

中关村智能硬件产业联盟 推荐用书
Arduino原创项目开发案例，可二次开发利用

清华开发者书库

Arduino Case in Action

Smart Life

Arduino 项目开发 智能生活

李永华 彭木根◎编著

Li Yonghua Peng Mugen



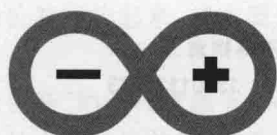
清华大学出版社



开发者书库

Arduino Case in Action

Smart Life



Arduino 项目开发

智能生活

李永华 彭木根 编著

Li Yonghua Peng Mugen

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统论述了 Arduino 开源硬件的架构、原理和开发方法,并具体阐述了 19 个完整的项目设计案例。全书共分 20 章,内容涉及 Arduino 项目设计基础、四旋翼飞行器项目设计、宇宙飞船大战小蜜蜂项目设计等。

在编排方式上,全书侧重对创新产品的项目设计过程进行介绍。分别从需求分析、设计与实现等多个角度论述硬件电路、软件设计、传感器和功能模块等,并剖析产品的功能、使用、电路连接和程序代码。为便于读者高效学习,快速掌握 Arduino 开发方法,本书配套提供项目设计的硬件电路图、程序代码、实现过程中出现的问题及解决方法,可供读者举一反三,二次开发。

本书既可作为高校电子信息类专业“开源硬件设计”“电子系统设计”“创新创业”等课程的教材,也可作为创客及智能硬件爱好者的参考用书,还可作为从事物联网、创新开发和设计专业技术人员的技术参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

Arduino 项目开发:智能生活/李永华,彭木根编著. —北京:清华大学出版社,2019

(清华开发者书库)

ISBN 978-7-302-53057-2

I. ①A… II. ①李… ②彭… III. ①单片微型计算机—程序设计 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 098358 号

责任编辑:赵 凯

封面设计:李召霞

责任校对:白 蕾

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市君旺印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26.25

字 数:638 千字

版 次:2019 年 9 月第 1 版

印 次:2019 年 9 月第 1 次印刷

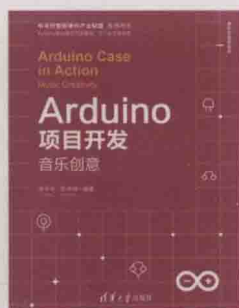
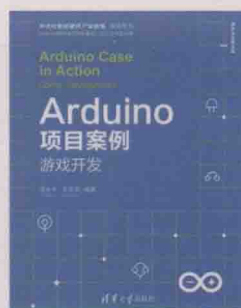
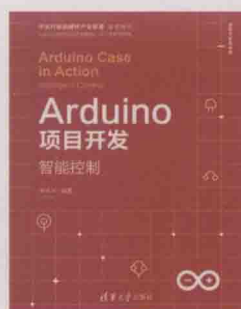
定 价:69.00 元

产品编号:083918-01

| 作 | 者 | 简 | 介 |

李永华 现执教于北京邮电大学，拥有超过10年的嵌入式开发经验，目前致力于物联网、云计算与大数据的研究工作。在教学中善于以兴趣为导向，激发学生的创造性；以素质为基础，提高自身教学水平；以科研为手段，促进教学理念的转变。在研发及教学实践中指导学生实现300个创新案例，参与了30余项国家级与企业横向课题的研究工作，在国内外学术期刊及会议发表论文60余篇，申请专利40余项，出版教材10余部。

清华开发者书库
优秀图书推荐



前言

PREFACE

物联网、智能硬件和大数据技术给社会带来了巨大的冲击,个性化、定制化和智能化的硬件设备成为未来的发展趋势。“中国制造 2025”计划、德国的“工业 4.0”及美国的“工业互联网”都是将人、数据和机器连接起来,其本质是工业的深度信息化,为未来智能社会的发展提供制造技术基础。

在“大众创业、万众创新”的时代背景下,人才培养方法和模式也应该满足当前的时代需求。编者依据当今信息社会的发展趋势,结合 Arduino 开源硬件的发展及智能硬件的发展要求,采取激励创新的工程教育方法,培养适应未来“工业 4.0”发展的人才。因此,本书试图探索基于创新工程教育的基本方法,并将其提炼为适合我国国情、具有自身特色的创新实践教材,对实际教学中应用智能硬件的创新工程教学经验进行总结,包括具体的创新方法和开发案例,希望对教育教学及工业界有所帮助,起到抛砖引玉的作用。

本书的内容和素材主要来源于编者所在学校近几年承担的教育部和北京市的教育、教学改革项目和成果,也是北京邮电大学信息工程专业的同学们创新产品的设计成果。书中系统地介绍了如何利用 Arduino 平台进行产品开发,包括相关的设计、实现与产品应用,主要内容包括 Arduino 设计基础及智能生活案例。

本书的编写也得到了教育部电子信息类专业教学指导委员会、信息工程专业国家第一类、第二类特色专业建设项目、教育部 CDIO 工程教育模式研究与实践项目、教育部本科教学工程项目、信息工程专业北京市特色专业建设、北京市教育教学改革项目、北京邮电大学教育教学改革项目(2019ZY01)的大力支持。在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,衷心希望广大读者多提宝贵意见及具体的整改措施,以便编者进一步修改和完善。

李永华

于北京邮电大学

2019年8月

目录

CONTENTS

第 1 章 Arduino 项目设计基础	1
1.1 开源硬件简介	1
1.2 Arduino 开源硬件	2
1.2.1 Arduino 开发板	2
1.2.2 Arduino 扩展板	5
1.3 Arduino 软件开发平台	7
1.3.1 Arduino 平台特点	7
1.3.2 Arduino IDE 的安装	8
1.3.3 Arduino IDE 的使用	10
1.4 Arduino 编程语言	12
1.4.1 Arduino 编程基础	12
1.4.2 数字 I/O 引脚的操作函数	12
1.4.3 模拟 I/O 引脚的操作函数	13
1.4.4 高级 I/O 引脚的操作函数	14
1.4.5 时间函数	14
1.4.6 中断函数	16
1.4.7 串口通信函数	18
1.4.8 Arduino 的库函数	19
1.5 Arduino 硬件设计平台	20
1.5.1 Fritzing 软件简介	20
1.5.2 Fritzing 使用方法	27
1.5.3 Arduino 电路设计	36
1.5.4 Arduino 开发平台样例与编程	41
第 2 章 四旋翼飞行器项目设计	44
2.1 功能及总体设计	44
2.2 模块介绍	46
2.2.1 主程序模块	46
2.2.2 PID 算法	49
2.2.3 飞控核心代码	51

2.3	产品展示	76
2.4	元件清单	76
第3章	宇宙飞船大战小蜜蜂项目设计	78
3.1	功能及总体设计	78
3.2	模块介绍	80
3.2.1	Processing 模块	80
3.2.2	Arduino 开发板模块	101
3.3	产品展示	103
3.4	元件清单	106
第4章	自动避障环境监测小车项目设计	107
4.1	功能及总体设计	107
4.2	模块介绍	109
4.2.1	主程序模块	109
4.2.2	蓝牙环境采集分析模块	113
4.2.3	WiFi 环境采集分析模块	118
4.3	产品展示	128
4.4	元件清单	129
第5章	智能导盲杖项目设计	130
5.1	功能及总体设计	130
5.2	模块介绍	132
5.2.1	超声波测距模块	132
5.2.2	GPS 模块	132
5.2.3	GSM 模块	137
5.2.4	蜂鸣器模块	139
5.2.5	定位与轨迹模块	140
5.3	产品展示	147
5.4	元件清单	147
第6章	微四轴飞行器项目设计	149
6.1	功能及总体设计	149
6.2	模块介绍	151
6.2.1	主程序模块	151
6.2.2	MPU6050 模块	163
6.2.3	油门驱动模块	166
6.3	产品展示	168
6.4	元件清单	168

第 7 章 便携导盲犬项目设计	169
7.1 功能及总体设计	169
7.2 模块介绍	171
7.2.1 超声波测距模块	171
7.2.2 ESP8266 模块及 GPS 模块	172
7.2.3 扬声器模块	178
7.3 产品展示	182
7.4 元件清单	184
第 8 章 车辆内轮差预警装置项目设计	185
8.1 功能及总体设计	185
8.2 模块介绍	187
8.2.1 声音预警模块	187
8.2.2 光线预警模块	190
8.2.3 视频辅助模块	192
8.2.4 数学模型	195
8.3 产品展示	202
8.4 元件清单	202
第 9 章 磁悬浮项目设计	204
9.1 功能及总体设计	204
9.2 模块介绍	207
9.2.1 驱动模块	207
9.2.2 控制模块	208
9.3 产品展示	212
9.4 元件清单	214
第 10 章 自动平衡小车项目设计	215
10.1 功能及总体设计	215
10.2 模块介绍	217
10.2.1 MPU6050 模块	217
10.2.2 L298N 模块	223
10.2.3 HC-05 蓝牙模块	224
10.3 产品展示	225
10.4 元件清单	227
第 11 章 骑行伙伴项目设计	228
11.1 功能及总体设计	228

11.2	模块介绍	230
11.2.1	采集模块	230
11.2.2	传输模块	236
11.3	产品展示	237
11.4	元件清单	239
第 12 章	医疗通信设备项目设计	240
12.1	功能及总体设计	240
12.2	模块介绍	243
12.2.1	主程序模块	243
12.2.2	心率脉搏传感器模块	246
12.2.3	A6 模块	249
12.2.4	GPS 模块和 SIM800C 模块	255
12.2.5	Processing 显示模块	260
12.2.6	OneNET 平台模块	264
12.3	产品展示	273
12.4	元件清单	275
第 13 章	求救系统项目设计	276
13.1	功能及总体设计	276
13.2	模块介绍	278
13.2.1	GPRS 模块	278
13.2.2	GPS 模块	284
13.2.3	LCD 模块	286
13.2.4	Arduino 开发板模块	287
13.3	产品展示	288
13.4	元件清单	289
第 14 章	头戴式脑电波项目设计	290
14.1	功能及总体设计	290
14.2	模块介绍	293
14.2.1	数据包解析模块	293
14.2.2	注意力频闪小灯功能模块	299
14.2.3	眼动识别模块	301
14.3	产品展示	303
14.4	元件清单	304
第 15 章	PM2.5 检测仪项目设计	305
15.1	功能及总体设计	305

15.2	模块介绍	307
15.2.1	PM2.5 模块	307
15.2.2	温湿度传感器模块	308
15.2.3	LCD 液晶显示屏模块	310
15.3	产品展示	318
15.4	元件清单	319
第 16 章	计算机视觉机器人项目设计	320
16.1	功能及总体设计	320
16.2	模块介绍	323
16.2.1	机器人主程序模块	323
16.2.2	自动避障模式	325
16.2.3	遥控模式	326
16.2.4	计算机视觉识别模式	327
16.2.5	计算机视觉程序实现	328
16.3	产品展示	338
16.4	元件清单	340
第 17 章	智能计步器项目设计	341
17.1	功能及总体设计	341
17.2	模块介绍	343
17.2.1	主程序模块	343
17.2.2	三轴加速度传感器	345
17.2.3	LCD 输出模块	348
17.3	产品展示	349
17.4	元件清单	349
第 18 章	智能室外管家项目设计	350
18.1	功能及总体设计	350
18.2	模块介绍	355
18.2.1	主程序模块	355
18.2.2	时钟模块	361
18.2.3	温湿度模块	366
18.3	产品展示	369
18.4	元件清单	371
第 19 章	智能门禁系统项目设计	373
19.1	功能及总体设计	373
19.2	模块介绍	375

19.2.1	服务器模块	375
19.2.2	ESP8266 模块	383
19.2.3	舵机模块	385
19.2.4	输出模块	386
19.3	产品展示	390
19.4	元件清单	392
第 20 章 激光雕刻机项目设计		393
20.1	功能及总体设计	393
20.2	模块介绍	395
20.2.1	主程序模块	395
20.2.2	输出模块	401
20.2.3	软硬件安装模块	406
20.3	产品展示	406
20.4	元件清单	407
参考文献		408



1.1 开源硬件简介

电子电路是人类社会发展的重要成果,在早期的硬件设计和实现上都是公开的,包括电子设备、电器设备、计算机设备以及各种外围设备的设计原理图,大家认为公开是十分正常的事情,所以,早期公开的设计图并不称为开源。1960 年前后,很多公司根据自身利益选择了闭源,由此也就出现了贸易壁垒、技术壁垒、专利版权等问题,不同公司之间也出现了互相起诉的情形。例如,国内外的 IT 公司之间由于知识产权而诉诸法律,屡见不鲜。虽然这种做法在一定程度上有利于公司自身的利益,但是,不利于小公司或者个体创新者的发展。特别是,在互联网进入 Web 2.0 的个性化时代背景下,更加需要开放、免费和开源的开发系统。

因此,在“大众创业,万众创新”的时代背景下,Web 2.0 时代的开发者思考硬件是否可以重新进行开源。电子爱好者、发烧友及广大的创客一直致力于开源的研究,推动开源的发展,最初从很小的物品发展到现在,已经有 3D 打印机、开源的单片机系统等。就是说,开源硬件是指与开源软件采取相同的方式,设计各种电子硬件的总称。也就是说,开源硬件是考虑对软件以外的领域进行开源,是开源文化的一部分。开源硬件是可以自由传播硬件设计的各种详细信息,例如,电路图、材料清单和开发板布局数据,通常使用开源软件来驱动开源的硬件系统。本质上,共享逻辑设计、可编程的逻辑元件重构也是一种开源硬件,通过硬件描述语言代码实现电路图共享。硬件描述语言通常用于芯片系统,也用于可编程逻辑阵列或直接用在专用集成电路中,在当时也称之为硬件描述语言模块或 IP 核。

众所周知,Android 就是开源软件之一。开源硬件和开源软件类似,通过开源软件可以更好地理解开源硬件,就是在之前已有硬件的基础之上进行二次开发。二者也有差别,体现在复制成本上,开源软件的成本几乎是零,而开源硬件的复制成本较高。另外,开源硬件延伸着开源软件代码的定义,包括软件、电路原理图、材料清单、设计图等都使用开源许可协议,自由使用分享,完全以开源的方式去授权。避免了以往 DIY 分享的授权问题。同时,开源硬件把开源软件常用的 GPL、CC 等协议规范带到硬件分享领域,为开源硬件的发展提供了标准。

1.2 Arduino 开源硬件

本节主要介绍 Arduino 开源硬件的各种开发板和扩展板的使用方法、Arduino 开发板的特性以及 Arduino 开源硬件的总体情况,以便更好地应用 Arduino 开源硬件进行开发创作。

1.2.1 Arduino 开发板

Arduino 开发板是基于开放原始代码简化的 I/O 平台,并且使用类似 Java、C/C++ 语言的开发环境。可以快速使用 Arduino 语言与 Flash 或 Processing 软件,完成各种创新作品。Arduino 开发板可以使用各种电子元件,如传感器、显示设备、通信设备、控制设备或其他可用设备。

Arduino 开发板也可以独立使用,成为与其他软件沟通的平台,例如,Flash、Processing、Max/MSP、VVVV 或其他互动软件。Arduino 开发板的种类很多,包括 Arduino UNO、YUN、DUE、Leonardo、Tre、Zero、Micro、Esplora、MEGA、MINI、NANO、Fio、Pro 以及 LilyPad Arduino 等。随着开源硬件的发展,将会出现更多的开源产品,下面介绍几种典型的 Arduino 开发板。

Arduino UNO 开发板是 Arduino USB 接口系列的常用版本,是 Arduino 平台的参考标准模板,如图 1-1 所示。Arduino UNO 开发板的处理器核心是 ATmega328,具有 14 个数字输入/输出引脚(其中 6 个可作为 PWM 输出)、6 个模拟输入引脚、1 个 16MHz 晶体振荡器、1 个 USB 接口、1 个电源插座、1 个 ICSP 插头和 1 个复位按钮。

如图 1-2 所示,Arduino YUN 是一款基于 ATmega32U4 和 Atheros AR9331 的单片机开发板。Atheros AR9331 可以运行基于 Linux 和 OpenWRT 的操作系统 Linino。这款单片机开发板具有内置的 Ethernet、WiFi、1 个 USB 接口、1 个 Micro 插槽、20 个数字输入/输出引脚(其中 7 个可以用于 PWM,12 个可以用于 ADC)、1 个 Micro USB 接口、1 个 ICSP 插头、3 个复位开关。



图 1-1 Arduino UNO 开发板

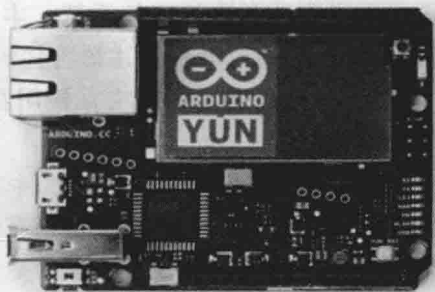


图 1-2 Arduino YUN 开发板

如图 1-3 所示,Arduino DUE 是一块基于 Atmel SAM3X8E CPU 的开发板。它是第一块基于 32 位 ARM 核心的 Arduino 开发板,有 54 个数字输入/输出引脚(其中 12 个可用于 PWM 输出)、12 个模拟输入引脚、4 个 UART 硬件串口、84MHz 的时钟频率、1 个 USB

键盘,它对开发板的性能也会产生影响。

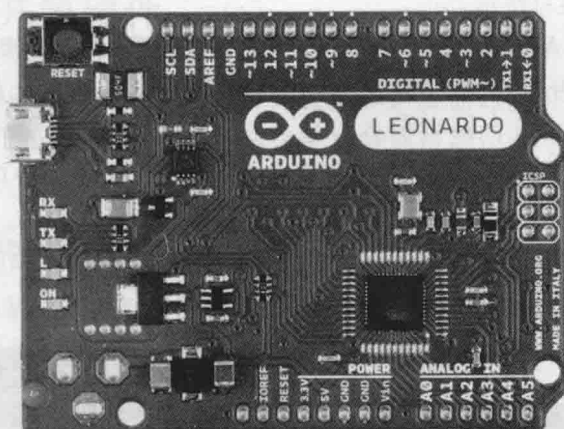


图 1-5 Arduino Leonardo 开发板

如图 1-6 所示,Arduino Ethernet 是一款基于 ATmega328 的开发板。它有 14 个数字输入/输出引脚、6 个模拟输入引脚、1 个 16MHz 晶体振荡器、1 个 RJ-45 连接、1 个电源插座、1 个 ICSP 头和 1 个复位按钮。引脚 10、11、12 和 13 只能用于连接以太网模块,不可作为他用,可用引脚只有 9 个,其中 4 个可用于 PWM 输出。

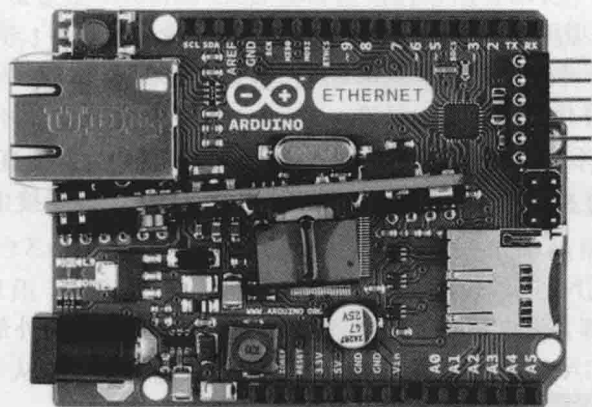


图 1-6 Arduino Ethernet 开发板

Arduino Ethernet 没有板载 USB 转串口驱动器芯片,但是有 1 个 WIZnet 以太网接口。该接口与以太扩展板相同。板载 microSD 读卡器可用于存储文件,能够通过 SD 库进行访问。引脚 10 留为 WIZnet 接口,SD 卡的 SS 在引脚 4 上。引脚 6 串行编程头与 USB 串口适配器兼容,与 FTDI USB 电缆、Sparkfun 和 Adafruit FTDI 式基本 USB 转串口分线板也兼容。它支持自动复位,从而无须按下开发板上的复位按钮即可上传程序代码。当插入 USB 转串口适配器时,Arduino Ethernet 由适配器供电。

如图 1-7 所示,Arduino Robot 是一款有轮子的 Arduino 开发板。Arduino Robot 有控制板和电机板,每个开发板有 1 个处理器,共 2 个处理器。电机板控制电机,控制板读取传感器的数值并决定如何操作。每个开发板都是完整的 Arduino 开发板,用 Arduino IDE 进行编程。直流电机板和控制板都是基于 ATmega32u4 的开发板。Arduino Robot 将它的一

些引脚映射到板载的传感器和制动器上。

Arduino Robot 编程的步骤与 Arduino Leonardo 类似,2 个处理器都有内置式 USB 通信,无须二级处理器,可以充当计算机的虚拟(CDC)串行/通信端口。Arduino Robot 有一系列预焊接连接器,所有连接器都标注在开发板上,通过 Arduino Robot 库映射到指定的端口上,从而使用标准 Arduino 函数,在 5V 电压下,每个引脚都可以提供或接受最高 40mA 的电流。

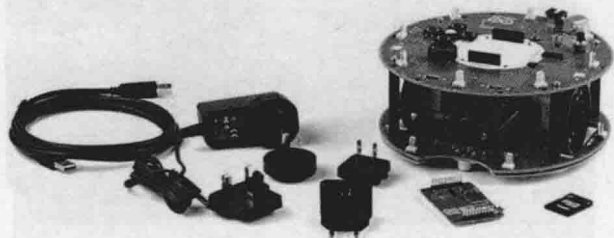


图 1-7 Arduino Robot 开发板

如图 1-8 所示,Arduino NANO 是一款小巧全面且基于 ATmega328 的开发板,与 Arduino Duemilanove 的功能类似,但封装不同,没有直流电源插座且采用 Mini-B USB 电缆。Arduino NANO 开发板上的 14 个数字引脚都可用于输入或输出,利用 `pinMode()`、`digitalWrite()` 和 `digitalRead()` 函数可以对它们操作。工作电压为 5V,每个引脚都可以提供或接受最高 40mA 的电流,都有 1 个 20~50k Ω 的内部上拉电阻器(默认情况下断开)。Arduino NANO 开发板有 8 个模拟输入,每个模拟输入都提供 10 位的分辨率(即 1024 个不同的数值)。默认情况下,它们的电压为 0~5V,可以利用 `analogReference()` 函数改变其电压范围的上限值,模拟引脚 6 和 7 不能作为数字引脚。

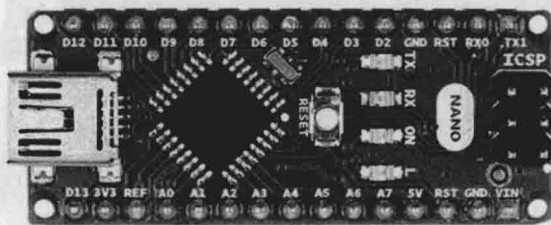


图 1-8 Arduino NANO 开发板

1.2.2 Arduino 扩展板

在 Arduino 开源硬件系列中,除了主要开发板之外,还有与之配合使用的各种扩展板,可以插到开发板上增加额外的功能。选择适合的扩展板,可以增强系统开发的功能,常见的扩展板有 Arduino Ethernet Shield、Arduino GSM Shield、Arduino Motor Shield、Arduino 9 Axes Motion Shield 等。

Arduino Ethernet Shield(以太网盾)扩展板如图 1-9 所示,有 1 个标准的有线 RJ-45 连接,具有集成式线路变压器和以太网供电功能,可将 Arduino 开发板连接到互联网。基于 WIZnet W5500 以太网芯片,提供网络(IP)堆栈,支持 TCP 和 UDP 协议。可以同时支持 8 个套接字连接,使用以太网库写入程序代码。