



物联网时代来临!

你应该知道的
设计原理和产品实现流程

Designing the Internet of Things

物联网设计

从原型到产品

【英】Adrian McEwen Hakim Cassimally 著

张崇明 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

物联网设计

从原型到产品

【英】Adrian McEwen Hakim Cassimally 著
张崇明 译

Designing the Internet of Things

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

物联网设计：从原型到产品 / (英) 麦克依文
(McEwen, A.), (英) 卡西麦利 (Cassimally, H.) 著 ;
张崇明译. — 北京：人民邮电出版社, 2015. 1
ISBN 978-7-115-37641-1

I. ①物… II. ①麦… ②卡… ③张… III. ①互联网
络—应用②智能技术—应用 IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第269407号

内 容 提 要

本书全面介绍了物联网装置从萌生想法到产品上市的全过程所需的各种知识和技能。主要内容包括：物联网概览，联网装置的设计原则，互联网的基础知识，原型系统的嵌入式软硬件、结构组件、在线组件的设计、开发或制作，嵌入式编程技术，物联网产品的商业模式，产品的生产制造过程，以及和物联网有关的道德伦理问题。

本书的主要目标读者是：面对伴随物联网时代而来的硬件创业大潮，想把握其中各种机会的创业者和技术人员；物联网相关领域的从业者；对物联网感兴趣的创客、艺术家和设计师；从事与物联网相关的创新活动的大学和中学师生。

-
- ◆ 著 [英] Adrian McEwen Hakim Cassimally
译 张崇明
责任编辑 朱 巍
执行编辑 周 静
责任印制 杨林杰

- ◆ 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>
北京铭成印刷有限公司印刷

- ◆ 开本：720×960 1/16
印张：18.75
字数：311千字 2015年1月第1版
印数：1—4 000册 2015年1月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字：01-2014-0503 号

定价：69.00元

读者服务热线：(010)51095186转600 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京崇工商广字第 0021 号



版 权 声 明

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled *Designing the Internet of Things*, ISBN 9781118430620, by Adrian McEwen and Hakim Cassimally, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

Simplified Chinese translation edition published by POSTS & TELECOM PRESS
Copyright © 2015.

本书简体中文版由 John Wiley & Sons, Inc. 授权人民邮电出版社独家出版。
本书封底贴有 John Wiley & Sons, Inc. 激光防伪标签，无标签者不得销售。
版权所有，侵权必究。

译者序

随着纪录片《互联网时代》的热播，很多人都在微博上热议这个话题，开始思考自己应该怎样适应这个新的时代，怎样把握其中的机会。而随着越来越多的物品开始具备联网能力并被接入互联网，物联网时代也正在到来。为了应对物联网时代的新挑战，把握新的机遇，你可能觉得有必要先人一步去了解一下物联网。

虽然在市面上已经可以看到不少物联网相关的书籍，但与之相比，本书的特色十分鲜明。主要体现在以下两个方面。

首先，本书的内容十分全面。本书包括“原型阶段”和“产品阶段”两大部分内容。在“原型阶段”对联网装置的设计原则的讨论，对装置原型的结构设计（包括对激光切割、3D 打印和数控铣加工）的介绍，在“产品阶段”对商业模式、生产制造过程和道德伦理的介绍和讨论，都是大多数物联网相关的技术书籍所不具备的。

其次，本书的内容非常实用，且写作思路很清晰。作者从帮助你产生好的想法开始，到制作产品原型，再到形成正式销售的产品，在这一过程中介绍了很多实用的知识和技能。虽然这些知识或技能单独拿到哪个细分领域中都显得有点简单，但如果想都了解它们并且知道怎么运用还是有难度的，而作者将帮助你做到这一点。

因为本书涉及的学科门类众多，加之译者水平精力都有限，虽然在保证翻译质量方面自觉已非常尽力，但还是有可能在翻译过程中引入错误。恳请大家在阅读过程中发现问题后不吝赐教。既可以在图灵社区提交勘误，也可以用 email 向我反馈（czhang@shnu.edu.cn）。非常感谢！

最后，肯定要感谢我的家人对我的支持。另外，要感谢图灵公司各位同仁的大力帮助，感谢武卫东、傅志红、朱巍、李鑫、周静和刘美英在本书引进、翻译和出

版、营销等各个环节上的辛勤付出。感谢上海师范大学科技处、教务处和信息与机电工程学院相关领导和同事的帮助和支持。

张崇明

2014年9月于上海

致谢

首先，我们要感谢 Wiley 公司的 Craig Smith，是他让我们相信，把我们知道的一些东西汇集成书是一件好事。也要感谢 Wiley 团队的其他成员和所有参与本书编辑的人，他们是：John Sleeva, Daniel Soltis, Alexandra Deschamps-Sonsino, Chuck Hutchinson 和 Aaron Crane。尽管我们对重写部分章节的额外工作有所抱怨，但这样做的结果是让本书变得更好了。

我们也想感谢利物浦 DoES 的每一位成员。在快到截稿时间的一段时间里，我们有时要分心写书，他们对此能一直保持容忍。特别要感谢 DoES 空间的其他几位组织者：John McKerrell、Andy Goodwin、Paul Freeman、Patrick Fenner、Steve Sparrow 和 Ross Jones。他们不得不在空间的运作方面承担更多的工作。

——艾德里安和哈基姆

我以前是从来不会太关注致谢部分的。作者会在这里感谢很多我并不认识的人。编写完一本书后，作为作者，我意识到自己得到了太多帮助和支持，因此对致谢部分有了新的认识。

我要感谢哈基姆同意和我一起编写此书。在一些我涉猎不深的领域，Andy Huntington、Lawrence Archard 和 Christopher Pett 都慷慨的付出了时间，与我分享了他们的专业知识。

我需要感谢我的家人和朋友们，特别是 Francis Irving、Andrew Dixon、Rob Stock、Neil Sowler、Kieran MacCourt、Jen Forakis、Colette MacCourt、Dan Lynch 和 Neil Morrin。他们给了我无尽的鼓励，使我在面对困难时能保持头脑清醒。

最后要感谢 Bubblino，是它最先帮助我进入这一领域的。

——艾德里安

我往往至少会略读一下致谢部分，知道（在理论上）写书是一个巨大的协作项目，而对这一过程的亲身体验是令我惊叹的。我们几乎肯定会忘记感谢某个人。如果这个人就是你，我们很乐意请你喝一杯你选中的饮料，以此作为补偿。

首先要感谢艾德里安能建议我们共同完成此书。这是一个有趣的项目。Dave Cross、Kieren Diment 和 Jodi Schneider 给出了和出版有关的宝贵的早期建议。Georgina Voss 为道德伦理一章的编写指明了正确的方向。Coen van Wyk 校阅了初稿。Tomas Doran 对于在线组件一章中有关异步 Web 编程的内容给出了有用的建议。Aaron Crane 挺身而出，承担了技术编辑的工作。Kelvin Lawson 告诉了我们实时操作系统的现状，而 Kiel Gilleade 和 Jen Allanson 在生理计算方面提供了深入的见解。我得到了 Guy Dickinson 一贯的热情支持。Jim Hughes 使我能经常获得最新的有趣想法。还要感谢 Electric Imp 公司的 Shaun Myhill，.loomlout. 的 Aaron，以及 Antony McLoughlin、Ross Jones 和 Francis Fish。没有他们捐赠或出借的微控制器和书籍，编写此书是不可能的。我在 mySociety 的同事对我在定稿前的最后时刻休假写书的做法，也表现出极大的宽容。

有机会参加诸如开放物联网大会（OpenIoT）、IoT Howduino、TSB 的 IoT 圆桌会议、BBC 的 PlayIoT 非传统会议、MadLab 的 IoT 研讨会、Internet World 大会、LivLug 和 SMC Liverpool 之类的活动（并且有机会在其中的一些活动中发言），促成了写这本书的想法。感谢 Alex Deschamps-Sonsino、Ed Borden、Usman Haque、Adam Greenfield、Hannah Goraya、Nick O’Leary、Ben Ward、Thomas Amberg、Charalampos Doukas、Stefan Ferber、Chris Adams、Gavin Sparks、Peter Bihr、Andrew Back、Laura James、Russell Davies、Rob van Kranenburg、Erik van der Zee、Martin Spindler、Matt Biddulph、Fiddian Warman、Rachel Jones、Alistair MacDonald、Natasha Carolan、Mark Holmes、Pat Link、Cefn Hoile、Thom Shannon、Alistair Houghton、Chris Holgate、Alastair Somerville、Matthew Hughes、Jessi Baker、Aine McGuire 和 Aidan McGuire、Grey Povey、Hwa Young Jung、Andy Piper、Sue Black、Travis Hodges、Bob Ham、Neil Morrin、Dan Lynch、Francis Irving、Conrad Mason、Pete Thomas。此外，我在线上和线下与 Javier Montaner、Paul Kinlan、Luke Petre 和 Paul Ede 进行了很多讨论，并且从 Rob Nightingale、Zarino Zappia、Aldo Calpini、David Jones、Kirsty Sparrow 和 Arto Nabito 那里获得了有益的评论和建议。

早在 2005 年，我就开始和 Greg McCarroll 共事了。尽管在当时我没有意识到，但

他的能联网能感知火车时刻的闹钟是我见过的第一个物联网装置。Greg 是一位绅士，也是一位创新者。我不会忘记他。

还应该感谢 Claire、Lolita、Rumplestiltskin、Sheri My、Wolfie 和 Helvetica。这是肯定的。

——哈基姆

引言

曾几何时，英特尔 i486 这样的计算机处理器和一部小汽车价格差不多。现如今，相似性能的处理器的芯片售价却和一根巧克力棒差不多。

处理器变得如此廉价，它的应用场合就更广了。除了可以在商用工作站和家用 PC 上使用，电话、电表、床头灯或泰迪熊等也都可以内置处理器，这在以前可是负担不起的。我们可以使物品智能化，让它们能够思考说话。按专家们的说法，这就是“物理计算”（physical computing）、“普适计算”（ubiquitous computing 或 ubicomp）或“物联网”（the Internet of Things）。不管使用上述哪一个术语，我们实际讨论的事情是一样的，即制作奇妙、有魔力的物品。

在本书中，我们将聚焦于可以嵌入到物品中的计算机硬件（诸如 Arduino 之类的微控制器），一步步引领读者经历从原型系统设计与制作到成品制造与销售的全过程。我们将介绍相关的软硬件开发平台，讨论能使你的产品吸引眼球和讨巧的设计理念，向你展示怎样把单个原型提升为可以批量生产的成品。

本书的局限

首先，本书不是针对任何特定类型微控制器的指南。虽然我们将介绍 Arduino、树莓派（Raspberry Pi）和其他可选用的微控制器，但和本书介绍的其他内容相比，这种详细的技术信息将不可避免地更快过时。因此我们更愿意展示的是评估和选择平台的标准。

其次，本书也不是针对某个很酷项目的实战指南。我们将对一些有开创性的物联网装置进行综述，主要关注其通用设计原理，希望借此来鼓励读者制作新颖、美丽、实用和有魔力的物联网装置。

最后，本书不是介绍未来物联网商业基础设施的学术专著，诸如 6LoWPAN 和新

兴的 M2M 标准等都没有专门介绍。我们对怎样设计、制造和销售面向消费者的、能让人欣喜的物联网装置更有兴趣。

本书的目标读者

作为一本技术出版物,我们希望本书能对开始从事物联网产品设计的软件工程师、Web 开发人员、产品设计师和电子工程师有所帮助。实际上,本书内容涉及微控制器、电子技术、嵌入式编程和 Web 编程接口(API)等诸多有趣的技术话题。

除此之外,包括企业家、创客群体(设计师、艺术家、手工艺人和业余爱好者)、学术界人士和教育工作者在内的任何人,只要想对物联网这一激动人心的新兴技术有一个概貌性的了解,都是本书的目标读者。即便你没有多少或完全没有 IT 方面的技术背景,也可以读懂本书的大部分内容。我们谈论的话题超出了纯粹的数字技术范畴,还涉及了设计、道德伦理和商业。

怎样使用本书

前面已经说过,本书不属于“指南”类图书,因此阅读本书时,你不需要准备什么特别的工具。偏重技术的几章会针对微控制器硬件或 Web 开发框架给出一些建议,你可以在阅读本书的同时做更进一步的研究。

本书的内容安排,从前到后依次为原理介绍、原型系统设计与制作、制造和商业方面的考虑,因此你当然可以从头到尾地阅读。不过,你也许更愿意采用其他方式阅读本书。根据自己的知识背景和关注点,你也许会有选择性地阅读某些感兴趣的章节,而暂时跳过其他章节。

第一部分是“原型阶段”。本部分首先介绍了物联网的一些基本知识,然后进入实践环节,介绍了原型项目的创建。

我们建议读者从头开始看。第 1 章“物联网概览”,介绍了什么是物联网,为什么它会在现在出现。第 2 章“联网装置的设计原则”,介绍了设计面向消费者的物联网装置时,需要遵循的一些设计原则。

第 3 章“因特网原理”,采用容易理解的方式,介绍了因特网的基本原理。当你构建物联网装置并考虑如何联网时,这些内容会对你有所帮助。如果你有因特网方

面的背景，熟悉 Web 相关的各种网络协议，当然可以选择跳过这一章。

如果你打算自己制作物联网装置，那你应该对下面几章最感兴趣了。首先，第 4 章“原型设计与制作概述”有助于你更好地理解这个领域，对各种技术选择有一个总体的把握，值得一读。第 5 章“嵌入式装置的原型开发”，面向负责物联网装置制作的工程师、创客和技术人员，把第 4 章介绍的基本原理应用到了特定的平台。第 6 章“原型系统的结构设计与制作”，讨论了怎样为你的原型系统制作机械构件。第 7 章“原型系统在线组件的设计”，介绍了作为 Web 接口的在线组件的构建。

虽然很多读者都有编程方面的背景，但对于通常为物联网装置提供处理能力的微处理器系统，为其编写代码有一定的挑战性。第 8 章“嵌入式编程技术”，介绍了从编程实践中获得的一些经验知识，对在项目中涉及复杂计算需求的创客们来说，这些内容是会有帮助的。

第二部分是“产品阶段”。这部分将不再谈论原型系统的设计和制作，而是关注在原型项目转化为产品的过程中发生的事情。

如果你是一个企业家，希望能从物联网项目中盈利，那么你会关注第 9 章“商业模式”。商业模式不是简单的卖设备，而是具有更深层次的含义。当然，如果你正在筹划销售物联网设备，那么进入制造阶段后你将面临很多全新的问题，诸如制作 PCB、采购原材料和获得认证等。在第 10 章“生产制造阶段”中将会讨论这些内容。

最后，技术虽然改变世界，但未必总是朝着好的方向改变。我们在本书的开始部分介绍了物联网装置的设计原则。第 11 章“道德伦理”告诉我们，为了避免这些有魔力的物品被不当利用，恪守伦理和道德准则是必要的。

你可以访问book.roomofthings.com或者关注 Twitter 账号@[aBookOfThings](#)，了解更多关于本书和两位作者的信息。

写作手记

艾德里安 (Adrian)

人们常说旅行能开拓视野，实际上旅行也有助于写作。本书的部分内容是在飞机上写的，但更多的内容是在无数次的火车旅途中完成，乘车区间主要是在利物浦

和伦敦之间，也包括英国境内的其他地方和意大利北部。昔日的交通系统也对写作有所帮助。在本书创作初期，我曾长时间在纽约逗留，发现纽约高铁公园是一个极好的写作场所。

本书的其余部分是在利物浦及其周边地区完成的，包括利物浦的 DoES 创客空间、大教堂附近的我的公寓、波德大街上的咖啡馆和宏伟的中心图书馆三楼。天气条件允许时，我甚至去皮尔希德码头能俯视默西河的地方写作。

码字工作是在一台索尼 Vaio 笔记本上完成的，在 Ubuntu 系统下用 Vim 编辑器以 Markdown 语法格式完成了本书主要的内容，之后切换到该电脑的 Windows 系统，用 Word 进行了编辑。

哈基姆 (Hakim)

写作本书之前，艾德里安和我就物联网的总体情况和本书内容，有过几次长时间、内容广泛的讨论。之前我并不了解物联网，通过问一些愚蠢的问题和质疑各种假想，这些讨论帮助我了解了物联网。这些讨论也有助于我们对本书的内容形成一致的意见。我们共同起草了一章（最终形成了第 4 章），然后根据各自的兴趣和知识结构，对其余各章的撰写进行了均等的分工。我们始终坚持在提交各章之前，互相审阅对方写的内容，这有助于维护全书内容的一致性。

我用 Vim 撰写文稿，用 Pandoc 对 Markdown 格式的文稿进行转换，然后在 LibreOffice 中进行编辑。最初用的是一台老旧的 ThinkPad 电脑，后来坏掉了，就改用 MacBook Pro 了。Dropbox 网盘被用来即时地共享最新版本的文稿，非常好用。我们撰写博客文章也是用 Markdown 语法，并且使用 Jekyll 生成网页。

目 录

第一部分 原型阶段

第 1 章 物联网概览	2
1.1 物联网的应用范例	2
1.2 物联网的概念	3
1.3 物联网出现的技术背景	6
1.4 有魔力的物品	10
1.5 物联网的创造者	12
1.6 小结	13
第 2 章 联网装置的设计原则	15
2.1 环境计算和宁静技术	16
2.2 用魔法作隐喻	20
2.3 隐私	24
2.3.1 保守秘密	24
2.3.2 谁的数据	26
2.4 联网装置的 Web 思维	27
2.4.1 小块松散组合	27
2.4.2 因特网上的一等公民	28
2.4.3 优雅降级	29
2.5 功能可供性	30
2.6 小结	32
第 3 章 因特网原理	33
3.1 因特网通信概览	33
3.1.1 IP	34
3.1.2 TCP	35

3.1.3 IP 协议栈	35
3.1.4 UDP	36
3.2 IP 地址	37
3.2.1 DNS	38
3.2.2 静态 IP 地址分配	39
3.2.3 动态 IP 地址分配	40
3.2.4 IPv6	40
3.3 MAC 地址	42
3.4 TCP 和 UDP 端口	43
3.4.1 示例: HTTP 端口	44
3.4.2 其他常用端口	45
3.5 应用层协议	45
3.5.1 HTTP	46
3.5.2 HTTPS: 加密的 HTTP	49
3.5.3 其他应用层协议	50
3.6 小结	51
第 4 章 原型设计与制作概述	52
4.1 快速搭建原型	53
4.2 熟悉程度	57
4.3 成本与开发难度	57
4.4 原型和产品	61
4.4.1 修改嵌入式平台	61
4.4.2 原型结构和批量个性化定制	62
4.4.3 迁移到云端	62
4.5 开源与闭源	64

4.5.1 为何选择闭源	66	5.7.2 插头计算: 始终在线的 物联网	127
4.5.2 为何选择开源	67	5.8 小结	129
4.5.3 混合使用开源和闭源	71		
4.5.4 在大众市场项目中选择 闭源	71		
4.6 利用社区资源	72		
4.7 小结	74		
第 5 章 嵌入式装置的原型开发	75	第 6 章 原型系统的结构设计与 制作	130
5.1 电子电路基础	76	6.1 准备工作	130
5.1.1 传感器	77	6.2 画草图, 迭代和探索	132
5.1.2 执行器	78	6.3 非数字化的方法	134
5.1.3 原型电路的演进路线	79	6.4 激光切割	136
5.2 嵌入式计算基础	81	6.4.1 激光切割机的选择	137
5.2.1 微控制器	81	6.4.2 软件	138
5.2.2 片上系统	82	6.4.3 铰链和接头	139
5.2.3 选择平台	82	6.5 3D 打印	142
5.3 Arduino	87	6.5.1 3D 打印技术的类型	143
5.3.1 在 Arduino 上做开发	89	6.5.2 软件	146
5.3.2 硬件相关的一些介绍	93	6.6 数控铣削	147
5.3.3 开放性	95	6.7 现有物品的循环再利用	149
5.4 树莓派	97	6.8 小结	154
5.4.1 外壳和扩展板	99	第 7 章 原型系统在线组件的 设计	155
5.4.2 用树莓派做开发	100	7.1 开始使用 API	156
5.4.3 硬件相关的一些说明	105	7.1.1 API 的混聚	157
5.4.4 开放性	106	7.1.2 Web 数据抓取	158
5.5 BeagleBone Black	107	7.1.3 合法性	158
5.5.1 外壳和扩展板	109	7.2 编写新的 API	159
5.5.2 在 BeagleBone 上做开 发	110	7.2.1 Clockodillo	160
5.5.3 硬件相关的一些说明	114	7.2.2 安全	161
5.5.4 开放性	114	7.2.3 API 的实现	165
5.6 Electric Imp	116	7.2.4 使用 CURL 进行测试	172
5.7 其他值得关注的平台	126	7.2.5 进一步的工作	174
5.7.1 手机和平板电脑	126	7.3 实时响应	178
		7.3.1 轮询	179
		7.3.2 COMET	180

7.4 其他协议	183	9.5 为物联网初创企业筹资	219
7.4.1 消息队列遥测传输	183	9.5.1 业余爱好项目和开源	220
7.4.2 可扩展通信和表示协议	184	9.5.2 风险投资	221
7.4.3 受限应用协议	184	9.5.3 政府投资	224
7.5 小结	184	9.5.4 众筹	225
第8章 嵌入式编程技术	185	9.6 精益创业	227
8.1 内存管理	186	9.7 小结	228
8.1.1 内存类型	186	第10章 生产制造阶段	230
8.1.2 最大程度地利用 RAM	188	10.1 你要生产什么	231
8.2 性能和电池寿命	193	10.2 设计套件	232
8.3 库	196	10.3 设计印制电路板	234
8.4 调试	197	10.3.1 软件选择	238
8.5 小结	201	10.3.2 设计过程	239
		10.4 制作印制电路板	242
		10.4.1 蚀刻电路板	243
		10.4.2 电路板的铣加工	243
		10.4.3 第三方制作	244
		10.4.4 装配	244
		10.4.5 测试	246
		10.5 批量生产壳体和其他固定物	248
		10.6 认证	252
		10.7 成本	255
		10.8 扩展软件	257
		10.8.1 部署	258
		10.8.2 正确性和可维护性	259
		10.8.3 安全	259
		10.8.4 性能	260
		10.8.5 用户社区	261
		10.9 小结	261
		第11章 道德伦理	262
		11.1 描述物联网的特征	264
		11.2 隐私	265
		11.3 控制	269

第二部分 产品阶段

第9章 商业模式	204
9.1 商业模式简史	205
9.1.1 空间和时间	205
9.1.2 从手工制作到批量生产	206
9.1.3 因特网时代的长尾效应	208
9.1.4 以史为鉴	209
9.2 商业模式画布	209
9.3 商业模式的用途	211
9.4 常见模式	214
9.4.1 制造销售	214
9.4.2 订阅	215
9.4.3 定制化	215
9.4.4 成为一种关键资源	216
9.4.5 提供基础设施: 传感器网络	217
9.4.6 获取提成	218

4 | 目 录

11.3.1	混乱的控制	271
11.3.2	众包	271
11.4	环保	274
11.4.1	实体装置	274
11.4.2	电子电路	276
11.4.3	因特网服务	277

11.5	解决之道	277
11.5.1	把物联网作为解决方案的一部分	277
11.5.2	谨慎乐观	279
11.5.3	开放物联网的定义	280
11.6	小结	281