



Arduino 轻松入门

戴凤智 海玉 秦柱伟 编



化学工业出版社

Arduino



Arduino

轻松入门

戴凤智 海玉 秦柱伟 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

Arduino 轻松入门 / 戴凤智, 海玉, 秦柱伟编. —北京: 化学工业出版社, 2014. 11

ISBN 978-7-122-21920-6

I. ①A… II. ①戴…②海…③秦… III. ①单片微型计算机
IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第225581号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 王素芹

装帧设计: 王晓宇

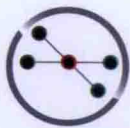
出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装: 北京画中画印刷有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张15 字数249千字 2015年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00元

版权所有 违者必究

序言



Arduino

轻松入门

科学技术是生产力，而创新是不断发展的动力。提高我们的创新能力，是实现“中国梦”的希望所在。

亲自制作（DIY, Do It Yourself）引导我们发挥想象力和创造力，并通过实际动手实践自己的创新方案。自己亲手制造出新作品，又会鼓励并激发我们投入到更高阶和更多的科技创新活动中，这对培养我们的创新能力很有益处。

对于入门和初学者，从DIY什么开始为好呢？

一个小型的智能电子作品是最佳的选择。通过构思并实际动手设计、组装、编程、调试和优化，当按照本书中的步骤制作出能够实现一定功能的作品时，会增强你的自信心，使你更加渴望对科学知识的探求。

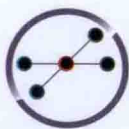
在制作自己的作品时，应该注意些什么呢？

我们知道，一个人既要有身体，又要有思想。同样，智能电子科技作品的制作也主要分为硬件和软件。硬件是软件的载体，软件是硬件的灵魂。没有硬件的作品是不存在的（计算机仿真和虚拟作品除外），没有软件的作品就是一堆没有思想的金属。

电子信息和互联网技术发展到今天，物联和机器智能的概念再次得到人类社会的高度重视，而机器人恰恰是融合了感知世界的传感器技术、基于控制算法的机器智能，它通过机电装置执行指令从而改造客观世界、甚至利用通信技术遥控其他的电子设备、更可以使多个机器人彼此沟通并协同工作。本书向大家展示的是基于开放源代码的软硬件平台Arduino，它可以帮助你快速实现自己的构思，搭建属于你的机器人。通过相关实践活动，你还可以了解基于开放源代码的开发理念和方法，适应社会对基于开放源码进行高效产品开发的人才需求。

本书作者长期在一线从事高校教育和指导学生科技制作的工作，对相关专业基础知识、特点和认识规律有深入的研究，在实践中对如何培养学生创新能力积累了丰富的经验。

这本书有三篇内容。第1篇系统地讲述了Arduino主控芯片和开发板的基础理论知识，并通过描述各种功能的实现方式来说明设



计思想和开发过程。这种以功能的实现来进行阐述的方法符合读者阅读和学习的习惯。在此基础上，第2篇采用图文并茂的形式介绍了一些常用传感器利用Arduino开发板进行控制和使用的方法。该书针对初学者的特点，以应用为目标，强调实用性和动手能力的培养，第3篇通过对两个Arduino实例作品的设计说明，详细阐述了如何根据项目的需求来进行硬件的选择和配置、功能的实现与完善，以及软件的设计与调试。通过这两个综合实例，读者将会学习到一个整体的设计思路和控制策略。

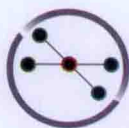
本书内容匹配入门和初学者的能力，注重动手操作，能够积极引导读者观察和思考，非常容易引起读者的阅读兴趣。

多说无益，我们开始动手吧。

刘红军

中兴通讯股份有限公司战略架构师
大功率无线输电产业联盟秘书长

前言



Arduino由米兰交互设计学院的两位教师设计而成。作为一种软硬件开源的平台，它具有价格低廉、便捷灵活、简单易学等特点。不仅在机器人制作、科学实验等方面广为流行，Arduino更成为了硬件开发的趋势。Arduino以其简单的开发方式，使得初学者可以用较低的成本在较短的时间内开发出自己想要的作品。即使是非电子和机电专业出身，也能很快体验到互动电子设计、制作的乐趣！

本书与其姊妹书《机器人制作轻松入门》（化学工业出版社出版）一样，是编者根据实际制作经验编写的。内容贴合实际，简单易懂，适合对Arduino感兴趣的硬件DIY爱好者、电子爱好者阅读，也非常适合大中学生进行电子制作和实验课堂使用。

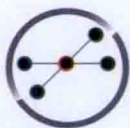
本书共分为3篇，分别为基础知识与环境搭建篇、模块使用篇和综合实例篇，三部分内容循序渐进地讲解了Arduino的方方面面。

基础知识与环境搭建篇从Arduino的由来入手，首先阐述了Arduino的特点，介绍了Arduino家族主要成员。然后对Arduino的开发环境做了简单的介绍，让读者对Arduino有一个初步的认知。其后又对Arduino的语言结构、硬件资源做了充分的介绍。针对每一种硬件资源，都通过一个简单的小实验，通俗易懂地讲述了Arduino的主要功能。即使是没有编程基础的初学者也可以轻松入门，其目的旨在让读者以感性的方式，来掌握基本的Arduino知识和经验。

模块使用篇根据Arduino开源硬件的特点，进一步介绍在实际项目中最常用的几种传感器，如避障传感器、温湿度传感器、烟雾传感器、超声波、人体红外感应模块等。每一部分均配有电路图和具有注释的示例程序，以供读者参考。同时还添加了当下比较流行的电机控制、LCD显示、蓝牙等控制技术。这一部分中丰富的案例不但兼具深度和广度，更是具有实用性和艺术性。在学习和制作机器人项目搭建平台时，即使读者使用其他模块或者控制器，也可以从中有所收获。

综合实例篇根据Arduino开放性的软硬件特点，分别以四轴飞

Arduino
轻松入门



行器的设计和智能小车的设计为范例,综合了前面所有知识。利用前面所讲的模块和技术,通过动手实践介绍了基于Arduino控制的作品从无到有的完整制作过程,包括外部结构、组成部件、软件编程、无线电遥控、实际调试等,最终组成完整的作品。读者除了能够掌握基本的科技制作技能,巩固了前面所学的知识之外,还将学会如何利用所学创建功能更为强大、结构更为复杂的Arduino作品。

本书在编写和修改过程中,得到了天津科技大学科学研究基金(20130123),高等学校博士学科点专项科研基金(20131208110005)的支持,并在天津市科技支撑计划项目(13ZCZDZX03000)和天津市教委项目(20120831)中获得了实际应用与部分实验工作。

本书由戴凤智、海玉、秦柱伟编写。白瑞祥、陈晓艳、张宝龙为本书编写提供了宝贵材料。在本书的编写和修改过程中,还得到了天津科技大学张峻霞、安力群、刘振全、彭一准、贺庆、李丹、段英宏、保和平等老师的指导与帮助。日本国立大岛商船高专的栉田直规(Kushida Naoki)教授和日本冲绳高专及ASCSPublications的Zacharie Mbaitiga博士也提出了很多修改意见。参与本书实验试制的人员包括范理、蒋才高、王新、雷新宇、赵林生、刘波、刘兆光、马啸、刘敬、石通、刘笑远、王泽莹、杨志鹏、欧阳育星、王飞等,在此一并感谢。

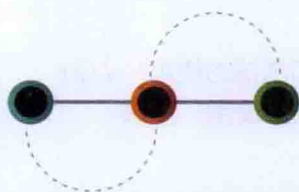
对于书中用到的各种器件,读者可以在电子器件市场或网上买到。如果您对本书有什么疑问或者希望获得制作上的帮助,可以通过以下方式联系我们:

E-mail: daifz@163.com(戴凤智); zhibohi@163.com(海玉); 364692104@qq.com(秦柱伟)

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请各位读者指正。

编者

目录 CONTENTS



Arduino

轻松入门

第1篇 基础知识与环境搭建篇 / 1

第1章 初识Arduino / 2

- 1.1 什么是Arduino / 2
- 1.2 为何要使用Arduino / 2
- 1.3 Arduino家族 / 3
- 1.4 Arduino驱动安装及IDE菜单介绍 / 11

第2章 Arduino开发语言 / 17

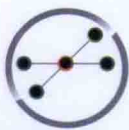
- 2.1 流程图的绘制 / 17
- 2.2 Arduino程序基础 / 20
- 2.3 Arduino程序设计 / 23

第3章 Arduino基本函数 / 32

- 3.1 数字I/O口 / 32
- 3.2 模拟I/O口 / 33
- 3.3 时间函数 / 34
- 3.4 数学函数 / 35
- 3.5 随机数 / 39
- 3.6 字节和位操作 / 39
- 3.7 串口通信 / 40
- 3.8 中断函数 / 41
- 3.9 SPI接口 / 42

第4章 Arduino硬件资源及编程 / 45

- 4.1 数字I/O口的使用 / 45
- 4.2 模拟I/O口的使用 / 53
- 4.3 PWM的使用 / 55



- | 4.4 串口通信的使用 / 60
- | 4.5 中断的使用 / 61

第2篇 模块使用篇 / 67

第5章 传感器模块的使用 / 68

- | 5.1 红外避障传感器 / 68
- | 5.2 温湿度传感器 / 73
- | 5.3 烟雾传感器 / 82
- | 5.4 火焰传感器 / 90
- | 5.5 人体红外感应模块 / 95
- | 5.6 超声波测距传感器 / 100

第6章 电机控制 / 108

- | 6.1 直流电机的控制 / 108
- | 6.2 舵机控制 / 118
- | 6.3 步进电机的控制 / 126

第7章 显示模块的使用 / 134

- | 7.1 / 1602模块的使用 / 134
- | 7.2 / 12864模块的使用 / 145

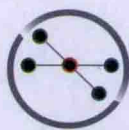
第8章 无线模块的使用 / 158

- | 8.1 蓝牙模块的使用 / 158
- | 8.2 APC220模块的使用 / 171

第3篇 综合实例篇 / 177

第9章 基于Arduino Pro Mini的四轴飞行器设计 / 178

- | 9.1 四轴飞行器的结构 / 178
- | 9.2 四轴飞行器的各个重要部件 / 179
- | 9.3 四轴飞行器的飞行原理 / 188
- | 9.4 四轴飞行器的构建 / 190



- | 9.5 四轴飞行器的程序调试 / 193
- | 9.6 四轴飞行器的飞行测试 / 197
- | 9.7 程序清单 / 199

第10章 基于Arduino Mega 2560的STAS-Ro1智能 小车设计 / 202

- | 10.1 STAS-Ro1介绍 / 202
- | 10.2 STAS-Ro1的总体设计 / 204
- | 10.3 STAS-Ro1的硬件单元设计 / 207
- | 10.4 STAS-Ro1的软件设计 / 211
- | 10.5 调试结果 / 223

关键字检索 / 228

参考文献 / 229

Arduino

轻松入门



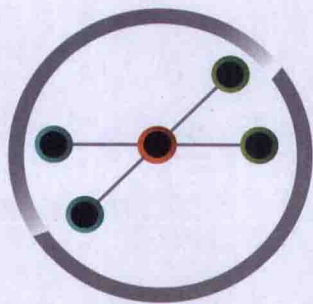
基础知识与环境搭建篇

若想盖起一座高楼，既要准备好砖瓦，还要有图纸和说明。同样，我们要想制作出科技作品，既要有硬件知识，也要学会如何编程来驱动它。就好像我们人一样，既要有身体，还要有思想。因此，硬件是软件的载体，软件是硬件的灵魂，二者缺一不可。

本书的第1篇分为4章。第1章对Arduino的系统和软件编程环境的安装与调试过程做出说明。第2章和第3章主要介绍Arduino的开发语言和一些基本函数。在此基础上，第4章针对Arduino控制板中典型的内置硬件资源，通过实验给出使用实例。

第1篇的各章分别为：

- » 第1章 初识Arduino
- » 第2章 Arduino开发语言
- » 第3章 Arduino基本函数
- » 第4章 Arduino硬件资源及编程



初识 Arduino



1.1 什么是 Arduino

Arduino 是 2005 年 1 月由米兰交互设计学院的两位教师 David Cuartielles 和 Massimo Banzi 联合提议并首先开发的，是一块基于开放原始代码的平台。该平台由硬件和软件两部分组成。硬件包括微处理器、电路板等，软件包括编程接口和编程语言。该平台的这两部分都是开源的。

Arduino 的硬件部分是基于 AVR 指令集的单片机。虽然阅读本书不需要具体了解 AVR 的细节，但我们还是有必要先简单了解一下什么是单片机。

单片机是一种集成电路芯片，是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU，以及随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 接口和中断系统、定时器/计数器等功能电路（可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路）集成到一块芯片上构成的一个小而完善的微型计算机系统。

以 Arduino 单片机为核心，并附加一些外围电路和功能模块，将它们合在一起做成的开发控制板，就构成了本书中将要使用的 Arduino 开发控制板。



1.2 为何要使用 Arduino

正如上面介绍的那样，Arduino 的最大特点就是价格便宜并且好用。我们

在普通计算机上通过 Arduino 的开发环境编写程序并编译成功之后，就可以将文件下载到 Arduino 系统板上的微控制器中，从而使 Arduino 系统能够通过各种传感器来感知环境，也能通过控制灯光、电机和其他的装置来作用（影响）环境。

Arduino 有自己的编程语言（基于 Wiring）和开发环境（基于 Processing），简单易学并使用方便。而且基于 Arduino 的项目，既可以只包含 Arduino 自己，也可以包含 Arduino 和其他一些在 PC 机上运行的软件。它们之间可以通过 Flash, Processing, MaxMSP 等来进行交互通信。

同其他系统相比，Arduino 在很多地方更具有优越性，它尤其适合老师、学生和一些业余爱好者们使用。

① 便宜。最简单和便宜的 Arduino 版本甚至可以自己制作完成。即使是组装好的成品，其价格也不会超过 200 元。

② 跨平台。Arduino 的开发环境可以运行在 Windows, Macintosh OSX 和 Linux 等常用操作系统上。

③ 简易的编程环境。初学者很容易就能学会使用 Arduino 编程环境，同时它又能为高级用户提供足够多的高级应用。

④ 软件开源并且可以扩展。Arduino 的软件是开源的，对于有经验的程序员可以很自由方便地对其进行扩展。

⑤ 硬件开源并且可以扩展。Arduino 系统板具有可扩展性，我们可以根据需要设计出自己的模块，并且可以对其进行扩展和改进。

此外，因为 Arduino 基于 AVR 平台，对 AVR 库进行了二次编译封装，把端口都打包好了，因此我们基本不用考虑寄存器、地址指针等。这样大大降低了软件的开发难度，特别适宜非专业的爱好者使用。

不过这种打包的优点和缺点是并存的。正因为它是二次编译封装，因此不如直接使用 AVR 代码编写精练，在代码的执行效率与代码体积上相对于 AVR 直接编译有弱势。



1.3 Arduino 家族

对于刚刚接触 Arduino 的新手而言，如何在众多的 Arduino 系列中，选择一款适合自己的来学习，是一件让人头疼的事。



如果单纯的是为了学习，为自己增加一份技能，那么建议您根据自己的专业水平选择一种比较热门、使用者比较多的系列，这样可以有充分的学习资料。而且当你遇到问题时，可以与他人交流。

如果是因为某一项目的需求，那就得考虑所选的型号是否满足系统资源要求，同时还要考虑产品的价格，以及供货周期等其他因素。

表1-1给出了几种常见的Arduino控制板型号及其主要参数，以便具体选择时作为参考。在表后给出了这些型号的一些较为具体的说明。

1.3.1 Arduino Mega2560

Arduino Mega2560（图1-1）最大的特点就是多达54路的数字输入输出，它特别适合需要大量I/O接口的设计，目前已经发布了第三版。



图1-1 Arduino Mega2560

（1）电源

可以通过3种方式为Arduino Mega2560供电。

① 利用外部直流电源通过电源插座供电。



所有拥有电源插座的Arduino板卡，外部（非USB）电源可以用AC-DC适配器或电池。适配器可以插在一个2.1mm规格、中心是正极的电源插座上，以此连接到控制器的电源端。



Arduino Mega2560可以输入6 ~ 20V的外部电源。但是，如果外部电源电压过低或过高，则有可能引起控制板和各模块工作不稳定，或使板卡过热，从而损坏电路板。因此推荐的输入电压范围是7 ~ 12V。

表 1-1 常见的Arduino控制板型号及主要参数

主要参数	型号	Mega 2560	Mega ADK	UNO	Mini	Nano	Leonardo
MCU		ATmega2560	ATmega2560	ATmega328	ATmega168	ATmega168 或 ATmega328	ATmega32u4
工作电压		5V	5V	5V	5V	5V	5V
输入电压 (推荐)		7 ~ 12V	7 ~ 12V	7 ~ 12V	7 ~ 9V	7 ~ 12V	7 ~ 12V
输入电压 (限制)		6 ~ 20V	6 ~ 20V	6 ~ 20V		6 ~ 20V	6 ~ 20V
数字 I/O 引脚		54	54	14	14	14	20
PWM		15	15	6	6	6	7
模拟输入通道		16	16	6	8	8	12
每个 I/O 口输出电流		40mA	40mA	40mA	40mA	40mA	40mA
3.3V 端口输出能力		50mA	50mA	50mA			50mA
Flash/kB		256 (其中 bootload 占 8kB)	256 (其中 bootload 占 8kB)	32 (其中 bootload 占 0.5kB)	32 (其中 bootload 占 2kB)	16 (ATmega168) 32 (ATmega328) (其中 bootload 占 2kB)	32 (其中 bootload 占 4kB)
SRAM/kB		8	8	2	2	1 (ATmega168) 2 (ATmega328)	2.5
EEPROM/kB		4	4	1	1	512B (ATmega168) 1kB (ATmega328)	1
时钟速率/MHz		16	16	16	16	16	16



② 将电池直接连接到板卡上电源连接器的VIN和GND引脚。

③ 利用USB接口直接供电。

(2) 电源引脚说明

① VIN引脚。当外部直流电源接入电源插座时，VIN引脚有正常电压输出，可以通过VIN引脚向其他模块供电。而当VIN有电时将忽略从USB或者其他引脚接入的电源。

② 5V引脚。通过稳压器或USB接入的5V电压，为Arduino Mega2560控制板上的5V芯片供电。

③ 3.3V引脚。通过稳压器产生的3.3V电压，最大驱动电流50mA。

④ GND引脚。该引脚为接地脚。

(3) 输入输出功能

① 54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。每一路均配置了20~50kΩ的内部上拉电阻（默认为不连接）。除此之外，有些引脚还有特定的功能（本书后面的章节会用到其中的一部分内容）。

a. 4路串口信号。串口0为芯片的端子0（RX）和端子1（TX），串口1为芯片的端子19（RX）和18（TX），串口2为芯片的端子17（RX）和16（TX），串口3为芯片的端子15（RX）和端子14（TX）。

b. 6路外部中断。端子2（中断0），端子3（中断1），端子18（中断5），端子19（中断4），端子20（中断3）和端子21（中断2）。通过程序控制，可以将中断设置成上升沿、下降沿或上升和下降沿同时触发。

c. 14路脉冲宽度调制PWM：提供14路8位PWM输出。

d. 端子53（SS），端子51（MOSI），端子50（MISO），端子52（SCK）为SPI通信接口。

e. LED（端子13）：Arduino专门用于测试LED灯的保留接口。输出为高电平时点亮LED，反之输出为低电平时LED熄灭。

② 16路模拟输入。每一路均具有10位的分辨率（可以将输入信号精度细分为 $2^{10}=1024$ ），默认输入信号范围为0到5V，可以通过AREF调整输入上限。除此之外，TWI接口包括端子20（SDA）和端子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。

(4) 通信接口

- ① 串口。这是本书重点要介绍的 Arduino 控制器与外部器件的通信方式。
- ② TWI (兼容 I2C) 接口: Arduino 软件有一个用于简化 TWI (I2C) 通信的 `wire` 库。
- ③ SPI 接口: SPI 通信可以使用 SPI 库。

1.3.2 Arduino Mega ADK

Arduino Mega ADK 也是采用 USB 接口的核心电路板, 如图 1-2 所示。它与 Mega 2560 最大的不同就是 Mega ADK 上多了一路 USB 主控制接口, 用来与手机互连。其实, USB 主控制接口能够与具有 USB 端口的所有设备相连, 比如手机、相机、键盘以及游戏机等。

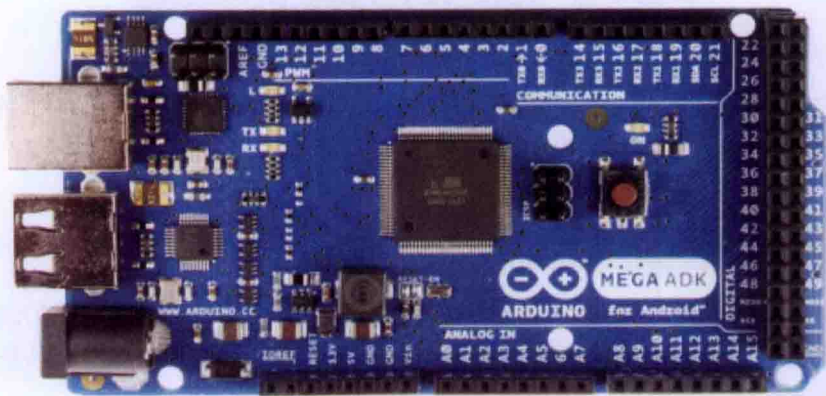


图 1-2 Arduino Mega ADK

Arduino Mega ADK 也具有和 Mega 2560 相同的 3 种供电方式。它的各主要引脚说明、重要的输入输出端子和通信接口的介绍在此省略, 如果需要的话请读者查阅相关资料。

1.3.3 Arduino UNO

Arduino UNO (图 1-3) 是 Arduino USB 接口系列的最新版本, 成为 Arduino 平台的参考标准模板。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), 有 6 路模拟输入, 一个