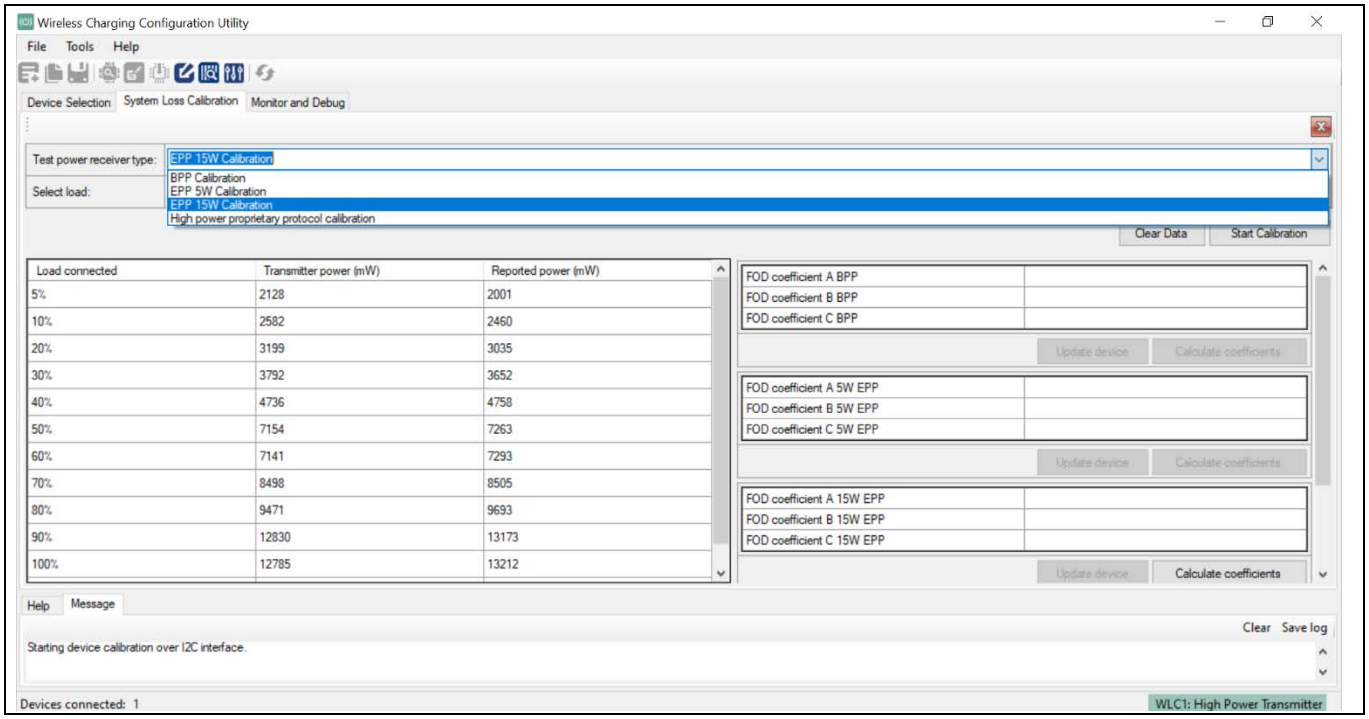


Figure 28　　配置实用程序中用于选择 TPR 的系统损耗校准界面

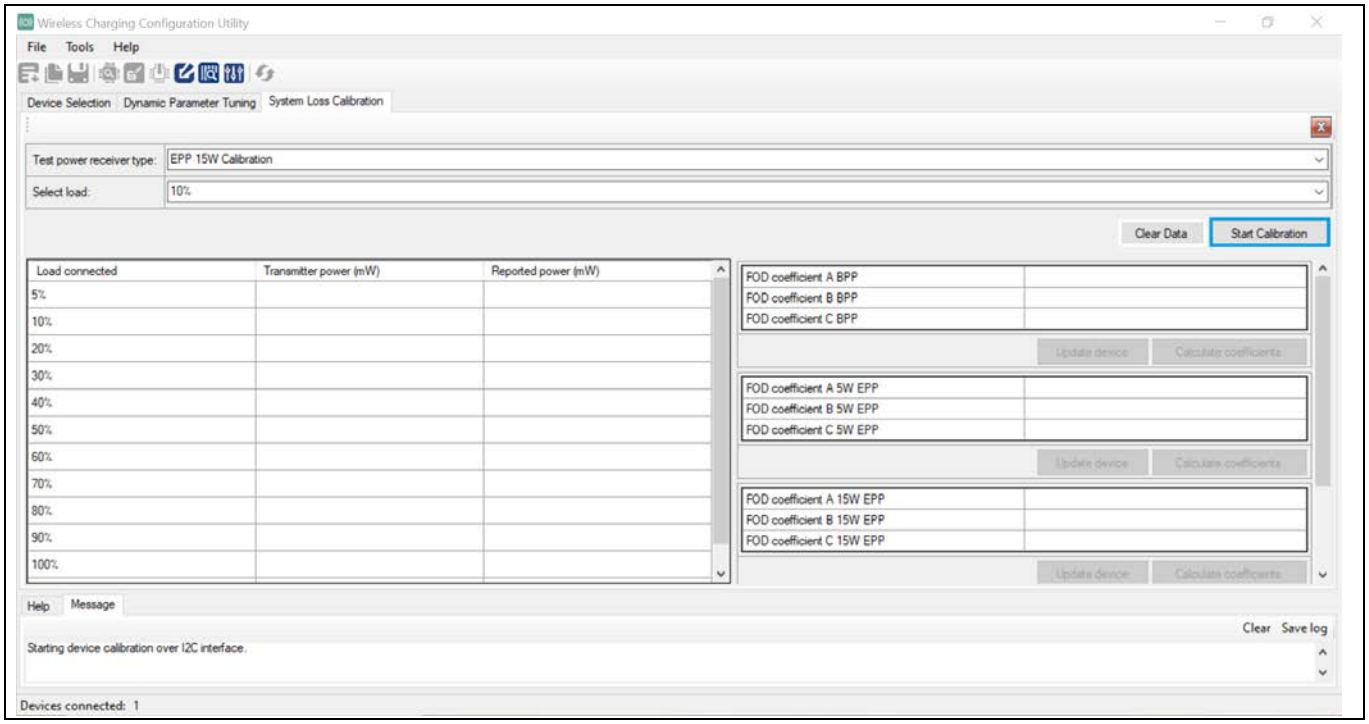


Figure 29　　配置实用程序中用于校准的系统损耗校准界面

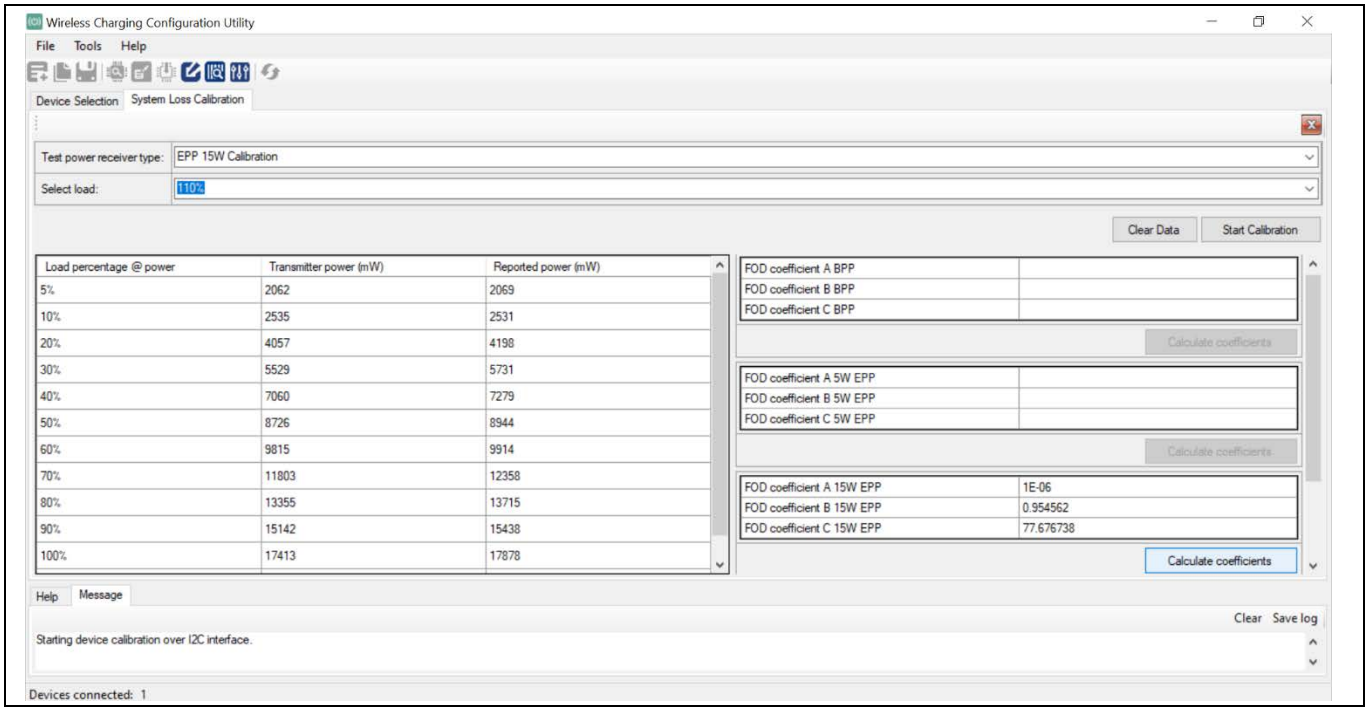


Figure 30　　配置实用程序中用于计算系数的系统损耗校准界面

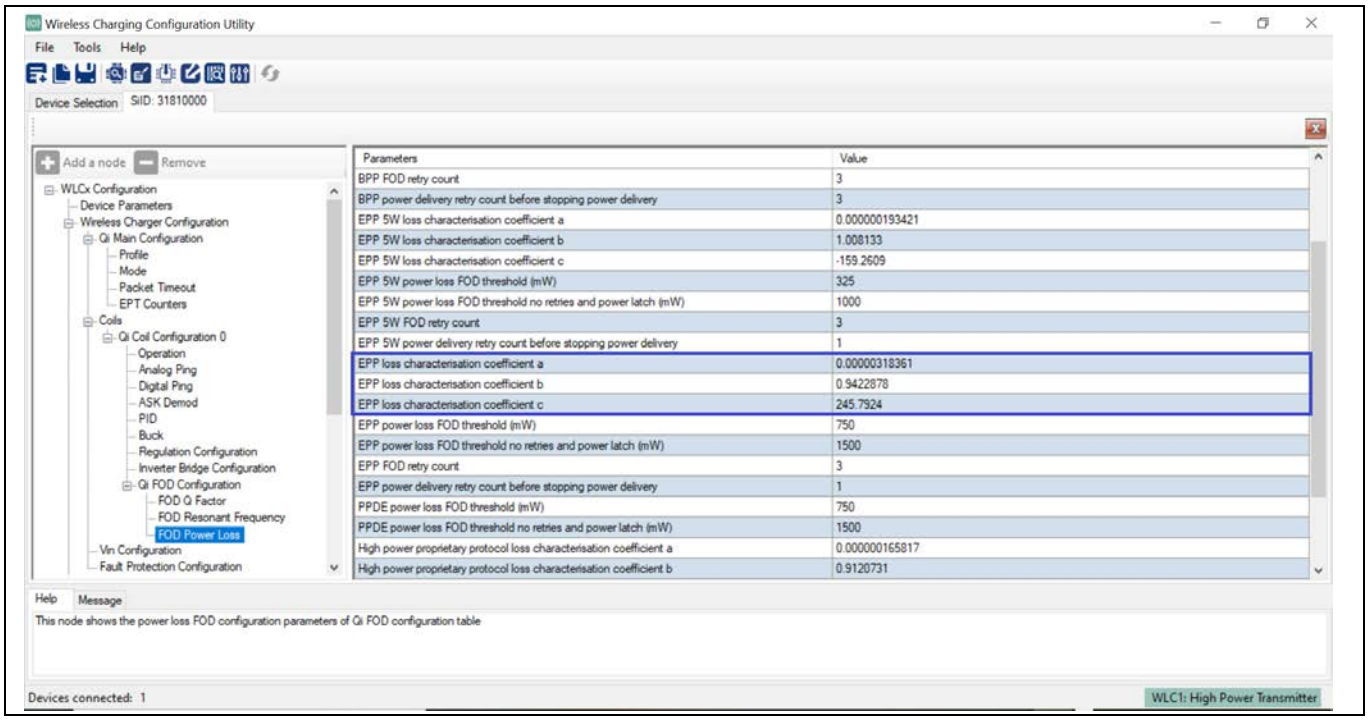


Figure 31　　用于更新 Flash 中的参数的静态参数调整界面

3.7.2 基于功率损耗的 FOD 调整

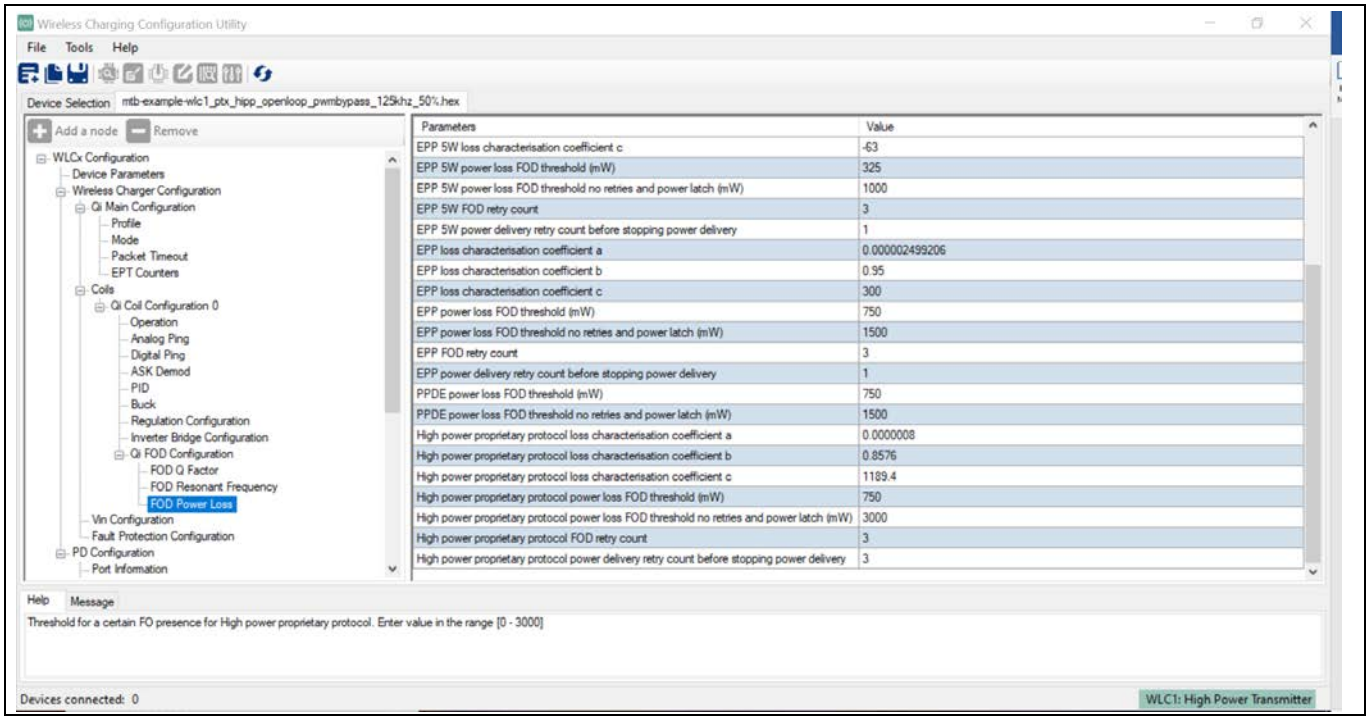


Figure 32 配置工具中的功率损耗设置

Table 4 出了通过功率损耗方法调整 FOD 时所需要的参数。

Table 4 功率损耗配置设置参数

S. no.	Parameter	Description
1	Enable power loss FOD (启用功率损耗 FOD)	使用功率损耗方法在固件中启用 FOD 功能。 默认启用。
2	BPP Loss characterisation co-efficient '**a**' (BPP 损耗特性系数'a')	公式 6 中用于 BPP 电源传输模式的系数"a"。 该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.00000250874。
3	BPP Loss characterisation co-efficient '**b**' (BPP 损耗特性系数'b')	公式 6 中用于 BPP 电源传输模式的系数"b"。 该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.9762962。
4	BPP Loss characterisation co-efficient '**c**' (BPP 损耗特性系数'c')	公式 6 中用于 BPP 电源传输模式的系数"c"。 该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 126.0797。
5	BPP power loss FOD threshold (mW) (BPP 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	BPP 操作模式的功率损耗阈值 (以 mW 为单位)。参见情况 1。 默认值为 325 mW。

FOD 参数调整

S. no.	Parameter	Description
6	BPP power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (BPP 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	BPP 操作模式的最大功率损耗阈值。参见情况 2。 默认值为 1000 mW。
7	BPP FOD retry count (BPP FOD 重试计数)	BPP 设备判定 FOD 的次数 默认值为 3。
8	BPP Power delivery retry count before stopping power delivery (停止电源传输前 BPP 的电源传输重试次数)	BPP 设备判定 FOD 后，电源停止传输重试次数 默认值为 3。
9	EPP 5W loss characterisation coefficient '**a**' (EPP 5W 损耗特性系数'a')	用于 5W EPP 电源传输模式的系数"a"。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.000000193421。
10	EPP 5W loss characterisation coefficient '**b**' (EPP 5W 损耗特性系数'b')	用于 5W EPP 电源传输模式的系数"b"。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 1.008133。
11	EPP 5W loss characterisation coefficient '**c**' (EPP 5W 损耗特性系数'c')	用于 5W EPP 电源传输模式的系数"c"。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为-159.2609。
12	EPP 5W power loss FOD threshold (mW) (EPP 5W 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	5 W EPP 操作模式的功率损耗阈值。参见情况 1。 默认值为 325 mW。
13	EPP 5W power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (EPP 5W 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	5 W EPP 操作模式的最大功率损耗阈值。参见情况 2。 默认值为 1000 mW。
14	EPP 5W FOD retry count (EPP 5W FOD 重试计数)	EPP 5W 设备判定 FOD 的次数 默认值为 3。
15	EPP 5W Power delivery retry count before stopping power delivery (停止电源传输前 EPP 5W 的电源传输重试次数)	EPP 5W 设备判定 FOD 后，电源停止传输重试次数 默认值为 1。
16	EPP Loss characterisation co-efficient '**a**' (BPP 损耗特性系数'a')	用于 15W EPP 电源传输模式的系数"a"。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.00000318361。
17	EPP Loss characterisation co-efficient '**b**' (BPP 损耗特性系数'b')	用于 15W EPP 电源传输模式的系数"b"。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.9422878。

FOD 参数调整

S. no.	Parameter	Description
18	EPP Loss characterisation co-efficient ‘**c**’ (BPP 损耗特性系数‘c’)	用于 15W EPP 电源传输模式的系数“c”。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 245.7924。
19	EPP power loss FOD threshold(mW) (EPP 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	15 W EPP 操作模式的功率损耗阈值。参见情况 1。 其默认值为 750 mW。
20	EPP power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (EPP 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	15 W EPP 操作模式的最大功率损耗阈值。参见情况 2。 默认值为 1500 mW。
21	EPP FOD retry count (EPP FOD 重试计数)	EPP15W 设备判定 FOD 的次数 默认值为 1。
22	EPP Power delivery retry count before stopping power delivery (停止电源传输前 EPP 的电源传输重试次数)	EPP 15w 设备判定 FOD 后，电源停止传输重试次数 默认值为 1。
23	PPDE power loss FOD threshold (mW)(PPDE 功率损耗 FOD 阈值 (mW))	PPDE 可能存在 FO 的阈值 默认值为 750 mW。
24	PPDE power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (PPDE 功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	PPDE 存在某个 FO 的阈值 默认值为 1500 mW。
25	Infineon High Power Proprietary Protocol loss characterisation coefficient ‘a’ (英飞凌高功率专有协议损耗特性系数‘a’)	用于 50 W 英飞凌高功率专有协议电源传输模式的系数“a”。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.000000165817。
26	Infineon High Power Proprietary Protocol loss characterisation coefficient ‘b’ (英飞凌高功率专有协议损耗特性系数‘b’)	用于 50 W 英飞凌高功率专有协议电源传输模式的系数“b”。该值在 **System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 0.9120731。
27	Infineon High Power Proprietary Protocol loss characterisation coefficient ‘c’ (英飞凌高功率专有协议损耗特性系数‘c’)	用于 50 W 英飞凌高功率专有协议电源传输模式的系数“c”。**该值在 System Loss Calibration** 选项卡中的同名单元格下自动生成。 默认值为 1321.419。
28	Infineon High Power Proprietary Protocol power loss FOD threshold (mW) (英飞凌高功率专有协议功率损耗 FOD 阈值 (mW))	50 W 英飞凌高功率专有协议操作模式的功率损耗阈值。参见情况 1。 默认值为 750 mW。
29	Infineon High Power Proprietary Protocol power loss FOD threshold no retries and power latch (mW) (英飞凌高功率专有协议功率损耗 FOD 阈值无重试和功率锁存 (mW))	50 W 英飞凌高功率专有协议操作模式的最大功率损耗阈值。参见情况 2。 默认值为 2000 mW。

FOD 参数调整

S. no.	Parameter	Description
30	Infineon High Power Proprietary Protocol FOD retry count (英飞凌高功率专有协议重试计数)	英飞凌 50W 高功率设备判定 FOD 的次数 默认值为 3。
31	Infineon High Power Proprietary Protocol Power Delivery retry count before stopping Power Delivery (停止电源传输前英飞凌高功率专有协议的电源传输重试次数)	英飞凌 50W 设备判定 FOD 后，电源停止传输重试次数 默认值为 3。

4 FOD 功能验证

使用 Qi 合规性测试套件进行的以下测试可以确保 BPP 设备中 FOD 参数的适当调整:

1. 测试#25 (a)
2. 测试#25 (b)
3. 测试#25 (c)
4. 测试#25 (d)

使用 Qi 合规性测试套件进行的以下测试可以确保 EPP 设备中 FOD 参数的适当调整:

1. MP.TX.FOD.OPERATE.FOD.REACT.TC1
2. MP.TX.FOD.OPERATE.FOD.REACT.TC1a
3. MP.TX.FOD.OPERATE.FO.CRIT.TC1
4. MP.TX.FOD.OPERATE.FO.CRIT.TC1a
5. MP.TX.FOD.BEFOREPOWER.FO.CRITIC.TC1
6. MP.TX.FOD.BEFOREPOWER.FO.CRITIC.TC1a

测试 1 和 2 验证了 EPP 设备的 Threshold_max 设置。关键区域测试 (3 到 6) 验证了 Q 因子和阈值设置。有关 Qi 推荐的验证测试设置、测试流程和合格标准所需要的工具详情，请参阅[8]。

通过在线圈中心的界面上放置一枚美国 5 毛硬币或一枚印度 2 ₹ 硬币，可以测试空板 FO。可以通过 FO UI (FO 指示的用户手册) 指示该情况。

下面测试可以确保英飞凌高功率设备的适当 FOD 参数调整:

1. 当将英飞凌高功率接收器放置在距离发射端线圈中心 4 毫米的半径范围内时，在空载到满载的情况下，检查无错误的 FO 检测。
2. 对于 Qi 推荐的 FO (FO1、FO2、FO3 和 FO4) 检测，请按照以下程序进行操作:
   a) 更新 PTx 中已调整 FOD 的固件。
   b) 将 PTX 和 IFx RX 放在居中对齐的位置。
   c) 对于电源传输期间的 FOD 测试 (方法 1):
   - 打开电源并检查接收器输出电压是否被调节为 20 V。
   - 将 IFx Rx 的负载提高到 50 瓦 (CR = 8 欧姆)。
   - 在电源传输期间，将 (各个) FO 放置在距离 PTx/PRx 对齐中心 30 毫米的位置。
   - 每 10 秒将该 FO 向中心移动 2 毫米 (步长)。
   - 务必确保 FO 的温度不超过 60°C。 可以通过 NOK9 测量该温度，如 Figure23 所示。
   - 通过 LED 指示或 UART 观察 FO 检测。
   - 观察：FO 检测范围必须为距离 PTx/PRx 对齐中心约 10 至 15 毫米。
   d) 对于电源预备传输前的 FOD 测试 (方法 2)：
   - 将 (各个) FO 放置在距离 PTx/PRx 对齐中心 5 毫米的位置。
   - 给 PTx 供电。
   - 通过 LED 指示或 UART 观察 FO 检测。
   - 对于 UART 分析：EPT =7 提供了电源预备传输前 FO 检测的明确指示。

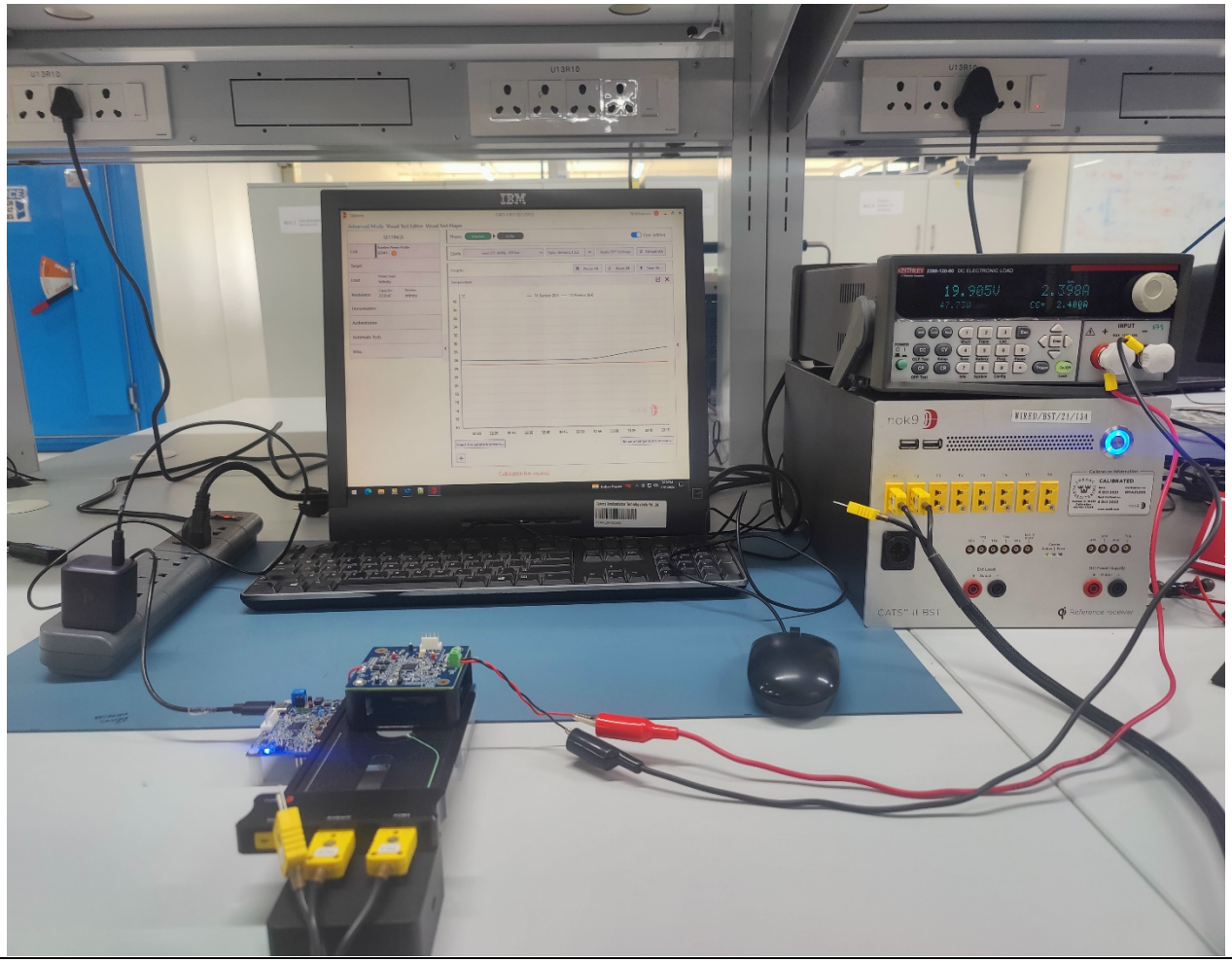


Figure 33　　英飞凌高功率接收器的 FOD 验证

5 调整过程检查表

1. 将 TPR 移向发射端的表面时请小心操作。请确保进行细微的移动，从而避免对发射端或接收器造成机械或电气损坏。
2. 确保对测试设备进行适当的 EMI 放电。
3. 确保在负载斜坡测试期间 TPR 的功率处于预期的电流负载范围内。
4. 确保在 TPR 和发射端之间提供最佳的信号强度对齐。请参阅附录 A，查找最佳的信号强度。
5. 确保在调整功率损耗 FOD 参数时考虑了正确的偏移值。更多信息，请参见附录 B。
6. 确保界面表面上或发射端线圈附近 (受影响的区域) 不存在任何 FO。
7. 在按照第 4 节对设计进行验证前，确保正确启用了 FOD 功能。
8. 对 FO 温度进行监控并采取适当措施来避免对 Rx 和 Tx 造成损坏。
9. 确保在调整过程完成后将‘调试打印’设置为默认值。
10. 按照第 4 节介绍的内容验证 FOD 功能。为确保完全符合 Qi 标准，建议在 WPC 推荐的 ATL 中进行合规性测试。

6 首字母缩略词/缩略词

Table 5 首字母缩略词/缩略词

首字母缩略词/缩略词	定义
USB PD	通用串行总线电源传输
DUT/EUT	待测器件/待测设备
TX	发射端
RX	接收器
BPP	基础电源
EPP	扩展电源
TPR	测试电源接收器
ASK	幅移键控
FSK	频移键控
WPT	无线电源传输
CE	控制错误
CEP	控制错误数据包
FO	异物
OVP	过压保护
OCP	过电流保护
UVP	欠压保护
FOD	异物检测
PCB	印刷电路板
EMI	电磁干扰
NTC	负温度系数
UART	通用异步接收器/发射端
LED	发光二极管
RPP	接收的电源数据包
RP	接收的电源
NAK	无应答数据包 (FSK 响应)
ACK	应答数据包 (ASK 响应)
RF	谐振频率
IFx	英飞凌接收器

7 附录 A – 查找信号强度

注意: 对于每个合规性测试仪，该过程都是唯一的。

1. 在合规性测试工具中启用 Signal Strength Finder (信号强度查找器)。参见 Figure 34。
2. 确保在最大信号强度条件下放置了 TPR (与发射端线圈实现最佳对齐)。
3. 对齐过程完成后，禁用信号强度查找器。

8 附录 B – 接收到的功率偏移

注意: 该部分特定于合规性测试仪，并可能会发生变化。欲了解更多信息，请联系销售人员。

在 Qi 合规性测试仪 Advanced (高级) 模式下的 Power Transfer Phase (电源传输相位) 设置中，所接收的功率偏移是一个可修改的参数 (参见 Figure 34)。

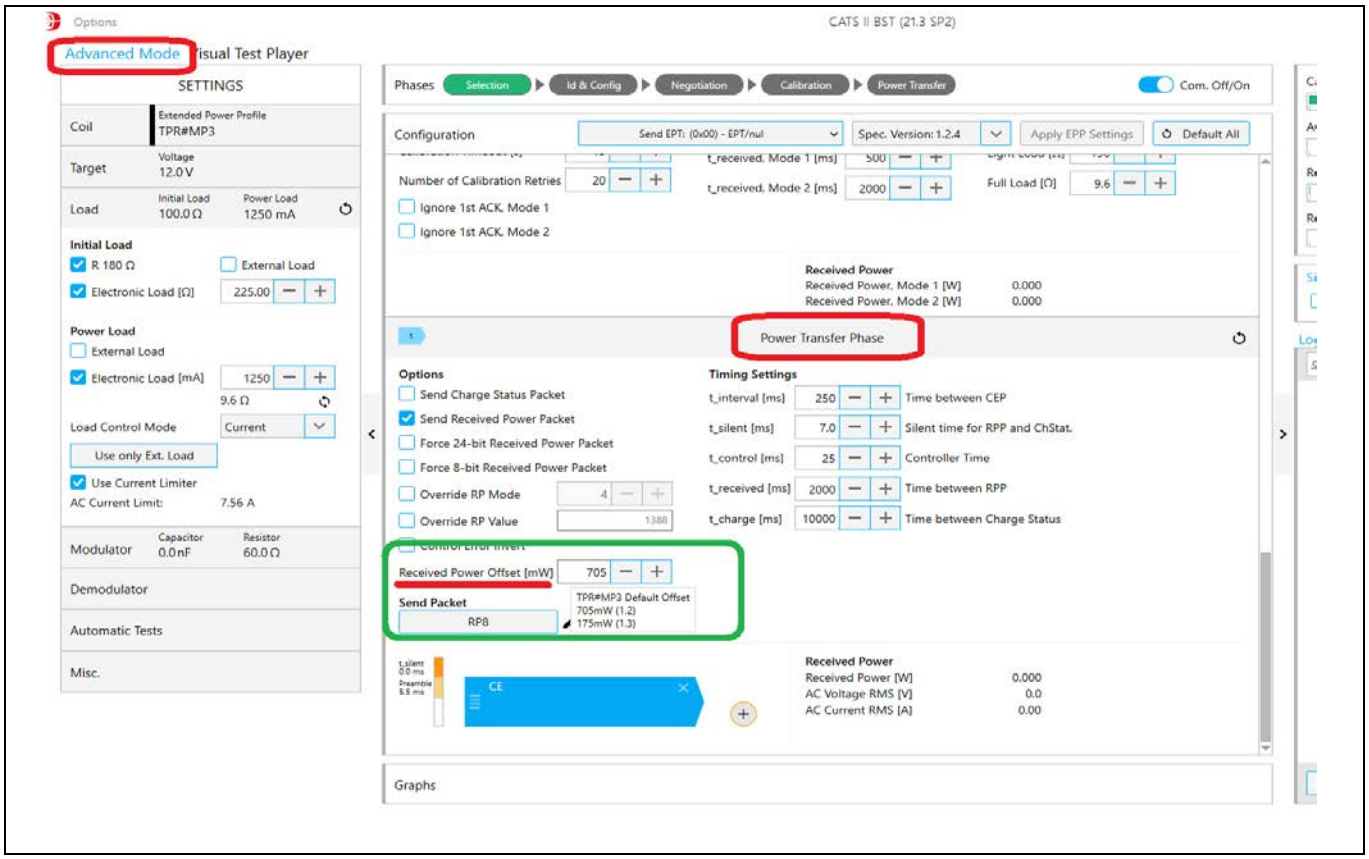


Figure 34 高级模式下所接收的功率偏移

在高级操作模式下，所接收的功率偏移决定了系统功率损耗系数的准确性。使用该系数可以计算系统功率损耗。对于 Qi 1.2 和 Qi 1.3，所接收的功率偏移的默认值将有所不同，并可能会因 Qi 合规性测试和保证功率 (GP) 测试不同而发生变化。下表提供了各种 Qi 版本和 GP 测试的接收功率偏移 (mW) 的默认值:

Table 6 在合规工具中观察到的接收器功率偏移

TPR	Qi 1.2	Qi 1.3	GP 测试
TPR#MP3	705	175	705
TPR#7	335	335	335
TPR#5	35	35	35

进行校准时，请将 GP 值作为偏移值使用。

9 附录 C – 使用无线充电配置程序启用 UART 日志

Note: *系统中尚未启用 UART 日志。未使用 UART 日志时，用户必须禁用该项。在 UART 日志被禁用的情况下测试了标准系统行为。*

通过启用无线充电配置实用程序中发射端“Profile” (配置文件) 页面内的以下参数，可以启用 UART 日志 (参见 Figure 35)。

1. UART 启用
2. 关键信息启用
3. 信息启用
4. 将调试启用设置为 Level 1 (等级 1)

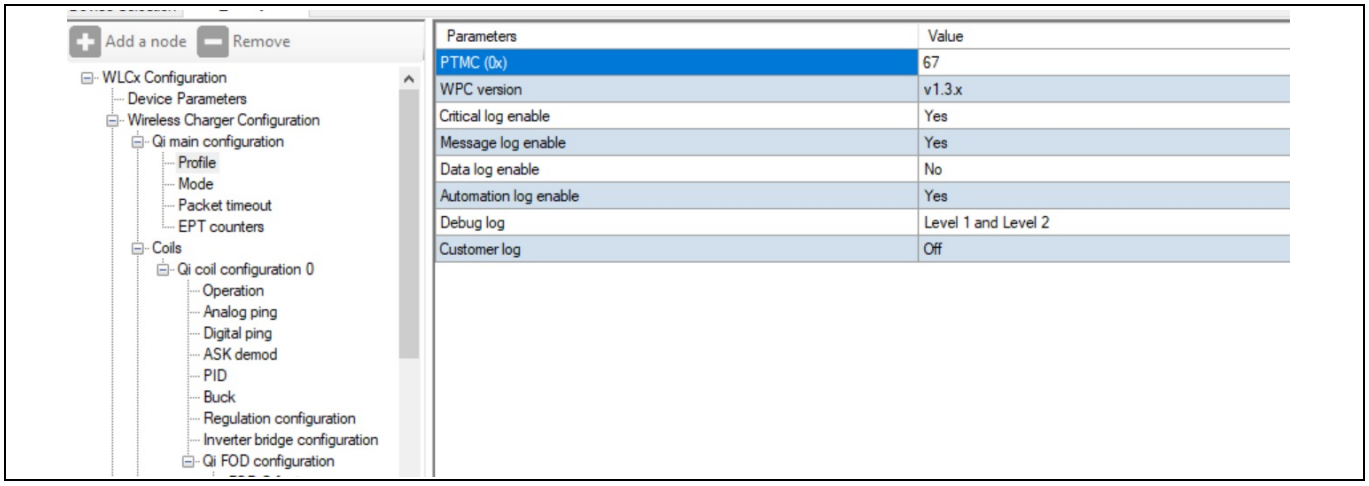


Figure 35 用于启用 UART 日志的配置文件页面设置

该过程完成后，要将这些更改恢复为默认值。由于 UART 日志占用了处理器资源，因此建议禁用 UART 日志，从而可以优化 WLC 电源发射端的性能。

10 参考材料

[1] Qi 标准版本 1.3.x

[2] Qi 标准 (版本 1.3.1)，“异物检测”章节

[3] Qi 标准 (版本 1.3.2)，“异物检测”章节

[4] 两点校准 — 第 12 部分中的第 11.4.3.1 节，Qi 标准版本 1.2.4

[5] 基于校准功率损耗核算的 FOD – 第 12 部分中的第 11.4 节，Qi 标准版本 1.2.4

[6] (外部链接) WPC 的 ATL 列表

[7] 第 3 部分中的第 5.4.3.3 节，“合规性测试”，Qi 标准版本 1.2.4

[8] 第 12 部分中的第 11.3.3 节，“参考质量因子的定义”，Qi 标准版本 1.2.4

[9] 第 3 部分的第 5.4.3 节，“异物检测”，Qi 标准版本 1.2.4

[10] 002-34843：无线充电配置实用程序用户指南

[11] 参考电路板: REF_WLC_TX15W_C1 无线电源发射端参考电路板

[12] 产品数据手册: WLC1115，即为集成了 USB Type-C PD 接收源控制器的 15W 无线电源发射端

[13] Q 因子— 分析和见解

[14] 附录 A: 确定参考 FOD 值，Qi-V1.3.2 规范中的 FOD 章节

[15] 参考电路板：REF_WLC_TX50W_N1 无线电源发射端参考电路板

文档修订记录

版本	提交日期	变更说明
**	2022-06-17	翻译自: 002-34970 Rev. **
*A	2023-03-22	翻译自: 002-34970 Rev. *A

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2023-03-22
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2023 Infineon Technologies AG. All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?
Go to www.infineon.com/support

Document reference
002-35683 Rev. *A

重要提示

本文档所提供的任何信息**绝不应当**被视为针对任何条件或者品质而做出的保证（质量保证）。英飞凌对于本文档中所提及的任何事例、提示或者任何特定数值及/或任何关于产品应用方面的信息均在此明确声明其不承担任何保证或者责任，包括但不限于其不侵犯任何第三方知识产权的保证均在此排除。

此外，本文档所提供的任何信息均取决于客户履行本文档所载明的义务和客户遵守适用于客户产品以及与客户对于英飞凌产品的应用所相关的任何法律要求、规范和标准。
本文档所含的数据仅供经过专业技术培训的人员使用。客户自身的技术部门有义务对于产品是否适宜于其预期的应用和针对该等应用而言本文档中所提供的信息是否充分自行予以评估。

警告事项

由于技术所需产品可能含有危险物质。如需了解该等物质的类型，请向离您最近的英飞凌科技办公室接洽。

除非由经英飞凌科技授权代表签署的书面文件中做出另行明确批准的情况外，英飞凌科技的产品不应当被用于任何一项一旦产品失效或者产品使用的后果可被合理地预料到可能导致人身伤害的任何应用领域。