
IS2066B 无线立体声技术参考设计应用笔记

简介

本应用笔记介绍 Microchip IS2066B 芯片基础应用的参考设计，其中包括用于耳塞/耳机的 Bluetooth® 无线立体声技术（Wireless Stereo Technology, WST）。

目录

简介.....	1
1. 快速参考.....	4
1.1. 参考文档.....	4
2. 硬件指南.....	5
2.1. 布局和布线指南.....	5
2.2. 电源和地.....	5
2.3. RF 走线和元件.....	5
2.4. 抗干扰指南.....	5
2.5. 天线指南.....	6
2.6. 参考 PCB.....	6
2.7. 降压布线指南.....	6
2.8. 旁路电容布局和布线.....	8
2.9. 晶振布线和布局.....	9
2.10. 音频/语音接口布线.....	10
2.11. 模拟麦克风输入.....	10
2.12. WST 耳塞框图.....	11
2.13. 充电盒框图.....	12
2.14. 自动嵌入模式.....	13
2.15. 手动嵌入式模式.....	13
2.16. 通用输入输出.....	13
2.17. IS2066B 电源树.....	14
2.18. 导电 RF 测量设置.....	14
3. 天线注意事项.....	16
3.1. 天线回波损耗.....	16
3.2. 天线布局.....	17
4. 参考电路.....	18
5. 量产测试板设计.....	21
5.1. IS2066B 的 MP 工具流程.....	21
5.2. MPBT DUT 测试板设计.....	22
5.3. MPMF 1X2 装置.....	26
6. 附录 A—Edgar III 电路板电路.....	30
7. 文档版本历史.....	31
Microchip 网站.....	32
产品变更通知服务.....	32
客户支持.....	32
Microchip 器件代码保护功能.....	32

法律声明.....	32
商标.....	33
质量管理体系.....	33
全球销售及服务网点.....	34

1. 快速参考

1.1 参考文档

如需进一步研究，请参见以下文档：

- *IS2066B - Bluetooth® Wireless Stereo Technology ROM SoC Data Sheet* (DS70005398C)

2. 硬件指南

本节介绍实现最佳性能的硬件指南。

2.1 布局和布线指南

为实现最佳 RF 性能，确保遵循以下建议：

- 电路板必须具有稳固的地平面。设备的中间接地焊盘必须使用过孔牢固地连接到内层地平面。
- 建议使用四层或更多层 PCB。
- 为避免电磁干扰，电路板上的天线与大型金属物体之间应保持安全距离。
- 切勿将 PCB 天线封装在金属屏蔽层内。
- 任何会产生 2.4 GHz 至 2.5 GHz 频段辐射噪声或信号的元件均应远离天线，或最好屏蔽这些元件。主板若产生任何该频段范围的辐射噪声都会降低系统的灵敏度。

2.2 电源和地

建议将一个内层作为地平面。确保布线不会破坏接地层。电源路径可通向除接地层之外的所有层。供电轨必须加宽，以确保最低电感和电阻。内核 IC 的电源引脚必须通过过孔直接布线到电源平面，过孔的位置必须尽可能靠近该引脚。去耦电容的引脚旁必须有一个直接通向电源平面的过孔，也就是说，电容连接到电源平面的走线不宜过长。去耦电容的接地侧在紧靠焊盘的位置必须有一个直接通向地平面的过孔。每个去耦电容在紧靠焊盘的位置都必须有一个直接通向地平面以及电源平面的过孔。去耦电容必须尽可能靠近需要滤波的引脚。

2.3 RF 走线和元件

从 IS2066B 的 RF_RTX 引脚至天线的 RF 走线的特性阻抗必须为 50Ω 。参考设计布线图中提供了 RF 设计的建议布线和布局（RF_RTX 连接）。这些阻抗匹配走线必须参考下层的地平面，并根据所用的介电材料和铜箔的重量进行调整。任何其他走线都不得穿过 RF 走线和参考地平面之间各层的 RF 区域。切勿在任何层的 RF 区域布设其他走线。该参考地平面必须覆盖调谐器的整个下方区域。

一定要尽可能多放接地过孔。在整个 RF 走线的布线区域内沿着 RF 走线将所有接地层连接在一起（接地缝合）。对于 RF 元件周围的每个接地焊盘，至少添加两个接地过孔。将所有接地过孔沿 RF 走线放在两侧。

通过至少四个过孔，将 IS2066B 的中间接地焊盘连接至内接地层，最好每个接地焊球一个过孔，并且过孔应靠近焊球。从接地焊盘至地平面的接地路径的阻抗必须尽可能低。

RF 路径中所有元件的接地焊盘均不得使用散热式焊盘。这些元件焊盘必须填充接地铜箔。

确保天线至 IS2066B 的走线尽可能短，并且与电路板上的所有其他信号完全隔离。电路板任何层的这种走线下方都不得路由信号。当 IS2066B 工作时，确保所有跳变的数字信号均远离天线。数字信号不得靠近天线。电路板上的所有数字元件和开关稳压器都必须进行屏蔽处理，以避免天线的噪声干扰。

2.4 抗干扰指南

干扰会向天线辐射噪声，或将噪声耦合到 RF 走线，因此会影响电路板上的 RF 接收器的性能。

- 确保天线或 RF 走线附近没有任何会产生噪声的电路。所有会产生噪声的电路都必须屏蔽，这样天线就不会接收到辐射噪声。
- 确保 IS2066B 输入的 RF 电路部分下方没有布设任何走线。
- 确保从天线至 IS2066B 的 RF 走线下方没有布设任何走线。这适用于所有层。
- 即使 RF 走线与其他信号之间的某一层有地平面，地回路电流也会在地平面上流动，并耦合到 RF 走线中。

2.5 天线指南

为实现最佳 RF 性能，确保遵循以下建议：

- 务必选择能够覆盖 2.4 GHz 至 2.5 GHz 频段的天线。
- 确保天线的 PCB 焊盘采用 50Ω 阻抗设计，走线阻抗也为 50Ω。天线供应商必须指定焊盘尺寸、焊盘至参考地平面的间距以及焊盘边沿至焊盘同一层接地填充的间距。由于 50Ω 走线的参考地平面从天线焊盘连接至 IS2066B，因此可能与天线焊盘的参考地处于不同层。设计焊盘时一定要考虑如何从焊盘平滑过渡到 50Ω 走线。
- 天线匹配元件应尽可能放在靠近天线焊盘的位置。如果匹配元件远离天线，就无法匹配天线。

2.6 参考 PCB

建议使用厚度为 0.8 mm 的四层印刷电路板（Printed Circuit Board，PCB），如下表所示。

表 2-1. PCB 制造规范

参数	值
SM 阻焊层	0.01 mil
顶层铜箔+电镀层	1 OZ/1.4 mil
半固化片	FR4 8.8 mil
金属 1	1 OZ/1.4 mil
内核 2	衬底 FR4 8.8 mil（可根据总厚度调整）
金属 2	1 OZ/1.4 mil
半固化片	FR4 8.8 mil
底层铜箔+电镀层	1 OZ/1.4 mil
SM 阻焊层	0.01 mil
总厚度	31.4 mil = 0.8 mm

1. FR4，四层，PCB 厚度为 0.8 mm
2. 2.4 GHz 顶层和底层的 50Ω 走线宽度为 6 mil
3. 2.4 GHz 顶层和底层的 50Ω 走线间距为 6 mil

2.7 降压布线指南

为实现最佳降压输出电压性能，确保遵循以下建议：

- 降压电路的电感和电容必须放在同一层，并且靠近 IS2066B。
- 降压走线宽度必须至少为 10 mil。
- 降压输入：请参见图 2-1 和图 2-2。降压输入电容 C25 只能放在尽可能靠近引脚#F4（BK1_VDD）的位置；不要让任何电容靠近#C9（BK2_VDD）。降压输入布线路径的顺序为从 SYS_PWR 至 C25，然后将 C25 分别连接至引脚#C9 和#F4（待定——下图并未对此进行说明）。
- 降压输出：请参见图 2-1 和图 2-2。以引脚#E9（BK2_O）为例，降压输出布线路径的顺序为从 BK2_LX、L3、C16 至 BK2_O，并且必须尽可能短。降压输出至负载的走线必须从 C16 进行连接。
- 顶层电感 L4 和 L3 的下方不得部署任何接地走线。
- 请将稳固的地平面置于第二层。从 C16 和 C26 至 IS2066B 的地 C4-6 和 D4-6 的接地路径必须短且直接，且不会因任何其他走线而中断。电容 C16 和 C26 必须通过接地过孔连接至地平面，以减少接地阻抗。

图 2-1. 建议的降压布线原理图

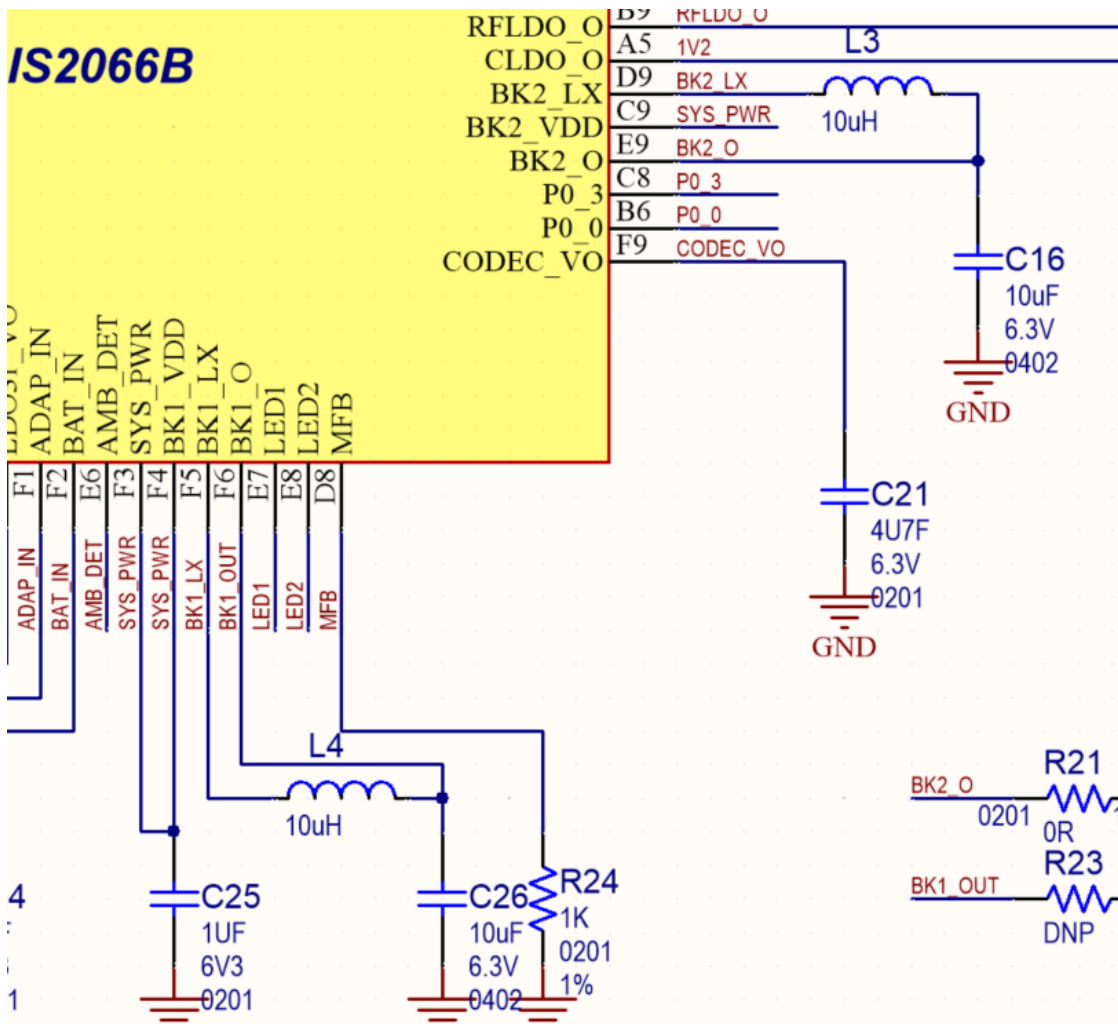
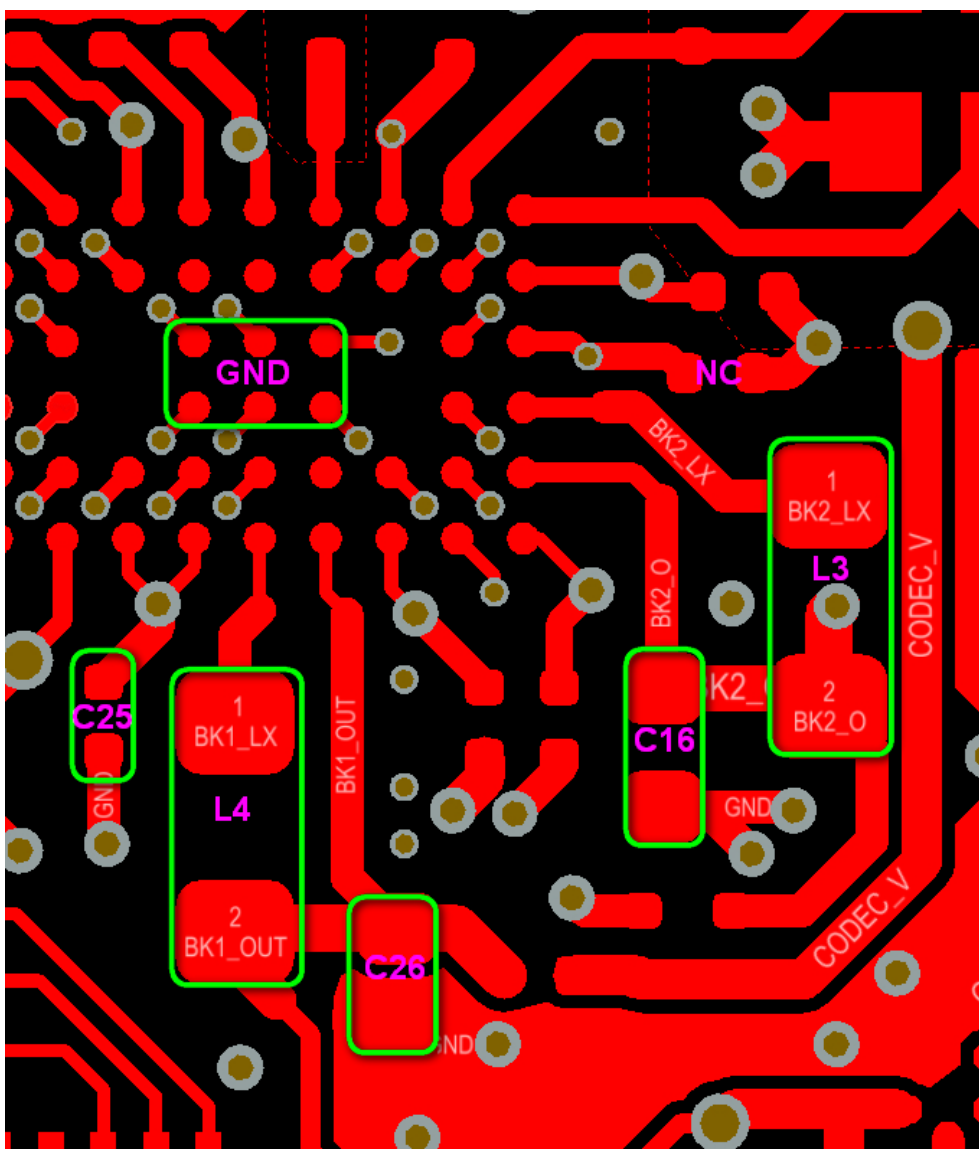


图 2-2. 降压电路布线和布局建议



为确保降压输出电压的质量，建议使用绕线线圈式大电流电感作为降压电感。建议采用高 IDC 和低 DCR 的 10 μ H 绕线线圈电感（TAIYO: CBMF1608T100K、TDK: GLFR1608T100M-LR 和 Zenithtek: ZWP-0603-100K）。

注： 不建议使用多层陶瓷电感（Multi-Layer Ceramic Inductor, MLCI）作为 L10 电感，因为此类电感可能无法稳定地启动芯片。此外，其良产率较低，会影响电压质量。

2.8 旁路电容布局 and 布线

IS2066B 电源树走线上的旁路电容必须靠近输入或输出引脚放置，如下图中的红色标记部分。

为实现低噪声和频率精度，请遵循以下晶振布线指南：

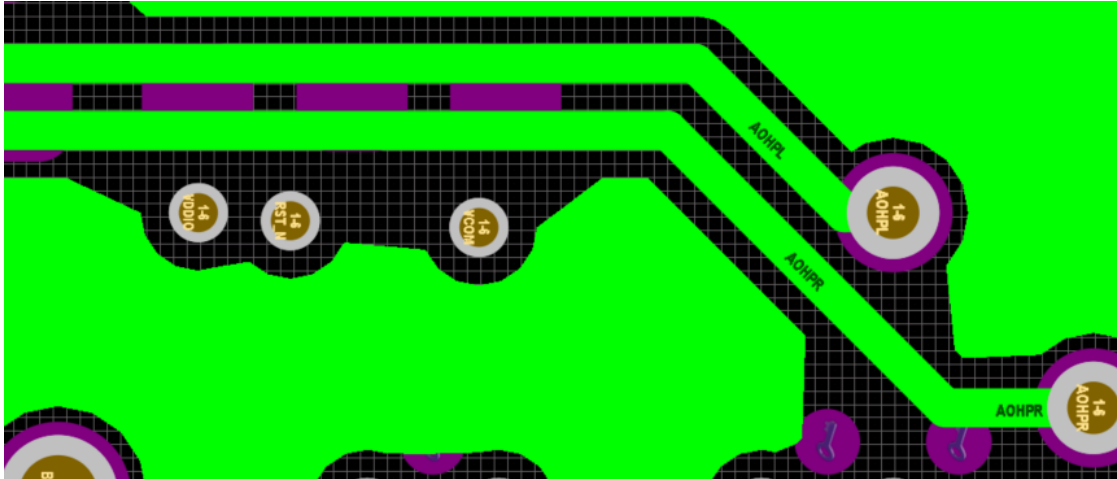
1. 晶振走线 (XO_N 和 XO_P) 必须尽可能短, 且宽度必须大于 7 mil。
2. 接地层的地平面必须大于晶振的尺寸, 并且外部负载电容的地必须直接通过过孔连接至地平面。
3. 外部负载电容必须尽可能靠近晶振。

2.10 音频/语音接口布线

按以下规则对无电容模拟音频接口进行布线，确保实现更好的音频噪声抑制性能。

- 每条走线的宽度和间距必须 $> 5 \text{ mil}$ 。
- 每条走线的间距必须为 $1W$ 。
- 必须在采用平行走线的 AOHPL 和 AO HPR 之间留出足够的空隙。

图 2-5. 无电容扬声器输出的 PCB 布线

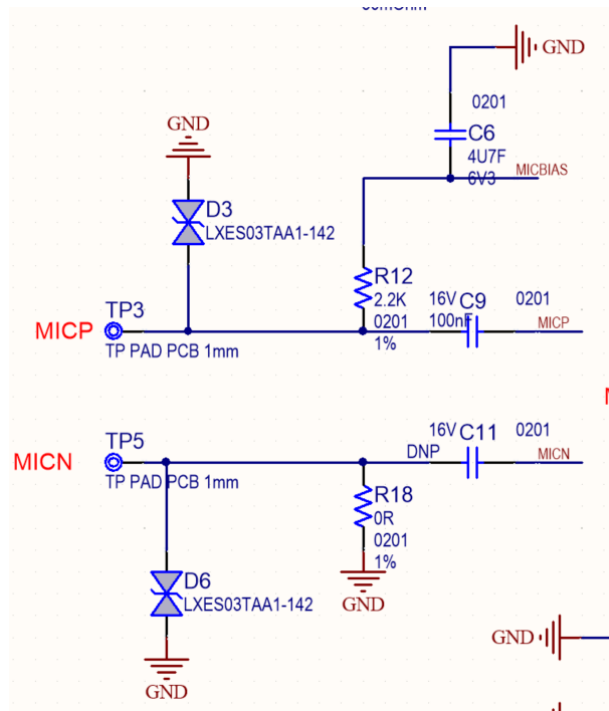


2.11 模拟麦克风输入

下图显示了差分麦克风输入电路，布局规则如下：

- DC 隔直电容（C9 和 C11）尽可能靠近 IS2066B。
 - MIC_BIAS 滤波器元件（C6 和 R12）靠近麦克风。
 - 麦克风以及麦克风信号路径必须在同一层布线。
 - 差分路径上的元件（MICP1 和 MICN1）必须彼此靠近放置，以减少共模噪声。
- 注：** 如果使用单个麦克风单元，R12 电阻值请参见麦克风制造商的数据手册。
MIC+与麦克风的正极相连，MIC-与麦克风的地相连。

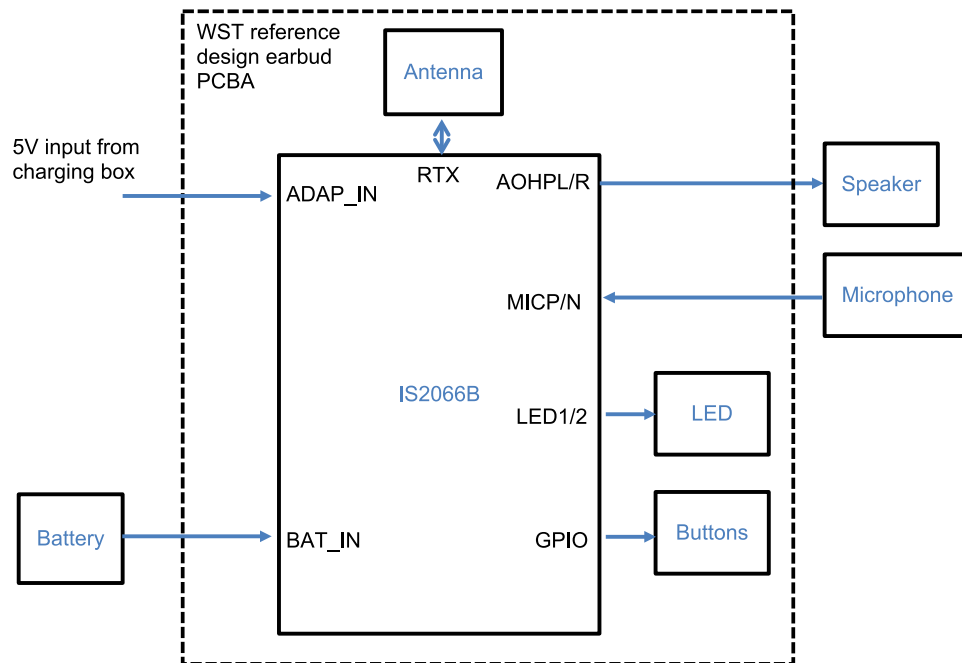
图 2-6. 参考模拟麦克风输入原理图和 PCB 布线



2.12 WST 耳塞框图

下图为 WST 耳塞框图：

图 2-7. WST 耳塞框图



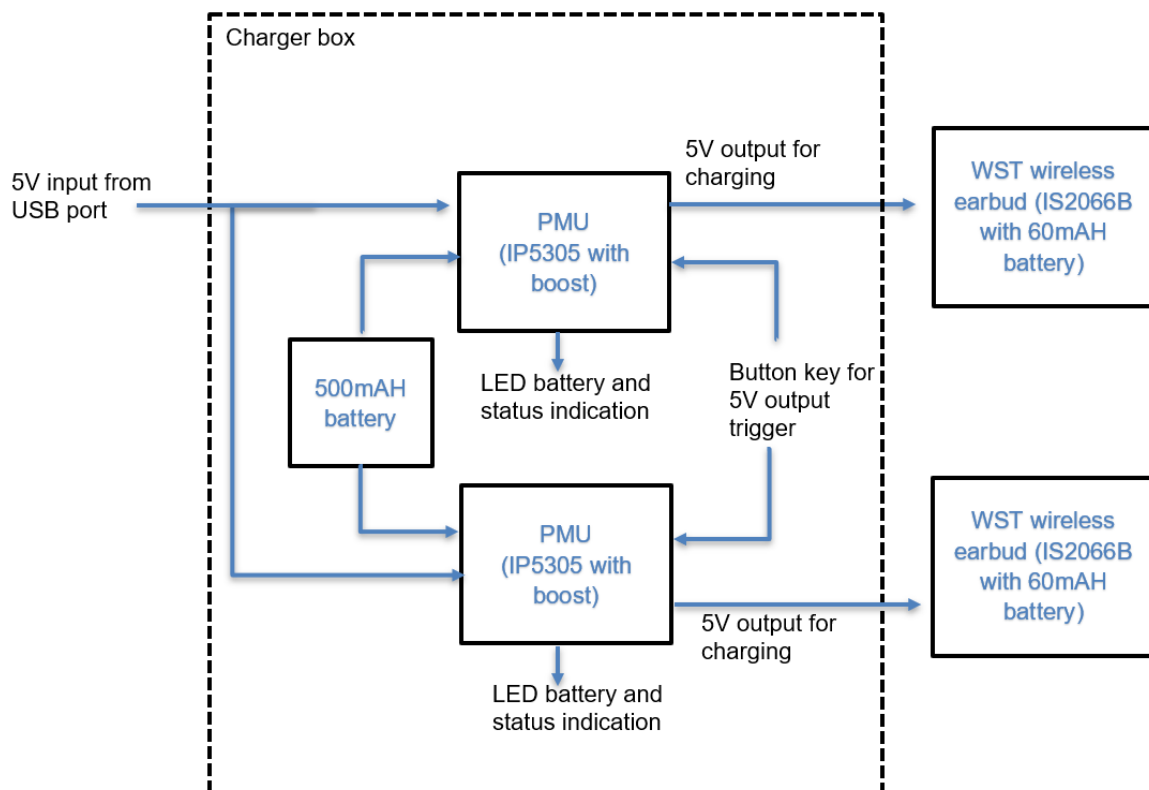
2.12.1 WST 耳塞功能

- 配对
 - 简化配对过程
 - 自动与嗅探设备配对（可选）
- A2DP 模式
 - 在左/右或左+右音频之间切换
 - 支持 AAC
- HSP/HFP 模式（通话）——TWS 语音
 - 麦克风可在主副耳塞之间切换
 - 可在主副耳塞之间执行语音同步
- 连接丢失管理
 - 超出范围或断电管理
- 持续通话模式
 - 允许客户每次只用一个耳塞
 - 将呼叫从工作中的耳塞转移到空闲的耳塞
 - 允许延长持续通话时间
 - UI 工具选项

2.13 充电盒框图

下图为充电盒框图：

图 2-8. 充电盒框图



2.13.1 充电盒功能

- 使用两个充电端口进行耳塞检测
- 每个耳塞只有两个充电点
- 利用充电盒内耳塞检测功能自动上电
- 通过 USB 对内置电池进行充电

注:

1. 建议遵循充电盒参考设计电路进行 WST 耳塞的充电盒设计。充电完成后（低电流检测），充电输入电源自动关闭。
2. 对于 IS2066B，配置的“充电完成延时关闭时间”应比充电盒低电流检测关闭时间更短。这有助于保持正确的充电盒输入输出行为。
3. 使用 IP5305-DE-3 实现参考充电盒解决方案。这个特定部件能够检测 6~8 mA 的负载电流，以便关断提供给 IS2066B 的 5V 输出。
有关 IS2066B 的详细充电配置信息，请参见 *IS2066B datasheet*。

2.14 自动嵌入模式

嵌入模式需要对充电盒进行额外的设计，但可以减少手动按下按钮的次数，因此可提升用户体验。

- 耳塞——当打开充电盒并取出耳塞时，会自动上电并重新连接至对等耳塞。耳塞置于充电盒后会交换信息，然后开始充电，直到充电完成后关闭。耳塞定义了三个手动按钮，可配置为多种功能：MFB 可配置为开、关、播放、暂停、接听电话、结束通话和麦克风选择等功能。另外两个按钮可配置为 vol+/FF 和 vol-/REV 功能。
- 充电盒——需要额外的功能，即打开充电盒时，充电端口上必须可提供 5V 电源。

2.15 手动嵌入式模式

除以下两点外，手动嵌入式模式与自动模式的功能类似：

- 使用按钮打开/关闭耳塞
- 充电盒无需提供额外的功能

2.16 通用输入输出

下表列出了通用输入输出（General Purpose Input Output, GPIO）引脚名称及其功能。

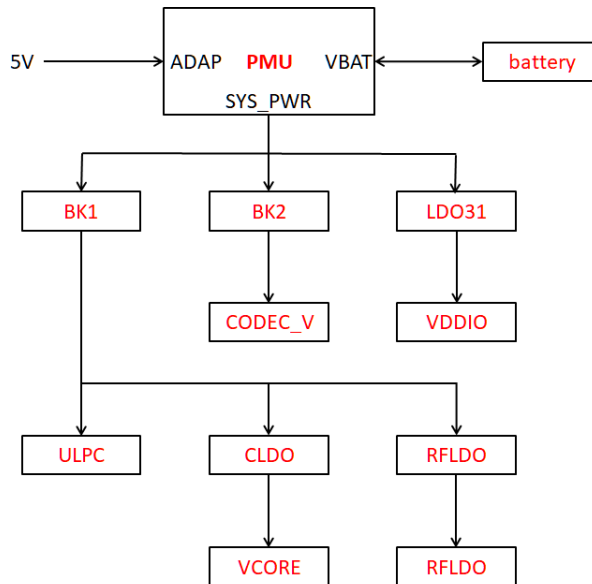
表 2-2. GPIO 引脚说明

引脚名称	引脚说明
MFB	• 多功能按钮（Btn 0）和电源键
	• UART RX_IND, 高电平有效（主机 MCU 用其唤醒蓝牙系统）
P1_3	EEPROM SDA: EEPROM 从器件数据，需要使用外部 4.7k 上拉电阻
P1_5	Out_Ind_1 (UART_TX_IND)
P0_0	充电盒输入输出检测（可选）
P0_3	充电完成事件（可选）
P0_2	按钮配置
P2_0	测试模式和应用模式的系统配置
P2_7	按钮配置

2.17 IS2066B 电源树

下图为 IS2066B 电源树图：

图 2-9. IS2066B 电源树



2.18 导电 RF 测量设置

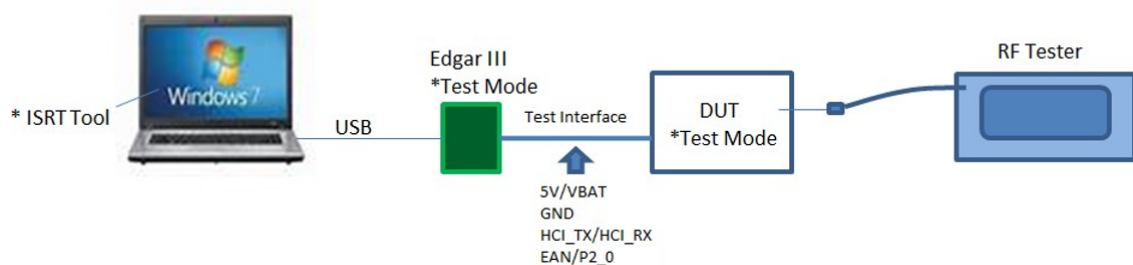
本节介绍硬件的导电 RF 测试步骤以及工具设置。

2.18.1 硬件测试连接

1. 从 RF 测试点上拆除天线匹配并焊接 RF 同轴电缆。
2. 将 IS2066B DUT 的测试接口（ADAP_IN、VBAT、GND、HCI_TX、HCI_RX 和 P2_0）连接至 Edgar III 电路板（USB 至 UART 转换板）（5V、BAT、GND、HTX、HRX 和 P2_0）。请参见下图。
3. 将 Edgar III 连接至 PC USB 端口，将 DUT 连接至 RF 测试仪。
4. 在 Edgar III 中将 SW1 的 P2_0 置为“开”（将 DUT 的 P3_4 拉至低电平）。

注：Edgar III 电路板电路请参见图 6-1，客户可联系 Microchip 应用工程师获取 Edgar III 电路板。

图 2-10. RF 测试模式连接



5. 使用 ISRT 工具来配置 RF 测试参数。
6. 使用 RF 设备进行测试，并验证 RF 的 Tx/Rx 性能。

2.18.2 ISRT 工具测试程序

ISRT 工具通常用于通过监管认证，如 Bluetooth SIG/QDID、FCC ID 和 CE 等。有关 ISRT 工具设置程序的更多详细信息，请参见 ISRT 工具包详细信息中的 ISRT 用户手册：www.microchip.com/wwwproducts/en/IS2066

3. 天线注意事项

3.1 天线回波损耗

为获得稳定的天线性能，建议天线匹配电路必须能够在 2402 MHz 至 2480 MHz 频段范围内实现天线 S11 < -10 dB 的曲线。下图显示天线（S11）的回波损耗和标准。

图 3-1. 2402 MHz 至 2480 MHz 频段范围内建议的天线回波损耗（左耳塞）



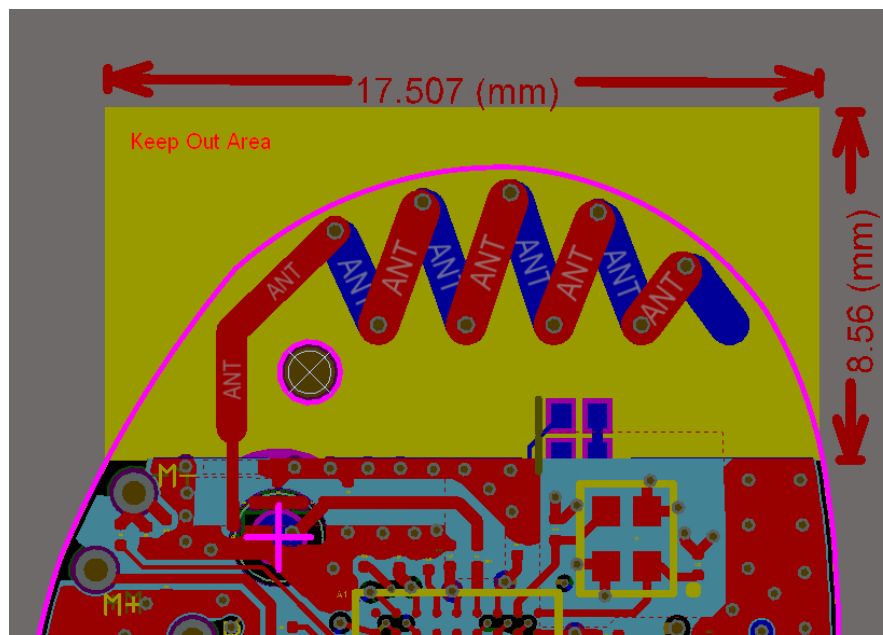
图 3-2. 2402 MHz 至 2480 MHz 频段范围内建议的天线回波损耗（右耳塞）



3.2 天线布局

下图显示了天线布局。

图 3-3. 天线布局



4. 参考电路

本节介绍立体声耳机应用中使用的 IS2066B 参考原理图。下图显示 WST 耳塞应用的 IS2066B 参考原理图。

图 4-1. WST 左耳塞的 IS2066B 参考电路

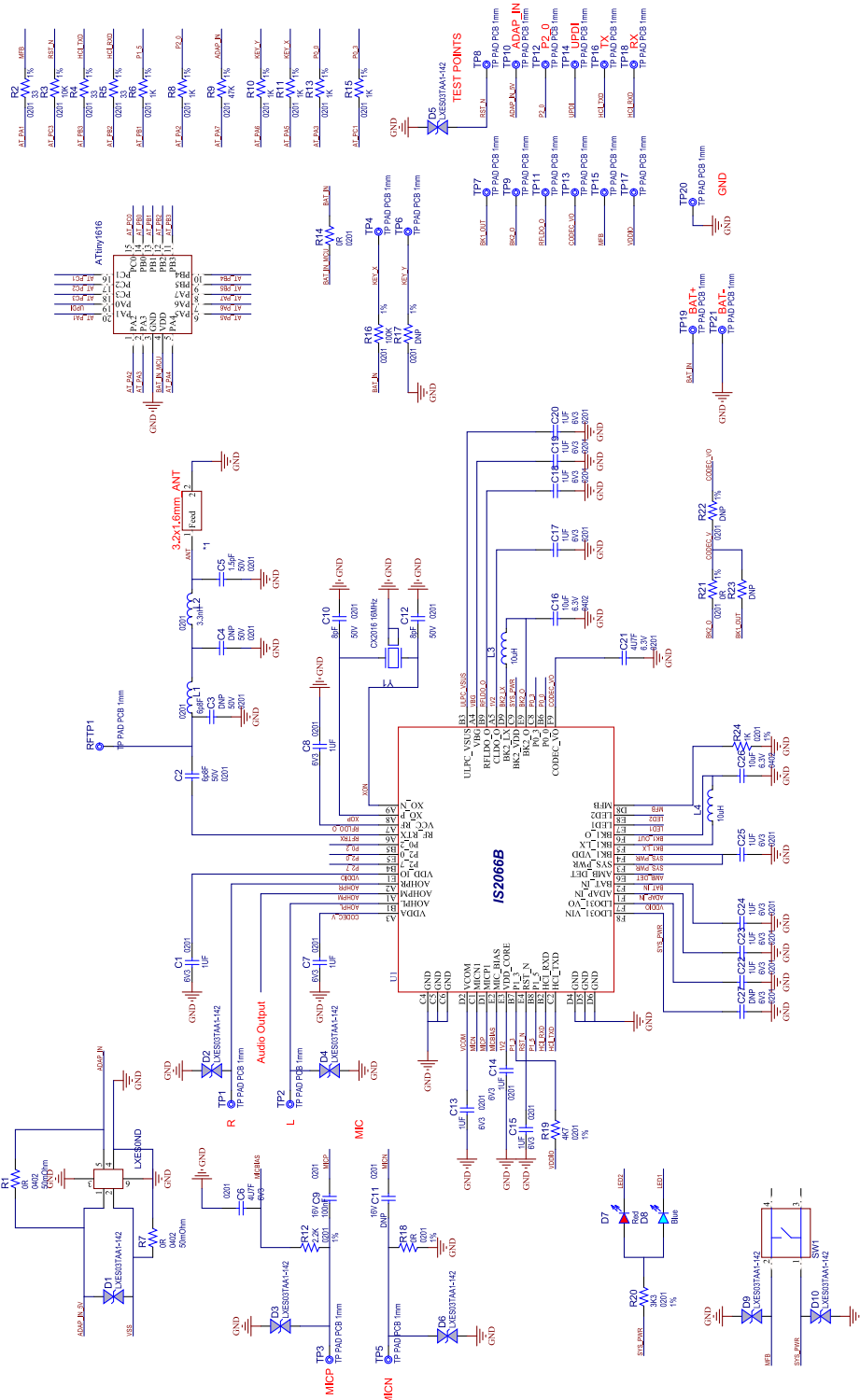
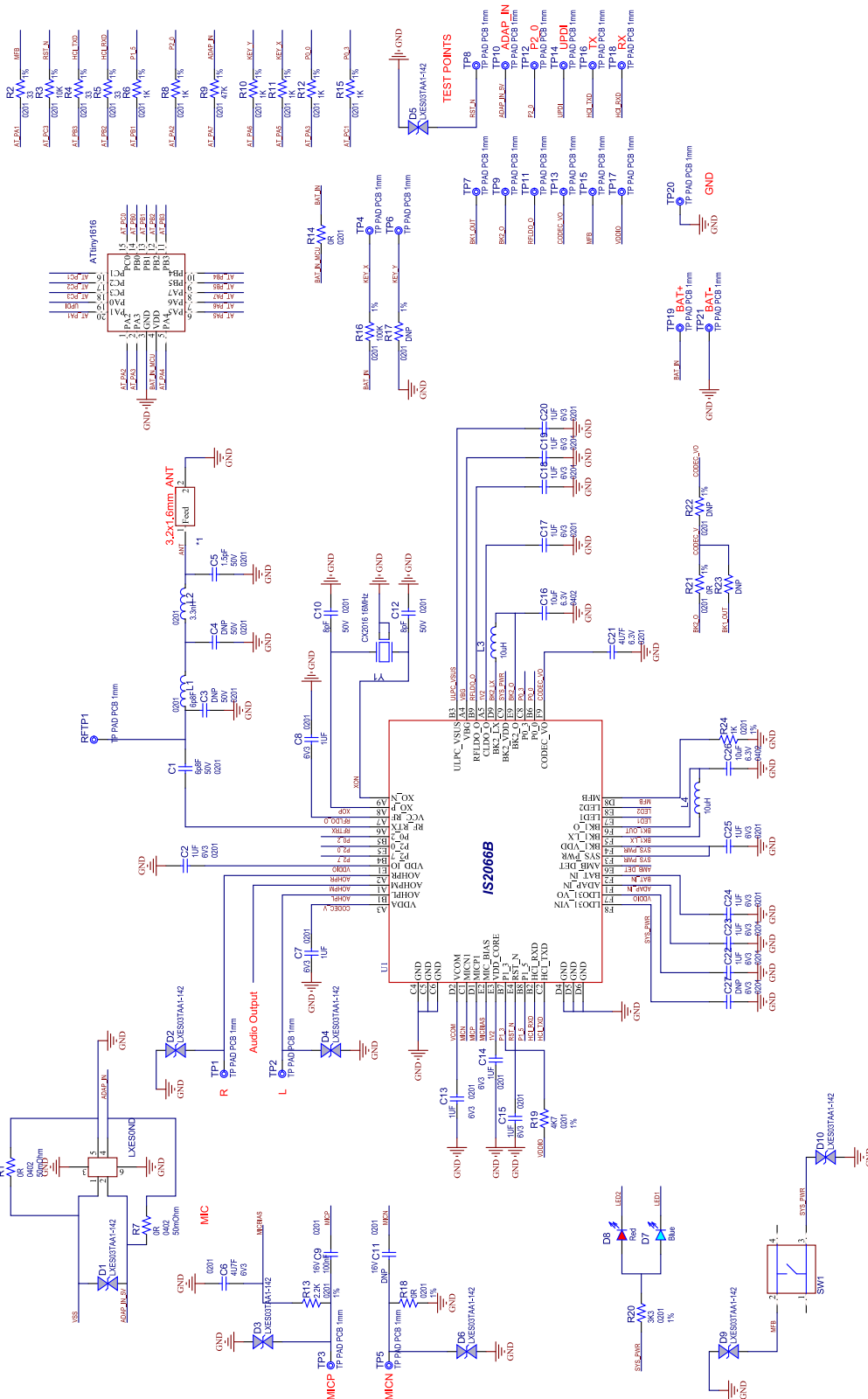


图 4-2. WST 右耳塞的 IS2066B 参考电路



5. 量产测试板设计

本章介绍量产板级测试（Mass Production Board Level Test, MPBT）和量产多闪存（Mass Production Multi Flash, MPMF）测试装置硬件设计。有关量产（Mass Production, MP）工具发布包中的 MP 工具详情，请参见 *MP Tool User Guide*。

MPBT：量产板级测试（PCBA 级校准和测试）

MPET：量产 EEPROM 工具（EEPROM 编程文件合并）

MPSE：量产脚本编辑器（测试项目和限制配置）

MPMF：量产多闪存（存储器组编程）

5.1 IS2066B 的 MP 工具流程

下图介绍了 IS2066B 的 MP 工具流程。

图 5-1. MP 工具流程——IS2066B

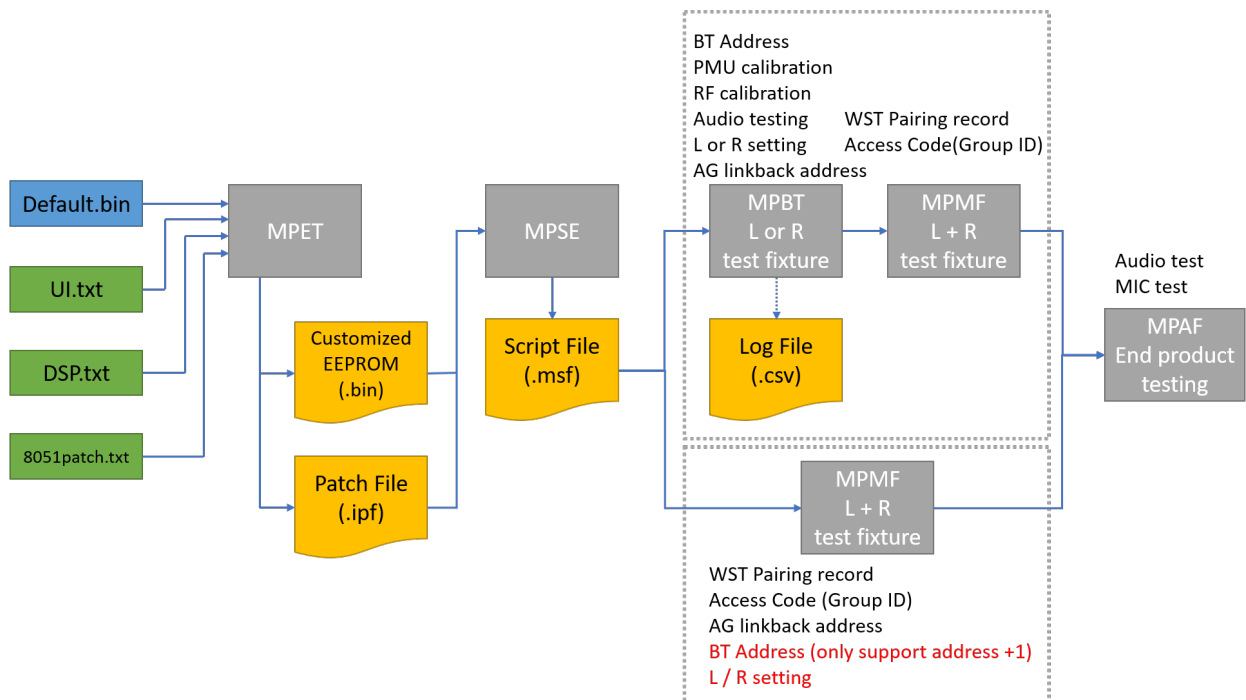
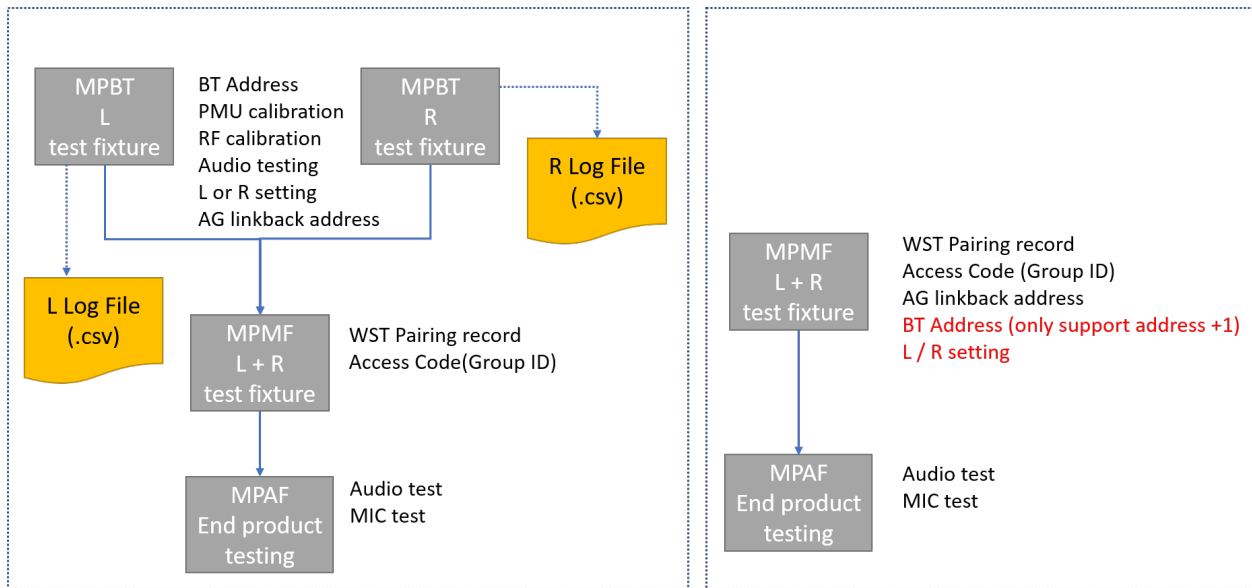


图 5-2. MP 测试流程——IS2066B



以下 IS2066B MP 工具可用于测试：

- **MPBT**
 - 数字测试（GPIO、EEPROM 编程和系统）
 - PMU 校准和测试
 - RF 校准和测试
 - 音频测试（功能）
- **MPMF**
 - 左右配对记录预编程
 - EEPROM 编程
 - BD 地址编程
- **MPSE**——生产脚本和测试项目配置
- **MPET**——EEPROM 合并工具

5.2 MPBT DUT 测试板设计

IS2066B MPBT 测试包括以下几项：

表 5-1. IS2066B MPBT 测试

待测设计	测试引脚	注
GPIO	P1_3、P1_5、P0_0、P0_3、 P0_2、P2_0、P2_7、 HCI_RXD 和 HCI_TXD	GPIO 开路/短路测试
PMU	CLDO_O、LDO31_VO、 BK2_O、VCC_RF、BK1_O、 BAT_IN 和 ADAP_IN	功率测量和校准
RF 测试	RTX（匹配路径上的 RF 测试点）	测试期间，使用固定在 PCB 上的 RF 测试探针接触射频测试点和地 测试期间，RF 天线必须进行旁路或屏蔽

..... (续)		
待测设计	测试引脚	注
音频	AOHPR、AOHPL、MICP1 和 MICN1	模拟扬声器输出，MIC 输入
LED	LED1 和 LED2	LED1（蓝色）和 LED2（红色）

图 5-3. IS2066B DUT MPBT 测试板电路（右耳塞）

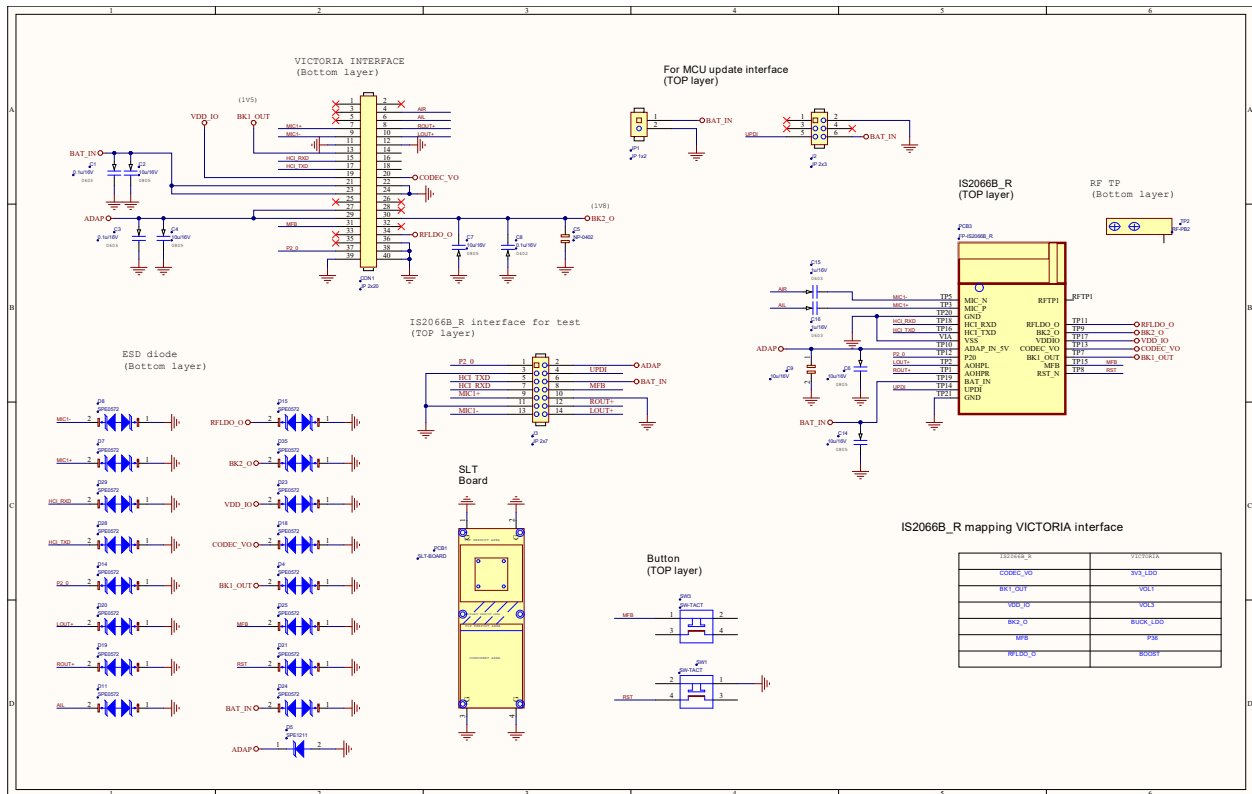


图 5-4. IS2066B DUT MPBT 测试板电路 (左耳塞)

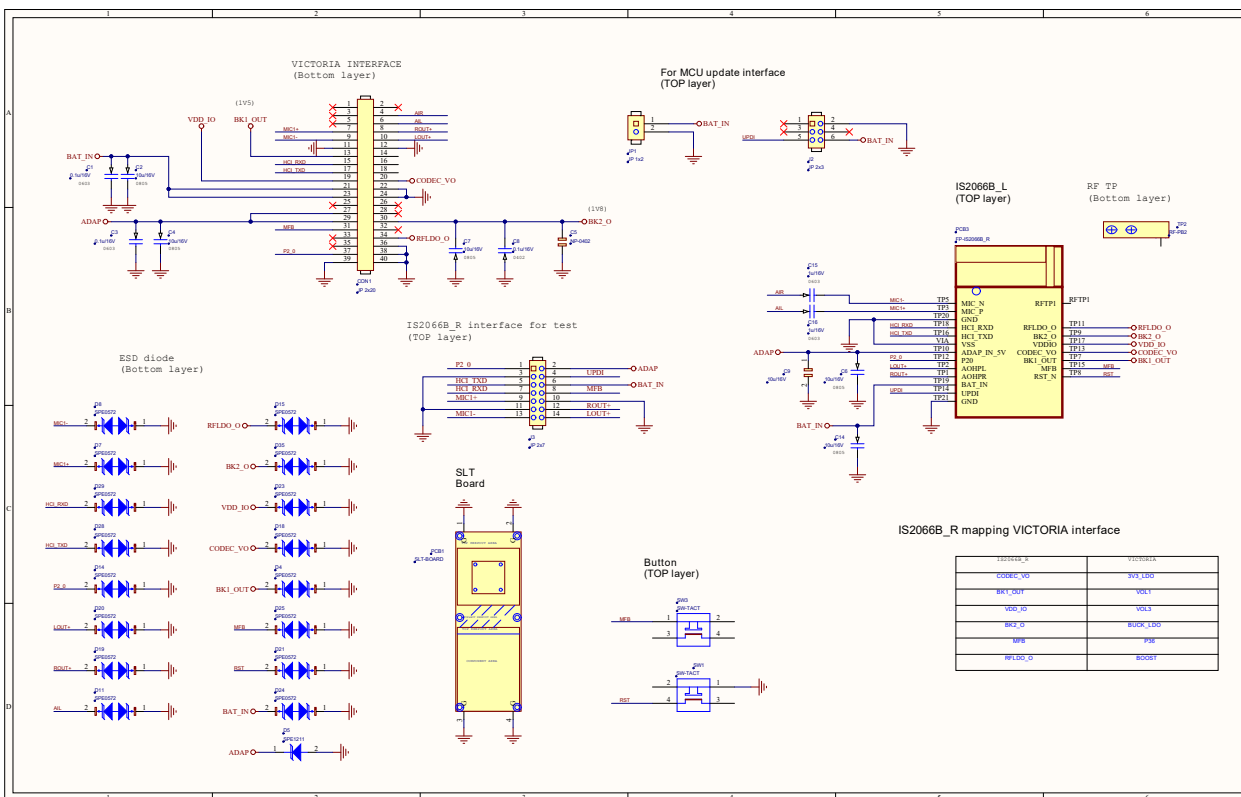
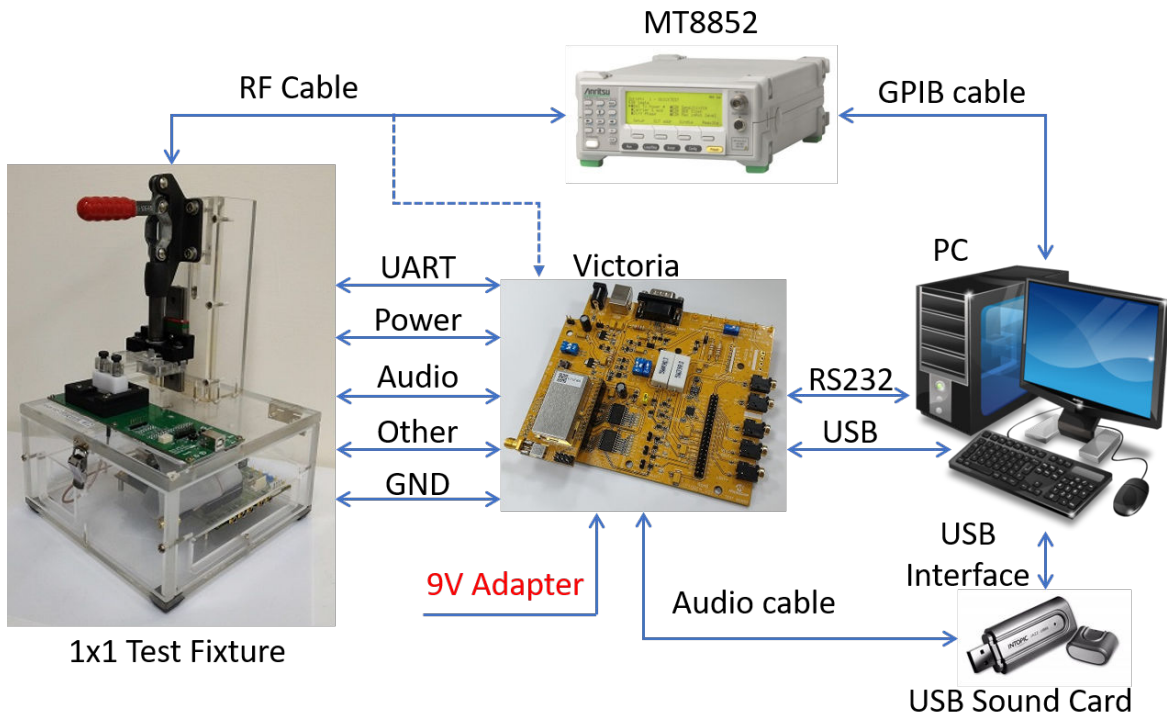


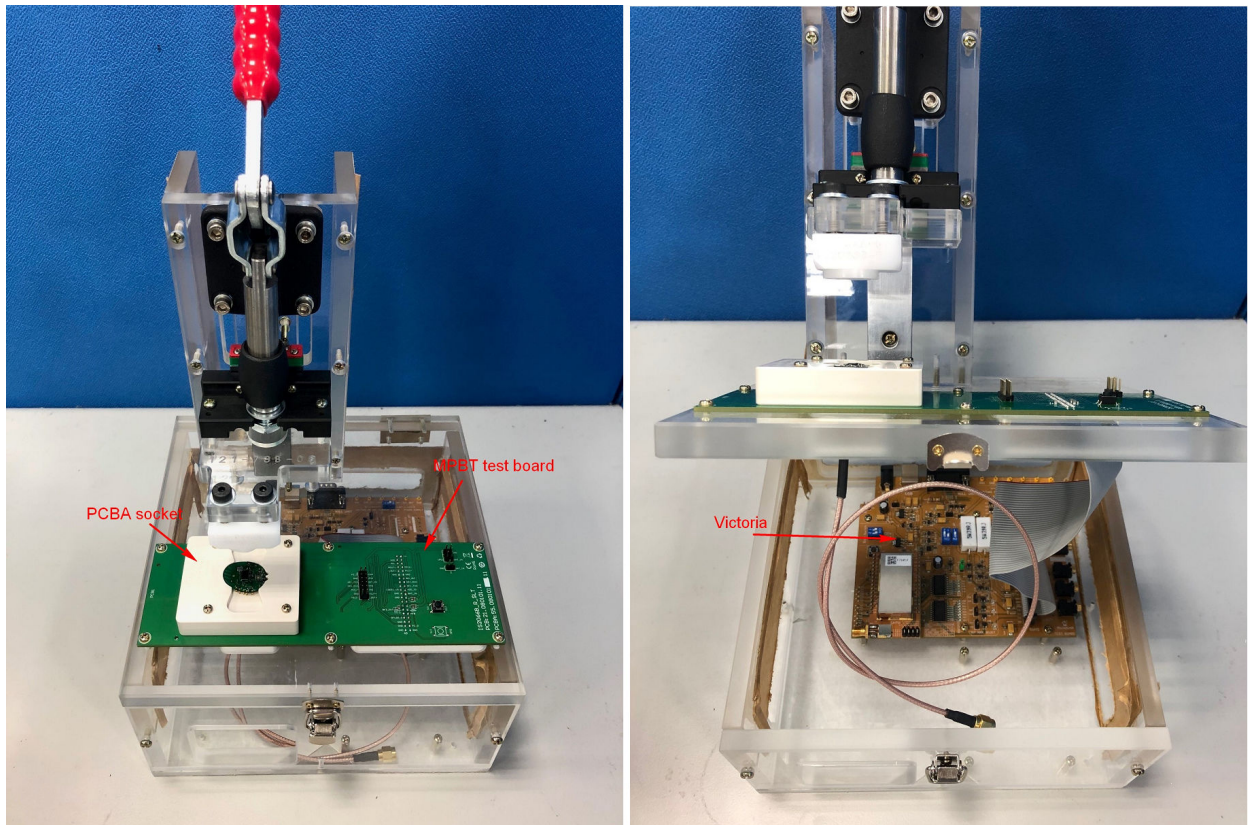
图 5-5. MPBT 1X1 测试装置接线图



下图显示 MPBT 测试装置，包括 DUT 测试板 PCB、插座、Victoria 电路板（AC102013）和 RF 测试设备。

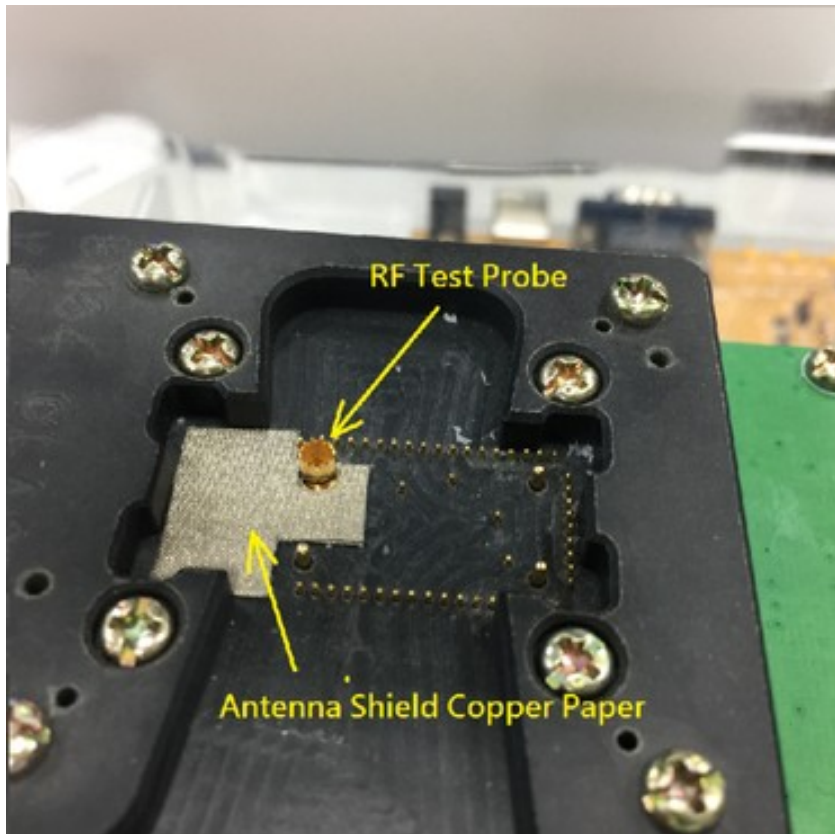
注：AC102013 可直接在 Microchip 网站上订购。

图 5-6. MPBT 测试装置示例



测试期间，使用天线屏蔽铜纸有助于尽量减少泄漏到天线路径中的 RF 功率。

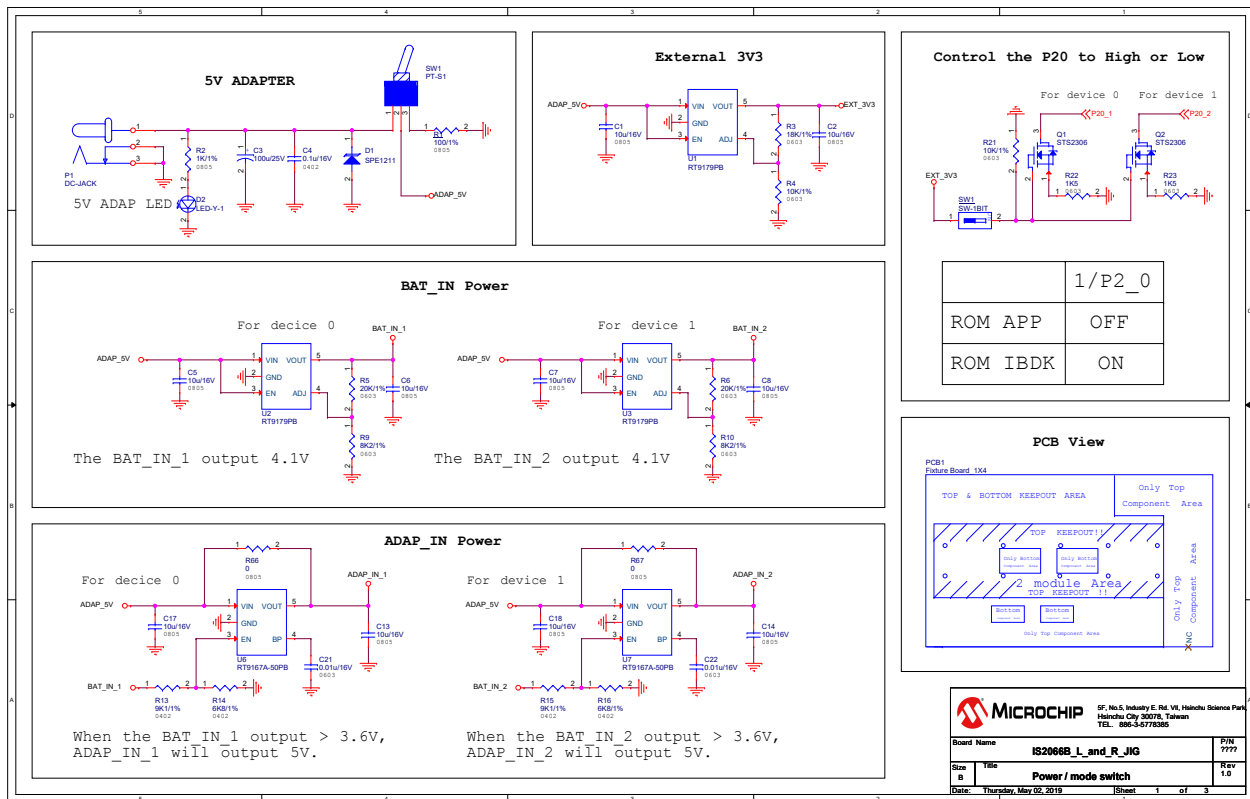
图 5-7. DUT 插座 RF 测试探针和屏蔽

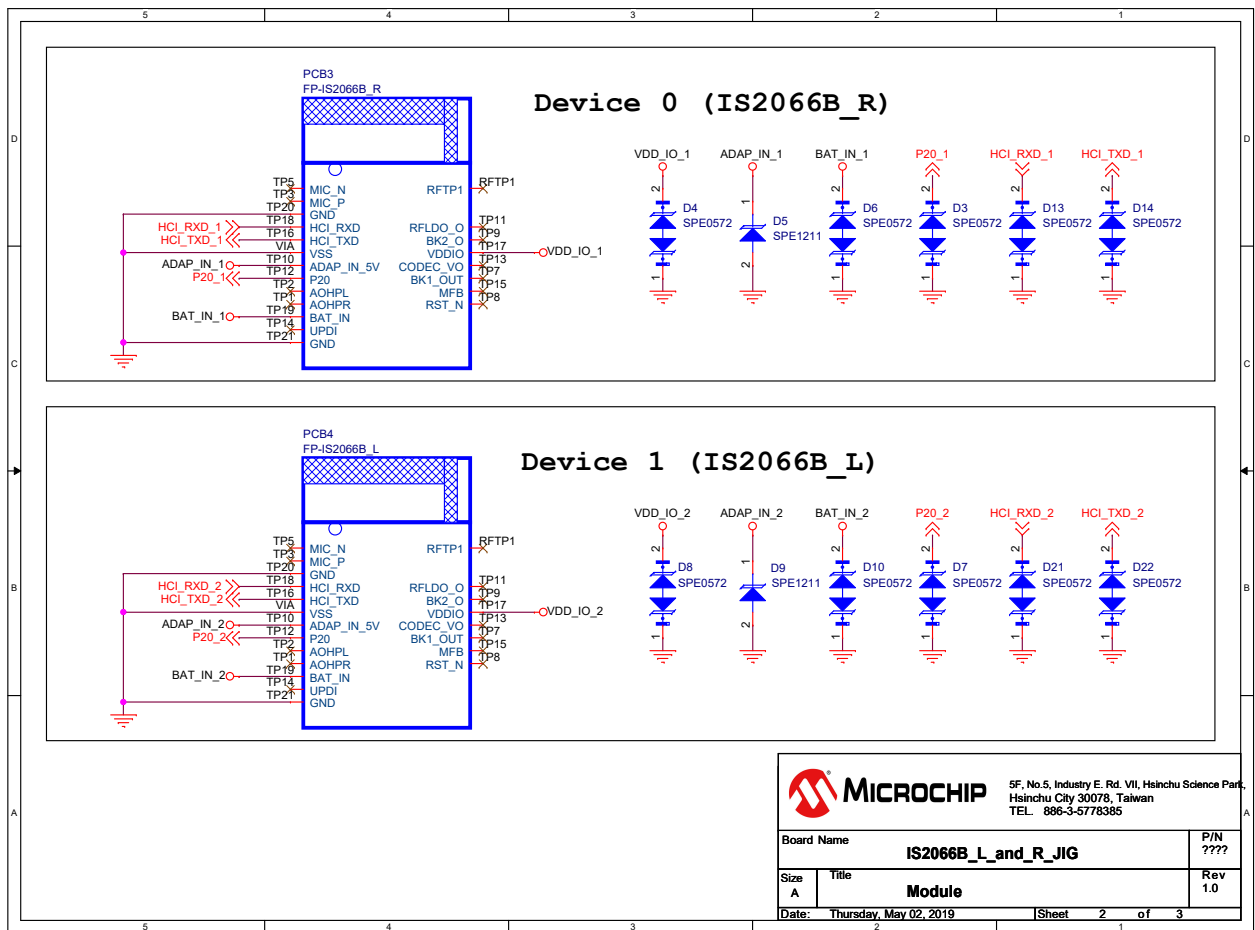


5.3 MPMF 1X2 装置

下图为 IS2066B DUT MPMF 1X2 测试板电路和 MPMF 1X2 测试装置接线图。

图 5-8. IS2066B DUT MPMF 1X2 测试板电路





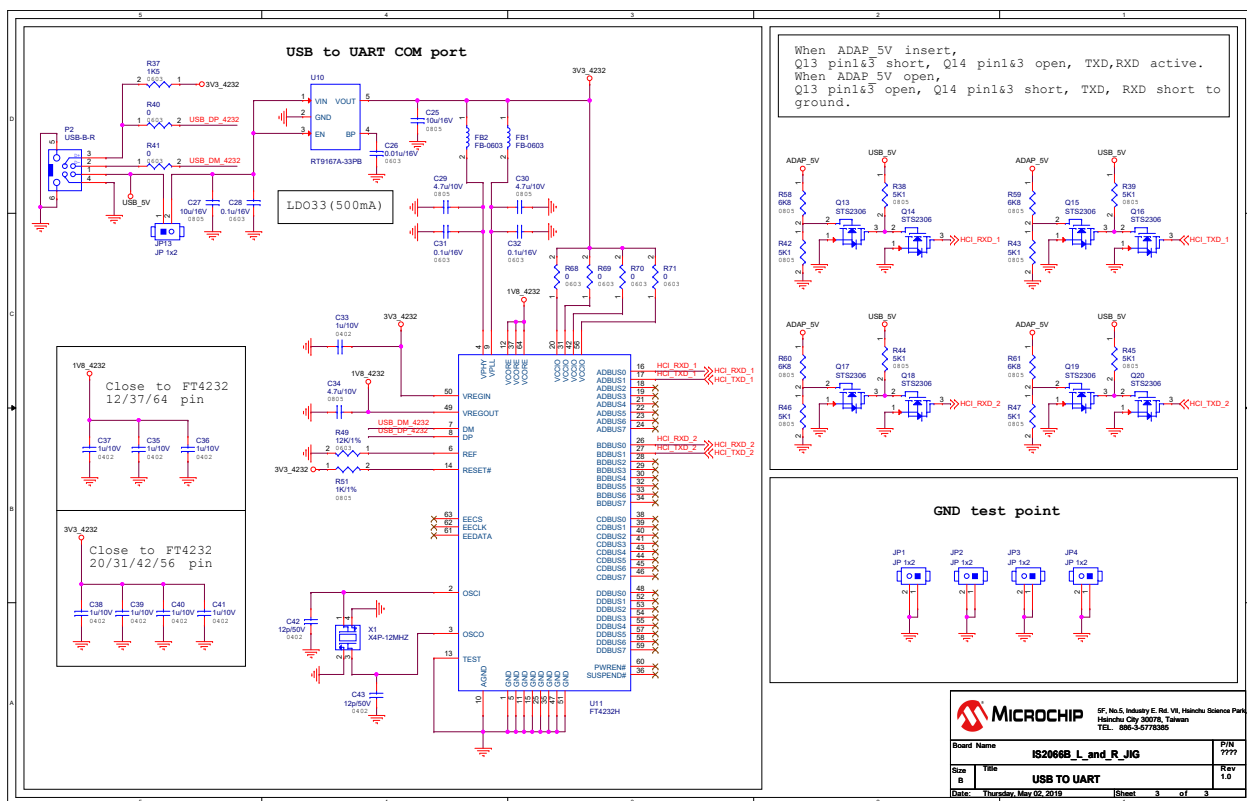
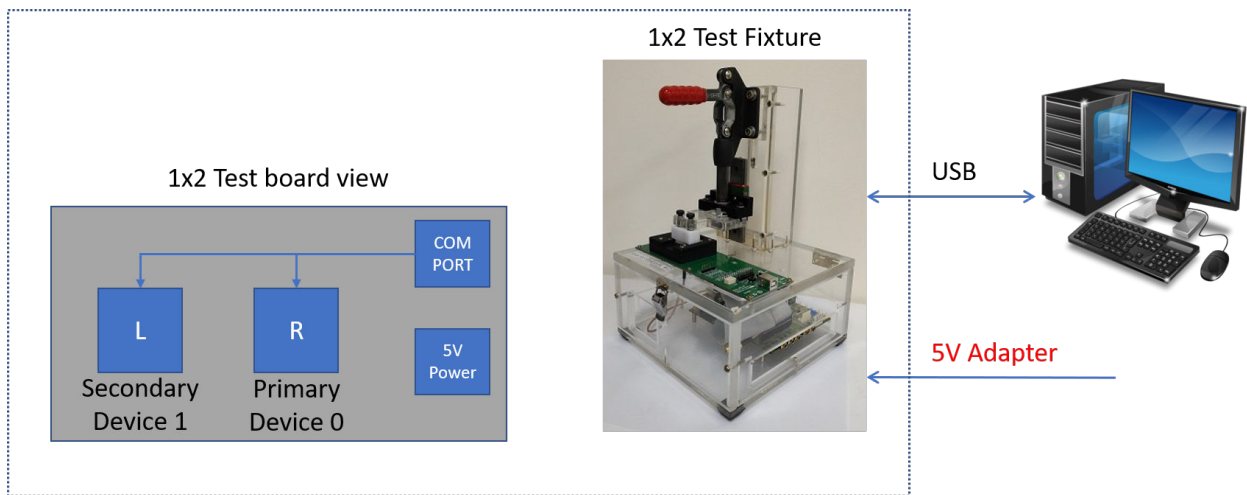


图 5-9. MPMF 1X2 测试装置接线图

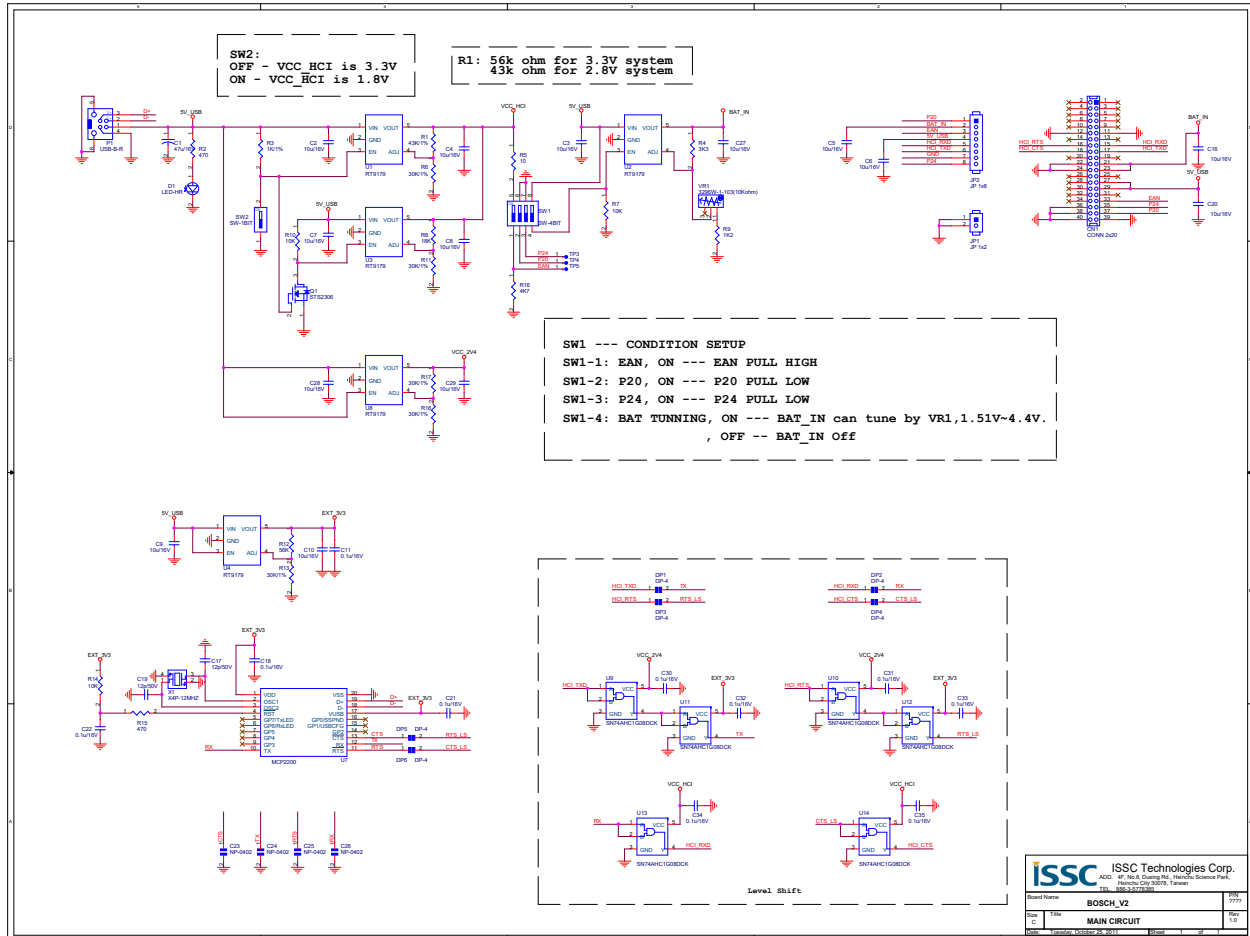


硬件限制：MPMF 的初始默认值为右-主设备，左-辅助设备。用户无法修改该设置。

6. 附录 A—Edgar III 电路板电路

下图为 Edgar III 电路板电路图。

图 6-1. Edgar III 电路板电路图



7. 文档版本历史

版本	日期	章节	说明
B	2019 年 12 月	2.7 降压布线指南	- 更新了内容 - 更新了图 2-2
		1.1 参考文档	增加了新章节
		2.8 旁路电容布局和布线	更新了图 2-3
		4. 参考电路	更新了： - 图 4-1 - 图 4-2
A	2019 年 5 月	文档	初始版本

Microchip 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com/) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请访问 www.microchip.com/pcn，然后按照注册说明进行操作。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

Microchip 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- 目前，仍存在着用恶意、甚至是非法的方法来试图破坏代码保护功能的行为。我们确信，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这种试图破坏代码保护功能的行为极可能侵犯 Microchip 的知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

法律声明

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中提供的信息仅仅是为方便您使用 Microchip 产品或使用这些产品来进行设计。本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

Microchip “按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PackTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTrackr、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2020, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-6512-6

质量管理体系

有关 Microchip 的质量管理体系的信息，请访问 www.microchip.com/quality。

全球销售及服务中心

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com 亚特兰大 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 512-257-3370 波士顿 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 达拉斯 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 休斯顿, 德克萨斯州 电话: 281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 洛杉矶 米慎维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 631-435-6000 圣何塞, 加利福尼亚州 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078	澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 中国 - 重庆 电话: 86-23-8980-9588 中国 - 东莞 电话: 86-769-8702-9880 中国 - 广州 电话: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 电话: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 中国 - 苏州 电话: 86-186-6233-1526 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040	印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 印度 - 浦那 电话: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-7651-7906 马来西亚 - 槟榔屿 电话: 60-4-227-8870 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 新加坡 电话: 65-6334-8870 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-577-8366 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 越南 - 胡志明市 电话: 84-28-5448-2100	奥地利 - 韦尔斯 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 丹麦 - 哥本哈根 电话: 45-4485-5910 传真: 45-4485-2829 芬兰 - 埃斯波 电话: 358-9-4520-820 法国 - 巴黎 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 德国 - 加兴 电话: 49-8931-9700 德国 - 哈恩 电话: 49-2129-3766400 德国 - 海布隆 电话: 49-7131-72400 德国 - 卡尔斯鲁厄 电话: 49-721-625370 德国 - 慕尼黑 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 德国 - 罗森海姆 电话: 49-8031-354-560 以色列 - 若那那市 电话: 972-9-744-7705 意大利 - 米兰 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 意大利 - 帕多瓦 电话: 39-049-7625286 荷兰 - 德卢内市 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 挪威 - 特隆赫姆 电话: 47-72884388 波兰 - 华沙 电话: 48-22-3325737 罗马尼亚 - 布加勒斯特 电话: 40-21-407-87-50 西班牙 - 马德里 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 瑞典 - 哥德堡 电话: 46-31-704-60-40 瑞典 - 斯德哥尔摩 电话: 46-8-5090-4654 英国 - 沃金厄姆 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820