



学生创新能力培养
实战系列

趣味机器人入门

—— 基于乐高教育机器人的
创新设计

◎ 仲照东 马金平 编著
李益民 孙建军



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>

学生创新能力培养实践系列

趣味机器人入门

——基于乐高教育机器人的创新设计

仲照东 马金平 李益民 孙建军 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书基于乐高机器人的本体,通过 RCX 机器人、NXT 机器人、EV3 机器人、Scratch 机器人、Arduino 机器人等一个个具体使用项目来介绍机器人,内容涉及机械结构、驱动电路、传感器原理、互联网应用、蓝牙技术等。本书通过项目的展示、分析,用通俗的语言介绍机器人的理论知识和专业技术。在具体实践中,对于项目操作,读者可参考书中流程采用灵活多样的不同方法去实现,以期不断提高自身的创新能力。

本书使用大量的照片真实展现机器人的组装过程、图形化编程语言程序、比赛机器人的机械结构,同时还介绍了一些机器人比赛的规则及项目。

本书适合作为中小学科技活动课、大中专选修课用书,也适用社会非机器人专业人士、参加机器人比赛的选手及一些机器人发烧友阅读。

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

趣味机器人入门:基于乐高教育机器人的创新设计/仲照东等编著. —北京:电子工业出版社,2015.10
ISBN 978-7-121-27417-6

I. ①趣… II. ①仲… III. ①智能机器人—教材 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 246563 号

策划编辑:朱怀永

责任编辑:朱怀永

特约编辑:底 波

印 刷:北京嘉恒彩色印刷有限公司

装 订:北京嘉恒彩色印刷有限公司

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 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:326 千字

版 次:2015 年 10 月第 1 版

印 次:2015 年 10 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:49.80 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。

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

服务热线:(010)88258888。



前言

目前,我国各类教育都特别重视学生“动手能力”的培养。但“动手能力”不等于“创新能力”,“动手能力”由于受学科限制具有很强的局限性。多学科的理论基础、熟练的实践能力、强烈的创新意识是培养“创新能力”的必备条件。但是,机械、电子、计算机、生物等多学科知识,其太强理论性使培养“创新能力”的教学工作难于开展,仅深奥且枯燥的多学科理论知识就足以让人望而怯步了。

本书编写团队一直在探索一种能结合多学科知识,在一种“轻松”甚至是“玩”的气氛中进行学习的方法与载体。8年前,本书编写团队的主要成员将乐高教育机器人系列产品引入教学,在组织实施过程中不断探索教学方法,精心设计教学项目,通过多年实践取得了一些经验,现整理成书,与广大教育工作者和读者分享。

我们的老师、父母等长辈用他们全部的爱,为成长中的孩子定了太多的“规矩”,孩子们被要求将大量的时间花在练琴、学画、写作业等“有用的事情”上;不允许孩子们把时间花在和泥巴、玩积木、搭城堡等“无用的事情”上。有用与无用是可以转化的,今天“无用的事情”也许就是明天最“有用的事情”。常规思维模式束缚了我们的思想与心智,常规生活形态限定了我们“可怜”的眼界,只有打破这些常规,我们才能获得“创新能力”。

对同一问题产生尽可能多的解决方案是培养“创新能力”一种良好的办法。

本书基于创新教育载体——乐高教育机器人,通过一个个项目的解决过程来介绍相关的理论知识,本书提供的解决方案仅仅作参考。学生组成的研究小组针对项目解决方案,相互间可以讨论、说服、甚至“争吵”,每一位学生都直接参与到学习的过程中,可以按自己的思路去思考。

通过一个个创新项目相关理论知识的介绍,有助于深刻理解相关理论,淡化了专业知识和技能,通过强化项目解决方案的数量和种类,提高学生的创新意识和创新能力。通过此书的学习和实践训练,可以极大地拓展学生的知识面,提高创新意识和创新能力,增强团队合作能力。相关的理论知识,可以由老

师在项目结束后概括性地讲授,也可以由个人根据需要自己阅读。

本书所用传感器及乐高传感器补丁软件均由深圳奥特森科技有限公司提供,深圳奥特森科技有限公司的课程组团队负责完成全部的传感器实验及其他实验项目。该书的初稿形成于2007年3月,经过深圳职业技术学院等学校8年的使用,现在的内容在初稿基础上做了许多修改、删减及增加。在此对深圳奥特森科技有限公司及深圳职业技术学院表示感谢!

全书由仲照东设计并负责统稿,编写人员有仲照东、马金平、李益民、孙建军。

由于该书内容在国内是第一次编写,限于水平,不妥之处在所难免,敬请学界同仁和广大读者批评指正。

编写小组

2015年6月

于深圳职业技术学院



目 录

单元一 认识机器人	1
项目一 认识机器人	2
项目二 认识 LEGO 教育机器人	5
单元二 机器人的驱动能源	11
项目一 压缩空气动力能源动力车	12
项目二 橡皮筋动力源的机器人动力车	14
项目三 太阳能动力源的机器人动力车	16
项目四 电容器存储的电量为动力源的机器人动力车	18
项目五 水流发电机	20
单元实践活动	22
单元三 机器人的机械零件与机构	23
项目一 非常慢的钟	24
项目二 能和蜗牛比慢的电动车	27
项目三 投石战车	31
项目四 刮雨器	33
项目五 行走机器人	36
项目六 可转动的传送带	39
项目七 永不停止的“汽车活塞”	41
项目八 起重机	43
项目九 四驱赛车	45
项目十 机械手臂	47
单元实践活动	52

单元四 机器人常用的传感器	53
项目一 能抓鸡蛋的机械手	54
项目二 温度控制的排风扇	57
项目三 湿度控制的去湿机器人	60
项目四 “好色”机器人	62
项目五 穿越隧道的机器人	65
项目六 绕障机器人	66
项目七 能回原地的机器人	69
项目八 自动平衡机器人	71
项目九 探索污染区的机器人侦察兵	73
项目十 遇障退让机器人(超声波传感器)	75
项目十一 听话的机器人(声音传感器)	77
项目十二 探矿机器人(磁场传感器)	80
项目十三 全自动分拣机器人(光电门传感器)	82
项目十四 寻找金币的机器人(金属传感器)	83
单元实践活动	87
单元五 机器人的执行装置	88
项目一 搬运机器人	89
项目二 会射门的机器人	93
项目三 压缩空气动力源的机器人	96
项目四 气动机械手指	99
项目五 比赛机器人展示	104
单元实践活动	108
单元六 机器人的计算机技术	109
项目一 认识 RCX	110
项目二 认识 NXT	112
项目三 认识 EV3	115
项目四 缩头乌龟	117
项目五 追光机器人	119
项目六 光控巡线机器人	121
项目七 家庭卫士(互联网远程控制机器人)	123
项目八 影子机器人(蓝牙控制机器人)	127
项目九 手机控制机器人	130
项目十 会玩魔方的机器人	133
单元实践活动	136

单元七 机器人应用的技术	137
小单元一 机器人编程语言的开发及应用	138
项目一 在 NXT 上运行的其他图形编程语言(LeJOS NXJ)	138
项目二 利用 Scratch2.0 图形编程语言控制 EV3 (LeJOS EV3)	141
项目三 S4A 图形编程语言(Scratch 变形)	147
项目四 Autosen 图形编程软件	157
小单元二 机器人硬件电路的开发及应用	160
项目一 51 单片机机器人硬件电路及结构	160
项目二 Arduino 机器人硬件电路及结构	164
小单元三 机器人传感器的开发及应用	166
小单元四 机器人直流电机及舵机的开发及应用	173
单元实践活动	174
单元八 乐高 NXT 的其他应用	175
项目一 酸碱滴定曲线实验	176
项目二 比尔定律实验	179
项目三 欧姆定律实验	180
项目四 玻意耳定律实验	181
项目五 发芽种子的热量实验	182
项目六 水中的溶解氧实验	183
单元九 机器人竞赛活动	186
项目一 机器人竞赛大会介绍	186
项目二 机器人相扑比赛	188
项目三 机器人搜救比赛	190
项目四 机器人投篮比赛	191
项目五 机器人舞蹈比赛	192
项目六 走迷宫	193
项目七 秦皇陵探险	194

单元一

认识机器人



单元导读

科幻电影中外形酷似人类的机器人一直是许多人心中的机器人梦的寄托载体。但是，现实中的机器人只是一种能够代替人们从事生产和制造工作的一种机器。使用机器人可以大幅度提高生产效率、降低人的劳动强度。机器人技术正在对我们今天的社会经济发展、日常生活产生重大影响，如何了解机器人及掌握相关技术是人们必须面对的一个课题。



单元目标

通过本单元学习，可以全面了解机器人的相关概念，对机器人的定义、机器人的作用、机器人的系统等机器人基础知识和未来机器人技术发展有较为全面的感性认识。



单元准备

1. 计算机及互联网(可以查阅最新的技术资料)。
2. 笔记本(做些资料的记录)。
3. 一套乐高教育机器人套件。



单元侧重与要求

1. 理解科幻机器人和真实机器人的区别及联系。
2. 归纳一些机器人的技术细节。

项目一 认识机器人



项目目标

了解人类为什么会发明机器人,机器人是如何产生,机器人从事什么工作以及机器人的定义。



项目分析

机器人对于现代人来讲已经不是个陌生的概念了,科幻电影、工厂生产线及课本图片上都有相关机器人的大量介绍。通过本单元的学习,我们可以系统地了解机器人的相关技术,了解机器人的定义、作用、机器人系统,以及机器人技术的发展等内容。



基本知识梳理

一、机器人的产生

1920年,捷克斯洛伐克一个叫卡佩克的作家写了一本科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》。小说构思了一个名叫罗伯特的机器人,也就是英文中的 Robot,它可以不吃不喝,不知疲劳地连续工作。小说在 1924 年被传到日本、法国以及欧洲其他一些国家,还被改编成当时流行的木偶剧和话剧,“罗伯特”(Robot)这个机器人的名词就向全世界铺展开来。

Robot 体现了人类的一种长期愿望:创造一种机器代替人进行各种工作。

二、机器人从事的工作

- ① 机器人干人类不愿意干的事。例如,在有毒、有害、高温或危险的环境中工作。
- ② 机器人干人类不好干的活。例如,生产线上一天拿着焊钳焊几千个点等,重复、单调的工作。
- ③ 机器人干人类干不了的活。上月球、下海底、进入人体、对原子和分子进行搬运等。

三、机器人的定义

自机器人诞生之日起人们就不断地尝试着说明“什么是机器人”。但,随着机器人技术的飞速发展和信息时代的到来,机器人所涵盖的内容越来越丰富,机器人的定义也不断充实和创新。到目前为止,机器人还没有一个统一的定义。

美国工程师协会的定义:机器人是计算机控制的、可以编程的,能够完成某种工作、可以移动的自动化机械。

机器人是具有一些类似人的功能的机械电子装置或者叫自动化装置,它仍然是个机器。

机器人有三个特点:

- ① 有类人的功能,比如说作业功能、感知功能、行走功能,还能完成各种动作。
- ② 根据编写的程序能自动地工作,还可以通过编程改变它的工作、动作、工作对象和工作要求。
- ③ 是人造的机械电子装置,机器人仍然是个机器。

四、机器人三原则

为防止机器人伤害人类,科幻作家阿西莫夫于 1940 年提出了“机器人三原则”:

- ① 机器人不应伤害人类;
- ② 机器人应遵守人类的命令,与第一条违背的命令除外;
- ③ 机器人应能保护自己,与第一条相抵触者除外。

这是给机器人赋予的伦理性纲领。机器人学术界一直将这三原则作为机器人的开发准则。

五、机器人的分类

从应用环境出发,可将机器人分为两大类:工业机器人和特种机器人。

工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度机器人。特种机器人是用于非制造业并服务于人类的各种先进机器人,如服务机器人、水下机器人、娱乐机器人、军用机器人、农业机器人等。

六、机器人的组成

我们将机器人的组成结构和人体结构做一个比较,具体如图 1-1 所示。

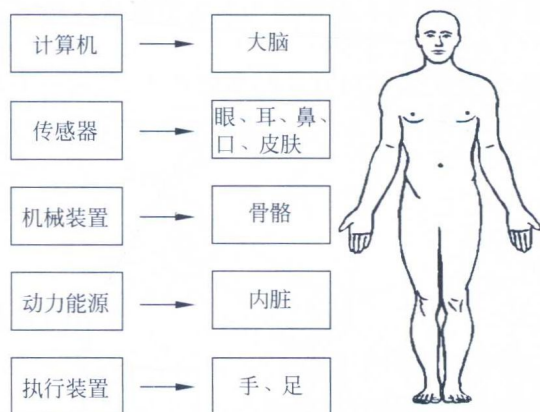


图 1-1 人体组成要素与机器人组成要素的比较图

① 人的大脑 VS 机器人的计算机: 人脑控制和指挥人的所有活动; 计算机控制机器人的一切活动。

② 人的五官 VS 机器人的传感器: 通过眼、耳、口、鼻等感觉器官, 人类可以感知外部世界; 通过各种传感器来监视、检测, 机器人可以获取各种外部环境信息。

③ 人的骨骼 VS 机器人的机械结构: 人的手臂、腿等人体结构由骨骼构成; 机器人的手指、手臂等的基础结构由各种机械结构构成的。

④ 人的内脏 VS 机器人的能源系统: 通过吃入各种食物可以转化人类活动需要能量; 驱动电机的电源、驱动液压系统的液压源、驱动气压系统的气压源等可以给机器人提供能源。

⑤ 人的肌肉 VS 机器人的执行装置: 通过收缩人体各部位的肌肉可以实现人体的各种运动; 通过电动机转动、电磁铁吸合等动作可以驱动机器人的手臂、手指等运动。

七、机器人采用的相关技术

机器人技术涉及机械、电工、自动控制、计算机测量、人工智能、传感技术等多个学科, 是

一个国家高技术实力的重要体现。

机器人技术是由计算机、传感器、机械结构、能源系统及机械执行装置等技术构成,其中计算机技术又包含了硬件及软件技术。

(1) 计算机技术

人类可以通过自身的神经系统给大脑传送各种信号,又由神经系统将大脑的指令传送到身体的各处。控制机器人的计算机只能处理由 0 和 1 组成的数字信号,各种传感器输出的连续电压(电流)模拟信号,必须转换成由 0 和 1 组成数字信号才能输入计算机。以传感器信号为基础,计算机可以通过处理程序来处理这些信号代码以达到控制机器人的目的。

(2) 传感器技术

对于多变的、未知的机器人工作环境,传感器技术要尽可能准确感知、描述及判断机器人的工作环境。传感器检测的环境物理量主要有温度、光照度、湿度、运动速度、各自的相对位移、运动加速度、角速度、距离目标的距离等。

(3) 机械结构技术

人类的腰、肩、臂、手腕、手、手指可以使人能够按自己的意愿进行各种动作,而这一切都是由人类的骨骼构成;机器人的手臂也可以实现人类手臂同样功能,而机器人的手臂是由各种机械构件构成的。图 1-2 所示为人的胳膊与多关节机器人构造对比。

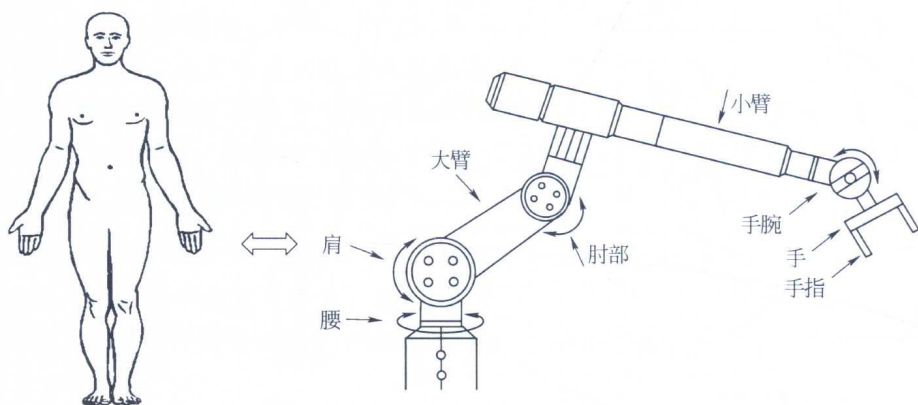


图 1-2 人的胳膊与多关节机器人构造对比

(4) 能源系统技术

只有在得到强大的动力源后,机器人才能够发挥它的作用。寻找最大能量比电池,是机器人开发者一个永恒的话题。能源系统技术是限制机器人发展的一个关键技术。

(5) 机械执行装置技术

将电能转化为动能的电动机(包括直流电机、交流电机、步进电机和直线电机等),将液压能量转化为动能的液压驱动装置,将气压能量转化为动能的气动装置等都是机器人常用的机械执行装置技术。

气动执行装置控制精度不高,但使用方便、结构简单。液压执行装置需配液压站系统,但可实现大功率驱动。电动机执行装置可实现高速高精度控制,得到广泛使用。

八、未来机器人技术的发展

人们在认识自然、改造自然的过程中,需要各种各样的机器人。一些关键技术的解决及

应用需求,促进了机器人技术的发展。21 世纪,随着相关学科和技术的发展,机器人传感器技术将会得到进一步发展,机器人的智能化程度将更高,最终实现智能化机器人。



项目总结

1. 论述你熟悉的机器人(日常用品、交通工具及工业生产工具等)的型号、特性和功能。
2. 论述你所熟悉的科幻机器人(电影、小说及其他作品中)的名字、特性及功能。

项目二 认识 LEGO 教育机器人



项目要求

了解乐高(LEGO)教育机器人的起源与历史,了解乐高教育机器人的机械构件、电机、传感器和软件平台。



项目分析

机器人是个非常宽泛的概念,本书以乐高教育机器人为载体,通过不同的机器人具体案例来开展创新教育。为便于相关机器人项目展开,本项目的重点是让读者了解乐高机器人载体的软硬件构成及使用。



基本知识梳理

一、乐高教育机器人的历史

1989 年,世界著名的玩具制造商乐高集团成立了乐高教育部,其目的是将乐高机器人装备应用于学校教学当中。1997 年,由乐高教育部开发的简单动力机械成为全球最受老师欢迎的器材。

1998 年,乐高在美国麻省理工大学(MIT)的支持下开发了乐高机器人 RCX 系统以及可以给机器人编写程序的图形化编程环境(ROBOLAB);2006 年,乐高在美国麻省理工大学(MIT)及世界虚拟仪器 NI(美国国家仪器有限公司)的支持下开发了第二代 32 位蓝牙机器人 NXT 系统以及基于 LABVIEW 的图形化编程环境;2013 年,乐高在美国麻省理工大学(MIT)的支持下开发了第三代乐高教育机器人 EV3 及全新的图形编程环境,至此乐高已经创建了一整套涵盖机械、电子、自动控制、信息技术等多学科综合的教学用具。

下面将从乐高的基础零件(塑料积木、气动元件等)、乐高电子部件(电机、传感器等)、软件编程平台(ROBOLAB、Mindstorms NXT2.0、LEGO Mindstorms EV3)三个方面介绍乐高教育机器人。

二、乐高的基础零件

乐高有 70 多年历史,其生产的乐高积木风靡全球,到目前为止有 2000 多种模具,按机械功能可以分为基础结构件、传动结构件、连接件、驱动件、气动件,其中一部分零件如图 1-3 所示。

1. 驱动件

乐高机器人的驱动件如图 1-3 所示。



图 1-3 乐高机器人的驱动件

2. 基础结构件

乐高机器人的基础结构件如图 1-4 所示。

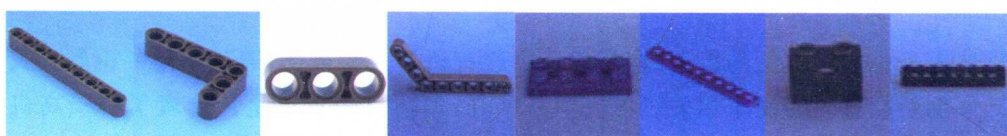


图 1-4 乐高机器人的基础结构件

3. 连接件

乐高机器人的连接件如图 1-5 所示。



图 1-5 乐高机器人的连接件

4. 气动件

乐高机器人的气动件如图 1-6 所示。



图 1-6 乐高机器人的气动件

乐高的器件几乎涵盖了日常生活中常见的零部件,虽然体积较小,但是其精度却非常高,配合公差为 $5\mu\text{m}$ 。尽管这些部件都是采用塑料所制成,但是所用的塑料是经过特殊处理,具有坚固耐用、耐磨损、不易变形等特性,而且它的一个最大特点就是部件之间不是通过螺丝固定的,而是使用销等一些连接器利用插拔的方式替代螺丝固定各个部件。这样在制作模型结构时能快速反复地拆卸安装模型,提高制作效率,同时又不会降低机械结构的牢固程度。

5. 乐高基础零件应用案例

传统的机械原理、机械设计课程局限于原理的讲解,使得课程枯燥乏味。乐高教育器材使枯燥的课堂变得生动有趣,让学生在制作过程中了解相关的理论知识。图 1-7 所示是一些常见的机械原理结构。

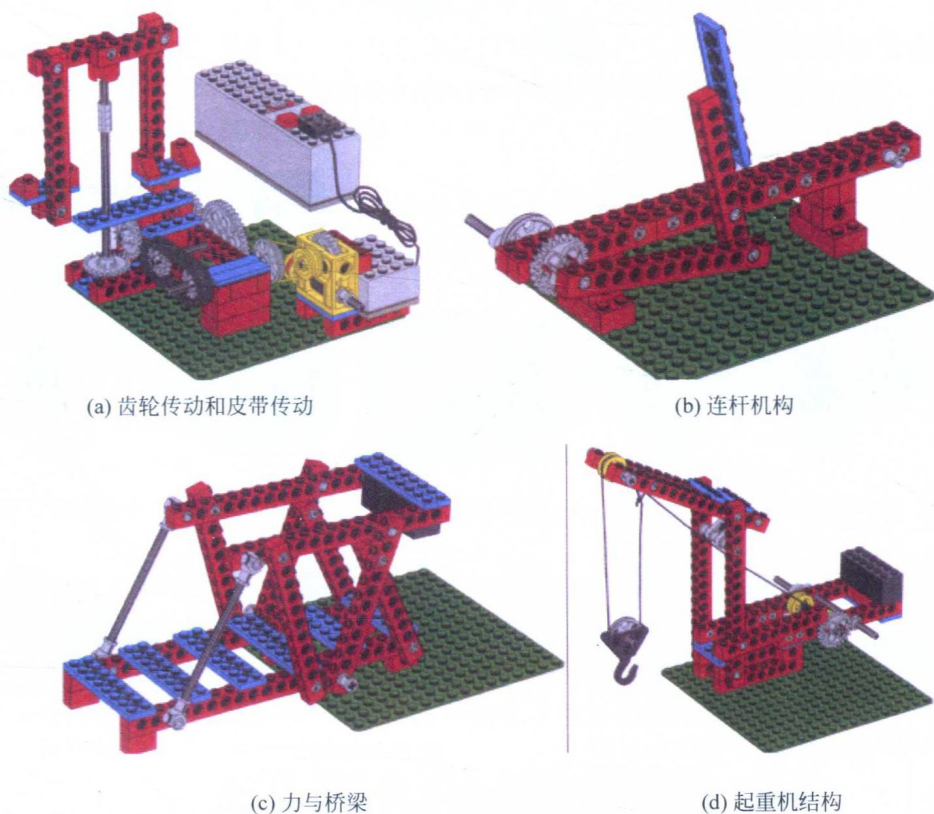


图 1-7 乐高器材组建的常见机械原理结构

可以根据实际项目利用乐高平台进行验证性实验或者制作演示平台,比如制作纸张折压机、CD 压模机、蜡烛机床、药物分配机、乒乓球包装机等一系列的机械装置。

三、乐高的电子部件

1. 乐高标准配置

乐高机器人的电子部件分为三部分:控制器、马达(输出设备)、传感器(输入设备)。虽然 RCX、NXT、EV3 电子部件的外形和结构不同,但实现的功能是相同的。三种不同的机器人都在被大家使用,本节以使用最多的乐高机器人 NXT 为例讲解乐高的电子部件,第六单元会分别对三代机器人做详细的说明。

NXT 机器人的电子部件包括：一个 NXT 控制器、三个直流电机、一个触动传感器、一个光电传感器、一个声音传感器、一个超声波传感器，如图 1-8 所示。



图 1-8 乐高机器人电子部件

2. 乐高第三方传感器

NXT 控制器为用户提供了所有输入、输出的电路接口图，用户可以设计自己的传感器，图 1-9 所示为第三方传感器，可以直接接到 NXT 上。



图 1-9 乐高第三方传感器

四、乐高机器人的软件平台

乐高机器人的软件编程平台有 RoboLab、LEGO Mindstorms NXT2.0、LEGO Mindstorms EV3 三种,这三种编程软件都被用户使用。三种编程软件的共同点是,图形化编程,拉动图标、通过连线或图形卡扣来编写程序。这里以乐高机器人 RCX、NXT 两种机器人都能使用的 RoboLab 图形编程语言为例介绍“乐高机器人的软件平台”,第六单元会分别对三代机器人的软件平台做详细的说明。

1. 乐高 RoboLab 软件平台

工业界最著名软件 LabVIEW 可以称为图形化编程语言的代表。RoboLab 是乐高集团、美国麻省理工大学以美国国家仪器公司的 LabVIEW 为基础,专为教学应用而开发的软件,软件分为初学者、发明者、研究者和虚拟仪器等多个不同等级。

RoboLab 具有 LabVIEW 的大部分功能,可以帮助用户实现一套完整的测量测试和自动化控制系统。许多研究者也利用乐高的软、硬件进行课题设计和搭建实验雏形。

RoboLab 编程界面和编程示例如图 1-10 所示。

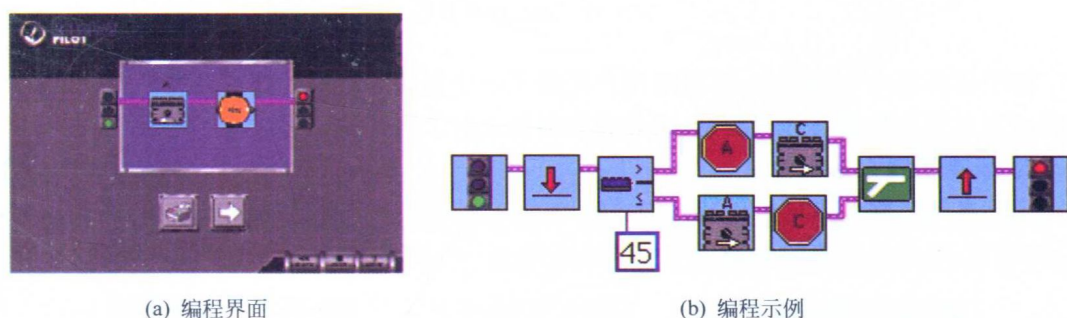


图 1-10 RoboLab 编程界面和编程示例

对于机械专业的学生,只要简单地学过 C 语言等编程语言就可以利用图形化编程语言对硬件进行编程,整个操作过程简单、方便、快捷,制作的机械可以立刻实现想要的结果。

对于电子专业的学生,更可以利用 RoboLab 强大的数据采集功能(数据采集面板见图 1-11)和虚拟仪器面板(见图 1-12)设计自己的电子仪器测试平台。

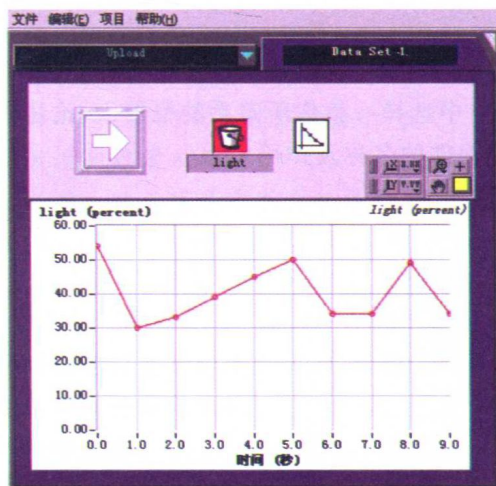


图 1-11 数据采集面板