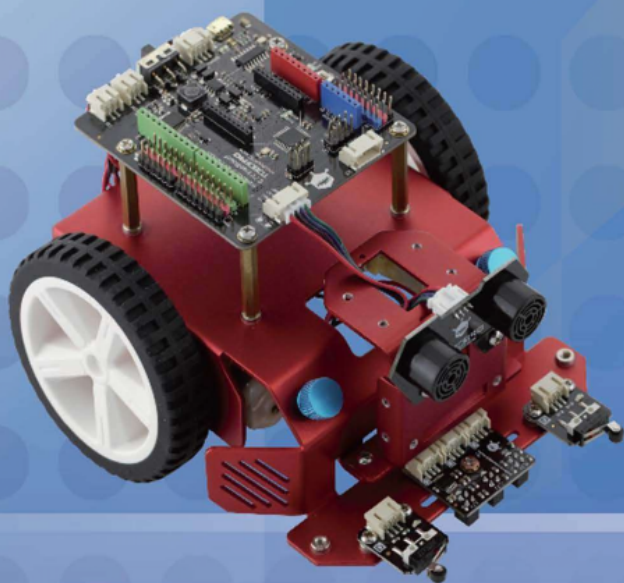




Arduino

机器人设计与制作

主编 钟柏昌



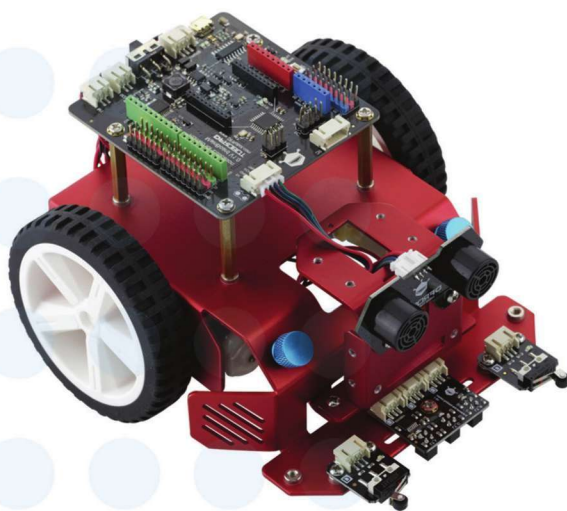
河北教育出版社
河北教育音像电子出版社



Arduino

机器人设计与制作

主编 钟柏昌



河北教育出版社
河北教育音像电子出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Arduino 机器人设计与制作 / 钟柏昌主编. -- 石家庄 : 河北教育出版社, 2016.10
ISBN 978-7-5545-3009-2

I . ① A… II . ①钟… III . ①移动式机器人 - 设计②
移动式机器人 - 制作 IV . ① TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 269112 号

主 编	钟柏昌
副 主 编	张 禄
本册编委	刘正云 张敬云 韩 蕾
责任编辑	冀晓彤

书 名	Arduino 机器人设计与制作
出 版	河北教育出版社 http://www.hbep.com (石家庄市联盟路 705 号) 河北教育音像电子出版社 (石家庄市联盟路 705 号)
发 行	河北省新华书店
印 刷	定州市新华印刷有限公司
开 本	787 × 1092 1/16
印 张	8.5
字 数	157 千字
版 次	2016 年 10 月第 1 版
印 次	2016 年 10 月第 1 次印刷
印 数	1-1 000
书 号	ISBN 978-7-5545-3009-2
定 价	38.00 元

著 作 权 所 有 · 请 勿 擅 用 本 书 制 作 各 类 出 版 物 · 违 者 必 究
如有印装质量问题, 请与河北教育音像电子出版社储运部调换。
储运部地址: 石家庄市学府路 136 号小巢文化创意园 电话: 0311-67507543
邮编: 050064 网址: www.hebeav.com 电子邮箱: hebeav@vip.163.com

前言

Arduino 是一款开源软、硬件平台，具有操作简单、可拓展性强、价格低廉等特点。Arduino 不仅是众多创客用来创作的利器，同时也逐渐走进了中小学课堂，成为机器人与创客教育的重要工具，相信它也会成为你的好朋友。与本书配套使用的探索者小车套件，是由南京师范大学与 DFRobot 联合设计开发的一款 Arduino 机器人套件。

本书是 Arduino 机器人的入门教材，学习内容由易到难，按如下顺序排列：创意小灯（LED）、电子骰子（数码管）、控制声音（蜂鸣器）、智能风扇（单电机）、智能小车（双电机）、科学探究（STEM）、综合实践（机器人总动员），以帮助大家系统的学习 Arduino 机器人的设计及制作。

如今，机器人已经不是那个高大上的难以触及的领域，通过学习本课程，同学们也能制作出非常炫酷的机器人作品，利用机器人把我们的想法照进现实。本书共包含 20 个课时，通过学习：

第 1~3 课之后，你将成为一名“灯光设计师”，LED 在你的手里变幻不同的颜色与亮度，来呈现一场视觉盛宴。

第 4~5 课之后，你将拥有一个比较智能的“骰子”，不管是抽签还是比大小，你的骰子都是绝对靠谱的工具。

第 6~7 课之后，你将能够利用声音来改善生活，不管是将歌曲通过机器人演奏出来，还是在危险的时候发出警报声，你都可以用机器人将其实现。

第 8~10 课之后，你将成为“智能家居设计师”，利用机器人使生活更加智能、便捷。

第 11~14 课之后，你将成为“高级司机”，掌握小车的轨迹，让小车按照最佳路线行驶。

第 15~18 课之后，你将成为“科学家”，利用机器人设计、实施实验，获取实验数据。

第 19 课之后，你将成为一名合格的“机器人专家”，利用机器人将自己的想法变成现实。

每一课的内容主要包括六个部分：学习目标、项目背景、项目设计方案、完成项目所需的基础知识与基本技能、具体的实现过程、在已有学习基础上的拓展提升。此外，书中还嵌入了一些拓展阅读材料，帮助大家扩展知识面。

总之，希望通过本书的学习，大家能够掌握 Arduino 机器人的基础知识与基本技能，获得利用 Arduino 机器人解决实际问题的能力，从而进一步形成利用机器人分析问题、解决问题的思维方法和价值观。大胆的尝试，积极的创新，跟随本书的脚步，一起来开启奇幻的机器人创作之旅吧。

编 者

2016 年 7 月

目 录

单元一 创意小灯

第1课 点亮星灯	2
第2课 模拟交通灯	9
第3课 会“呼吸”的灯	16

单元二 电子骰子

第4课 电子骰子 1.0	22
第5课 电子骰子 2.0	30

单元三 控制语音

第6课 小小“演奏家”	38
第7课 火灾报警器	46

单元四 智能风扇

第8课 声控风扇	54
第9课 自动变速风扇	60
第10课 遥控风扇	67

单元五 智能小车

第11课 驱动小车	76
第12课 循线小车	84
第13课 循线挑战赛	91
第14课 障碍停车挑战赛	97

单元六 科学探究

第15课 探究不同杯子的保温效果	104
第16课 探究种子萌发的最宜土壤湿度	109
第17课 自动浇花装置	116
第18课 利用 Arduino 探究单摆周期	122

单元七 综合实践

第19课 机器人总动员	130
-------------------	-----

后记	132
----------	-----

单元一 创意小灯

本单元共包括 3 课时，均与 LED 的控制有关。通过本单元的学习，应该在如下三个方面取得进步：

基础知识与基本技能：了解 Arduino 控制板的构成，能够正确安装驱动程序；了解端口、针脚、数字输出和模拟输出的概念，能够正确插线；了解延时函数、变量、循环结构和 PWM 的作用和使用方法。

问题解决：能够设计并制作有趣的智能 LED 灯。

学科思维：了解开源文化和精神；理解标准化构件、接口及其复用的重要性；从简单的 LED 灯、闪烁灯再到呼吸灯，体验智能 LED 制作过程中的迭代思维，感悟创意思维，掌握同类问题的建模思想和方法，以及测试与调试方法。



第 1 课 点亮星灯

学习目标

1. 能举例说明机器人的概念、组成与分类，能够辨别不同的机器人；
2. 初步了解 Arduino 控制板与编程环境；
3. 能够打开示例程序，将程序上传到 Arduino 控制板；
4. 理解开源精神和开源文化。

一、机器人是什么

机器人是具备一些与人或生物相似的智能能力的自动化机器,简而言之,就是“能自动工作的机器”。

类似人类的身体,机器人也是由几大“器官”组成:机器人的大脑——主控制器,机器人的眼睛、耳朵和触角——传感器,机器人的手、足——驱动器和执行器。

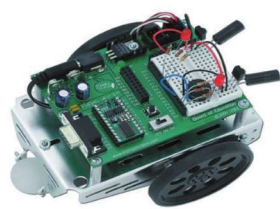
机器人种类有很多,按照用途可以分为工业机器人、农业机器人、教育机器人、军用机器人、医疗机器人、服务机器人等,如图 1-1 所示。当然还有其他分类方式,如按功能分类、按受控方式分类等。



工业机器人



农业机器人



教育机器人



军用机器人



医疗机器人



服务机器人

图 1-1 各种机器人



说一说

你知道图 1-2 中，哪些可以称为机器人？



图 1-2 真假机器人



拓展阅读

机器人的定义

机器人的定义有很多，较具代表性的定义有：

1. 机器人是具备一些与人或生物相似的智能能力的自动化机器，简言之，就是“能自动工作的机器”。来源：蔡自兴，《机器人学》，清华大学出版社，2009 年。
2. 机器人是一种自动化的机器，这种机器具备一些与人或生物相似的智能能力，如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力，是一种具有高度灵活性的自动化机器。来源：孟庆春等，《智能机器人及其发展》，中国海洋大学学报，2004 年第 5 期。
3. 机器人是一种人工制造、受电脑控制、能模仿人的某些动作或代替人做某些工作的一种自动机械装置。来源：〔美〕萨福德著，李德明、崔冠华等译，《高级机器人手册》，上海翻译出版公司，1987 年。
4. 机器人是一种自动机械，受电脑控制，具有一定的人工智能，可以代替人做某些工作。来源：《现代汉语新词语词典》，上海辞书出版社，2009 年。

二、主控制器

机器人的大脑——主控制器，是机器人的核心部件。不同的机器人所采用的主控制器可以是不同的，本书将介绍一种简单的主控制器——Arduino 控制板。Arduino 控制板（简称 Arduino）是单片机中的一种，相当于一台微型计算机。

Arduino 是一种开源软、硬件^①，世界各地的人们根据不同的需要，开发出了以 Arduino 技术为标准的各种类型的控制板产品，如图 1-3 所示是 Arduino 控制板中的一种，名字叫作 Romeo。

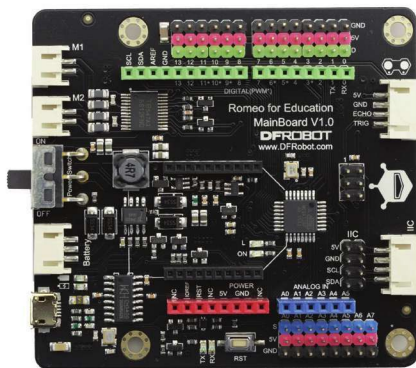


图 1-3 Romeo

拓展阅读

Arduino 控制板和单片机

1. Arduino 控制板

Arduino 诞生于意大利一家高科技设计学校，其开发团队核心成员包括 Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino, David Mellis 和 Nicholas Zambetti。由于学生们经常抱怨找不到便宜好用的控制板，Massimo Banzi 与 David Cuartielles 讨论之后决定设计自己的电路板，并引入 Banzi 的学生 David Mellis 为电路板设计编程语言。从设计编程语言到设计电路板，仅用 5 天时间，这块电路板被命名为 Arduino。

随后，Arduino 的开发团队决定将其源代码开放，即开源，允许任何人自由使用该源代码生产电路板的复制品，还能重新设计，甚至销售原设计的复制品。在网上还有各种创意作品的源码分享。Arduino 控制板具有体积小、质量轻、价格便宜等特点，因此成为机器人研发队伍中的明星。

Arduino 控制板是基于 Atmel 生产的 8 位 AVR 单片机开发的一种开源硬件平台：第一款 Arduino 基于 ATmega8，它具有 16MHz 主频和 8KB 的 Flash 存储空间，后来的 Arduino 版本使用了具有 16KB Flash 存储空间的 ATmega168。最近的 Arduino 版本使用了具有 32KB Flash 存储空间的 ATmega328。对于需要更多存储空间和 I/O 端口的项目，还可以选用具有 128KB Flash 存储空间的 Mega1280 和更新的具有 256KB Flash 存储空间的 Mega2560。目前，市场上还出现了比 AVR 性能更为强大的 Arduino 产品，如 Arduino Zero，它采用了 32 位

^①开源软件是将源代码开放，可以被公众自由使用；开源硬件是指将硬件的详细信息（如电路图、设计图、材料清单等）全部公开，与他人共享。当前比较流行的开源硬件有很多，如 Arduino、BeagleBone、Raspberry Pi 和 Intel Edison 等。

ARM Cortex-M0 内核的 Atmel SAM D21 微控制器。

2. 单片机

单片机又称单片微控制器，是一种集成电路芯片，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、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 端口和中断系统、定时器 / 计数器等功能集成在一起。它不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是相当于一个微型的计算机，只是与计算机相比，单片机缺少了 I/O 设备。总之，一块芯片就成了一台计算机，因此，学习使用单片机也是了解计算机原理与结构的较佳选择。

三、Arduino 的编程环境

在桌面上找到图标, 打开后便是 Arduino 的文本式编程环境，如图 1-4 所示。单击“工具”菜单中的 ArduBlock，如图 1-5 所示，可以打开图形化编程环境，如图 1-6 所示。

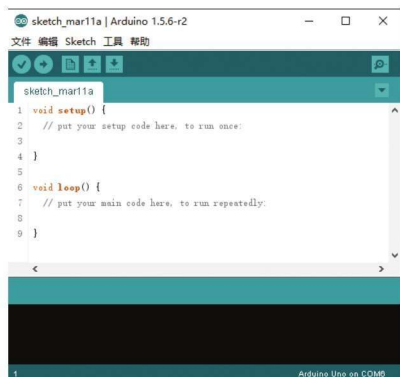


图 1-4 Arduino 文本式编程环境

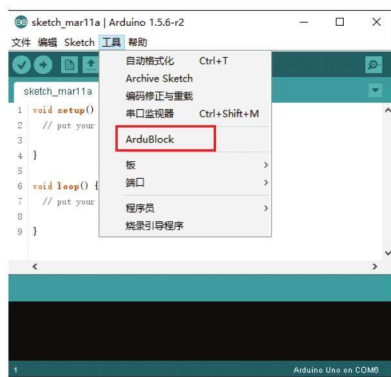


图 1-5 打开 ArduBlock

正式编写程序之前，应先用 USB 数据线将 Arduino 控制板和计算机连接起来。为了让 Arduino 编程环境识别控制板，实现 Arduino 与计算机的正常通信，需要设置所用控制板的类型和端口^①，可以通过“工具”菜单中的“板”和“端口”选择，如图 1-7 所示。

^①控制板有很多类型，比如 UNO、Mega、Mini、Nano、Leonardo 等，本书使用的是 UNO，为了让编程环境能够识别所用的控制板，需要在编程环境中设置控制板的类型，选择 UNO 类型即可。端口相当于计算机与外界通信的大门，计算机端口主要分为两大类：虚拟端口和物理端口。Arduino 控制板与计算机通过虚拟端口实现通信，虚拟端口有很多，如 COM1、COM2、COM3……端口可通过“计算机——设备管理器——端口”查看对应设置。



图 1-6 ArduBlock 界面

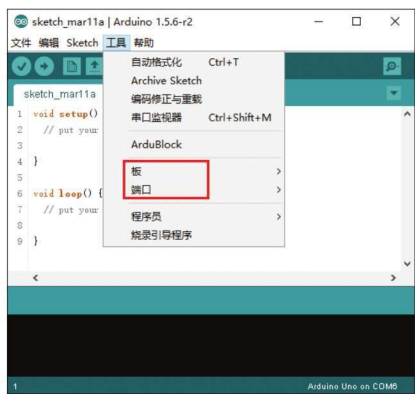


图 1-7 板和端口

拓展阅读

用 USB 数据线连接 Arduino 控制板和计算机

首次连接设备会出现 Arduino 安装驱动的提示,如果你的电脑需要安装驱动,可参照下面的方法(以 Windows 7 为例):

第一步:在桌面右击计算机图标选择设备管理器,在“其他设备”中找到带感叹号的 Arduino UNO,在此处右击选择“更新驱动程序软件”,如图 1-8 所示。

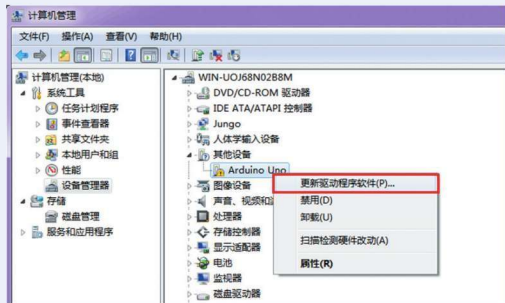


图 1-8 更新驱动程序

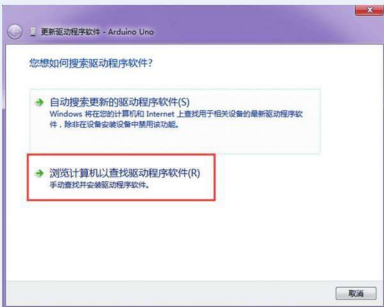


图 1-9 选择在本机查找驱动程序

第二步：在打开的更新驱动程序软件对话框中选择“浏览计算机以查找驱动程序软件”，如图 1-9 所示。

第三步：选择 Arduino 所在文件夹下的 drivers 文件夹，单击确定，如图 1-10 所示。

第四步：当提示是否安装设备软件时，选择安装，如图 1-11 所示。

第五步：完成安装，如图 1-12 所示。



图 1-10 定位驱动程序所在文件夹



图 1-11 安装驱动程序



图 1-12 完成驱动程序的安装

四、将程序上传到控制板

使用 ArduBlock 编写好的程序，需要上传给 Arduino 控制板才能运行，这一过程如同将人类的智慧注入机器人的体内，使之具有人类的智能一样，即通过程序控制机器人的各种行



图 1-13 “打开”和“上传”按钮

为。

单击 ArduBlock 中的 **打开**，打开示例程序，如图 1-13 所示，然后单击 **上传到 Arduino**，当文本式编程界面下方出现上传成功提示后，如图 1-14 所示，表示程序已经成功上传到控制板^①。

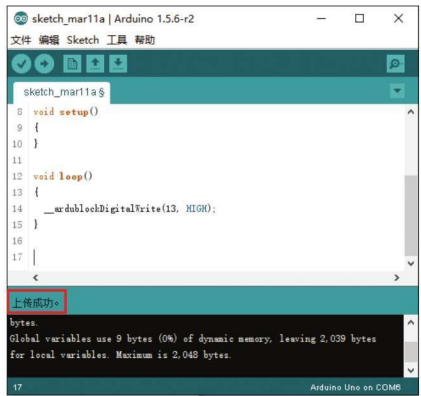


图 1-14 上传成功

1. 上传程序到控制板，看一下控制板上有什么变化？
2. 尝试把程序中的“高”改成“低”，程序上传成功后，控制板上的灯有什么变化吗？
3. 试着将器材箱中的 LED 模块接到 Arduino 控制板的 13 号针脚上，发现了什么？接线方式可参照图 1-15，注意颜色需一一对应。

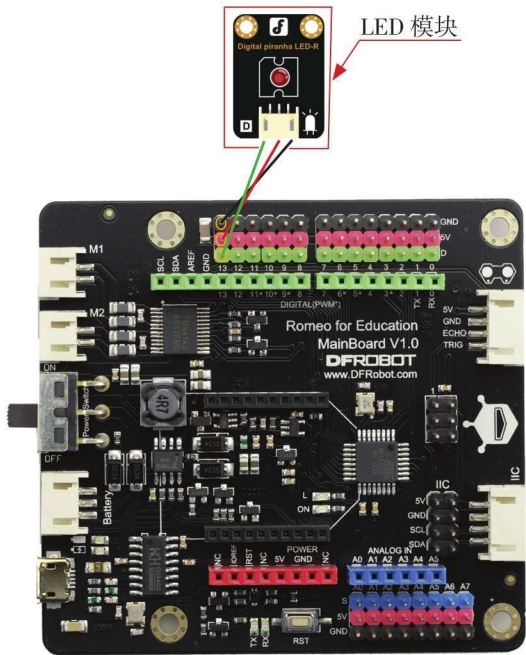


图 1-15 接线参考图

^①上传程序时，注意打开控制板上的开关。



第 2 课 模拟交通灯

学习目标

1. 能举例说明 LED 的用途与优势；
2. 熟悉 ArduBlock 编程环境，掌握编程环境的基本操作；
3. 理解数字针脚、数字输出与延时函数的功能，通过连接 LED 和 Romeo 感悟标准化构件和接口的意义与价值；
4. 能够编写程序模拟交通灯，理解顺序结构及顺序执行思想。

一、交通灯的秘密

1868 年，在英国伦敦出现了世界上最早的交通灯，当时只有红、绿两色，后来经过研究，又增加了黄色灯。1928 年，上海英租界出现了中国道路上最早的交通灯。以前的灯泡只能发出近似白色的光，因此早期交通灯只能利用不同颜色的灯罩才能发出不同颜色的光，比如灯罩是红色的则发红光，灯罩是绿色的则发绿光。但是这种做法会导致灯光亮度的削弱，难以满足复杂多变的交通需求。后来人们将 LED（Light Emitting Diode，发光二极管）应用于交通灯的发光，逐渐形成了现在的交通灯。

LED 是一种将电能转化为光能的半导体器件，如图 2-1 所示为几种常见的 LED。按照发光颜色是否可变进行分类，LED 可以分为单色 LED 和全彩 LED（又称变色 LED），常见的单色 LED 有红、绿、黄、蓝、白五种，全彩 LED 则可以动态发出不同颜色的光。LED 具有单向导电性，一般而言，长脚为正极，短脚为负极，在使用时注意不要接反。另外，LED 允许通过的电流较小，使用时还要在电路中连接保护电阻，避免 LED 因电路电流过大而烧毁。为了方便使用，有些产品直接把 LED 和保护电阻集成在一起。

以图 2-1 为例，左图和中图的 LED 在使用时需要连接保护电阻，而右图中的食人鱼 LED 为集成模块，不需要另加保护电阻。

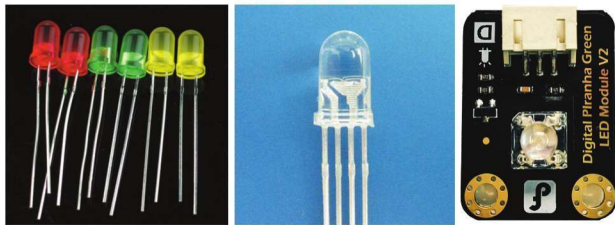


图 2-1 常见的 LED

由于具有体积小、耗电少、亮度高、发热低、寿命长、环保等优势，LED 被广泛应用于 LED 显示屏、指示灯、交通灯、汽车灯、照明灯、装饰灯等方面，如图 2-2 所示。



图 2-2 LED 的几种用途



说一说

上节课点亮的 Romeo 控制板上的那盏灯是 LED 吗？找一找工具箱中还有 LED 吗？你知道 LED 还有哪些用途？

拓展阅读

LED 的结构与 LED 的分类

1.LED 的结构

LED 主要由透明环氧树脂封装、LED 芯片、楔形支架、阳极杆、有发射碗的阴极杆、针脚（又称引线架）等部分构成，如图 2-3 所示。

2.LED 的分类

LED 种类有很多，除了按发光颜色分类外，还可以按照针脚数量划分为两脚 LED、三脚 LED、四脚 LED 等。一般来说，两脚 LED 主要是单色 LED，只能发出某一种颜色的光。三脚 LED 主要是双色 LED，由两个两脚 LED 组成，它们有一只脚是共用的。四脚 LED 主要是三色 LED 或食人鱼 LED。三色 LED 原理同两脚 LED，即有一只脚是公用的。食人鱼 LED 则与之不同，是用透明树脂封装起来的正方形 LED，如图 2-1 右图就是一个食人鱼 LED。据说食人鱼 LED 刚一诞生便受到广泛关注，因其发展趋势像食人鱼一样凶猛而得名。相比传统的 LED，它具有发光强度高、散热好等特点，一般用于汽车刹车灯和转向灯。

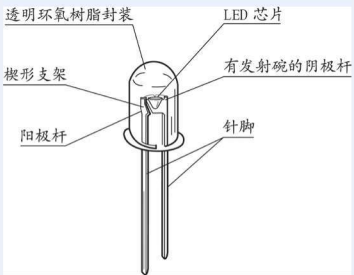


图 2-3 LED 的构成

二、方案设计

如果仔细观察，你会发现路口的交通灯会有一些不同，比如有的是由红、绿两个灯组成，有的是由红、绿、黄三个灯组成。在模拟交通灯时，也需要注意选择不同颜色的 LED。可通过 LED 模块上的英文标识辨别它的发光颜色，如图 2-4 所示部位标识了该 LED 的发光颜色为绿色。下面使用 Romeo 套件，设计只有红、绿灯的交通灯方案，参考方案如表 2-1 所示。



图 2-4 DFRobot 的 LED 模块

表 2-1 模拟交通灯的设计方案

作品名称	模拟交通灯
作品功能	红灯与绿灯交替亮灭，实现对交通灯的模拟。
关键问题	如何按照某个固定的节奏循环点亮和熄灭 LED。
器材清单	Romeo、USB 数据线、红色 LED、绿色 LED
运行流程	红灯亮；红灯灭，同时绿灯亮；绿灯灭，同时红灯亮……
实现过程	1. 将 LED 与 Romeo 连接起来，并记录 LED 连接的针脚。 2. 编写程序，控制 LED 的亮灭。 3. 上传程序，测试效果。

三、基础知识与基本技能

(一) ArduBlock

ArduBlock 是为 Arduino 设计的一款图形化编程软件，使用起来非常简单、直观，其界面主要由工具栏、积木面板和编程区三部分组成，如图 2-5 所示。



图 2-5 ArduBlock 界面

工具栏主要包括保存、打开、上传等功能。

积木面板主要是编程用到的积木命令，分为七类：控制、引脚、逻辑运算、数学运算、变量 / 常量、实用命令、教育机器人。

编程区则是通过搭建积木编写程序的区域。

使用 ArduBlock 编程时，需要把积木面板中的积木模块“拖”到编程区，编程区内用不到的积木模块可以“拖”回积木面板；积木之间的连接需要形状吻合的卡口；编程区的主程序模块不仅要有，而且只允许有一个。



还记得点亮星灯的程序吗？参考图 2-6 所示试一试！（“设定引脚数字值”模块在积木面板“引脚”区里面。）

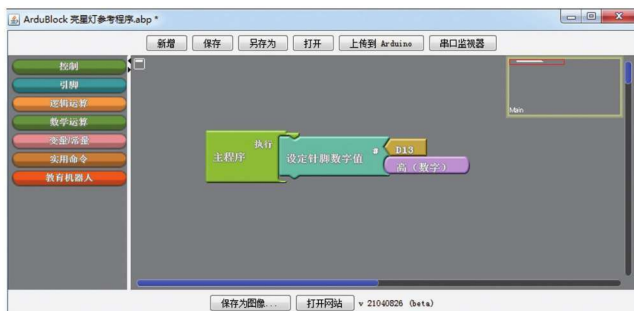


图 2-6 点亮星灯参考程序

（二）数字输出

所谓输出和输入是相对设备类型而言的，例如 LED 是输出电信号的设备，那么它就属于输出设备，点亮 LED 即为输出；而震动传感器是用来接收外界震动信号的，属于输入设备，那么接收震动信号即为输入^①。如果通讯信号只有 0（低电平）或 1（高电平）两种状态，则称之为数字输出或数字输入，否则就是模拟输出和模拟输入^②。当然，有些设备，如 LED 和电机既可以当作数字输出设备使用，也可以当作模拟输出设备使用。在本课中，向 LED 输出 1（高电平）表示点亮 LED，向 LED 输出 0（低电平）表示熄灭 LED。

如图 2-4 所示是一个 LED 模块，它有黑、红、绿三根线。使用时，需要将 LED

^①详细说明见本书第 5 课。

^②本书第 3 课会涉及模拟输出，本书第 7 课会涉及模拟输入。