

Application Note

基于 MSPM0L1105 的真无线立体声 (TWS) 充电盒设计



Kaixiang Zhang

摘要

本应用手册演示了如何使用 TI MSPM0L1105 实现有趣的真无线立体声 (TWS) 耳塞盒。MSPM0 的高级特性和低功耗使其成为该应用的理想选择。

可以从以下 URL 下载工程配套资料和源代码：<https://www.ti.com/cn/lit/zip/slaaef8>。

内容

1 引言.....	2
2 功能说明.....	2
3 单线 UART.....	3
3.1 背景.....	3
4 电源和通信逻辑.....	4
5 软件.....	6
5.1 总体流程图.....	6
5.2 IOMUX.....	6
5.3 电源/通信软件设计.....	8
5.4 其他资源.....	8
6 硬件.....	8
6.1 测试结果.....	9
7 参考资料.....	10

插图清单

图 2-1. 基于 MSPM0 的 TWS 底座方框图.....	2
图 3-1. 标准 UART 通信.....	3
图 3-2. 单线 UART 通信.....	3
图 3-3. 基于 MSPM0 的参考单线 UART 设计.....	3
图 4-1. 第三方 TWS 耳塞的波形.....	4
图 4-2. 基于 MSPM0 的电源和通信参考设计.....	4
图 4-3. 参考设计 1.....	5
图 4-4. 参考设计 2.....	5
图 4-5. 参考设计 3.....	5
图 5-1. 流程图.....	6
图 5-2. I/O 引脚结构.....	7
图 5-3. 每次采样的操作和最终波形.....	8
图 6-1. PCB 设计和最终原型.....	8
图 6-2. 底座与耳塞之间的最终波形.....	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

TWS 耳塞盒是无线耳塞的必备配件。它不仅提供便捷的存储解决方案，还能在不使用耳塞时为耳塞充电。此外，耳塞盒还可以使用基于通用异步接收器/发射器 (UART) 的单线接口与耳塞进行通信。

2 功能说明

该参考设计实现的基本功能包括：

- 电源管理
 - 器件：BQ25628 [充电器 + 升压稳压器]、BQ51050B [无线充电器]、TPS7A05 [LDO]
 - 功能：TWS 耳塞盒最基本的功能是充电，包括为盒内的电池充电以及为 TWS 耳塞充电。在该设计中，可以通过有线 Type-C 连接对系统进行充电，也可以通过无线线圈对系统进行无线充电。充电器通过降低 Type-C (或无线充电器) 的 5V 电压来为电池充电，而 LDO 将电池电压稳定在 3.3V，从而为 MSPM0 和其他外围器件供电。需要使用升压稳压器将电池电压升高至 5V 来为耳机充电。在该参考设计中，这些功能无需 MSPM0 的帮助即可运行，不过，如果需要，可以使用 MSPM0 通过使能引脚或集成电路总线 (I2C) 来控制充电器/升压稳压器，从而实现高级控制。
- 盒盖闭合检测和状态指示
 - 器件：TMAG5231 [霍尔传感器]、LED
 - 功能：底座应能够检测盒盖是否闭合。这可以通过使用霍尔传感器检测磁通密度变化来实现。盒盖上安装了一个磁体，因此 TWS 盒主体周围的磁通密度也会随着盒盖的打开和闭合而变化。LED 用于指示 TWS 的状态，例如电池电量不足、盒盖打开/闭合、充电状态、蓝牙配对等。MSPM0 能够监测 TWS 的状态并通过 GPIO 控制 LED。
- 耳塞通信
 - 器件：TPS22914 [负载开关]、MSPM0L1105DGS20 [MCU]
 - 功能：底座可以通过弹簧针与耳塞通信。目前，大多数 TWS 使用两个弹簧针，其中一个用于接地，另一个用于充电和通信。负载开关用于控制何时充电以及何时与耳塞通信。在该设计中，通信基于使用 MSPM0 的单线 UART 通信协议。

图 2-1 展示了该设计的方框图。

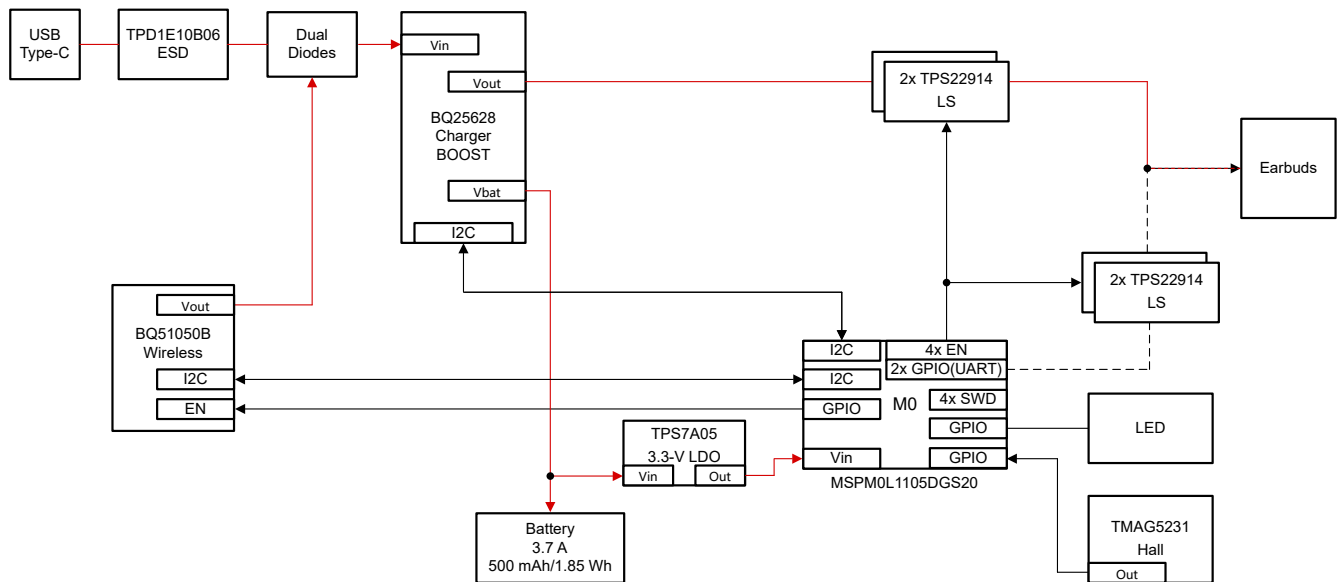


图 2-1. 基于 MSPM0 的 TWS 底座方框图

图 2-1 中的红线表示电源路径，黑线表示信号路径。设计文件中提供了相应的原理图和 PCB。该设计可通过 Type-C 端口支持 5V 有线输入，也可通过 BQ51050B 实现无线输入，后者可将无线交流电源调节为 5V 直流电源。BQ25628 是一款高度集成的 2A 开关模式电池充电管理和系统电源路径管理器件，适用于单节锂离子和锂聚合物电池，该器件不仅为电池充电，还为耳塞供电。此处的 MSPM0L 用于总体电路板控制，例如，可以管理耳塞

盒与底座之间的电源和通信逻辑，点亮 LED，读取电池状态以及控制充电器/升压稳压器等。霍尔传感器 TMAG5231 尺寸小、功耗低且价格低廉，非常适合在 TWS 应用中检测盒盖是否闭合。

3 单线 UART

3.1 背景

标准 UART 器件使用接收 (RXD) 和发送 (TXD) 连接来建立单独的路径以在多个器件之间发送和接收数据，因此标准 UART 通信中至少使用两条导线，请参阅图 3-1。

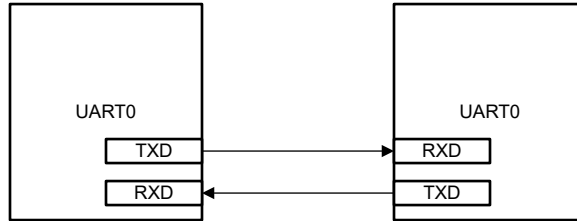


图 3-1. 标准 UART 通信

单线 UART 是标准 UART 协议的变体，仅使用一条导线来发送和接收数据。这在可用引脚数量受限的应用（例如 TWS 应用）中非常有用。如图 3-2 所示，每个器件上物理组合了 TXD 和 RXD，两个器件仅使用一条物理导线即可进行通信。

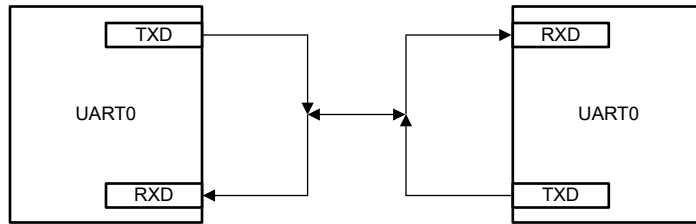


图 3-2. 单线 UART 通信

图 3-3 展示了基于 MSPM0 的参考单线 UART。

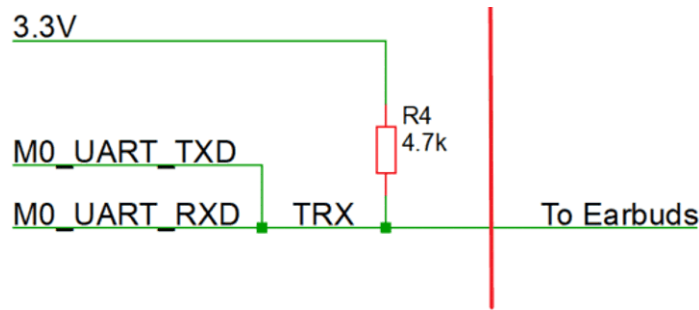


图 3-3. 基于 MSPM0 的参考单线 UART 设计

在图 3-3 中，M0_UART_T/RXD 连接到支持 UART 外设的 MSPM0 的 I/O。MSPM0L 系列支持两个单独的 UART 模块，这意味着左耳塞和右耳塞可以在需要时同时与 TWS 盒进行通信。与采用推挽结构的标准 UART TXD I/O 不同，在该应用中，UART TXD I/O 结构需要采用开漏来实现线与逻辑。上拉电阻器和 3.3V 电源轨提供逻辑高电平电压。RXD 默认为高阻态，当 TXD 为高阻态时，耳塞会检测到高电平 (3.3V)，当 TXD 为 GND 时，耳塞会检测到低电平 (0V)。

4 电源和通信逻辑

耳塞和底座之间的充电和通信通过一条线路实现。例如，图 4-1 展示了第三方 TWS 耳塞的通信和充电波形。红线显示了霍尔传感器的输出，压降表示盒盖闭合。黑线是在右耳塞弹簧针处测量的。橙线显示了包含在黑线中的数字信息，该黑线使用 UART 协议进行解码，1200 波特率为 1200。在为耳塞充电时，弹簧针以 5V 的电压工作。但是，当 TWS 底座尝试与耳塞通信时，逻辑高电平为 3.3V。

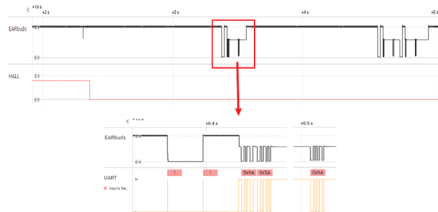


图 4-1. 第三方 TWS 耳塞的波形

可以看到，默认情况下弹簧针为 5V，正在为耳塞充电。当耳塞盒盖闭合时，TWS 盒会发送固定的 5V-0V-5V 模式来指示命令的开始。然后耳塞盒发送 0x9A5A，耳塞以 0x6A 进行响应。

上述模式和设计仅供参考，客户可以定制其通信和电源逻辑，TWS 盒可以向耳塞发送定制命令/信息，例如耳塞盒电池电量百分比、耳塞/耳塞盒 SN、充电状态等。

图 4-2 展示了基于 MSPM0 的电源和通信参考设计。

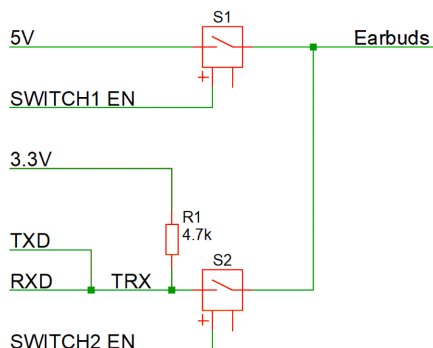


图 4-2. 基于 MSPM0 的电源和通信参考设计

如图 4-2 所示，开关 S1 和 S2 控制何时为耳塞充电以及何时开始通信。当 S1 闭合且 S2 断开时，底座为耳塞充电，当 S2 闭合且 S1 断开时，底座能够以 3.3V 逻辑高电平与耳塞进行通信。

如前所述，MSPM0L 系列支持两个 UART 外设，因此可以同时与左右耳塞通信。下图显示了相应的设计。在该设计中，使用四个开关单独控制左耳塞和右耳塞，这非常适合需要转换大量信息的应用。

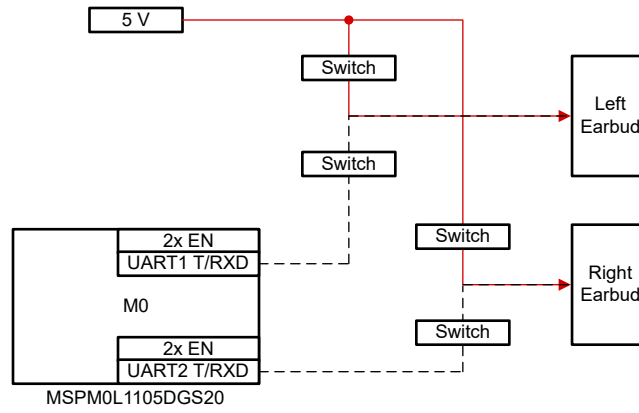


图 4-3. 参考设计 1

但是，为了节省成本和资源，还可以使用以下设计：

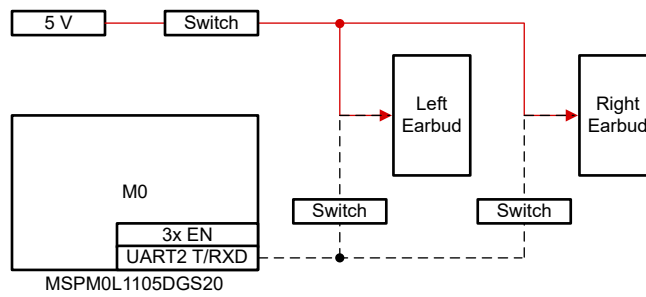


图 4-4. 参考设计 2

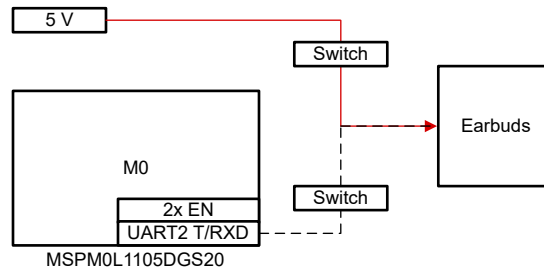


图 4-5. 参考设计 3

在图 4-4 中，左耳塞和右耳塞共享同一个 MSPM0 UART 外设。因此，它们无法同时与 TWS 盒通信，但仍共享单独的通信线路。在图 4-5 中，左耳塞和右耳塞的弹簧针连接在一起，这意味着它们将接收到相同的消息。这就像 I2C 通信一样，其中 TWS 盒是主器件，两个耳塞是从器件并共享同一条数据线。

5 软件

5.1 总体流程图

在该参考设计中，底座可以实现以下功能：检测盒盖是否闭合并向一对第三方耳塞发送不同的命令。左耳塞和右耳塞以不同的方式响应命令，如果底座接收到来自右耳塞的响应，则会使 LED 闪烁一次，如果接收到来自左耳塞的响应，则闪烁两次，如果同时接收到来自两个耳塞的响应，则闪烁三次。未通信时，弹簧针被设置为 5V 并为耳塞充电做好准备。图 5-1 展示了一个简单的流程图。

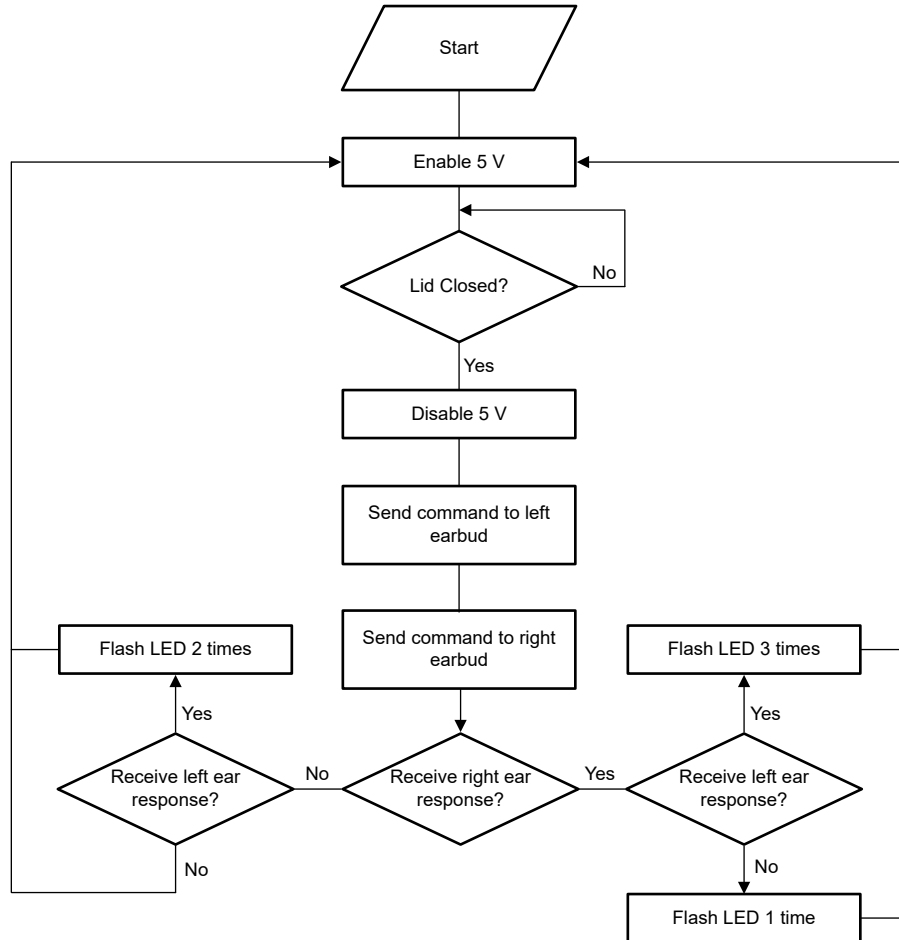


图 5-1. 流程图

在该设计中，main() 函数仅包含初始化，所有函数都是在中断中实现的

5.2 IOMUX

如前所述，标准 UART TXD 具有推挽式 I/O 结构。不过，在该应用中，UART TXD I/O 结构需要为开漏结构。MSPM0 的 IOMUX 功能使用户能够轻松地控制数字 I/O 输出。该功能不仅管理有关要在数字 I/O 上使用哪个外设功能的选择，而且为输出驱动器、输入路径和用于从关断模式唤醒的唤醒逻辑提供控制。图 5-2 展示了 MSPM0 的详细 I/O 结构。

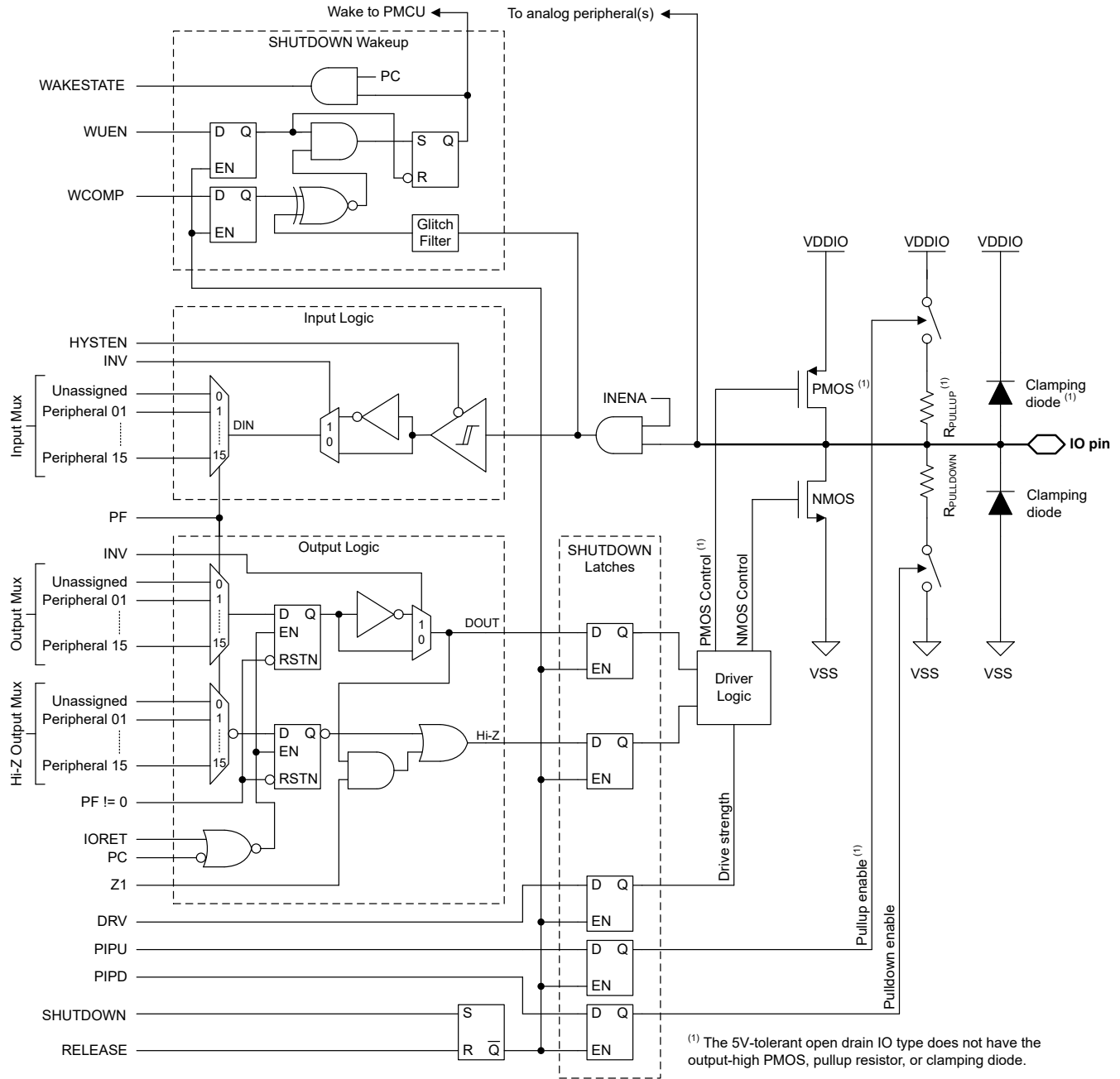


图 5-2. I/O 引脚结构

请注意，并非所有引脚都具有模拟功能、唤醒逻辑、驱动强度控制以及上拉或下拉电阻器。有关具体的设计，请参阅特定于器件的 TRM 和数据表。在该 TWS 参考设计中，在为 I/O 功能选择 UART TXD 功能后，会进行逻辑高电平到高阻态的转换，以实现开漏 UART TXD。下面是用于设置 IOMUX 的代码，

“DL_GPIO_HIZ_ENABLE” 将 I/O 结构设置为开漏结构

```
DL_GPIO_initPeripheralOutputFunctionFeatures(
    GPIO_UART_L_IOMUX_TX, GPIO_UART_L_IOMUX_TX_FUNC,
    DL_GPIO_INVERSION_DISABLE, DL_GPIO_RESISTOR_NONE,
    DL_GPIO_DRIVE_STRENGTH_LOW, DL_GPIO_HIZ_ENABLE
);
```

5.3 电源/通信软件设计

通用计时器 (TIMG) 用于模拟图 5-3 中的波形。MSPM0L 系列提供多达四个单独的计时器模块，每个模块都具有丰富的事件生成功能，例如针对各种用例的计数器溢出、重新加载和捕获/比较操作。在该设计中，计时器用作每 10ms 触发一次的时钟。下图展示了每次采样的相应操作。该设计成功地生成了通信和电源波形。

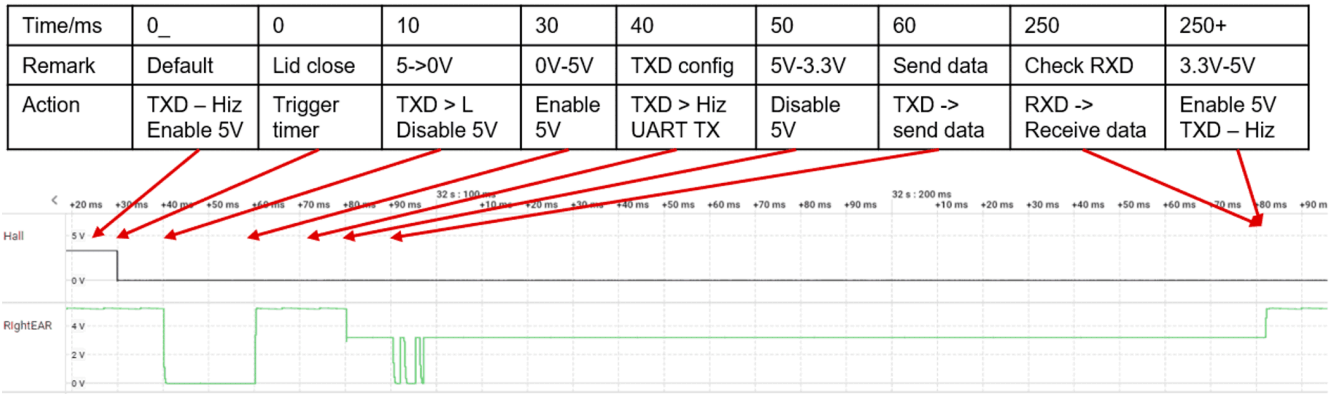


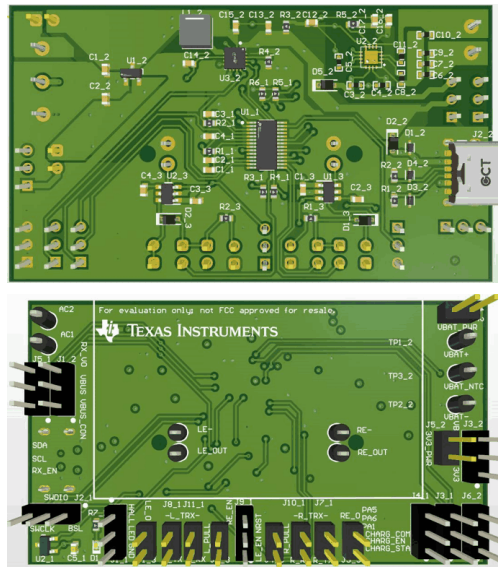
图 5-3. 每次采样的操作和最终波形

5.4 其他资源

- 采用小型封装，具有低功耗和低成本
- 提供多种通信外设 (I2C/串行外设接口 (SPI)/LIN/UART)
- 提供 ADC/DAV/OPA/GPA/COMP

6 硬件

图 6-1 展示了 PCB 设计和最终原型。



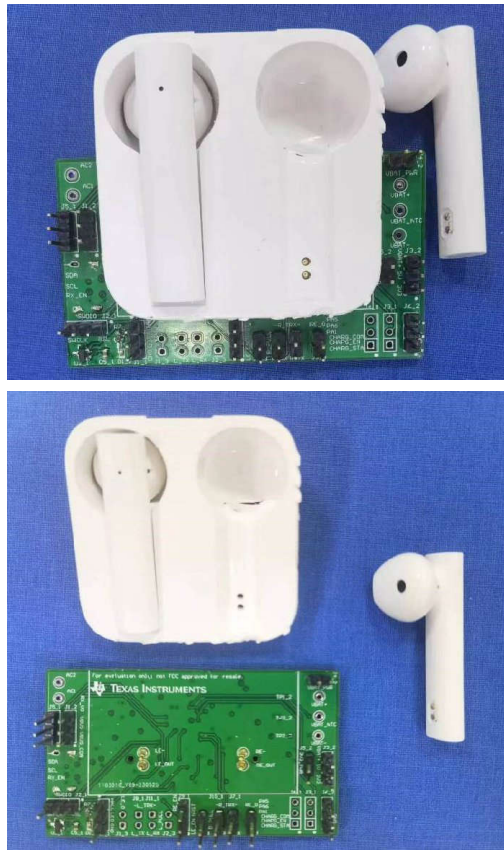


图 6-1. PCB 设计和最终原型

该 PCB 的设计使其能够出色地与第三方 TWS 底座配合使用。

6.1 测试结果

基于 MSPM0L 的 TWS 底座成功地与第三方耳塞进行通信，图 6-2 展示了相应的波形。蓝线是霍尔传感器的输出，表示盒盖闭合；绿线表示右耳塞与 TWS 底座之间的通信/电源波形，而紫线表示左耳塞与 TWS 底座之间的通信/电源波形。底座也可使 LED 多次闪烁，具体取决于从耳塞接收到的响应。除此之外，底座还可以为耳塞充电，并且能够检测盒盖的开启/关闭情况。



图 6-2. 底座与耳塞之间的最终波形

7 参考资料

- 德州仪器 (TI) : [MSPM0 L 系列 32MHz 微控制器技术参考手册](#)
- 德州仪器 (TI) : [MSPM0L110x 混合信号微控制器数据表](#)

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司