

AI 智能分药与老年健康中枢

产品需求文档 (PRD v0.1 · 内部)

文档级别：内部立项 / 研发 / 长期备案

适用对象：产品、硬件、嵌入式、App、云平台、测试、管理层

注意：本 PRD 不用于对外宣传，不做任何能力夸大，不省略任何关键设计前提

1. 项目背景

1.1 现实问题

- 老年人长期、多种、复杂用药是常态
- 常见风险包括：
 - 漏服
 - 重复服用
 - 错误时间（饭前/饭后/间隔）
 - 错误顺序
 - 纯提醒类产品无法确认“是否吃对药”
 - 让老人学习 App、拍照、理解规则在现实中不可行

1.2 核心判断

- 必须由设备承担执行责任
 - 必须通过物理机制防止错误发生
 - 复杂规则必须系统化，老人端只看到行为指引
-

2. 产品定位

2.1 一句话定义（内部）

一个以“安全、正确用药”为核心，逐步扩展为老年健康监控与交互中枢的智能终端。

2.2 产品边界 (v0.1)

明确要做：- 自动、按规则执行用药 - 防止错误用药 - 支持多药、顺序、间隔、饭前饭后 - 支持亲人配置、系统执行

明确不做：- 医疗诊断 - 自动处方决策 - 无人确认的自动药物识别

3. 用户角色定义

3.1 老人（被照护者）

- 不需要理解用药规则
- 不需要记忆时间与顺序
- 不需要操作手机

允许行为： - 看屏幕 - 听语音 - 端杯吃药 - 简单确认 / 求助

3.2 亲人 / 照护者（配置者）

- 周期性分药
- 配置用药规则
- 接收异常通知

3.3 系统（责任主体）

- 判断时间、顺序、间隔
- 控制抽屉锁定与解锁
- 阻止错误发生
- 记录并上报状态

4. 核心使用场景

4.1 标准服药流程

1. 到达服药时间点
2. 系统判断当前应服用的药物组合
3. 解锁并弹出正确抽屉
4. 药片自动落入取药杯
5. 老人端杯服药
6. 系统记录完成状态

4.2 错误操作场景

- 老人尝试打开非当前抽屉
- 抽屉保持锁定
- 屏幕 + 语音提示原因

5. 功能需求（v0.1）

5.1 自动分药执行

- 支持抽屉式结构
- 到点仅允许正确抽屉弹出
- 支持一次落杯多种药物

5.2 药盒锁定系统（强制）

- 默认所有抽屉锁定
- 仅在正确时间、正确顺序解锁
- 支持以下锁定条件：
 - 时间未到
 - 间隔未满足
 - 上一组未完成

5.3 用药规则支持

- 饭前 / 饭后
- 多药同服
- 多药顺序
- 间隔时间（分钟级）
- 跳过 / 拒绝策略

5.4 屏幕与语音引导

- 每次仅展示一条核心指令
- 同步语音播报
- 不展示药名、剂量单位

5.5 亲人端配置（App）

- 用药时间设置
- 药物与抽屉映射
- 顺序与间隔配置
- 异常通知策略

6. 药物录入方式

6.1 手动分药 + 配置（主路径）

- 亲人将药物放入指定抽屉
- 手机端配置规则
- 系统按规则执行

6.2 自动识别（辅助能力）

- 扫描药品条形码填充建议信息
- 拍照识别仅作输入辅助
- 所有自动结果必须人工确认

7. 交互设计原则

- 老人端永远不出现专业术语
- 一次只引导一个动作
- 错误必须被解释，而不是仅阻止

- 尊重老人跳过或拒绝的选择
-

8. 硬件能力假设 (v0.1)

- 主控 SoC (支持屏幕、音频、通信)
 - 触摸屏
 - 扬声器 + 麦克风
 - 摄像头 (非常开)
 - 抽屉锁定机构 (电磁/电机)
 - 自动落药结构
-

9. 视频与语音交互 (v0.1 限定)

支持: - 异常时视频联系亲人 - 远程协助分药 - 紧急求助

不支持: - 长时间监控 - 后台录像

10. 健康监测扩展设计 (预留)

10.1 主机自带 (非侵入)

- 心率
- 血氧
- 体温

10.2 外接设备 (统一接口)

- 血糖仪
- 尿检设备
- 其他第三方检测仪器

主机仅负责：记录、展示、同步

11. 数据与记录

- 所有服药行为均生成事件记录
 - 本地存储 + 云端同步
 - 支持按天/周/月查询
-

12. 风险与兜底设计

- 网络断开：本地继续执行
- 设备异常：通知亲人
- 老人拒绝：记录并停止强制提醒

- 紧急模式：允许全解锁并报警
-

13. 阶段目标 (v0.1)

- 验证老人是否能在无学习成本下完成服药
 - 验证锁定 + 弹出 + 落杯是否降低错误率
 - 验证亲人配置负担是否可接受
-

14. 明确不在 v0.1 范围内

- 自动处方推荐
 - 医疗诊断
 - 保险 / 医疗系统对接
 - AI 健康预测
-

15. 结论 (内部)

v0.1 的唯一成功标准是：

系统能否在现实环境中，稳定地、可重复地，让老人“只能正确地吃药”。

其他一切能力，均为后续演进。

16. 硬件与PCB重设计要求说明（保密）

文档级别：公司内部 · 高度保密
用途：提供给硬件/PCB工程师进行原理图与PCB设计
禁止外传、禁止用于任何对外资料

16.1 设计目标与稳定性原则（必须遵守）

16.1.1 设计目标

- 支持一天最多4次用药 (Dose1~Dose4)
- 每次最多 8种不同药物 (Drug1~Drug8)
- 总执行通道上限：32路独立执行通道
- 支持药物顺序、间隔、饭前/饭后等复杂规则
- 在任何单一路径异常下：
 - 不允许误执行
 - 不允许系统复位或失控

16.1.2 稳定性优先级（硬性约束）

1. 稳定性 > 功能完整性 > 成本 > 体积
 2. 功率与逻辑必须物理隔离
 3. 执行机构必须默认安全（Fail-Safe）
 4. 电源波动不得影响主控与存储
-

16.2 总体硬件架构（强制采用）

16.2.1 分板架构（禁止单板堆叠）

必须采用以下结构：

- 主控交互板（Main/UI Board） × 1
- 执行背板（Backplane-8CH） × 4（最多）

禁止将高电流执行驱动、电磁锁、电机等直接布在主控板上。

16.3 主控交互板（Main/UI Board）设计要求

16.3.1 必须保留的底座架构（不可删除）

- 主控：ESP32-S3-MINI-1-N8
- USB-C 接口（至少1个）：供电 + 调试
- USB-UART 芯片（用于产测/烧录）
- Boot / Reset 硬件按键

说明：此部分沿用当前开发板设计思想，属于稳定与产测保障。

16.3.2 主控板新增功能模块（必须实现）

A. 显示与触摸

- SPI 接口 LCD（推荐）
- I2C 电容触摸控制器
- 背光必须通过 MOSFET 可控（PWM调光）

B. 音频子系统

- I2S 数字功放（驱动喇叭）
- I2S 数字麦克风
- 音频电源需独立滤波，避免干扰射频/摄像头

C. 摄像头子系统

- DVP 摄像头接口（FPC）
- 摄像头供电必须独立电源域，并支持软件关断
- 摄像头信号线要求短、等长、完整地参考地

D. RTC

- 外置 RTC 芯片
 - 需配置备用电池或超级电容
-

16.3.3 主控板电源系统（必须重构）

电源域划分（强制）

- 12V_ACT：执行机构（背板）
- 5V_SYS：背光、音频、部分外设
- 3V3_DIG：ESP32、逻辑、传感
- CAM_PWR：摄像头专用

电源要求

- 必须支持锂电池 + 充电管理 + 电源路径管理（边充边用）
 - 禁止使用单一 LDO 承载系统主电源
 - 执行域与数字域必须分区布地，单点汇接
-

16.4 执行背板（Backplane-8CH）设计要求

16.4.1 执行器选型（强制）

- **12V 电磁铁 / 电磁锁**
- 单通道“通电一次 → 药物落下 → 自动复位”

16.4.2 每块 8CH 背板必须包含

- 8× 低边 MOSFET 驱动
- 8× 续流二极管（靠近负载）
- 8× 限位/到位检测输入
- 1× I2C IO 扩展器（ $\geq 16\text{bit}$ ）
- 地址选择焊盘（支持多板级联）

16.4.3 保护与稳定性要求（强制）

- 每路执行输出必须有：
 - 续流二极管
 - PTC 或等效短路保护
 - 每块背板执行电源入口必须有：
 - TVS
 - $\geq 1000\mu\text{F}$ 低ESR 电容
-

16.5 主板 ↔ 背板接口规范（强制统一）

16.5.1 信号接口

- I2C (SCL/SDA)
- INT (背板事件中断)
- 可选 SPI (备用)

16.5.2 电源接口

- 12V_ACT (多针并联)
- 5V_SYS (可选)
- 3V3_DIG
- GND (多点并联)

所有连接器需防反插，并在 PCB 丝印明确标注。

16.6 通道编号与规则映射（不可修改）

16.6.1 逻辑编号

- Dose1: Drug1 ~ Drug8
- Dose2: Drug1 ~ Drug8
- Dose3: Drug1 ~ Drug8
- Dose4: Drug1 ~ Drug8

16.6.2 硬件编号

- Backplane-1: Dose1-Drug1 ~ Drug8
- Backplane-2: Dose2-Drug1 ~ Drug8
- Backplane-3: Dose3-Drug1 ~ Drug8
- Backplane-4: Dose4-Drug1 ~ Drug8

硬件、线束、软件必须 1:1 对应，不允许跨板混用。

16.7 PCB层叠与布局要求（强制）

主控交互板

- 推荐 4 层 PCB
- 必须完整 GND 层
- 射频、音频、摄像头、电源分区布局

执行背板

- 最低 2 层，推荐 4 层
 - 功率区与信号区物理隔离
 - 执行器走线加粗，禁止细线长距离走线
-

16.8 安全与保密声明

- 本设计方案为公司内部核心架构
 - 不得用于任何对外展示、专利披露、第三方评审
 - 所有 PCB 文件、原理图、BOM 均需按“内部机密”级别管理
-

16.9 设计验收最低标准

- 任意单路执行动作，不得引起 ESP32 复位
 - 任意执行器短路，不得损坏主控板
 - 任意背板断开，不影响其他 Dose 正常执行
 - 连续 1000 次执行无异常
-

16.10 备注（内部共识）

本系统的第一性原理是：任何错误都必须被物理结构和电路阻止，而不是依赖软件补救。