

# 蓝牙智能药盒技术解决方案 V3.1

## 一、项目背景概述

### 1. 核心需求

设计一款面向普通用户日常使用的**室内随身智能药盒**，在常温（10°C~35°C）环境下实现以下功能：

- **开盖记录**：每次开盖后 3 秒内记录事件并上传至服务器或手机 APP。
- **低电量提醒**：电量低于 20%时主动推送通知。
- **零待机功耗**：唯一的盖子关闭时完全断电，开盖后自动唤醒。
- **低成本微型化**：整机成本 $\leq$ 25 元，尺寸 $\leq$ 8mm（高） $\times$ 65mm（长） $\times$ 45mm（宽）。
- **锂电池**：800mAh。

### 产品定位

- 面向慢性病管理及健康监护场景的微型化智能药盒，通过自动记录用药行为+云端数据同步，解决传统药盒漏服误服率高、用药依从性数据缺失的行业痛点。

### 2. 用户场景

- **家用药盒**：记录老人/慢性病患者的用药时间，辅助健康管理。
- **办公便携药盒**：白领日常维生素补充提醒。
- **通用容器监测**：小件贵重物品存储盒开合监控。

## 二、技术实现方案

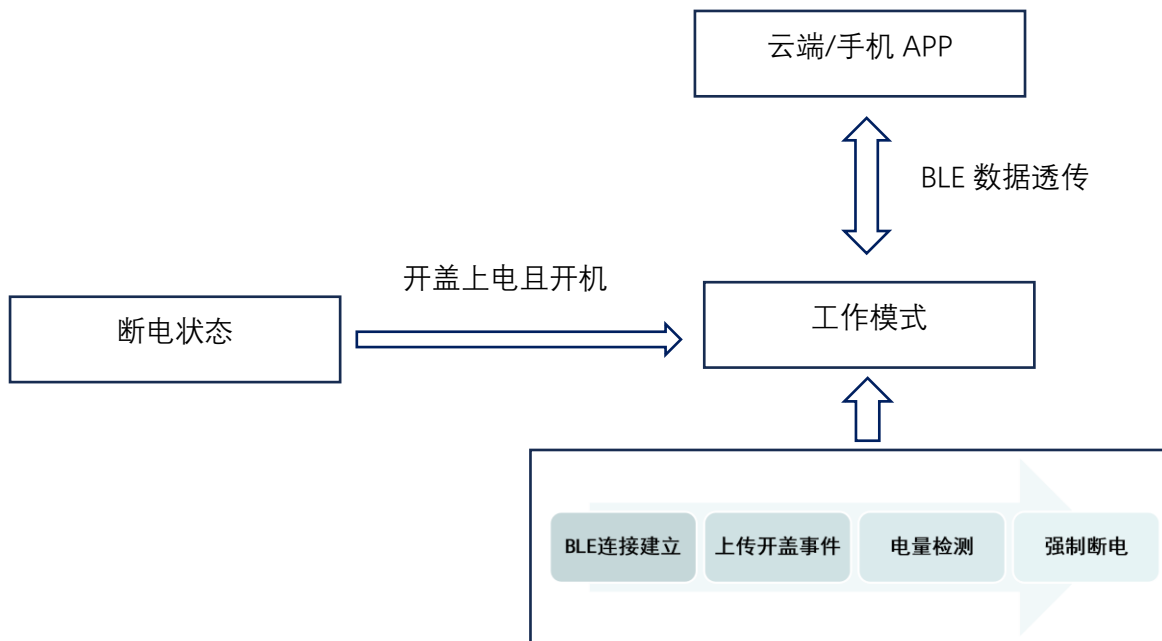
### 1.1 硬件架构(硬件采购预付，实际以批量采购的时候市场价格为准)

模块	选型与设计
主控芯片	核心芯片：CH582 BLE SoC（蓝牙、支持深度睡眠单价 3 元）； 通信协议：蓝牙 BLE5.3，支持广播模式（Adv Interval 20ms） 天线设计：PCB 板载倒 F 天线，增益 -2dBi
开盖检测	干簧管(常开型)+磁铁联动方案（成本 0.8 元，寿命 10 万次，常温误触率 < 0.1%） 断电控制：开盖瞬间导通供电。
电源管理	充电：TP4056 芯片（支持 Type-C 输入，单价 1.0 元）； ● 支持 4.2V 截止充电，充电电流 100mA 电量检测：100k $\Omega$ 分压电路+12 位 ADC，动态校准电压曲线
电池	3.7V 800mAh 软包锂电池（尺寸 7x25x30mm，单价 7 元，聚合物锂电池）； 样品阶段：常温续航 $\geq$ 200 天，批量阶段： $\geq$ 3 年，批量时候可选型质量更好的电池）
结构设计	上下盖分体式结构，PCB 与电池叠层安装，总高度 8+10+8+6=32mm（含外壳）

## 1.2 核心指标

维度	参数要求	本方案实现值
整机尺寸	≤8×65×45mm	35×35×32mm ((实物为准))
待机功耗	0μA (盖子关闭时)	0μA
单次操作功耗	≤3mAh	0.2mAh
续航能力	≥10,000 次开盖操作	15,000 次 (理论值)
成本	≤30 元 (小批量)	25 元 (BOM+生产)

## 1.3 软件架构



## 1.4 关键技术实现

### 1) 零待机功耗设计

双保险断电机制:

1. 物理层: 磁铁吸附使干簧管保持断开状态;
2. 逻辑层: MCU 完成数据上报后主动进入低功耗状态;

### 2) 快速响应优化

- 预连接技术: 存储已配对设备的 MAC 地址, 跳过扫描阶段;
- 数据包精简: 12 字节协议帧 (4 字节事件代号+2 字节电压值+4 字节 CRC+2 字节帧尾)

### 3) 可靠性增强

- 磁控容差设计: 磁铁与干簧管间距≤3mm 时可靠触发
- 机械寿命测试: 结构可以耐 10,000 次开合疲劳试验;

## 1.5 详细实施方案

### 1) 硬件选型清单,成本与量产验证 (成本价仅供参考, 以批量采购时候为准)

模块	单件成本	供应商	备注
CH582	4 元	乐鑫官方代理	1K 起订, 含税
TP4056+元件	3 元		锂电池充电芯片
干簧管+磁铁	2 元	欧姆龙	MK23-66 系列
锂电池	7.0 元	亿纬锂能	400mAh 软包电池
PCB+贴片	4.2 元	嘉立创 SMT	4 层板, 绿色阻焊
结构件	3.0 元	本地注塑厂	ABS 材质, 5K 套起订 (优先选择市场公模结构部件)
合计	<b>23.2 元</b>	-	满足成本红线 (实际采购物料价格为准)

## 2) 生产组装流程

1. **SMT 贴片:** CH582+TP4056+阻容件 (回流焊温度曲线: 峰值 245°C)
2. **结构装配:**
  - 上层: PCB 板与磁铁槽定位装配
  - 下层: 锂电池双面胶固定
3. **老化测试:**
  - 连续开盖 500 次功能验证
  - 蓝牙信号强度测试 (1 米距离 RSSI  $\geq$  -75dBm)

## 2. 常温场景优化设计

- **开盖检测可靠性:**
  - 磁铁与干簧管间距  $\leq$  2mm (确保常温下稳定触发)
  - 软件防抖逻辑: 连续检测到 3 次开盖信号后确认事件 (防误触)
- **通信策略:**
  - **蓝牙:** 通过手机 APP 接收蓝牙广播 (有效距离  $\leq$  10m)
- **功耗测试数据**

工作阶段	电流消耗	持续时间	能耗占比
蓝牙连接建立	8mA	1.2s	32%
数据上传	6mA	0.8s	16%
深度睡眠	1 $\mu$ A	1s	0.004%

- **功耗控制:**

// 关闭时完全断电 (物理切断电源)

```
void power_off() {
    gpio_set_level(MOSFET_CTRL_PIN, 0); // MOSFET 关断，整机电流=0μA
}
```


### 3. 数据协议与交互

- 事件数据格式 (UDP+JSON):

```
json
{
    "device_id": "BOX-2025",
    "event": "open" / "low_battery",
    "timestamp": 1716352000, // Unix 时间戳/事件上报
    "voltage": 3.6 // 当前电压 (V)
}
```

- 用户提醒方式:
  - 本地提示: 可选蜂鸣器短鸣 (需增加 0.5 元成本)
  - 远程通知: 通过微信公众号/短信推送 (依赖用户手机设置, 由甲方负责实现 APP 功能)

### 三、开发执行计划 (计划四周, 乙方尽量满足, 有硬件投产的项目开发, 周期一般 35~45 天)

阶段	时间	关键任务	交付物
硬件开发	第 1 周	1. 定制部件 PCB 完成原理图设计 (立创 EDA) 2. PCB 打样 (嘉立创 2~4 层板) 3. 组建外壳结构件从市场采购公模部件	硬件原型、BOM 表 
固件开发	第 2 周	1. 实现开盖延迟上报逻辑 2. 开发蓝牙通信驱动 3. 低功耗代码优化	固件源码 (C)、通信协议文档
集成测试	第 3 周	1. 常温开盖测试 (100 次循环) 2. 功耗验证 (nA 级电流表) 3. 网络兼容性测试	测试报告、问题修复清单
交付准备	第 4 周	1. 标准模块 (采购链接、厂家清单) 2. 定制部件生成量产文件 (Gerber+贴片坐标) 3. 编写用户配置手册 4. 整理源代码	完整交付包 (硬件+软件+文档)

### 四、关键问题解决方案

风险项	应对措施
连接失败	硬件板卡搜索手机蓝牙无果，3分钟后，进入休眠状态，等待断电；
尺寸超标	外购盒子，塞不进去，尽量控制尺寸，采用 0.8~1.0mm 厚 2~4 层 PCB，主控芯片 PCB 与电池上下堆叠，外壳壁厚 1.2mm（总高 7.8mm）
用户误操作	手机 APP 增加防呆设计：（手机 APP 部分由甲方负责设计） - 配网时自动生成二维码扫码绑定 - 开盖记录需二次确认删除

## 六、交付物清单

### 1. 硬件交付：

- 原理图 (PDF/立创 EDA)
- PCB 生产文件 (Gerber+钻孔文件)
- 结构相关文件，结构公模采购信息。

### 2. 软件交付：

- 固件源代码 (ESP-IDF 工程)
- 手机 APP 基本配置 Demo 测试通信成功，由甲方负责二次开发 APP.

### 3. 文档交付：

- 《用户快速入门指南》

## 方案优势：

1. **零待机功耗**：关闭时电流  $\approx 0\mu\text{A}$ ，彻底消除漏电风险。
2. **极简交互**：用户只需首次扫码配网，后续全自动运行。
3. **快速部署**：从设计到量产 4 周~6 周完成，支持 OEM 定制。

## 附件：干簧管

