低配版纯打击反制枪实施方案

（仅供内部使用）

二Ο二三 年 六 月

目录

[1 功能技术指标要求 1](#_Toc137457205)

[1.1 主要功能： 1](#_Toc137457206)

[1.2 主要性能指标 1](#_Toc137457207)

[1.2.1 工作频段 1](#_Toc137457208)

[1.2.2 最大输出功率 1](#_Toc137457209)

[1.2.3 工作时长 1](#_Toc137457210)

[1.2.4 干扰距离 1](#_Toc137457211)

[1.2.5 防水等级 1](#_Toc137457212)

[1.3 其他要求 1](#_Toc137457213)

[1.3.1 可靠性 1](#_Toc137457214)

[1.3.2 维修性 1](#_Toc137457215)

[1.3.3 环境适应性 1](#_Toc137457216)

[1.3.4 结构要求 2](#_Toc137457217)

[2 方案设计 2](#_Toc137457218)

[2.1 工作原理 2](#_Toc137457219)

[2.2 设备组成及接口关系 3](#_Toc137457220)

[2.3 设计要求 4](#_Toc137457221)

[2.3.1 功放模块 4](#_Toc137457222)

[2.3.2 天线模块 7](#_Toc137457223)

[2.3.3 电子罗盘/陀螺仪模块 8](#_Toc137457224)

[2.3.4 信号处理板 9](#_Toc137457225)

[2.4 软件设计 13](#_Toc137457226)

[2.4.1 关键业务流程 13](#_Toc137457227)

[2.4.2 系统控制 16](#_Toc137457228)

[2.5 结构设计 17](#_Toc137457229)

[2.5.1 组成 17](#_Toc137457230)

[2.5.2 系统散热分析 17](#_Toc137457231)

[2.5.3 功耗预估 18](#_Toc137457232)

[2.5.4 重量预估 18](#_Toc137457233)

[2.6 电磁兼容性设计 19](#_Toc137457234)

[2.6.1 屏蔽设计 19](#_Toc137457235)

[2.6.2 布线设计 19](#_Toc137457236)

[2.6.3 电路设计 19](#_Toc137457237)

[2.6.4 印制板设计 19](#_Toc137457238)

[2.6.5 针对本产品的其他优化 20](#_Toc137457239)

[2.7 通用质量特性设计 20](#_Toc137457240)

[2.7.1 可靠性 20](#_Toc137457241)

[2.7.2 维修性 21](#_Toc137457242)

[2.7.3 测试性 21](#_Toc137457243)

[2.7.4 保障性 21](#_Toc137457244)

[2.7.5 安全性 22](#_Toc137457245)

[2.7.6 环境适应性 23](#_Toc137457246)

# 功能技术指标要求

只具备打击功能的反制枪（简称反制枪，缩写SPS100），根据用户或者反无系统发布的目标信息，进行精确打击。

## 主要功能：

1. 具备有线通讯（USB）功能；
2. 具备与诱骗设备联动打击功能；
3. 具备GPS、陀螺仪及电子罗盘等指向、定位功能；
4. 具备诊断信息存储功能；
5. 具备支持客户定制频段功能（外置功放和天线）；

## 主要性能指标

### 工作频段

825~870MHz；895~945MHz；1160~1295MHz；1410-1465MHz；1555~1620MHz；2395~2495MHz；4845~6015MHz。

### 最大输出功率

61dBm。

### 工作时长

打击1h;

### 干扰距离

野外及城市的空旷环境：2km（包含GPS干扰）;

野外及城市的复杂综合场景：1km；

* 反制距离及飞控比（不同机型）

1. AUTEL V3：1000m（1/1）；
2. DJI Mavic3行业版：1000m（1/1）；
3. AUTEL EVOⅡ MAX 4T：1000m（1/1）；
4. DJI M30：1000m（1/1）；
5. 其余覆盖机型：1200m（5/3）；

### 干扰角度范围

水平角度范围：≥30°；

垂直角度范围：≥20°。

### 防水等级

防护等级IP55

## 其他要求

### 可靠性

平均故障间隔时间（MTBF）≥1000h。

### 维修性

平均故障修复时间（MTTR）≤30min。

### 环境适应性

存储温度：-20℃~60℃；

工作温度：-20℃~55℃。

### 结构要求

尺寸：≤700mm\*100mm\*230mm；

散热：自带风冷散热。

# 方案设计

## 工作原理

反制枪工作原理框图如图1所示。用户根据功能按钮配置打击功能:Nomal、GNSS、组合、诱骗；

Nomal：用户勾动扳机，单片机收到扳机勾动信号后，将使能信号给到0.8~6GHz功放（不包括GPS频段），功放收到使能信号后，开始输出打击信号，经天线辐射出去；

GNSS：用户勾动扳机，单片机收到扳机勾动信号后，将使能信号给到GNSS功放，功放收到使能信号后，开始输出打击信号，经天线辐射出去；

组合：用户勾动扳机，单片机收到扳机勾动信号后，将使能信号给到0.8~6GHz功放（包括GPS频段），功放收到使能信号后，开始输出打击信号，经天线辐射出去；

诱骗：用户勾动扳机，单片机收到扳机勾动信号后，将使能信号给到0.8~6GHz功放（不包括GPS频段），功放收到使能信号后，开始输出打击信号，经天线辐射出去，另一边单片机软件通过内置诱骗策略以固定的诱打时序控制诱骗设备，从而实现诱骗打击，迫使无人机降落。



图1 工作原理框图

## 设备组成及接口关系

反制枪由DC板、电池、信号处理板、功放、天线、功能按钮、风扇、扳机、陀螺仪、LED灯板、外置功放、外置风扇、外置天线以及外置温度传感器组成，各个部分的连接关系如图2所示。

DC板功能是通过电源适配器给整枪供电，以及通过电源适配器给电池充电。

电池的功能是为反制枪供电。

信号处理板功能是控制内置功放、外置功放、风扇、陀螺仪数据提取、响应扳机以及功能按钮、点亮LED灯等。

功放功能是完成0.8~6GHz射频打击信号放大，并输出。

天线功能是将大功率射频打击信号向外辐射。

功能按钮功能是切换工作状态。

风扇功能是为0.8~6GHz功放以及反制枪系统散热。

扳机功能是启动/停止打击。

陀螺仪功能是提供枪的指向信息。

LED灯板功能是显示枪的打击模式；

外置功放功能是完成客户定制频段射频打击信号放大，并输出。

外置风扇功能是对外置功放散热。

外置天线功能是将大功率射频打击信号向外辐射。

外置温度传感器功能是实时监测外置功放温度，辅助调整散热风扇策略。



图2 反制枪组成及各模块连接关系

表 1反制枪对外接口表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **标识** | **接口名称** | **去向** | **插座型号** |
| X1 | 状态指示 | 至指示灯输入 |  |
| X2 | 诱骗控制接口 | 至诱骗设备/数字电源板 | RJ45 |
| X3 | 外置功放控制接口 | 至外置功放控制接口 |  |
| X4 | 外置功放供电接口 | 至外置功放电源输入 |  |
| X5 | 外置风扇供电接口 | 至外置风扇电源输入 |  |
| X6 | 外部风扇控制接口 | 自外部风扇/数字电源板 |  |
| X7 | 温度传感接口 | 至数字电源板 |  |
| X8 | 外部供电接口 | 自电源适配器 | DC |

## 设计要求

### 功放模块

#### 功能及技术指标要求

* + - * 1. 功能要求

在发射时，功放收到发射使能信号，产生三角波，再经过VCO和运放，最后，将0.8~6GHz信号放大输出给天线。

* + - * 1. 技术指标

1. 工作频率范围：0.8~6GHz；
2. 输出功率：**20W**/（825~945MHz）、**20W**/（1160~1620MHz）、**20W**/（2.395~2.495GHz）、**40W**（4~6GHz）；
3. 驻波：≤2；

#### 对外接口关系



图 3 功放模块对外连接关系

表 2功放模块对外连接关系表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **位号** | **接口名称** | **去向** | **插座型号** |
| X1 | 供电1接口 | 自信号处理板 |  |
| X2 | 供电2接口 | 自信号处理板 |  |
| X3 | 控制接口 | 自信号处理板 |  |
| X4 | 射频信号1 | 至天线 | SSMA-K |
| X5 | 射频信号2 | 至天线 | SSMA-K |
| X6 | 射频信号3 | 至合路器 | SSMA-K |
| X7 | 射频信号4 | 至合路器 | SSMA-K |

表 3 X1功放模块供电1接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | RC\_1.4 | 3.3V/0V | 自信号处理板 | 1.4G VCO使能信号 |  |
| 2 | PA3\_CTR | 3.3V/0V | 自信号处理板 | 2.4G PA使能信号 |  |
| 3 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 4 | PA4\_CTR | 3.3V/0V | 自信号处理板 | 1.1~1.6G PA使能信号 |  |
| 5 | GNSS\_1.2 | 3.3V/0V | 自信号处理板 | 1.2G VCO使能信号 |  |
| 6 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 7 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 8 | +28V\_IN | 28V | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 9 | GNSS\_1.5 | 3.3V/0V | 自信号处理板 | 1.5G VCO使能信号 |  |
| 10 | +28V\_IN | 28V | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 11 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 12 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |

表 4 X2功放模块供电2接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | PA2\_CTR | 3.3V/0V | 自信号处理板 | 800/900M PA使能信号 |  |
| 2 | PA1\_CTR | 3.3V/0V | 自信号处理板 | 4~6G PA使能信号 |  |
| 3 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 4 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 5 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 6 | +28V\_IN | 28V | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 7 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 8 | +28V\_IN | 28V | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 9 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 10 | +32V\_IN | 32V | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 11 | GND | / | 自信号处理板 | 供电 |  |
| 12 | +32V\_IN | 32V | 自信号处理板 | 供电 |  |

表 5 X3功放模块控制接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |

表 6 X4功放模块供电2接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |

#### 外形尺寸

* + - * 1. 外形尺寸

外形尺寸：140mm\*60mm（单个功放，共4个）；

#### 供电要求

电源输入： DC+28V@4A，纹波≤150mVpkpk；

DC+34V@4A，纹波≤150mVpkpk。

### 天线模块

#### 功能及技术指标要求

* + - * 1. 功能要求

反制枪天线主要由800-2000MHz、2.395~2.495GHz、4~6GHz发射天线构成。

* + - * 1. 技术指标

1. 频率范围：800-2000MHz、2.395~2.495GHz、4~6GHz；
2. 输入阻抗：50Ω；
3. 增益：≥8dBi/（800-2000MHz）、≥12dBi/（2.395~2.495GHz）、≥15dBi（4~6GHz）；
4. 驻波：≤2；
5. 极化方式：垂直极化；
6. 接口：SMA-K；

#### 外形尺寸

* + - * 1. 外形尺寸

外形尺寸：160mm×320mm×70mm（不包含连接器等）。

### 电子罗盘/陀螺仪模块

#### 功能及技术指标要求

* + - * 1. 功能要求

电子罗盘/陀螺仪主要功能是为反制枪提供高精度的指向信息以及辅助打击。

* + - * 1. 技术指标

1. 量程：≤±16g；
2. 分辨率：≤0.0005(g/LSB）；
3. 静止零漂：≤40mg；
4. 温漂：≤±0.15mg/℃

#### 对外接口关系



图 4 电子罗盘/陀螺仪对外连接关系

表 7 电子罗盘/陀螺仪对外连接关系表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **位号** | **接口名称** | **去向** | **插座型号** |
| X1 | 供电/数据交互 | 与数字组件双向 |  |

表 8 X1供电/数据交互接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |

#### 外形尺寸

* + - * 1. 外形尺寸

外形尺寸：15.24mm\*15.24mm\*2mm。

#### 供电要求

电源输入：DC+5V @0.02A，纹波≤150mVpkpk。

### 信号处理板

#### 功能及技术指标要求

* + - * 1. 功能要求

信号处理板主要功能是完成对外部输入控制信号（扳机、功能按钮等）的采集；对散热系统控制（内置、外置风扇）；对功放（内置、外置）时序和上电控制；对LED灯组、诱骗设备控制；对电子罗盘/陀螺仪、GPS数据采集；对系统运行信息、诊断信息保存。

#### 对外接口关系



图 5 信号处理板对外连接关系

表 9 信号处理板对外连接关系表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **位号** | **接口名称** | **去向** | **备注** |
| J1 | 与电源板接口 | 至电源板、至信号板 | I2C、UART和GPIO |
| J2 | 电源供电 | 至信号板 | 20.0-25.2V/28.5V |
| J7 | FPC连接器 | 至灯板 | 软件OTA升级 |
| J8 | 温度传感1 | 至散热器 | NTC传感器 |
| J10 | 温度传感1 | 至散热器 | NTC传感器 |
| J9 | 与灯板接口 | 至灯板 | GNSS、常规（飞控/图传）、组合、电量指示、错误告警、诱骗 |
| J15 | 与外置功放接口 | 至外置功放板 | 功放控制、NTC传感器、风扇 |
| J16 | 外置功放供电 | 至外置功放 | 28V供电 |
| J17 | 与3D摇杆接口 | 至3D摇杆板 | 低配版没有此功能 |
| J11 | L/S功放供电和控制 | 至功放板 | 28V、PA3\_CTR、PA4\_CTR、GNSS\_1.2、GNSS\_1.5、RC\_1.4 |
| J12 | P/C功放供电和控制 | 至功放板 | 32V、28V、PA1\_CTR、PA2\_CTR |
| J13 | 与外设接口 | 至外设 | 功能按键、功能指示灯、开关按键指示灯、陀螺仪、风扇、振动马达 |
| J18 | 开关按键 | 至开关按键 | ON/OFF\_SW |

表 10 J1与电源接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | 3V3\_CS | 3.3V | 电源板到信号板 | 常供电上拉 |  |
| 2 | VDC\_PLUG\_IN | 3.0V | 电源板到信号板 | DC插入检测 |  |
| 3 | CHG\_EN | 3.3V | 信号板到电源板 | 充电指示灯 |  |
| 4 | VSENSE\_SCL | 3.3V | 信号板到电源板 | I2C电量检测 |  |
| 5 | VSENSE\_SDA | 3.3V | 信号板到电源板 | I2C电量检测 |  |
| 6 | CH\_UART5\_RX | 3.3V | 电源板到信号板 | 串口转以太网 |  |
| 7 | CH\_UART5\_TX | 3.3V | 信号板到电源板 | 串口转以太网 |  |
| 8 | CH\_5V | 5V | 信号板到电源板 | CH9121供电 |  |
| 9 | CH\_CFG0 | 3.3V | 信号板到电源板 | CH9121配置 |  |
| 10 | CH\_RST | 3.3V | 信号板到电源板 | CH9121复位 |  |

表 11 J2电源供电接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | VDC\_28V | 20.0-25.2V/28V | 电源板到信号板 | 给信号板供电 |  |
| 2 | VDC\_28V | 20.0-25.2V/28V | 电源板到信号板 | 给信号板供电 |  |
| 3 | GND | 0V | 电源板到信号板 | 给信号板供电 |  |
| 4 | GND | 0V | 电源板到信号板 | 给信号板供电 |  |

表 12 J7 FPC连接器接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | GND | 0V | 信号板到灯板 |  |  |
| 2 | MCU\_USB\_DP |  | 信号板到灯板 | USB 2.0通讯 |  |
| 3 | MCU\_USB\_DM |  | 信号板到灯板 | USB 2.0通讯 |  |
| 4 | GND | 0V | 信号板到灯板 |  |  |
| 5 | RX\_RS485B |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 6 | RX\_RS485A |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 7 | GND |  |  |  |  |
| 8 | TX\_RS485B |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 9 | TX\_RS485A |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 10 | USB\_5V |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 11 | USB\_5V |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 12 | USB\_5V |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 13 | USB\_5V |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 14 | USB\_5V |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 15 | GPIO0\_DISPLAY |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 16 | GPIO1\_DISPLAY |  |  |  | 低配版没有此功能 |
| 17 | VBUS\_ON | 3.3V | 信号板到灯板 | USB插入检测 |  |
| 18 | GND |  |  |  |  |
| 19 | GND |  |  |  |  |
| 20 | GND |  |  |  |  |

表 12 J8 温度传感1接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | VDD\_3V3 | 3.3V | 信号板到传感器 | 供电 |  |
| 2 | TempADC0 |  | 传感器到信号板 | ADC0检测 |  |

表 12 J10 温度传感2接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | VDD\_3V3 | 3.3V | 信号板到传感器 | 供电 |  |
| 2 | TempADC1 |  | 传感器到信号板 | ADC1检测 |  |

表 13 J9与灯板接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | VDD\_3V3 | 3.3V | 信号板到灯板 | 供电 |  |
| 2 | R\_LED | 0V | 信号板到灯板 | 电量低于20%显示红灯 |  |
| 3 | Y\_LED | 0V | 信号板到灯板 | 电量20%-50%显示黄灯 |  |
| 4 | G\_LED | 0V | 信号板到灯板 | 电量高于50%显示绿灯 |  |
| 5 | TRIGGER\_H\_LED | 0V | 信号板到灯板 | 常规打击指示灯 |  |
|  | GNSS\_H\_LED | 0V | 信号板到灯板 | GNSS打击指示灯 |  |
|  | TRIGGER\_S\_LED | 0V | 信号板到灯板 | 错误报警指示灯 |  |
|  | GNSS\_S\_LED | 0V | 信号板到灯板 | 诱骗设备连接指示灯 |  |

表 14 J15与外置功放接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | GPIO\_VC04 | 3.3V | 信号板到外置功放板 | 功放控制 |  |
| 2 | GPIO\_VC05 | 3.3V | 信号板到外置功放板 | 功放控制 |  |
| 3 | VDD\_3V3 | 3.3V | 信号板到外置功放板 | 供电 |  |
| 4 | SW\_ADC3 |  | 信号板到外置功放板 | 功放频段ADC检测 |  |
| 5 | TempADC2 |  | 信号板到外置功放板 | ADC检测 |  |
| 6 | GND | 0V | 信号板到外置功放板 |  |  |
| 7 | FAN\_12V | 12V | 信号板到外置功放板 | 风扇12V供电 |  |
| 8 | GND | 0V | 信号板到外置功放板 |  |  |
| 9 | FAN1\_PWM\_OUT |  | 信号板到外置功放板 | 风扇PWM |  |
| 10 | FAN\_SENSOR3\_IN | 3.3V | 信号板到外置功放板 | 风扇反馈 |  |

表 15 J16外置功放供电接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | VCC4\_28V | 28V | 信号板到外置功放板 | 供电 |  |
| 2 | VCC4\_28V | 28V | 信号板到外置功放板 |  |  |
| 3 | GND | 0V | 信号板到外置功放板 |  |  |
| 4 | GND | 0V | 信号板到外置功放板 |  |  |

表 16 J17与3D摇杆接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | VDD\_3V3 | 3.3V | 信号板到3D摇杆板 | 供电 |  |
| 2 | SW\_ADC4 |  | 信号板到3D摇杆板 | X轴方向检测 |  |
| 3 | SW\_ADC5 |  | 信号板到3D摇杆板 | Y抽方向检检测 |  |
| 4 | BUTTON\_IN |  | 信号板到3D摇杆板 | Z轴按键检测 |  |

表 17 J11 L/S功放供电和控制接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | RC\_1.4 | 3.3V | 信号板到功放板 | 功放控制 |  |
| 2 | PA3\_CTR | 3.3V | 信号板到功放板 | 功放控制 |  |
| 3 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 4 | PA4\_CTR | 3.3V | 信号板到功放板 | 功放控制 |  |
| 5 | GNSS\_1.2 | 3.3V | 信号板到功放板 | 功放控制 |  |
| 6 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 7 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 8 | VCC1\_28V | 28V | 信号板到功放板 | 供电 |  |
| 9 | GNSS\_1.5 | 3.3V | 信号板到功放板 | 功放控制 |  |
| 10 | VCC1\_28V | 28V | 信号板到功放板 | 供电 |  |
| 11 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 12 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |

表 18 J12 P/C功放供电和控制接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | PA2\_CTR | 3.3V | 信号板到功放板 | 功放控制 |  |
| 2 | PA1\_CTR | 3.3V | 信号板到功放板 | 功放控制 |  |
| 3 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 4 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 5 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 6 | VCC0\_28V | 28V | 信号板到功放板 | 供电 |  |
| 7 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 8 | VCC0\_28V | 28V | 信号板到功放板 | 供电 |  |
| 9 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 10 | VCC2\_32V | 32V | 信号板到功放板 | 功电 |  |
| 11 | GND | 0V | 信号板到功放板 |  |  |
| 12 | VCC2\_32V | 32V | 信号板到功放板 | 供电 |  |

表 19 J13 与外设接口定义表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 引脚 | 名称 | 电平 | 方向 | 作用 | 备注 |
| 1 | SW\_FUNCTION\_IN | 0V | 信号板到外设 | 多功能按键 |  |
| 2 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |
| 3 | VCC\_LED\_FUNC | 5V | 信号板到外设 | 多功能按键指示灯 |  |
| 4 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |
| 5 | VCC\_LED\_ON | 5V | 信号板到外设 | 开关按键只指示灯 |  |
| 6 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |
| 7 | VCC\_GYRO\_UC | 5V | 信号板到外设 | 陀螺仪供电 |  |
| 8 | GYRO\_UART\_RXD | 3.3V | 信号板到外设 | 陀螺仪UART通讯 |  |
| 9 | GYRO\_UART\_TXD | 3.3V | 信号板到外设 | 陀螺仪UART通讯 |  |
| 10 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |
| 11 | FAN\_12V | 12V | 信号板到外设 | 风扇供电 |  |
| 12 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |
| 13 | FAN\_PWM\_OUT |  | 信号板到外设 | 风扇PWM |  |
| 14 | FAN\_SENSOR1\_IN | 3.3V | 信号板到外设 | 风扇1反馈 |  |
| 15 | FAN\_12V | 12V | 信号板到外设 | 风扇供电 |  |
| 16 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |
| 17 | FAN\_PWM\_OUT |  | 信号板到外设 | 风扇PWM |  |
| 18 | FAN\_SENSOR2\_IN | 3.3V | 信号板到外设 | 风扇2反馈 |  |
| 19 | TRIGGER\_IN | 0V | 信号板到外设 | 扳机按键 |  |
| 20 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |
| 21 | Vbrator | 5V | 信号板到外设 | 振动马达 |  |
| 22 | GND | 0V | 信号板到外设 |  |  |

#### 外形尺寸

* + - * 1. 外形尺寸

外形尺寸：90mm\*140mm。

#### 供电要求

电源输入：DC+28V@12.5A，纹波≤150mVpkpk。

## 软件设计

反制枪软件主要由单片机完成。单片机内软件对外部输入控制信号（扳机、功能按钮等）的采集；对散热系统控制（内置、外置风扇）；对功放（内置、外置）时序和上电控制；对LED灯组、诱骗设备控制；对电子罗盘/陀螺仪、GPS数据采集；对系统运行信息、诊断信息保存。

### 关键业务流程

#### 自检流程

反制枪上电启动后，处于待机状态，自检失败进入报告故障状态，否则，进入工作状态。详细流程如下图所示。



图6 开机启动与自检流程图

#### 打击（NOMAL）流程

用户通过【功能按钮】切换打击模式，当切换到NOMAL打击模式时，LED灯组中【NOMAL指示灯】亮；勾动【扳机】后，单片机软件控制功放0.8~6GHz功放输出，主要频点为800、900、1400、2400、4000~6000MHz。详细流程如下图所示。



图7 打击（NOMAL）流程图

#### 打击（GNSS）流程

用户通过【功能按钮】切换打击模式，当切换到GNSS打击模式时，LED灯组中【GNSS指示灯】亮；勾动【扳机】后，单片机软件控制功放0.8~2GHz功放输出，主要频点为1200、1500MHz。详细流程如下图所示。



图8 打击（GNSS）流程图

#### 打击（组合）流程

用户通过【功能按钮】切换打击模式，当切换到组合打击模式时，LED灯组中【GNSS&NOMAL指示灯】亮；勾动【扳机】后，单片机软件控制功放0.8~6GHz功放输出，主要频点为800、900、1200、1400、1500、2400、4000~6000MHz。详细流程如下图所示。



图9 打击（GNSS）流程图

#### 诱骗打击流程

用户通过【功能按钮】切换打击模式，当切换到诱骗打击模式时，LED灯组中【诱骗&NOMAL指示灯】亮；同时通过网口连接到诱骗设备，枪头指向无人机方向，单片机软件将电子罗盘/陀螺仪数据反馈给诱骗设备，勾动【扳机】后，单片机软件控制功放0.8~6GHz功放输出，同时通过内置诱骗策略以固定时序控制诱骗设备，主要频点为800、900、1400、2400、4000~6000MHz。详细流程见下图所示。



图10 诱骗打击流程图

### 系统控制

单片机软件在系统控制中，有如下几个方面：电流温度读取、风扇转速控制、风扇转速监控、系统日志以及诊断信息存储。

#### 电流温度读取

该功能主要负责监测系统工作电流：12V、28V、28V、34V，监测系统温度：信号处理板\*1、功放底板\*2；监测时间间隔为100ms。

#### 风扇控制

该模块主要负责控制风扇转速，并回读的风扇返回的转速，判断风扇是否正常工作。

#### 系统日志及诊断信息

该模块负责保存系统工作日志：打击时长等；负责保存诊断信息：系统温度等。

## 结构设计

### 组成

反制枪主要由天线模块、功放模块、外置功放模块、信号处理板以及电池等组成，如下图所示。

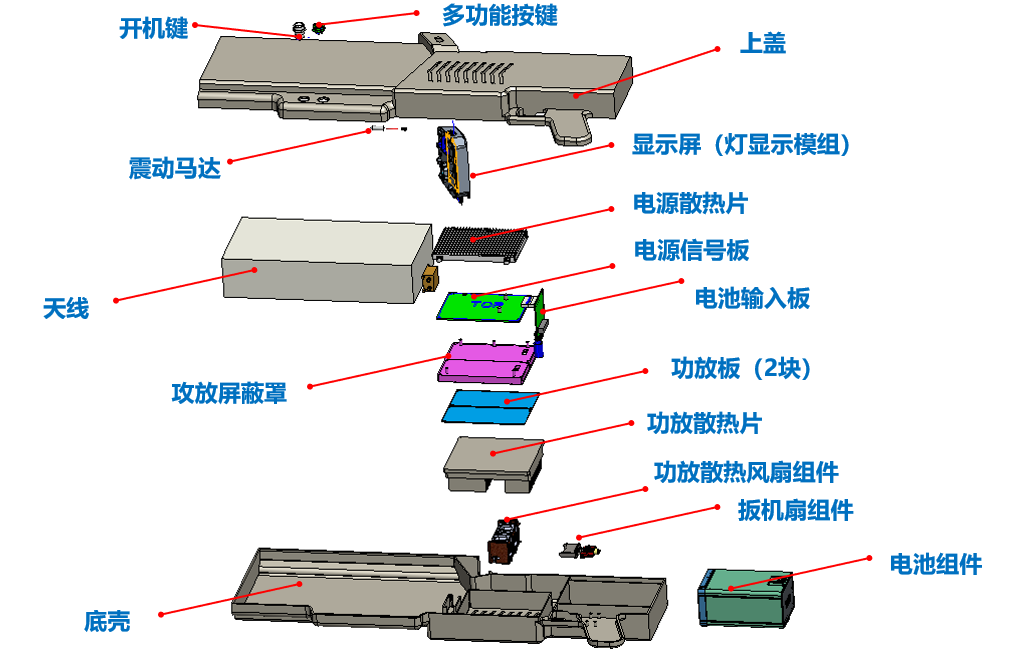


图 11 反制枪组成

### 系统散热分析

反制枪系统主机，采用风扇散热的方式。发热量较大的器件直接贴合在各模块的金属底板上，模块布置散热翅片，可与外界冷空气进行热交换。

#### 散热方式

发热量较大的模块有功放、信号处理板。各模块布置散热翅片。冷空气由枪体一侧的风机强制进风进入系统，经过模块的散热翅片，由枪体另一侧的风机强制出风排出系统。

热交换过程如下图所示。



图 12 系统热流示意图

### 功耗预估

功耗评估主要包括信号处理板、功放、外置功放、风扇、外置风扇、电子罗盘/陀螺仪以及LED灯板。

表21 功耗估计

|  |  |
| --- | --- |
| **名称** | **功耗（W）** |
| 信号处理板 |  |
| 功放 |  |
| 外置功放 |  |
| 风扇 |  |
| 外置风扇 |  |
| 电子罗盘/陀螺仪 |  |
| LED灯板 |  |
| Total |  |

### 重量预估

重量评估主要包括信号处理板、功放、外置功放、风扇、外置风扇、电子罗盘/陀螺仪、天线、结构件、连接器、线材以及电池。

表22 重量估计

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **名称** | **数量** | **单重（Kg）** | **小计（Kg）** | **备注** |
| 1 | 信号处理板 |  |  |  |  |
| 2 | 功放 |  |  |  |  |
| 3 | 外置功放 |  |  |  |  |
| 4 | 风扇 |  |  |  |  |
| 5 | 外置风扇 |  |  |  |  |
| 6 | 电子罗盘/陀螺仪 |  |  |  |  |
| 7 | 天线 |  |  |  |  |
| 8 | 结构件 |  |  |  |  |
| 9 | 连接器 |  |  |  |  |
| 10 | 线材 |  |  |  |  |
| 11 | 电池 |  |  |  |  |
| 13 | Total |  |  |  | ≤ |

## 电磁兼容性设计

电磁兼容执行标准按照GJB151A-1997《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求》执行。设计时主要注意以下要点：

### 屏蔽设计

反制枪内部按电路功能、工作频率、进行分腔屏蔽设计，以保证对规定的电磁环境条件有足够的防护，并保证产品电磁辐射发射满足电磁兼容性要求。在进行屏蔽设计时，要注意屏蔽体的搭接面必须做导电处理，同时屏蔽体必须接地。

### 布线设计

反制枪内部各种信号较多，有电源信号、数字信号、射频信号、中频信号、时钟信号等。为降低不同布线之间的相互电磁干扰耦合，必须进行合理的布局和布线设计，电源变化电路、数字电路、模拟电路、射频dialup在布局上保持隔离，ADC和DAC电路不同通道之间布局保持隔离；布线上不同的信号线间保持足够的线距，减小干扰。

### 电路设计

电路的电磁兼容性是系统电磁兼容性的基础。在设计电路时采取了以下措施进行电路的电磁干扰控制，以确保电路的电磁兼容性。

* 1. 在电路的电源电路部分及芯片的电源端均采用电容去耦；
  2. 射频、模拟电路部分采用大面积接地，关键信号使用覆铜及周围添加过孔进行隔离，采用线性稳压器进行二次稳压；
  3. 对既有高频信号又有低频信号的电路，通过电容器实现负载端的接地；
  4. 时钟信号线紧靠其接地回路敷设，周围添加过孔，远离其它布线，缩短与其它信号线、数据线的并行长度。

### 印制板设计

印制板是易于产生和耦合电磁干扰的薄弱环节，是影响系统电磁兼容性的关键部位。在进行印制板设计时，采取了下列电磁兼容性设计：

1. 印制板的电源层紧邻地层；
2. 数字电路和模拟电路分开布置；
3. 时钟电路远离其它敏感电路，并用保护线对时钟电路进行屏蔽；
4. 印制板走线满足3W原则（3W是线与线之间的距离保持3倍线宽。为了减少线间串扰，应保证线间距足够大，如果线中心距不少于3倍线宽时，则可保持70%的线间电场不互相干扰，称为3W规则）；
5. 接地层和电源层的尺寸、间距满足20H原则（是指电源层相对地层内缩20H的距离，是为抑制边缘辐射效应。在板的边缘会向外辐射电磁干扰。将电源层内缩，使得电场只在接地层的范围内传导，可有效的提高EMC。若内缩20H则可以将70%的电场限制在接地边沿内）。

### 针对本产品的其他优化

在设计满足上述要求的情况下，采用以下措施来提高模块的电磁兼容性：

1. 对电源输入进行电磁兼容滤波，在内部采用二次稳压，对于模拟供电部分使用低噪声LDO线性电源供电，阻止外部干扰信号从电源进入模块，同时减小模块对整机电源的干扰。
2. 采用合理的布局，避免信号的长距离平行走线，加粗走向，加大线距；采用足够的电源滤波，保证电路的可靠工作。
3. 数字电路与模拟电路独立分开设计，工作电压独立分开，数字地与模拟地也隔离分开处理。
4. 开关信号和时钟信号远离敏感信号。

## 通用质量特性设计

### 可靠性

在可靠性设计方面我们采取以下技术措施：

1. 在器件选型上提高要求，国产器件不低于A2级，进口器件最低保证工业级，在器件满足指标要求的前提下，优先选择国产器件。器件采购方选择可靠大厂采购。
2. 尽可能简化电路。在确保功能的前提下简化电路、减少元器件的数量和品种，从而降低失效率，提高可靠性。
3. 降额设计。通过降低元器件的使用应力，降低故障率，提高产品可靠性和安全性。
4. 对影响产品可靠性的关键元器件进行有效的控制要求。
5. 在热设计方面，通过对元器件的选择、电路设计、结构设计、结构布局等手段减少温度对产品可靠性的影响，使其在较宽的温度范围内可靠的工作。

在设计时，充分考虑工艺方法和制造技术来保障产品制造过程中的固有可靠性。

### 维修性

组件设计时，从维修性出发，保证当模块出现故障时，便于定位故障点，并易拆卸及安装维修。

1. 模块化设计：本设计中，各个功能模块独立设计，方便故障定位。
2. 模块内部设置测试点：在设计时考虑测试方便，对关键信号增加测试点，方便对关键信号测试，利于快速排除故障。
3. 提高标准化程度：内部电路采用成熟电路，减少元器件种类和数量。

针对本模块，在元件采购时已经采购备份物料，可保证维修时间小于2个工作日。

### 测试性

本设计中，在电路板上对关键信号增加相应的测试点，对电源部分增加测试点，并引出测试接口，使用相应的仪器仪表可以进行相关参数的测试。在上电过程中，对组件上的关键信号进行自动化检测，如果自检不通过，自动记录故障状态并上报。组件单片机增加测试发光二极管，结构件上增加状态指示、电源指示发光二极管，可以进行各个状态的测试。

### 保障性

保障性设计主要从以下几个方面考虑：

1. 要确保设计的产品质量和可靠性要满足使用要求，对工艺和生产过程进行严格控制。
2. 对制造产品所需的元器件、原材料，有流畅的供货渠道。
3. 元器件和原材料的物料保障情况。

根据方案中所选用的元器件，对元器件核查，所有元器件均为在产产品，且为厂家长期供货型号。

根据技术人员申报元器件和原材料清单的要求，结合库存，我公司配料人员提出采购计划，物资部门按要求及时采购，物料到厂后质量检测处积极组织复验工作，合格后方可入库，库房按有效期及贮存等管理文件保管好元器件，装机时按配料清单发料。

产品交付时，随产品交付包括：技术说明书、可靠性预计报告、接口文件表、热仿真分析报告、模块常温及环境试验报告、产品合格证、产品装箱单，并提供测试软件，方便甲方对模块单独测试。

产品图纸及关键件、重要件技术指标等存档，受控。

### 安全性

1. 产品使用的直流电源电压在安全电压范围以下，端口由连接器连接，电源内部设置短路、过流、过温、过欠压保护，并自动恢复工作。
2. 所用接插件设置有防插错设计，不用担心连接器接错造成安全事故和设备损坏。
3. 为了避免温度对产品安全可靠工作的影响，要注意产品热设计，使发热元器件的热量可以通过外壳进行传导、散发出来。产品内部不使用易燃材料。
4. 对于振动冲击的危害主要考虑装卸过程中的操作，通常情况下应设计良好的产品包装盒，产品结构外壳上不应有毛刺和锋利的锐角，避免安装、装卸过程中造成人体伤害。
5. 振动冲击对产品可靠性的影响在于任务失效、产生故障，在设计上对振动冲击敏感的元器件要减振，对工艺设计方面要提出对质量大的元器件进行机械加固。
6. 产品本身出现故障或失效，不会危及人员、上层系统和其他设备的安全。综上所述，本模块在生产，调试及使用过程中可以保障人身安全、环境安全。
7. 产品外部壳体整体接地，防止静电损伤，包装时外部采用防静电袋及防静电海绵，包装运输按照GJB1181-91要求。

### 环境适应性

1. 对于温度的试验，我们选用高等级、宽工作温度范围的器件来满足整机的要求，对于工业级的进口器件通过合理的筛选来达到宽温度范围的要求。设计和调试时，在满足指标要求的前提下，尽量优化器件的效率。
2. 在电路设计时，通过合理布局，发热量大的器件尽量分布布局。
3. 对于高发热器件，机壳结构设计时内部增加凸台辅以导热硅胶垫直接接触发热元件表面，利用平面传导散热。PCB设计生产时可采用热传导性能高的印制板，并按照设计要求增加敷铜，增加地孔的数量，电路板尽量紧贴盒体，加强散热效果。