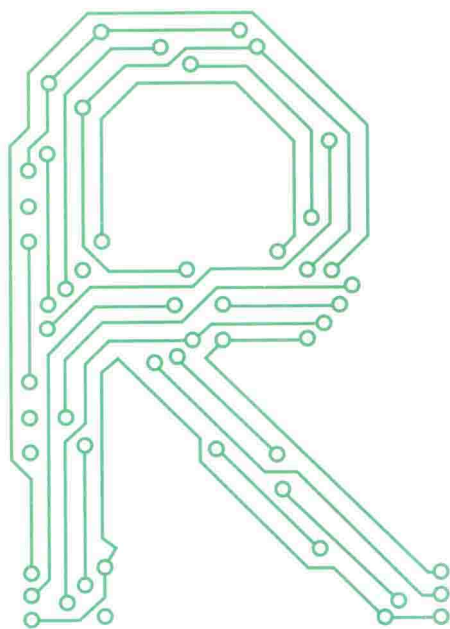


HZ BOOKS  
华章科技

本土作者多年科研和教学经验的总结，案例丰富，操作性强。  
将Arduino和3D打印机结合进行机器人开发的扛鼎之作。  
最全的传感器模块宝典，机器人制作秘笈以及机器人比赛参考指南。



数字匠人



机器人卷

# Arduino 开发实战指南

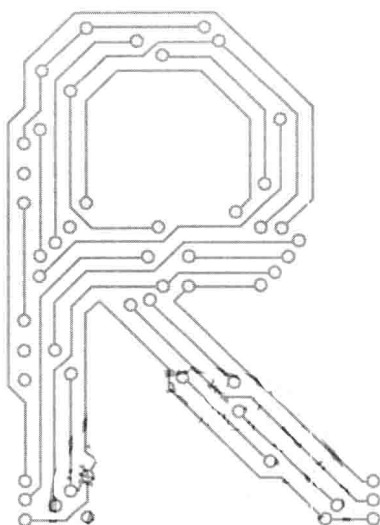
黄文恺 伍冯洁 陈虹 编著



机械工业出版社  
China Machine Press



数字匠人



机器人卷

# Arduino 开发实战指南

黄文恺 伍冯洁 陈虹 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

Arduino 开发实战指南: 机器人卷 / 黄文恺等编著. —北京: 机械工业出版社, 2014.6  
(电子与嵌入式系统设计丛书)

ISBN 978-7-111-46798-4

I. A… II. 黄… III. ①单片微型计算机—指南 ②单片微型计算机—应用—机器人—制作—指南 IV. ①TP368.1-62 ②TP242-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 106816 号

机器人是一个典型的光机电算一体化系统, 它融合了光学、机械、电子、传感器、计算机软硬件和人工智能等众多先进技术, 较高的技术门槛阻挡了众多的机器人爱好者。随着 Arduino 的出现, 这一门槛被打破, 人们能像搭积木式地组建属于自己的机器人。

本书将 Arduino 与机器人的开发相结合, 注重实例, 每一章都附有示例程序, 方便学习者巩固每一章的知识。本书最后两章提供了两套采用 3D 打印制造的全新机器人的详细制作方法和竞赛规则, 方便读者开展和组织机器人竞赛活动。本书提供了 3D 打印的 STL 文件, 读者可以下载打印出来组建自己的机器人。

本书适合机械、电子设计、电子信息工程、通信工程、自动化、计算机、工业设计、交互设计等多个专业学生阅读, 也可作为所有机器人爱好者开展 Arduino 与机器人结合项目开发的参考手册。

## Arduino 开发实战指南: 机器人卷

黄文恺 等编著

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: 刘 涛

印 刷: 藁城市京瑞印刷有限公司

开 本: 186mm × 240mm 1/16

书 号: ISBN 978-7-111-46798-4

责任校对: 董纪丽

版 次: 2014 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

印 张: 20

定 价: 69.00 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

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

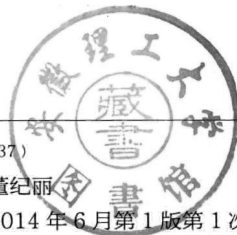
投稿热线: (010) 88379604

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



# 前 言

单片机中各种复杂的寄存器曾让众多的学习者望而生畏——要完成某项功能需要耗费大量的时间去熟悉单片机的底层。**Arduino** 的诞生，改变了这一局面。**Arduino** 将各种寄存器封装起来，并提供了易用的接口，极其简洁的界面，C 语言编程方式，强大的第三方函数库支持，这些功能赋予其强大的生命力。目前市面上开始出现不少 **Arduino** 的学习教程，包括 **Android+Arduino** 的教程，但是和机器人应用开发相结合的书籍尚不多见。

机器人是一个典型的光机电算一体化系统，它融合了光学、机械、电子、传感器、计算机软硬件和人工智能等众多先进技术，是目前世界各国高校进行创新思维训练、创新技能训练、工程实践训练最理想的平台，吸引了无数爱好者参与其中。但由于机器人涉及的技术面比较广，门槛较高，往往让人觉得徒有热情，而不知从何下手。**Arduino** 与机器人的结合改变了这一状况，使人们从海量的机器人相关基础知识中解放出来，能快速地实现设计者想要的功能，加速了机器人的研发。目前 **Arduino** 已经广泛应用于机器人、3D 打印机、无人机等热门的科技项目。从笔者多年的机器人开发经验得出这样一条结论：学好 **Arduino** 对掌握机器人技术有较大的帮助。

很多基于 **Arduino** 的传感器、机电控制模块、通信模块等已经在市场上大量涌现，但是目前还没有一本教材能系统地把机器人的各个部分与 **Arduino** 结合起来，并详细介绍 **Arduino** 在机器人设计上的应用，而且机器人更强调的是一种系统工程的设计理念，单个专业的技术层面较为狭窄，不利于机器人的研究和开发。笔者通过不断学习，查阅 **Arduino** 的相关资料，并将从事机器人设计与制作六年的工程经验带入到本书中。本书将机器人涉及的光机电算一体化知识进行了融合，让读者能更全面地了解机器人的相关知识，引发读者从多学科交叉的角度去思考与钻研，最终完成机器人的设计和制作。

## 本书主要内容及面向的读者

机器人的制作非常强调动手能力，本书以实际机器人的制作应用为基础，将制作机器人所需要的必备知识进行一一叙述。首先介绍 **Arduino** 的基础知识，接着介绍机器人的运动控

制部分，然后介绍机器人的感知部件——传感器，再介绍无线控制的方法，并辅以实例来介绍机器人的制作，最后提供了两套机器人竞赛的平台，其中包含了机器人设计制作和比赛的完整规则。

由于机器人属于跨学科领域，必须掌握多个学科的知识。本书虽涉及多个学科，但尽量以浅显易懂的语言描述相关知识，没有涉及太深的内容，阅读本书建议有一定的电子知识基础和 C 语言基础。

根据读者情况的不同，本书的阅读方式也不同。

如果读者完全没有接触过单片机和软件开发，笔者建议从头阅读本书，并借助相关的 Arduino 书籍来辅助理解，因为本书并不完全是 Arduino 的基础入门教程。如果读者已经有一定 Arduino 开发经验，可以直接跳过第一篇，而从第二篇开始学习，掌握各种电机的控制方法。由于传感器种类繁多，本书只挑选了一些机器人常用的传感器来介绍（第三篇），建议读者购买各种传感器套装来配合本书的学习，将传感器接在 Arduino 板上，亲身体会一下各种传感器的特点和使用方法。第四篇介绍了五种常用的无线通信模块，每种模块各有优劣，读者可以根据项目开发的需要选择所需模块。第五篇介绍了几种机器人的制作，读者可以通过边学边做，逐步掌握机器人的相关知识。第六篇是机器人竞赛篇，里面有两套机器人比赛的完整赛制及所用机器人的制作方法。主要机器人零件均使用 3D 打印机打印制作。读者可通过访问 <http://www.hzbook.com> 查找本书的相关链接，下载书中所有机器人实例的 3D 打印零件库源文件、程序源代码、地图及部分数据文档。读者可将机器人打印出来进行对抗赛，机械设计相关专业的学生可在本篇学习到机器人机械设计方法，并对零件进行改进。本篇提供的机器人竞赛规则，适合大专或本科院校组织和开展机器人比赛。

## 致谢

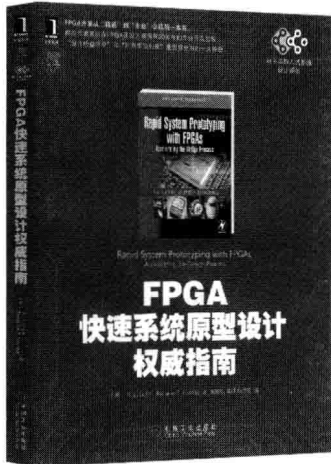
首先要感谢本书的策划编辑张国强先生，感谢他对本书的关心和帮助，提出了很多宝贵的写作建议，并对书稿进行了仔细审阅。

其次要感谢“广州市教育局青少年科技教育计划”对本书的撰写、器材的购买提供的资助。

还要感谢笔者的学生黄冠彬、叶景祥、唐华杰、王朋、李昇圳、王召、黄煜楠、纪孟廷、覃镇波和崔杰城，感谢他们将节假日贡献出来，完成了第 15 章和第 16 章的资料整理和程序调试工作。

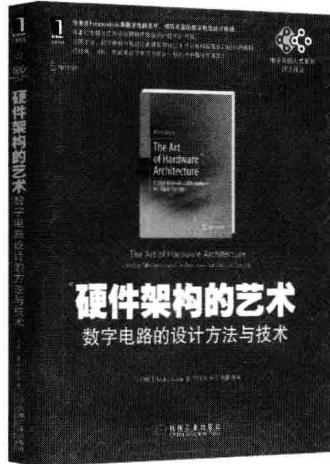
最后要感谢读者朋友们。感谢您肯花费时间和精力阅读本书。由于时间有限，书中难免存在疏漏与错误，敬请批评指正。希望有更多志同道合的人能加入到机器人的制作中来！

# 推荐阅读



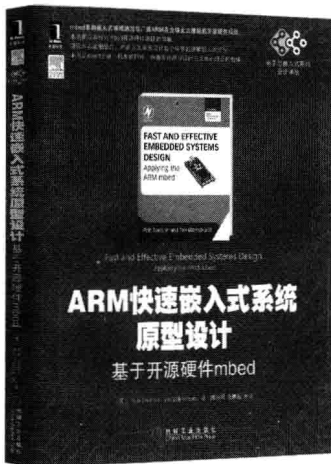
## FPGA快速系统原型设计权威指南

作者: R.C. Cofer 等 ISBN: 978-7-111-44851-8 定价: 69.00元



## 硬件架构的艺术：数字电路的设计方法与技术

作者: Mohit Arora ISBN: 978-7-111-44939-3 定价: 59.00元



## ARM快速嵌入式系统原型设计：基于开源硬件mbed

作者: Rob Toulson 等 ISBN: 978-7-111-46019-0 定价: 69.00元



## 嵌入式软件开发精解

作者: Colin Walls ISBN: 978-7-111-44952-2 定价: 79.00元

# 推荐阅读



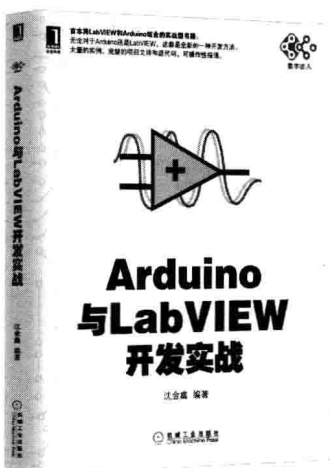
## Arduino高级开发权威指南 (原书第2版)

作者: Steven F. Barrett ISBN: 978-7-111-45246-1 定价: 59.00元



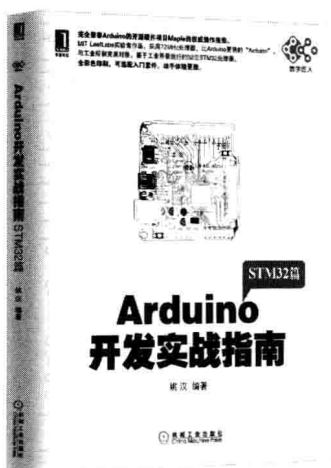
## 例说XBee无线模块开发

作者: Jonathan A. Titus ISBN: 978-7-111-45681-0 定价: 59.00元



## Arduino与LabVIEW开发实战

作者: 沈金鑫 ISBN: 978-7-111-45839-5 定价: 59.00元



## Arduino开发实战指南: STM32篇

作者: 姚汉 ISBN: 978-7-111-44582-1 定价: 59.00元

# 目 录

## 前 言

## 第一篇 Arduino 入门篇

### 第 1 章 Arduino 简介 ..... 2

#### 1.1 认识 Arduino ..... 2

#### 1.2 Arduino 资源 ..... 2

##### 1.2.1 Arduino Uno 开发板 ..... 3

##### 1.2.2 Arduino Mega 2560 开发板 ..... 3

#### 1.3 安装 Arduino Uno 驱动 ..... 4

##### 1.3.1 常规 Arduino Uno 驱动程序安 装方法 ..... 4

##### 1.3.2 Arduino 驱动安装过程出现的 问题及解决方法 ..... 5

#### 1.4 Arduino 开发环境 ..... 8

### 第 2 章 Arduino 的基本函数 ..... 13

#### 2.1 数字 I/O 口的操作函数 ..... 13

##### 2.1.1 pinMode(pin, mode) ..... 13

##### 2.1.2 digitalWrite(pin, value) ..... 13

##### 2.1.3 digitalRead(pin) ..... 14

#### 2.2 模拟 I/O 口的操作函数 ..... 14

##### 2.2.1 analogReference(type) ..... 14

##### 2.2.2 analogRead(pin) ..... 15

##### 2.2.3 analogWrite(pin, value) ..... 15

#### 2.3 高级 I/O ..... 16

##### 2.3.1 PulseIn(pin, state, timeout) ..... 16

##### 2.3.2 shiftOut(dataPin, clockPin, bitOrder, val) ..... 17

#### 2.4 时间函数 ..... 17

##### 2.4.1 delay(ms) ..... 17

##### 2.4.2 delayMicroseconds( $\mu$ s) ..... 18

##### 2.4.3 millis() ..... 18

##### 2.4.4 micros() ..... 19

#### 2.5 中断函数 ..... 19

##### 2.5.1 interrupts() 和 noInterrupts() ..... 19

##### 2.5.2 attachInterrupt(interrupt, function, mode) ..... 19

##### 2.5.3 detachInterrupt(interrupt) ..... 20

#### 2.6 串口通信函数 ..... 21

##### 2.6.1 Serial.begin() ..... 21

##### 2.6.2 Serial.available() ..... 21

##### 2.6.3 Serial.read() ..... 21

##### 2.6.4 Serial.print() ..... 21

##### 2.6.5 Serial.println() ..... 21

#### 2.7 数学库 ..... 22

##### 2.7.1 min(x, y) ..... 22

##### 2.7.2 max(x, y) ..... 22

##### 2.7.3 abs(x) ..... 22



2.7.4	三角函数	22
2.7.5	random(small,big)	22

## 第二篇 机电控制篇

<b>第3章</b>	<b>直流电机控制</b>	24
3.1	直流电机简介	24
3.2	直流电机工作原理	25
3.3	直流电机驱动电路原理	26
3.4	PWM 速度控制原理	27
3.5	常用电机驱动芯片介绍	28
3.6	编程原理与示例程序	30
<b>第4章</b>	<b>步进电机控制</b>	32
4.1	步进电机简介	32
4.2	步进电机工作原理	33
4.3	步进电机驱动电路原理	34
4.4	常用步进电机驱动芯片简介	35
4.5	编程原理与示例程序	36
<b>第5章</b>	<b>舵机控制</b>	40
5.1	舵机简介	40
5.2	舵机工作原理	40
5.2.1	舵机的结构	40
5.2.2	PPM 角度控制	41
5.3	舵机控制函数库	41
5.3.1	attach(pin)	42
5.3.2	write(value)	42
5.3.3	writeMicroseconds()	42
5.3.4	detach(pin)	42
5.3.5	read()	43
5.3.6	readMicroseconds()	43
5.4	编程原理与示例程序	43

## 第三篇 传感器应用篇

<b>第6章</b>	<b>传感器介绍和编程</b>	46
6.1	激光传感器	46
6.1.1	激光传感器工作原理	46
6.1.2	编程原理与示例程序	47
6.2	光敏传感器	48
6.2.1	光敏传感器工作原理	48
6.2.2	编程原理与示例程序	48
6.3	倾斜传感器	50
6.3.1	倾斜传感器工作原理	50
6.3.2	编程原理与示例程序	50
6.4	水银开关式碰撞传感器	51
6.4.1	水银开关式碰撞传感器 工作原理	51
6.4.2	编程原理与示例程序	51
6.5	振动传感器	52
6.5.1	振动传感器工作原理	52
6.5.2	编程原理与示例程序	53
6.6	敲击传感器	53
6.6.1	敲击传感器工作原理	53
6.6.2	编程原理与示例程序	54
6.7	金属触摸传感器	54
6.7.1	金属触摸传感器工作原理	54
6.7.2	编程原理与示例程序	55
6.8	红外线传感器	56
6.8.1	红外线传感器工作原理	56
6.8.2	编程原理与示例程序	57
6.9	火焰传感器	58
6.9.1	火焰传感器工作原理	58
6.9.2	编程原理与示例程序	58
6.10	红外避障传感器	59
6.10.1	红外避障传感器工作原理	59

6.10.2	编程原理与示例程序	60	6.20.2	编程原理和示例程序	77
6.11	寻线传感器	60	6.21	水位传感器	78
6.11.1	寻线传感器工作原理	60	6.21.1	水位传感器工作原理	78
6.11.2	编程原理与示例程序	61	6.21.2	编程原理与示例程序	78
6.12	光遮断传感器	61	6.22	超声波测距传感器	79
6.12.1	光遮断传感器工作原理	61	6.22.1	超声波测距传感器工作 原理	79
6.12.2	编程原理与示例程序	62	6.22.2	编程原理与示例程序	81
6.13	霍尔传感器	63	6.23	Joystick PS2 摇杆	82
6.13.1	霍尔传感器工作原理	63	6.23.1	Joystick PS2 摇杆工作 原理	82
6.13.2	编程原理与示例程序	63	6.23.2	编程原理与示例程序	83
6.14	磁环传感器	64	6.24	TCS3200D 颜色传感器	83
6.14.1	磁环传感器工作原理	64	6.24.1	TC S3200D 颜色传感器 工作原理	83
6.14.2	编程原理与示例程序	64	6.24.2	编程原理与示例程序	84
6.15	旋转编码器	66	6.25	气压传感器	87
6.15.1	旋转编码器工作原理	66	6.25.1	气压传感器工作原理	87
6.15.2	编程原理与示例程序	67	6.25.2	编程原理与示例程序	89
6.16	声音传感器	69	6.26	MPU6050 运动检测传感器	95
6.16.1	声音传感器工作原理	69	6.26.1	MPU6050 运动检测传感器 工作原理	95
6.16.2	编程原理与示例程序	70	6.26.2	编程原理与示例程序	97
6.17	模拟温度传感器	71	6.27	HMC5883L 磁阻传感器	99
6.17.1	模拟温度传感器工作原理	71	6.27.1	HMC5883L 磁阻传感器 工作原理	99
6.17.2	编程原理与示例程序	72	6.27.2	编程原理与示例程序	100
6.18	DHT11 数字温湿度传感器	73			
6.18.1	DHT11 数字温湿度传感器 工作原理	73			
6.18.2	编程原理与示例程序	73			
6.19	DS18B20 数字温度传感器	75			
6.19.1	DS18B20 数字温度传感器 工作原理	75			
6.19.2	编程原理与示例程序	76			
6.20	MQ-2 烟雾传感器	77			
6.20.1	MQ-2 烟雾传感器 工作原理	77			

## 第四篇 无线控制篇

### 第 7 章 ZigBee 无线传输模块

7.1	ZigBee 技术简介	104
7.2	DRF1605H 模块的使用	104



14.4.2 飞行器 Flyduino 程序 ..... 204

15.9.3 示例代码 ..... 251

## 第六篇 机器人竞赛篇

### 第 15 章 打保龄球的机器人 ..... 208

15.1 设计思想 ..... 208

15.2 任务设计 ..... 208

15.2.1 任务一：取保龄球瓶 ..... 208

15.2.2 任务二：通过机械门 ..... 208

15.2.3 任务三：放保龄球瓶 ..... 208

15.2.4 任务四：击打保龄球 ..... 209

15.2.5 终极任务：夺取奖杯 ..... 210

15.3 比赛场地设计 ..... 211

15.3.1 场地设置要求 ..... 211

15.3.2 地图设计说明 ..... 211

15.3.3 道具设计 ..... 212

15.4 竞赛规则与评分标准 ..... 213

15.4.1 竞赛规则 ..... 213

15.4.2 评分标准 ..... 213

15.5 物料清单 ..... 214

15.6 机械零件设计图 ..... 215

15.7 组装说明书 ..... 231

15.7.1 零件清单 ..... 231

15.7.2 组装流程 ..... 235

15.8 电路设计与接线 ..... 242

15.8.1 硬件系统框图 ..... 242

15.8.2 电路模块设计 ..... 242

15.8.3 总装接线表 ..... 249

15.9 程序设计 ..... 250

15.9.1 程序设计思想 ..... 250

15.9.2 算法设计 ..... 250

### 第 16 章 神勇消防员

(消防机器人) ..... 262

16.1 设计思想 ..... 262

16.2 任务设计 ..... 262

16.2.1 任务一：搜索火源 ..... 262

16.2.2 任务二：灭火 ..... 263

16.2.3 任务三：搜救 ..... 263

16.2.4 任务四：返回安全区 ..... 263

16.3 比赛场地设计 ..... 264

16.3.1 场地设置要求 ..... 264

16.3.2 地图设计说明 ..... 264

16.3.3 道具设计 ..... 265

16.4 竞赛规则与评分标准 ..... 265

16.4.1 竞赛规则 ..... 265

16.4.2 时间限制 ..... 265

16.4.3 评分标准 ..... 265

16.5 物料清单 ..... 266

16.6 机械零件设计 ..... 267

16.7 组装说明 ..... 279

16.7.1 零件清单 ..... 279

16.7.2 机器人组装流程和详解 ..... 283

16.8 电路设计 ..... 288

16.8.1 硬件系统框图 ..... 288

16.8.2 电路模块设计 ..... 290

16.8.3 总装接线表 ..... 293

16.9 程序设计 ..... 294

16.9.1 程序设计思想 ..... 294

16.9.2 算法设计 ..... 294

16.9.3 示例代码 ..... 295

第一篇

---

# Arduino 入门篇

# 第 1 章

## Arduino 简介

### 1.1 认识 Arduino

Arduino 是一款源自意大利的开放源代码硬件项目平台，该平台是一块 USB 接口 Simple I/O 接口板（包括 12 通道数字 GPIO，4 通道 PWM 输出，6-8 通道 10bit ADC 输入通道），并且使用类似 Java、C 语言的 IDE（集成开发环境）。

Arduino 的核心是基于 AVR 指令集的单片机，但它简化了单片机工作的流程，对 AVR 库进行了二次编译封装，将复杂的单片机底层代码封装成简单实用的函数，使用者无需关心单片机编程繁琐的细节，如寄存器、地址指针等，从而大大降低了单片机系统开发难度，特别适合老师、学生和业余爱好者使用。

Arduino 系列控制器具有的特色如下：

- 1) 开放源代码的电路图设计，程序开发接口免费下载，也可根据需求自行修改。
- 2) 可以采用 USB 接口供电，也可以外部供电。
- 3) 支持 ISP 在线烧写，可以将新的“bootloader”固件烧入 Arduino 的 CPU 芯片。有了 bootloader 之后，可以通过 USB 更新程序。
- 4) 可依据官方提供的 PCB 和 SCH 电路图（Eagle 格式）来简化 Arduino 模组，完成独立运作的微处理控制。可简单地与传感器、电子元件等连接，如红外线、光敏电阻、热敏电阻、超声波、舵机等。
- 5) 支持多种互动程序，如：Flash、Max/Msp、VVVV、C、Processing 等。
- 6) 在应用方面，利用 Arduino 突破了以往只能使用鼠标、键盘、CCD 等输入方式获取互动内容，而是可以更简单地达成单人或多人游戏互动。

### 1.2 Arduino 资源

Arduino 的出现，大大降低了互动设计的门槛，越来越多没有学过电子知识的人，如艺术家、设计师等，开始使用 Arduino 制作各种充满创意的作品。为了满足不同应用领域

的要求，Arduino 设计了多款不同型号的开发板，如 Arduino Duemilanove、Arduino Nano、Arduino mini、Arduino BT、Arduino Fio、Arduino Uno 等。本书针对后面章节的需要，介绍 Arduino Uno 与 Arduino Mega2560 两种开发板。

### 1.2.1 Arduino Uno 开发板

Arduino Uno 具有 14 个数字 I/O 口，6 个模拟 I/O 口，一个复位开关，一个 ICSP 下载口，支持 USB 接口。其中，可通过 USB 接口直接供电，也可以使用单独的 7 ~ 12V 电源供电，具体的资源分配如图 1.1 所示。

Arduino Uno 开发板的各引脚定义如下：

- 数字引脚：0 ~ 13
- 串行通信：0 作为 RX，接收数据；1 作为 TX，发送数据
- 外部中断：2，3
- PWM 输出：~ 3，~ 5，~ 6，~ 9，~ 10，~ 11
- SPI 通信：10 作为 SS，11 作为 MOSI，12 作为 MISO，13 作为 SCK
- 板上 LED：13
- 模拟引脚：A0 ~ A5（在引脚号前加 A，以区分数字引脚）
- TWI 通信：A4 作为 SDA，A5 作为 SCL

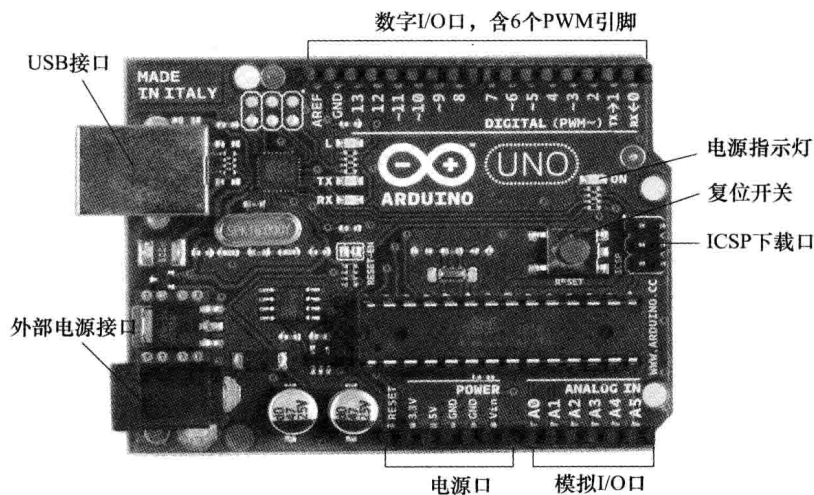


图 1.1 Arduino Uno 的资源

### 1.2.2 Arduino Mega 2560 开发板

与 Arduino Uno 相比，Arduino Mega2560 的资源就丰富多了，它具有 54 个数字 I/O 口（其中 14 个可提供 PWM 输出），16 个模拟 I/O 口，4 对串行数据通信口（UART），一个复位

开关，一个 ICSP 下载口，支持 USB 接口和直流电源供电，具体的资源分配如图 1.2 所示。

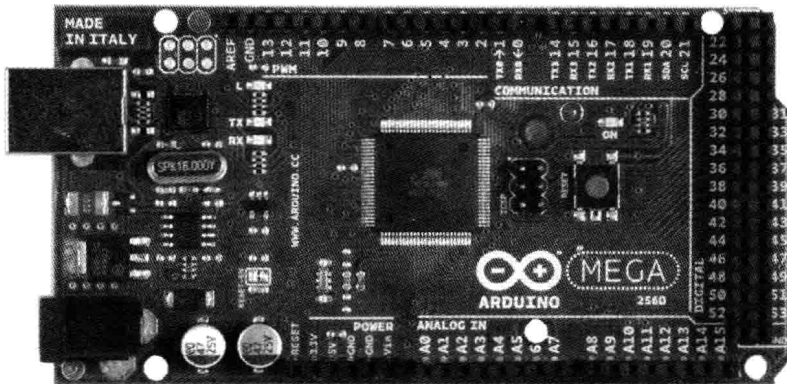


图 1.2 Arduino Mega2560 的资源

Arduino Mega2560 开发板的各引脚定义如下：

- 数字引脚：0 ~ 53
- 串行通信：提供 4 组串行通信端口，0 (RX) 和 1 (TX) 作为串口 1，19 (RX) 和 18 (TX) 作为串口 2，17 (RX) 和 16 (TX) 作为串口 3，15 (RX) 和 14 (TX) 作为串口 4
- 外部中断：提供 6 个外部中断源，分别是 2 (外部中断 0)，3 (外部中断 1)，21 (外部中断 2)，20 (外部中断 3)，19 (外部中断 4)，18 (外部中断 5)
- PWM 输出：0 ~ 13
- SPI 通信：53 作为 SS，51 作为 MOSI，50 作为 MISO，52 作为 SCK
- 板上 LED：13
- 模拟引脚：A0 ~ A15 (在引脚号前加 A，以区分数字引脚)
- TWI 通信：20 作为 SDA，21 作为 SCL

### 1.3 安装 Arduino Uno 驱动

在应用 Arduino 开发环境进行程序设计前，首先要安装 Arduino Uno 控制板的驱动程序。本节介绍 Arduino Uno 驱动程序的常规安装方法，并对一种经常导致驱动安装不成功的情况给出了解决方法。

#### 1.3.1 常规 Arduino Uno 驱动程序安装方法

准备一块 Arduino Uno 控制板和一条 USB 连接线，当第一次将 Arduino Uno 板与电脑相连时，电脑上会出现“找到新的硬件向导”对话框，如图 1.3 所示，同时控制板上的电源指示灯被点亮。



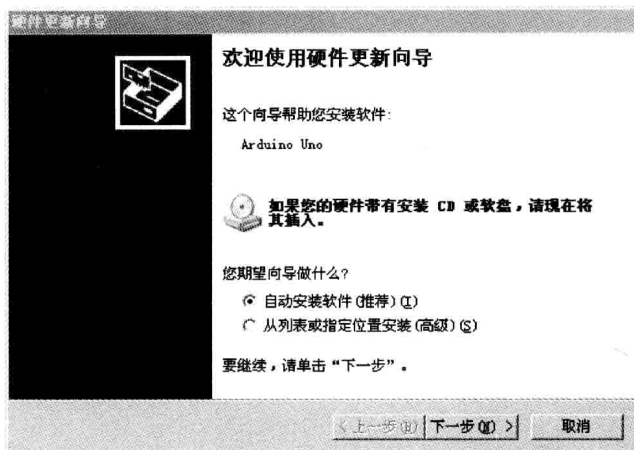


图 1.3 “找到新的硬件向导”对话框

在图 1.3 中，选择“从列表或指定位置安装（高级）”，点击“下一步”，出现如图 1.4 所示的对话框。

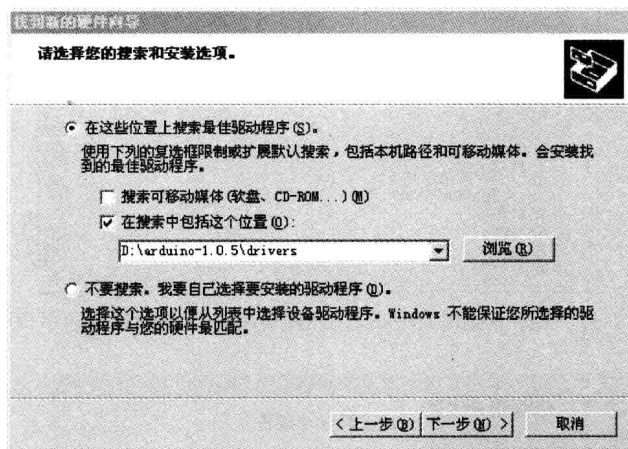


图 1.4 在 Arduino 开发环境目录下找到驱动程序

选取 Arduino 开发环境目录下的 drivers 文件夹，点击“下一步”，完成驱动程序安装，如图 1.5 所示。

如图 1.6 所示，在设备管理器中查看新安装的 Arduino Uno 开发板通过 USB 转串口所对应的串口号为 COM3。

### 1.3.2 Arduino 驱动安装过程出现的问题及解决方法

在上面步骤中，如果按照图 1.4 所示进行下一步操作后，弹出如图 1.7 所示的 Arduino 板驱动程序安装失败的对话框，可通过如下步骤来解决。