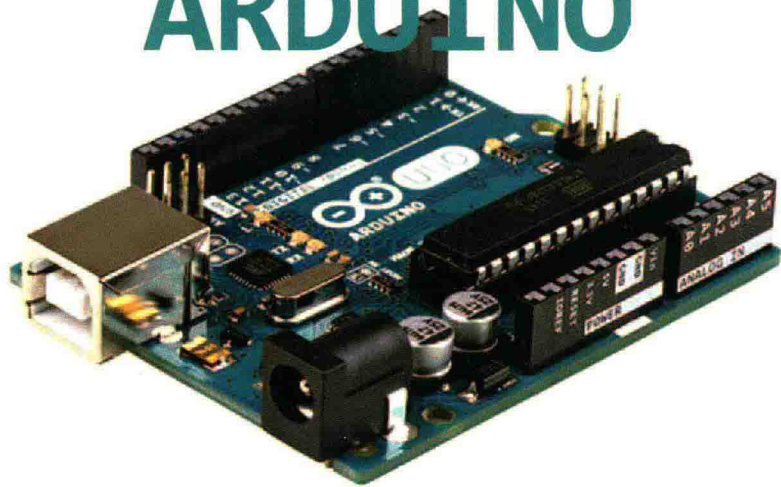


Arduino原创项目开发案例，中关村智能硬件产业联盟推荐用书
配套硬件电路图和工程文件，可二次开发利用



开发者书库



Arduino Case in Action

Arduino案例实战

(卷 II)

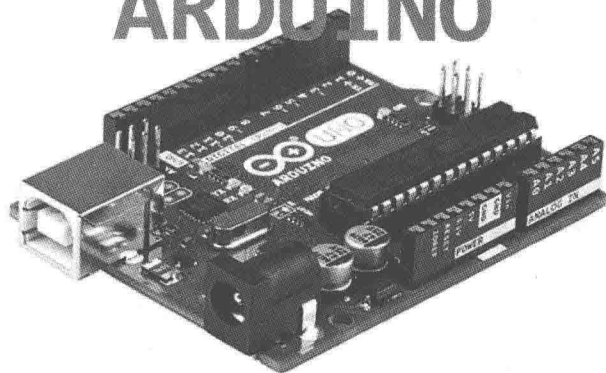
李永华 王思野◎编著
Li Yonghua Wang Siye



清华大学出版社



开发者书库



Arduino Case in Action

Arduino案例实战

(卷 II)

李永华 王思野◎编著
Li Yonghua Wang Siye

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以“大众创业、万众创新”为时代背景,以物联网和智能开源硬件发展为技术背景,总结了智能硬件的创新模式、创新方法和创新产品。本书主要内容包括 Arduino 设计基础及开发案例,涉及 Arduino 智能控制类开发案例、Arduino 生活便捷类开发案例、Arduino 物联网类开发案例、Arduino 人机交互类开发案例、其他 Arduino 创意类开发案例。

本书针对创新产品的实际开发案例进行描述,包括软件设计流程图、硬件电路图、各种传感器和模块,从功能、使用方法、电路连接和实例程序等方面介绍其使用方法;综合应用各种技术,提高产品的总体性能和可实现性。本书案例的内容由总到分、先模块后代码、创新思维与实践案例相结合,以供不同层次的人员需求,同时,本书附有实际项目的硬件设计图和软件实现代码,供读者自我学习和自我提高使用。

本书可作为大学信息与通信工程及相关领域的本科生教材,也可以作为智能硬件爱好者创新手册使用,还可以为创客产生需求、分析产品、设计生产、实现产品提供帮助。对于从事物联网、创新开发和设计的专业技术人员,也可以作为主要的技术参考书。

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 II / 李永华, 王思野编著. —北京: 清华大学出版社, 2017

(清华开发者书库)

ISBN 978-7-302-47250-6

I. ①A… II. ①李… ②王… 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(2017)第 125953 号

责任编辑: 盛东亮

封面设计: 李召霞

责任校对: 梁毅

责任印制: 宋林

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: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 186mm×240mm 印 张: 24 字 数: 552 千字

版 次: 2017 年 10 月第 1 版 印 次: 2017 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~2500

定 价: 69.00 元

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、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。作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,培养可以适应未来工业 4.0 发展的人才。因此,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。本书将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。

本书系统地介绍了如何利用 Arduino 开发平台进行开发产品,包括相关的设计、实现与产品的应用。传统 Arduino 方面的书籍仅侧重介绍具体硬件开发平台的实现方法,而很少关注具体创新案例的开发及工程教育方法应用。因此,本书面向未来的工业创新与发展,通过 CDIO 的工程教育方法,以智能开源硬件平台为基础,培养面向工业 4.0 的创新型人才。

本书的内容和素材主要来自于作者所在的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,北京邮电大学信息工程专业的同学们通过基于 CDIO 工程教育方法的实施,实现了创新产品的整个过程,不但学到了知识,提高了能力,而且为本书提供了第一手素材和资料。

本书对每个案例从项目背景、创意描述、功能及总体设计、具体电路图、系统流程图、子模块介绍、产品展示、故障及问题分析,以及每个案例所用元器件进行详细讲解,使读者可以从不同层面对开发案例进行分析、理解和具体实现。

本书的编写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、北京邮电大学教学综合改革项目的大力支持,在此表示感谢!

同时,也特别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、顾铁玥等研究生同学的大力协助,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,才使得此书得以问世!

本书由北京市教育科学“十二五”规划重点课题(优先关注)、北京市职业教育产教融合专业建设模式研究(ADA15159)资助,特此表示感谢!

由于作者的水平有限,书中不当及错误之处在所难免,衷心地希望各位读者多提宝贵意见及具体的整改措施,以便作者进一步修改和完善。

李永华于北京邮电大学

2017年5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	11
1.4 Arduino 编程语言	12
1.4.1 Arduino 编程基础	13
1.4.2 数字 I/O 口的操作函数	13
1.4.3 模拟 I/O 口的操作函数	14
1.4.4 高级 I/O <code>PulseIn(pin, state, timeout)</code>	15
1.4.5 时间函数	15
1.4.6 中断函数	17
1.4.7 串口通信函数	20
1.4.8 Arduino 的库函数	21
1.5 Arduino 硬件设计平台	21
1.5.1 Fritzing 软件简介	22
1.5.2 Fritzing 使用方法	30
1.5.3 Arduino 电路设计	41
1.5.4 Arduino 样例与编程	47
第 2 章 PM2.5 检测仪	50
2.1 项目背景	50
2.2 创意描述	50
2.3 功能及总体设计	51

2.3.1	功能介绍	51
2.3.2	总体设计	51
2.3.3	模块介绍	52
2.4	产品展示	64
2.5	故障及问题分析	66
2.6	元器件清单	66
第3章	表情口罩	68
3.1	项目背景	68
3.2	创意描述	68
3.3	功能及总体设计	69
3.3.1	功能介绍	69
3.3.2	总体设计	69
3.3.3	模块介绍	72
3.4	产品展示	92
3.5	故障及问题分析	93
3.6	元器件清单	93
第4章	简易心率监测仪	94
4.1	项目背景	94
4.2	创意描述	95
4.3	功能及总体设计	95
4.3.1	功能介绍	95
4.3.2	总体设计	95
4.3.3	模块介绍	96
4.4	产品展示	111
4.5	故障及问题分析	113
4.6	元器件清单	113
第5章	App控制智能小风扇	115
5.1	项目背景	115
5.2	创意描述	115
5.3	功能及总体设计	115
5.3.1	功能介绍	116
5.3.2	总体设计	116
5.3.3	模块介绍	117
5.4	产品展示	124

5.5	故障及问题分析	125
5.6	元器件清单	126
第 6 章	智能天然气控制报警系统	127
6.1	项目背景	127
6.2	创意描述	127
6.3	功能及总体设计	128
6.3.1	功能介绍	128
6.3.2	总体设计	128
6.3.3	模块介绍	129
6.4	产品展示	136
6.5	故障及问题分析	137
6.6	元器件清单	138
第 7 章	自动控制风扇	139
7.1	项目背景	139
7.2	创意描述	139
7.3	功能及总体设计	140
7.3.1	功能介绍	140
7.3.2	总体设计	140
7.3.3	模块介绍	141
7.4	产品展示	148
7.5	故障及问题分析	148
7.6	元器件清单	149
第 8 章	多功能加湿器	150
8.1	项目背景	150
8.2	创意描述	150
8.3	功能及总体设计	150
8.3.1	功能介绍	151
8.3.2	总体设计	151
8.3.3	模块介绍	152
8.4	产品展示	158
8.5	故障及问题分析	159
8.6	元器件清单	160
第 9 章	多功能闹钟	161
9.1	项目背景	161

9.2	创意描述	161
9.3	功能及总体设计	161
9.3.1	功能介绍	161
9.3.2	总体设计	162
9.3.3	模块介绍	163
9.4	产品展示	175
9.5	故障及问题分析	176
9.6	元器件清单	177
第 10 章	红外遥控旋转小风扇	178
10.1	项目背景	178
10.2	创意描述	178
10.3	功能及总体设计	178
10.3.1	功能介绍	178
10.3.2	总体设计	179
10.3.3	模块介绍	179
10.4	产品展示	189
10.5	故障及其问题分析	190
10.6	元器件清单	191
第 11 章	基于自建云服务器的智能家居	192
11.1	项目背景	192
11.2	创意描述	192
11.3	功能及总体设计	193
11.3.1	功能介绍	193
11.3.2	总体设计	193
11.3.3	模块介绍	194
11.4	产品展示	221
11.5	故障及问题分析	224
11.6	元器件清单	224
第 12 章	语音控制台灯	226
12.1	项目背景	226
12.2	创意描述	226
12.3	功能及总体设计	226
12.3.1	功能介绍	226
12.3.2	总体设计	227

12.3.3 模块介绍	228
12.4 产品展示	234
12.5 故障及问题分析	235
12.6 元器件清单	236
第 13 章 盲文教学器	237
13.1 项目背景	237
13.2 创意描述	237
13.3 功能及总体设计	238
13.3.1 功能介绍	238
13.3.2 总体设计	238
13.3.3 模块介绍	239
13.4 产品展示	247
13.5 故障及问题分析	248
13.6 元器件清单	249
第 14 章 智能拳击手套	250
14.1 项目背景	250
14.2 创意描述	250
14.3 功能及总体设计	250
14.3.1 功能介绍	250
14.3.2 总体设计	251
14.3.3 模块介绍	252
14.4 产品展示	261
14.5 故障及问题分析	262
14.6 元器件清单	263
第 15 章 简易翻译机	264
15.1 项目背景	264
15.2 创意描述	264
15.3 功能及总体设计	265
15.3.1 功能介绍	265
15.3.2 总体设计	265
15.3.3 模块介绍	267
15.4 产品展示	277
15.5 故障及问题分析	277
15.6 元器件清单	279

第 16 章 智能教室管理系统	280
16.1 项目背景	280
16.2 创意描述	280
16.3 功能及总体设计	281
16.3.1 功能介绍	281
16.3.2 总体设计	281
16.3.3 模块介绍	283
16.4 产品展示	299
16.5 故障及问题分析	300
16.6 元器件清单	301
第 17 章 基于 Arduino 实现的激光雕刻机	302
17.1 项目背景	302
17.2 创意描述	302
17.3 功能及总体设计	303
17.3.1 功能介绍	303
17.3.2 总体设计	303
17.3.3 模块介绍	305
17.4 产品展示	317
17.5 故障及问题分析	318
17.6 元器件清单	319
第 18 章 自动扫码分拣装置	320
18.1 项目背景	320
18.2 创意描述	320
18.3 功能及总体设计	320
18.3.1 功能介绍	321
18.3.2 总体设计	321
18.3.3 模块介绍	321
18.4 产品展示	344
18.5 故障及问题分析	345
18.6 元器件清单	346
第 19 章 肩带式转向警示器	347
19.1 项目背景	347
19.2 创意描述	347

19.3	功能及总体设计	348
19.3.1	功能介绍	348
19.3.2	总体设计	348
19.3.3	模块介绍	349
19.4	产品展示	356
19.5	故障及问题分析	357
19.6	元器件清单	358
第 20 章	水位监测预警器	359
20.1	项目背景	359
20.2	创意描述	359
20.3	功能及总体设计	360
20.3.1	功能介绍	360
20.3.2	总体设计	360
20.3.3	模块介绍	361
20.4	产品展示	366
20.5	故障及问题分析	367
20.6	元器件清单	368
参考文献	369



Arduino 项目设计基础

1.1 开源硬件简介

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,由此也就出现了贸易壁垒、技术壁垒、专利版权等问题,以及不同公司之间的互相起诉。例如,国内外的 IT 公司之间由于知识产权而法庭相见,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 Web2.0 的个性化时代,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,Web2.0 时代的开发者思考硬件是不是可以重新进行开源。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,最初从很小的东西发展,到现在已经有 3D 打印机、开源的单片机系统等。一般认为,开源硬件是指与开源软件采取相同的方式进行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、可编程的逻辑器件重构也是一种开源硬件,是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,这在当时称之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,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,即在复制成本上,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,避免了以往的 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,并且具有使用类似 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,实现各种创新的作品。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。

如图 1-1 所示,Arduino Uno 是 Arduino USB 接口系列的常用版本,作为 Arduino 平台的参考标准模板。Arduino Uno 的处理器核心是 ATmega328,具有 14 路数字输入输出(其中 6 路可作为 PWM 输出)、6 路模拟输入、1 个 16MHz 晶体振荡器、1 个 USB 口、1 个电源插座、1 个 ICSP header 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、Wi-Fi、1 个 USB 端口、1 个 Micro 插槽、20 个数字输入输出端口(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。

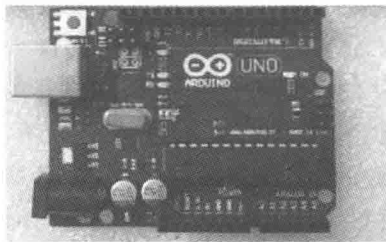


图 1-1 Arduino Uno

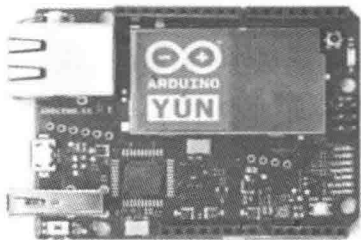


图 1-2 Arduino Yun

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,它有 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。

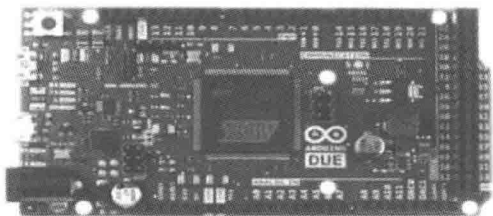


图 1-3 Arduino Due

如图 1-4 所示,Arduino Mega2560 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。Mega2560 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 header 和 1 个复位按钮。Arduino Mega2560 也能兼容为 Arduino Uno 设计的扩展板。Arduino Mega2560 已经发布到第三版,与前两版相比有以下新的特点:

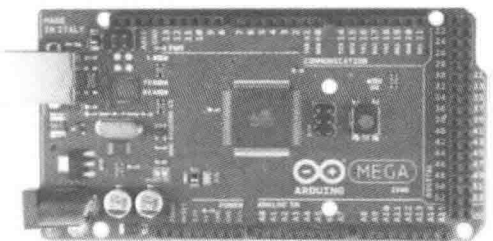


图 1-4 Arduino Mega2560 开发板

(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,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) Arduino Mega2560 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,USB 接口直接供电,而且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 Mega2560 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 Uno 上的 5V 芯片供电。
- (3) 3.3V: 通过稳压器产生 3.3V 电压,最大驱动电流 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。它包含了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 与先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 用于连接以太网模块,不能他用,可用引脚减至 9 个,其中 4 个可用作 PWM 输出。

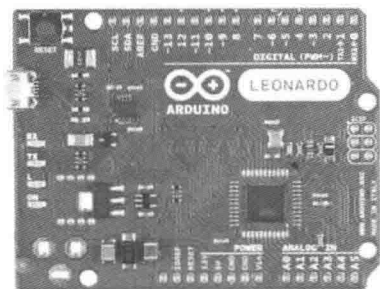


图 1-5 Arduino Leonardo

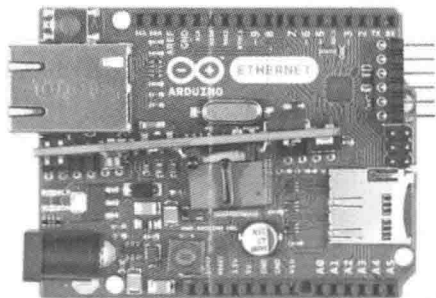


图 1-6 Arduino Ethernet

Arduino 以太网没有板载 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 sketch 程序代码。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。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值并决定如何操作。每个电路板都是完整的 Arduino 开发板,用 Arduino IDE 进行编程。电机和控制板都是基于 ATmega32u4 的微控制器板。Robot 将它的一些引脚映射到板载的传感器和制动器上。

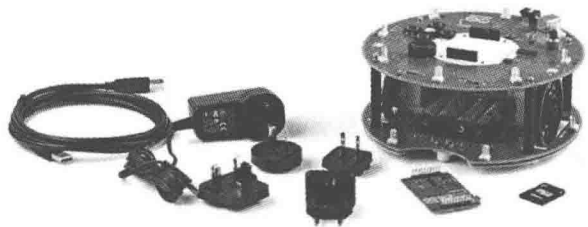


图 1-7 Arduino Robot

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。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 Robot 库映射到指定的端口,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。

如图 1-8 所示,Arduino Nano 是一款小巧、全面、基于 ATmega 328 的开发板,与 Arduino Duemilanove 的功能类似,但封装不同,没有 DC 电源插座,采用 Mini-B USB 电缆。Nano 上的 14 个数字引脚都可用作输入或输出,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)。Nano 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()` 函数改变其范围的上限值,模拟引脚 6 和 7 不能用作数字引脚。

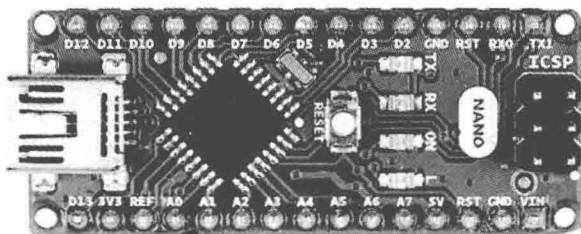


图 1-8 Arduino Nano

1.2.2 Arduino 扩展板

Arduino 开源硬件系列,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,常见的扩展板如 Arduino Ethernet Shield、Arduino GSM Shield、Arduino Motor Shield、Arduino 9 Axes Motion Shield 等。

Arduino Ethernet Shield 如图 1-9 所示,有 1 个标准的有线 RJ45 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