

O'REILLY®

TURING

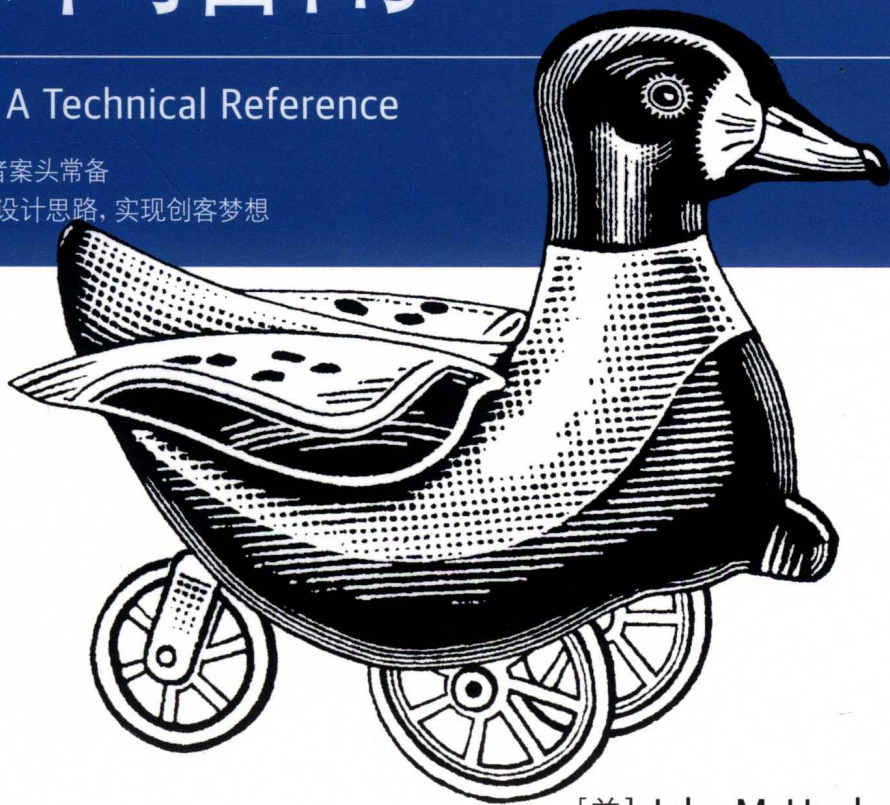
图灵程序设计丛书

Arduino 技术指南

Arduino: A Technical Reference

Arduino爱好者案头常备

了解电子产品设计思路, 实现创客梦想



[美] John M. Hughes 著

武传海 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵程序设计丛书

Arduino技术指南

Arduino A Technical Reference

[美] John M. Hughes 著
武传海 译



Beijing • Boston • Farnham • Sebastopol • Tokyo

O'REILLY®

O'Reilly Media, Inc. 授权人民邮电出版社出版

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

Arduino技术指南 / (美) 约翰·休斯
(John M. Hughes) 著 ; 武传海译. — 北京 : 人民邮电
出版社, 2017. 12

(图灵程序设计丛书)

ISBN 978-7-115-47105-5

I. ①A… II. ①约… ②武… III. ①单片微型计算机
—程序设计—指南 IV. ①TP368.1-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第260883号

内 容 提 要

本书主要讲解了Arduino开发板的物理特性与接口功能, Arduino使用的各种AVR微控制器, Arduino特有的编程环境, 各种扩展板, 可与Arduino一起工作的传感器、继电器模块、小键盘以及其他附加组件, 从零开始创建自定义扩展板的步骤, 介绍各种分析设计问题、定义实体与可测试需求的方法, 确保开发成功。

-
- ◆ 著 [美] John M. Hughes
 - 译 武传海
 - 责任编辑 陈曦
 - 责任印制 彭志环
 - ◆ 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>
 - 北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
 - 印张: 32
 - 字数: 756千字 2017年12月第1版
 - 印数: 1-3 000册 2017年12月北京第1次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2017-6479号

定价: 129.00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: 京东工商广登字 20170147号

版权声明

Copyright © 2016 John Hughes.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and Posts & Telecom Press, 2017. Authorized translation of the English edition, 2017 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 2016。

简体中文版由人民邮电出版社出版，2017。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。

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。无论是通过图书出版、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*

前言

自 2005 年推出以来，Arduino 已经成为世界上最成功（有些人可能对此持有异议）的开源硬件项目之一。Arduino 团队公开其设计之后，包括意大利、巴西、中国、荷兰、印度和美国在内的很多国家，都在生产基于这种设计的开发板。无论是谁，只要花大约 15 美元，就能买到一块功能齐全的 Arduino 兼容开发板。人们可以自由下载并使用完全免费的 Arduino 开发环境。最初，Arduino 采用 8 位 AVR 系列微控制器（AVR 本身就是一款有趣的设备，其历史也同样有趣），后来进入 32 位处理领域，相关产品包括采用 ARM 处理器的 Due、带有板载模块运行 OpenWrt（一种 Linux 发行版本）的 Yún，以及即将推出的 Zero。Arduino 开发板广泛应用于各种项目，从互动艺术到机器人，从环境监测传感器到 CubeSat 卫星（由小团队制造，发射费用只相当于常规卫星的一小部分）中的智能组件，都能看到它的身影。

许多年前，我购买了生平第一块 Arduino 开发板（Arduino Duemilanove），这更多是出于好奇，而不是别的什么原因。从 20 世纪 80 年代早期开始，我就与微处理器和微控制器开发系统打交道，先是 6502、6800 和 8051，然后是 8086、Z80、80186、68000 系列。早先，我一般使用汇编语言或 PL/M 为这些设备编写程序，对于嵌入式系统，这些语言是当时仅有的合理选择。后来开始使用 C 或 Ada 语言，这得益于微处理器性能的提升以及软件工具的成熟。不管怎样，我都希望有很多资料可供参考，如数据手册、说明书、参考手册以及设计文档。这些资料往往随开发电路板及其配件一起提供，常常会装满一个又大又重的盒子。

当购买的 Arduino 到手时，我发现只有一个很小的盒子，里面只有一块电路板、一个插入式电源组、几个 LED 灯、一些电阻、跳线，以及一块免焊面包板。里面没有说明书，没有参考手册，没有数据手册，也没有包含文档与软件的 CD 光盘，只有几页纸，上面列出了包装清单，以及一个 URL 网页地址。我进入 Web 页面，读了一些“入门”资料，并找到所需软件的链接。毫不夸张地说，我当时真的很惊讶。

那时，我对 Arduino 了解得并不多。购买 Arduino 时，我根本不知道它背后的故事，也不了解它的目标用户。后来我才知道，它主要针对有很少或根本没有技术背景的用户。这些用户只想尝试做一些很酷的玩意儿（纯粹为了好玩），并让它们运行起来。换言之，Arduino 面向的是艺术家和热衷于捣鼓东西的人，而不是那些对技术细节感兴趣以及痴迷于项目规划、技术规范与操作说明书的工程师。

当我明白这一点后，一切就明了起来。后来，我拜读了 Massimo Banzi 先生写的《爱上 Arduino》一书，它让我更好地理解 Arduino 所信奉的哲学。在我探寻更多细节的过程中，这本书是一个很好的起点。与那些拥有自身开发套件的半导体制造商不同，Arduino 团队并不销售芯片，而是一直致力于激发人们的创造力。他们之所以选用 AVR 微控制器，是因为它价格便宜，并且很适合用来实现自己的想法，让这款设备能够轻松应用到创意工作中。AVR 拥有很强大的计算能力，并且内置了充足的内存，可以做一些复杂而有趣的工作，这是早期微控制器所不具备的。早期微控制器往往需要昂贵的开发工具，提供的片上内存也十分有限。

除了简单与便宜外，Arduino 获得成功的真正秘诀在于，AVR 芯片中的 BootLoader 固件、简单易用的集成开发环境，以及一起提供的各种代码库（在开源与 Creative Commons 许可下，用户可以免费使用）。Arduino 信奉的哲学是，让用户使用 Arduino 的过程变得尽可能简单。通过隐藏大量技术细节和简化开发流程，Arduino 鼓励用户大胆实验，尝试各种新想法，以及尽情玩乐。长时间以来，我第一次发现自己很喜欢以不同组合连接各种东西，并思考自己能用它做什么。我曾经讲过嵌入式系统设计课程，那时 Arduino 开发板尚未问世，真希望那个时候就有 Arduino，它能大大减少学生学习汇编语言、内存映射、流程图等内容时产生的挫败感。

收到第一块 Arduino 开发板之后，我找到了许多有用的资源，还有大量有趣的 Arduino 附加组件，其中一些在价格与功能上很让人满意¹。从此，我喜欢上了收集各类 Arduino 小玩意儿，购买便宜的扩展板和模块，根据想法搭建各种小设备。但有一点很让我伤心，当我打开装有漂亮“小玩意儿”的盒子时，经常发现里面没有任何说明文档，甚至连电路图也没有。

本来我满怀欣喜地想买些有趣的东西，最后却发现它根本没有说明文档。作为工程师，我对于这点感到特别沮丧，然后不得不自己去查找，看看到底有没有我能读的文档（我不懂中文）。有时这种查找一无所获，我不得不根据相关数据手册对电路板进行逆向分析，以便搞清楚它的电路设计。还有些时候，我的确能够找到相关资料，但这些资料往往比较零碎，散布在多个网站的不同地方。虽然这种情况正慢慢好转，但仍然让人十分头疼。过去数年间，我收集了大量笔记、网页链接和数据手册，最后下定决心把它们好好整理一下，放到同一个地方。

那么，本书包含了哪些你在网上找不到的内容？坦率地说，这样的内容并不多，但我真心希望本书能够帮你减少很多挫折并节省时间。当然，书中也包含了许多我自己发现的内容。官方技术数据来自相关产品的制造商，比如 Atmel、Arduino 团队，以及其他很多厂商。Atmel 和 Arduino 团队为人熟知，却又非常低调。一些国外厂商至少会有像样的网站，有些网页甚至十分漂亮，其中包含相关技术文档的链接。本书囊括所有我能找到或者通过逆向分析得来的基本数据，在我力所能及的范围之内，尽量保证这些数据准确无误。我不

注 1：在 eBay 网的搜索框中输入 Arduino，将会返回大量搜索结果，比如超声波距离传感器、温湿度传感器、各种 Arduino 克隆板、蓝牙与 ZigBee 扩展板，等等。但令人遗憾的是，有些电子元器件只有少量文档，甚至没有文档；或者即使有一些说明文档也大都是旧的，内容不准确。当然，这并不意味着你不应该考虑这些卖家（他们开出的价格往往很诱人，并且电子元器件的质量也非常好），但最好还是认真考虑一下这方面的问题，网络购物遵循的一般规则是“一旦售出，概不退换”。

想让你经历我所遇到的挫折，例如那些 USB 接口的琐碎的技术细节，或者搞清楚扩展板无法正常工作的原因，或者了解你从 eBay 购买的传感器为什么不工作。

我所经历的一系列挫折最终促成了本书的诞生，在学习使用 Arduino 开发板与扩展板的过程中，我一直想有这样一本书用来参考。在工作台上，我真的需要有这样一本实体书放在手边，可以随时查阅。因为上网查阅资料有时是不可行的，甚至有时根本上不了网（比如在山顶上试图为公司调试一个远程数据记录设备时，手上只有一台小小的上网本，方圆 100 km 没有任何无线信号）。我希望手上有这样一本书，不管身在何处都可以快速查阅，并解决 Arduino 及相关附件使用过程中遇到的问题。希望你会觉得这本书有用，就像我整理本书笔记时感受到的那样。

目标读者

本书面向那些需要知道或想知道 Arduino 技术细节的读者。也许你已经尽力了解了相关介绍材料，并阅读了大量诸如“超赞项目 99”的图书。而现在，你需要知道如何做出一些新颖独特的玩意儿。或者，你是一个工程师或研究员，想把 Arduino 集成到你实验室的实验装置中。你甚至有可能是遥控飞机玩家，想把 Arduino 集成到模型飞机中，又或者想把它集成到 DIY 气象站²中，或者用它来做一些更具野心的东西（比如 CubeSat）。

理想情况下，你应该具备基本的 C 或 C++ 知识，了解电子如何在一个电路中运动，拥有一些搭建电子设备的经验。容我斗胆进言，建议你也要购买我的《电子工程师必读：元器件与技术》放在手边，同时准备一些关于编程与电子元器件的参考资料（更多参考资料详见附录 D）。

这本书是什么

本书是一本参考书，也是一本技术手册。在内容上我精心编排，以便你能够轻松、快速地查到要找的内容。介绍相关内容时，我尽量给出信息来源。本书包含了许多我的个人见解，它们是我多年研究所得，希望对你有帮助。

这本书不是什么

本书不是一本学习教程，这也不是我的主要目标。书中并未讲解基本的电子电路知识，也没有讨论如何使用 C++ 语言为 Arduino 编写程序。你可以通过各种渠道找到很多专门讲解电子电路与编程知识的教程，我希望各位可以把本书作为学习这些内容的起点。

本书也不是 Arduino 官方认可的各种 Arduino 产品介绍指南。书中依据的信息来源于各种渠道，其中有些内容比较易懂，有些则比较晦涩，当然，书中也包含我自己的一些笔记与注解，它们都是我使用 Arduino 的经验总结。因此，我将对书中出现的任何错误与疏漏负责。

注 2: *Environmental Monitoring with Arduino and Atmospheric Monitoring with Arduino* 一书由 Emily Gertz 与 Patrick Di Justo 合著，介绍了如何使用便宜且容易获取的传感器与 Arduino 制作环境监测设备，并提出了很多想法与建议。

专业术语

20 世纪 80 年代早期，人们首次把处理器、微处理器、微控制器区分开来。当时，各大制造商正试图通过大小与外部电路（设备用它们来做一些有用的事）的数量区分各自的产品。通常，大型机处理器与更小的微处理器（比如桌面 PC 中使用的那些）都需要一些外部组件（有时需要很多）才能使用。另一方面，微控制器已经内置了它工作时需要的所有部件。微处理器通常都支持外部存储器，而对于添加外存以扩展芯片存储这一方面，微控制器提供的支持很有限（虽然十分有限，但毕竟还是支持的）。

整本书中，“微控制器”与“处理器”两个术语是通用的。尽管“微控制器”这一称呼更多着眼于技术方面，但在我看来，它仍旧是一个数据处理器，只不过是一个小版本的“大型机”（很久以前，我曾经用过大型机）。其实，它们所做的工作都是一样的，只是大小与处理速度不同而已。

本书内容

第 1 章简单介绍各种 Arduino 开发板的历史；还介绍 Arduino 开发板中使用的 AVR 微控制器，讨论 Arduino 软件兼容产品与硬件兼容产品的不同。

第 2 章的主题是 Atmel AVR 微控制器，概述了一个真正复杂的设备是如何构成的。当然，这里只对最重要的部分做快速浏览，包括定时器逻辑、模拟比较器、模拟输入、SPI 接口，以及芯片上其他主要子系统。

第 3 章进一步讲解 Arduino 开发板上使用的各种 AVR 微控制器，包括 ATmega168/328、ATmega1280/2560、ATmega32U4。这一章内容以第 2 章内容为基础，添加了更多底层细节，比如内部架构、电气特性、芯片引脚布局等。

第 4 章讲解各种 Arduino 开发板的物理特性与接口功能，包括 USB 接口类型、印制电路板 (PCB) 大小、开发板引脚布局图等。

第 5 章讲解 Arduino 编程环境，这是真正使其与众不同的地方。这一章还介绍 Arduino 程序的定义，以及如何使用 C 与 C++ 语言编写 Arduino 程序；同时，还介绍 Arduino BootLoader 与 `main()` 函数，讲解如何下载 Arduino 源代码。通过阅读这些源代码，你可以了解隐藏在其表面之下的底层工作原理。

第 6 章介绍 AVR-GCC 工具链，以及在不使用 Arduino IDE 的前提下，为 Arduino 开发板编程的技术。其中，还涉及与“生成文件”（makefiles）有关的内容，并简单介绍汇编语言编程。最后介绍将代码上传到 AVR 的各种工具。

第 7 章的讲解重点是 Arduino IDE 自带的各种标准库。Arduino IDE 本身提供了大量标准库，并且不断添加更多库。如果想了解某个特定传感器或特定操作是否有现成的库模块，那么这一章是个不错的起点。

第 8 章介绍适用于 Arduino 的各种扩展板，包括各种常见类型，比如闪存、原型、输入/输出、以太网、蓝牙、ZigBee、伺服控制、步进电机控制、LED 显示屏、LCD 显示器等。

这一章也包含使用多重扩展板的内容，还提供许多提示与技巧，帮你最大限度地挖掘扩展板的潜力。

第 9 章介绍一些可以与 Arduino 开发板配合使用的附加组件，包括各种传感器、继电器模块、小键盘，以及其他一些非特定于 Arduino 但能很好与其配合工作的器件。此外，还提供许多所讨论的电子元件的引脚布局与电路图。

第 10 章专门介绍如何自己动手制作扩展板，因为找到满足我们需要的扩展板有时并非易事。此外，还讲解如何在没有 Arduino 类型电路板的情形下使用 AVR 微控制器，并且仍可使用 Arduino IDE。

第 11~13 章介绍几个电子设计项目，通过这些项目可以进一步了解 AVR 微控制器与 Arduino 扩展板的功能。这些电子项目也展示了如何将 Arduino 应用于各种情形，而并非只演示如何制作电路板或设备。当然，只要愿意，你完全可以自己动手制作这些电子项目，并以此为起点制作自己的项目。介绍每个示例项目时，都包括工作原理、电路图、详细元件列表、PCB 布局设计（若需要），以及运行所需软件的概述。

由于本书的讲解重点是 Arduino 硬件与相关模块、传感器、组件，所以说到“软件”时，只讲述软件最重要的部分。请注意，书中给出的代码都是不完整的，不能直接运行。关于示例项目的完整软件，可以在 GitHub (<https://www.github.com/ardnut>) 上找到。

第 11 章介绍如何制作一个基本的信号发生器，测试电子电路中会经常用到它。通过这个信号发生器，你可以产生具有各种占空比的脉冲，输出一个系列脉冲响应触发脉冲输入，生成正弦波，也可以产生可编程脉冲模式。

第 12 章讲解如何设计与制作一个智能调温器，它很适合与家中的 HVAC（加热、通风、空调）系统一起使用。学过这一章就不用再购买现成的调温器了，因为你完全可以自己动手制作一个，并让它完全根据你的设想工作。在这一章中，我不仅教你如何集成温度传感器（特点是包含多个温度与湿度传感器），还会教你如何使用 HVAC 系统的风机营造一个舒适的环境，并且不会有因运行压缩机或点亮加热器而产生的费用。

第 13 章将了解如何制作一个自动的模型火箭发射器，它带有可编程定时器与自动系统检测功能。即使手上没有模型火箭，也建议你认真学习本项目中使用的一些技术，因为这些技术可以用在多种对执行顺序有严格要求的控制过程中，比如工厂里的生产线、实验室中的自动材料搬运设备。

附录 A 简单介绍一些常用的工具与附件，如果不想使用现成的电路板与模块，那么可能需要使用这些工具自己动手制作。

附录 B 总结微控制器的控制寄存器，涉及的微控制器有 ATmega168/328、ATmega1280/2560 以及 ATmega32U4。

附录 C 列出一些销售 Arduino 以及相关兼容产品的经销商与厂商，这些名单并不全面，但足够供你用作探索起点，找到自己需要的电子元件。

附录 D 是我推荐阅读的一些图书，其中不仅包括讲解 Arduino 的图书，还包括讲解 C 与 C++ 编程以及电子元件的图书。

附录 E 对一些常用的 Arduino 与 AVR 软件开发工具进行概述，它们目前都是可用的，你可以很容易地获取。

产品宣传

书中提到了 Arduino 团队及其官网 Arduino.cc，此外没有对任何其他产品做宣传，即使有也不是有意为之。在本书讲解中，我提到了许多不同的元件制造商、供应商，以及其他作者。我尽量对他们一视同仁，不偏不倚。之所以提到他们完全是因为我恰好有他们的产品，并且已经在一些电子项目（包括一些演示项目）中成功使用了他们生产的扩展板、模块、传感器或 Arduino PCB（或 PCB 克隆板）。书中涉及的任何商标均由各所有者持有，列出它们仅仅是为了方便各位参考。关于书中图片，我尽量使用自己的元件、工具、电路板、模块以及其他项目，有些产品图片中给出了元件型号及相关厂商，但这不意味着它是唯一可用的，只是因为我恰好有它，并在电子制作中使用了。某些情况下，我会使用那些带有相关厂商与创建者许可的图片、公共领域的作品，或者拥有 CC 许可的图片，书中都做了相应的标注与说明。书中所有框图、电路图以及其他插图（不包括照片）都是我自己制作的，对于其中的任何错误或疏漏，我负全部责任。

排版约定

本书使用以下排版约定。

- 楷体
表示新术语和重点强调的内容。
- 等宽字体 (*constant width*)
表示程序片段，以及正文中出现的变量、函数名、数据库、数据类型、环境变量、语句和关键词等。
- 加粗等宽字体 (***constant width bold***)
表示命令以及其他需要用户输入的文字。
- 等宽斜体 (*constant width italic*)
表示这些值应该替换为用户输入，或根据上下文确定。



该图标表示提示或建议。



该图标表示一般性说明。



该图标表示警告或警示。

Safari® Books Online



Safari Books Online 是应运而生的数字图书馆，它同时以图书和视频的形式出版世界顶级技术和商业作家的专业作品。

技术专家、软件开发人员、Web 设计师、商务人士和创新专家等，都将 Safari Books Online 作为开展调研、解决问题、学习和认证培训的首选资源。

Safari Books Online 为企业、政府、教育和个人提供各种产品组合和灵活的定价策略。

会员可以通过搜索，从数据库中访问数以千计的图书、培训视频和正式出版前的书稿，这些数据来源包括 O'Reilly Media、Prentice Hall Professional、Addison-Wesley Professional、Microsoft Press、Sams、Que、Peachpit Press、Focal Press、Cisco Press、John Wiley & Sons、Syngress、Morgan Kaufmann、IBM Redbooks、Packt、Adobe Press、FT Press、Apress、Manning、New Riders、McGraw-Hill、Jones & Bartlett、Course Technology 等。要了解 Safari Books Online 的更多信息，请访问我们的网站 (<http://www.safaribooksonline.com/>)。

联系我们

请把对本书的评价和问题发给出版社。

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

我们为本书提供了专门网页，上面有勘误表、示例以及其他信息。可以通过 <http://bit.ly/hadoop-security> 访问该网页。本书中文版勘误可到 <http://www.ituring.com.cn/book/1866> 提交。

为本书提供建议或咨询技术问题，请发邮件到 bookquestions@oreilly.com。

想了解更多关于 O'Reilly 图书、培训课程、会议和新闻的信息，请访问以下网站：

<http://www.oreilly.com>。

我们的其他联系方式如下：

Facebook: <http://facebook.com/oreilly>

Twitter: <http://twitter.com/oreillymedia>

YouTube: <http://www.youtube.com/oreillymedia>

致谢

尽管写作看起来是一种习惯使然，但如果缺少了家人长久的支持与耐心，这本书也是不可能问世的。写作期间，他们一直在身边鼓励我、支持我，甚至给我带吃的，还时不时闯到我办公室，看看我是不是还活着，真的没有比他们更好的家人了。尤其感谢我的女儿 Seren，她帮我拍了许多照片，还帮忙分类并整理了我收集的各种东西。

还要感谢 O'Reilly 出版公司的编辑们，感谢他们再次给我合作机会。他们一如既往地积极给予帮助，对我一直保持着耐心，并表现出极大的宽容。最后，特别感谢 Brian Sawyer 与 Dawn Schanafelt，他们提供了很棒的编辑支持与指导。还有 Mike Westerfield，感谢他做了深入的技术评审工作。

电子书

扫描如下二维码，可购买本书电子版。



目录

前言	xvii
第 1 章 Arduino 家族	1
1.1 Arduino 简史	1
1.2 Arduino 设备类型	2
1.3 Arduino 实物展示	3
1.4 Arduino 兼容设备	6
1.4.1 硬件兼容设备	6
1.4.2 软件兼容设备	7
1.5 Arduino 命名约定	8
1.6 使用 Arduino 可以实现的目的	9
1.7 更多信息	11
第 2 章 AVR 微控制器	12
2.1 背景	12
2.2 内部架构	13
2.3 内部存储器	16
2.4 外围功能	16
2.4.1 控制寄存器	16
2.4.2 数字 I/O 端口	17
2.4.3 8 位定时器 / 计数器	18
2.4.4 16 位定时器 / 计数器	19
2.4.5 定时器 / 计数器预分频器	19
2.5 模拟比较器	19

2.6	模数转换器	20
2.7	串行 I/O	21
2.7.1	USART	22
2.7.2	SPI	22
2.7.3	TWI	23
2.8	中断	24
2.9	看门狗定时器	26
2.10	电气特性	26
2.11	更多信息	27
第 3 章 Arduino 专用 AVR 微控制器		28
3.1	ATmega168/328	29
3.1.1	内存	29
3.1.2	特性	29
3.1.3	封装	30
3.1.4	端口	31
3.1.5	引脚电路	31
3.1.6	模拟比较器输入	31
3.1.7	模拟输入	32
3.1.8	串行接口	32
3.1.9	定时器 / 时钟 I/O	33
3.1.10	外部中断	33
3.1.11	Arduino 引脚分配	34
3.1.12	基本电气特性	35
3.2	ATmega1280/ATmega2560	35
3.2.1	内存	35
3.2.2	特性	37
3.2.3	封装	37
3.2.4	端口	37
3.2.5	引脚功能	38
3.2.6	模拟比较器输入	38
3.2.7	模拟输入	39
3.2.8	串行接口	39
3.2.9	定时器 / 时钟 I/O	40
3.2.10	外部中断	41
3.2.11	Arduino 引脚分配	41
3.2.12	电气特性	44

3.3	ATmega32U4	44
3.3.1	内存	44
3.3.2	特性	45
3.3.3	封装	46
3.3.4	端口	46
3.3.5	引脚功能	47
3.3.6	模拟比较器输入	47
3.3.7	模拟输入	47
3.3.8	串行接口	48
3.3.9	定时器/时钟 I/O	49
3.3.10	外部中断	50
3.3.11	USB2.0 接口	51
3.3.12	电气特性	52
3.3.13	Arduino 引脚分配	52
3.4	熔丝位	53
3.5	更多信息	55
第 4 章	Arduino 技术细节	56
4.1	Arduino 特性与功能	56
4.2	Arduino USB 接口	57
4.3	Arduino 物理大小	59
4.3.1	全尺寸基本 Arduino PCB 类型	60
4.3.2	Mega 类型的 Arduino PCB	61
4.3.3	小型 Arduino PCB	62
4.3.4	特殊用途 PCB 类型	65
4.4	Arduino 引脚布局	66
4.4.1	Arduino 基线引脚布局	66
4.4.2	扩展基线引脚布局	67
4.4.3	Mega 引脚布局	72
4.4.4	非标准布局	74
4.5	更多信息	78
第 5 章	对 Arduino 与 AVR 微控制器编程	79
5.1	微控制器交叉编译	80
5.2	BootLoader	81
5.3	Arduino IDE 环境	83
5.3.1	安装 Arduino IDE	84
5.3.2	配置 Arduino IDE	85