

爱上Arduino

Arduino:
making on your time

Apress®

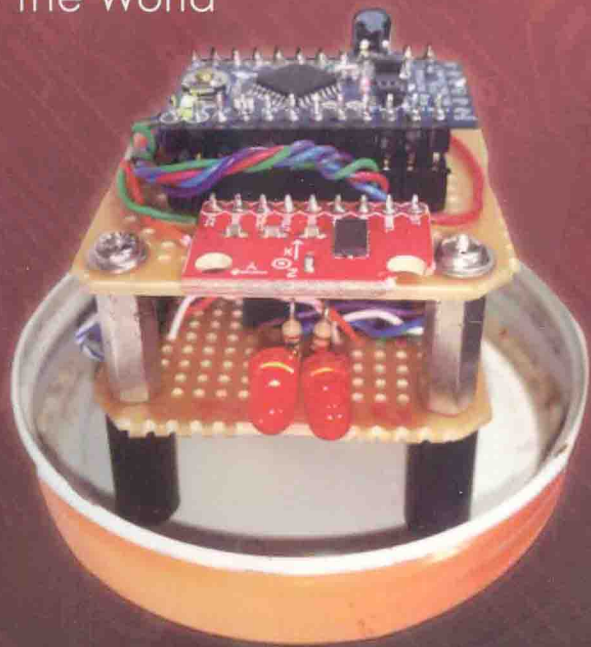
Arduino晋级应用指南

了不起的Arduino制作项目

[美] Emery Premeaux 著 莫红楠 陈静 何雯 张天雷 等 译

Arduino Projects to Save the World

在日本地震核泄漏事件中发挥重要作用的Arduino制作项目你也能做!



《无线电》杂志 倾情推荐

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

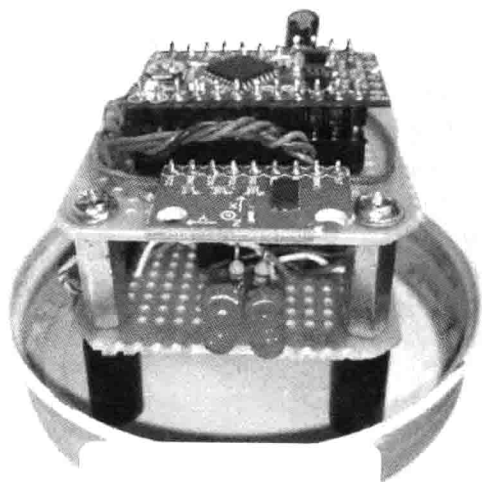
Apres

Arduino 晋级应用指南

了不起的Arduino制作项目

Arduino Projects to Save the World

[美] Emery Premeaux 著 莫红楠 陈静 何雯 张天雷 等 译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

Arduino 晋级应用指南 : 了不起的 Arduino 制作项目 /
(美) 普利米尔克斯 (Premeaux, E.) 著 ; 莫红楠等译
— 北京 : 人民邮电出版社, 2014. 6
(爱上 Arduino)
ISBN 978-7-115-35393-1

I. ①A… II. ①普… ②莫… III. ①单片微型计算机
—指南 IV. ①TP368.1-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 080327 号

版权声明

Arduino Projects to Save the World By Emery Premeaux, ISBN: 978-1-4302-3623-8 Original English language edition published by Apress Media. Copyright © 2011 by Apress Media. Simplified Chinese-language edition copyright ©2014 by Posts & Telecom Press. All rights reserved.

本书由 Apress 授权人民邮电出版社出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书任何部分内容。

版权所有, 侵权必究。

内 容 提 要

本书在日本地震核泄漏的真实背景下撰写, 作者亲身参加了地震所造成的核污染的测量和发布工作, 设备全部基于 Arduino 搭建的开源硬件系统, 挽救了无数人的生命。从盖格计数器开始, 带领读者学习模数转换, 完成蜘蛛移动温度计、太阳能供电、无线传输、在线服务、节约能源等众多项目。

-
- ◆ 著 [美] Emery Premeaux
 - 译 莫红楠 陈 静 何 雯 张天雷 等
 - 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街 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 14.5
字数: 327 千字 2014 年 6 月第 1 版
印数: 1-3 000 册 2014 年 6 月河北第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2012-9089 号



定价: 59.00 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

翻译组

参与本书翻译的有：莫红楠、陈静、何雯、张天雷、郭沐、郑思仪、黄立威。

致父亲

当我向你央求买一套动漫英雄的时候，你却给了我一把螺丝刀。在同龄人还没有学会接球的时候，我就学会了焊接，它深深地影响和改变了我的成长轨迹。在一个孩子的想法里（至少对于我），有能力有天赋拆解东西，并组装复原，远远要比什么球啊手套啊神奇得多。你先是给我展示，然后是给我指导，最终信任我，给我完全的自主权，让我去做任何自己喜欢做的事情，至今还不断激励着我。

致母亲

你教会了我如何修补老爸给的螺丝刀在墙上戳出来的各种创伤。实际上，你教会了我应对很多的东西。我的勇气和能力只及你的一半，而且有些时候，我都无法控制好内心的情绪。

致兄弟姐妹

你们教会了我什么是真正的同情心和如何帮助完全陌生的人。真正的同情心，不是一言一行，而是许许多多的一言一行汇集在一起，最后改变了人生的整个视野。没有你们的坚持，我们家不会这么团结稳定。

致爷爷奶奶

感谢你们给予我的可贵的教育，以及你们对我能做好自己的信任。我从来没有回报你们什么，我衷心希望你们能把我的所作所为当作我朝着“做好自己”的诺言迈进的证明。

致全世界的创客空间

衷心祝愿你们能够继续挖掘和激励那些年轻的聪明头脑。希望这些大家寄予厚望的“梦想之所”在地球上永远存在。

——Emery Premeaux

关于作者



Emery Premeaux (又名 MRE), 是一个从小靠汉堡和电子元器件长大的人, 继承了父亲对于拆解机械和电子设备的狂热渴求。甚至在学会餐桌礼仪之前, 他就学会了焊接技术。在成长的大部分时光里, 他都在类似微波炉里烤火箭模型, 自制电子磁铁探宝, 以及建造各种 Rube-Goldberg 类新奇装置来“捕猎怪兽”等诡异事情上度过。童年的种种经历, 冥冥中蕴含着一种基调, 那就是技术, 不但奇妙, 而且真的能成就英雄, 七宝奇谋、创战记和菜鸟大反攻对他产生过巨大的影响。

后来, 所谓的“成年人就要现实”这个阶段到来了。所以 MRE 开始了他的“追求成功之旅”。一系列技术导向的工作, 让他学得一身过硬本领, 包括但不限于在各种老虎机游戏机上作弊, 制造和维护非常复杂的机器人来操作非常简单的东西, 研究怎么把三层楼高、两百吨重的建筑设施摧毁, 以及回答“我们怎么测量?”之类的问题。

10 年转瞬即逝, 在经历了更多的与电子工业相关的工作之后, MRE 突然觉得, 搞一个真正的学位有可能有点好处。于是他就通过努力获得了一个学位。结果学位没带来一点好处。别误解这句话, 学位这玩意还是非常有用的。只是当他把电子工程专科和本科学位都拿到以后, 他找了一份完全不同领域的工作而已。MRE 现在居住日本。他给日本工程师和普通日本小孩子讲授科技英语。同时他也是东京创客空间的发起人之一, 他在那里讲授电子学、Arduino 单片机、都市农耕以及羽毛和金属艺术品。授课对象则是任何愿意尝试新鲜事物的人, 你可以访问他的网站 <http://diy-scib.org>。

合著作者



Brian Evans 是丹佛大都会州立学院的副教授, 讲授艺术和设计, 涉及的话题有空间媒体、电子学和 3D 打印, 也是一名电子媒体艺术家。他的很多课程都使用开源硬件, 包括 MakerBot 和 RepRap3D 打印机以及 Arduino 单片机平台, 用以创建新的艺术和设计。他的作品曾在巴恩斯德尔公园的洛杉矶市政艺术展览馆、奥兰治县当代艺术中心和加利福尼亚州立大学艺术博物馆展出。2009 年 Evans 就职于加拿大阿伯达板芙新媒体艺术中心, 还是纽约 2011 开放硬件峰会的贡献者。他于 2005 年在亚利桑那州立大学获得本科学位, 于 2008 年在加利福尼亚州立大学获得了硕士学位。

关于技术审校者



Michael Turner 出生于美国加利福尼亚州科罗纳多。他的编程生涯开始于 1976 年，那时候他 12 岁，到了高中阶段，他已经开始学习计算机科学硕士级别的课程了。他 1982 年参军，学习电子学，在美国海军服役期间，担任核能操作手以及潜艇水兵。离开美国海军之后，Micael 继续了他的学业并获得多个奖项，包括美国联邦地区法院亚利桑那区特殊服务奖章。Michael 现在作为高级 IT 专家供职于凤凰城警察总署，负责维护和开发警察局的关系数据库，使用 C#和 VB 语言，以及大型机语言 ALGOL。他是 Arduino 和.netmf 平台的狂热爱好者。

致谢

没有 Apress 出版社工作人员的敦促和鼓励，本书无法付诸印刷，特别感谢 Frank Pohlmann 和 Corbin Collins。

特别感谢：Akiba（freaklabs.org，这本书源自你的主意）、Lauren and Chris Shannon（感谢你们提供的冥想之地，感谢 THS 所有人）、Pieter and the SafeCast 的员工、Ronnie（感谢你们提供的相关计算）、Mr. Toussaint，还有我所有的老师、朋友、家人等。还有 Mitch Altman、LadyAda、Hackers On A Plane、Mogostyle.com 的造型师。

感谢所有支持 THS 的所有人：globalsolar.com、konarka.com、Carlos Miranda Levy 和 Relief 2.0，以及所有捐赠者和志愿者。

前言

在日本东北部大地震和海啸过后的这段时间里，我同开源社区里一些非常优秀的人共事，共同研发非比寻常的产品。到现在这个时节，我想你们应该都知道了，海啸对福岛第一核电站造成的严重破坏。当备用发电机被海浪淹没的时候，核反应堆也随之融解了。

几乎是一夜之间，盖格计数器和盖格-穆勒实验管的价格一跃升天。由于盖格计数器备货不足，不仅在日本，全球的价格都受到了冲击。

主流媒体开始将此次事故同切尔诺贝利核泄露事故做大篇幅的比较，日本政府迫于压力，开始进行核辐射程度测量。

很快，创客组织发现，这种所谓测量，每周一次，围绕着政府办公大楼周围，少数几个点，根本是杯水车薪。当前核工业测量仅限于固定传感器基站和少量测量数据，难度很高。从本质来说，整套方法论亟待重写。

地震过后仅仅几天，东京创客空间的几个成员，非常勇敢地冒着生命危险来到空间，参加常规例会。我们立即就如何在大灾难面前贡献力量进行了头脑风暴，主要讨论了如何利用我们的专业技能来改善这场灾难（实际上有好几场）带来的不便。我们讨论了太阳能手机充电器，在捐助和补给请求国际援助，以及给志愿者提供临时休息场所、食品还有他们北上之旅所需的各类设备。

灾难后的第一周，核辐射测量自始至终都是我们讨论的最重要话题。

在此期间，Pieter Franken 同美国的一些同仁建立了联系，他们愿意提供负责收集核辐射测量数据的数据服务器。刚开始的时候，他们也只能是收集类似 Patchube 这种物联网站点所提供的一些独立传感器数据，以及一些独立服务器的数据。即便只有这些数据，他们仍然快速开发了一个核辐射地图，远比日本政府所提供的任何数据服务都要复杂。这里，优势就在于很多分布式的传感器都是爱好者维护的，他们非常愿意花费时间金钱来做出一点贡献。

接着 Peter Franken、SafeCase 网站、东京创客空间三者建立了联系，这个项目的范围得以扩大。Akiba，我们空间的星级会员，无线传感器网络专家，迅速地组装了一套便携式盖格计数器系统，它能够每 5s 向 SD 卡记录核辐射测量数据。这听起来好像不是什么壮举，但是你要知道，在那个时候，政府和最好的大学都只能以 10 人小组肉身撒网到一个区域的形式来进行测量。小组里每个人拿一个盖格计数器、GPS 接收机、摄像机、标记物以及纸板笔记本。他们会先在笔记本上写下 GPS 坐标、当前时间，然后再写上盖格计数器的读数，这简直太低效了。

Pieter 拿到 Akiba 的原型系统，并自己动手做了一些改造，bGeigi 诞生了。bGeigi（或者 bento geigi，学名“午餐盒里的盖格计数器”）包括一个专业且标定过的盖格计数器，无线连接到 Arduino 单片机。Arduino 单片机读取盖格的计数，读取 GPS 位置，然后把全部信息记录到 SD 卡上。更进一步，它还能把 Geiger 读数发送到远端接收器。

这个设备使用起来大概是这样：bGeigi 可以放在汽车或者自行车上，使用电池供电，每 5s 记录一次读数，持续不断地进行 12 个小时。你需要做的，仅仅是开着车到处转，每到一处，系统就会自动采集该处的数据。到目前为止，SafeCast 小组已经在日本北部积累了超过一百万的数据记录。有个志愿者甚至采集了他所在城镇每一条街道的数据。

哪怕是在 SafeCast 项目刚开始那几天，由采集结果生成的数据地图就派上了很大用场。这个地图非常生动，而且可以看到数据随着时间的演变。在当前已经有了一百万个数据记录的情况下，辐射云效应就凸显出来了。随着更多的数据被记录，放射性粉尘的真实模样逐渐清晰。这事情听起来就像玩拼图游戏一样，只是这里你不能看到原图是什么样子。所以，你对数据汇总之后能够呈现出来的样子一无所知，直到收集足够的记录。拼图的每一个碎片，都在揭示新的令人吃惊的情景。

工作组并没有局限于道路数据。他们频繁地在家庭、公园、车站等高交通流区域停留并记录数据。实际上，当时的情况是，第一个 bGeigi 设备制作出来之后，就率先采集了核污染感染区域里面公立学校内部及周边的数据。孩子，永远都应排在第一位。通过这些数据采集过程，组员们发现了一些关于家庭内部及周围核辐射分布的经验，非常有价值。例如放射性物质更容易驻留在某些材料中，以及排水管周围通常是高浓度区域（所以，别让你的宠物饮用或者戏耍水坑里面的水）。

组员们还开展了一系列有价值的实验，例如，测量家庭庭院在清理核辐射物质前后的数据。他们把一半庭院的表层土壤都铲掉装袋，然后对两半分别测量。结果显示，清理的作用非常显著。没有被清理的土壤中，核辐射读数远远高于清理过的土壤（参见 SafeCast 项目组在 YouTube 上关于一生最震惊实验的视频）。就是这么简单地清理表层土壤，效果却是非常积极和明显。不幸的是，新建房屋的其他部分被更严重的辐射方式所污染，非常难以清理，于是人们最终还是决定放弃这片居民区。

SafeCast 工作组的工作模式，是全民数据时代的最佳典范。志愿者个体集结在一起，采纳开源社区的思维方式和工具，来共同解决一个国家级问题，最终得到的方案，超越了现存的所有方案。一开始的时候，他们开放给公众的数据甚至遭到了传统科研团体的抨击和不屑，只得到了京叶大学（日本排名前三的大学之一）的全力支持。

这个“无组织的”、“科研能力饱受质疑的”没有协调机构，全由志愿者构成的组织，制造并部署了日本最大的放射性测量网络。直到最近，接受的还都是私人捐赠。有了京叶大学和那些不愿被提及名称的公司做后盾，这个饱受诟病的由热心国民构成的组织，正在为科研团体和公众提供真实可持续的核辐射数据。

最后，政府也采用了高速全自动移动数据采集的类似解决方案。模仿，就是最好的赞美。

我们现在所有的模型以及对环境的认识，都是基于一些受限的小规模数据集。传统地，通过每天采集一次数据的独立传感器，我们给出对当前环境形势的估计。只有我们不断地、呈指数的增加在外面采集数据的传感器，我们的模型才有可能更加准确。而且，最重要的是，这些数据都要开放给公众。

或许，整个过程中最重要的是，我们要调动所有的爱好者都参与到数据采集过程中。Arduino 单片机非常完美的保证了这一切顺利进行。公众越来越愿意成为志愿移动科学监测站，手机也将以数据收集器的身份重新亮相。

你要问 bGeigi 下一步的打算？先做 iGeigi 手机，然后完成了不起的项目！

目 录

第 1 章 了不起的 Arduino	1
1.0 一次一个 Arduino	1
1.1 通篇都谈传感器	2
1.2 Arduino 的模拟-数字转换接口	2
1.2.1 模拟-数字转换过程	3
1.2.2 改变参考电压	3
1.3 分压电路	4
1.4 设计传感器系统原型的策略	6
1.4.1 了解传感器	6
1.4.2 推导所需公式	7
1.4.3 编写简单的串口工程	7
1.4.4 传感器标定	8
1.4.5 通过传感器函数将传感器代码整合到实际工程	8
1.4.6 尽可能地省电	9
1.5 所需材料和工具	9
1.6 搭建面包板电路	10
1.7 总结	12
第 2 章 蜘蛛温度计	13
2.0 有 6 条腿的温度测量工具	13

2.1 所需硬件	13
2.1.1 零件清单	14
2.1.2 可选	15
2.2 制作过程	15
2.2.1 结构部分	18
2.2.2 推导温度公式	19
2.2.3 测试代码	20
2.3 蜘蛛温度计的基本代码	21
2.3.1 系统测试	25
2.3.2 蜘蛛温度计，再次闪亮登场：标定	25
2.4 增加显示功能	28
2.5 用电池供电	32
2.6 打包封装	34
2.7 各种变种	36
2.8 结论	36
第 3 章 电源丛林	37
3.0.0 让 Arduino 动起来	37
3.1 各种各样的能量源	38
3.1.1 太阳能	38
3.1.2 风能	39
3.1.3 水力发电	39
3.1.4 能量采集	39
3.2 电源系统的三个方面	39
3.2.1 输入（电池、充电控制器和免费能源）	40
3.2.2 整定选项	41
3.3 选择你的 Arduino 传感器	43
3.4 优化系统提高电池寿命的小技巧	45

3.4.1 降低工作电压	45
3.4.2 用稳压二极管来驱动 Aref	46
3.4.3 让 Arduino 休眠	47
3.4.4 在有可能的条件下关闭 LED 指示灯	49
3.5 搭建系统	49
3.5.1 组件	50
3.5.2 搭建流程	52
3.5.3 测量电流消耗	52
3.5.4 确定工作周期（让 Arduino 打盹）	56
3.5.5 更多关于电池的内容	59
3.5.6 太阳能面板的选择	59
3.6 安装	60
3.6.1 准备太阳能面板	60
3.6.2 连接电源供应子系统	61
3.6.3 安装电池盒并连接电源	61
3.6.4 安装传感器	62
3.6.5 搭建时钟电路	62
3.7 软件	63
3.7.0 代码	64
3.8 测试验证	67
3.9 将系统置于盒内	68
第 4 章 远程感知	69
4.0 长距离测量的无线通信	69
4.1 获取地形	69
4.2 对消息流和硬件制定计划	70
4.2.1 一个简单的网络	70
4.2.2 一个复杂的网络	71
4.3 一些可用的无线电选项	72

4.3.1	串行调幅/调频广播	72
4.3.2	蓝牙 UART/串口调制解调器	73
4.3.3	Zigbee 和 Xbee	73
4.3.4	Freakduino	75
4.3.5	天线的选择	76
4.4	建立两个节点的传感器网络	76
4.4.1	Freakduino-Chibi 版本的硬件	76
4.4.2	Xbee 版本硬件 (Stalker 2.0 版本)	91
4.5	数据处理程序	120
4.5.1	添加记录功能	123
4.5.2	将数据读入电子表格	127
4.5.3	总结	128
第 5 章	贡献于群体智能	129
5.0	将数据提交至在线服务	129
5.1	在线数据聚合服务简介	130
5.1.1	Pachube.com	130
5.1.2	Google.com/powermeter	130
5.1.3	Sensorpedia.com	131
5.1.4	Open.Sen.se	131
5.2	Pachube 细观	131
5.2.1	术语和账户限制	132
5.2.2	Pachube 遇见 Arduino	133
5.3	入门	134
5.3.1	安装 Processing 和各种库文件	135
5.3.2	搭建	136
5.3.3	建立 Pachube 的一个源	137
5.3.4	Arduino 程序:Firmata	139
5.3.5	PC 侧: Processing 和 EEML	142
5.3.6	把所有的一切放到一起	145

5.4 更进一步	146
5.5 总结	146
第 6 章 质量效应	147
6.0 用数字地震仪测量地震	147
6.1 数据	149
6.2 项目	150
6.2.0 地震仪技术	150
6.3 微机电系统加速度计的工作原理	151
6.4 搭建硬件	152
6.4.0 搭建原型机	155
6.5 软件	156
6.5.1 Arduino 代码	158
6.5.2 Processing	160
6.6 搭建最终的传感器系统	164
6.6.1 一些考虑	165
6.6.2 线缆方面的考虑	165
6.6.3 部件清单	166
6.6.4 准备工作	167
6.6.5 由三个系统组成的大系统	168
6.6.6 另一种方案: 使用 Pro Mini	172
6.6.7 MAX232 电路板	173
6.6.8 计算机端的 MAX232 电路板	175
6.7 测试和装配	177
6.8 安装	179
6.9 进一步的工作	180
第 7 章 用电量监控	187
7.0 记录用电量	187

7.1 交流电是什么？	187
7.2 能量监控硬件部分	189
7.2.1 分裂铁芯电流变压器	189
7.2.2 交流电/交流电适配器	190
7.2.3 液晶显示器	190
7.2.4 三线延长线插线板	190
7.2.5 零件清单	191
7.3 动手组装	192
7.3.1 电流和电压感应	193
7.3.2 连接显示屏	194
7.3.3 制作导线	194
7.3.4 收尾工作	195
7.4 能量监控代码	196
7.4.1 常量	199
7.4.2 setup()和 loop()	200
7.4.3 calculatePower()	200
7.4.4 displayPower()	201
7.5 标定	202
7.5.1 电流设置	202
7.5.2 电压设置	203
7.5.3 输入数值	205
7.5.4 收工	206
7.6 更进一步	206
7.6.1 能量监视器和 SD 卡协同工作的代码	207
7.6.2 代码总结	211
7.6.3 再进一步？	213
7.7 总结	213

了不起的 Arduino

1.0 一次一个 Arduino

每一个科学家和工程师，都是创客出身。因为，为了发现一些新的事物，你必须经常创造新的事物。对于我们中的“非科学家”，这个比喻让我们同科学家站在了同一个起跑线上。

例如，温度曾经仅仅是一个相对描述：“呃，今天比昨天热，对么？”后来，某个工作室的某个人，利用一些原料，手头的一点空余时间，以及令人吃惊的创造力，制造出了温度计。突然之间，人类有了量化温度衡量“热”和“冷”的能力，而且大家都认可，从而得以跨越大洋大洲传播。更神奇的是，我们还能年复一年地记录冷热，并进行比较。最终，有了足够大的数据集之后，人类就能够基于数据做出合理的估计和预测。

所有这些，都是某个人的心灵手巧：简单的玻璃柱，里面再加上油和其他液体的混合，放在想要测量的地方。

几百年的时光转瞬即逝，我们现在的能力，可以测量非常多的自然现象。以至于我们不但可以预测，还可以检验复杂的生态系统，理解现象的成因和其内部的变化及影响，最重要的是，我们学会了如何消减负面影响——有些负面就彻底被消灭了。比起这个时代的其他技术，传感器（提供定量化测量事物的设备）一直在帮助科学家和普通人挽救生命、挽救资源、挽救世界。

在此前提下，本书的撰写得以成行。通过贡献一点点时间和精力，普通人能够积极的参与到科研数据收集活动中，这个活动对我们好处颇多。而且在这个过程中，参与者还能够不断地完善自身，同样收获颇丰！

在整个美好的愿景中，Arduino 担当了人类和传感器之间的桥梁。从来就没有像 Arduino 这样的一种方式，可以轻而易举地学习微处理器，理解传感器技术，以及撰写相关程序。Arduino 平台，通过提供横跨任何台式机、笔记本电脑和操作系统的简单软硬件系统，都让这一切变得非常简单。更加令人高兴的是，你用来进行 Arduino 编程的语言，是一种非常简单的类似 C 的语言，称作 Processing 语言，它自动帮你克服了很多硬件相关壁垒。最后，基于“模块”概念的标准化电子接口，使得复杂硬件的使用变成了辅助开发板的插拔动作。仅需一点点基本电子学常识，你甚至可以根据特定需求，定制自己所需的“模块”。