

爱上开源

OpenSource:
making it your time


Apress®

学Arduino和树莓派

玩转传感器网络

[美]Charles Bell 著 张佳进 陈立畅 张敏 黄兆波 杨彦鑫 译

Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi

 快速掌握以Arduino和树莓派为基础的
传感器网络的搭建方法



 杂志 倾情推荐

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

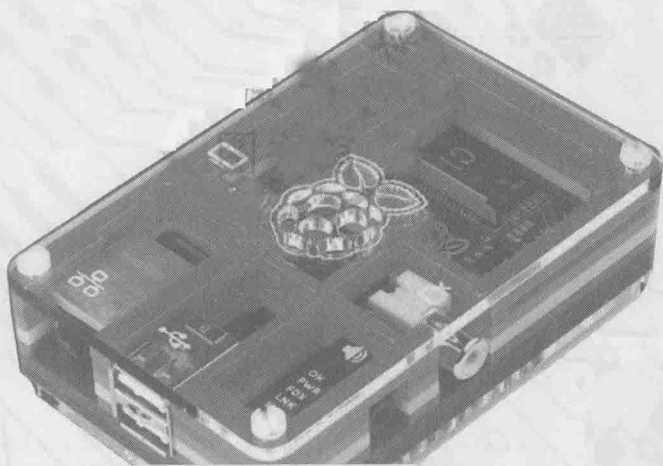
Apress®

学Arduino和树莓派

玩转传感器网络

Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi

[美]Charles Bell 著 张佳进 陈立畅 张敏 黄兆波 杨彦鑫 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

学Arduino和树莓派玩转传感器网络 / (美) 贝尔
(Bell, C.) 著 ; 张佳进等译. -- 北京 : 人民邮电出版
社, 2015. 4
(爱上开源)
ISBN 978-7-115-32606-5

I. ①学… II. ①贝… ②张… III. ①单片微型计算
机—应用—无线电通信—传感器 IV. ①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第032691号

版权声明

Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi By Charles Bell, ISBN: 978-1-4302-5824-7. Original English language edition published by Apress Media. Copyright © 2014 by Apress Media. Simplified Chinese-language edition copyright ©2015 by Post & Telecom Press. All rights reserved.

本书简体中文版由 Apress Media 授权人民邮电出版社出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何形式复制本书内容。版权所有, 侵权必究。

内 容 提 要

《学Arduino和树莓派玩转传感器网络》为初学者介绍传感器网络, 讲述传感器网络的种类、传感器如何发送其测量值、传感器如何被应用于Arduino和树莓派的项目中, 共有9章, 前4章分别介绍了传感器网络的基础知识、基于Arduino的传感器节点、基于树莓派的传感器节点, 而后几章介绍如何保存传感器数据、将树莓派设置为数据库服务器等方法, 并以搭建家庭温度检测网络等项目为实例进行说明。

-
- ◆ 著 [美] Charles Bell
 - 译 张佳进 陈立畅 张 敏 黄兆波 杨彦鑫
 - 责任编辑 周桂红
 - 执行编辑 马 涵
 - 责任印制 周昇亮

 - ◆ 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>
北京艺辉印刷有限公司印刷

 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 22.75 2015年4月第1版
字数: 541千字 2015年4月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2014-5224号
-

定价: 79.00 元

读者服务热线: (010) 81055339 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

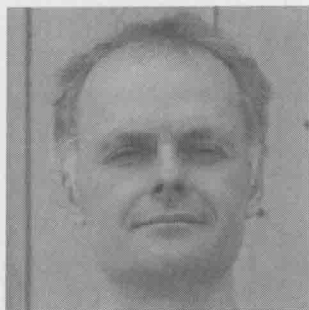
广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

关于作者



查尔斯·贝尔博士致力于研究新兴技术。他是 Oracle MySQL 开发组的成员，同时兼任 MySQL 管理工具研发组的组长。现在和他深爱的妻子居住在美国弗吉尼亚州的一个乡村小镇。2005 年，贝尔获得了美国弗吉尼亚州立大学的工学博士学位。贝尔博士不仅是数据库领域的专家，在软件开发和系统工程学方面也有着广博的知识和经验。他的研究范围包括微控制器、3D 打印技术、数据库系统、软件工程及传感网络。作为一名实践型创客，他把有限的空余时间都花在了研究微控制器项目以及改进 3D 打印技术上。贝尔博士在博客上记录了他的研究项目及兴趣。更多内容请查看贝尔的博客 <http://drcharlesbell.blogspot.com/>。

关于技术审稿专家



安德鲁·摩根目前是 Oracle 公司的产品经理，负责 MySQL 的高可用方案，包括复制分发与 MySQL 集群。这个职位让他有许多机会出差、开会、见客户，他曾经在一周内到过 5 个大洲、7 个国家、9 个城市。2012 年时，摩根决定看看如何让 MySQL Cluster（超级稳定、高可扩展的电信级数据库）在 Raspberry Pi（<http://www.clusterdb.com/mysql-cluster/mysql-clusterrunning-on-raspberry-pi/>）上运行，所以，他把兴趣首次放在了 Raspberry Pi 和 MySQL 上。在摩根的职业生涯早期，他曾在北电网络有限公司担任通信软件开发工程师。他拥有华威大学计算机专业学士学位。更多内容请关注安德鲁的博客 www.clusterdb.com 或他的推特账号 @andrewmorgan。

鸣谢

首先，我要感谢 Apress 出版社众多有才华的和充满活力的专业编辑人士。另外，我要感谢主编米歇尔·洛曼女士，协同编辑吉尔·巴尔扎诺女士以及开发编辑汤姆·韦尔什先生对我的理解和给予我的耐心，他们每一个人对这个项目的成功都起到了重要的作用，我非常感谢他们的鼓励和指导。再次，我要感谢 Apress 出版社的出版团队，他们使我在书上看起来英气十足。

在此，我还要特别感谢我的同事 Oracle 公司的技术审稿专家安德鲁先生，感谢他的耐心、洞察力以及对细节的认真。最重要的是，我要感谢我的妻子安妮特，感谢她在我长时间埋头于计算机工作，甚至在晚餐桌上进行研究时对我的无限耐心和理解。

(译者注：本书的翻译工作同样感谢孙超老师提供的支持)

引言

微控制器及功能日益增强的小型计算平台的出现使得越来越多的人去学习、体验、完成一些项目，这些项目原先是需要精密且昂贵的硬件来完成的。不同于以往购买商业性软件或是为消费者打造软件工具包的行为，开发商现在有能力用自己的解决方案来满足他们的需求。传感器网络就是一个很好的例子。它证明了一个具有中等技术能力的人完全可以采用这些虽然小巧，但功能强大价钱便宜的部件来建立他们自己的传感器网络。

本书为初学者介绍了传感器网络，涵盖了如下话题：传感器网络的种类、传感器是如何发送其测量值的（记录或事件）、传感器网络是如何被应用于 Arduino 和 Raspberry Pi 项目中的以及如何建立家中的温度传感器网络。

本书同时也介绍了 MySQL 数据库服务器以及如何连接、储存、检索数据。本书还介绍了如何直接在 Arduino 上连接、储存、检索数据的操作。

0.1 读者群

本书拥有的读者群十分广泛，它适用于任何想建立自己传感器网络的读者以及想学习如何使用这些计算平台、设备以及带有 Arduino 或 Raspberry Pi 传感器的读者。

不管你是否用过传感器网络，是否上过电子技术课程，是否读过 Apress 出版的关于 Arduino 和 Raspberry Pi 的书，你都会从本书中获益良多。最有益的是，如果你想知道如何把传感器、Arduino、XBee、MySQL 和 Raspberry Pi 有机的统一起来使用，本书正是你所需要的。

最重要的是，我编写本书的目的是满足自己的需求。尽管市面上已经有许多关于 Arduino、Raspberry Pi、传感器和 MySQL 的好书，但是我找不到一本关于如何把这四者有机统一起来使用的图书。所以，本书就应运而生了。

0.2 关于本书

本书共分 9 章，其中 7 章说明了关于建立传感器网络的主要概念。根据你对各章话题的了解程度不同，你可能会发现某些项目会比其他项目容易完成。我希望你能找到一些具有挑战性及启发性的项目来完成你自己的传感器网络。

在此，我将对如何最好地完成这些项目并让你有所收获给予一些建议。

0.2.1 策略

我已经试着构建了一些项目，这样大部分的读者就能轻易地完成它们。如果你对某些话题很熟悉，我建议你完成相关的项目而不仅仅是阅读或跳过说明。因为后面的一些项目是在前面项目的基础上进行的。

另一方面，如果你遇到不熟悉的话题，我建议你在进行项目前至少认真阅读相关章节内容一次，花一些时间来完全消化材料，对大量的链接、建议和告诫要特别注意。有一些内容对初学者来说是笔宝贵的财富。

在你进行项目时，我能给出的最重要的建议可能就是每次只专注于一个项目。当你每次专注于一个项目时，你会收获一些对实施以后的项目有帮助的知识和经验。同时，这样做也会帮助你一步一步地了解本书。尽管有些能力较强的读者也许能在一周内完成所有的项目，但我建议读者按自己的步调来完成它们。

当然也有例外，前面的几章是独立的，特别是 Arduino（第 4 章）和 Raspberry Pi（第 5 章），你可以不按顺序阅读。恳切地说，如果能按顺序阅读本书并且依次完成里面的项目当然是再好不过了。

0.2.2 购买硬件的一些建议

完成本书中的项目需要很多普通的配件，例如温度传感器、实验电路板、跳线、电阻。这些硬件大部分都可以在电子商店买到。同时你也需要购买许多专用配件，例如 XBee 通信模块、XBee 适配器、XBee 扩展板、Arduino 板和 Raspberry Pi 实验板等。

每一章的末尾都列出了完成该章项目所需的配件。在一些项目中，你可以重复使用前面几章提到并使用过的配件，这些硬件已用单独的表列出。每章末尾列出所需的配件是为了鼓励大家在进行项目前能够先阅读该章。

章末的清单中包括了每个配件的名称和至少一个售有该配件的在线商店的链接。另外，这些清单中也包括了完成各章项目所需要的配件数量和预计花费。如果把本书中列出的所有配件的价格进行合计，这笔钱对一些读者来说可能是个不小的投资。

如果有读者想把进行项目所需的花销降低一点儿或是想在经济实惠的基础上创造自己的传感器网络，请阅读下面的部分。

0.2.2.1 需要时再购买

想大幅度节省在硬件上投资金额的一个方法是步步精打细算。如果你遵循我的建议并且一次只专注于一个项目，你就只需要购买进行那个项目所需的硬件了。这样，无论你打算多长时间完成本书中的项目，你的经济负担都将会减轻。

然而，如果你想从网上零售商处购买硬件，你就要考虑到你每次购买时所需运费的总和。

正如上面所说，像 LED、电路实验板这些普通的电子配件是在传统实体店买到的，只不过价格会贵一点儿。所以，你在网上购买时所需要的运费将决定了是在网上买划算还是在实体店买划算。

0.2.2.2 网上拍卖

另一个能节省资金的方法是在拍卖网站上以折扣价购买所需硬件。在许多项目中会用到相同的硬件，而在一些项目中，你可以从专门制作便宜电子替代品的人手中购买所需硬件的替代品。我已经成功地在拍卖网站上（如 eBay）购买过很多次质量好的硬件了。

如果你不着急并且有足够的时间等待拍卖的完成和之后的物流，你可以用拍卖的方式以低价购买一些像 Arduinos、扩展板（shield）、电源供应器等主要的配件。例如，开放源代码硬件生产商有时会通过拍卖或者量大价优的手段来售卖他的产品。我已经找到很多 Arduino 和扩展板的复制品（克隆板），价格通常比其他网站和电子商店售卖的便宜一半。

0.2.2.3 借用 Arduino

另一个省钱的方法是向你的朋友借！如果你有喜欢电子产品、Arduino 或是 Raspberry Pi 的朋友，他们可能就有许多你需要的配件。当然，你要保证用完之后完整地还回去。

关于较新版的 Arduino 实验板

本书中的项目是为了目前易获取的 Arduino 的版本而设计的。书中的项目也可用未修正过的 Duemilanove 或 Uno 实验板来完成。尽管你可以用 Leonardo（不同之处详见各章节具体的注意事项），但购买前你应该认真考虑较新版本的实验板。

一些较新版的实验板在使用时有一些要求。例如，Due 对需要较大的 sketches 的项目就是一个完美的选择，但你必须使用 Arduino IDE 最新的 beta 版本，这个版本会对你的 sketch 做出轻微的改动。Due 在使用时还有一些其他要求，我会在各章重点说明。当然，你也可以用 Yún，但你只会用到板子上面 Arduino 那部分，所以这可能不太划算。

0.3 下载代码

书中所有例子的代码均可在 Apress 出版社的网站 www.apress.com 上找到。你可以在书中信息页相关标题区域下面的源代码/下载标签下找到链接。

0.4 报告错误

如果书中有任何的错误，请登录 www.apress.com 网站单击本书相关页面中的错误标签告知我们。当然，你发现的错误中可能包含了已经确认过的错误。

目 录

第 1 章 传感器网络简介	1
1.1 传感器网络的剖析	1
1.1.1 传感器网络的例子	1
1.1.2 传感器网络的拓扑结构	6
1.2 通信介质	7
1.2.1 有线网络	8
1.2.2 无线网络	8
1.2.3 混合网络	8
1.3 传感器节点的类型	9
1.3.1 基本的传感器节点	9
1.3.2 数据节点	9
1.3.3 汇聚节点	9
1.4 传感器	10
1.4.1 传感器是如何测量的	11
1.4.2 存储传感器数据	14
1.4.3 传感器的实例	15
1.5 小结	18
第 2 章 微谈话模块：XBee 无线模块介绍	20
2.1 什么是 XBee?	20
2.2 XBee 初步	21

2.2.1 XBee 模块的选择	21
2.2.2 XBee-ZB 模块的交互	23
2.2.3 引脚布局	25
2.2.4 模块配置	27
2.2.5 更多信息	35
2.3 XBee 无线网络聊天室	36
2.3.1 模块固件下载	36
2.3.2 捕捉序列号	37
2.3.3 协调器配置	38
2.3.4 路由器配置	38
2.3.5 开始聊天	38
2.3.6 更多乐趣	40
2.4 建立一个 XBee-ZB Mesh 网络	40
2.4.1 为模块加载固件	40
2.4.2 配置 XBee 模块	41
2.4.3 形成测试信息	41
2.4.4 测试网络	42
2.4.5 更多乐趣	46
2.5 配件购买清单	46
2.6 故障排除技巧和常见问题	47
2.6.1 需要检查的东西	47
2.6.2 常见问题	48
2.7 小结	48
第 3 章 基于 Arduino 的传感器节点	50
3.1 Arduino 是什么?	50
3.1.1 Arduino 原型	51
3.1.2 Arduino 克隆版本	56

3.1.3 所以, 我买哪一个?	60
3.1.4 去哪里买?	61
3.2 Arduino 教程	62
3.2.1 学习资源	62
3.2.2 Arduino IDE	63
3.2.3 项目: 硬件“你好, 世界!”	65
3.3 使用 Arduino 搭载的传感器	70
3.4 项目: 建立一个 Arduino 温度传感器	71
3.4.1 硬件设置	71
3.4.2 软件安装	72
3.4.3 编写 sketch	73
3.4.4 测试执行	78
3.5 项目: 将一个 Arduino 作为数据采集器的 XBee 传感器节点	78
3.5.1 XBee 传感器节点	79
3.5.2 带有 XBee 扩展板的 Arduino	84
3.5.3 测试最终项目	92
3.5.4 获取更多乐趣	93
3.6 配件购买清单	93
3.7 小结	95
第 4 章 基于树莓派的传感器节点	96
4.1 Raspberry Pi 是什么?	96
4.1.1 令人瞩目的出身	97
4.1.2 型号	98
4.1.3 了解树莓派主板	99
4.1.4 需要的辅助程序	100
4.1.5 推荐辅助程序	101
4.1.6 在哪里购买树莓派?	103

4.2 树莓派教程	105
4.2.1 入门	105
4.2.2 安装启动镜像	105
4.2.3 启动	107
4.2.4 GPIO 引脚映射	110
4.2.5 需要的软件	113
4.2.6 项目：硬件的“Hello, World!”	114
4.3 使用树莓派搭载传感器	119
4.4 项目：搭建一个树莓派温度传感器节点	120
4.4.1 硬件设置	120
4.4.2 测试硬件	121
4.4.3 软件设置	122
4.4.4 测试传感器	126
4.4.5 拓展	127
4.5 项目：搭建一个树莓派气压传感器节点	127
4.5.1 硬件设置	128
4.5.2 测试硬件	130
4.5.3 软件设置	130
4.5.4 测试传感器	132
4.5.5 拓展	134
4.6 项目：创建一个用于 XBee 传感器节点的树莓派数据收集器	134
4.6.1 XBee 传感器节点	134
4.6.2 硬件	134
4.6.3 软件	136
4.6.4 测试最终项目	139
4.6.5 拓展	140
4.7 配件购买清单	140
4.8 小结	142

第 5 章 保存传感器数据	143
5.1 存储方法	143
5.2 Arduino 的本地存储方法	144
5.2.1 非易失性存储器	145
5.2.2 SD 卡	145
5.2.3 项目：通过非易失性存储器保存数据	146
5.2.4 项目：将数据写入 SD 卡	157
5.3 树莓派的本地存储方法	167
项目：向文件写入数据	168
5.4 远程存储方法	169
5.4.1 在云端存储数据	170
5.4.2 将数据存储于数据库中	189
5.5 配件购买清单	189
5.6 小结	191
第 6 章 将树莓派设置为数据库服务器	192
6.1 MySQL 是什么	192
6.2 初识 MySQL	195
6.2.1 MySQL 如何与在何处存储数据	196
6.2.2 MySQL 配置文件	200
6.2.3 如何开启、停止与重启 MySQL	201
6.2.4 创建用户与授权访问	202
6.2.5 MySQL 与 Python——MySQL Utilities	203
6.3 构建一个树莓派 MySQL 服务器	206
6.3.1 驱动器格式化与分区	206
6.3.2 设置自动驱动安装	210
6.3.3 项目：在树莓派中安装 MySQL 服务器	211

6.3.4 高级项目：使用 MySQL 复制备份传感器数据	218
6.4 配件购买清单	227
6.5 小结	227
第 7 章 MySQL 和 Arduino	229
7.1 Connector/Arduino 介绍	229
7.1.1 硬件要求	230
7.1.2 关于存储器	231
7.1.3 如何获取 MySQL Connector/ Arduino?	232
7.1.4 局限性	234
7.2 搭建支持 Connector/Arduino 的 Sketch	234
7.2.1 数据库的创建	234
7.2.2 Arduino 组装	236
7.2.3 开始一个新的 Sketch	237
7.2.4 Sketch 的调试	240
7.3 Connector/ Arduino 故障排障	245
7.3.1 MySQL 服务器配置	246
7.3.2 MySQL 用户的账户问题	247
7.3.3 网络配置	249
7.3.4 Connector 的安装	250
7.3.5 其他错误	250
7.3.6 问题	251
7.4 浏览 MySQL Connector/Arduino 代码	252
7.4.1 库函数文件	252
7.4.2 字段结构	254
7.4.3 公用方法	255
7.4.4 使用方法示例	256
7.5 项目：建立一个 MySQL 的 Arduino 客户端	259

7.5.1	硬件配置	260
7.5.2	软件安装	261
7.5.3	设置传感器数据库	261
7.5.4	编写代码	262
7.5.5	运行测试	265
7.5.6	更多乐趣	267
7.6	项目举例：插入变量数据	268
7.7	项目实例：如何执行 SELECT 查询	269
7.7.1	结果集的串口监视器显示	269
7.7.2	编写属于你自己的显示方法	270
7.7.3	示例：从数据库中获取查找值	273
7.8	配件购买清单	274
7.9	小结	275
第 8 章	搭建网络	276
8.1	数据汇聚节点	276
8.1.1	本地存储数据汇聚节点	277
8.1.2	项目：使用本地存储的数据汇聚节点	278
8.1.3	远程存储数据汇聚器	300
8.1.4	项目：使用数据库存储的 Arduino 数据汇聚节点	300
8.1.5	项目：数据库存储型的树莓派数据汇聚节点	313
8.2	配件购买清单	321
8.3	小结	323
第 9 章	无线传感器网络规划	324
9.1	传感器网络最佳实践	324
9.1.1	数据汇聚节点注意事项	324
9.1.2	传感器网络数据库注意事项	327

9.1.3 其他注意事项	331
9.2 选择传感器节点	336
9.2.1 有线还是无线?	336
9.2.2 Arduino 还是 Raspberry Pi?	336
9.2.3 备选主控板	339
9.3 项目：家庭温度监测网络	344
9.3.1 规划注意事项	344
9.3.2 规划节点	344
9.3.3 考虑价格	345
9.3.4 怎样实现?	346
9.3.5 小结	346
9.3.6 更多乐趣	347
9.4 可选配件购买清单	347
9.5 小结	348