

摘要

本四旋翼无人机选择 STM32f4x 单片机作为主系统板，外接 STM32f10x 单片机为辅助执行；三轴陀螺仪实现姿态控制；整个系统基于 PID 算法处理数据；为实现目标的检测，无人机上配置了摄像头模组用于地面信息的采集；为实现语音播报、升降吊舱、点亮激光笔，在外接的单片机上连接语音模块、舵机、激光笔；主控与其他模块、外接的单片机的通信都通过串口完成。整个系统通过 STM32 系列板为核心编程实现模式设置、数据采集、目标检测、悬停、控制外设、巡点降落等功能。该无人机可实现两种指令模式下的送货任务，并满足起飞降落时间小于规定时间，悬停控制外设、语音播报等要求。

关键词：四旋翼 PID K210 STM32

一、 系统方案

1. 技术路线

无人机以其高机动性、隐蔽性好、生存能力强、战场威慑大、执行任务多样和“零伤亡”等特点受到空前的重视，开发研究无人机的各项功能成为一大主流趋势。

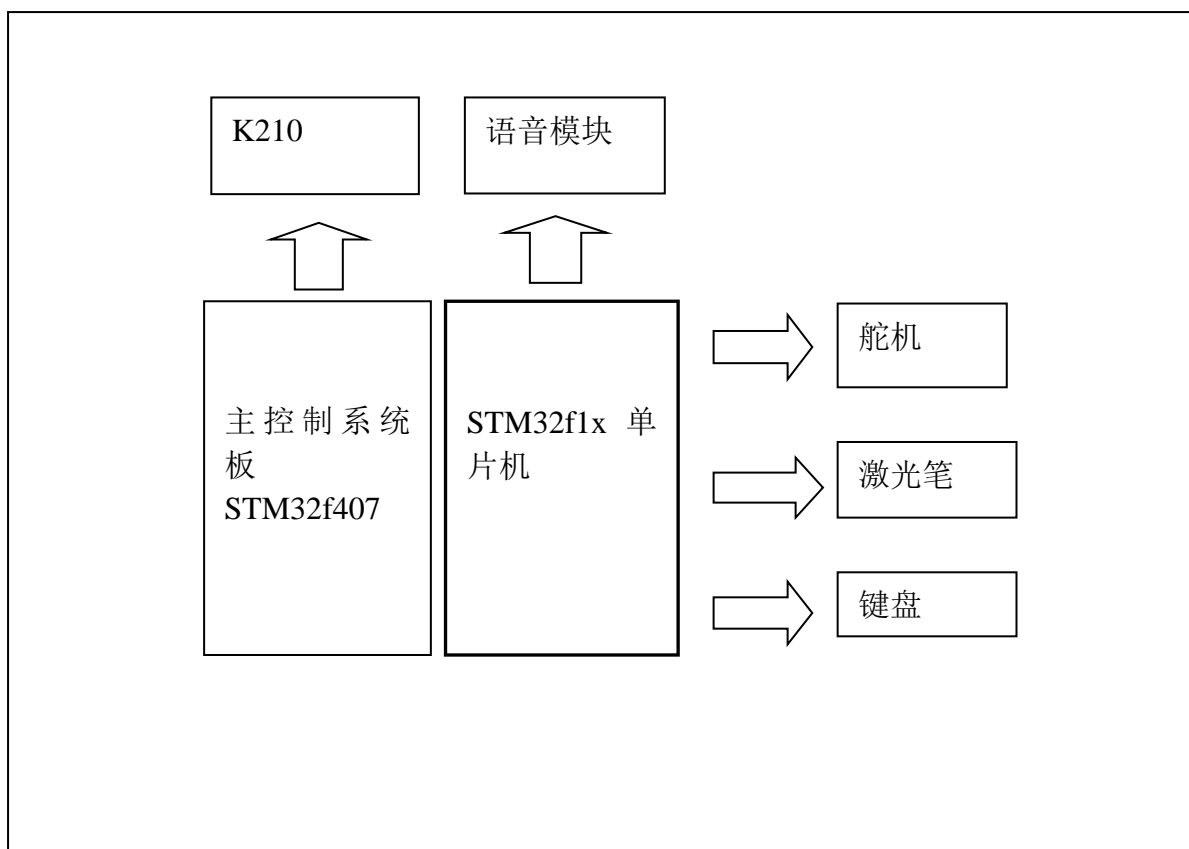
四旋翼无人机是通过调节四个电机转速来改变旋翼转速实现升力的变化从而控制飞行器的姿态和位置。由于飞行器是通过改变旋翼转速实现升力变化这样会导致其动力部稳定所以需要一种能够长期保稳定的控制方法。四旋翼飞行器是一种六自由度的垂直升降机，因此非常适合静态和准静态条件下飞行。但是四旋翼飞行器只有四个输入力，同时却有六个状态输出，所以它又是一种欠驱动系统。

无人机飞控是无人机的飞行控制系统。无人机飞控一般包括传感器、机载计算机和伺服作动设备三大部分，实现的功能主要有无人机姿态稳定和控制、无人机任务设备管理和应急控制三大类。四旋翼无人机因为总距控制和周期变距控制虽然设计精巧、控制灵活，但其复杂的机械结构却使它无法再小型四旋翼飞行器设计中应用。另外四旋翼飞行器的旋翼效率相对很低，从单个旋翼上增加拉力的空间是非常有限的，所以采用多旋翼结构形式无疑是一种提高四旋翼飞行器负载能力的最有效手段之一。至于四旋翼结构存在控制量较多的问题则有望通过设计自动飞行控制系统来解决。

2. 系统结构

系统主要由 STM32 单片机作为主系统板，ISD1820 语音模块，电源模块等组成。使用 STM32F407 作为主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 CortexTM-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。可外接多种模块。
- (5) 语音模块。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；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。



3. 方案描述、比较与选择

3.1 系统基本方案

根据题目要求，系统主要实现的功能是基于送货无人机，根据不同要求，向指定目标地点运送货物。整个过程可分为确定目标地点；放出吊舱并语音播报；返回起降点三个步骤。每个步骤有不同需求，关键在于视觉与飞控之间的通信、协调，根据要求改变无人机的模式以实现相应功能。

以现有资源为基础，此系统以四旋翼无人机为平台，通过编程、调试使无人机能够实现定高，悬停等基本功能。由于编程难度较大，实现的功能也较为复杂，使方案选择受到限制，因此方案的选取应易于实现且较为简便。

3.2 各系统方案的描述与比较

(1)、视觉模块

根据设计要求，视觉模块主要识别圆、三角形、正方形和呼啦圈并给飞控提供相关信息。

方案一：使用 openMv H7 plus。openMv 是一个开源、低成本、功能强大的视觉模块。以 STM32F767CPU 为核心，集成了 OV7725 摄像头芯片，在小巧的硬件模块上，能高效实现核心机器视觉算法。使用 openMv 采用自带 `find_circle()` 函数可以较为轻松识别呼啦圈，可以通过识别直线或获取色块确定所识别物体的形状，并给无人机传递相应的信息。缺点是代码较多，所编写的程序复杂，在进行物体识别的时候易受环境影响，摄像头很难较为清晰识别出呼啦圈的形状。

方案二：使用 pyAI-K210 芯片，用 Maixpy IDE 进行编程，芯片支持在 maixhub 上进行模型训练，可以十分精确的识别检测图形，调用模型的代码简单。但模型训练需要大量图片，图片采集麻烦，耗费时间。

综合以上方案，为了更好完成需求，选择方案二以便清晰、高效地识别图形，给无人机传递准确信息。

(2)、飞控系统

方案一：建立坐标系，编辑程序，使无人机直接飞到检测目标，实现功能。程序简单直接，但由于场地指定位置放有呼啦圈，对视觉要求较高。

方案二：建立直角坐标系，将整个图像划分为九个区域，按照区域实现无人机的移动，此方案与一相比更易实现但无法确定无人机起飞后的方向。

方案三：建立直角坐标系，先将无人机飞到 9 的位置进行方向校准，再按照两个检测目标之间的位置进行平移。

综合以上方案，方案三能更好的在场地上有呼啦圈的情况下尽可能避免无人机与其碰撞，实现功能。

二、设计与计算

1、控制方法描述

无人机的控制模式选择。在实际操作中,APM 控制飞行实际有两种模式一种是基于飞行速度的控制一种是基于飞行高度的控制。当基于速度控制时,如飞机未爬升到预定高度飞控板将首先控制加大油门飞机的速度提升之后飞控将拉升降舵导致高度提升。当上升到预定高度时 由于空速较高升降舵依然继续拉升 同时油门降低直到空速低于预定升降舵才会被推飞机高度降低。降落时的状况与之相反。这种模式下飞行较为安全 当发动机受到影响时依然会根据速度控制降落。

基于高度控制时如飞机未爬升到预定高度飞控板将会根据 PID 系统的计算根据自身高度与目标高度计算出一个俯仰角此时飞机升降舵拉升飞机向目标高度飞行。由于飞机高度的变化空速不可避免的会有变化于是这时油门控制使飞机的空速接近目标空速既当速度较快时减少油门速度叫较慢时加大油门。这种模式下飞机控制较为灵活对高度的控制更为精准。在实际操作中 由于高度控制多次出现翻机降落的情况我们最终的采用了速度控制方式。在速度控制的模式下无人机的飞行姿态相比地面站的指令有所滞后但飞行平稳操作简易。

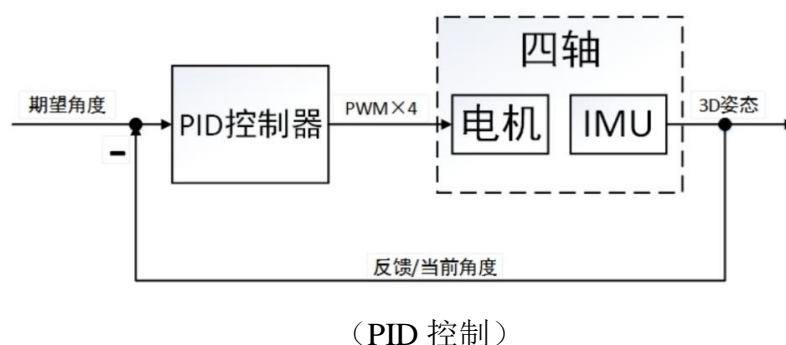
控制器设计。根据以上分析对系统设计串级 PID 控制器内回路为姿态控制外回路为位置控制。线性化数学模型在实际飞行中俯仰角 θ 、滚转角 φ 角速度矢量 ω_B 比较小。假设在飞行中偏航角 $\psi=\psi_0$ 保持不变其中 ψ_0 为初始偏航角。内回路姿态控制回路在 PID 控制器中 比例和积分能够提高稳态精度但积分环节的加入降低了系统稳定性和响应速度系统很容易发散。微分不但能够提高系统稳定性而且能够提高系统响应速度。因此内回路设计 PD 控制器对无人机进行姿态控制。外回路位置控制回路系统输入为期望位置量经过外环控制器转换为期望的姿态角作为内环的输入。

2、参数计算

PID 有位置式和增量式之分,位置式 PID 是根据上述理论三个环节控制处理的叠加。PID 输出=比例输出+微分输出+积分输出=偏差值*比例参数 K_P + (偏差值-上次偏差值) 间隔时间*微分系数 K_D +积分值*积分参数 K_I 增量式 pid 是根据位置式 pid 公式进行转换得出的, 增量式 pid 只需要三次反馈和期望值的偏差, 得出的是相对于上次控制量

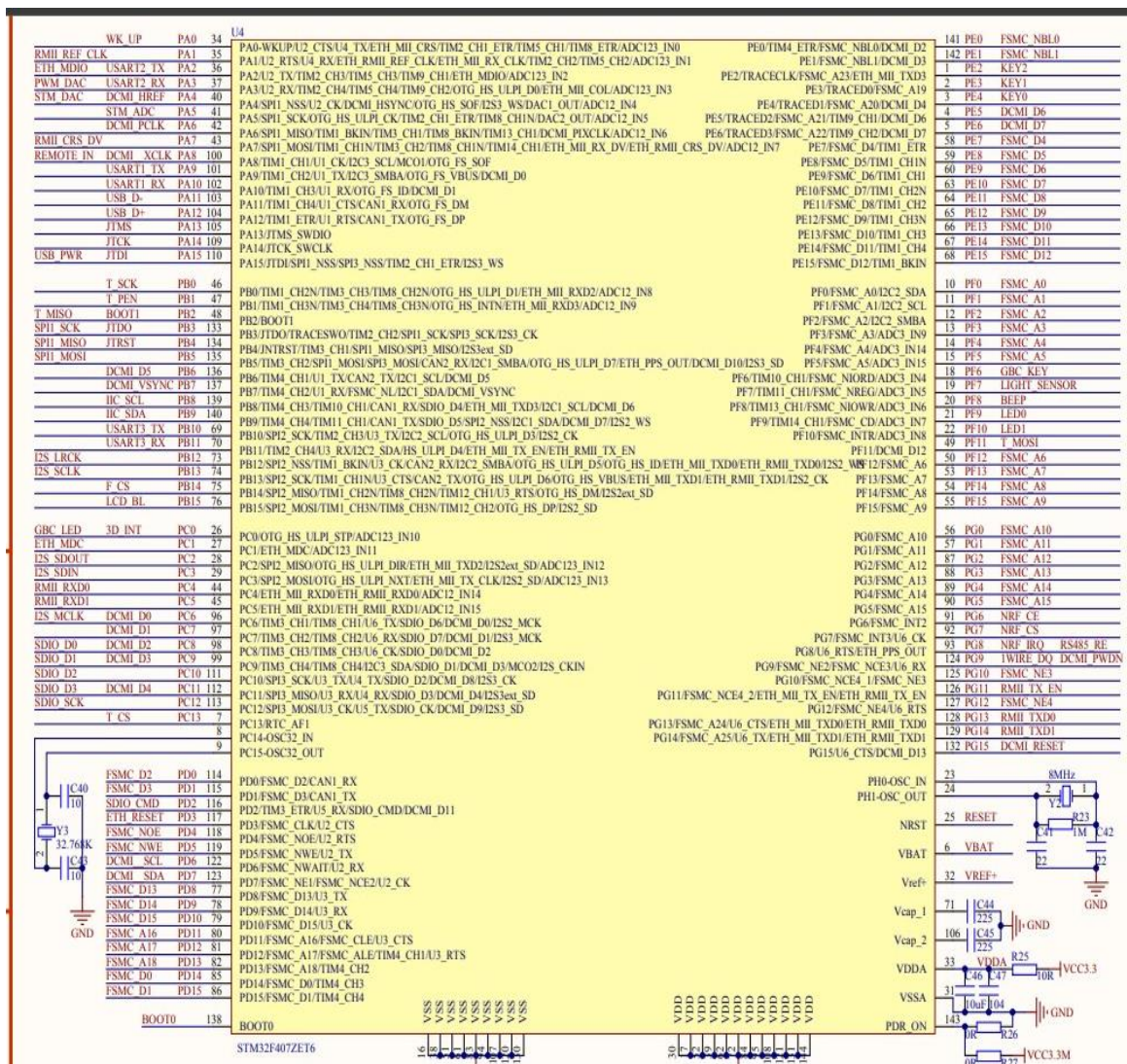
需变化的控制量。 $\text{PID 输出增量} = (\text{偏差值} - \text{上次偏差值}) * \text{比例参数 } K_P + (\text{偏差值} - 2 * \text{上次偏差值} + \text{上上次偏差值}) * \text{比例参数 } K_P + \text{偏差值} * \text{积分参数 } K_I$ $\text{PID 输出} += \text{PID 输出增量}$
由此可以得出增量式 PID 可以规避误差累积带来的干扰。

由于增量式得出控制变化量，所以要和前面的结果不停累加，这样某一次故障控制产生杂波可以有比较小的影。而缺点是没有积分作用，存在稳态误差，控制精度和灵敏度不如直接控制执行机构的位置式 PID，根据被控对象的特征选择两种 PID 进行控制。因为无人机对高速响应和精度的要求，这里使用位置式 PID。增大比例系数 P 将加快系统的响应，它的作用于输出值较快，但不能很好稳定在一个理想的数值，不良的结果是虽较能有效的克服扰动的影响。积分能在比例的基础上消除余差，它能在对稳定后有累积误差的系统进行误差修整，减小稳态误差。微分具有超前作用，对于具有容量滞后的控制通道，引入微分参与控制，在微分项设置得当的情况下，对于提高系统的动态性能指标，有着显著效果，它可以使系统超调量减小，稳定性增加，动态误差减小。

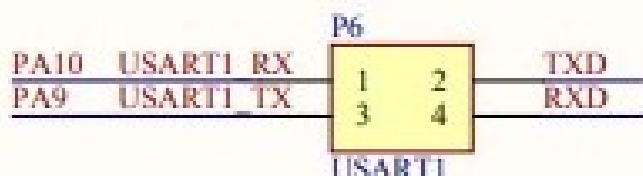


三、电路与程序设计

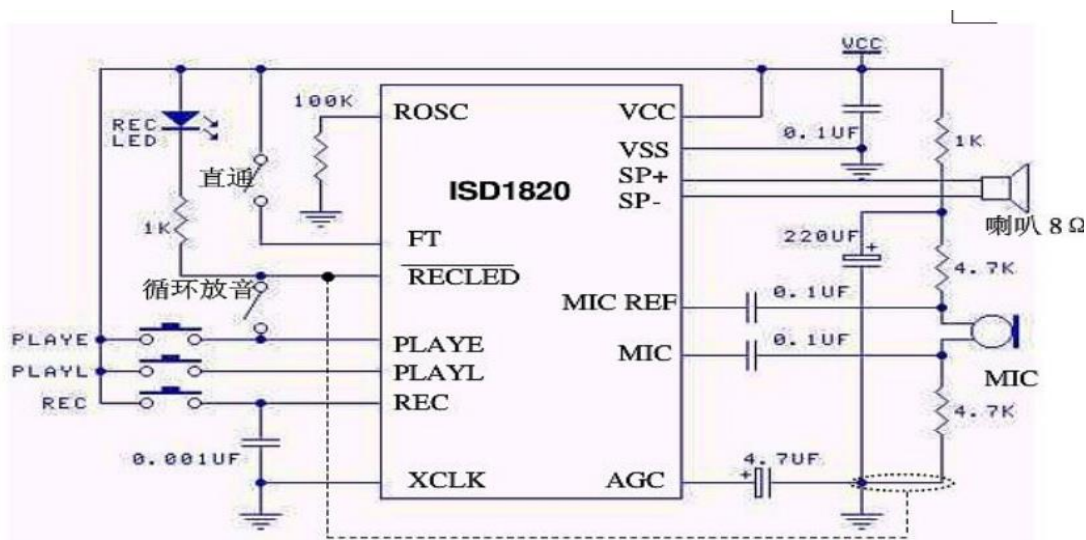
系统以四旋翼无人机为平台，采用 ARM Cortex-4 处理器为核心的系统板，外接 stm32f1 开发板，通过建立直角坐标系，设定一个校验位置用于矫正无人机位置信息，并根据该校验位置计算相应检测目标的位置，设定好路线实现无人机巡点并完成指定动作的任务。K210 通过建立并调用模型实现识别图形颜色的功能。各个模块与主板之间使用串口通信。



(最小系统模块电路图)



(串口电路)



(ISD1820 语音模块电路)

四、测试方案与测试结果

1、测试方案

(1) 硬件测试

(2) 试飞测试:

第一大过程:

无人机在“十字”起降点垂直起飞，升空至巡航高度;

飞到目标，降低巡航高度;

放吊舱、语音播报;

记录飞行时间。

第二大过程:

先用无人机学习目标特征，进行测试。

无人机在“十”字垂直起飞，升空至巡航高度，寻找学习过的目标，降至 0.8 米;

放吊舱，悬停，播放语音;

返回起降点;

记录偏差、时间。

第三大过程: 穿越呼啦圈

2、测试条件

测试多次无人机硬件电路无问题，语音播报，舵机连接检查无误。无人机能够完成

悬停、定高等基本功能。

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	目标检测	降低高度 m	控制外设	成功返回	飞行时间 s
1	未完成	\	\	\	\	\
2	150	完成	\	完成	完成	180
3	150	完成	0.8	完成	完成	154

第二大过程：

次数	垂 直 起 飞	目 标 检 测	到 达 目 标	降 低 高 度	控 制 外 设	成 功 返 回	飞 行 时 间
1	150	\	\	\	完成	完成	228
2	150	\	完成	\	完成	完成	247
3	150	完成	完成	0.8	完成	完成	220

(2) 测试分析与结论

根据上述测试数据，无人机实现降低高度功能存在较大问题，时间逐渐接近预期目标，由此可以得到以下结论：在降低高度上存在大概率失败但最后仍能够解决。本无人机通过调试最终能基本完成要求。

综上所述，本设计达到设计要求。