

## 摘要

本设计给出了以 STM32 单片机为主系统板实现四旋翼无人机送货要求的基本原理与实现方案。整个系统通过 STM32 系统板为核心实现了在规定时间内模式设置、控制舵机、语音播报、巡点降落等功能，主系统板通过串口与其他模块完成通信。无人机配置有摄像头模组用于采集地面信息和目标检测。整个系统基于 PID 算法处理视觉模块测得的数据实现自动控制功能。

关键词：STM32 四旋翼无人机 PID 算法 K210

## 一、 系统方案

### 1. 技术路线

四旋翼作为一种具有结构特殊的旋转翼无人飞行器，与固定翼无人机相比，它具有体积小，垂直起降，具有很强的机动性，负载能力强，能快速、灵活的在各个方向进行机动，结构简单，易于控制，且能执行各种特殊、危险任务等特点。因此在军用和民用领域具有广泛的应用前景如低空侦察、灾害现场监视与救援等。多旋翼无人机飞行原理上比较简单，但涉及的科技领域比较广，从机体的优化设计、传感器算法、软件及控制系统的设计都需要高科技的支持。四旋翼无人机的飞行控制技术是无人机研究的重点之一。它使用直接力矩，实现六自由度（位置与姿态）控制，具有多变量、非线性、强耦合和干扰敏感的特性。此外，由于飞行过程中，微型飞行器同时受到多种物理效应的作用，还很容易受到气流等外部环境的干扰，模型准确性和传感器精度也将对控制器性能产生影响，这些都使得飞行控制系统的设计变得非常困难。因此，研究既能精确控制飞行姿态，又具有较强抗干扰和环境自适应能力的姿态控制器是微小型四旋翼飞行器飞行控制系统研究的当务之急。

### 2. 系统结构

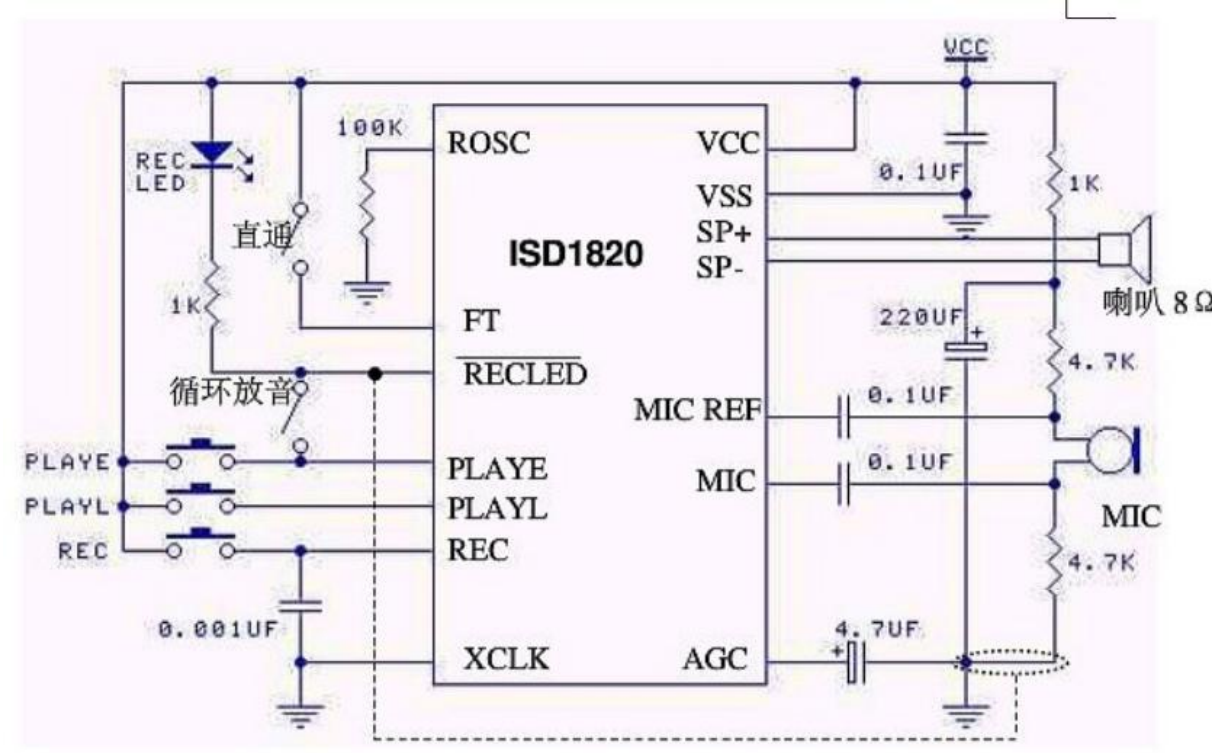
系统主要由 STM32F407VGTx 系统板，ISD1820 语音模块，电源模块、舵机、激光笔、键盘等组成。使用 STM32F407 作为系统板主要是基于以下几点理由：

- (1) 性价比高。
- (2) 市场大，开发资料多。
- (3) 性能强大。STM32F407 提供了工作频率为 168 MHz 的 Cortex<sup>TM</sup>-M4 内核（具有浮点单元）的性能。从 Flash 存储器执行时，STM32F407/417 能够提供

210 DMIPS/566 CoreMark 性能，并且利用意法半导体的 ART 加速器实现了 FLASH 零等待状态。DSP 指令和浮点单元扩大了产品的应用范围。

(4) 外设资源丰富。

系统使用的 ISD1820 语音模块主要特点是使用方便的 10 秒语音录放；高质量、自然的语音还原；可用作喊话器模块；带循环播放，点动播放，单遍播放功能；



可用单片机控制；本模块可直接驱动 8 欧 0.5W 小喇叭，易于实现语音播报。电源模块是电压转换设备之一，它的主要功能是将交流电和直流电相互转换，除此之外，它还具有维护方便，设计灵活，节省成本和时间，高功率，高效率和高可靠性的优点。在某种程度上，也可以说电源模块是一个带负反馈的稳压系统，它的性能指标大致可以分为静态指标和动态指标。

3. 方案描述、比较与选择

3、1 系统基本方案

根据题目要求，系统实现的功能是检测目标位置实现无人机送货，期间除更换电池以外，需完整完成整个过程。整个过程可分为定高定点飞；悬停控制外设；巡点降落三个步骤。若发现检测目标，无人机保持悬停、控制舵机放下吊舱并进行语音播报。检测到白色十字黑色圆形区域，无人机完成降落功能。赛题要求参赛人员熟练掌握飞控程序的编写，精确识别处理图像。

3、2 各系统方案的描述与比较

### (1)、视觉模块

视觉模块要求摄像头将识别到的图像用算法处理后得到返回值，传回给飞控模块调整飞行姿态。

方案一：使用 openMv 模块并搭配其摄像头。调用 openMv 采用自带的 `find_circle()` 函数可以较为轻松识别呼啦圈，且 openmv 具有大量源码，有助于编程。然而 openmv 函数库不包含有识别三角形、正方形的函数，通过识别线段、计算线段夹角进行不同颜色不同形状的识别编程复杂，不易实现。此外 openmv 对分辨率要求较高，在光线或其他环境因素的影响下，不能清晰所识别图像。

方案二：使用 K210 芯片该芯片可以实现在 maixhub 上进行模型训练，可以十分精确且轻易识别不同颜色不同形状的图形，且调用模型的代码简单，易于编程，但模型训练需要大量采集图片以提高精确度，对图片处理也具有要求，耗费时间。

比较以上两个方案，为了提高精确度，选择方案二以便给无人机传递准确信息。

### (2)、飞控模块

方案一：建立坐标系，计算目标位置距离，使无人机直接飞到检测目标。程序简单直接，但由于场地指定位置放置有呼啦圈，对无人机造成阻碍，对视觉传递信息的精确度要求提高。

方案二：建立直角坐标系，通过俄罗斯方块的形式，在明确坐标的情况下横竖向移动，同时考虑实现返航后再进行前往下一个目标。

方案三：为确定无人机方向，进行无人机方向矫正。可通过某一固定点对无人机方向进行检测，在按照两坐标之间的位置关系确定行走路线。

综合以上三个方案，我们选择方案三能有效避免无人机与呼啦圈进行碰撞，节约飞行时间。

## 二、设计与计算

### 1、控制方法描述

本系统主要采用 PID 算法。PID 算法的原理是通过摆杆反馈的位置信号实现同步控制。收线控制采用实时计算的 actual 卷径值，通过卷径的变化修正 PID 前馈量，使整个系统准确、稳定的运行。PID 控制器就是根据系统的误差利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制。PID 调节控制是一个传统控制方法，它适用

于温度、压力、流量、液位等几乎所有现场，不同的现场，仅仅是 PID 参数应设置不同，只要参数设置得当均可以达到很好的效果。均可以达到 0.1%，甚至更高的控制要求。实际中也有 PI 和 PD 控制，PID 控制器就是根据系统误差，利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制。在一个 PID 回路中这个纠正值有三种算法消除目前的误差平均过去的误差和透过误差的改变来预测将来的误差。当被控对象的结构和参数不能完全掌握，或得不到精确的数学模型时，控制理论的其它技术难以采用时，系统控制器的结构和参数必须依靠经验和现场调试来确定，这时应用 PID 控制技术最为方便。即当我们不完全了解一个系统和被控对象，或不能通过有效的测量手段来获得系统参数时，最适合用 PID 控制技术。

## 2、参数计算

使用串级 PID 可以有效利用 MEMS 器件对角速度敏感的特点，增加飞行中的阻尼

感和飞行的稳定性，串级 PID 的输入依然为用户的期望角度，将用户期望角度值经过角度 PID 环后，得到期望角速度，再将期望角速度输入给内环角速度控制环，最后得到电机输出量，输出到电机。

### 外环 PID

当前角度误差 = 期望角度 - 当前角度  
外环 PID\_P 项 = 外环  $K_p$  \* 当前角度误差

当前角度误差积分及其积分限幅，外环 PID\_I 项 = 外环  $K_i$  \*

当前角度误差积分，外环 PID 输出 = 外环 PID\_P 项 + 外环 PID\_I 项

### 内环 PID

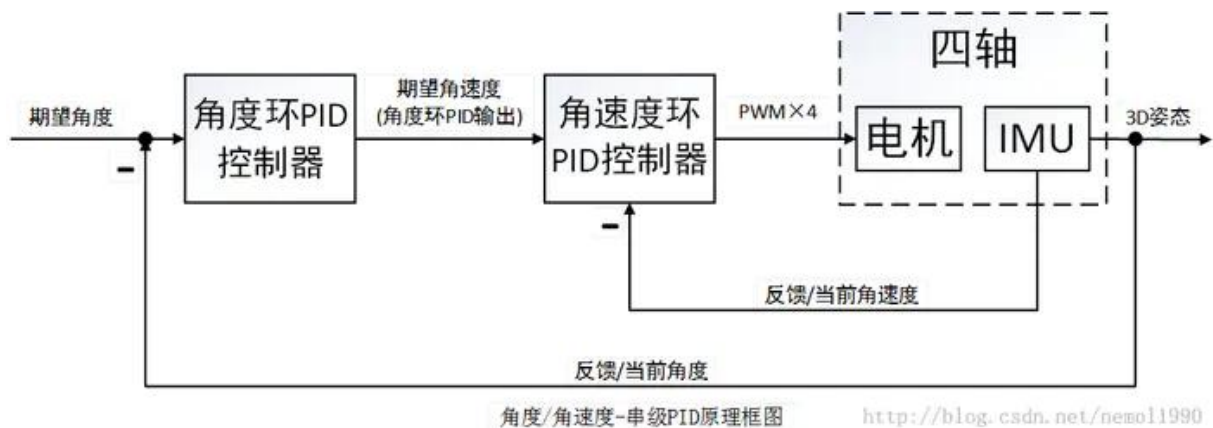
当前角速度误差 = 外环 PID 输出 - 当前角速度（直接用陀螺仪输出），  
内环 PID\_P 项 = 内环  $K_p$  \*

当前角速度误差，当前角速度误差积分及其积分限幅，内环 PID\_I 项 = 内环  $K_i$  \*

当前角速度误差积分，当前角速度微分（本次角速度误差 - 上次角速度误差），

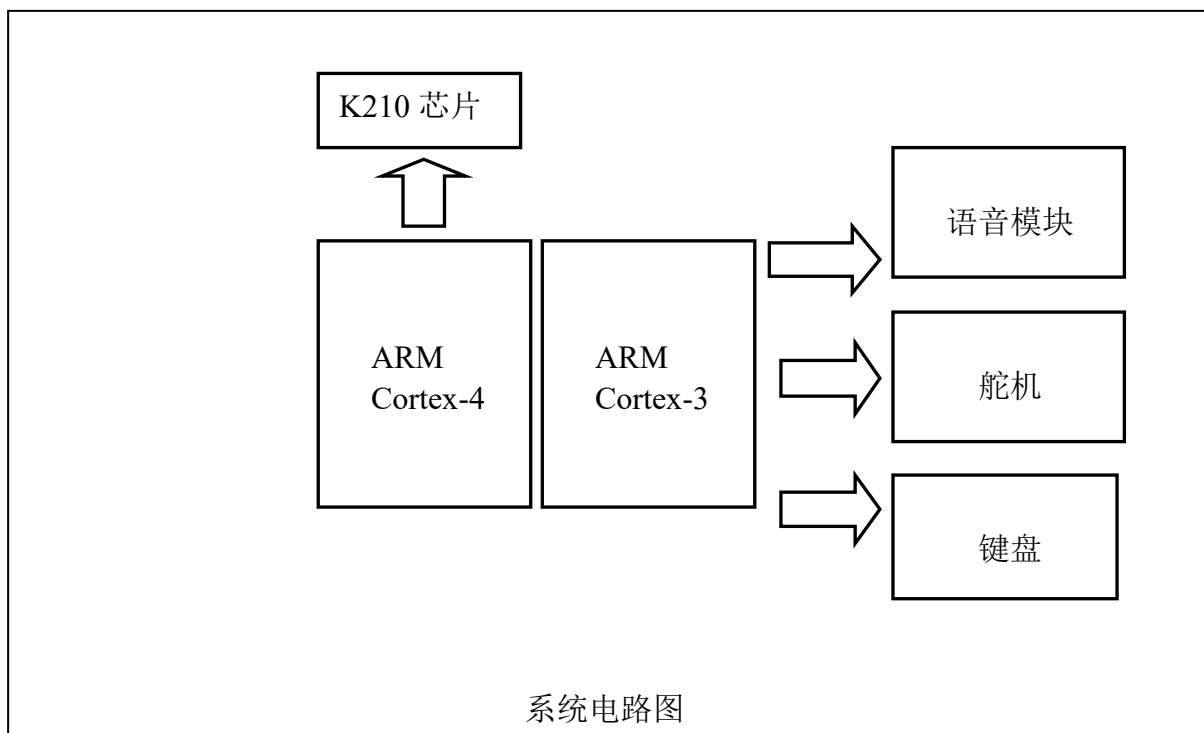
内环 PID\_D 项 = 内环  $K_d$  \*

当前角速度的微分，内环 PID 输出 = 内环 PID\_P 项 + 内环 PID\_I 项 + 内环 PID\_D 项。



### 三、电路与程序设计

本设计采用 ARM Cortex-4 处理器为核心的系统板，外接 STM32f1 系统板，使用 K210 芯片，建立调用模型，通过其他模块协调运作实现功能。



### 四、测试方案与测试结果

#### 1、测试方案

第一大过程：

无人机在“十”字起降点垂直起飞，升空至  $150 \pm 10\text{cm}$  的巡航高度； 2. 无人机飞到设定的目标，巡航高度由 1.5 降至 0.8 米；

放吊舱（用砝码代替），降至 0.2 米，悬停 5 秒，播放语音 1~3 秒

设

返回起降点，偏差 $<10\text{cm}$

飞行时间 $<180\text{s}$

第二大过程：

先用无人机学习目标特征（颜色 2 种，形状 3 种，组合起来 6 种，任选一种），  
然后进行以下步骤：

无人机在“十”字起降点垂直起飞，升空至  $150\pm 10\text{cm}$  巡航高度，寻找学习的目标  
（有 2 个），降至 0.8 米

放吊舱，降至 0.2 米，悬停 5 秒，播放语音，点亮激光笔，误差  
 $<15\text{cm}$

返回起降点，偏差 $<10\text{cm}$ ，飞行时间 $<270\text{s}$  巡点降落这个期间可以换电池

第三大过程：

穿越呼啦圈，1 个

## 2、测试条件

测试多次无人机电路连接无问题，外设连接正常。

## 3、测试结果及分析

### （1）测试结果数据

第一大过程：

次数	起飞、定 高 cm	到达目标	降低高度 m	控制外设	成功返回	飞行时间 s
1	\	\	\	\	\	\
2	150	完成	0.8	完成	完成	181
3	150	完成	0.8	完成	完成	157

第二大过程：

次数	垂 直 起 飞 cm	目 标 检 测	到 达 目 标	降 低 高 度 m	控 制 外 设	成 功 返 回	飞 行 时 间 s
----	---------------	------------	------------	--------------	------------	------------	--------------

1	\	\	\	\	\	\	\
2	150	\	完成	0.8	\	\	223
3	150	完成	完成	0.8	完成	完成	210

## (2) 测试分析与结论

根据上述实验数据，无人机能完成基本任务。本实验达到要求。