

无人机详解与剖析

【德】丹尼尔·弗伦泽尔 (Daniel Frenzel)
【美】亚历克斯·凯斯 (Alex Keyes)
【保】蒂霍米尔·奈德夫 (Tihomir Nedev) 著
【西】佩佩·瓦尔维德 (Pepe Valverde)
【美】乔纳斯·沃特林 (Jonas Vautherin)

韩萌 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

无人机详解与剖析

【德】丹尼尔·弗伦泽尔 (Daniel Frenzel)

【美】亚历克斯·凯斯 (Alex Keyes)

【保】蒂霍米尔·奈德夫 (Tihomir Nedev)

【西】佩佩·瓦尔维德 (Pepe Valverde)

【美】乔纳斯·沃特林 (Jonas Vautherin)

著

韩萌 译



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

无人机详解与剖析 / (德) 丹尼尔·弗伦泽尔
(Daniel Frenzel) 等著 ; 韩萌译. — 北京 : 人民邮电
出版社, 2019. 4
ISBN 978-7-115-50531-6

I. ①无… II. ①丹… ②韩… III. ①无人驾驶飞机
—普及读物 IV. ①V279-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第000158号

版权声明

Copyright © 2016 Bleeding Edge Press. All rights reserved. First published in the English language under the title “Deconstructing Drones for Developers”, By Daniel Frenzel, Alex Keyes, Tihomir Nedev, Pepe Valverde, Jonas Vautherin by Bleeding Edge Press, an imprint of Backstop Media.

本书中文简体字版由美国 Bleeding Edge 出版社授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书任何部分不得以任何方式复制或抄袭。
版权所有, 侵权必究。

-
- ◆ 著 [德]丹尼尔·弗伦泽尔 (Daniel Frenzel)
[美]亚历克斯·凯斯 (Alex Keyes)
[保]蒂霍米尔·奈德夫 (Tihomir Nedev)
[西]佩佩·瓦尔维德 (Pepe Valverde)
[美]乔纳斯·沃特林 (Jonas Vautherin)

译 韩 萌

责任编辑 陈聪聪

责任印制 焦志炜

- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

- ◆ 开本: 880×1230 1/32

印张: 5.125

字数: 100 千字

2019 年 4 月第 1 版

印数: 1-2 000 册

2019 年 4 月河北第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2016-4790 号

定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

内容提要

本书是无人机的科普类图书，采用浅显易懂、图文并茂的方式介绍了无人机的整个系统。

本书分为 8 章，其内容涵盖了无人机的概念，无人机的硬件组成，多旋翼无人机和固定翼机的硬件组成以及优缺点，如何安全地操作无人机以及无人机的监管环境，无人机在各个领域中的应用，最后通过实例讲解了在制作无人机时应该如何选择核心的软硬件。

本书适合对无人机感兴趣的科研单位、无人机生产公司、无人机开发制作人员以及发烧友阅读。

作者

Daniel Frenzel, 欧洲分子生物学实验室博士后。他喜欢组装电子设备和编写计算机固件程序。他目前正在建造一种多旋翼直升机——某种带有四足式起落架的行走和飞行机器人。同时他也在编写一个神经网络的函数库, 并且喜欢以原型化方式创建脚本语言。

Alex Keyes, 福特汉姆大学玫瑰山校区计算机视觉实验室研究员, 他还是 Adept Technology 公司的一名机器人软件工程师实习生。他热爱计算机并且痴迷于编程。

Tihomir Nedev, 企业家、工程师, 也是无人机软件公司 Flyver 的联合创始人。早在 2010 年, 他以大学项目的形式制造了第一架无人机, 时至今日已经摔掉了几十架无人机。他热衷于硬件和新兴技术, 同时拥有一家 3D 打印公司和一家极富创新精神的义肢制造公司。

Pepe Valverde, 对技术充满激情的电信工程师。作为电子学和编程的狂热爱好者, 他在无人机生态系统中发现了广阔的机遇, 并且每天都在制造和分享一些新东西。在业余时间, 他喜欢为 ArduPilot 开源社区做贡献。

注: 美国 Adept Technology 公司是一家专门从事工业自动化的高科技生产企业。

美国 Flyver 是一家从事无人机软件开发的高科技公司。

前言

本书读者对象

本书适合那些想以技术视角了解无人机的人（主要是无人机开发与制作人员）阅读。本书还适合对无人机技术感兴趣的人阅读。

阅读本书的前提条件

阅读本书不需要任何特定知识。然而，若想充分利用本书内容，最好掌握一些电子和编程方面的知识。书中有一些代码是用 C 语言编写的，但是阅读本书并不一定非要掌握编程知识。

本书内容

本书将为读者介绍无人机生态系统。通过阅读本书，你可

2 前言

以知道无人机的工作原理以及制造方法，你还将认识和了解无人机的组成部分以及一些可能的应用。同时，本书还讲解了一些法律法规和安全方面的内容。学完本书后，你可以为自己的无人机开发一个程序，其中会涉及选择合适的部件、制作和调优无人机，并进行编程。

资源与支持

本书由异步社区出品，社区（<https://www.epubit.com/>）为您提供相关资源和后续服务。

提交勘误

作者和编辑尽最大努力来确保书中内容的准确性，但难免会存在疏漏。欢迎您将发现的问题反馈给我们，帮助我们提升图书的质量。

当您发现错误时，请登录异步社区，按书名搜索，进入本书页面，点击“提交勘误”，输入勘误信息，单击“提交”按钮即可。本书的作者和编辑会对您提交的勘误进行审核，确认并接受后，您将获赠异步社区的 100 积分。积分可用于在异步社区兑换优惠券、样书或奖品。

详细信息 写书评 提交勘误

页码: 页码位置 (行数): 勘误内容:

B I U

提交

扫码关注本书

扫描下方二维码，您将会在异步社区微信服务号中看到本书信息及相关的服务提示。



与我们联系

我们的联系邮箱是 contact@epubit.com.cn。

如果您对本书有任何疑问或建议，请您发邮件给我们，并在邮件标题中注明本书书名，以便我们更高效地做出反馈。

如果您有兴趣出版图书、录制教学视频，或者参与图书翻译、技术审校等工作，可以发邮件给我们；有意出版图书的作者也可以到异步社区在线提交投稿（直接访问 www.epubit.com/selfpublish/submission 即可）。

如果您是学校、培训机构或企业，想批量购买本书或异步社区出版的其他图书，也可以发邮件给我们。

如果您在网上发现有针对异步社区出品图书的各种形式的盗版行为，包括对图书全部或部分内容的非授权传播，请您将怀疑有侵权行为的链接发邮件给我们。您的这一举动是对作者权益的保护，也是我们持续为您提供有价值的内容的动力之源。

关于异步社区和异步图书

“异步社区”是人民邮电出版社旗下 IT 专业图书社区，致力于出版精品 IT 技术图书和相关学习产品，为作译者提供优质出版服务。异步社区创办于 2015 年 8 月，提供大量精品 IT 技术图书和电子书，以及高品质技术文章和视频课程。更多详情请访问异步社区官网 <https://www.epubit.com>。

“异步图书”是由异步社区编辑团队策划出版的精品 IT 专业图书的品牌，依托于人民邮电出版社近 30 年的计算机图书出版积累和专业编辑团队，相关图书在封面上印有异步图书的 LOGO。异步图书的出版领域包括软件开发、大数据、AI、测试、前端、网络技术等。



异步社区



微信服务号

目录

第 1 章 无人机简介	1
1.1 什么是飞行无人机	1
1.2 无人机软件生态环境	3
1.2.1 专利权软件&开源软件	3
1.2.2 开源项目 ArduPilot	4
1.2.3 QGroundControl	4
1.2.4 MAVLink	5
1.3 什么是无人机飞行模式	6
1.3.1 手动模式	6
1.3.2 特技模式	7
1.3.3 定高模式	7
1.3.4 定位模式和悬停模式	7
1.3.5 返航模式和自动着陆模式	8
第 2 章 无人机的硬件组成	9
2.1 无人机部件组成	10
2.2 机架	11

2.2.1	木质机架	11
2.2.2	玻璃纤维增强机架	11
2.2.3	碳基材料机架	12
2.2.4	铝制机架	12
2.2.5	聚苯乙烯机架	13
2.3	动力	13
2.3.1	了解锂聚合物电池	13
2.3.2	电机	16
2.3.3	电子调速器	18
2.3.4	螺旋桨	19
2.3.5	发射机	19
2.3.6	降噪处理	20
2.3.7	GPS	21
2.3.8	罗盘	22
第3章 多旋翼无人机基本部件		24
3.1	无刷电机	24
3.1.1	螺旋桨	26
3.1.2	螺距	27
3.1.3	动力分配	28
3.1.4	控制面板	31
3.2	传感器和传感器失真	33
3.2.1	加速度计	34
3.2.2	陀螺仪	36
3.2.3	罗盘(偏航式)	37

3.2.4 气压计	38
3.2.5 声呐/激光雷达	38
3.2.6 GPS	39
3.3 为什么必须使用软件滤波器, 如何用于传感器的融合	39
3.4 滤波器用于姿态估计	40
3.4.1 低通滤波器应用于加速度计	40
3.4.2 姿态估计	43
3.5 无人机姿态控制	48
3.5.1 PID 的实施	48
3.5.2 PID 调节器用于姿态控制	51
3.6 小型无人机固件程序的简单实例	58
3.7 总结	66
第 4 章 固定翼机	67
4.1 固定翼机 VS 旋翼机	67
4.1.1 固定翼机	68
4.1.2 旋翼机	70
4.2 飞行器部件	73
4.2.1 伺服电机	74
4.2.2 空速计	78
4.3 飞行器的运动	80
4.4 PID 调节器	81
时间常数: 横滚时间常数	85
4.5 飞行模式	88

4 目录

4.5.1 手动模式	88
4.5.2 稳定模式	89
4.5.3 电传操纵模式	89
4.5.4 高度控制模式	89
4.5.5 油门控制模式	90
4.5.6 航向锁定模式	90
4.5.7 自动模式	90
4.6 飞行控制板	91
4.6.1 独眼龙系列 Tornado	92
4.6.2 Vector 系列	92
4.6.3 Ikarus OSD 系列	92
4.6.4 基于 ArduPilot 代码的产品	93
4.7 ArduPlane 固件程序	94
4.8 总结	96
第 5 章 安全与监管	97
5.1 操作安全	97
如何实现安全	98
5.2 当前监管环境	101
5.2.1 娱乐用途	102
5.2.2 商业用途	104
5.2.3 公共用途	105
5.3 临时飞行限制	105
5.4 总结	105

第6章 无人机的应用	106
6.1 娱乐与爱好	106
6.1.1 航拍	106
6.1.2 视频稳定	107
6.1.3 第一人称视角拍摄	109
6.1.4 竞速	110
6.2 工业与专业应用	110
6.2.1 电影制作	111
6.2.2 检查	111
6.2.3 油气监测	112
6.2.4 光伏产业	112
6.2.5 建筑业	113
6.2.6 采矿业	113
6.2.7 飞机检查	113
6.2.8 监控	114
6.2.9 考古	114
6.2.10 快递	114
6.2.11 测绘	115
6.2.12 农业与耕作	115
6.2.13 搜救	116
6.2.14 野生动物保护	116
6.2.15 防火与防洪	117
6.3 总结	117

第 7 章 核心软件工具	118
7.1 APM Planner	120
7.2 MAVProxy	121
7.3 软件开发套件	121
7.4 Parrot	123
7.5 ARDroneSDK3	125
7.6 DJI 大疆	126
7.7 手机 SDK	126
7.8 总结	127
第 8 章 核心硬件	128
8.1 Pixhawk 飞控系统	128
8.2 AUAV-X2 飞控系统	129
8.3 Pixracer 飞控系统	130
8.4 大疆的 Naza 系统	131
8.5 骁龙 (Snapdragon) 飞控	132
8.6 Navio 飞控	133
8.7 Erle-Brain 和 PXFmini	134
8.7.1 Erle-Brain	134
8.7.2 Erle-Brain 2	135
8.7.3 PXFmini	136
8.8 智能手机飞控系统	136
8.9 惯性测量单元	137
8.10 气压计	138

8.11	光流传感器	138
8.12	空速计	139
8.13	接近传感器	139
8.13.1	激光雷达式接近传感器	139
8.13.2	卫星导航接收机	140
8.13.3	热成像传感器	141
8.13.4	多谱段成像传感器	141
8.14	激光雷达	142
8.15	集成电路总线	142
8.16	串行外设接口	142
8.17	通用异步收发器	143
8.18	未来：控制器局域网	143
8.19	远程控制	145
8.19.1	遥测模式	145
8.19.2	云端模式	145
8.19.3	副驾驶模式	146
8.20	总结	146

第1章

无人机简介

人类一直痴迷于飞行。我们一直梦想着能把自己送上天空并俯视大地。全尺寸的飞机和直升机能给我们提供鸟瞰视角，但是却有很多缺点：太大；太贵；需要开辟出很大的一块空间用于起飞和降落。无人机同样可以提供相同甚至更好的观察条件，而且需要的花费要比全尺寸飞行器小。它们可以让使用者获得前所未有的优势来进行观察，而在此之前，这样的优势带来的花费是人们无法承受的。无人机的到来迅速降低了原来使用飞机所伴随的昂贵花销和危险性，也给积极的开发者带来了新的机遇。

1.1 什么是飞行无人机

无人机也称为“无人飞行系统”或者“无人飞行器”，在当