

SPlan智能阻力控制旋钮需求说明书（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（含 3D 模型、开模图纸及磁吸接口结构）、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

- **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。

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（切换会正常连接间隔），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 v2.0 及以上开发，实现发射功率控制（≤10dBm）、信道跳频（EN	提交协议栈配置文档、NCS RED 合规声明、完整源码。

模块	开发要求	交付物关联
	300 328)。	
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（≥60℃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≤10dBm；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≥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
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、	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

测试类型	测试项目	验收依据	责任方
	调制带宽、 杂散辐射测试		
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

2. 验收流程

- **原型验收：**方案商交付 10 台原型机（无外壳），需求方 7 个工作日内测试功能 / 性能及 CE 合规设计，出具意见；原型机需含完整固件。
- **CE 测试验收：**方案商提交公告机构测试报告，需求方 10 个工作日内复核（测试项目完整性、结果达标情况）。
- **设计文件验收：**需求方核对方案商提交的设计文件（PCB 源文件、源码等），验证可编辑性、完整性（如源码编译成功、Gerber 文件可打样）。
- **小批量支持验收：**方案商提供生产技术支持，协助需求方解决供应商生产问题；需求方完成小批量生产后（合格率≥98%）。

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	交付时间
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	原型验收后 3 个工作日
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	原型验收后 3 个工作日

类别	具体内容	格式要求	交付时间
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	CE 测试完成后 5 个工作日

2. 软件与固件文件

类别	具体内容	格式要求	交付时间
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	原型验收后 3 个工作日
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	原型验收后 3 个工作日

3. 实物与培训

类别	具体内容	交付要求	交付时间
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	原型验收前 5 个工作日
培训与支持	1. 培训：硬件调试；2. 技术支持：1 年（电话 /	培训内容覆盖设计要点、问题排查；	小批量生产期间

类别	具体内容	交付要求	交付时间
	邮件响应≤24 小时， 含生产技术支持、CE 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：**每周 1* 次线上进度会议，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。