

北京邮电大学精品教材

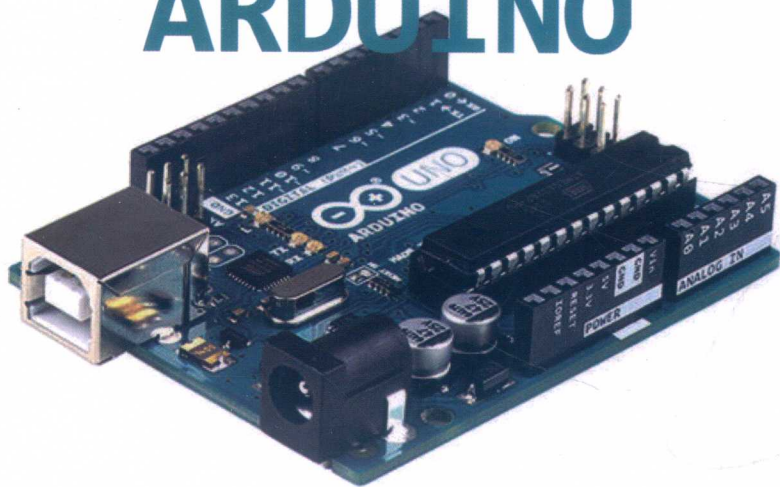
中关村智能硬件产业联盟推荐用书

Arduino原创项目开发案例，可二次开发利用

清华

开发者书库

∞
+
-
ARDUINO



Arduino Case in Action

Arduino案例实战

(卷VI)

李永华◎编著

Li Yonghua

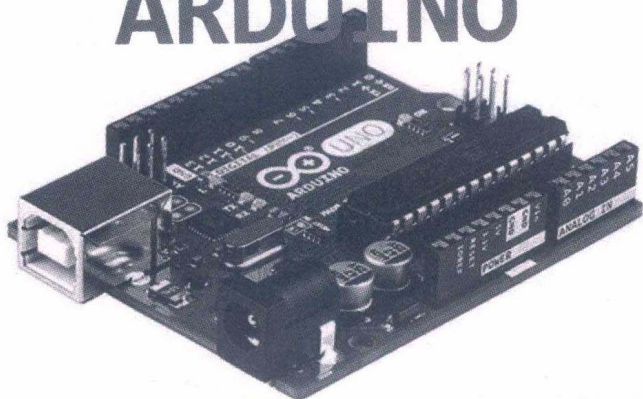
赠源代码
电路图

清华大学出版社



清华

开发者书库



Arduino Case in Action

Arduino案例实战

(卷 VI)

李永华◎编著

Li Yonghua

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、开发方法及 15 个完整的项目设计案例。本书共 16 章,内容包括 Arduino 设计基础、自动还原魔方人工智能项目设计、小花的饮料机项目设计、智能水杯项目设计、智能手环项目设计、多功能监控拍照报警系统项目设计、Gamebuino 复古式游戏机和自制小游戏项目设计、基于 Arduino 的智能冰箱项目设计、盲人手杖项目设计、射击对决项目设计、手势控制 Arduino 操控计算机项目设计、蓝牙智能机器人项目设计、万能遥控器项目设计、智能垃圾桶项目设计、多功能闹钟项目设计和语音控制的机械臂项目设计。

在编排方式上,全书侧重针对创新产品的项目设计过程进行描述,分别从需求、分析、设计与实现等角度论述了硬件电路、软件设计、传感器和功能模块等,并剖析了产品的功能、使用、电气连接和程序代码等。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和程序代码,可供读者举一反三,二次开发。

本书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,也可以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 案例实战. 卷 VI/李永华编著. —北京:清华大学出版社,2018

(清华开发者书库)

ISBN 978-7-302-50522-8

I. ①A… II. ①李… 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(2018)第 139429 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

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:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:186mm×240mm

印 张:25.25

字 数:569 千字

版 次:2018 年 12 月第 1 版

印 次:2018 年 12 月第 1 次印刷

定 价:79.00 元

产品编号:079272-01

| 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，致力于物联网和智能硬件的研究开发工作。在教学中以兴趣为导向，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，促进教学理念转变。通过信息工程专业综合改革，探索了以“学生学为中心”的教学模式，营造生动活泼的学习氛围，提高学生独立思考问题、发现问题、解决问题的能力，激发学生的创造激情。在研发及教学实践中指导学生实现200余个创新案例，并指导着一支物联网开发团队，曾在物联网、开源硬件等技术领域进行了多场学术报告，并且出版了《AllJoyn技术原理及物联网程序开发指南》《Arduino实战指南——游戏开发、智能硬件、人机交互、智能家居与物联网设计30例》《Arduino软硬件协同设计实战指南》等多部物联网技术方面的著作。

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,人才的培养方法和模式也应该满足当前的时代需求。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,培养可以适应未来“工业 4.0”发展的人才就显得相当重要。因此,笔者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。本书对实际教学中应用智能硬件的创新工程教学经验进行了总结,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作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 开发平台进行产品开发,包括相关的设计、实现与产品应用,主要内容包括 Arduino 设计基础及项目开发案例,涉及智能控制类开发案例、生活便捷类开发案例、物联网开发案例、人机交互类开发案例及其他创意类开发案例。

在编排方式上,全书侧重针对创新产品的项目设计过程进行描述,分别从需求、分析、设计与实现等角度论述了硬件电路、软件设计、传感器和功能模块等,并剖析了产品的功能、使用、电气连接和程序代码等。

本书主要由李永华编著。此外,李和禹、陈河泉、陈向梅、张秋彤、李昕烨、张国利也参与了部分内容的编写。同时,感谢林家儒教授的鼎力支持和悉心指导,感谢郑铖、谭扬、黄旭新、顾铁玥、高凡石、陈佳丰等研究生的大力协助,感谢北京邮电大学信息工程专业所有同学,感谢父母妻儿在精神上给予的支持与鼓励!

本书获得了北京邮电大学创新创业教育精品课程项目的资助。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特色专业建设项目、信息工程专业国家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的支持。在此一并表示感谢!

本书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,也可以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。为便于读者高效学习,及时掌握 Arduino 开发方法,本书配套提供项目设计的硬件电路图和程序代码,可供读者举一反三,二次开发。欢迎广大读者加入开源硬件学习 QQ 群 605892846,以便获取本书配套资源,进行学习交流。

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,衷心地希望各位读者多提宝贵意见及具体的修改建议,以便再版更正。

李永华

于北京邮电大学

本书突出的特点

- 典型场景的创新应用
- 智能开源的编程实践
- 不同领域的经典案例
- 多种产品的功能实现

注：本书提供配套学习资源，下载地址为清华大学出版社本书页面。

目录

CONTENTS

第 1 章 Arduino 设计基础	1
1.1 开源硬件概述	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	6
1.3.1 Arduino 平台特点	7
1.3.2 Arduino IDE 的安装	7
1.3.3 Arduino IDE 的使用	10
1.4 Arduino 编程语言	11
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	19
1.4.8 Arduino 的库函数	20
1.5 Arduino 硬件设计平台	20
1.5.1 Fritzing 软件简介	21
1.5.2 Fritzing 使用方法	29
1.5.3 Arduino 电路设计	39
1.5.4 Arduino 开发平台样例与编程	45
第 2 章 自动还原魔方人工智能项目设计	48
2.1 项目背景	48
2.2 创新描述	48

2.3	功能及总体设计	48
2.3.1	功能介绍	48
2.3.2	总体设计	49
2.3.3	模块介绍	49
2.4	产品展示	89
2.5	故障及问题分析	90
2.6	元器件清单	91
第3章	小花的饮料机项目设计	93
3.1	项目背景	93
3.2	创新描述	93
3.3	功能及总体设计	93
3.3.1	功能介绍	93
3.3.2	总体设计	94
3.3.3	模块介绍	95
3.4	产品展示	106
3.5	故障及问题分析	108
3.6	元器件清单	108
第4章	智能水杯项目设计	110
4.1	项目背景	110
4.2	创新描述	110
4.3	功能及总体设计	110
4.3.1	功能介绍	110
4.3.2	总体设计	111
4.3.3	模块介绍	112
4.4	产品展示	132
4.5	故障及问题分析	132
4.6	元器件清单	133
第5章	智能手环项目设计	135
5.1	项目背景	135
5.2	创新描述	135
5.3	功能及总体设计	135
5.3.1	功能介绍	136
5.3.2	总体设计	136

5.3.3 模块介绍	140
5.4 产品展示	148
5.5 故障及问题分析	148
5.6 元器件清单	149
第6章 多功能监控拍照报警系统项目设计	150
6.1 项目背景	150
6.2 创新描述	150
6.3 功能及总体设计	150
6.3.1 功能介绍	150
6.3.2 总体设计	151
6.3.3 模块介绍	154
6.4 产品展示	181
6.5 故障及问题分析	182
6.6 元器件清单	184
第7章 Gamebuino 复古式游戏机和自制小游戏项目设计	186
7.1 项目背景	186
7.2 创新描述	186
7.3 功能及总体设计	186
7.3.1 功能介绍	187
7.3.2 总体设计	187
7.3.3 模块介绍	189
7.4 产品展示	203
7.5 故障及问题分析	204
7.6 元器件清单	205
第8章 基于 Arduino 的智能冰箱项目设计	206
8.1 项目背景	206
8.2 创新描述	206
8.3 功能及总体设计	207
8.3.1 功能介绍	207
8.3.2 总体设计	207
8.3.3 模块介绍	210
8.4 产品展示	222
8.5 故障及问题分析	224

8.6 元器件清单	225
第9章 盲人手杖项目设计	227
9.1 项目背景	227
9.2 创新描述	227
9.3 功能及总体设计	227
9.3.1 功能介绍	228
9.3.2 总体设计	228
9.3.3 模块介绍	231
9.4 产品展示	249
9.5 故障及问题分析	250
9.6 元器件清单	251
第10章 射击对决项目设计	252
10.1 项目背景	252
10.2 创新描述	252
10.3 功能及总体设计	252
10.3.1 功能介绍	252
10.3.2 总体设计	253
10.3.3 模块介绍	253
10.4 产品展示	268
10.5 故障及问题分析	269
10.6 元器件清单	270
第11章 手势控制 Arduino 操控计算机项目设计	271
11.1 项目背景	271
11.2 创新描述	271
11.3 功能及总体设计	271
11.3.1 功能介绍	272
11.3.2 总体设计	272
11.3.3 模块介绍	275
11.4 产品展示	287
11.5 故障及问题分析	289
11.6 元器件清单	289

第 12 章 蓝牙智能机器人项目设计	291
12.1 项目背景	291
12.2 创新描述	291
12.3 功能及总体设计	291
12.3.1 功能介绍	292
12.3.2 总体设计	292
12.3.3 模块介绍	294
12.4 产品展示	300
12.5 故障及问题分析	301
12.6 元器件清单	302
第 13 章 万能遥控器项目设计	303
13.1 项目背景	303
13.2 创新描述	303
13.3 功能及总体设计	303
13.3.1 功能介绍	303
13.3.2 总体设计	304
13.3.3 模块介绍	306
13.4 产品展示	321
13.5 故障及问题分析	322
13.6 元器件清单	323
第 14 章 智能垃圾桶项目设计	324
14.1 项目背景	324
14.2 创新描述	324
14.3 功能及总体设计	324
14.3.1 功能介绍	324
14.3.2 总体设计	325
14.3.3 模块介绍	326
14.4 产品展示	343
14.5 故障及问题分析	345
14.6 元器件清单	346
第 15 章 多功能闹钟项目设计	348
15.1 项目背景	348

15.2	创新描述	348
15.3	功能及总体设计	348
15.3.1	功能介绍	348
15.3.2	总体设计	349
15.3.3	模块介绍	351
15.4	产品展示	370
15.5	故障及问题分析	371
15.6	元器件清单	372
第 16 章	语音控制的机械臂项目设计	373
16.1	项目背景	373
16.2	创新描述	373
16.3	功能及总体设计	373
16.3.1	功能介绍	373
16.3.2	总体设计	374
16.3.3	模块介绍	374
16.4	产品展示	390
16.5	故障及问题分析	391
16.6	元器件清单	392
参考文献	393

第 1 章



Arduino 设计基础

1.1 开源硬件概述

电子电路是人类社会发展的重要成果,早期的硬件设计和实现都是公开的,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 年左右,很多公司根据自身利益选择了闭源,由此出现了贸易壁垒、技术壁垒、专利版权等问题,以及不同公司之间互相起诉的现象。例如,国内外的 IT 公司之间由于知识产权而法庭相见的案例屡见不鲜。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 的个性化时代后,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 时代的开发者开始思考是否可以重新对硬件进行开源。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。最初是很小的东西,发展到现在已经有开源的 3D 打印机、单片机系统等。一般认为,开源硬件是与开源软件采取相同的方式设计的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。开源硬件可以自由传播硬件设计的各种详细信息,如电路图、材料清单和电路板布局数据。通常使用开源软件驱动开源的硬件系统。本质上,共享逻辑设计、可编程的逻辑器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,这在当时也称为硬件描述语言模块或 IP cores。

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。开源硬件就是在之前已有硬件的基础之上进行二次开发,二者的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,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规范。

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的 Simple 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,完成各种创新的作品。Arduino 开发板可以使用各种电子元件,如各种传感器、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,如 Flash、Processing、Max/MSP、VVVV 或其他互动软件。Arduino 的开发板种类有很多,包括 Arduino UNO、YUN、DUE、Leonardo、Tre、Zero、Micro、Esplora、MEGA、Mini、NANO、Fio、Pro 以及 LilyPad Arduino。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 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 的处理器核心是 ATmega328,具有 14 路数字输入/输出接口(其中 6 路可作为 PWM 输出)、6 路模拟输入接口、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/输出接口(其中 7 个可以用于 PWM、12 个可以用于 ADC)、1 个 Micro USB、1 个 ICSP 插头和 3 个复位开关。

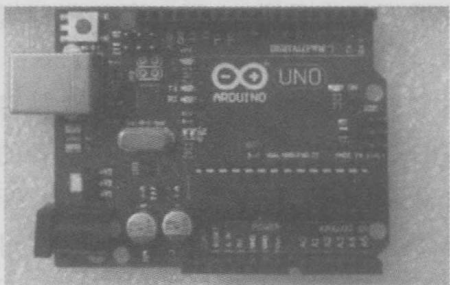


图 1-1 Arduino UNO

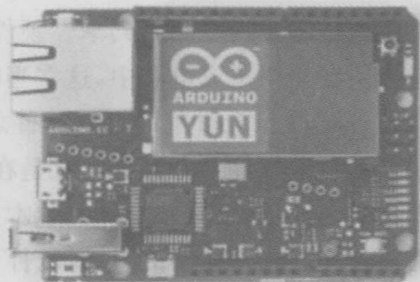


图 1-2 Arduino YUN

如图 1-3 所示,Arduino DUE 是一块基于 Atmel SAM3X8E CPU 的微控制器板。它是第一块基于 32 位 ARM 核心的 Arduino 开发板,有 54 个数字输入/输出接口(其中 12 个可用于 PWM 输出)、12 个模拟输入口、4 路 UART 硬件串口、84MHz 的时钟频率、1 个 USB OTG 接口、2 路 DAC(模数转换)、2 路 TWI、1 个电源插座、1 个 SPI 接口、1 个 JTAG 接口、1 个复位按键和 1 个擦写按键。

如图 1-4 所示,Arduino MEGA 2560 开发板也是采用 USB 接口的核心电路板,它最大的特点就是具有多达 54 路数字输入/输出接口,特别适合需要大量输入/输出接口的设计。MEGA 2560 开发板的处理器核心是 ATmega2560,具有 54 路数字输入/输出接口(其中 16 路可作为 PWM 输出)、16 路模拟输入、4 路 UART 接口、1 个 16MHz 晶体振荡器、1 个 USB 口、1 个电源插座、1 个 ICSP 插头和 1 个复位按钮。Arduino MEGA 2560 也能兼容为 Arduino UNO 设计的扩展板。目前,Arduino MEGA 2560 开发板已经发布到第三版,与前两版相比有以下新的特点:

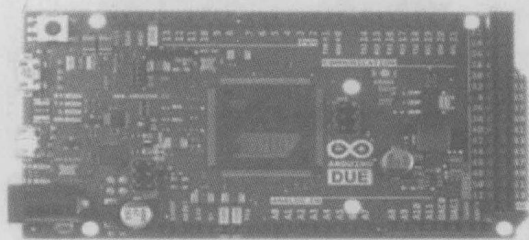


图 1-3 Arduino DUE

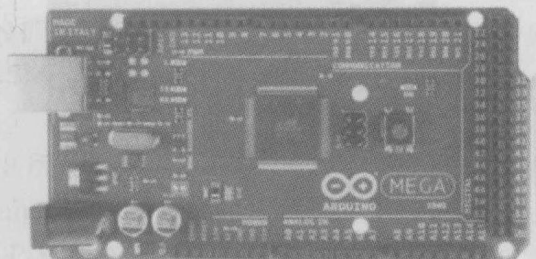


图 1-4 Arduino MEGA 2560

(1) 在 AREF 处增加了两个引脚 SDA 和 SCL,支持 I2C 接口;增加 IOREF 和 1 个预留引脚,以便将来扩展板能够兼容 5V 和 3.3V 核心板;改进了复位电路设计;USB 接口芯片由 ATmega16U2 替代了 ATmega8U2。

(2) 第三版可以通过 3 种方式供电:外部直流电源通过电源插座供电;电池连接电源连接器的 GND 和 VIN 引脚供电;USB 接口直接供电。而且,它能自动选择供电方式。

电源引脚说明如下:

(1) VIN:当外部直流电源接入电源插座时,可以通过 VIN 向外部供电,也可以通过此引脚向 Arduino MEGA 2560 直接供电;VIN 供电时将忽略从 USB 或者其他引脚接入的电源。

(2) 5V:通过稳压器或 USB 的 5V 电压,为 Arduino MEGA 2560 开发板上的 5V 芯片供电。

(3) 3.3V:通过稳压器产生的 3.3V 电压,最大驱动电流为 50mA。

(4) GND:接地引脚。

如图 1-5 所示,Arduino Leonardo 是一款基于 ATmega32U4 的微控制器板。它有 20 个数字输入/输出引脚(其中 7 个可用作 PWM 输出、12 个可用作模拟输入)、1 个 16MHz 晶体振荡器、1 个 Micro USB 连接、1 个电源插座、1 个 ICSP 头和 1 个复位按钮。它具有支

持微控制器所需的一切功能,只需通过 USB 电缆将其连至计算机,或者通过电源适配器、电池为其供电即可使用。

Leonardo 与之前的所有电路板都不同,ATmega32U4 具有内置式 USB 通信,从而无须二级处理器。这样,除了虚拟(CDC)串行/通信端口,Leonardo 还可以充当计算机的鼠标和键盘,它对电路板的性能也会产生影响。

如图 1-6 所示,Arduino Ethernet 是一款基于 ATmega328 的微控制器板。它有 14 个数字输入/输出引脚、6 个模拟输入、1 个 16MHz 晶体振荡器、1 个 RJ45 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,不能它用。可用引脚只有 9 个,其中 4 个可用作 PWM 输出。

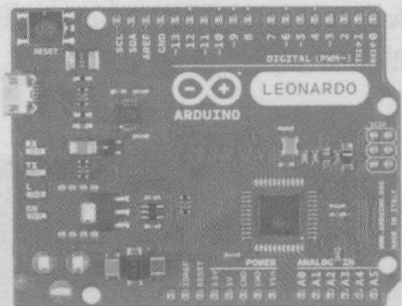


图 1-5 Arduino Leonardo

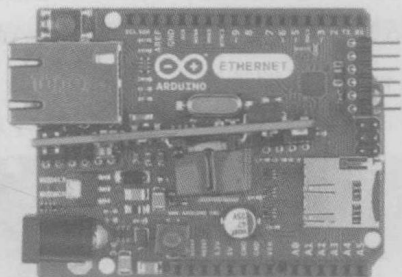


图 1-6 Arduino Ethernet

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,该接口与以太网盾上的相同。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 留作 Wiznet 接口,SD 卡的 SS 在引脚 4 上。6 引脚串行编程头与 USB 串口适配器兼容,与 FTDI USB 电缆或 Sparkfun 和 Adafruit FTDI 式基本 USB 转串口分线板也兼容。它支持自动复位,从而无须按下电路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。

Arduino Robot 是一款有轮子的 Arduino 开发板,如图 1-7 所示。Arduino Robot 有控制板和电机板,每个电路板上有一个处理器,共 2 个处理器。电机板控制电机,控制板读取传感器的数据并决定如何操作。每个电路板都是完整的 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 的微控制器板。Arduino Robot 将它的一些引脚映射到板载的传感器和制动器上。

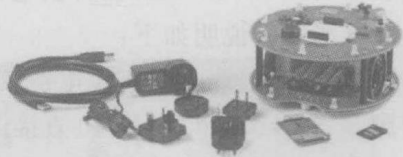


图 1-7 Arduino Robot

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电路板上,通过 Arduino Robot 库映射到指定的端口上,从而可使用标准 Arduino 函数。在 5V 电压下,每个引脚都可以提供或接收最高 40mA 的电流。