

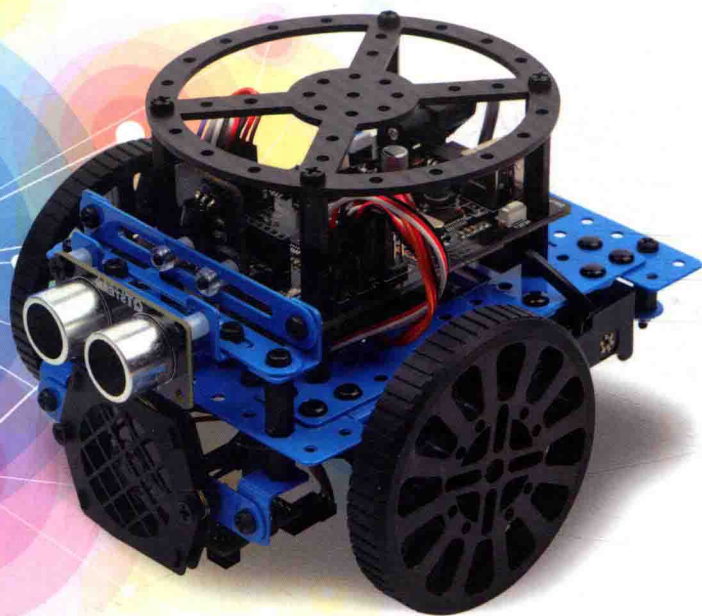
青少年机器人STEAM创客系列教程

Arduino 机器人

制作、编程与竞赛




秦志强◎著



全童科教公众号

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

青少年机器人 STEAM 创客系列教程

Arduino 机器人制作、编程与竞赛（中级）

秦志强 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内容简介

本书以教娱机器人的制作应用和竞赛机器人的制作竞赛为目标,结合硬件模块和软件编程,循序渐进地讲解每个模块所需的专业知识和编程技术,并将这些知识和技术应用到产品制作和竞赛机器人项目开发中。本书第1章介绍了我们为什么要制作OpenBot,第2章介绍循线音乐机器人的制作,第3章介绍超声避障机器人的制作,第4章讲解超声跟随机器人的设计和制作,第5章介绍红外遥控机器人的制作,第6章将功能集成,制作出一个由红外遥控器控制的同时具备四种工作模式的教娱机器人产品,第7章介绍红外云台导航机器人的制作,第8~10章介绍如何制作擂台机器人、智能搬运机器人和灭火机器人。

本书适合12岁以上的中学生和任何想自主学习Arduino机器人制作的成年人,也可以作为机器人学院第一门机器人制作课或者工程实践课的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Arduino 机器人制作、编程与竞赛:中级 / 秦志强 著. —北京: 电子工业出版社, 2017.8
ISBN 978-7-121-32051-4

I. ①A… II. ①秦… III. ①智能机器人—制作—普及读物 ②智能机器人—程序设计—普及读物
③智能机器人—竞赛—普及读物 IV. ①TP242.6-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 146528 号

策划编辑:王昭松(wangzs@phei.com.cn)

责任编辑:王昭松

印刷:中国电影出版社印刷厂

装订:中国电影出版社印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100037

开本:880×1230 1/24 印张:10 字数:201.6千字

版次:2017年8月第1版

印次:2017年8月第1次印刷

印数:4000册 定价:52.00元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254015 wangzs@phei.com.cn QQ:83169290。

前 言

创作背景

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、通信、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。

目前市面上已经有大量的 Arduino 学习套件和教程，这些教程基本上都是先简单地介绍各种电机的控制、传感器的应用和无线数据传输等，然后配上一些简单的案例代码，最后再加上一两个简单的综合应用。这种学习方式没有与具体的应用背景相结合，学习久了会逐渐失去趣味性，只能达到科普的效果，很难真正指导学习者成为一个能解决复杂问题的创客。虽然也有一些将 Arduino 和机器人结合的教程，但是同样缺乏系统全面的结合和螺旋式上升的引导。

随着基于 Arduino 的传感器、机电控制模块、通信模块等在市场上的大量涌现，急需一本教程能够系统地将机器人的各个部分与 Arduino 结合起来，并详细介绍如何利用这些模块来设计智能机器人产品。本书正是在这样的背景下创作的。

本书以教娱机器人产品的设计和开发为主线，应用系统工程的设计理念，将各个专业的技术和模块与机器人系统集成，循序渐进地讲解专业知识和编程技术，

并将作者从事机器人设计与制作十年的工程经验带入到本书中，最终开发和制作出一个具有中等复杂程度的机器人产品。本书将机器人涉及的最基本的光机电算一体化知识进行了重新整合，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、制作和编程。最后通过几个中国教育机器人大赛的竞赛项目，制作参赛机器人完成竞赛项目，进一步提升和强化开发中等复杂程度软件和产品的能力。

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，本书以教娱机器人的制作应用和竞赛机器人的制作竞赛为目标，结合硬件模块和软件编程，循序渐进地讲解每个模块所需的专业知识和编程技术，并将这些知识和技术应用到产品的制作和开发中。

作为中级教程，第1章简单介绍了我们为什么要制作 OpenBot；第2章介绍循线音乐机器人的制作，重点讲解如何将一首曲子转换成电子音乐数据，以及如何制作播放器，并将播放器与循线程序结合，让机器人达到边循线边播放音乐的效果，而且做到完美集成；第3章介绍超声避障机器人的制作，重点是超声波传感器的距离测量和 Arduino 脉冲时间测量函数的应用，并讲解智能电子产品设计中要注意的容错问题，然后完成一个超声避障导航机器人的制作；第4章讲解超声跟随机器人的设计和制作，重点引入 P 控制器的算法和编程，讲解闭环控制的概念和编程实现方法，最后制作出一个反应灵敏的跟随机器人；第5章介绍红外遥控机器人的制作，重点讲解红外遥控编码和解码，了解红外编码协议和解码程序的编写方法，最后制作出一个红外遥控机器人；第6章将第2~5章的功能集成，制作出一个由红外遥控器控制的同时具备四种工作模式的教娱机器人产品，重点

讲解如何利用 Arduino 的中断功能将各个功能模块完美集成到一起，同时结合产品开发过程，按照构思、设计、实现和操作四个步骤来讲解具体产品的开发流程；第 7 章结合红外测距传感器的应用，讲解模拟量和数字量的概念及模数转换技术，并将其应用到红外测距传感器，制作红外云台导航机器人；第 8 ~ 10 章结合中国教育机器人大赛项目，在原有教娱机器人的基础上进行改造和拓展，制作擂台机器人、智能搬运机器人和灭火机器人，重点介绍竞赛规则、竞赛策略的编程和完整竞赛程序的设计与实现；附录 A 整理了本书所需用到的各种器材名称和规格，以及 Arduino 机器人的组装分解图；附录 B 将本书所用到的 Arduino 函数库进行分类整理；附录 C 介绍了中国教育机器人大赛的背景和情况。

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，但都以浅显易懂的语言讲解，没有涉及太深的内容。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，建议先学完本书配套的初级教程。如果读者已经有了一定的 Arduino 开发经验或者学过 Arduino 机器人制作和编程初级教程，可以直接跳过第 1 章，从第 2 章开始学习。

本书适合 12 岁以上的中学生和任何想自主学习 Arduino 机器人制作的成年人，也可以作为机器人学院第一门机器人制作课或者工程实践课的教学用书。

致谢

首先要感谢全童科教的产品事业部提供了本书所需的所有案例和代码。

其次要感谢松山湖实验中学的邓天宁同学和万科梅沙书院的肖非逊同学，他们利用假期实习的时间对教材和教具进行了体验学习，并提出了许多宝贵的建议。

最后要感谢中科乐的高级课程讲师团队和学员朋友们，感谢他们肯花费时间和精力阅读本书并提供学习体验。

由于时间有限，书中难免存在疏漏与错误之处，敬请广大读者批评指正。

希望有更多志同道合的人能加入到机器人的制作、编程和竞赛中来！

本课程课时建议

章 节	学 习 课 时	备 注
第 1 章	2 课时	
第 2 章	6 课时	
第 3 章	6 课时	
第 4 章	6 课时	
第 5 章	6 课时	
第 6 章	6 课时	
第 7 章	6 课时	
第 8 章	10 课时	
第 9 章	12 课时	
第 10 章	12 课时	
合 计	72 课时	

目 录

第 1 章 为什么要制作 OpenBot	001
1.1 OpenBot 是什么?	001
1.2 认识 OpenBot 2E 的控制器 Arduino QTSTEAM	002
1.3 组装一辆标准的 OpenBot 2E	005
1.4 测试组装好的 OpenBot 2E 机器人	005
1.5 OpenBot 2E 演示软件的设计	008
1.6 OpenBot 2E 的拓展和竞赛	008
第 2 章 OpenBot 2E 循线音乐程序设计	009
2.1 循线程序设计	009
2.2 音乐播放程序设计	018
2.3 循线音乐播放程序综合设计	031
第 3 章 OpenBot 2E 超声避障程序设计	039
3.1 超声波传感器测量距离	040
3.2 超声波测距避障程序设计	042
3.3 超声波测距扫描与高级导航程序设计	045

第 4 章	OpenBot 2E 超声跟随程序设计	049
4.1	简易跟随程序设计	050
4.2	高级跟随程序设计	052
第 5 章	OpenBot 2E 红外遥控程序设计	055
5.1	迷你红外遥控器	055
5.2	红外编码基础	057
5.3	红外遥控解码程序设计	060
5.4	红外遥控程序的测试和调试	071
5.5	红外遥控机器人	073
第 6 章	OpenBot 2E 综合演示程序	075
6.1	综合演示程序构思——产品开发需求	075
6.2	综合演示程序设计	076
6.3	综合演示程序实现	084
6.4	综合演示程序的操作竞赛和改进	109
第 7 章	OpenBot 2E 拓展：红外测距导航	113
7.1	红外测距传感器的拓展安装	114
7.2	红外测距程序实现	117
7.3	双红外测距导航程序设计	121
7.4	红外测距云台安装和测试	122
7.5	红外测距云台导航机器人	128

第 8 章 人机擂台机器人大战	137
8.1 人机擂台机器人竞赛规程	137
8.2 红外搜索擂台机器人的制作和编程	141
8.3 遥控擂台机器人的制作和编程	143
8.4 人机大战	144
第 9 章 机器人搬运竞赛	145
9.1 搬运竞赛规程	145
9.2 智能搬运机器人传感器的选型安装和程序调试	145
9.3 智能搬运机器人程序的整合设计	152
第 10 章 灭火机器人制作与竞赛	179
10.1 机器人灭火竞赛规则	179
10.2 灭火机器人传感器选型和安装	181
10.3 编写寻找火源和灭火程序	184
10.4 迷宫导航程序设计	187
10.5 迷宫导航和灭火程序的整合设计	189
附录 A 本书用到的套件和器材	209
A.1 OpenBot 2E 套件零配件清单	209
A.2 OpenBot 2E 组装分解图	211
A.3 红外测距传感器拓展包	214
A.4 智能搬运机器人拓展包	214
A.5 擂台机器人套件	215
A.6 灭火机器人拓展包	217

附录 B Arduino 的基本函数	219
B.1 数字 I/O 接口的操作函数	219
B.2 模拟 I/O 接口的操作函数	220
B.3 高级 I/O 接口函数	221
B.4 时间函数	221
B.5 中断函数	222
B.6 串口通信函数	222
附录 C 中国教育机器人大赛介绍	225



第 1 章

为什么要制作 OpenBot

1.1 OpenBot 是什么?

OpenBot 是全童科教设计的一款软件可编程、硬件可扩展的教育娱乐机器人，预装遥控、循线、避障和音乐播放等功能，既可以用预装软件进行机器人三项接力游戏，又可以发挥学员潜能，自行设计和实现个人创意。其具体特性如下。

1. 车体由金属积木搭建，可自由拆装和扩展，从而提升创造能力，锻炼双手协调能力和动手能力。
2. 可自行编程并向机器人导入程序，实现个人创意，能够带给学员更多乐趣。
3. 支持图形化编程及 BASIC 语言或者 C 语言编程。
4. 预装红外遥控、超声漫游、自动避障、智能循线、音乐播放等程序，乐趣无穷。
5. 可拓展参加中国教育机器人大赛的擂台、灭火和智能搬运等竞赛项目，与来自全国的机器人创客分享经验、交流想法。

OpenBot 机器人根据控制器的不同可分为多种型号。1B 型号采用的是 Basicduino 控制器，2E 型号采用的是 Arduino QTSTEAM 控制器。本书以 2E 机器



人为例，通过学习制作、编程和扩展 OpenBot 2E 机器人，掌握中等复杂程度的 Arduino 机器人硬件设计制作和软件开发技术。

1.2 认识 OpenBot 2E 的控制器 Arduino QTSTEAM

Arduino QTSTEAM 是基于 Arduino 开源硬件平台的智能玩具控制器，采用 ATmega328P 作为控制芯片。与通用的 Arduino Uno 开发学习板相比，Arduino QTSTEAM 为方便各种智能机器人玩具的设计进行了以下特殊的设计。

1. 设计了 11 组标准 3Pin 插针接口，可以快速连接各种标准伺服舵机和三线制传感器，如循线传感器、红外测距传感器和红外接收传感器等。

2. 设计了 2 个专用的 2Pin 插针接口，一个用于控制直流电机，另一个用于控制小型喇叭或扬声器。

3. 设计了 1 个 4Pin 插针接口，用于接四线制传感器，如超声波传感器和射频读卡器等。

4. 设计了 1 个专门的 3 位拨码开关，既能用于设定控制板地址，又能用于多通道红外遥控器控制指定的机器人。

5. 设计了大容量的稳压电源，比 Arduino Uno 高出 2 倍以上，能够控制和驱动更多的电机和传感器。

6. 设计了 3 个 LED 灯，用于输出更多的指示信息。

7. 设计了专用的蓝牙通信模块接口。

如图 1.1 和图 1.2 所示是 Arduino QTSTEAM 控制器实物的正面面板和背面面板。表 1.1 给出了控制器上各标识对应的器件类型和 I/O 引脚。

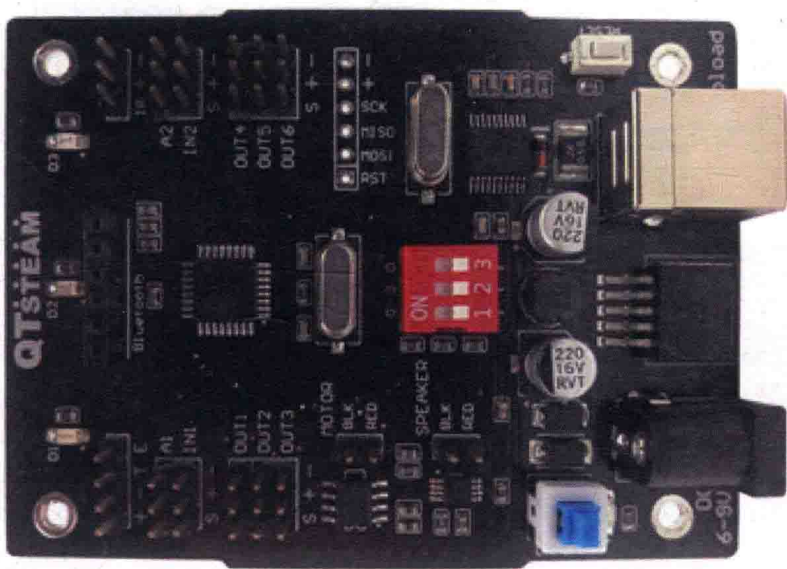


图 1.1 Arduino QTSTEAM 控制器实物正面面板

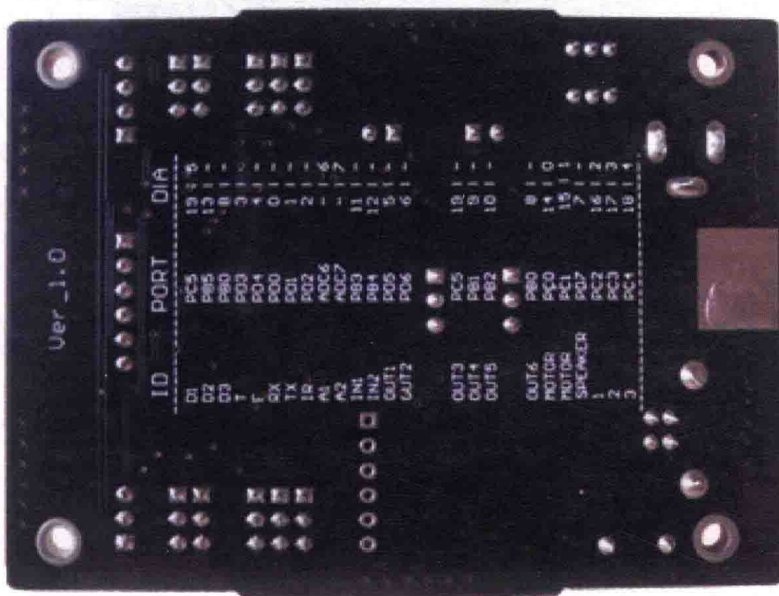


图 1.2 Arduino QTSTEAM 控制器实物反面面板



表 1.1 控制器上各标识对应的器件类型和 I/O 引脚

标 识	器 件 类 型	Arduino I/O (Digital Analog)	ATmega328P 引脚定义	功能/备注
D1	绿色 LED	19 5	ADC5	
D2	红色 LED	13 -	PB5	
D3	黄色 LED	8 -	PB0	
T	4Pin 插针接口	3 -	PD3	
E	4Pin 插针接口	4 -	PD4	
IR	3Pin 插针接口	2 -	PD2	
A1	3Pin 插针接口	- 6	ADC6	
A2	3Pin 插针接口	- 7	ADC7	
IN1	3Pin 插针接口	11 -	PB3	
IN2	3Pin 插针接口	12 -	PB4	
OUT1	3Pin 插针接口	5 -	PD5	
OUT2	3Pin 插针接口	6 -	PD6	
OUT3	3Pin 插针接口	19 -	PC5	
OUT4	3Pin 插针接口	9 -	PB1	
OUT5	3Pin 插针接口	10 -	PB2	
OUT6	3Pin 插针接口	8 -	PB0	
MOTOR BLK RED	2Pin 插针接口	受控于 14 0 和 15 1	ADC0 ADC1	接直流电机 2 根控制线
SPEAKER BLK RED	2Pin 插针接口	受控于 7 -	PD7	接 8Ω 喇叭 2 根控制线
RESET	轻触按键			复位控制器
0 0 0	三位拨码开关	位 1 16 2	ADC2	
1 1 1		位 2 17 3	ADC3	
		位 3 18 4	ADC4	
D6	红色 LED			电源指示灯
ON/OFF	自锁开关			电源开关
DC 6 ~ 9V	电源插入口			直流输入
DOWN PRO	USB 方口	0 - 1 -	PD0 PD1	串口接收 串口发送
+	电源正极			5V
-	电源负极			接地/GND

1.3 组装一辆标准的 OpenBot 2E

学员可以参照本书的附录 A.1 的零配件清单，找齐这些零配件，然后按照附录 A.2 组装分解图组装出一辆标准的 OpenBot 2E 机器人。

在组装过程中，学员可以充分体会到动手搭建机器人的乐趣，以及最终组装完成时的成就感。组装好的机器人如图 1.3 所示。

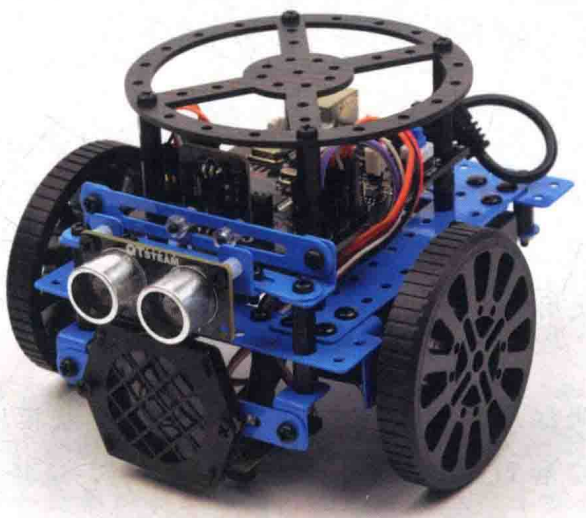


图 1.3 组装好的 OpenBot 2E 机器人

1.4 测试组装好的 OpenBot 2E 机器人

组装好机器人只是制作 OpenBot 2E 机器人的开始！装上锂电池开机之后进入 MODE 等待状态，D3 灯亮。按下红外遥控器上的 MODE 键后进入模式选择状态，D1、D2、D3 灯全亮。

选择 A（按键 1）时，D1 灯亮，D2 灯灭，D3 灯灭；