



普通高等学校
电类规划教材

Arduino

程序设计 实例教程

◎芦关山 王绍锋 主编

◎李慧 郑灿香 副主编

- 优秀的开源硬件和硬件开发平台，基于问题学习和项目创新
- 注重基础理论，突出实践创新能力培养
- 案例丰富，均来自于真实生产生活和科技竞赛



中国工信出版集团

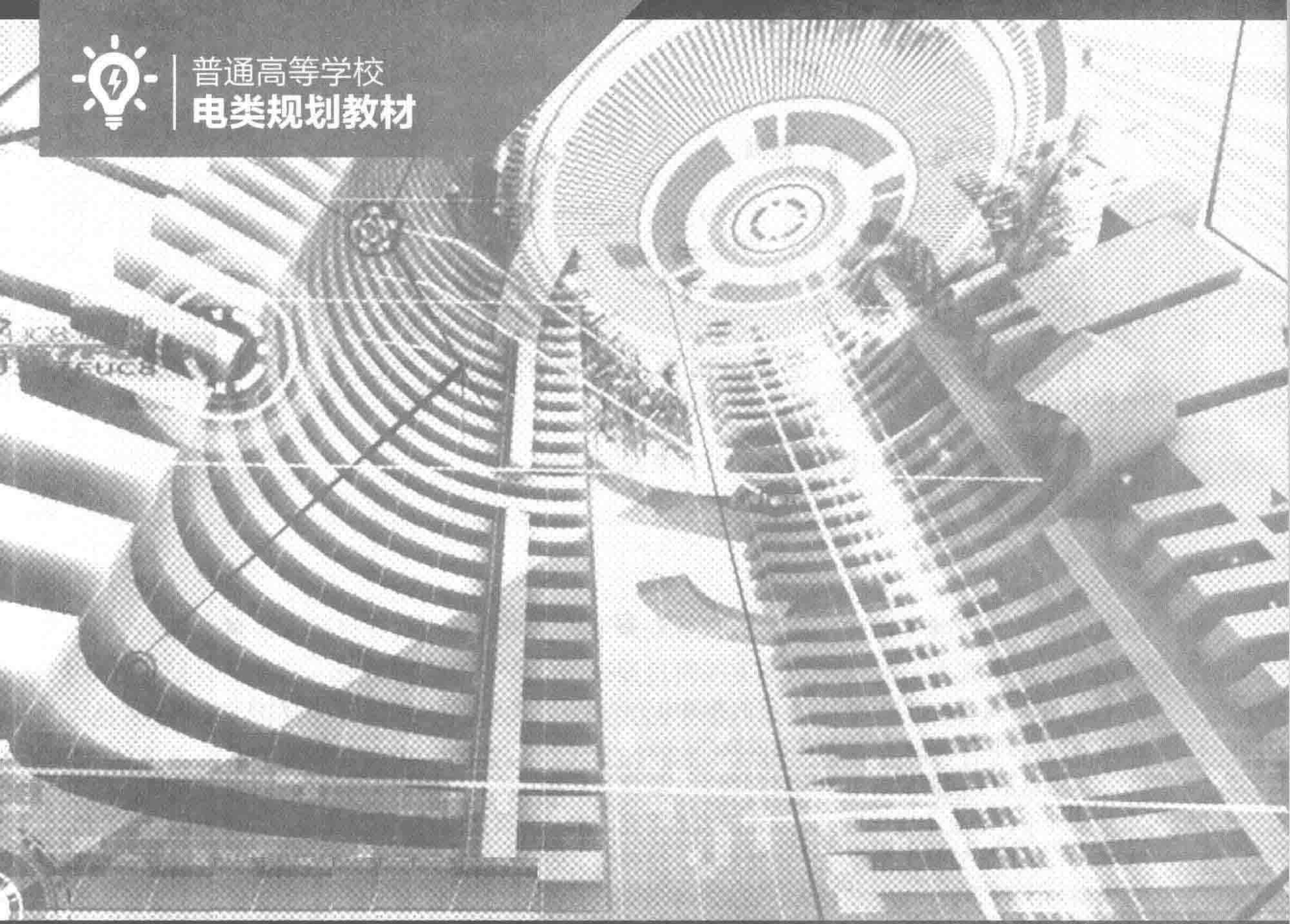


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

非
外
借



普通高等学校
电类规划教材



Arduino

程序设计 实例教程

◎芦关山 王绍锋 主编

◎李慧 郑灿香 副主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

Arduino程序设计实例教程 / 芦关山, 王绍锋主编

— 北京 : 人民邮电出版社, 2017. 10

普通高等学校电类规划教材

ISBN 978-7-115-46691-4

I. ①A… II. ①芦… ②王… III. ①单片微型计算机—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第229807号

内 容 提 要

Arduino 是目前世界上应用广泛的开源电子平台, 因其开放性、便捷性、易用性以及丰富的第三方资源而受到广大电子科技爱好者的欢迎。

本书以基于问题的学习和项目创新为主要撰写思路, 结合应用型本科高校学生的基本情况, 注重基础理论, 着重于对学生实践创新能力的培养。本书的项目实训内容采用循序渐进、逐步提升的方式进行设计, 逐步开启学生的创新思维, 培养学生的创新意识, 锻炼学生的创新能力。书中的实训案例 3D 打印机、仿生机器人、智能小车等都是目前各类科技竞赛较为关注的热点, 能够极大地激发学习者的学习热情。

本书可作为机器人、机械、电气、电子、通信、计算机等工科相关专业的创新实践类教材, 也可作为相关专业师生、电子爱好者和技术人员的参考书。

-
- ◆ 主 编 芦关山 王绍锋
 - 副 主 编 李 慧 郑灿香
 - 责任编辑 张 斌
 - 责任印制 陈 犇
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 14 2017 年 10 月第 1 版
 - 字数: 339 千字 2017 年 10 月北京第 1 次印刷
-

定价: 39.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

电子项目、机器人项目开发近年逐渐走入了大众视野。之前，类似于制作一款无人机或仿生机器人这样的想法，还仅仅存在于专业的科研机构的实验室中。现在随着开源时代的到来，这些曾经遥不可及的事物已经被推广到普通人的生活。以前要做电子设计，大多数人受困于单片机中的各种复杂寄存器，需要耗费大量时间在单片机底层开发和设计。Arduino 的诞生改变了这一局面，其封装了各种寄存器，有方便的接口和简洁的操作界面，支持 C/C++ 编程以及强大的第三方函数库，适用于电子项目开发和 innovation。目前，很多基于 Arduino 的传感器、控制模块、专用舵机、通信模块已经大量出现。本书将这些元器件贯穿于每个实践项目中，让读者全面了解 Arduino 的项目开发，引导读者从多学科交叉的角度去思考，提升读者的创新能力和思维。

本书共 9 章，前 3 章是 Arduino 的基础部分，详细介绍了 Arduino 的内部原理、结构，讲授了 Arduino 的编程思想和语法规则，给出了几种常用于实践项目中的通信调试方法。第 4 章、第 5 章是 Arduino 入门实验和简单项目制作，使读者学会如何运用传感器，并学会使用 Arduino 的相关接口，为后续的项目实践打下基础。第 6~9 章是项目实践，结合了一个个来源于生活和工程实践的具体案例，从具体的模型设计、电路搭建到程序调试，都给出了详实的实验方案，对于培养读者综合设计应用能力起到了重要作用。

本书编写分工如下：芦关山编写第 1 章、第 6 章、第 7 章；王绍锋编写第 3 章、第 8 章、第 9 章；李慧编写第 2 章、第 4 章；郑灿香编写第 5 章。另外，傅文军、王天阔、闫东旭、张鹏、韩宇皓、梁慧、王安琪也参与了部分内容的编写，其中傅文军、王天阔完成了各项实验的设计和实验数据验证；张鹏、韩宇皓完成了各项目实验中的 3D 模型的设计创建；梁慧、王安琪协助完成了本书的图片和表格的编辑工作。本书相关资料可登录人邮教育 (www.ryjiaoyu.com) 网站下载。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，本书难免有不足之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者
2017 年 7 月

第 1 章 概述.....1	2.3 Arduino 基本函数..... 34
1.1 Arduino 简介.....1	2.3.1 I/O 操作函数..... 34
1.1.1 Arduino Uno.....1	2.3.2 模拟 I/O 操作函数..... 36
1.1.2 Arduino Mega 2560.....3	2.3.3 高级 I/O..... 38
1.1.3 Arduino Nano.....4	2.3.4 shiftOut(dataPin,clockPin, bitOrder,val)..... 40
1.1.4 Arduino Leonardo.....6	2.3.5 pulseIn(pin,state,timeout)..... 41
1.1.5 Arduino 扩展板.....8	2.3.6 时间函数..... 41
1.2 Arduino 内部结构.....10	2.3.7 中断函数..... 43
1.2.1 内部机理.....10	2.3.8 串口收发函数..... 45
1.2.2 AVR 微控制器.....11	第 3 章 Arduino 通信教程..... 50
1.2.3 Atmega 328.....11	3.1 SPI 通信..... 50
1.2.4 Atmega 2560.....11	3.1.1 工作原理..... 50
1.2.5 AT91SAM3X8E.....11	3.1.2 电路图及应用..... 50
1.3 Arduino 的发展趋势.....11	3.1.3 工作代码..... 52
1.3.1 为什么要使用 Arduino.....11	3.2 红外通信..... 54
1.3.2 发展前景.....12	3.2.1 工作原理..... 54
第 2 章 Arduino 编程.....13	3.2.2 元件选型..... 54
2.1 Arduino 开发环境.....13	3.2.3 调试代码..... 55
2.1.1 IDE 安装.....13	3.3 WiFi 通信..... 56
2.1.2 使用 IDE.....15	3.3.1 工作原理..... 56
2.2 Arduino 语言概述.....16	3.3.2 元件选型..... 57
2.2.1 标识符.....16	3.3.3 调试代码..... 57
2.2.2 关键字.....17	3.3.4 实验背景..... 59
2.2.3 运算符.....18	3.3.5 材料清单及数据手册..... 59
2.2.4 语言控制语句.....21	3.3.6 电路连接及通信初始化..... 61
2.2.5 语法结构.....27	

3.3.7 程序设计	62	4.5.2 设计原理	91
3.3.8 程序调试	62	4.5.3 参考代码	93
3.3.9 技术小贴士	62	4.6 打地鼠游戏机	94
3.4 蓝牙通信	63	4.6.1 功能构思	94
3.4.1 工作原理	63	4.6.2 设计原理	94
3.4.2 调试代码	64	4.6.3 参考代码	95
3.4.3 实验背景	65	第5章 智能小车设计	98
3.4.4 材料清单及数据手册	65	5.1 制作智能小车	98
3.4.5 硬件连接	66	5.1.1 直流电机	98
3.4.6 程序设计	67	5.1.2 直流无刷电机的控制原理	98
3.4.7 调试及实验现象	67	5.1.3 直流电机的控制	99
3.4.8 技术小贴士	68	5.2 采用驱动模块进行控制	100
第4章 Arduino 简单实验	71	5.3 材料清单	104
4.1 LED 灯实验	71	5.4 机械零件设计	107
4.1.1 材料清单	71	5.5 实物拼装	108
4.1.2 调试代码	72	5.5.1 电路设计	108
4.1.3 拓展训练	73	5.5.2 语音识别模块连接	110
4.2 开关按键实验	76	5.6 成品实物图	115
4.2.1 材料清单	76	5.7 项目拓展——智能巡线 避障小车	115
4.2.2 实验原理	77	第6章 六足仿生机器人项目设计	121
4.2.3 硬件调试	78	6.1 设计思想	121
4.2.4 程序设计	79	6.2 材料清单	121
4.2.5 拓展训练	80	6.3 机械零件设计	125
4.3 电机控制实验	81	6.4 组装流程	127
4.3.1 材料清单	81	6.4.1 六足组装	127
4.3.2 实验原理	82	6.4.2 身体部分组装	129
4.3.3 硬件调试	83	6.5 电路设计	130
4.3.4 程序设计	83	6.5.1 机器人硬件系统框图	130
4.3.5 拓展训练	84	6.5.2 主板连接	131
4.4 LCD 显示实验	86	6.5.3 视觉模块连接	131
4.4.1 材料清单	86	6.5.4 语音识别模块连接	135
4.4.2 实验原理	86	6.6 步态设计	136
4.4.3 硬件调试	87	6.7 红外控制设计	139
4.4.4 程序设计	87	6.8 成品实物图	142
4.4.5 拓展训练	90		
4.5 设计游戏 Jumping Pong	90		
4.5.1 功能构思	90		

第7章 基于 Arduino 控制的 3D

打印机项目143

7.1 设计思想	143
7.2 材料清单	143
7.3 安装过程	149
7.3.1 机架安装	149
7.3.2 平台安装	151
7.3.3 控制板安装及布线	154
7.4 固件详解	155
7.4.1 概述	155
7.4.2 Marlin 固件特点	155
7.4.3 基本配置	157
7.5 打印过程的注意事项	163
7.5.1 翘边的处理方法	163
7.5.2 打印时耗材无挤出	165
7.5.3 打印时耗材无法粘到 平台上	166
7.5.4 出料不足	167
7.5.5 出料偏多	169
7.5.6 顶层出现孔洞或缝隙	169
7.5.7 拉丝或垂料	170
7.5.8 过热	172
7.5.9 层错位	173
7.5.10 层开裂或断开	174
7.5.11 刨料	175
7.5.12 喷头堵塞	176
7.5.13 打印中途, 挤出停止	177
7.5.14 填充不牢	178
7.5.15 斑点和疤痕	179

7.5.16 填充与轮廓之间 的间隙	181
7.5.17 边角卷曲和毛糙	182
7.5.18 顶层表面疤痕	182
7.5.19 底面边角上的孔洞和间隙	183
7.5.20 侧面线性纹理	184

第8章 解魔方机器人项目设计186

8.1 设计思想	186
8.2 材料清单	186
8.3 机械零件设计	191
8.4 电路设计	193
8.4.1 硬件框图	193
8.4.2 魔方算法	195
8.4.3 Kociemba 算法的优化	196
8.4.4 魔方复原指令的优化	197
8.4.5 硬件系统连接	197

第9章 Arduino WiFi 与手机通信

相关项目205

9.1 利用 WiFi 上传温度数据至 服务器	205
9.1.1 设计思想	205
9.1.2 材料清单	205
9.1.3 利用 Arduino 和 WiFi 将 温度数据传送至云端	205
9.2 Arduino 与手机通信调试项目	209
9.2.1 设计思想	209
9.2.2 材料清单	210
9.2.3 Arduino 与手机通信	210

1.1 Arduino 简介

Arduino 是一款便捷灵活、方便上手的开源电子原型平台，包含硬件（各种型号的 Arduino 板）和软件（Arduino IDE）。它适用于艺术家、设计师、爱好者和对于“互动”有兴趣的朋友们。Arduino 能通过各种各样的传感器来感知环境，通过控制灯光、电动机和其他的装置来反馈、影响环境。下面就让我们学习以下几个较典型的开发板。

1.1.1 Arduino Uno

Arduino Uno 是 Arduino USB 接口系列的最新版本，作为 Arduino 平台的参考标准模板，如图 1-1 所示。Uno 的处理器核心是 ATmega328，同时具有 14 路数字输入/输出（其中 6 路可作为 PWM 输出）、6 路模拟输入、一个 16MHz 晶体振荡器、一个 USB 接口、一个电源插座、一个 ICSP header 和一个复位按钮。目前已经发布 Uno 第三版，第三版与前两版相比有以下特点：在 AREF 处增加了两个管脚 SDA 和 SCL，支持 I2C 接口；增加 IOREF 和一个预留管脚，将来扩展板将能兼容 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。

1. 主要特征

- (1) 处理器：ATmega 328。
- (2) 工作电压：5V。
- (3) 输入电压（推荐）：7~12V。
- (4) 输入电压（范围）：6~20V。
- (5) 数字 I/O 引脚：14 路（其中 6 路作为 PWM 输出）。
- (6) 模拟输入引脚：6 个。
- (7) I/O 引脚直流电流：40mA。
- (8) 3.3V 引脚直流电流：50mA。

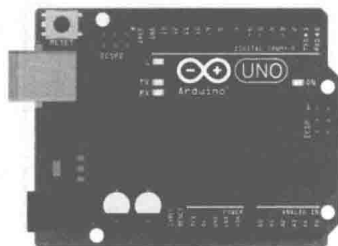


图 1-1 Arduino Uno 实物图

2. 引脚说明

- (1) 14 路数字输入/输出：工作电压为 5V，每一路能输出和接入最大电流为 40mA。每一路配置了 20kΩ~50kΩ 内部上拉电阻（默认不连接）。除此之外，有些引脚有特定的功能。
- (2) 串口信号 RX（0 号）、TX（1 号）：与内部 ATmega8U2 USB-to-TTL 芯片相连，提供 TTL 电压水平的串口接收信号。
- (3) 外部中断（2 号和 3 号）：触发中断引脚，可设成上升沿、下降沿或同时触发。
- (4) 脉冲宽度调制 PWM（3、5、6、9、10、11）：提供 6 路 8 位 PWM 输出。
- (5) SPI（10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK))：SPI 通信接口。
- (6) LED（13 号）：Arduino 专门用于测试 LED 的保留接口，输出为高时点亮 LED，反之输出为低时 LED 熄灭。
- (7) A0~A5：6 路模拟输入，每一路具有 10 位的分辨率（即输入有 1024 个不同值），默认输入信号范围为 0~5V，可以通过 AREF 调整输入上限。除此之外，有些引脚有特定功能。
- (8) TWI 接口（SDA A4 和 SCL A5）：支持通信接口（兼容 I2C 总线）。
- (9) AREF：模拟输入信号的参考电压。
- (10) RESET：信号为低时复位单片机芯片。
- 上述特征和引脚可用图 1-2 概述。

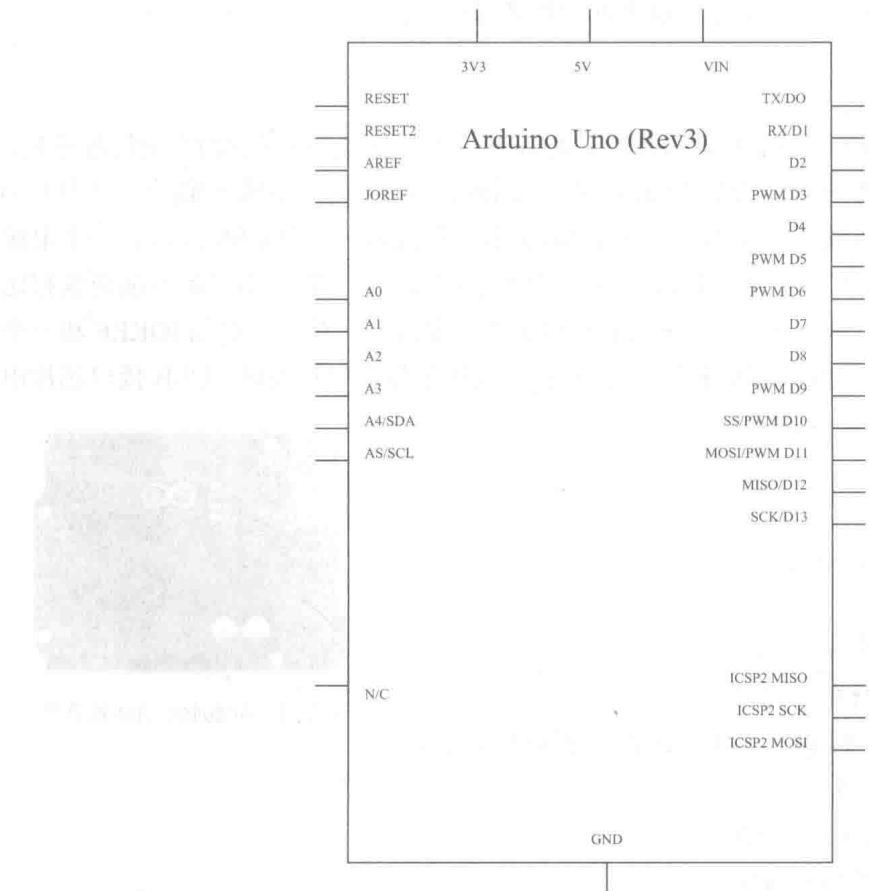


图 1-2 Arduino 原理图

1.1.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 是采用 USB 接口的核心电路板, 具有 54 路数字输入/输出, 适合需要大量 I/O 接口的设计, 如图 1-3 所示。处理器核心是 ATmega 2560, 同时具有 54 路数字输入/输出 (其中 16 路可作为 PWM 输出)、16 路模拟输入、4 路 UART 接口、一个 16MHz 晶体振荡器、一个 USB 接口、一个电源插座、一个 ICSP header 和一个复位按钮。Arduino Mega 2560 也能兼容为 Arduino Uno 设计的扩展板。目前, Arduino Mega 2560 发布了第三版, 第三版的特点如下。

- (1) 在 AREF 处增加了两个管脚 SDA 和 SCL。
- (2) 支持 I2C 接口。
- (3) 增加 IOREF 和一个预留管脚, 将来扩展板能兼容 5V 和 3.3V 核心板。改进了复位电路设计。
- (4) USB 接口芯片由 ATmega16U2 替代了 ATmega8U2。
- (5) Arduino Mega 2560 可以通过 3 种方式供电, 而且能自动选择供电方式。
- (6) 外部直流电源通过电源插座供电。
- (7) 电池连接电源连接器的 GND 和 VIN 引脚。
- (8) USB 接口直接供电。

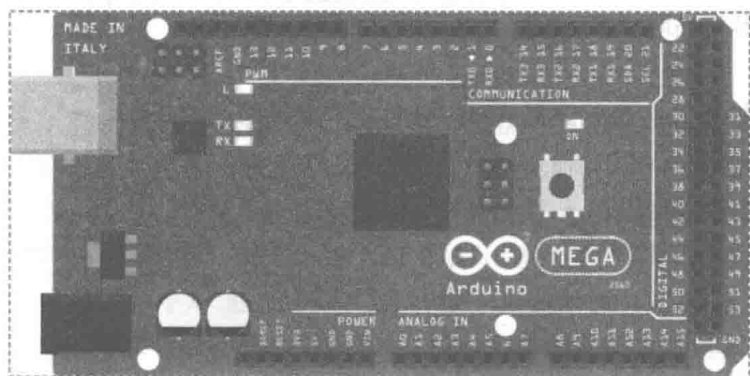


图 1-3 Arduino Mega 2560 实物图

1. 电源引脚说明

- (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 Mega 2560 直接供电。VIN 有电时将忽略从 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: 通过稳压器产生的 3.3V 电压, 最大驱动电流 50mA。
- (4) GND: 地脚。

2. 输入/输出

- (1) 14 路数字输入/输出: 工作电压为 5V, 每一路能通过的最大电流为 40mA。每一

路配置了 20kΩ~50kΩ 内部上拉电阻。

除此之外，有些引脚有特定的功能。

- 4 路串口信号：串口 0~0(RX)和 1(TX)；串口 1~19(RX)和 18(TX)；串口 2~17(RX)和 16(TX)；串口 3~15(RX)和 14(TX)。其中串口 0 与内部 ATmega8U2 USB-to-TTL 芯片相连，提供 TTL 电压水平的串口接收信号。
- 6 路外部中断：2（中断 0），3（中断 1），18（中断 5），19（中断），20（中断 3），21（中断 2）。触发中断引脚，可设成上升沿、下降沿或同时触发。
- 14 路脉冲宽度调制 PWM（0~13）：提供 14 路 8 位 PWM 输出。
- SPI[53(SS), 51(主机输出从机输入, MOSI), 50(主机输入从机输出, MISO), 52(SCK)]: SPI 通信接口。
- LED（13 号）：Arduino 专门用于测试 LED 的保留接口,输出为高时点亮 LED,反之输出为低时 LED 熄灭。

（2）16 路模拟输入：每一路具有 10 位的分辨率（即输入有 1024 个不同值），默认输入信号范围为 0~5V，可以通过 AREF 调整输入上限。

除此之外，有些引脚有特定功能，比如 TWI 接口（20（SDA）和 21（SCL））支持通信接口（兼容 I2C 总线）。

（3）AREF：模拟输入信号的参考电压。

（4）RESET：信号为低时复位单片机芯片。

综上，Arduino Mega 2560 的构造原理图如图 1-4 所示。

1.1.3 Arduino Nano

Arduino Nano 是 Arduino USB 接口的微型版本，最大的不同是没有电源插座且 USB 接口是 Mini-B 型插座，如图 1-5 所示。Arduino Nano 的尺寸极小，而且可以插在面包板上使用，其处理器核心是 Atmega 168（Nano2.x）和 Atmega 328（Nano3.0），同时具有 14 路数字输入 / 输出口（其中 6 路可作为 PWM 输出）、8 路模拟输入、一个 16MHz 晶体振荡器、一个 Mini-B USB 接口、一个 ICSP header 和一个复位按钮。

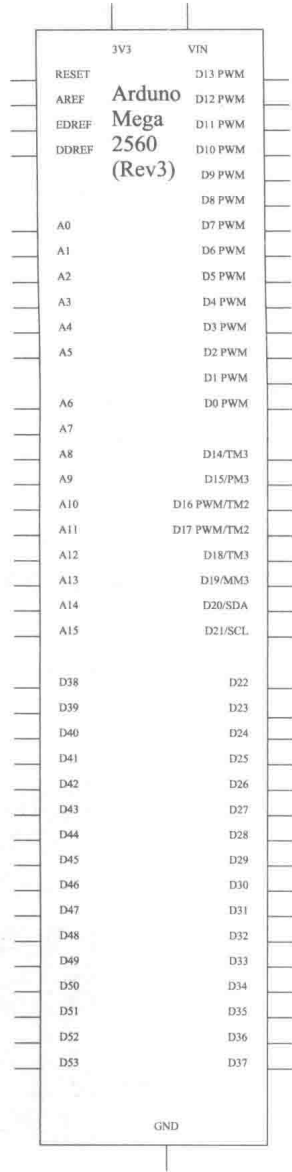


图 1-4 Arduino Mega 2560 原理图

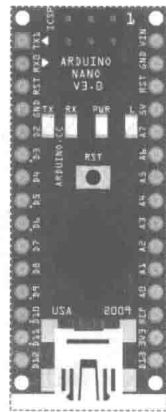


图 1-5 Arduino Nano 实物图

1. 主要特征

- 处理器: Atmega 168 或 Atmega 328。
- 工作电压: 5V 输入电压 (推荐); 7~12V 输入电压 (范围)。
- 数字 I/O 引脚: 14 路 (其中 6 路作为 PWM 输出)。
- 模拟输入引脚: 6 个。
- I/O 引脚直流电流: 40 mA。
- Flash Memory 16KB 或者 32KB (其中 2KB 用于引导程序)。
- SRAM 1 KB 或者 2KB。
- EEPROM 0.5 KB 或者 1KB (ATmega328)。
- FT232RL FTDI USB 接口芯片。
- 工作时钟: 16 MHz。

2. 电源

- Arduino Nano 供电方式。
- Mini-B USB 接口供电。
- pin27 +5V 接外部直流 5V 电源。

注意: 只有通过 USB 接口供电时 FT232RL 才工作。

3. 输入 / 输出

14 路数字输入 / 输出口的工作电压为 5V, 每一路能通过的最大电流为 40mA。每一路配置了 20k Ω ~50k Ω 内部上拉电阻 (默认不连接)。除此之外, 有些引脚有特定的功能。

- 串口信号 RX (0 号)、TX (1 号): 提供 TTL 电压水平的串口接收信号与 FT232RL 所相应的引脚相连。
- 外部中断 (2 号和 3 号): 触发中断引脚, 可设成上升沿、下降沿或同时触发。
- 脉冲宽度调制 PWM (3、5、6、9、10、11): 提供 6 路 8 位 PWM 输出。
- SPI (10(SS), 11(MOSI), 12(MISO), 13(SCK)): SPI 通信接口。
- LED (13 号): Arduino 专门用于测试 LED 的保留接口, 输出为高时点亮 LED, 反之输出为低时 LED 熄灭。
- 6 路模拟输入 A0~A5: 每一路具有 10 位的分辨率 (即输入有 1024 个不同值), 默认输入信号范围为 0~5V, 可以通过 AREF 调整输入上限。除此之外, 有些引脚有特定功能。
- TWI 接口 (SDAA4 和 SCLA5): 支持通信接口 (兼容 I2C 总线)。
- AREF: 模拟输入信号的参考电压。
- RESET: 信号为低时复位单片机芯片。

综上, Arduino Nano 原理图如图 1-6 所示。

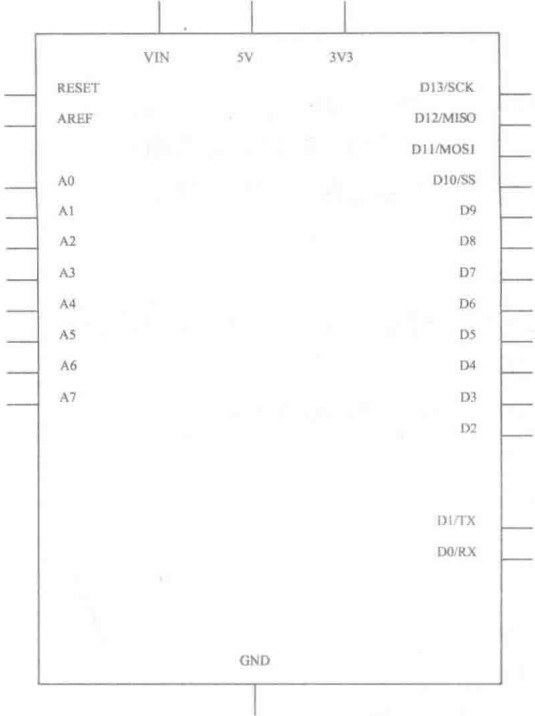


图 1-6 Arduino Nano 原理图

1.1.4 Arduino Leonardo

Arduino Leonardo 是基于 ATmega32U4 的一个微控制器板。它有 20 个数字输入/输出引脚（其中 7 个可用于 PWM 输出、12 个可用于模拟输入）、一个 16 MHz 的晶体振荡器、一个 Micro USB 接口、一个 DC 接口、一个 ICSP 接口以及一个复位按钮，如图 1-7 所示。它包含了支持微控制器所需的一切，可以简单地通过连接到计算机的 USB 接口，或者使用 AC-DC 适配器，或者用电池来驱动它。

Leonardo 不同于之前所有的 Arduino 控制器，它直接使用了 ATmega32U4 的 USB 通信功能，取消了 USB 转 UART 芯片。这使得 Leonardo 不仅可以作为一个虚拟的 (CDC) 串行/COM 端口，还可以作为鼠标或者键盘连接到计算机。

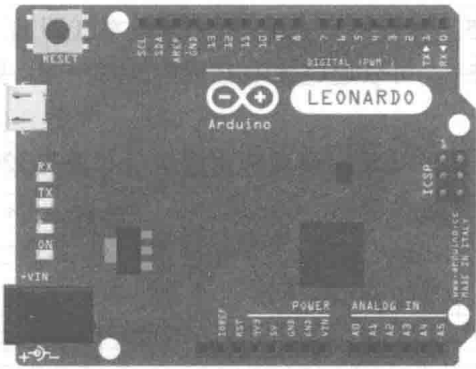


图 1-7 Arduino Leonardo 实物图

1. 主要特征

- 微控制器: ATmega32U4。
- 工作电压: 5V。
- 输入电压 (推荐): 7~12V。
- 输入电压 (限制): 6~20V。
- 数字 I/O 引脚: 20。
- PWM 通道: 7。
- 模拟输入引脚: 12。
- 每个 I/O 直流输出能力: 40mA。
- 3.3V 端口输出能力: 50mA。
- Flash: 32 KB (ATmega32U4), 其中 4KB 由引导程序使用。
- SRAM: 2.5 KB (ATmega32U4)。
- EEPROM: 1 KB (ATmega32U4)。
- 时钟速度: 16MHz。

2. 输入 / 输出

通过使用 `pinMode()`、`digitalWrite()` 和 `digitalRead()` 函数, Leonardo 上的 20 个 I/O 引脚中的每一个都可以作为输入输出端口。每个引脚都有一个 $20\text{k}\Omega\sim 50\text{k}\Omega$ 的内部上拉电阻 (默认断开), 可以通过最大 40mA 的电流。此外, 部分引脚还有专用功能。

- UART: 0 (RX) 和 1 (TX) 使用 ATmega32U4 硬件串口, 用于接收 (RX) 和发送 (TX) 的 TTL 串行数据。需要注意的是, Leonardo 的 `Serial` 类是指 USB (CDC) 的通信, 而引脚 0 和 1 的 TTL 串口使用 `Serial1` 类。
- TWI: 2 (SDA) 和 3 (SCL) 通过使用 `Wire` 库来支持 TWI 通信。外部中断为 2 和 3, 这些引脚可以被配置。
- PWM: (3、5、6、9、10、11、13) 能使用 `analogWrite()` 函数支持 8 位的 PWM 输出。
- SPI: ICSP 引脚。能通过使用 `SPI` 库支持 SPI 通信。需要注意的是, SPI 引脚没有像 Uno 连接到任何的数字 I/O 引脚上, 它们只能在 ICSP 端口上工作。这意味着, 如果扩展板没有连接 6 脚的 ICSP 引脚, 那它将无法工作。
- LED (13): 有一个内置的 LED 在数字引脚 13 上, 当引脚是高电平时, LED 点亮, 引脚为低电平时, LED 不亮。
- 模拟输入: A0~A5, A6~A11 (数字引脚 4, 6, 8, 9, 10, 12), Leonardo 有 12 个模拟输入, A0~A11, 都可以作为数字 I/O 口。引脚 A0~A5 的位置与 Uno 相同; A6~A11 分别是数字 I/O 引脚 4, 6, 8, 9, 10 和 12。每个模拟输入都有 10 位分辨率 (即 1024 个不同的值)。默认情况下, 模拟输入量为 0~5V, 也可以通过 AREF 引脚改变这个上限。
- AREF: 模拟输入信号参考电压通过 `analogReference()` 函数。

综上，Arduino leonardo 的原理图如图 1-8 所示。

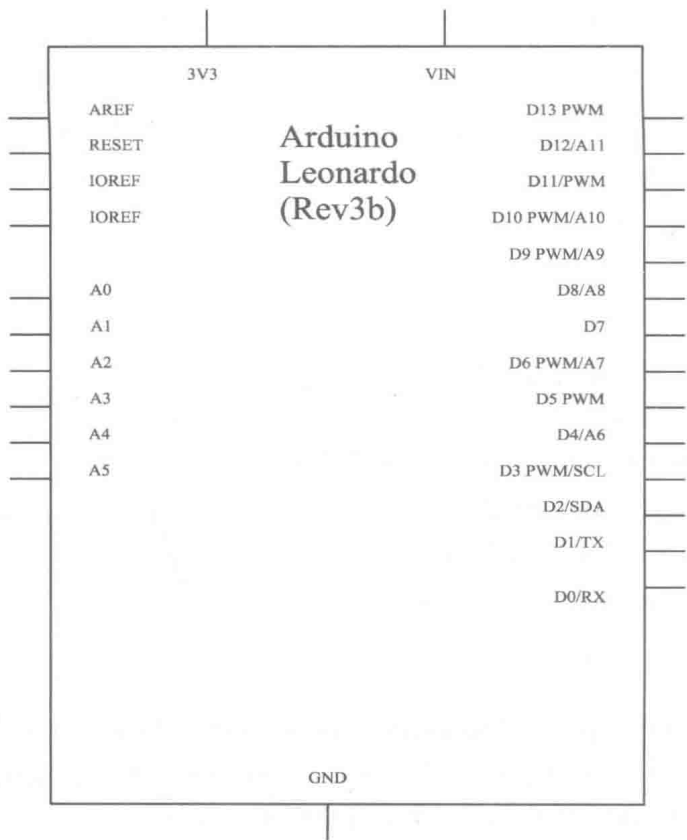


图 1-8 Arduino Leonardo 原理图

1.1.5 Arduino 扩展板

Arduino 扩展板通常具有和 Arduino 开发板一样的引脚位置，可以堆叠接插到 Arduino 上，进而实现特定功能的扩展。Arduino 有许多扩展板，其中较典型的是 Proto Shield 原型扩展板、GPRS Shield 扩展板、Arduino Ethernet W5100 R3 Shield 网络扩展板、WizFi210 扩展板、Arduino L298N 电机驱动扩展板、Arduino 传感器扩展板等。由于扩展板非常多，所以我们下面就从中选取 Arduino 传感器扩展板进行简单介绍。

在面包板上接插元件固然方便，但需要有一定的电子知识来搭建各种电路。而使用传感器扩展板，只需要用通过连接线，把各种元件接插到扩展板上即可。使用传感器扩展板，可以更快速地搭建出所需的项目传感器扩展板，如图 1-9 所示。它是最常用的 Arduino 外围硬件之一。

在扩展板上，数字引脚和模拟输入引脚边有红黑两排排针，以“+”“-”标示，其中，“+”表示 VCC，“-”表示 GND。在一些厂家的扩展板上，VCC 和 GND 可能也会以“V”“G”标示。

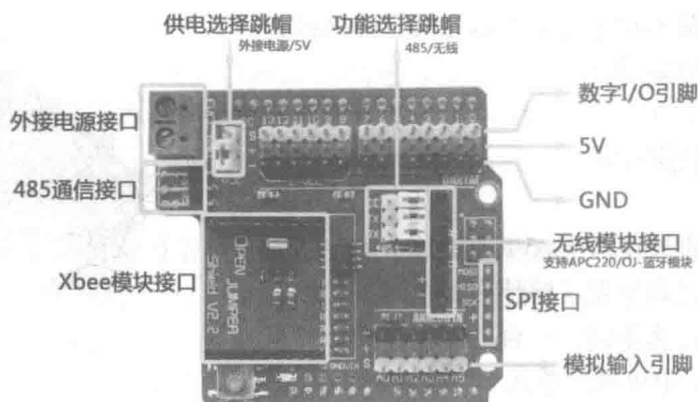


图 1-9 传感器扩展板

通常我们习惯用红色代表电源（VCC），黑色代表地（GND），其他颜色代表信号（Signal），如图 1-10 所示。传感器与扩展板间的连接线也是这样。

如图 1-11 所示，在使用其他模块时，只需要对应颜色，将模块插到相应的引脚即可使用。



图 1-10 引脚图

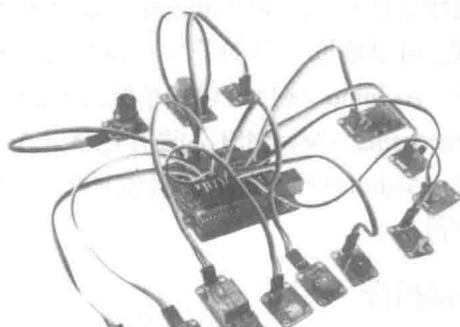


图 1-11 连接实物图

扩展板如图 1-12 所示，其 L298 电机驱动芯片可以驱动两路直流电机，常用于制作 Arduino 智能小车。

网络扩展板如图 1-13 所示，其基于 Wiznet W5100 设计，使用它即可让 Genuino 101 接入网络，进而访问互联网上的数据，或与远程服务器通信。

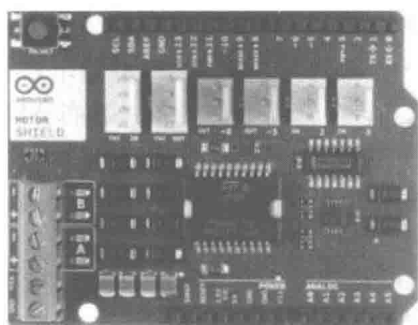


图 1-12 扩展板

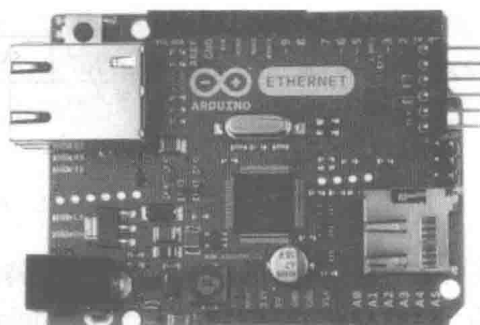


图 1-13 网络扩展板

原型扩展板如图 1-14 所示，可以在其上焊接搭建电路，实现需要的特定功能。

1.2 Arduino 内部结构

Arduino 平台的基础就是 AVR 指令集的单片机，因此认清 Arduino 之前需要了解什么是单片机，以及它与个人计算机有什么不同。一台能够工作的计算机要有这样几个部分：中央处理单元（Central Processing Unit, CPU）（进行运算、控制）、随机存储器（Random Access Memory, RAM）（数据存储）、只读存储器（Read Only Memory Image, ROM）（程序存储）、输入/输出设备 I/O（串行口、并行输出口等）。在个人计算机（Personal Computer, PC）中，这些部分被分成若干块芯片，安装在一个被称为主板的印制线路板上。而在单片机中，这些部分全部被做到一块集成电路芯片中了，所以就称为单片（单芯片）机。有一些单片机中除了上述部分外，还集成了其他部分，如模拟量/数字量转换（A/D）和数字量/模拟量转换（D/A）等。

Arduino 是一个能够用来感应和控制现实物理世界的一套工具。它由一个基于单片机并且开放源码的硬件平台和一套为 Arduino 板编写程序的开发环境组成。Arduino 可以用来开发交互产品，例如它可以读取大量的开关和传感器信号，并且可以控制各式各样的电灯、电机和其他物理设备。Arduino 项目可以是单独运行的，也可以在运行时和计算机中运行的程序（例如 Flash、Processing、MaxMSP）进行通信。Arduino 板可以选择自己去手动组装或是购买已经组装好的，Arduino 开源的集成开发环境（Integrated Development Environment, IDE）可以免费下载得到。

1.2.1 内部机理

图 1-15 是 Arduino Uno 的内部结构图。Leonardo 与 Arduino Uno 相似，但其 USB 接口均已集成到微控制器芯片中。Due 也类似，而其处理器工作电压为 3.3V，不是 5V。

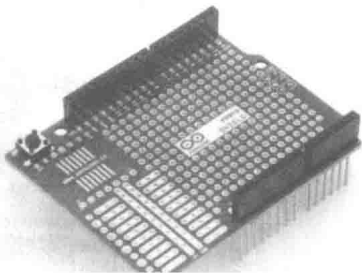


图 1-14 原型扩展板

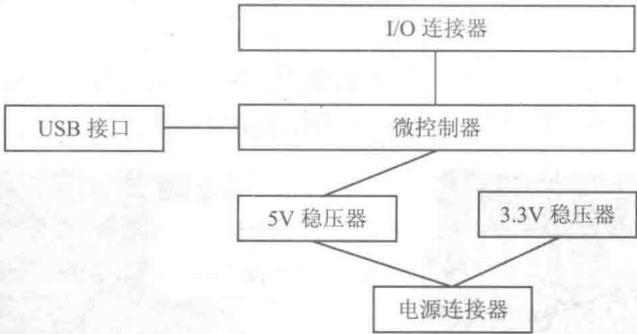


图 1-15 Arduino 内部结构

在许多方面，Arduino 确实比带有支持组件的微控制器芯片小很多。事实上，采用微处理器和一些外设在实验板上建立一台 Arduino，或者以 Arduino 为原型创建设计一个印制电路板（Printed Circuit Board, PCB），都很容易实现。Arduino 开发板能把很多事情变得很简单，