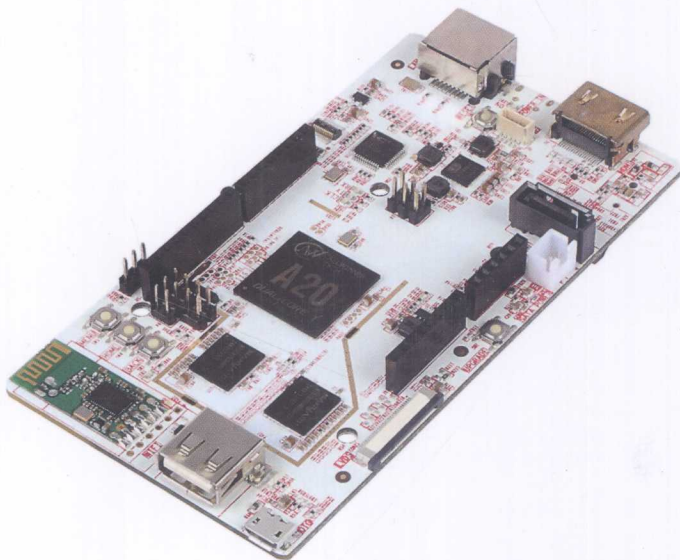


首本针对全球流行的创客杀器——pcDuino的官方推荐开发指南。
覆盖Arduino、Linux和Android三大开发者群体的官方推荐参考书。
包含大量基于pcDuino的开发实例、完整项目文件和源码，可操作性极强。



数字匠人



入门篇

pcDuino 开发实战

李潇海 编著

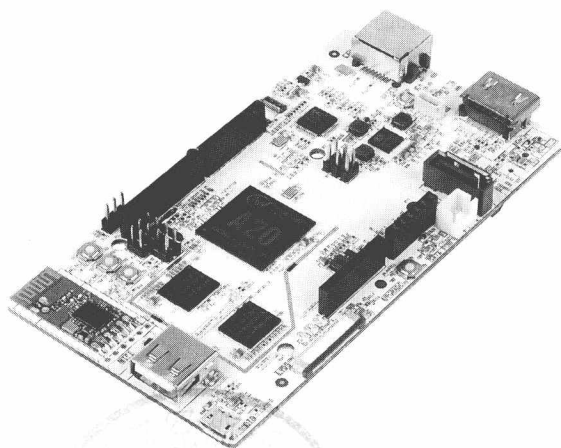


机械工业出版社
China Machine Press

014044286

TP368.1
843

数字匠人



入门篇

pcDuino 开发实战

李潇海 编著



北航

C1732276



机械工业出版社
China Machine Press

TP368.1

848

图书在版编目(CIP)数据

pcDuino 开发实战 / 李潇海著. —北京: 机械工业出版社, 2014.5
(电子与嵌入式系统设计丛书)

ISBN 978-7-111-46703-8

I. p… II. 李… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 095323 号

本书共分为四篇, 由浅入深地讲解 pcDuino 的开发使用。第一篇为基础篇, 包括第 1~3 章, 首先介绍了 Arduino 的基础知识, 然后通过与 Arduino 类似的开发风格直接阐述 pcDuino 的编程方法, 最后介绍了 pcDuino 作为 Mini PC 的使用方法。第二篇为编程语言篇, 包括第 4~6 章, 作为 pcDuino 开发方法的补充, 依次介绍了使用 Python、JavaScript 语言以及在 Android 平台上对 pcDuino 进行编程的方法。第三篇为模块篇, 包括第 7~12 章, 从 pcDuino 的外设接口讲起, 针对每个接口给出实际硬件和软件例子, 让读者掌握接口的使用。之后根据传感器、显示输出、电机驱动、无线通信等不同应用介绍各种 Arduino 模块在 pcDuino 上的使用方法。第四篇为应用篇, 包括第 13~18 章, 涉及网络应用、图像处理、语音控制和集群等领域的应用, 并遵循传统嵌入式开发流程, 介绍 Boot Loader、Linux Kernel 和 RootFS 的制作方法, 最后通过一个完整的工程应用, 从硬件设计、控制接口到基于 Qt 的 GUI 开发, 帮助读者熟悉完整的项目设计过程。

pcDuino 开发实战

李潇海 著

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 秦 健

责任校对: 董纪丽

印 刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

版 次: 2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 186mm×240mm 1/16

印 张: 16.25

书 号: ISBN 978-7-111-46703-8

定 价: 59.00 元

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

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

推 荐 序

与同龄孩子不一样，我从七岁开始就在叔叔的指导下玩无线电。这种从童年培养起来的兴趣一直伴随我去美国读博士。可能很多人无法相信，在卡内基 - 梅隆大学读博士期间很多实验装置都是我自己用电烙铁焊的。博士毕业后，我先后做过硬盘、蓝光主控芯片、电力载波芯片，这期间仍然需要通过电烙铁自己搭建一些原型电路。我对电子的兴趣没有随岁月消逝而逐渐淡化，反而有过之而无不及，更加痴迷。朋友们在业余时间娱乐的时候，我却躲在家里鼓捣我的一些电子产品创意，并用烙铁实现这些创意的原型。手被烙铁烫伤基本都是家常便饭，家里的桌子也被烧了几个大洞。我无数次在想，要是有人能帮我做这些基础性的工作，让我能把精力聚焦在创意上，那该多爽啊。我那时候从来没有意识到，这些想法竟然会是促使我义无反顾去做 **pcDuino** 的催化剂。

即便我自己创业，我也只认为鼓捣些电子产品的创意是自己的业余爱好。所以，我后来创业的项目，用现在的网络流行语，是去做了高端、大气、上档次的通信芯片，我对电子产品的兴趣一如既往。我和创业伙伴们经过两年没日没夜的艰苦奋斗，推出了一款电力载波芯片，我本人也因此入选国家“千人计划”。然而，随后的市场推广却让我们大跌眼镜，我们认为绝佳的产品没能得到市场所认可，我们曾经一度到了弹尽粮绝的地步。在绝境中，我们几个创业伙伴意外发现当初为了推广芯片做的标准接口模块的销路不错。这些标准接口模块正是我们为了不用电烙铁就能很快实现客户想要的产品功能而设计的。彼时，被《连线》杂志前主编克里斯·安德森誉为新工业革命运动，而且是由一些臭皮匠推动的创客运动正以星火燎原之势兴起。开源硬件 **Arduino** 红遍美国。

创客运动的兴起，开源硬件和 3D 打印机的普及，让我埋藏在心里，用一种平台让别人聚焦创意的想法重新荡起涟漪。我和伙伴们花了几个月的时间认真研究了 **Arduino** 和 **Raspberry Pi** 以及我们之前设计的各种模块。我们发现，**Arduino** 的兼容性和开放性非常好，但是处理器的处理能力很有限。而 **Raspberry Pi** 的处理器能力中等偏上，却没有 **Arduino** 那样一个拥有成千上万扩展模块的生态系统。于是，在 2012 年的平安夜，我们有了一个新的构想：做一个集二者优点于一身的新平台，我们把它命名为 **pcDuino**。这是一个集娱乐、教育、DIY 为一体的卡片电脑，但它不是一个最终的产品。它是一个连接数字世界和现实世界的平台。如果打个比方，普通电脑可能只是一个大脑，而 **pcDuino** 不仅是一个大脑，它还是一个实现创意的工具，装上轮子它就能走，插上翅膀它

就能飞。天南海北的创客们基于 **pcDuino** 的创意五花八门，这些创意有智能家居中的网关、大数据一体机、点读机、云终端、潜艇模型（真正能下潜的模型）、3D 打印机，甚至连 NASA 也在用 **pcDuino**，尽管我们到现在也不知道他们用 **pcDuino** 在做什么，我想这正是 **pcDuino** 的价值所在。它是一个开放的工具和平台，也是一个取之不尽用之不竭的资源宝库，让创意的提出者把更多的精力聚焦在创意本身。

潇海的这本书是目前全世界第一本介绍 **pcDuino** 的书。这本书是一个 **pcDuino** 的开发宝典，囊括了 **pcDuino** 开发的方方面面。软件工程师可以在这本书的引导下，很轻松地学习和掌握常用硬件和各种传感器的使用技巧。硬件工程师可以在这本书的引导下，迅速地掌握软件开发的基本知识。我们正处在一个软硬件相结合的时代，这本书为从事软件开发和硬件开发的人搭建了一座互相沟通的桥梁。如果时光倒回 20 年，在我大学毕业的时候能有 **pcDuino** 和这样的一本开发指南，我的世界可能会大不一样。感谢潇海把 **pcDuino** 介绍给更多需要它的读者。

刘靖峰

pcDuino 创始人，Linksprite 董事长

2014 年 4 月于科罗拉多博尔德

前 言

Arduino 从最初为教育而生到今天在 DIY 界大行其道已经历了 9 年的时间。随着处理器技术日新月异, Arduino 的性能也在飞快增长。在这 9 年中, Arduino 不断地经受检验、质疑和挑战, 其自身也在不断改变。这种改变一方面来自 Arduino 官方, 另一方面则来自广大的开源硬件设计者, 而 pcDuino 就可以视作这些改变的结果之一。

本书是针对开源硬件板卡 pcDuino 的开发使用教程, 以快速满足读者的实际应用需求为主, 辅以较少的理论讲解。本书最大的作用是衔接两种开源硬件的开发和应用方法, 使读者同时从 Arduino 的易用性和 Mini PC 的性能中受益, 方便进行简单快捷的系统原型开发。本书适合从学习单片机向 ARM 过渡、希望了解嵌入式开发的在校学生, 想要快速搭建系统原型的工程师, 以及熟悉 Arduino 并渴望通过性能更强大的硬件来实现设想的 DIYer。

本书共分为四篇, 由浅入深地讲解 pcDuino 的开发使用。

第一篇为基础篇, 包括第 1 ~ 3 章。本书摒除了冗繁的背景知识和理论介绍, 第 1 章让没有接触过 Arduino 的读者对这款开源硬件有一个概括性的了解, 然后讲解 Arduino 的编程步骤。第 2 章承接第 1 章的内容, 通过采用与 Arduino 类似的开发风格直接阐述 pcDuino 的编程方法, 使读者快速掌握 pcDuino 的开发流程。第 3 章则介绍 pcDuino 作为 Mini PC 的使用方法, 这种使用方法普遍适用于一般的 ARM+Linux 嵌入式系统。

第二篇为编程语言篇, 包括第 4 ~ 6 章。作为 pcDuino 开发方法的补充, 依次介绍使用 Python、JavaScript 语言以及在 Android 平台上对 pcDuino 进行编程的方法。由于本书的主线是 Arduino, 同时底层库函数的调用大同小异, 这部分内容只是简单的介绍, 给读者一个概览。

第三篇为模块篇, 包括第 7 ~ 12 章。该篇从 pcDuino 的外设接口讲起, 针对每个接口给出实际硬件和软件例子, 让读者掌握接口的使用方法。之后根据传感器、显示输出、电机驱动、无线通信等不同应用介绍各种 Arduino 模块在 pcDuino 上的使用方法。通过在丰富的 Arduino 模块之间进行组合, 读者已经能够设计出常见的嵌入式软件系统了。

第四篇为应用篇, 包括第 13 ~ 18 章。涉及网络应用、图像处理、语音控制和集群等领域的应用, 这些 Mini PC 的应用是 Arduino 无法企及的。第 17 章遵循传统嵌入式开发流程, 介绍 Boot

Loader、Linux Kernel 和 RootFS 的制作方法。第 18 章为完整的工程应用，从硬件设计、控制接口到基于 Qt 的 GUI 开发，可以帮助读者熟悉完整的项目设计过程。

本书能够成书，要感谢刘靖峰博士的大力推动和 LinkSprite 团队的资源支持。同时要感谢机械工业出版社的张国强编辑，他也为本书的写作提供了很大帮助。最后感谢家人和女友在生活上的支持，鼓励我专心写作。作者才疏学浅且时间仓促，书中难免有疏漏甚至错误之处，还望广大读者不吝赐教。

目 录

推荐序
前言

基础篇

第 1 章 开源硬件先驱 Arduino	2
1.1 Arduino 介绍	2
1.2 Arduino 的生态圈	5
1.3 Arduino 开发方法	7
1.3.1 Arduino 开发环境搭建和 使用	7
1.3.2 实例：Hello Arduino—— 用 Arduino 控制 LED	13
1.4 Arduino 的局限性	17
第 2 章 pcDuino 快速开发入门	18
2.1 pcDuino 硬件平台介绍	18
2.1.1 pcDuino 系列板卡介绍	18
2.1.2 pcDuino 接口及外设	22
2.2 使用 Arduino IDE 编写 pcDuino 程序	24
2.3 命令行下的 C/C++ 开发方式	30
2.3.1 建立 C 语言开发环境	30
2.3.2 命令行方式的 Sketch 设计	33
2.3.3 pcDuino 下的代码调试	34

第 3 章 玩转 Mini PC	37
3.1 pcDuino 操作系统安装指南	37
3.1.1 Ubuntu 和 Lubuntu	37
3.1.2 安装 Ubuntu 操作系统	39
3.1.3 安装 Android 操作系统	41
3.2 在 pcDuino 上使用 Ubuntu 系统	42
3.3 通过 USB 接口扩展 pcDuino 功能	46
3.3.1 使用 USB 无线网卡连接 WiFi	47
3.3.2 使用 USB 蓝牙适配器连接 蓝牙设备	50
3.3.3 使用 USB 声卡输入、输出 声音	52

编程语言篇

第 4 章 基于 Python 的开发方法	56
4.1 Python 开发环境搭建及使用	56
4.2 实例：Web 页面控制 GPIO	59
第 5 章 基于 JavaScript 的开发 方法	63
5.1 JavaScript 开发环境搭建及 使用	63
5.2 使用 Cloud9 IDE	66

第 6 章 Android 系统下的开发方法 … 68

6.1 使用命令行方式进行开发 …… 68

6.2 使用 QT for Android 进行开发 …… 70

模 块 篇

第 7 章 pcDuino 外设编程攻略 …… 78

7.1 UART …… 78

7.1.1 UART 接口原理 …… 78

7.1.2 UART 程序设计：通过 USB-to-UART 模块与 PC 通信 … 79

7.2 I2C …… 82

7.2.1 I2C 接口原理 …… 82

7.2.2 I2C 程序设计：操作 RTC 模块 …… 83

7.3 SPI …… 88

7.3.1 SPI 接口原理 …… 88

7.3.2 SPI 程序设计：操作 SPI Flash … 89

7.4 PWM …… 91

7.4.1 PWM 原理 …… 91

7.4.2 PWM 程序设计：PWM 呼吸灯 …… 91

7.5 ADC …… 93

7.5.1 ADC 接口原理 …… 93

7.5.2 ADC 程序设计：电位器的使用 …… 95

7.6 外部中断 …… 97

7.6.1 中断控制原理 …… 97

7.6.2 外部中断程序设计：中断按钮操作 …… 98

第 8 章 基础 I/O 模块 …… 100

8.1 输入模块 …… 100

8.1.1 电容式触摸按键 …… 100

8.1.2 倾斜开关 …… 103

8.1.3 ADC 按键 …… 105

8.1.4 Joystick …… 106

8.2 输出模块 …… 109

8.2.1 继电器 …… 109

8.2.2 蜂鸣器 …… 111

8.2.3 大电流驱动、电平转换 … 114

第 9 章 显示模块 …… 117

9.1 七段数码管 …… 117

9.2 点阵式 LED …… 120

9.3 点阵式 LCD …… 124

9.4 TFT LCD …… 126

第 10 章 电机控制 …… 128

10.1 MOS 管驱动直流电机 …… 128

10.2 H 桥驱动直流电机 …… 130

10.3 舵机控制 …… 136

10.4 步进电机控制 …… 138

第 11 章 传感器 …… 142

11.1 温湿度传感器 …… 142

11.2 红外热释电传感器 …… 145

11.3 超声波传感器 …… 148

11.4 九轴运动传感器 …… 150

11.4.1 三轴加速度传感器 …… 152

11.4.2 三轴陀螺仪传感器 …… 155

11.4.3 三轴磁阻传感器 …… 159

11.4.4 气压传感器 …… 162

11.5 光照传感器 …… 167

11.6 气体传感器 …… 168

11.7 利用 Dust Sensor 测量 PM2.5 … 170

第 12 章 无线模块	175
12.1 GPS 模块	175
12.2 NFC/RFID 模块	178
12.3 GPRS/GSM 模块	182
12.4 ZigBee 模块	187

应 用 篇

第 13 章 pcDuino 网络应用	196
13.1 WiFi AP 及 3G 无线路由器	196
13.2 网络家庭气象站	200

第 14 章 pcDuino 下使用 OpenCV ...	207
14.1 OpenCV 环境搭建及使用	207
14.2 实例：使用 OpenCV 进行人脸 识别	209

第 15 章 pcDuino 上实现 Siri 语音 控制	212
15.1 Siri Proxy 安装及使用	212

15.2 通过自定义插件控制硬件	214
------------------------	-----

第 16 章 pcDuino 上实现 Hadoop 集群应用	217
---	-----

第 17 章 从零开始构建 pcDuino 嵌入式系统	222
--------------------------------------	-----

17.1 pcDuino 启动流程	222
17.2 为 pcDuino 搭建交叉编译环境 ...	224
17.3 编译并烧写 U-Boot	225
17.4 Linux 内核的配置与编译	227
17.5 制作根文件系统	229

第 18 章 pcDuino 心电监测仪	232
----------------------------	-----

18.1 心电采集模拟前端设计	232
18.2 心电监测软件设计	236
18.2.1 在 Ubuntu 系统上搭建 Qt 环境	236
18.2.2 数据采集部分设计	241
18.2.3 Qt GUI 设计	245

基 础 篇

- 第 1 章 开源硬件先驱 Arduino
- 第 2 章 pcDuino 快速开发入门
- 第 3 章 玩转 Mini PC

第 1 章

开源硬件先驱 Arduino

1.1 Arduino 介绍

Arduino（见图 1-1）是致力于电子产品原型设计的一种开源工具，有别于家用计算机，Arduino 的目标是开发可以更加方便感知和控制现实世界的计算机系统。Arduino 包括一块包含微控制器的简单电路板，以及用于为电路板进行软件编程的一套集成开发环境（即 Arduino IDE）。Arduino 可以用于与现实世界进行交互，通过传感器和开关感知环境变化和用户的操作，并通过控制电灯、扬声器、电机来改变光线、声音和运动。Arduino 可以作为一台微型计算机独立工作，也可以与通用计算机通信并受其控制。



图 1-1 Arduino 标识

很多初识 Arduino 的朋友都会困惑于它的发音。这个单词来自意大利语，可以译为“强大的朋友”，常见的英语发音为阿德伊诺。它源于意大利伊夫雷亚交互设计学院（Interaction Design Institute Ivrea）在 2005 年开展的一项学生计划，当时的学生使用一款售价 100 美元的昂贵设备 BASIC Stamp 进行编程开发。后来这所学校的教师 Massimo Banzi（见图 1-2）连同另外两人一起开始着手设计一款廉价并且使用简单的开发板，数天后，代码和电路板相继完工，这块板子就被命名为 Arduino。

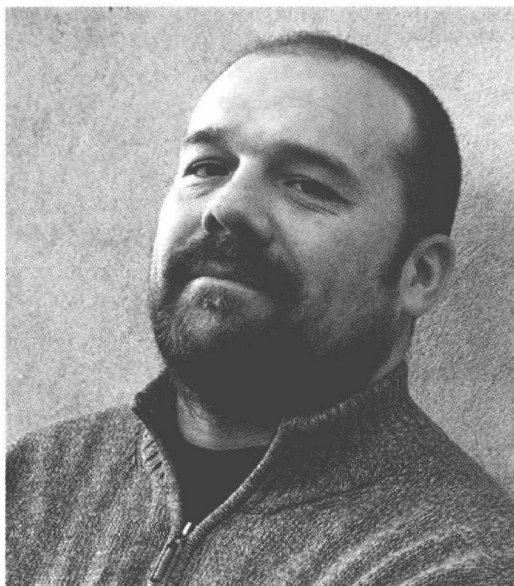


图 1-2 Arduino 创始人之一 Massimo Banzi

此后设计人员不断地对 Arduino 进行改进，虽然最终学校倒闭了，但是 Arduino 这一产品却延续了下来。因为 Arduino 是开源的（遵循一种 CC 开源协议），你可以在其基础上进行修改，并出售自己设计的产品，但如果要使用 Arduino 这一标识，就需要支付一定的版权费用。

目前 Arduino 的硬件已经演进多种版本，包括简易的 Arduino Uno（见图 1-3）、基于 ARM 芯片的 Arduino Due、集成以太网和 WiFi 的 Arduino Yún（见图 1-4）以及使用 TI AM533x 系列 Cortex-A8 芯片、功能强大的 Arduino Tre（见图 1-5）等。

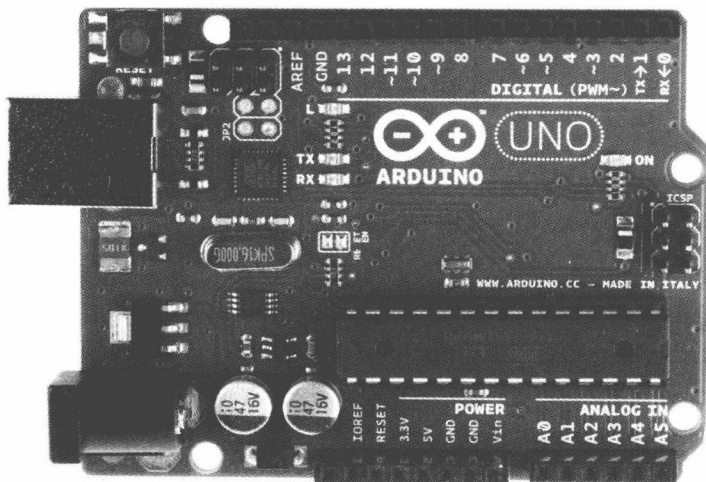


图 1-3 Arduino Uno

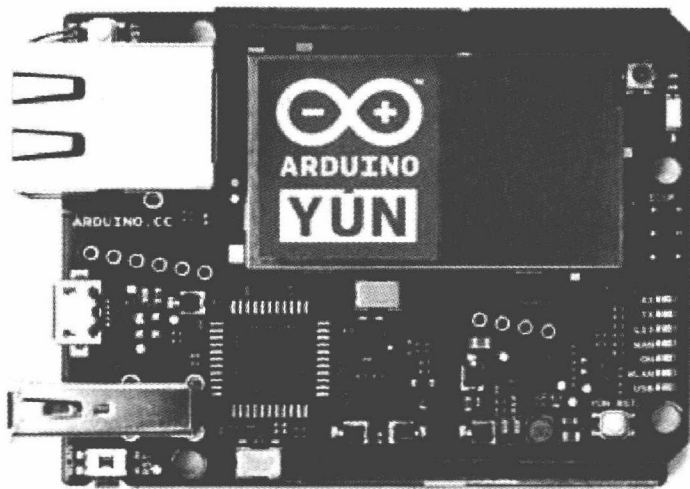


图 1-4 Arduino Yún

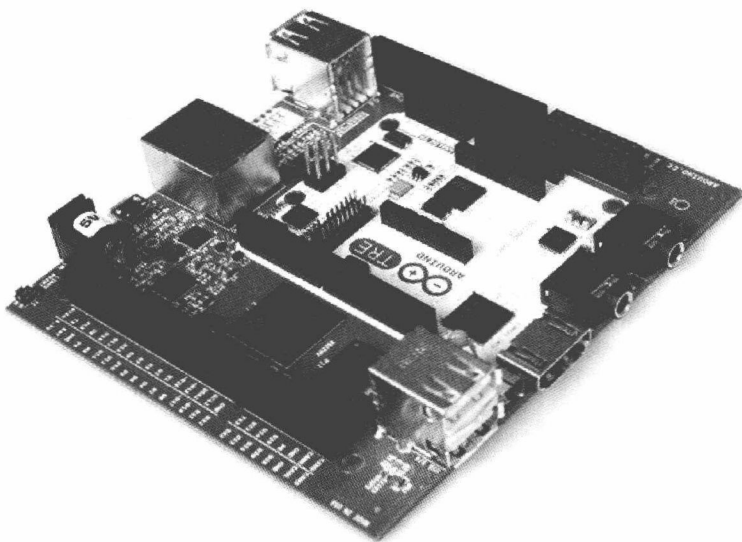


图 1-5 Arduino Tre

Arduino 的编程语言和开发环境基于 Wiring 和 Processing 架构。Processing 包含了发展自 Java 的编程语言和开发环境，而 Wiring 是用于微控制器的一种开源编程框架，可以让用户编写跨平台的程序，这些代码无需修改就可以在不同的微控制器和电路板上运行。Arduino 的开发环境（见图 1-6）中集成了很多代码库，通过使用库文件 Maker（创客）可以绕开“如何学习使用不熟悉的外围模块”这一令人头疼的问题，比如当你需要为自己的工程添加一个点阵式的 LCD 显示器，用来显示一些数据和菜单，只要购买或自制一块 LCD Shield，然后在 IDE 中添加 LiquidCrystal 库，就可以通过几行简单的代码在

LCD 上显示文字。

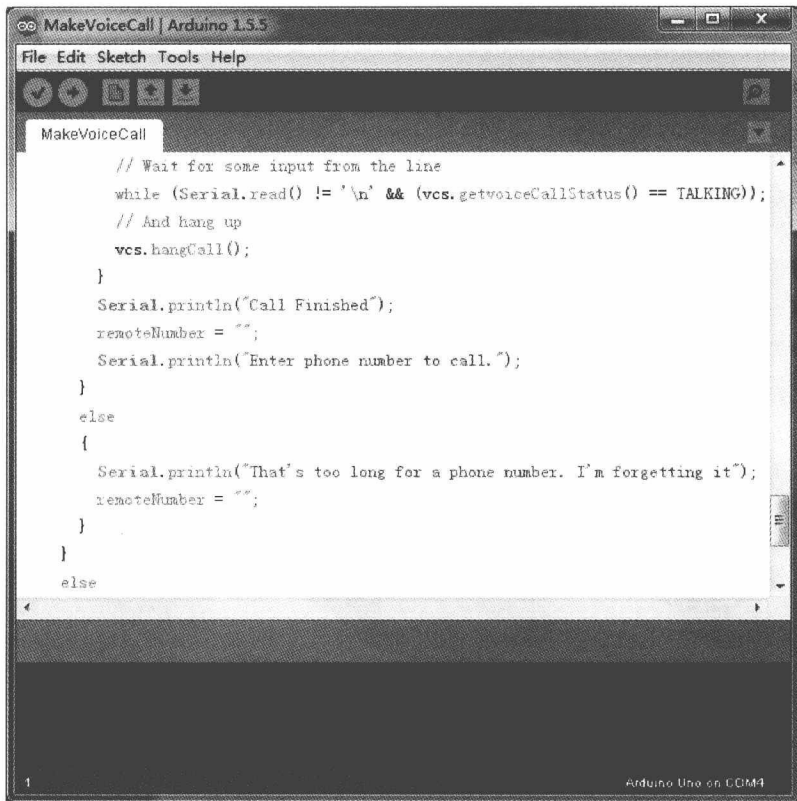


图 1-6 Arduino IDE

Arduino 可以让没有太多编程基础的人做出很酷的东西，这或许正是它的魅力所在。

1.2 Arduino 的生态圈

除了核心的电路板以外，Arduino 还有种类繁多的扩展功能模块。为什么需要模块呢？例如，某位 Maker 想要为卧室的窗户做一个每天早上自动拉开的电动窗帘，而他的手里正好有一块 Arduino 板，那么他只需要一个用来连接电机的电机驱动模块，外加一个可以知道当前时间的时钟模块即可。但是这位 Maker 的朋友也许对电动窗帘不感兴趣，他似乎更关心当他外出后谁来给他的宠物狗喂食，那么好吧，只要将电机驱动模块拿掉，换上一个控制投食口的继电器模块，即可定时定量地向宠物狗的餐盆中投放食物。

Arduino 具有标准的接口，许多主板都互相兼容，因此一个兼容 Arduino 的模块可以提供不同型号的 Arduino 板使用，而且多个模块也可以叠加在同一块 Arduino 板上。在某种意义上这种标准化接口和模块复用让 Arduino 成为电子积木，使用者像搭积木一样将实现不同功

能的模块和电路板拼接在一起，这为 Arduino 建立了良好的生态圈。

上述开源的 Arduino 扩展功能模块囊括了各种应用领域，如光线、声音、温度、湿度等传感器模块，用于数据通信的 GSM、GPRS、Bluetooth 模块，用于测量距离与障碍物的红外、超声波模块，用于控制运动和姿态的电机、舵机控制模块等。除了官方推出的 Shield（见图 1-7）以外，很多第三方机构或个人也制作了个性鲜明的系列模块和扩展板（见图 1-8）。

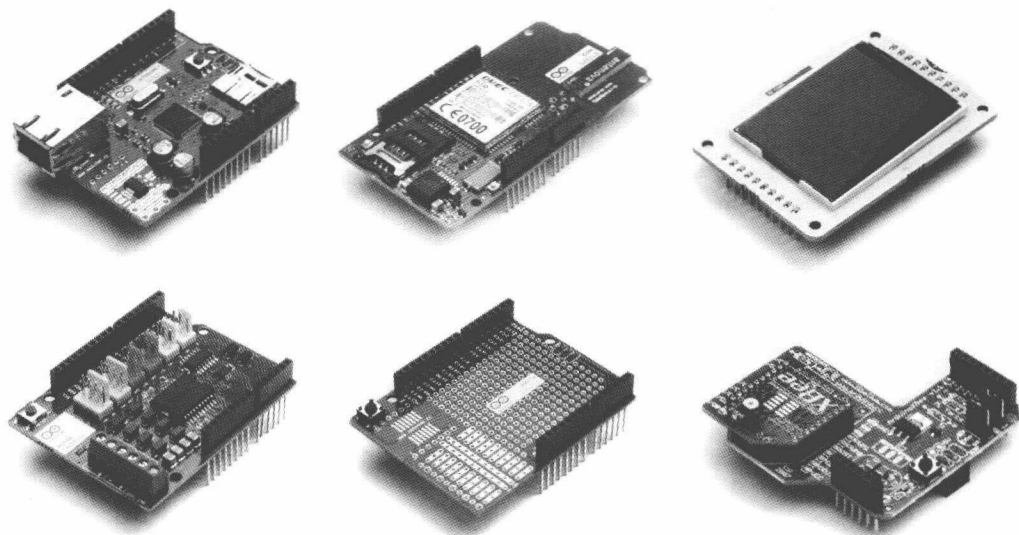


图 1-7 Arduino 官方 Shield

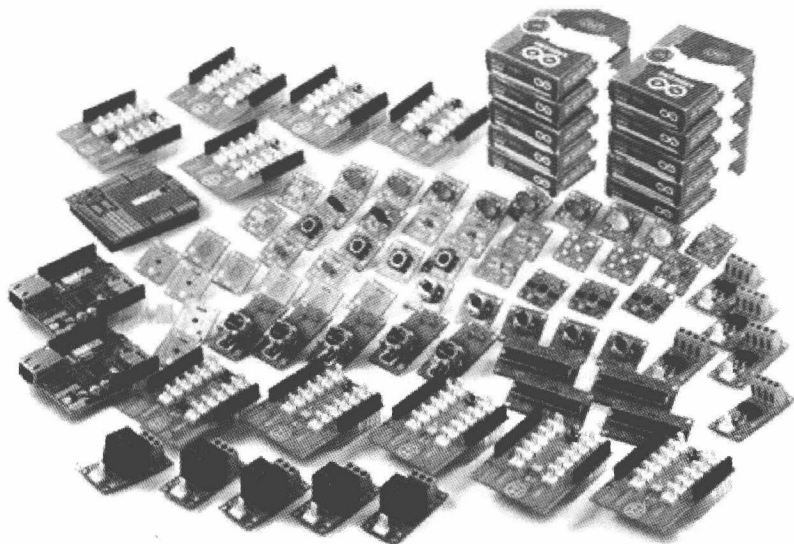


图 1-8 拥有众多模块的第三方套件 Tinker Kit

有如此丰富的模块来实现各种功能的组合，就不用发愁如何将灵感变成实物了。本书充分汲取了 Arduino 的这种特性，读者将在后面内容中学到各种模块的使用方法。

1.3 Arduino 开发方法

1.3.1 Arduino 开发环境搭建和使用

使用 Arduino 的最小化配置为：一台 PC、一根 A 口公头转 B 口公头的 USB 线，以及一块 Arduino 板（比如 Arduino Uno）。将 Arduino 板与 PC 通过 USB 线连接，安装一款 Arduino IDE 软件就可以开始 Arduino 之旅了（见图 1-9）。

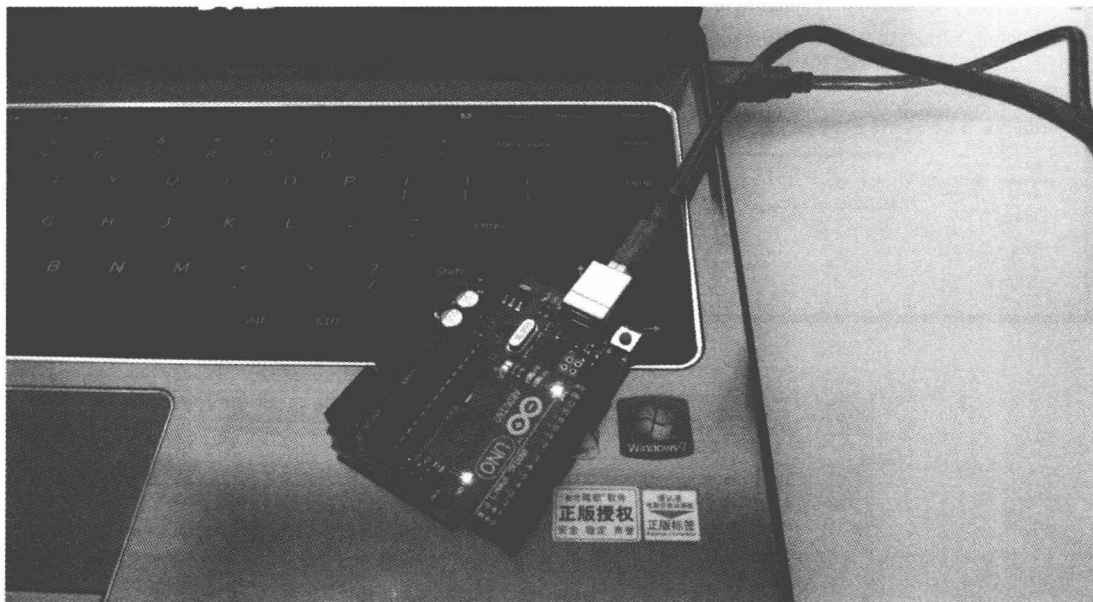


图 1-9 通过 USB 线连接 PC 与 Arduino

可以在官方网站 <http://arduino.cc/> 上下载 Arduino IDE，并且针对 Windows 操作系统 Arduino 官方还提供了免安装版本。选择“Windows (ZIP file)”下载 Arduino IDE 压缩包，笔者使用的版本是 Arduino 1.5.5 Beta（见图 1-10）。

解压下载好的 zip 文件，无需进行安装，直接双击 `arduino.exe` 运行 Arduino IDE。

进入 Arduino IDE（见图 1-11）。软件共分为三部分，上方的菜单栏和工具栏，中间 的代码编辑器，以及下方的调试信息栏和状态栏。菜单栏包含了 Arduino IDE 的全部功能选项。File 菜单用于文件操作，如新建 Sketch 或打开实例；Edit 菜单包含文本编辑和查找等功能；Sketch 菜单包括编译和导入函数库选项；Tools 菜单用于对目标板类型、编程器和串口进行选择和操作。