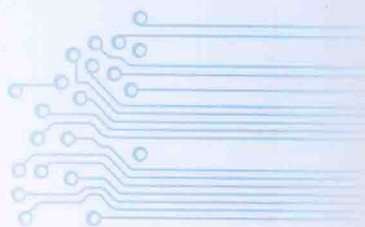
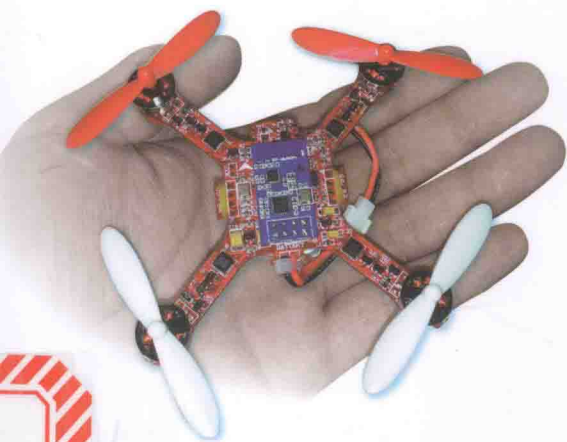


四轴飞行器 DIY

——基于STM32微控制器

吴勇 罗国富 刘旭辉 编著
周定江 肖松 杨松和



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

四轴飞行器 DIY

——基于 STM32 微控制器

吴勇 罗国富 刘旭辉 编著
周定江 肖松 杨松和



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要讲述如何自己动手制作(DIY)一个微型多旋翼飞行器。书中内容主要分四篇:第一篇主要介绍飞行器的相关基础知识,让读者对多旋翼飞行器有个感性的认知;第二篇重点介绍飞行器的硬件平台,包括模块详细解说、实物组装、固件下载方法和飞行器的操作说明等;第三篇重点介绍飞行器的软件开发环境、软件各个功能部分的讲解和各个模块部分的连接、飞控系统的核心算法等;第四篇介绍多旋翼飞行器的拓展,控制操作入门和技巧,以及其在不同行业的应用。

本书配套资料里面包含了微型多旋翼飞行器的代码,同时也包含遥控器代码。这些代码均有详细的注释,读者可参考它设计自己的固件,亦可通过书中介绍的方法,将编译后的代码下载到飞行器和遥控器中来体验飞行。

本书主要针对未入门而有强烈意愿DIY的飞行器爱好者和即将参加赛事的大学生朋友,引导他们着手进行设计;也可供初中生和高中生课外阅读,以培养兴趣和提高动手能力。

图书在版编目(CIP)数据

四轴飞行器DIY:基于STM32微控制器 / 吴勇等编著

. — 北京:北京航空航天大学出版社,2016.1

ISBN 978-7-5124-1983-4

I. ①四… II. ①吴… III. ①旋翼机—飞行控制
IV. ①V275②V249.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第300906号

版权所有,侵权必究。

四轴飞行器DIY——基于STM32微控制器

吴勇 罗国富 刘旭辉 周定江 肖松 杨松和 编著
责任编辑 冯颖

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@buaacm.com.cn 邮购电话:(010)82316936

北京泽宇印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1000 1/16 印张:17.25 字数:388千字

2016年2月第1版 2016年2月第1次印刷 印数:3000册

ISBN 978-7-5124-1983-4 定价:39.00元

前 言

从开始做微型多旋翼飞行器以来,我经常和一大批有着同样爱好的朋友们互相交流,他们走着我曾经走过的路,也经历着我所经历过的坎坷。无论我在何坛何群,总有朋友追问着很多重复的问题,未能全部一一解答很是抱歉。也正是因为如此,一直以来都想写点东西给他们,但因时间和精力所限都没能让我提笔。终于,北京航空航天大学出版社给了我这次机会,我甚是激动并深表感谢,于是抛开所有阻扰开启了这段思想旅程……

每当在论坛分享我的成果时,总能得到满满的支持,这也是我能排除万难一直坚持到现在的动力。而我唯一能回馈他们的就是分享我的经验使他们不再经历我的痛楚。所以在开启本书时,一段电影似的回忆会进入你的脑海,那是我与微型多旋翼飞行器从认识到熟知再到成为我生命中一部分的历程,犹如一对恋人从相识到相知再到相恋。

硬件设计方面,刚接触的朋友们总有很多不明白的地方,故我在书中对常常被提及的问题做了说明。这不仅仅需要理论知识的支持,更多的是需要理论与实践的有机结合,它是靠实际经验做依托的。比如在群里,多次有人问到数字电源地与模拟电源地为何隔离的问题,为了让朋友们更好地理解,我在书中用到了形象比喻,虽说不一定准确,但相信能对大家有所帮助。

在设计飞行器时,难点之一是硬件方面的设计,更多的难点无疑都指向数据融合和各种算法。网上的资料对此都是泛泛而谈,很少有一些更为具体的应用,想深入涉足飞行器的朋友常常望洋兴叹。为此,我们团队从最基本的开始,对各个模块逐一讲解说明,带领大家一起 DIY 属于自己的多旋翼飞行器。

本书由烈火团队成员共同编著,感谢好兄弟罗国富、刘旭辉、周定江、肖松、杨松和。因为共同的爱好,我们聚集在一起,有的是国内知名企业资深工程师,有的是拿到硕士学位的华为资深工程师,有的是远在美国留学、常年研究飞行器算法的博士,有的是国内知名企业的 CEO。本书的成功出版自然少不了各位兄弟的监督和助阵,没有他们也就不可能有这本书。同时也要感谢我的爱人,没有她的支持和鼓励,也不会有我的今天。

由于团队成员都在不同的地方,因此各章节书写风格略有差异。书中错误之处在所难免,敬请各位读者批评、指正。如对本书有任何疑问,请联系我们(wuyong_ah@163.com)。

关于本书配套资料:

读者可以从 <http://pan.baidu.com/s/1o7sVC8a> 免费下载,密码:bpqd;也可以从北京航空航天大学出版社网站(<http://www.buaapress.com.cn/>)的“下载专区”下载。

作者

2016年1月



录

第一篇 基础篇

| | |
|----------------------|----|
| 第 1 章 多旋翼飞行器的起源与发展 | 2 |
| 第 2 章 多旋翼飞行器的工作原理和组成 | 8 |
| 2.1 多旋翼飞行器的工作原理 | 8 |
| 2.2 多旋翼飞行器的基本组成 | 10 |
| 2.2.1 电机 | 10 |
| 2.2.2 电调 | 11 |
| 2.2.3 正反桨 | 12 |
| 2.2.4 电池 | 13 |
| 2.2.5 机架 | 14 |
| 2.2.6 遥控器 | 15 |
| 2.2.7 飞控 | 16 |
| 第 3 章 烈火微型四旋翼飞行器介绍 | 18 |
| 3.1 初识四轴飞行器 | 18 |
| 3.2 折腾的开始 | 24 |
| 3.3 顺利起飞 | 25 |
| 3.4 进阶 | 27 |
| 3.5 微型飞行器 | 40 |

第二篇 硬件篇

| | |
|---------------------|----|
| 第 4 章 烈火飞行器硬件平台 | 44 |
| 4.1 烈火飞行器硬件资源介绍 | 44 |
| 4.2 烈火飞行器原理图解读 | 49 |
| 第 5 章 DIY 遥控器硬件平台 | 55 |
| 5.1 DIY 遥控器硬件资源介绍 | 55 |
| 5.2 DIY 遥控器原理图解读 | 56 |
| 第 6 章 烈火飞行器的硬件实物与组装 | 59 |
| 6.1 飞行器的组装 | 60 |
| 6.2 遥控器的组装 | 67 |

| | |
|----------------------------|----|
| 第 7 章 烈火飞行器固件下载和使用说明 | 71 |
| 7.1 SWD 模式 | 71 |
| 7.2 串口 ISP 模式 | 74 |
| 7.3 烈火飞行器操作说明 | 77 |
| 7.3.1 摇杆对中及传感器校正 | 78 |
| 7.3.2 开机顺序 | 78 |
| 7.3.3 微调旋钮 | 79 |
| 7.3.4 关机顺序 | 79 |
| 7.3.5 锁尾模式 | 79 |
| 7.3.6 LED 开关 | 79 |
| 7.3.7 电池电量检测 | 79 |
| 7.3.8 电池充电 | 79 |

第三篇 软件篇

| | |
|----------------------------------|-----|
| 第 8 章 开发环境之 RVMDK | 82 |
| 8.1 新建工程指导 | 82 |
| 8.2 开发环境介绍 | 91 |
| 8.2.1 开发周期 | 93 |
| 8.2.2 μ Vision5 集成开发环境 | 94 |
| 8.3 下载与调试 | 94 |
| 第 9 章 STM32 交叉编译环境 Eclipse | 98 |
| 9.1 ARM 嵌入式交叉编译工具链 | 98 |
| 9.2 Cygwin 工具安装 | 99 |
| 9.3 JRE + Eclipse 安装 | 107 |
| 第 10 章 软件设计之各功能模块实验 | 112 |
| 10.1 STM32 时钟 | 112 |
| 10.2 LED 指示灯实验 | 120 |
| 10.3 STM32 的 USART 实验 | 125 |
| 10.3.1 相关介绍 | 125 |
| 10.3.2 程序讲解 | 126 |
| 10.4 STM32 的 ADC 与 DMA 实验 | 131 |
| 10.4.1 相关介绍 | 131 |
| 10.4.2 用到的 GPIO | 131 |
| 10.4.3 代码讲解 | 132 |
| 10.5 STM32 的 PWM 驱动电机实验 | 136 |
| 10.5.1 相关介绍 | 136 |
| 10.5.2 用到的 GPIO | 136 |

| | | |
|---------------|---------------------------------------|------------|
| 10.5.3 | 代码讲解 | 137 |
| 10.6 | STM32 与 MPU6050 I ² C 通信实验 | 140 |
| 10.6.1 | MPU6050 介绍 | 140 |
| 10.6.2 | I ² C 总线介绍 | 148 |
| 10.6.3 | 模拟 I ² C 驱动详解 | 149 |
| 10.7 | STM32 与 NRF24L01 SPI 通信实验 | 158 |
| 10.7.1 | SPI 总线相关介绍 | 158 |
| 10.7.2 | NRF24L01 介绍 | 158 |
| 10.7.3 | 用到的 GPIO | 165 |
| 10.7.4 | 程序详解 | 166 |
| 第 11 章 | 飞行器的姿态解算 | 174 |
| 11.1 | 姿态解算的意义 | 174 |
| 11.2 | 飞行器姿态表示方法 | 174 |
| 11.2.1 | 旋转矩阵和欧拉角、转轴-转角表示法 | 174 |
| 11.2.2 | 四元数表示法 | 176 |
| 11.2.3 | 四元数运动学方程 | 178 |
| 11.3 | 互补滤波算法 | 180 |
| 11.4 | 基于四元数的姿态解算互补滤波算法 | 182 |
| 第 12 章 | PID 算法在多旋翼飞行器上的应用 | 186 |
| 12.1 | PID 算法介绍 | 186 |
| 12.1.1 | 反馈的基本概念 | 187 |
| 12.1.2 | 历史及应用 | 187 |
| 12.1.3 | 公式定义 | 188 |
| 12.2 | 飞行器 PID 参数调试 | 191 |
| 12.2.1 | 各方法的简介 | 192 |
| 12.2.2 | PID 调试软件 | 193 |
| 12.2.3 | PID 控制的限制 | 194 |
| 12.2.4 | PID 算法的修改 | 194 |
| 12.2.5 | 串级 PID 控制器 | 196 |
| 12.2.6 | 其他 PID 的形式及其表示法 | 196 |
| 12.2.7 | 飞行器 PID 参数调试 | 199 |
| 第 13 章 | 上位机功能介绍 | 201 |
| 13.1 | 上位机环境 | 201 |
| 13.2 | 上位机与飞行板的通信 | 202 |
| 13.3 | 加速度计和陀螺仪的校准 | 204 |
| 13.4 | PID 参数的调试 | 204 |
| 13.5 | 遥控器的数据监视 | 204 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第 14 章 飞行器的软件实现 | 206 |
| 14.1 主函数 | 206 |
| 14.2 主循环中运行频率为 1 000 Hz 的任务 | 209 |
| 14.3 主循环中运行频率为 500 Hz 的任务 | 217 |
| 14.4 主循环中运行频率为 250 Hz 的任务 | 219 |
| 第 15 章 遥控器的软件实现 | 222 |
| 15.1 遥控器的作用 | 222 |
| 15.2 遥控器的初始化 | 223 |
| 15.3 主循环中运行频率为 500 Hz 的任务 | 225 |
| 15.4 主循环中运行频率为 100 Hz 的任务 | 228 |
| 15.5 主循环中运行频率为 25 Hz 的任务 | 229 |
| 15.6 主循环中运行频率为 4 Hz 的任务 | 231 |
| 15.7 串口数据的处理 | 233 |
| 第四篇 拓展篇 | |
| 第 16 章 飞行器控制操作入门 | 242 |
| 16.1 练习“对尾飞行” | 242 |
| 16.2 练习“对头飞行” | 245 |
| 16.3 练习飞航线 | 245 |
| 第 17 章 微型四旋翼的航拍和 FPV | 246 |
| 17.1 微型四旋翼的航拍 | 246 |
| 17.2 微型四旋翼的 FPV | 249 |
| 第 18 章 深入算法研究 | 251 |
| 18.1 四轴飞行器动力学 | 251 |
| 18.2 四轴飞行器的线性化控制方法 | 253 |
| 18.3 卡尔曼滤波器介绍 | 254 |
| 18.3.1 系统模型 | 254 |
| 18.3.2 卡尔曼滤波方程 | 255 |
| 18.3.3 卡尔曼滤波器在四轴飞行器上的应用 | 255 |
| 第 19 章 多旋翼飞行器的应用 | 258 |
| 19.1 在影视行业的应用 | 258 |
| 19.2 在消防行业的应用 | 259 |
| 19.3 在电力行业的应用 | 260 |
| 19.4 在农业行业的应用 | 261 |
| 19.5 在快递行业的应用 | 261 |
| 19.6 在载人多旋翼飞行器 | 262 |
| 参考文献 | 265 |

烈火已燃 强国的器云广翼 筑梦冬

第一篇 基础篇

本篇将与您一起认识与了解多旋翼飞行器的起源与发展、工作原理和基本组成,并对烈火微型四旋翼飞行器的成长历程进行介绍。

第 1 章

多旋翼飞行器的起源与发展

谈到无人机,就不得不先谈谈飞行器、固定翼、旋翼航空器、航模等话题。

先说飞行器,来自百度百科的定义如下:“飞行器(flight vehicle)是由人类制造、能飞离地面、在空间飞行并由人来控制的在大气层内或大气层外空间(太空)飞行的机械飞行物。在大气层内飞行的称为航空器,在太空飞行的称为航天器。”有点高大上呀,但这就是人类给出的定义,如果我是一只鸟,恐怕定义应该改成如何让自己长出一双更加强壮的翅膀吧。

飞行器一般分为 5 类:航空器、航天器、火箭、导弹和制导武器。

在大气层内飞行的飞行器称为航空器,如气球、滑翔机、飞艇、飞机、直升机等。它们靠空气的静浮力或空气相对运动产生的空气动力升空飞行。

在大气层外空间飞行的飞行器称为航天器,如人造地球卫星、载人飞船、空间探测器、航天飞机等。它们在运载火箭的推动下获得必要的速度进入太空,然后在引力作用下完成轨道运动。

火箭是以火箭发动机为动力的飞行器,可以在大气层内飞行,也可以在大气层外飞行。

导弹是装有战斗部的可控制的火箭,有主要在大气层外飞行的弹道导弹和装有翼面在大气层内飞行的地空导弹、巡航导弹等。

制导武器是能够按照一定规律进行的、在大气中飞行的高命中率武器,如末敏弹、制导炮弹等。

如果要按归属分类的话,我们要说的无人机应暂时归属到航空器这个类别,但是未来不排除划分为航天器的可能性,毕竟未来是太空的时代。

按飞行平台结构分类,通常我们把飞行器分为 3 类:固定翼、直升机、多旋翼。

固定翼飞行器:顾名思义就是“翅膀”形状固定、靠流过机翼的风提供升力的飞行器。动力系统包括桨和助推发动机。固定翼根据机翼尺寸的不同还有很多小的分类,在此不细说。固定翼飞行器的优点是在 3 类飞行器里,其续航时间最长,飞行效率最高,载荷最大;缺点是起飞的时候必须要助跑,降落的时候必须要滑行。平时大家乘坐的客机波音 747、空客 A380,还有 F-16、歼-15 之类的都是固定翼飞机。图 1-1 所示为固定翼飞行器。



图 1-1 固定翼飞行器

说到航空器,就不得不说旋翼航空器。

旋翼航空器(rotary wing aircraft)是一种机身密度大于空气的航空器,其在空中飞行的升力由一个或多个旋翼与空气进行相对运动产生的反作用力获得,与固定翼飞机为相对的关系。现代旋翼机通常包括直升机、旋翼机和旋翼式螺旋桨飞机3种类型。旋翼航空器因为其名称常与旋翼机混淆,实际上旋翼机全称为自转旋翼机,是旋翼航空器下属的一种。

所以,我们又不得不说说自转旋翼机。

自转旋翼机(autogyro 或 gyroplane)简称自旋翼机或者旋翼机,实物如图1-2所示。自转旋翼机是旋翼航空器的一种,介于飞机和直升机之间。旋翼机大多以尾桨提供动力前进,用尾舵控制方向。它的旋翼没有动力装置驱动,仅依靠前进时的相对气流吹动旋翼自转以产生升力。旋翼机不能垂直上升或悬停,必须像飞机一样滑跑加速才能起飞,但可实现近乎零距离起落。旋翼机的结构相对简单,安全性亦较好,一般用于旅游或体育活动。

旋翼机通常由发动机驱动的独立水平螺旋桨产生推进力升空和前进。正常飞行时旋翼机的旋翼被前进时的相对气流吹动而自旋,从而产生将机身维持在空中的升力。由于其外形像一个横放的风车,所以最初发明时也被称为风车飞机。这种航空器飞行时通常阻力比较大,速度较慢,但飞行安全性好,尺寸小,不会出现失速现象,出现空中发动机“停车”故障后可以自旋滑翔降落。这是旋翼航空器(包括直升机在内)独有的安全特性。

由于旋翼在飞行时无动力驱动,旋翼机无法像直升机一样垂直上升或悬停,而必须像固定翼飞机一样不断向前飞才能产生升力。虽然现在部分型号的旋翼机可以用离合器在起飞时供应动力给主旋翼(预旋)使其短暂变成直升机,但还是需要清空前方的障碍物,起飞之后依然靠空气作用力驱动。



图 1-2 自转旋翼机

说到现代社会应用最广泛的一种旋翼航空器,当之无愧的就是直升机了,所以下面我们再来说说直升机。来自维基百科的定义如下:“直升机是一种由一个或多个水平旋转的旋翼提供上升力和推进力而进行飞行的航空器。”直升机具有大多数固定翼航空器所不具备的垂直升降、悬停、低速向前或向后飞行的特点。这些特点使得直升机在很多场合大显身手。

直升机与固定翼飞机相比,其缺点是速度低、油耗高、航程较短。

直升机实物如图 1-3 所示。



图 1-3 直升机

直升机按照旋翼的个数可以分成单旋翼和双旋翼。双旋翼在结构设计上较单旋翼更复杂,在电机技术没有成形的年代,发动机和变距结构是直升机设计的关键。而多旋翼的思路很早就有了,但是当时并没有足够的技术形成实际的飞行器。随着科技不断发展进步,尤其是 MEMS 技术的发展和电机技术的使用,多旋翼飞行器获得了越来越多的关注。

典型的多旋翼飞行器如图 1-4 所示。



图 1-4 多旋翼飞行器

多旋翼(multi-rotor)指 3 个或者更多个旋翼的直升机,能够垂直起降。但是通常只有直升机叫直升机,多旋翼就叫多旋翼,而不叫多旋翼直升机。四旋翼使用 quadrotor 一词。多旋翼机械结构非常简单,动力系统只需要电机直接连接螺旋桨就行。从图 1-3 和图 1-4 的对比,可以看出多旋翼要简单得多。多旋翼的优点是机械简单,能垂直起降,缺点是续航时间短,载荷小。

四轴飞行器又称四旋翼、四转子,是一种多轴飞行器,有 4 个旋翼来悬停、维持姿态及平飞。和固定翼飞机不同,它通过旋翼提供的推力使飞机升空。它的四个旋翼大小相同,分布位置接近对称。对于简单的设计来说,仅仅通过调整不同旋翼之间的相对速度来调节不同位置的推力,并克服每个旋翼之间的反扭力矩,就可以控制飞机维持姿态或完成各种机动飞行。这一点和直升机不同,常见的直升机有两个旋翼,尾桨只起到抵消主旋翼产生的扭矩和控制飞机偏航运动的作用。

资料记载,最早的多旋翼应该是 1923 年美国制造的四轴飞行器“飞行章鱼”(flying octopus),实物如图 1-5 所示。

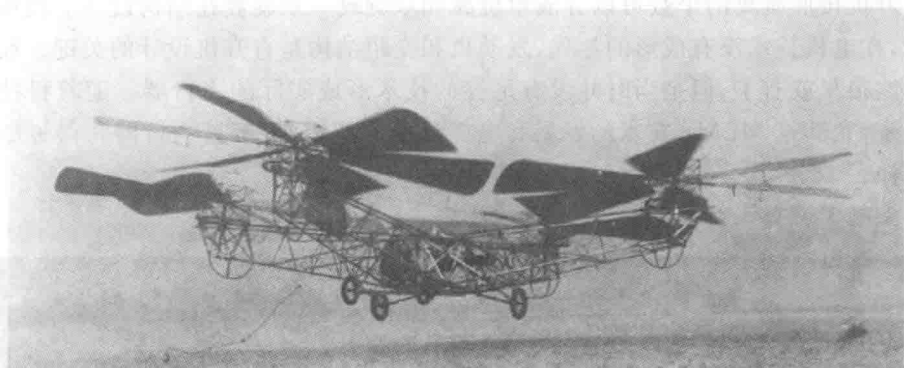


图 1-5 “飞行章鱼”

“飞行章鱼”档案：

用途：实验的旋翼机；

制造商：乔治·德·波扎特；

设计师：乔治·德·波扎特，伊凡杰罗姆；

第一次飞行：1922 年 12 月 18 日；

退役时间：1924 年；

军事使用：美国陆军航空服务；

建造数量：1；

项目成本：200 000 美元。

乔治·德·波扎特是从俄罗斯逃到美国的难民，他于 1921 年收到美国陆军建造一架实验性直升机的合同并建立了一个工作室。德·波扎特的直升机是在 1922 年 12 月完成的。经过最初的地面测试后，德·波扎特的直升机于 1922 年 12 月 18 日完成首次飞行，并在接下来的一年里完成了上百次困难重重的飞行测试。

历史总是给我们实践的的勇气和努力的方向，即便是最差最坏的教训也是我们继续努力的推动力。多旋翼的发展并没有因此停下脚步。

多旋翼的各个旋翼动作全部由人来控制，难度相对较高，最好有自动控制器来控制飞行器的姿态。对于自动控制器，固定翼的自动控制器比较好做，而直升机和多旋翼的自动控制器比较难做。让事情更加难办的是，飞行器自动控制器通常需要惯性导航系统获取自身的姿态，而在 20 世纪 90 年代之前，惯性导航系统一般是十几千克的大铁疙瘩。为了把这么重的东西放到一个多旋翼飞行器上，飞行器的载荷必须很大。可是人们发现，不管是用油还是用电来驱动多旋翼飞行器的动力系统，都很难得到足够的载荷。同时，因为固定翼和直升机已经足够实际使用了，所以没有人愿意多花工夫去研究多旋翼飞行器这个棘手的问题。很长一段时间里，只有美国一些研发性的项目做出了多旋翼飞行器的样机。

20 世纪 90 年代之后，随着机电系统 (MEMS) 研究的成熟，几克重的 MEMS 惯性导航系统被制作了出来，使得多旋翼飞行器的自动控制器可以实现了。但是 MEMS

传感器数据噪声很大,不能直接读出来用,于是人们又花了若干年的时间研究 MEMS 去噪声的各种数学算法。这些算法以及自动控制器本身通常需要速度比较快的单片机来运行,于是人们等待速度比较快的单片机诞生,然后又花了若干年的时间理解多旋翼飞行器的非线性系统结构,给它建模、设计并实现控制算法。

因此,直到 2005 年左右,真正稳定的多旋翼无人机自动控制器才被制作出来。之前一直被各种技术瓶颈限制的多旋翼飞行器系统突然出现在人们的视野中,大家惊奇地发现居然有这样一种小巧、稳定、可垂直起降、机械结构简单的飞行器存在。一时间研究者趋之若鹜,纷纷开始多旋翼飞行器的研发和使用。

四旋翼飞行器是多旋翼飞行器中最简单、最流行的一种。如上所述,最初的一段时间主要是学术研究人员研究四旋翼。四旋翼飞行器最早出现在公众视野可能要追溯到 2009 年的著名印度电影《三傻大闹宝莱坞》。2010 年,法国 Parrot 公司发布了世界上首款流行的四旋翼飞行器 AR. Drone。作为一个高科技玩具,它的性能非常优秀:轻便、灵活、安全、控制简单,还能通过传感器悬停,用 WiFi 传送相机图像到手机上。

AR. Drone 的流行让四旋翼飞行器开始广泛进入人类社会。在玩具这个尺寸上,多旋翼飞行器的优势就显示出来了,同尺寸的固定翼基本飞不起来,而同尺寸的直升机因为机械结构复杂,根本无法低成本地制作出性能稳定的产品。

2012 年 2 月,宾夕法尼亚大学的 Vijay Kumar 教授在 TED 上做出了四旋翼飞行器发展历史上里程碑式的演讲。这一场充满数学公式的演讲大受欢迎,迄今已经有三百多万人次观看,是 TED 成百上千场演讲中浏览量最高的演讲之一。

自此之后,四旋翼飞行器受到的关注度迅速提升,成为了新的商业焦点。

“人类对飞行的梦想是与生俱来的。”人们的创意在一两年内被四旋翼点燃起来,当人们更加了解了 3 类飞行器的优缺点之后,将会有更多的公司进入各种飞行器行业,更多的飞行器被制造出来,更多的想法也会被应用,由此,更大的市场将会形成。在未来 10 年,无人机行业将会逐步壮大,我们今天产生的所有想法都会实现,无人机的应用也会越来越多,无人机将会变成我们生活中不可或缺的一部分。



图 1-1-1 四旋翼飞行器

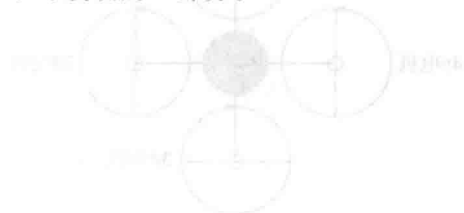


图 1-1-2 四旋翼飞行器

第 2 章

多旋翼飞行器的工作原理和组成

2.1 多旋翼飞行器的工作原理

下面以四旋翼飞行器为例,介绍多旋翼飞行器的工作原理。

四旋翼飞行器的旋翼对称分布在机体的前、后、左、右 4 个方向,4 个旋翼处于同一高度水平面,且其结构和半径都相同。4 个电机对称地安装在飞行器的支架端,支架中间的空间安放飞行控制计算机和外部设备,结构形式如图 2-1、图 2-2 所示。图 2-1 所示为十字模式,图 2-2 所示为 X 模式。

对于姿态测量和控制来说,两种方式差别不大。考虑到可能会使用图像相关传感器,为了使视线不被遮挡,通常采用 X 模式。

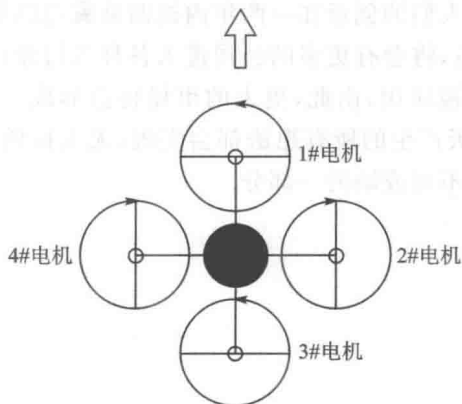


图 2-1 十字模式

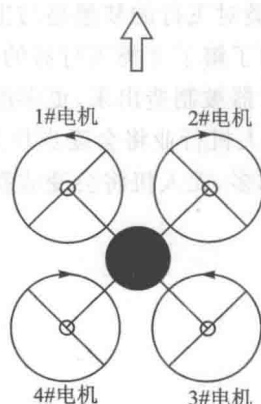


图 2-2 X 模式

四旋翼飞行器通过 4 个电机来带动桨叶旋转产生升力,通过调节相对应电机的转速实现升力的变化,从而控制飞行器的姿态和位置。

四旋翼飞行器的垂直升、降运动工作原理为:飞行器自稳后,1#、2#、3#、4# 这 4 个电机同时加速或同时减速,飞行器会发生垂直上升运动或垂直下降运动,如图 2-3、图 2-4 所示。