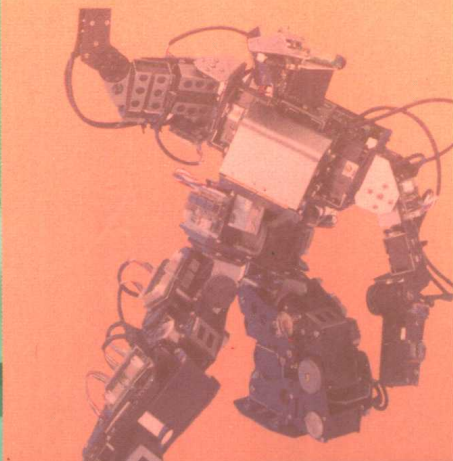
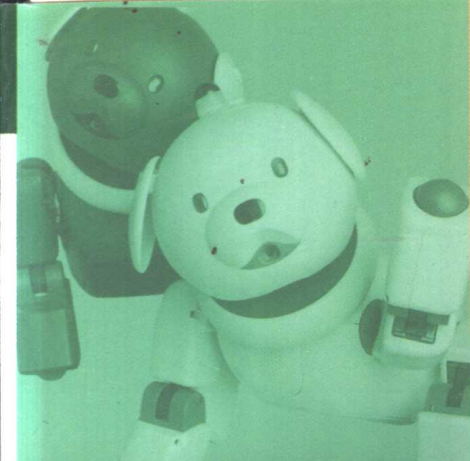


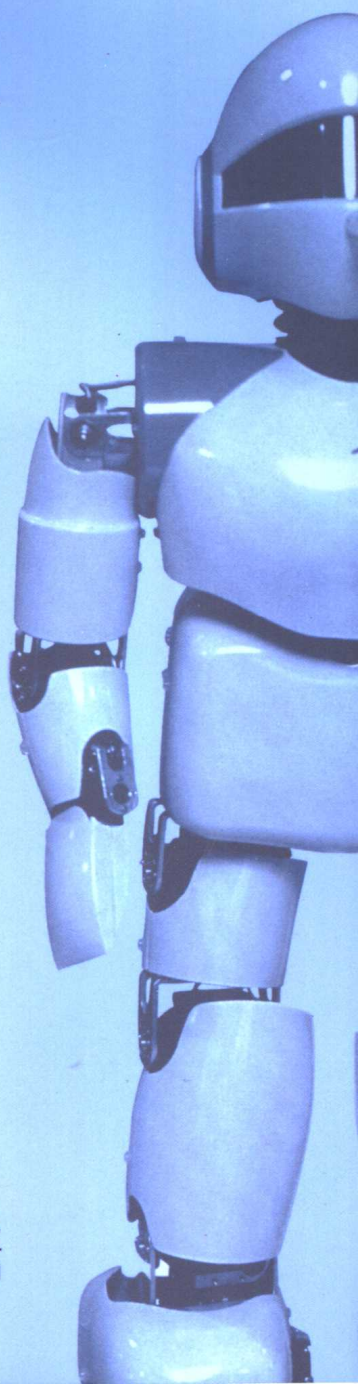


机器人创意与制作

机器人 控制电子学

〔日〕船仓一郎 土屋 尧 堀桂太郎 著
宗光华 杨 洋 唐伯雁 译

 科学出版社
www.sciencep.com



机器人创意与制作

机器人控制电子学

〔日〕 船仓一郎 土屋 尧 著
堀桂太郎
宗光华 杨 洋 唐伯雁 译

科学出版社

北京

图字: 01-2004-2581 号

内 容 简 介

本书是机器人创意与制作系列之一。本书从制作机器人所需的电子元件及相关的基础知识入手,主要介绍微控制器的基础知识,直流电机和步进电机的结构、基础知识、控制方法,传感器的基础知识、常见传感器的工作原理和使用方法,巡线小车和遥控坦克的制作方法,几种机器人竞赛的集锦等。本书简明易懂,重点突出,引用大量实例,可以开阅读者的眼界。

本书可作为大专院校理工科学生补充机械电子学、机器人工程、人工智能、计算机控制等领域知识的参考书,还可作为高中学生的课外科技活动辅导教材。

图书在版编目(CIP)数据

机器人控制电子学/(日)船仓一郎等著;宗光华等译. —北京:科学出版社,2004
(机器人创意与制作)

ISBN 7-03-013168-1

I. 机… II. ①船…②宗… III. 机器人控制-电子学 IV. TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 033032 号

责任编辑:杨 凯 崔炳哲 / 责任制作:魏 谨

责任印制:刘士平 / 封面设计:李 祥

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

北京东方科苑图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2004 年 5 月第一次印刷 印张: 14 1/2

印数: 1—5 000 字数: 245 000

定 价: 28.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲

前不久,美国火星探测器“勇气”号和“机遇”号这对孪生兄弟在先后经历了半年多、数亿公里的星际旅行后终于成功地着陆在目的地。众所周知,真正踏上火星表面,作为首位地球使者漫步火星的巡游车,实际上是两个机器人。不过它们两个非同一般。一则,它们的长相简直“帅呆了”:6个独立悬挂的车轮,能在崎岖的火星表面坚实地前进;太阳能电池翻板的双翼和竖立的360°全景摄像机主望台,犹如一只展翅欲飞的鹤;而与人体上肢结构类似的机械臂,一旦到达目标附近就轻轻地舒展开去采集火星表层标本。另一则,它们堪称“目前世界上最聪明的机器人”和一座功能完美的移动实验室,总共携带了7类科学探测仪器,把星际探测器的自动化程度提高到前所未有的水平。

火星巡游机器人的闪亮登场掀起机器人爱好者的又一波热潮,特别是激发了一批青少年创意和制作机器人的兴趣与灵感。因此在这里,向读者推荐一套有关机器人创意与制作的参考书——“机器人创意与制作”系列。该系列共有4册,分别是:

(1) 《机器人控制电子学》

撰写本书的三位作者长期从事日本工业专科学校机械工程、电子技术和电气信息工程等课程的教学。此书是本套丛书中较为通俗的入门篇,以高中学生和低年级大学生为对象是本书的特色。本书以几种较简单的机器人为主线,重点介绍所涉及到的机器人控制电子学知识(如控制器、传感器、驱动器、电机控制等),内容相当简单扼要,而且注重基础和制作的实践。

(2) 《机器人设计与控制》

《机器人设计与控制》和《机器人控制器与程序设计》均原属于 McGraw-Hill 公司出版的《TAB Electronics Robot DNA Series》系列中的分册。撰写本书的两位作者丹尼斯·克拉克和迈克尔·欧文斯既是相关方面的行家里手,也是身处第一线的实践者。

本书重点讲解如何搭建一个简易的机器人系统的物理实体,即机构、传动、驱动与控制。

(3) 《机器人控制器与程序设计》

撰写本书的作者迈克·普瑞德科是机器人控制和程序设计方面的专家。在该书中作者以微芯公司的 PICmicro 系列微控制器为核心,相当详细和深入浅出地介绍了设计机器人控制器软件开发工具,软件编程和调试的基本过程,提供了有实用价值的接口程序和控制应用代码。

《机器人设计与控制》和《机器人控制器与程序设计》不涉及高深难懂的理论,也没有复杂的数学公式,但是基础门槛仍然稍高,需要具备一定的物理、计算机、电子学方面的基础知识,适合初步掌握了 C 语言编程技巧的读者阅读和实践,一般作为大学高年级,或研究生低年级学生的参考书。

(4) 《小型机器人的基础技术与制作》

本书作者高桥友一、秋田纯一、渡边正人从事电子与信息方面的教学工作,长期参与 RoboCup 小型机器人组的活动。相对来说《小型机器人的基础技术》与制作是本系列难度较高的一册,因为 RoboCup 小型机器人组比赛本身对抗性强,对性能指标的要求就较高,又有多机器人协调、全局视觉和无线电收发等技术关键。此外投资硬件平台的经费高。

目前机器人教科书都不大适合初学者。本系列基本上属于普及层次的读物,各分册程度略有差别,内容互为补充。它们所针对的是一批高中和大学的机器人爱好者。初学者学习机器人,最好的入门途径是从自己创意和制作简易机器人起步,有了实践的感受和体验,对日后学习理论的重要性会有更深刻的认识和更强的目的性。如果读者愿意自己尝试一下,那么不妨来根据自己的具体条件选择其中合适的一二册来读一读。

由于译者的水平所限,书中难免存在错误和缺点,恳请批评指正。

让思维沸腾起来,让智慧行动起来!

开拓创造力,激发想像力,锻炼实际动手能力!

宗光华

北京航空航天大学机器人研究所

机器人是当代高新技术综合的产物,涉及机械、电子、传感器、自动化、计算机、信息处理等多门学科。多年来,不仅机器人学始终处于世界学术阵地的前沿,而且机器人作为一种学习载体逐渐被人们所广为利用。最近,在我国中学,模型机器人开始成为素质教育、技能实践的选题之一,各种机器人赛事正方兴未艾。

正如大脑是人类的灵魂和指挥中心,把控制系统称为机器人的大脑也毫不为过。机器人的感知、判断、推理都是通过控制系统的输入、运算、输出来完成的,所有行为和动作都必须通过控制系统发出相应的指令实现。可见控制系统就是机器人智慧的源泉。

本书围绕机器人控制系统这个核心,介绍了搭建一个机器人控制系统所必需的电子学基础知识和相关的电子元器件。本文始终围绕一台简单的机器人——巡线小车的控制系统的建立展开,使读者能够做到学以致用,从而培养起信心和兴趣。本书的三位作者船仓一郎、土屋尧、堀桂太郎是长期工作在第一线的学者,有丰富的教学经验。

全书的内容分为八章。

第1章简要介绍制作机器人所需的电子元器件及相关的基础知识。第2章详细说明机器人制作的核心控制元件——微控制器的基础知识,并较多地涉及到PIC和H8两种常用的微控制器的相关知识。这一章是本书的难点和重点,也是进一步学习后续各章的基础。第3章和第4章分别介绍两种机器人的典型驱动元件——直流电机和步进电机的结构、基础知识,以及控制方法。第5章概要地讲述传感器的基础知识、几种常用传感器的工作原理和使用方法。第6章讲解红外线遥控装置的工作原理和编程方法,以及提高抗干扰能力的措施。第7章介绍巡线小车和遥控坦克的制作方法。第8章是现时在日本颇为流行的几种机器人赛事的集锦,使读者的眼界更加开阔。

本书的一个特点是浅显易懂,没有深奥的理论推导和数学公式,内容非常实用。作者在介绍微控制器这个难点上处理得非常得体,能抓住最核心的内容,而将面向高级用户的功能予以省略(当然有兴趣的读者可参考相关书籍)。书中还引用大量的实例,比较适合我国高中学生的知识结

构和层次,即使是初学者通过学习也能领会原理并学会应用。

本书的第二个特点是既有针对性又有普遍性。全书的内容将巡线小车的控制系统制作贯穿始终,所介绍的相关基础知识及基本元器件又同样适用于其他模型机器人的制作。运用这些知识,读者能举一反三地进行其他机器人的创意设计与制作活动,充分体现了作者在内容安排上的良苦用心。

本书的最后一章为读者提供了一个了解当今世界上各种机器人竞赛赛事的窗口,可以开阅读者的眼界。在可能的情况下,有兴趣的读者不妨自己动手亲身体验一下。

有些机器人爱好者在制作之前可能尚对机器人知之甚少,因此本书可作为大专院校理工科学生补充机械电子学、机器人工程、计算机控制等领域知识的参考书,还可作为高中学生的课外科技活动的辅导教材,也可作为辅导教师的参考书。通过自学本书,大学低年级同学可以获得一些机器人控制技术方面的知识。

由于译者水平有限,书中难免会有缺点和错误,恳请读者批评指正。

▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲

大多数人从少男少女时代就憧憬着是否有机器人存在,同样,当笔者们一谈到机器人这样的话题,也不由得心情激动。事实上,目前机器人的存在不仅已经成为现实,而且广泛地进入到工厂生产线、保安、康复及家务等许多领域。近年来,宠物机器人更是受到人们空前的喜爱。

于是,很自然地,许多人对自己制作机器人都跃跃欲试。幸运的是,制作机器人不可缺少的各种电子元器件的功能已经足够强大、价格也相当低廉,从而使爱好者们能够越来越方便、简单地实现自己设计和制作机器人的梦想。

尽管如此,对于动手实际制作机器人的初学者来讲,这一过程所涉及到的传感器、微控制器、电机控制等与电子学有关的知识还是令人大伤脑筋的。因此,本书的目的在于,使初学者在一边对相关电子学基础知识学习理解的同时,一边能够实际动手制作机器人。当然,本书中所介绍的有关电子学的知识,还可用于各种不同种类的机器人的制作或参考。

作者建议初学者们在本书的引导下能独立地面对制作机器人的挑战,如果读者在学习本书心得的基础上哪怕是制作出一台能动作的机器人,作者都感到非常荣幸。

本书中所采用的各种元器件、照片等,得到了相关公司、销售商、委员会及各种团体的鼎力支持和帮助,借这个机会表示衷心的感谢。

作者

本书中所涉及的程序基于免费获取的 C 编译器 (PICC Lite)。同时, 附录中收录了相应的汇编语言编写的程序。而与红外线遥控相关的程序, 由于需要精确地计算处理时间, 所以, 本书中仅给出了它们的汇编语言程序。

本书所涉及到的各种源程序,可以从下面的主页下载:

- ② 作者的主页——http://www.akashi.ac.jp/cnt-b_gakka.html
→电气情报工学科→教师及其授课题目紹介→堀桂太郎→下载

▲▲▲▲▲▲▲▲▲▲▲▲ 目 录

第 1 章	机器人控制基础	1
1.1	各种各样的机器人	2
1.2	各部分组成	2
1.3	微控制器基础	3
1.4	电子元器件的基础知识	6
1.4.1	电 阻	6
1.4.2	电 容 器	8
1.4.3	线 圈	10
1.4.4	二 极 管	10
1.4.5	晶 体 管	12
1.4.6	电磁继电器	15
1.4.7	IC(集成电路)	16
	练习题	19
第 2 章	微控制器及编程	21
2.1	微控制器的基础	22
2.2	PIC 微控制器	24
2.2.1	什么是 PIC	25
2.2.2	PIC 的种类	25
2.2.3	PIC 的组成	26
2.2.4	PIC 程序开发环境	33
2.2.5	PIC 的 C 语言编程	50
2.3	H8 微控制器	55
2.3.1	何谓 H8	55
2.3.2	H8 的构成	57
2.3.3	H8 的程序开发环境	58

练习题	61
第 3 章 直流电机的控制	63
3.1 直流电机的基础知识	64
3.2 直流电机的转动控制	66
3.2.1 直流电机的驱动电路	66
3.2.2 用微控制器控制直流电机转动	70
3.3 直流电机的速度控制	75
3.4 旋转编码器的使用方法	79
练习题	82
第 4 章 步进电机的控制	83
4.1 步进电机的基础知识	84
4.1.1 步进电机的组成及原理	84
4.1.2 步进电机的励磁方式	87
4.2 步进电机的转动控制	87
4.2.1 步进电机的控制电路	88
4.2.2 基于微控制器的控制	90
4.2.3 基于专用芯片(IC)的控制	97
练习题	98
第 5 章 传感器	101
5.1 传感器的基础	102
5.1.1 触觉传感器	104
5.1.2 光电二极管	105
5.1.3 光电三极管	107
5.1.4 Cds 单元	109
5.1.5 图像传感器	109
5.1.6 感压传感器	110
5.1.7 陀螺仪	111
5.1.8 加速度传感器	112

5.2 光传感器	112
5.3 超声波传感器	118
练习题	121
第6章 红外线遥控装置	123
6.1 红外线遥控装置的工作原理	124
6.1.1 红外线 LED 和接收模块	124
6.1.2 基于 PPM 的红外线通信方式	125
6.2 红外线遥控装置的制作	126
6.2.1 红外线遥控装置的发送器	127
6.2.2 红外线遥控装置的接收器	133
练习题	139
第7章 机器人制作	141
7.1 巡线小车	142
7.1.1 巡线小车简介	142
7.1.2 巡线小车的电路图和零部件	147
7.1.3 巡线小车的程序	152
7.2 遥控坦克	160
7.2.1 遥控坦克概述	161
7.2.2 遥控坦克的发送器	162
7.2.3 遥控坦克的接收器	168
练习题	170
第8章 机器人比赛集锦	171
8.1 机器人相扑大赛	172
8.2 遥控赛车比赛	175
8.3 微型机器鼠大赛	176
8.4 救援机器人比赛	178
8.5 RoboCup 大赛	180
8.6 ROBO-ONE 比赛	182

8.7 职业专科学校机器人大赛 ROBOCON	184
附 录	187
参考文献	202
练习题答案	203
索 引	207

第1章

机器人控制基础

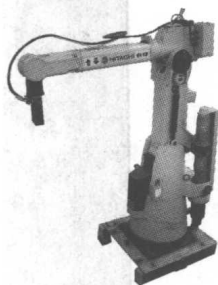


各图分图

在电视的广告中人们经常可以看到双足步行机器人像人一样灵巧地行走,那么,它的动作是怎么实现的呢?实际上,它是把各种各样的元器件通过巧妙的组合来实现各种动作的。一般情况下,要控制机器人必须有各种各样的电路,例如驱动电机等动力源动作的电路,检测外界变化的传感器电路,以及针对上述电路进行信息处理、控制的 CPU(相当于人类的大脑)等。此外,还必须掌握机器人整体平衡的控制程序方面的知识。这一章里将讲解对后续各章节内容的理解所必需的机器人各部分的组成、微控制器的基础以及有关电子元器件的基础知识。

1.1 各种各样的机器人

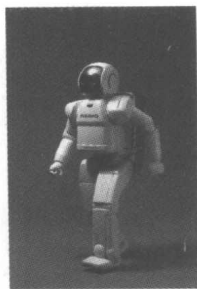
一提到机器人,留给人们印象最深的是铁臂阿童木或广告中出现的双足步行机器人。实际上,在微型计算机发达的当今,人类社会的现实中活跃着各种各样的机器人,如工业生产使用的工业机器人及水下、洁净室、高空等人类不便到达的危险场所作业的机器人,此外,还有娱乐机器人、相扑比赛机器人等(参见图 1.1)。本书重点介绍有关控制这些机器人的电子学知识。



工业机器人
(兵库县兵库职业高中
实习室日立制作所制造)



娱乐机器人



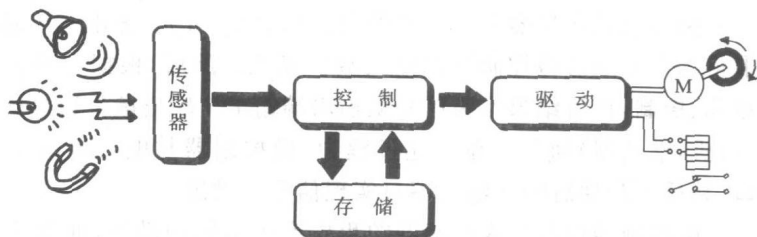
双足步行机器人
(本田技研工业株式会社)

图 1.1 各种各样的机器人

1.2 各部分组成

机器人一般由图 1.2 所示的几个部分组成,包括感知光、声音、温度、电磁等环境状况的传感器部分;存储信息并进行计算、判断,决策下一步动作的控制部分;以及将结果输出到电机或继电器,再执行手、足或车轮的实际动作的驱动部分。

图 1.2 机器人的组成图

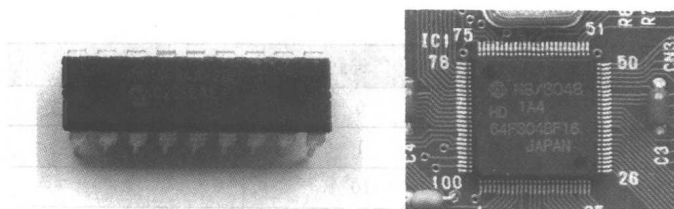


1.3 微控制器基础

机器人控制一般采用高性能的计算机，而小型机器人的控制则经常使用集计算机的基本功能于一体的 IC 封装芯片即 LSI(大规模集成电路)，这种 IC 芯片称为微型计算机，也常常简称为微控制器，或称为单片机。

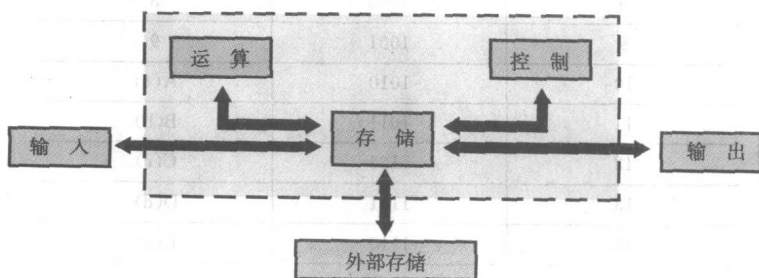
目前有许多种类微控制器，本书主要以图 1.3 所示的微芯 (Microchip technology) 公司生产的 PIC 与 Renesas technology 公司的 H8 为例进行说明 (详见第 2 章)，它们经常被用于控制中。

图 1.3 PIC 与 H8



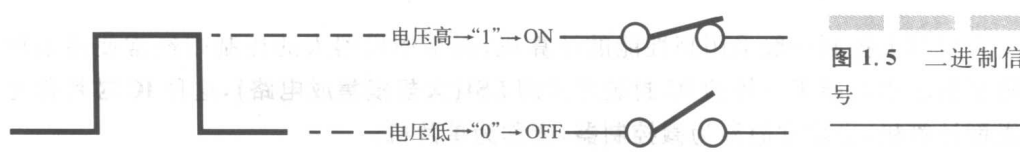
微控制器的组成与一般的计算机相同，其动作也由程序来完成。图 1.4 所示的微处理器有输入、输出、存储、运算及控制功能，输入、输出仅由端口出入。在存储器以外还可以追加外部存储器。图 1.4 的虚线所包围的部分相当于一个微控制器。

图 1.4 微控制器的功能



微控制器在机器人中完成的主要功能是:首先,把由光传感器或超声波传感器取得的信号通过微控制器的输入端口读入。然后,根据存储器所存储的程序进行运算、控制,再将结果作为信号从输出端输出。输出信号通过电子电路使执行机构(电机,继电器)动作。在上述过程中,微控制器与电气电路之间的桥梁被称为接口,其任务是通过输入输出端口实现信号的进出。

微控制器根据写入存储器的程序产生不同的动作,而程序则是根据微控制器内部的“0”和“1”所组合成的二进制数进行操作的。在电路中,二进制数“1”表示高电压状态,“0”表示低电压。例如,在图 1.5 中,开关 ON 表示“1”,OFF 表示“0”。



换句话说,可将开关的状态变化表示为“0”和“1”两种方式,计算机通过许多种开关的组合来表示程序。可是,二进制数比通常使用的十进制数位多,不易理解,所以也常用十六进制数的表示方法。如表 1.1 所示。

十进制	二进制	十六进制
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A(a)
11	1011	B(b)
12	1100	C(c)
13	1101	D(d)
14	1110	E(e)
15	1111	F(f)

表 1.1 十进制数与二进制数、十六进制数的对照表

为了便于理解微控制器的动作原理,下面考虑图 1.6 所示的巡线小车。小车的主要组成部分是两个安装在小车前部的检测直线的传感器和安装在后轮的两个驱动电机。

图 1.6 巡线小车

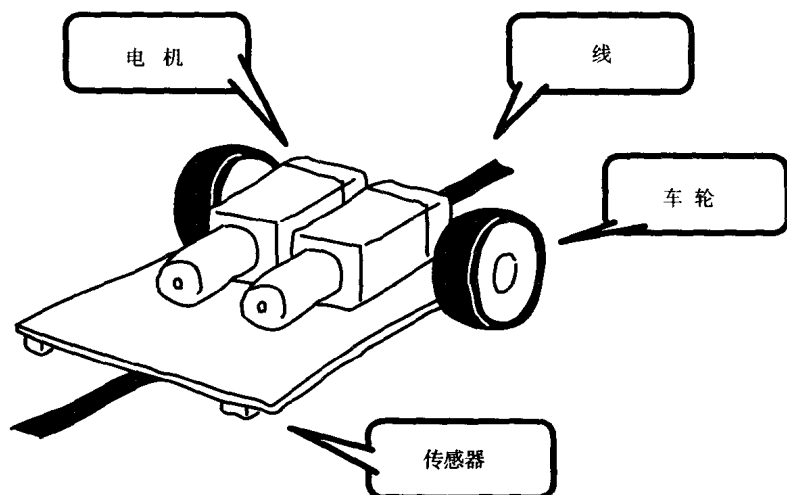
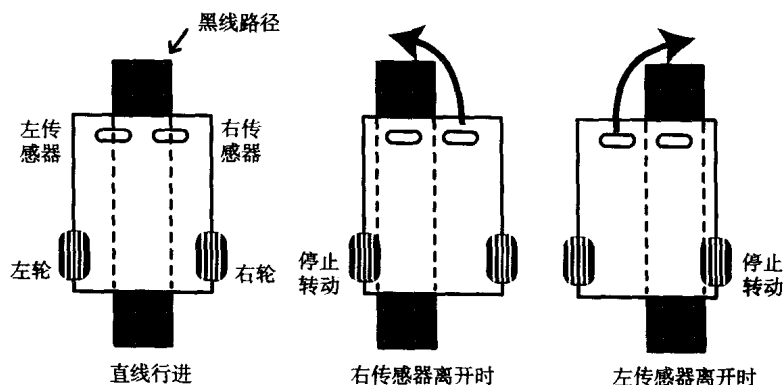


图 1.7 表示的是,若两个传感器都在直线的上方,则可以得到由传感器获取(有直线 on(1))的信号。根据这个信号,驱动后轮的两个电机(输出为 1),小车继续前行。

图 1.7 巡线小车的动作



若某一侧传感器检测不到路线,则该侧对应传感器的输出信号为“没有直线 OFF(0)”。这时,该传感器相对一侧电机的转动应被停止(输出 0),以便对方向进行校正。要实现这个动作,就需要编写相关的程序。