

SPlan控制按钮PCBA功能需求说明书 (v1.0)

一、文档核心说明

1. 使用场景

- 本说明书用于公司（需求方）与外包方案商（承接方）的项目对接，明确方案商需完成的开发范围、交付标准（含全套设计文件、CE 认证适配）及协作要求，作为合同附件、项目验收及后续生产的核心依据。

2. 权责边界

- 需求方（公司）：负责设备外壳结构设计、外壳开模生产、小批量生产供应商对接；主导 CE 认证申报，拥有全部交付物知识产权。
- 方案商（承接方）：负责核心硬件电路设计、软件固件开发、功能测试验证；需满足 CE 认证技术要求，提交全套设计文件（含 PCB 源文件、固件源码），提供生产技术支持。

二、产品核心功能需求（方案商需实现）

1. 交互功能（滚轮 + 按键）

类似鼠标中键滚轮，即可滚动，又可以按下

- 滚轮滚动：**支持顺时针 / 逆时针滚动，输出连续“滚动增量信号”；（分辨率待确定）；连续滚动，无卡顿丢步，响应延迟≤50ms。
- 滚轮按键：**支持按压触发，按下输出“按键信号”、松开输出“释放信号”。

2. BLE 通信功能

• 广播与命名规则：

广播名称 (Local Name): SPlan_btn2_xxxx

前缀：SPlan_btn2_

后缀：xxxx 为蓝牙 MAC 地址的最后 4 位（大写），用于区分多台设备。

广播行为：设备在未连接状态下或进入配对模式时进行广播。

• 进入配对：

操作：用户长按按钮 3 秒。

响应：断开当前蓝牙链路（如有），LED 进入快闪状态。

- **主动断开：**

操作：按住旋钮不放，同时向任意方向旋转 3 格以上。

响应：LED 红灯闪烁 3 次后熄灭，设备重启并进入未连接的广播状态。

- **连接与传输：**支持 BLE 广播（间隔 200ms），空旷环境通信距离≥10m；数据传输延迟≤100ms。

- **通信协议：**

电量信息：通过 Bluetooth Battery Service（标准电池服务）上报电量百分比（0-100%）。

交互信息：GATT 自定义服务，通信协议格式后续沟通确定。

3. 电源与充电功能（磁吸充电）

- **锂电池供电：**适配 3.7V 可充电聚合物锂电池（**容量和型号待定**），满电连续使用（滚动 + 按键各 50%）续航≥30 小时，待机≥21 天。
- **磁吸充电：**支持磁吸接口充电，USB 电源输入 5V/500mA；具备防反接功能；充电时电磁辐射≤EN 55032 Class B。

4. 状态指示

- **LED 指示：**单颗RGB LED 通过颜色 / 闪烁模式指示状态。

设备状态 (State)	LED颜色	闪烁模式 (Pattern)	备注
配对模式 (Pairing)	蓝色	快速闪烁 (5Hz)	等待设备连接
已连接 (Connected)	蓝色	常亮2秒后熄灭	为省电，连接稳定后熄灭，操作时短暂亮起
操作反馈 (Action)	蓝色	单次闪烁	每次旋转或短按时亮起，确认信号已发送
低电量 (Low Battery)	红色	呼吸闪烁 (0.5Hz)	电量 < 20% 时触发
充电中 (Charging)	红色	常亮	连接磁吸充电时
充电完成 (Charged)	绿色	常亮	充满电后

5. 低功耗策略

- **一级休眠 (Standby)：**

触发条件：蓝牙已连接，但无操作超过 60 秒。

行为：降低蓝牙连接间隔 (Connection Interval)，LED 熄灭。

唤醒：任意旋转或按键立即唤醒（切换回正常连接间隔），无延迟。

- **二级休眠 (Deep Sleep)：**

触发条件：蓝牙断开连接超过 3 分钟，或已连接但在 Standby 状态下超过 30 分钟无操作。

行为：关闭蓝牙射频，系统进入极低功耗模式。

唤醒：必须通过“短按”按键唤醒，旋转无法唤醒（防止误触）。

三、硬件开发需求（方案商需完成）

1. 核心硬件选型与设计

模块	选型要求	设计约束
BLE 芯片	优先 Nordic nRF54Lxx / nRF52xx；支持蓝牙 5.0 及以上，低功耗特性。	封装适配外壳空间；天线需预留≥3mm 净空区。
磁吸充电模块	(公司已有参考型号) 磁吸接口：2Pin；充电芯片：TP4054 等同级别。	接口适配需求方外壳磁吸结构；提供 3D 尺寸图供外壳适配确认。
滚轮 / 按键模块	(公司已有参考型号)	模块尺寸适配外壳按键行程；支持硬件 / 软件防抖动；提供封装库供 PCB 设计。
锂电池	协助需求方确认电池合规性。	电池座预留测试点；保护电路需支持过充 / 过放 / 短路保护（响应≤100ms）。

2. PCB 设计要求

- **尺寸与工艺：**直径≤25mm，厚度 1.0-1.6mm，FR-4 材质，沉金工艺。

- **测试点预留：**预留 4 个测试点 (VCC/GND/TX/RX)。

- **文件要求：**需提交完整设计源文件及生产文件（详见“交付物清单”）。

四、软件开发需求（方案商需完成）

1. 固件功能模块

模块	开发要求	交付物关联
BLE 协议栈	基于 Nordic NCS v2.7.0+ 版本开发，实现发射功率控制 ($\leq 10\text{dBm}$)、信道跳频 (EN 300 328)。	提交协议栈配置文档、NCS RED 合规声明、完整源码。
滚轮 / 按键驱动	实现滚动数据采集、按键检测、防抖动处理。	提交驱动开发文档、配置接口说明、源码 (含注释)。
电源管理	实现电量检测、休眠 / 唤醒逻辑 (含磁吸充电唤醒)；过温保护 ($\geq 60^\circ\text{C}$ 降流 / 停充)；充电状态检测。	提交电源管理流程图、电量算法说明、源码。
OTA 升级	支持 BLE 无线升级，中断电可回滚；升级时发射功率 $\leq 10\text{dBm}$ ；提供升级工具及操作手册。	提交 OTA 工具源码、升级脚本、兼容性声明。

2. 兼容性与合规

- 系统兼容：**支持 Windows 10+/Android 7+。
- CE 合规：**固件需实现 RED 射频参数配置、EMC 抗干扰逻辑；提供源码注释说明合规设计要点。
- 二次开发支持：**源码注释覆盖率 $\geq 80\%$ ，提供编译环境搭建教程 (NCS/GCC 版本说明)。

五、测试与验收要求

1. 测试范围与标准

测试类型	测试项目	验收依据	责任方
CE EMC 测试	辐射 / 传导发射、ESD、射频抗扰度、电快速瞬变测试	符合 EN 55032 Class B、EN 61000-4 系列；需欧盟公告机构 (SGS/TÜV) 测试，提供带盖章报告及原始数据。	方案商委托测试，提交报告

测试类型	测试项目	验收依据	责任方
CE LVD 测试	防触电、温升、 绝缘电阻、 短路保护、 爬电距离测试	符合 EN 60950-1、EN 61140； 公告机构测试，提供带盖章报告及元器件 CE 证书。	方案商委托测试， 提交报告
CE RED 测试	发射功率、 频率误差、 调制带宽、 杂散辐射测试	符合 EN 300 328；公告机构测试， 提供带盖章报告及协议栈合规声明。	方案商委托测试， 提交报告
功能 / 性能测试	滚轮 / 按键功能、 BLE 通信、续航、 充电、低功耗测试	功能 100% 达标，通信距离≥10m，续航 ≥30 小时，休眠功耗≤10μA。	方案商自测 + 需求方抽检

六、交付物清单（方案商需提交，100% 归属需求方）

1. 硬件设计文件

类别	具体内容	格式要求	备注
设计源文件	1. 原理图：PDF、Altium .SchDoc；2. PCB Layout：PDF（含各层视图）、Altium .PcbDoc；3. 封装库：.SchLib（原理图库）、.PcbLib（PCB 封装库）；4. 3D 模型：PCB STEP 格式。	无加密、无水印， 版本为最终量产版	
生产文件	1. Gerber 文件；2. BOM 清单；3. 坐标文件；	Gerber 文件需通过 PCB 厂商兼容性测试；BOM 标注关键元器件替代型号	
CE 相关文件	1. EMC/LVD/RED 设计方案：PDF (含布局、接地、滤波、射频配置)；2. 测试报告：公告机构出具的 EMC/LVD/RED 带盖章报告及原始数据； 3. 元器件合规证明：BLE 芯片、 磁吸接口、充电芯片、电池的 CE 证书复印件 / 厂商声明。	设计方案与最终文件一致； 证书在有效期内	

2. 软件与固件文件

类别	具体内容	格式要求	备注
完整源码	1. 固件源码：基于 NCS 的全部 C/C++ 文件（含 BLE 协议栈、驱动、电源管理、OTA 模块）；2. 工程文件：Visual Studio Code/Nordic Studio 完整工程（含配置、编译脚本）；3. 测试工具源码：OTA 升级工具、串口调试工具源码（若自主开发）。	注释覆盖率≥80%，可直接编译（提供编译环境说明）；无第三方版权纠纷	
辅助文件	1. 源码说明：PDF（目录结构、核心函数、参数配置、二次开发指南）；2. 编译输出：.hex/.bin 固件（量产版）、烧录脚本（.bat 批量烧录）；3. OTA 文档：升级操作手册、兼容性说明。	烧录脚本支持 Windows 系统；说明文档清晰易懂	

3. 实物与培训

类别	具体内容	交付要求	备注
实物	1. 原型机：10 台；2. CE 测试样品：5 台（与量产设备一致）。	原型机功能完整；测试治具可正常使用	
培训与支持	1. 培训：硬件调试；2. 技术支持：1 年（电话 / 邮件响应≤24 小时，含生产技术支持、CE 问题排查）。	培训内容覆盖设计要点、问题排查；支持期内免费解决设计相关问题	

七、协作与知识产权

1. 协作机制

- 沟通频率：**定期线上进度会议，方案商提交周报告（含设计进展、CE 合规推进、风险问题）。
- 生产支持：**方案商需在需求方小批量生产期间提供技术支持，解答供应商问题（如 PCB 焊接、固件烧录）。

2. 知识产权

- **归属：**所有交付物（设计文件、PCB 源文件、源码、测试报告）的知识产权 100% 归需求方所有。
- **限制：**方案商不得保留副本、复用或泄露交付物；需出具《无第三方版权声明》。
- **使用权限：**需求方可自由修改、二次开发、委托第三方生产 / 认证，无需通知方案商。