

Arduino 无线传感器网络 实践指南



O'REILLY®



机械工业出版社
China Machine Press

Robert Faludi 著

沈鑫 等译

Arduino无线传感器网络实践指南

Robert Faludi 著

沈鑫 曹亚仑 汤业伟 译



TP212
310

O'REILLY®

Beijing • Cambridge • Farnham • Köln • Sebastopol • Tokyo

O'Reilly Media, Inc. 授权机械工业出版社出版

机械工业出版社



北航

C1690221

图书在版编目(CIP)数据

Arduino无线传感器网络实践指南 / (美) 法鲁迪 (Faludi, R.) 著; 沈鑫等译.

—北京: 机械工业出版社, 2013.9

(O'Reilly精品图书系列)

书名原文: Building Wireless Sensor Networks

ISBN 978-7-111-43679-9

I. A… II. ①法… ②沈… III. 无线电通信—传感器—研究 IV. TP212

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第188002号

北京市版权局著作权合同登记

图字: 01-2011-1504号

Copyright © 2011 by O'Reilly Media, Inc.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and China Machine Press, 2013. Authorized translation of the English edition, 2011 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

英文原版由O'Reilly Media, Inc. 出版2011。

简体中文版由机械工业出版社出版 2013。英文原版的翻译得到O'Reilly Media, Inc.的授权。此简体中文版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc.的许可。

版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分和全部不得以任何形式重制。

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问

北京市展达律师事务所

书 名/ Arduino无线传感器网络实践指南

书 号/ ISBN 978-7-111-43679-9

责任编辑/ 罗词亮

封面设计/ Karen Montgomery, 张健

出版发行/ 机械工业出版社

地 址/ 北京市西城区百万庄大街22号 (邮政编码 100037)

印 刷/ 藁城市京瑞印刷有限公司

开 本/ 178毫米×233毫米 16开本 18.5印张

版 次/ 2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

定 价/ 59.00元 (册)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010)88378991; 88361066

购书热线: (010)68326294; 88379649; 68995259

投稿热线: (010)88379604

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

推荐阅读

Arduino无线传感器网络实践指南

嵌入式系统导论：CPS方法

嵌入式系统导论：CPS方法

嵌入式系统导论：CPS方法

嵌入式系统导论：CPS方法

O'Reilly Media, Inc.介绍

O'Reilly Media通过图书、杂志、在线服务、调查研究和会议等方式传播创新知识。自1978年开始，O'Reilly一直都是前沿发展的见证者和推动者。超级极客们正在开创着未来，而我们关注真正重要的技术趋势——通过放大那些“细微的信号”来刺激社会对新科技的应用。作为技术社区中活跃的参与者，O'Reilly的发展充满了对创新的倡导、创造和发扬光大。

O'Reilly为软件开发人员带来革命性的“动物书”；创建第一个商业网站（GNN）；组织了影响深远的开放源代码峰会，以至于开源软件运动以此命名；创立了Make杂志，从而成为DIY革命的主要先锋；公司一如既往地通过多种形式缔结信息与人的纽带。O'Reilly的会议和峰会集聚了众多超级极客和高瞻远瞩的商业领袖，共同描绘出开创新产业的革命性思想。作为技术人士获取信息的选择，O'Reilly现在还将先锋专家的知识传递给普通的计算机用户。无论是通过书籍出版，在线服务或者面授课程，每一项O'Reilly的产品都反映了公司不可动摇的理念——信息是激发创新的力量。

业界评论

“O'Reilly Radar博客有口皆碑。”

——Wired

“O'Reilly凭借一系列（真希望当初我也想到了）非凡想法建立了数百万美元的业务。”

——Business 2.0

“O'Reilly Conference是聚集关键思想领袖的绝对典范。”

——CRN

“一本O'Reilly的书就代表一个有用、有前途、需要学习的主题。”

——Irish Times

“Tim是位特立独行的商人，他不光放眼于最长远、最广阔的视野并且切实地按照Yogi Berra的建议去做了：‘如果你在路上遇到岔路口，走小路（岔路）。’回顾过去Tim似乎每一次都选择了小路，而且有几次都是一闪即逝的机会，尽管大路也不错。”

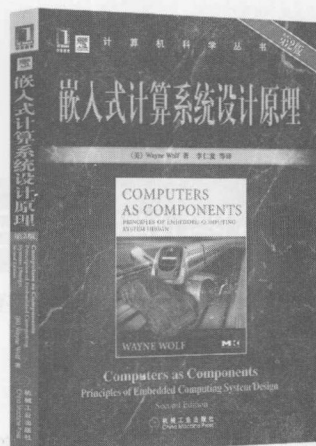
——Linux Journal

推荐阅读



嵌入式系统导论：CPS方法

作者：Edward Ashford Lee 等 ISBN: 978-7-111-36021-6 定价：55.00元



嵌入式计算系统设计原理（第2版）

作者：Wayne Wolf ISBN: 978-7-111-27068-3 定价：55.00元



嵌入式微控制器与处理器设计

作者：Greg Osborn ISBN: 978-7-111-32281-8 定价：59.00元



计算机组成与设计：硬件/软件接口（原书第4版）

作者：David A. Patterson 等 ISBN: 978-7-111-35305-8 定价：99.00元

推荐阅读



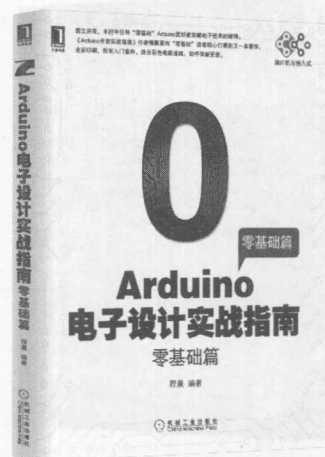
嵌入式系统软硬件协同设计实战指南：基于Xilinx Zynq

作者：陆佳华 等 ISBN: 978-7-111-41107-9 定价：69.00元



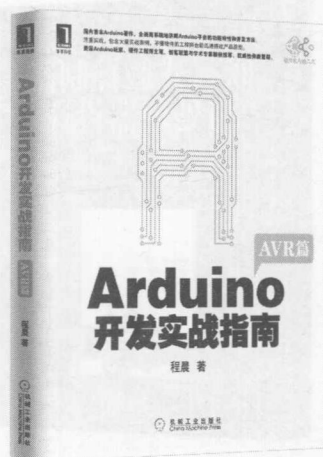
兼容ARM9的软核处理器设计：基于FPGA

作者：李新兵 ISBN: 978-7-111-37572-2 定价：69.00元



Arduino电子设计实战指南：零基础篇

作者：程晨 ISBN: 978-7-111-41717-0 定价：59.00元



Arduino开发实战指南：AVR篇

作者：程晨 ISBN: 978-7-111-37005-5 定价：59.00元



北航

C1690221

目录

前言	1
第1章 准备工作	9
1.1 购买XBee无线模块	9
1.2 购买适配器	15
1.3 选择终端程序	23
1.4 小结	28
第2章 小试牛刀	29
2.1 无线电基础	29
2.2 ZigBee介绍	31
2.3 XBee固件升级	38
2.4 配置XBee	45
2.5 基本的ZigBee会话	55
2.6 成功	60
第3章 项目进阶：制作一个门铃	61
3.1 ZigBee和Arduino	61
3.2 门铃项目	70
第4章 输入与输出	87
4.1 数据的含义	87
4.2 I/O概念	89
4.3 浪漫的照明传感器	95

第5章 API及传感器网	111
5.1 什么是API	111
5.2 通信协议	112
5.3 XBee API 协议	116
5.4 API帧类型	118
5.5 简单传感器网络	139
5.6 太棒了	156
第6章 休眠，然后改变世界	157
6.1 休眠模式	157
6.2 实现休眠功能的简单传感器项目	163
6.3 直接驱动	167
6.4 直接驱动示例	168
6.5 小结	182
第7章 突破界限	183
7.1 网关	183
7.2 ConnectPort	189
7.3 远程管理	196
7.4 XBee Internet Gateway (XIG)	206
7.5 Twitter阅读器	213
7.6 勇往直前	224
第8章 高级项目：数据共享、Pachube和创意思考	225
8.1 高级ZigBee技术	225
8.2 串行流量控制	233
8.3 数据共享	234
8.4 与Pachube相连的简易传感器网络	236
8.5 ZigBee展望	246
8.6 自我修行	247
附录 资源指南	249

前言

对于任何着迷于传感器网络、家庭网络或者设备入侵中无线通信的读者来说，本书都是一本不可或缺的指南。要精通这些系统的创建，本书是开始的第一步。本书并不是有关协议的教科书或者讲解网络理论的安全指南。你不需要有任何工程学或计算机科学背景。当然，那些对电子学或者编程有一定了解的读者读起来会轻松一些，但总的来说，本书面向的读者是爱好者、学生、创客、硬件黑客、设计师、艺术家和原型工程师。通过书中各章的学习，你会逐渐对硬件、软件、无线模块和通信有更为深刻的理解。我会讲解所有必备的入门知识。我会使用容易得到的环境创建示例，比如在硬件中采用Arduino以及使用Processing进行显示。此外我还会提供所有的资源，其中包括在项目之外对电子学和网络初学者有帮助的参考资料。不论你是经验不足的发明家还是资深工程师，本书都旨在帮助你创建高效运转的项目。

本书中创建的所有项目都利用不可见的无线信号。当你需要将传感器放置在无法或者不想安装线缆的地点时，“无线”就显得尤为必要。通过无线电，你可以在原始的自然环境、简陋的建筑内部或者复杂的城市环境中使用传感和驱动。不必连接到墙壁或彼此相连就能相互通信，这大大提升了移动设备（比如儿童玩具）的灵活性。传感器可以以非常人性化的方式由人或动物携带，而不会妨碍他们的活动。简而言之，大量的数据可以从一个地方收集，然后自由地传送到能够发挥它最大作用的地方。这就是无线的价值所在。

ZigBee协议是创建无线传感器网络的常用方法，这其中包含了许多原因。无线网络和通过无线连接的设备一般都用于电力难以送达，从而必须降低功耗的环境下。在很多情况下，相对于传输大文件（如视频文件）的系统来说，这些网络发送的通信流量并不大。由于通常网络中的每个设备都会发送或者接收不同的信息，所以一个具有独立地址的健

壮系统会极具实用价值。安全和充满灵活性的设计通常都是必不可少的组成部分。以上就是本书重点介绍ZigBee的原因。ZigBee协议由组成ZigBee联盟 (<http://zigbee.org>) 的众多业内厂商所定义。在过去的数年中, ZigBee已经应用于家庭自动化、智能能源系统、消费电子产品、工业传感和医疗保健等商业系统中。它的特性包括全地址寻址、众多节能选项、在低带宽应用程序中的效率优化以及针对通信设计和安全的分层结构。最重要的是, ZigBee可以自动形成整个能够自愈的网络, 它无需人工干预就可以在问题区域进行路由。设计师、黑客、发明家、艺术家和工程师正在使用这项流行的协议来创建符合用户需求的系统。

本书几乎每一章都会完成新的项目, 以此说明除了电子工程师和计算机科学家, 普通人也能够开发这些系统。我会逐步带领你搭建完整的传感器网络、门铃、两路的亮度监测器、家居控制系统以及多种连接到因特网的装置。在阅读完本书后, 你就能够扎实地掌握创建可扩展的传感器和设备网络的方法。在本书的配套网站 (<http://oreilly.com/catalog/9780596807733>) 上还可以找到更多的资源。

你可能会想是什么驱使人类创建交互式传感器系统和连接设备。在有文字记载前就有人类和文化相信世间万物都被注入了灵魂, 即使是石头也是有生命的。这种世界观(现代学者称为“万物有灵论”)并没有科学依据。然而这种万物皆有灵性的默认信仰看起来和人类的思维方式不谋而合。“搅拌机不喜欢太厚的面糊。”“DVD播放机不愿意弹出碟片。”“我的计算机讨厌我!”似乎我们希望身边的事物都拥有生命并且时常认为它们具有思想, 尽管站在理性的层面上我们知道这不是事实。当然本书并不会涉及万物有灵论, 而是介绍如何使用ZigBee无线模块搭建网络。然而我们乐于创建敏感、主动、交互式 and 善于交流的系统, 一个理由可能只是某种实现理想世界的愿望: 在这个世界中万物都有自主思考的灵魂并且相互协作使得我们的生活更加丰富。如果你也赞同这点的话, 那么本书会指引你朝着正确的方向迈出实际的一步。我希望本书能够帮你将创意变为现实。

本书结构

本书的各章结构安排如下。

第1章 准备工作

该章提供了一个采购指南, 并介绍了我们将会使用的主要组件。我们将关注必备组件, 比如XBee无线模块、适配器、印制电路板、终端程序以及软件。

第2章 小试牛刀

在该章中, 你即可将工具箱中的各种组件构建一个可工作的ZigBee网络, 从而在

最短的时间里体会到初步成功的喜悦。该章介绍了无线电、ZigBee、网络以及寻址技术。最终你将可以通过配置组件，实现一个简单的聊天室系统。

第3章 项目进阶：制作一个门铃

该章重点介绍如何使用开源硬件Arduino微控制器系统实现一些实用的系统。对于Arduino项目本身也有所介绍。然后介绍基本串行概念和简单的协议知识，你将可以据此实施一系列创造性的门铃改造项目。

第4章 输入与输出

该章将进一步剖析XBee的ZigBee无线模块的特性，从而能够开始构建完全可拓展的传感器网络。你可从学习输入/输出的概念和指令开始，然后立即在一些日益复杂的项目中应用它们。

第5章 API及传感器网

该章带给你征服XBee应用编程接口（API）所需的一切。我们从实现最基本的想法开始，带你循序渐进地进入结构化的API通信框架，并最终使你对其有全面的了解。然后你就可以使用该章结尾的完整示例，构建自己的完全可扩展的传感器网络。

第6章 休眠，然后改变世界

我们在该章放缓一下开发节奏，介绍ZigBee网状网络的细节，包括休眠模式、终端设备以及电源管理。该章介绍如何通过直接的传动装置改变物理世界。该章着重阐述一个强大的控制系统，通过它使你的房屋实现自动化，即远程自动地打开或者关闭几乎所有电子产品。

第7章 突破界限

在该章你将学习如何使用网关将ZigBee连接至邻近的网络，包括一种极简单的接入因特网的方法。你将看到展示物联网如何工作的完整示例，还有一个面向理想主义追星族的特别项目。

第8章 高级项目：数据共享、Pachube和创意思考

最后一章拓展了关于无线传感器网络的介绍。我们在此探索ZigBee高级技术，论证如何在互联网上发布和分享数据，最后一起梳理技术脉络，探讨ZigBee未来的前进方向。

附录 资源指南

为了扩展本书的阅读价值，我们提供了一些在线资源以及相关资料，方便你进一步学习Arduino、Processing语言、Python语言、ZigBee系统，以及一些解决常见问题的方法指南。其中还包括一个快速日常参考列表，内容涉及Digi无线模块、其他品牌的ZigBee模块、网络分析仪、包嗅探器、连接器、扩展板、十六进制、二进制、ASCII码以及一个完整的XBee AT指令指南。

关于书名

你也许会发现，虽然英文原名为Building Wireless Sensor Networks，但本书却花了相当的篇幅谈论驱动（actuation），驱动是在物理世界中触发事件的某种输出——这是长期存在的认知科学所支持的根深蒂固的观点。

“思在于行”是社会心理学家Susan Fiske提出的流行概念。她的观点（同时也属于William James，他比Susan早一个世纪提出过类似观点）是我们的大脑总体来说是为了产生实际动作而存在。事实上，大脑只是认知—行动链上的“中间人”。真正的行动其实由感知系统驱动。我们去看、去嗅、去感受，我们处理这些来自感官的数据，继而选择和执行我们下一步的行动。而感知不会凭空产生，它总是来自现实世界中存在的触动信号。无线网络系统就是这些理论的有机结合体：我们收集数据是为了产生某种动作。报警系统可以触发实时警务响应，而环境传感研究往往有较长的周期，导致指导现实世界开发的策略。我们现在提到的两个案例都是通过感知现实世界，最终或快或慢地改变现实世界。本书涵盖的感知和驱动机制，亦是信息—行为循环的输入和输出阶段。为了更好地实现该机制，我们鼓励在项目中充分使用数据（而不仅仅是采集它们），使系统带来人们喜闻乐见又丰富美妙的使用体验。

关于示例

在设计本书所有的示例电路和代码时我都力求清晰易懂。机敏的电气工程师也许已经发现，我使用了一些捷径，或者说技巧。比如，在一些项目中我采用接近Arduino开发板上3.3V引脚额定输出的输出。又比如，我们依赖微控制器对LED灯进行限流，而没有使用其他方案。虽然这种做法在商业产品中并不非常可取，但是由于这种做法有利于构建简单明晰又可运行的教学开发板，从而更利于初学者实践和理解，我们选择使用这些设计技巧。我们的示例代码亦遵循这些设计原则。我们知道，产品级编程往往比本书的示例代码包括更多的异常处理系统，并且追求更高效合理的内存管理机制。本书中，我们的目的是将代码尽可能简化，使其可以更好地帮助读者理解本书。

如果你更希望增强或拓展本书提供的开发板和代码，使其更加强大、更加智能，您可以尽情释放自己的热情！你可以在论坛上自由地分享你的建议或者拓展工作，亦可通过电子邮件至bookquestions@oreilly.com与我们联系。我们非常欢迎你进行反馈，也非常鼓励你参与社区交流。

本书相关页面为<http://oreilly.com/catalog/9780596807733>，上面会不断更新其他代码和电路图。

本书的约定

本书使用了以下排版约定：

斜体 (*Italic*)

用于新术语、URL、电子邮件地址、文件名与文件扩展名。

等宽字体 (`Constant width`)

用于表明程序清单，以及在段落中引用的程序中的元素，如变量、函数名、数据库、数据类型、环境变量、语句、关键字等。

等宽粗体 (`Constant width bold`)

用于表明指令，或者需要读者逐字输入的文本内容。

等宽斜体 (`Constant width italic`)

用于表示需要使用用户提供的值或者由上下文决定的值来替代的文本内容。

注意： 这个图标代表一个技巧、建议或一般性说明。

警告： 这个图标代表一个警告或注意事项。

示例代码的使用

本书提供代码的目的是帮你快速完成工作。一般情况下，你可以在你的程序或文档中使用本书中的代码，而不必取得我们的许可，除非你想复制书中很大一部分代码。例如，你在编写程序时，用到了本书中的几个代码片段，这不必取得我们的许可。但若将O'Reilly图书中的代码制作成光盘并进行出售或传播，则需获得我们的许可。引用示例代码或书中内容来解答问题无需许可。将书中很大一部分的示例代码用于你个人的产品文档，这需要我们的许可。

如果你引用了本书的内容并标明版权归属声明，我们对此表示感谢，但这不是必需的。版权归属声明通常包括：标题、作者、出版社和ISBN号，例如：“*Building Wireless Sensor Networks by Robert Faludi (O'Reilly) . Copyright © 2011 Robert Faludi, 978-0-596-80773-3*”。

如果你认为你对示例代码的使用已经超出上述范围，或者你对是否需要获得示例代码的授权还不清楚，请随时联系我们：permissions@oreilly.com。

联系我们

有关本书的任何建议和疑问，可以通过下列方式与我们取得联系：

美国：

O'Reilly Media, Inc.
1005 Gravenstein Highway North
Sebastopol, CA 95472

中国：

北京市西城区西直门南大街2号成铭大厦C座807室（100035）
奥莱利技术咨询（北京）有限公司

我们会在本书的网页中列出勘误表、示例和其他信息。可以通过<http://oreilly.com/catalog/9780596807733>访问该页面。

要评论或询问本书的技术问题，请发送电子邮件到：

bookquestions@oreilly.com

想了解关于O'Reilly图书、课程、会议和新闻的更多信息，请访问以下网站：

<http://www.oreilly.com.cn>

<http://www.oreilly.com>

致谢

本书受到我的搭档团队中两位编辑Brian Jepson和Tom Sgouros的很大影响。Brian的点滴智慧和专业策略时常给我的写作带来帮助，Tom对细节和科学原理的专注提供了技术书籍的严谨性。尽管有时过程和进度压得我喘不过气来，但是我始终对他们付出的智慧和指导心存感激，非常感谢他们的帮助。

本书的技术编辑们所给出了的反馈水平远远超越他们的职责范畴。Kate Hartman从本书开始写作时就不断鼓励我，并且花费了大量时间梳理本书混乱的结构和遗漏的解释。她的项目评估和清晰的表达贯穿本书始终。Jordan Husney在工作之余认真审阅了本书的许多章节。他对于ZigBee协议的深刻理解只有他堪比作家的语言能力才能配得上。在此向他们所作出的努力和非凡的友情致以谢意。

本书基本上是根据我在纽约大学ITP研究生培养方案媒体和技术方向的社交对象教学

进行构建的。Tom Igoe借给了我第一个ZigBee无线模块，鼓励我继续完成项目，像老师那样指导我进行开发，并且一直以来都像是一口无底深井，源源不断地向我提一些非常棒的建议，说一些糟糕的双关语。如果没有他，那么几乎不会有本书的出版。Clay Shirky、Nancy Hechinger、Marianne Petit、Dan Shiffman、Danny Rozen和Dan O'Sullivan等人给予了我宝贵的灵感。George Agudow和ITP优秀的工作人员在每个阶段都对我的工作提供了支持。我的特聘研究员Jeff、John、Jenny、Kate、Gabe和Demetrie向我提出了不少宝贵意见，我很荣幸能和他们共事，这大大丰富了我的工作经验。本书中几乎所有的概念由我在社交对象课程班级中的学生进行过验证，在此一并对他们的反馈表示感谢。ITP社区中的每位成员都应该向常委以及伟大的导师Red Burns表示敬意，她严格的目光、长久的关爱以及罕见的天赋无时无刻不在照耀着我们。

如果没有Paul Cole的灵活性、无私的奉献精神以及长久以来的支持，本书的出版肯定会难以估量的艰难。在此我还要感谢在GroundedPower的全体同事，尤其是长期的合作伙伴Terence Arjo、Mike Bukhin和Demetrie Tyler。在我致力于写作本书时，他们帮我分担了不少工作。在SVA的MFA（美术硕士）培养方案交互设计方向，Liz Danzico充满智慧的话语，还有来自我的研究生学生们的那些独特创新都有助于我进行更为深刻的思考并且作出更为清晰的解释。

我的父母教会了我如何使用文字、木材和电线，在此我很高兴同大家分享这些珍贵的技能。能拥有如此智慧、富有创新精神以及幽默感的双亲是多么幸运的一件事情。我的姐姐Susan和姐夫Russ不厌其烦地指导我写作。在我的写作激情消退时，他们鼓励我不要在意写作低迷期，他们巧妙地化解了我的忧郁，让我重拾对写作的热情。我在生命中遇见他们是如此地幸运。Liz Arum在我全力冲刺写作本书时给予了我建议、安慰、关心以及耐心。她全家都非常好客，同时她们班的初中生努力完成了本书中的多个项目（就像她知道的那样）。在此向他们，尤其是Liz表示感谢。

最后，John Dobson的望远镜制作课程以及他孜孜不倦的精神一直都激励着我的工作。如果你以前都没有机会制作自己的路边望远镜（sidewalk telescope），那么请不要再犹豫了。每个人都应当能够和宇宙进行亲密的接触。

