



# 新工科背景下跨学科四旋翼 无人机实践平台的设计

孙利佳, 漆 强

(电子科技大学 电子科学与工程学院, 成都 610054)

**摘要:** 四旋翼无人机实践平台以微控制器为主控系统, 利用锂电池作为动力系统, 并通过各类传感器采集四轴无人机的姿态数据和高度数据, 确保其稳定飞行。该平台涵盖了光机电算等多个学科的内容, 配套了机械设计、硬件电路设计和焊接、传感器应用以及程序设计等实验项目。在教学过程中采用项目式教学模式串联各个知识点, 帮助学生构建完备的知识体系, 提高学生的工程实践能力。

**关键词:** 新工科; 跨学科; 四旋翼无人机; 实践平台

中图分类号: TN873

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20210275

## The Design of Interdisciplinary Practical Platform for Four-rotor UAV Under Background of Emerging Engineering Education

SUN Lijia, QI Qiang

(School of Electronic Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

**Abstract:** Four-rotor UAV practical platform uses microcontroller as the main control system and lithium battery as the power system, and it collects the attitude data and altitude data of the four-rotor UAV through various sensors to ensure UAV fly stably. The platform covers a wide range of subjects, such as optics, mechanics, electronics and computer technology, supporting experimental projects such as mechanical design, hardware circuit design and welding, sensor application and program design. In the process of teaching, the project-based teaching mode is adopted to connect various knowledge points in series to help students build an integrated knowledge system and improve their engineering practical ability.

**Key words:** emerging engineering education; interdisciplinary; four-rotor UAV; practical platform

为了适应新一轮科技革命和产业变革的新趋势, 围绕国家战略和区域发展需要, 教育部提出了“新工科”的要求。目前的培养方案中, 针对学生面向复杂工程问题的培养还有所欠缺, 课程实践教学多以验证性实验为主, 综合性和设计性实验较少, 不能很好地培养学生的综合知识应用能力<sup>[1]</sup>。因此, 在现有人才培养方案中的专业实践创新能力培养和实践培养模式改革中, 对于大学生创新创业能力训练的重视程度还需要进一步提高<sup>[2]</sup>。为此, 学校提出了利用传统工科及综合学科优势, 开设跨学科课程, 培养面向复杂工程问题的新工科人才的培养模式的改进思路<sup>[3]</sup>。基于这样

的背景, 设计了以四旋翼无人机为载体的跨学科实践教学平台, 涵盖光机电算等多个学科的内容, 并依托该平台实施项目式教学, 串联各个知识点。

### 1 四旋翼无人机整体设计方案

四旋翼无人机实践教学平台采用了模块化设计理念, 主要分成了 3 个模块电路: 主控系统、动力系统和传感器系统, 其系统框图如图 1 所示。

四旋翼无人机实践教学平台的硬件实物图如图 2 所示。为了保证教学的可实施性, 采用了便

收稿日期: 2021-06-01; 修回日期: 2021-12-22

基金项目: 工科院系实验教学中心面向创新的综合体模式研究探索(JG2021-159)。

作者简介: 孙利佳(1977-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事电路与系统研究工作。E-mail: 15240990@qq.com

便携式设计, 利用电路印制板作为无人机的机架, 无需单独购买机架。整个硬件实物大小为 75 cm×75 cm(不含防护架), 对角线长度为 100 cm, 桨叶

长度为 55 cm, 整体结构紧凑小巧。为了防止外界冲击和碰撞损坏电路, 在无人机外部设计了防护罩, 确保了系统的稳定, 也保证了学生的安全。

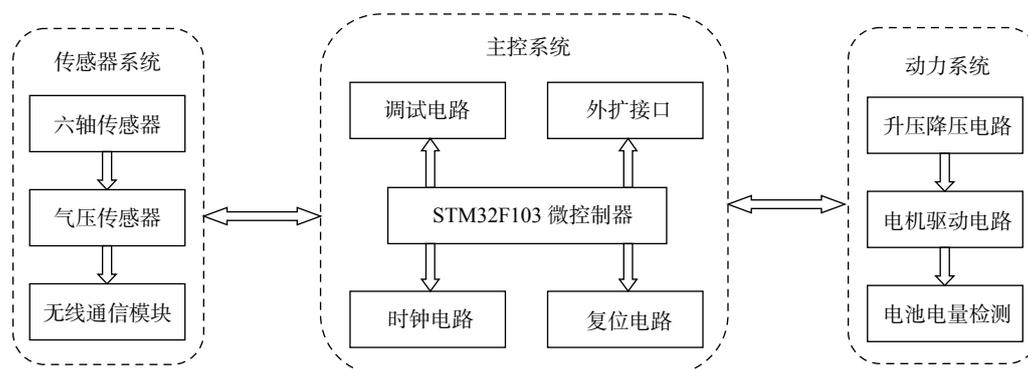


图 1 四旋翼无人机实践教学平台系统框图



图 2 四旋翼无人机实践教学平台硬件实物图

## 2 四旋翼无人机硬件电路设计

基于便携式和模块化的设计理念, 同时兼顾实践教学的可实施性, 采用了精简化的设计方案: 确保核心模块, 预留扩展接口。整个硬件电路可以分成 3 个单元模块: 主控系统、动力系统和传感器系统<sup>[4]</sup>。

### 2.1 主控系统

主控系统作为四旋翼无人机的大脑, 对无人机稳定飞行起着至关重要的作用。它同时承担着多种功能, 包括传感器数据读取、数据融合、PID 控制、电机控制和无线通信。主控单元采用了意法半导体的 Cortex-M3 内核微控制器 STM32F103C8T6, 工作频率 72 MHz, 内部集成 64 KB 的程序存储器(FLASH)和 20 KB 的数据存储器(RAM), 片内包含了定时器、串口和 A/D 等多种

外设<sup>[5]</sup>。

主控系统主要设计了微控制器的复位电路、时钟电路和串行调试接口(SWD)等基本电路, 并引出控制引脚用于控制动力系统和传感器系统<sup>[6]</sup>。电路原理图如图 3 所示。

### 2.2 动力系统

动力系统采用 4 个 720 空心杯电机控制 4 个桨叶的旋转, 产生向上的推力。空心杯电机的驱动采用了 NMOS 管, 型号为 SI2302。它的导通电阻只有几十毫欧, 可以提供 3 A 的驱动电流, 足够驱动 720 空心杯电机<sup>[7]</sup>。

电源部分选用 600 mAh 锂电池作为四旋翼无人机的供电, 在电路设计上采用了先升压再降压的方案, 确保电压的稳定。同时设计了电池电压检测电路, 方便用户查看电池电量。

整个动力系统的电路原理图如图 4 所示。

### 2.3 传感器系统

传感器系统用于提供四旋翼无人机的姿态数据和高度数据, 并提供无线通信功能用于用户传输数据, 以及接收遥控器的指令<sup>[8]</sup>。

无人机姿态数据的采集使用六轴传感器芯片 MPU6050, 该芯片内部集成了 3 轴加速度传感器和 3 轴陀螺仪传感器, 并自带 DMP(digital motion processor) 库, 可以完成姿态计算后直接把姿态角输出给主控芯片<sup>[9]</sup>。

无人机高度数据的采集使用气压传感器 FBM320, 该芯片内部集成了 24 位高精度 AD 转换模块, 提供气压校准和温度补偿功能, 采用

IIC 接口和主控系统通信<sup>[10]</sup>。

无线通信模块使用单片射频收发 NRF2401，工作于 2.4 GHz 频段。芯片内置频率合成器、功率放大器、晶体振荡器和调制器等功能模块，输

出功率和通信频道可通过程序进行配置。该芯片采用低功耗设计，工作电流只有十几个 mA，通信距离为 50 m 左右<sup>[11]</sup>。

整个传感器系统的电路原理图如图 5 所示。

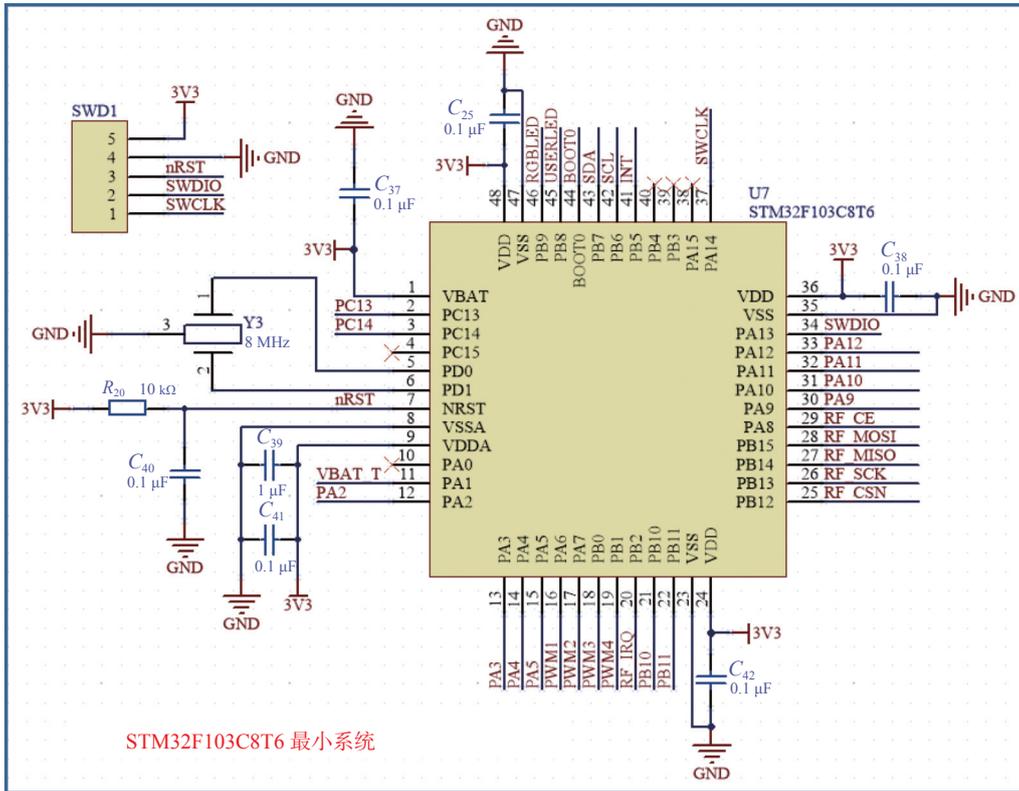


图 3 主控系统电路原理图

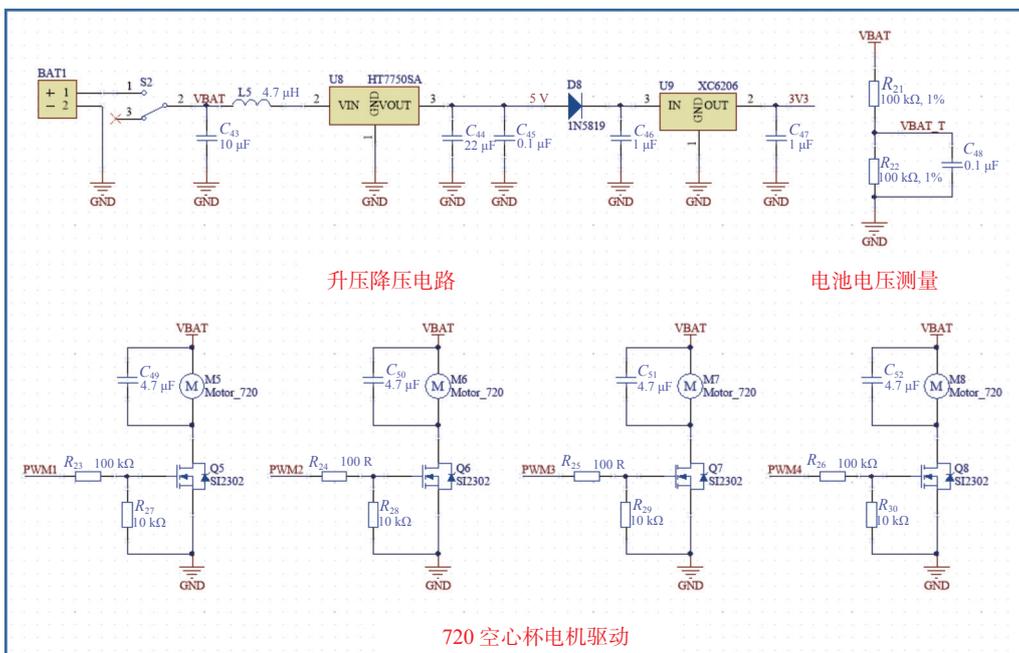


图 4 动力系统电路原理图

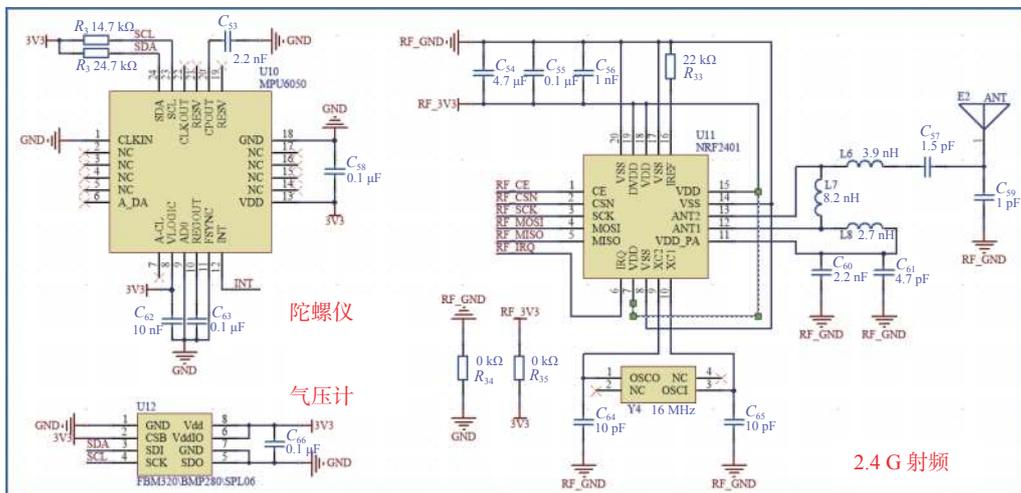


图5 传感器系统电路原理图

### 3 四旋翼无人机实验项目设计

四旋翼无人机作为一个跨学科实践教学平台, 涵盖了机械设计、硬件电路设计、嵌入式系统、传感器应用、无线网络和软件设计等多学科的知识。同时也是一个项目式教学的载体, 让学生在完成四旋翼无人机设计的同时, 掌握相关学科的内容, 达到学以致用目的。为此, 课程组结合多年的工程实践经验, 精心设计了以下实验项目<sup>[12]</sup>。

#### 1) 四旋翼无人机机架的设计

利用 AutoCAD 等机械设计软件, 按照空气动力学原理, 设计无人机的机架, 并将该机架外形导入到 Altium Designer 电路设计软件, 作为印制板的外形来进行后续的电路设计。

#### 2) 四旋翼无人机硬件电路的设计

利用 Altium Designer 电路设计软件进行四旋翼无人机的原理图设计和印制板电路设计。学生可以参考教师提供的原理图进行设计, 也可以选用其他的芯片。如主控单元可以选择频率更高的 STM32F411 芯片, 姿态传感器可以选用集成了磁力传感器的九轴传感器芯片 MPU9250。提供基本原理图的方式既保证能力一般的学生能够完成设计, 也兼顾了拔尖学生的创新实践能力培养。

完成原理图设计和印制板设计后, 学生仔细检查, 同时也交给老师二次核查, 核查无误后, 提交制板厂家完成电路板的加工。学生拿到电路板后, 进行基本电路的焊接, 装配, 并完成单元电路的调试, 如利用万用表检查电源供电是否正

确, 输出的电压值是否达到预设要求等。

#### 3) 嵌入式系统基本功能模块的应用

以四旋翼无人机为载体, 学习嵌入式系统中常用功能模块的应用。如利用定时器模块进行空心杯电机的驱动; 利用 A/D 转换模块检测锂电池的电量; 利用 GPIO 模块进行发光二极管的亮灭控制。将嵌入式系统的各个知识点用项目的形式串联, 避免了原来课程学习中纸上谈兵, 缺少实践操作的问题。

#### 4) 传感器模块的应用

在四旋翼无人机的控制中, 需要使用大量的传感器, 来获取无人机的飞行姿态和高度, 并通过无线网络回传数据, 进行分析, 以确保无人机的稳定飞行。如果需要获取图像, 还需要添加摄像头等光电传感器。学生在传感器的应用中, 可以掌握各类传感器的基本原理和使用方法, 还可以学习 SPI 和 IIC 等接口协议, 以及四旋翼无人机姿态解算等算法的工程应用。

#### 5) 系统软件的开发

四旋翼无人机的控制, 不仅仅是编写底层的驱动程序, 完成各个传感器数据的采集, 更重要的是利用软硬件资源, 协调各个功能模块来实现系统的整体运行。这里涉及嵌入式操作系统的移植, 各个任务的划分, 数据的处理和封装, 各种算法和通信协议的应用, 是一个复杂的系统工程。学生在进行四旋翼无人机软件的开发中, 会接触到程序设计的各个方面, 培养他们良好的编程习惯和编程素养, 为今后进行大型软件的开发打下坚实的基础。

## 4 四旋翼无人机的特色

四旋翼无人机实践教学平台将多学科的理论知识和实践应用相融合,让学生在“做中学”,在“学中做”,具有以下特色<sup>[13]</sup>。

### 1) 便携式

传统的四旋翼无人机设计,一般采用 F450 和 F330 等大型机架。这种设计虽然可以提供较为稳定的结构,但是体积庞大,桨叶在旋转时还容易误伤用户,不适合作为实验教学。为此,课程组采用了便携式的设计理念,利用电路印制板作为机架,整个机架的对角线长度仅为 100 cm,用户可以很方便的放置在手掌上。同时在无人机的外部加入了防护罩,用于防止无人机的损坏和确保用户的安全。

### 2) 多学科融合

四旋翼无人机涵盖了机械设计、硬件电路设计及调试、嵌入式系统设计、无线通信和软件设计等多个学科的知识,是一个多学科融合的实践教学平台,对于提高学生综合运用知识的能力和工程实践能力具有重要的意义。

### 3) 项目式教学

传统的教学模式中,按照知识点进行学习,各个知识点散乱,没有形成一定的知识体系。四旋翼无人机采用项目式教学方法,将知识的学习融入到各个小项目的设计中,完成项目的同时就完成了相关知识的学习和应用,激发了学生的学习积极性和主动性<sup>[14]</sup>。

## 5 结束语

本文设计的四旋翼无人机基于便携式设计理念,设计了精简实用的机架结构和硬件电路,并融合了光机电算等多学科知识,采用项目式教学法串联各个知识点,帮助学生构建了系统的知识体系,将各个学科融会贯通,学以致用。通过这个设计项目的学习,学生不仅能融会贯通所学的专业知识,工程思维能力也得到了加强;更重要的是,设计过程中团队成员之间进行的有效分工和协作,锻炼了良好沟通的能力。为以后激励学

生参与课程、加强师生互动、提升团队合作能力、提高学习效果等方面提供了有益的参考,为实现培养以多学科交叉为特征的工程人才提供了新思路<sup>[15]</sup>。

## 参考文献

- [1] 张洁寒,张瑜.基于新工科理念的电子信息工程专业实践教学体系构建与探索[J].实验室科学,2020,23(3):234.
- [2] 杨瑞君,韦丽华,王笑妍,等.新工科背景下大学生创新创业能力训练路径探析——以机械电子和计算机类学科为例[J].大学教育,2019,35(9):177.
- [3] 孔全存,杨海涛,刘桂礼,等.面向解决复杂工程问题能力培养的凸轮设计实验教学改革创新[J].实验室研究与探索,2020,39(4):198.
- [4] 漆强,刘爽.基于嵌入式系统的“口袋实验室”设计[J].实验技术与管理,2015,32(12):97-102.
- [5] 刘火良.STM32库开发实战指南[M].北京:电子工业出版社,2013.
- [6] 张洋,刘军.原子教你玩STM32(库函数版)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2015.
- [7] 陈志旺.四旋翼飞行器快速上手[M].北京:电子工业出版社,2017.
- [8] 戴凤智,王璇,马文飞.四旋翼无人机的制作与飞行[M].北京:化学工业出版社,2017.
- [9] 冯新宇,范红刚,辛亮.四旋翼无人飞行器设计[M].北京:清华大学出版社,2017.
- [10] 都基焱,张振.小型无人机飞行控制系统硬件设计[J].兵工自动化,2014,33(9):64-66.
- [11] 刘辉邦,褚金奎,支炜,等.基于PID控制的无人机姿态测量系统设计[J].传感器与微系统,2013,32(8):108-110.
- [12] 张云洲,胡禹超,吴成东.三维姿态实时显示的小型无人机飞控仿真系统[J].实验室研究与探索,2015,34(1):73-78.
- [13] 李玉霞,何磊,徐永鑫.基于图像识别的“无人机遥感概论”教学实验平台设计[J].实验室研究与探索,2018,37(5):50-53.
- [14] 温凯,陈繆.全尺寸四旋翼无人机教学平台设计与课程开发[J].实验技术与管理,2018,35(9):100-103.
- [15] 李肖,婧吴伟,许国动.工程设计教育的全面革新:新加坡科技设计大学的实践[J].高教探索,2019,10(1):64.

编辑 钟晓