

# 基于STM32F103C8T6的植保无人机设计\*

聂 茹

(华南理工大学广州学院电子信息工程学院, 广东 广州 510800)

**摘要:**当今社会,传统的农业植保技术已经不能很好地满足精准农业的要求,因此必须要开发新的植保技术。本文在嵌入式技术和STM32F103C8T6的基础上,设计了植保无人机系统,该植保无人机能够满足小面积作业的要求,并且系统工作可靠、操作简单、工作效率高。论文首先给出了无人机的总体设计方案,并对系统进行了硬件和软件的设计。系统的硬件电路包括:飞行控制电路、手持遥控器电路、喷洒装置单元电路。系统的软件部分采用模块化设计,对传感器数据进行互补滤波与姿态解算,并采用串级PID算法实现对无人机的姿态、位置进行控制。经过软硬件的调试,本文设计的植保无人机能够稳定并正常飞行,并实现小面积植保作业要求。

**关键词:**植保无人机;姿态解算;STM32F103C8T6;互补滤波算法

中图分类号:TP273,V279 文献标识码:B 文章编号:1003-7241(2020)08-0020-05

## Design of Plant Protection UAV Based on STM32F103C8T6

NIE Ru

( Electronic Information Engineering Institute, Guangzhou College of South China University of Technology, Guangzhou 510800 China )

**Abstract:** In today's society, the traditional agricultural plant protection technology can't meet the requirements of precision agriculture, so it must develop new plant protection technology. Based on the embedded technology and STM32F103C8T6, this paper designs a plant protection UAV system, which can meet the requirements of small area operation, and the system is reliable, simple and efficient. Firstly, the paper gives the overall design of UAV, and designs the hardware and software of the system. The hardware circuit of the system includes: flight control circuit, hand-held remote-control circuit, spraying device unit circuit. In the software part of the system, modular design is adopted, complementary filtering and attitude calculation are carried out for sensor data, and cascade PID algorithm is adopted to control the attitude and position of UAV. After the debugging of software and hardware, the UAV designed in this paper can fly stably and normally, and realize the requirements of small area plant protection.

**Key words:** plant-protection UAV; attitude algorithm; STM32F103C8T6; complementary filtering algorithm

## 1 引言

我国是农业大国,农业生产量大,需要注重农产品的质量、提高农业灾害预警能力。因此,需要大力提高农业生产技术,现在农业生产发展的新技术方向就是在农业生产中应用无人机遥感技术。农业无人机可以对病虫害等问题进行植保管理,采用施肥、灭虫等方式对问题区域进行反馈处理,从而实现达到减少农药化肥的使用以及预测产量等目标<sup>[1]</sup>。针对小面积农业的植保无人机因其

作业效率高、安全性、数字化等特点而成为研究热点<sup>[2]</sup>。随着微电机技术、微动力系统、高能效电源技术的发展,并结合嵌入式系统技术,植保无人机在我国得到了快速发展<sup>[3]</sup>。植保无人机作业效率高,安全性高,无需专用起降机场,能够很好的实现农田作物播种和喷药等植保任务<sup>[4]</sup>,并且植保操作人员可以不需要直接接触就可以进行作业操作,解决了作业人员暴露在药液中的危险,保障了他们的安全。本文在嵌入式技术的基础上,设计了小型植保无人机,可以实现小面积种植区域内平稳飞行,植保作业。

\*基金项目:广东省教育厅青年创新人才项目(自然科学)(编号2016KQNCX227)

收稿日期:2019-01-16

## 2 植保无人机总体方案设计

植保无人机系统采用无人机上的喷洒装置对需要进行植保的区域进行植保作业，并能够实现与手持遥控器进行相互通信。植保无人机系统主要包括飞行控制电路、电源电路、四个无刷直流电机及驱动电路。飞行控制电路包括能够控制无人机姿态的主控制器、实时检测无人机姿态的姿态检测单元、数据存储单元、无线传输通信模块等。手持遥控器提供命令给无人机，喷洒装置则包括水和喷头。系统电路的功能如下：

(1) 无人机通过无线传输通信模块与手持遥控器进行相互通信。手持遥控器首先通过无线传输通信模块发送控制指令给无人机的飞行控制电路，飞行控制电路接收到指令进而去执行相关的任务。

(2) 飞行控制电路需要完成一系列复杂的运算，是无人机的核心单元。飞行控制电路对读取到的传感器数据进行姿态解算，并通过姿态控制算法，输出控制指令驱动电机，从而实现植保无人机平稳飞行。

(3) 电机及驱动电路通过电子调速器驱动无刷直流电机平稳地转动，并根据飞行控制电路的信号实现对无刷电机的转速进行控制。

(4) 喷洒装置通过水泵设备把农药送给喷头，实现对目标区域进行喷洒。

(5) 电源系统能够提供能量给无人机系统，将提供几种不同的电压，因为系统中不同的器件需要的电压是不同的。

### 3 系统硬件电路设计

本系统的硬件电路结构主要包括三个部分：飞行控制电路、手持遥控器电路、喷洒装置电路。

#### 3.1 飞行控制电路

飞行控制电路的主控单元采用STM32F103C8T6, 6轴运动传感器MPU6050作为姿态解算模块、AT24C02作为存储器模块。三路电源为飞行控制单元提供能量，其中一路电源可以将电池电压12V稳压到5V，其它二路使用TPS736芯片把电压从5V稳压到3.3V，为主控芯片模块和其他芯片模块提供电压。飞行控制单元上还设有一个蜂鸣器，主要用于一些报警设置，比如电池的电压如果过低，会有报警提示。飞行控制单元上的SWD下载模块，可以方便下载和在线调试程序。

##### 3.1.1 主控单元设计

飞行控制电路的主控单元STM32F103C8T6芯片采用32位Cortex-M3内核架构，工作频率可以达到72MHz，

具有丰富的外设接口和大容量的存储器，可由2.0V–3.6V的直流电压供电<sup>[5]</sup>。

STM32F103C8T6主控单元包含最小系统以及各种通信的接口，能够满足植保无人机实时性和数据处理等要求。作为主控单元，STM32F103C8T6芯片收到传感器的数据和手持遥控器的控制命令后，对数据和命令进行互补滤波和姿态解算，将得到的最终控制信息送给PWM调速模块，实现无人机的稳定飞行。

#### 3.1.2 姿态检测单元设计

系统选用MPU6050作为姿态检测单元的传感器，从而实时进行姿态解算。MPU6050是一个6轴传感器芯片，集成有3轴加速度计，3轴陀螺仪，其体积小、功耗低、精度高、成本低，可以被用在智能手机、运动感测游戏等众多场合<sup>[6]</sup>。MPU6050与无人机主控制器STM32F103C8T6之间通过I2C协议相互通信、传送数据，与主控制器连接只需要两根线，一个是I2C数据线SDA与主控制器的PA6引脚连接，另外一个是I2C时钟线SCL与主控制器的PA7引脚连接。

#### 3.1.3 数据存储单元设计

数据存储单元可以保存飞行控制电路上一些特定的调试参数和控制参数，本系统的存储单元采用AT24C02。AT24C02中存储了一些参数数据，如PID参数值、通信地址等，可以实现对无人机运行状态的实时分析与测试。AT24C02读写速度快、读写次数多等优点，用I2C接口和主控制器进行通信。

#### 3.1.4 电源电路设计

电源是整个系统电路正常运行的保障，因此设计的电源电路包括一路12V转5V电路以及两路5V转3.3V电路。选用MP1593将12V电压降到5V，MP1593是美国MPS公司生产的一款降压型DC-DC芯片，其最小输入电压是4.75V，最大输入是28V，能够提供5V的稳定输出电压，最大电流可以达到3A。然后通过电源芯片TPS736xx对5V电压进行降压得到3.3V，为主控芯片模块、MPU6050模块、AT24C02模块等提供工作电压。

#### 3.2 手持遥控器电路设计

设计了手持遥控器电路，手持遥控器能够通过无线数据传输系统发送和接收控制命令，实现了方便对无人机进行操作。

##### 3.2.1 主控制器设计

要想实现手持遥控器对无人机进行控制与操作，需

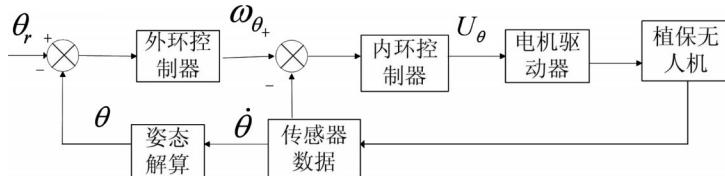


图1 俯仰角串级PID控制器框图

要手持遥控器的主控制器具有很多的通信接口以及快速处理信息的能力。因此这里选择和飞行控制电路的主控制器一样的STM32F103C8T6芯片。手持遥控器电路的主控制器主要包括STM32F103C8T6最小系统、LED灯、无线通信接口等。同时还预留了其他多种接口，为后续开发打好基础。

### 3.2.2 数据传输模块设计

数据传输采用的是NRF24L01无线通信模块，工作频率在2.4G—2.5GHz，NRF24L01工作电压为1.9—3.6V，数据传输率稳定且可高达2Mbit/s，具有自动应答及自动重发和地址、CRC检验的功能<sup>[7]</sup>。因为NRF24L01芯片体积小、功率损耗低、通道多，因此经常被用于遥感勘测、工业传感器等应用场合。

### 3.2.3 电源模块设计

手持遥控器电路的主控制器、无线通信模块、摇杆等其他传感器的电压值为3.3V，因此手持遥控器的电源采用1节锂电池提供电压给各个芯片。

### 3.3 喷洒装置电路设计

喷洒装置单元的设计采用场效应晶体MOS管，主控制器的端口输出产生PWM波送给MOS管，MOS管根据输出电平的不同导通或关断。MOS管的导通与关断将控制电机的运行状态，这样就可以管理农药的喷洒进度与喷洒量。当控制器的端口输出是高电平时，MOS管导通，电机就开始工作，开始对目标区域进行喷洒，当控制器的端口输出是低电平时则MOS管关断，电机就停止工作，喷洒停止<sup>[8]</sup>。电机两端的电压随着PWM波形信号占空比的变化而变化，占空比越大，电机两端的电压越高，喷洒量就越大，电机两端的电压越低，喷洒量就越小。因此不同的PWM的占空比可以得到不同的电机转速，也就可以管理农药的喷洒进度与喷洒量。

## 4 系统软件设计

植保无人机是要完成复杂多任务的系统，比如需要实时采集处理传感器的数据、对无人机的姿态进行实时检测与控制、喷洒管理以及实时接收遥控器发送的控制

命令等。因此，要完成无人机的作业任务就需要各个任务之间相互配合。因此，在μC/OS-III软件操作平台的基础上，对无人机的软件系统进行了任务设计。

### 4.1 植保无人机姿态控制方法

横滚角、俯仰角、偏航角这三个角度可以用来描述植保无人机在任一时刻的飞行姿态，它们的角度和角速度都采用串级PID控制。三个角度的控制规律一致，图1为俯仰角的串级PID控制器图。其中 $\theta_r$ 为目标俯仰角， $\theta$ 和 $\dot{\theta}$ 为植保无人机的俯仰角和俯仰角角速度。控制结构包括角速度环和角度环，其中外环是角度控制环，外环的输入值是期望的姿态角 $\theta_r$ ，反馈值是姿态解算得到的姿态角 $\theta$ ；内环是角速度控制环，内环的输入值是外环角度控制环的输出值 $\omega_{\theta_r}$ ，反馈值为传感器MPU6050内部的陀螺仪提供的数据。 $\omega_{\theta_r}$ 是外环PID控制器的输出值， $U_{\theta_r}$ 是内环PID控制器的输出值。

### 4.2 无人机软件总体流程图

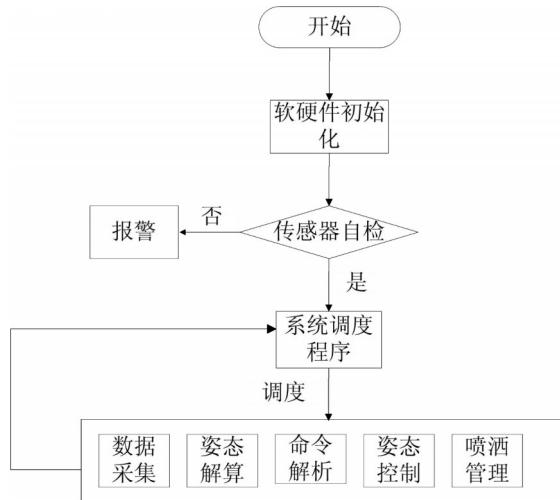


图2 无人机软件总体流程图

图2是植保无人机软件流程图，通过μC/OS-III操作系统的调度程序对任务实现调度管理。

### 4.3 传感器数据采集设计

采集数据任务开始后，对传感器进行自检，设置传感器参数，对传感器读取到的数据进行数据预处理后，再把数据发送出去。图3为无人机的传感器数据采集流程图。

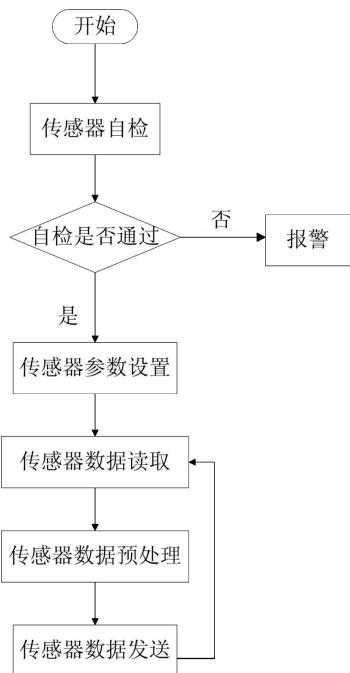


图3 传感器数据采集流程图

#### 4.4 姿态解算设计

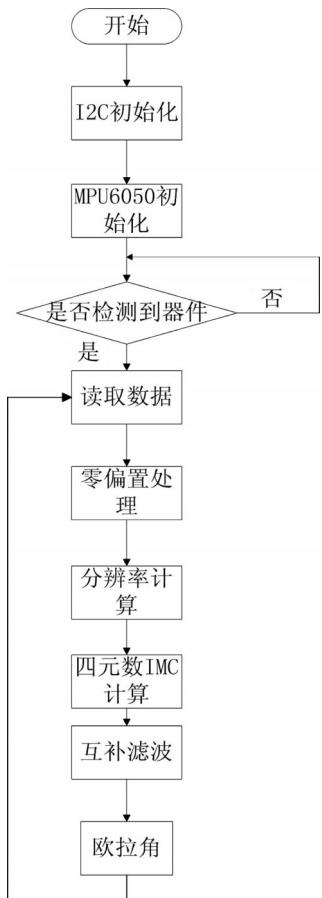


图4 姿态解算流程图

图4是姿态解算流程图。姿态解算是指通过读取MPU6050姿态传感器的数据,得到植保无人机的姿态角状态的过程,姿态解算是无人机稳定飞行的关键。姿态

计算程序是把MPU6050读取的数据进行零偏置、分辨率计算、IMC、互补滤波这四个步骤从而得到欧拉角度值<sup>[9]</sup>。

#### 4.5 姿态控制设计

姿态控制是根据姿态解算得出的姿态、遥控命令分析得到的命令姿态对飞机的姿态进行控制。图5为姿态控制流程图。

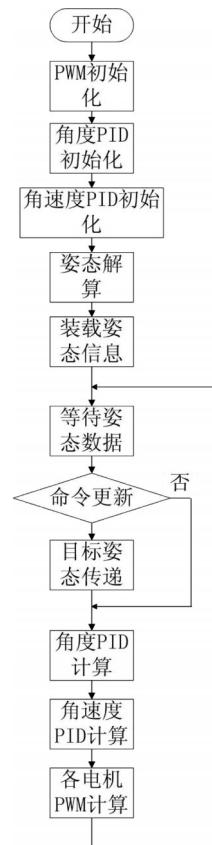


图5 姿态控制流程图

#### 4.6 手持遥控器软件设计

手持遥控器的主控制器STM32F103C8T6在系统上电后,首先进行系统初始化并检查传感器。传感器检查通过后,将进行电位器的AD采集转换和按键值采集并进行数据处理,然后打包处理后的数据,数据打包完成后通过串口对数据进行发送,从而进入无线数据传输模块,再发送数据出去。图6为手持遥控器程序流程图。

#### 4.7 喷洒装置软件设计

植保无人机的主要工作任务是管理农药的喷洒量和喷洒进度,由于水泵和喷头都是电压控制型器件,电压控制水泵的流速和喷头的转速。因此为了达到控制水泵流速和喷头转速的目的,需要改变PWM的占空比控制水泵和喷头的电压。PWM占空比较大,则水泵和喷头的电机两端的电压大,水泵的流速大,喷头的转速高,反之,PWM占空比较小,则水泵和喷头的电机两端的电压小,水泵的流

速小,喷头的转速低<sup>[8]</sup>。图7为喷洒装置软件流程图。首先初始化喷洒装置,使水泵和喷头处于工作状态,其次通过通信接口与飞行控制电路实现通信,根据得到的手持遥控器的指令选择喷洒的工作模式,最后管理水泵和喷头的电压值。

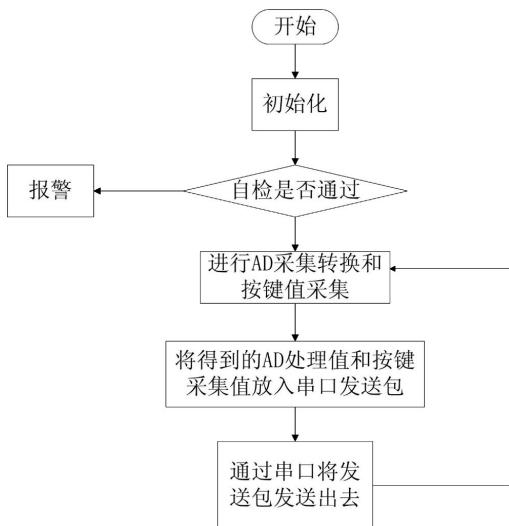


图6 手持遥控器程序流程图

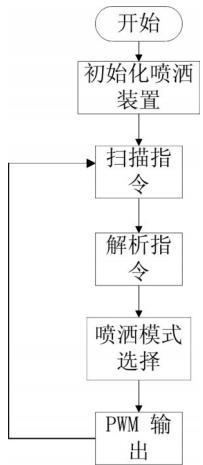


图7 喷洒装置流程图

## 5 系统调试

植保无人机系统整个组装完成后,首先调试各个功能模块、PID参数值,再调试整个无人机系统,进行整机调试时,先通过植保无人机的手持遥控器对无人机发出植保命令,植保无人机将根据飞行状态和植保要求实时对喷洒装置进行管理,也可以在多种模式下进行切换<sup>[10]</sup>。图8是本文设计的植保无人机实际飞行作业图。

## 6 结语

目前,随着现代农业机械化的发展,农业对植保方式有了更高的要求,传统的植保方式已经无法满足要求,而

植保无人机这种新兴方式安全可靠、操作简易、工作效率高,因此得到了很大的应用。本文在STM32F103C8T6的基础上,利用互补滤波算法、姿态解算算法、串级PID控制算法,设计了小型植保无人机系统。植保无人机系统经过软硬件的调试,能够稳定飞行,实现小面积植保作业要求。



图8 植保无人机飞行作业图

## 参考文献:

- [1] 李继宇,张铁民,等.小型无人机在农田信息监测系统中的应用[J].农机化研究,2010,32(5):183-186.
- [2] 杨邦杰.基于卫星遥感的农情监测系统[C].中国科学技术出版社,1998:290-296.
- [3] 温源,薛新宇.中国植保无人机发展技术路线及趋势[J].农业技术装备,2014(281):35-38.
- [4] 自由路,金继运.低空遥感技术及其在精准农业中的应用[J].土壤肥料,2000(1):1-6.
- [5] 杨伟,肖义平.基于STM32F103C8T6单片机的LCD显示系统设计[J].微型机与应用,2014(20):29-31.
- [6] 高尚,王婷婷,郭焕银.基于STM32单片机的微型无人机制作[J].山东工业技术,2017(4):283.
- [7] 宋楹,尤晓萍.基于STM32微型四轴无人机的设计与实现[J].辽宁科技大学学报,2017(4):148-154.
- [8] 黄泉.基于STM32F427的植保无人机的设计与实现[D].绵阳:西南科技大学,2016.
- [9] 吕强,王国胜.四轴飞行器姿态控制系统设计[J].计算机测量与控制,2011,19(3):583-585.
- [10] 林楷涛,蔡嘉禹,等.基于STM32的农业植保作业无人机[J].自动化技术与应用,2019(6):144-147.

作者简介:聂茹(1982-),女,讲师,硕士,研究方向:智能控制、电力电子与自动控制等。