

北京大学机器人学基础系列教材（二）

Robot Eletronic Circuits Fundamenals

机器人电子电路基础

马俊峰·范保玉·何宸光 主编



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

北京大学机器人学基础系列教材（二）

机器人电子电路基础

主 编 马俊峰 范保玉 何宸光

副主编 王 华 牛 坚

 哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本系列教程是参加中国素质体育机器人运动的基础必修课程。本教程重点介绍了机器人的基础电路技术, 主要内容包括机器人介绍、基础元器件、传感器相关电路、数字电路、执行器件相关电路以及控制电路等。

本书适用于参加中国素质体育机器人运动的所有教练员、裁判员和运动员, 也适合机器人爱好者参考学习。

图书在版编目 (CIP) 数据

机器人电子电路基础/马俊峰, 范保玉, 何宸光主编.

—哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2013. 9

北京大学图书馆藏

ISBN 978-7-5661-0688-9

I. ①机… II. ①马… ②范… ③何… III. ①机器人—电子电路—教材 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 219195 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 13
字 数 218 千字
版 次 2013 年 9 月第 1 版
印 次 2013 年 9 月第 1 次印刷
定 价 192.00 元 (全六册)

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

北京大学机器人学基础系列教材

编审委员会

编委会主任：何宸光

编 委：韩立群 白 洁
 乔 雷 滕兆勇

前言

联合国标准化组织采纳了美国机器人协会给机器人下的定义：“一种可编程和多功能的操作机，或是为了执行不同的任务而具有可用电脑改变和可编程动作的专门系统。”由北京大学、天津师范大学、河北工业大学、山西师范大学、临汾市第一实验中学的谢广明教授、范瑞峰、孔祥战、马俊峰、范保玉、王华、牛坚、何宸光等专家学者编著，哈尔滨工程大学出版社出版，北京神通文化俱乐部发行的《机器人概论》《机器人电子电路基础》《机器人编程基础》《机器人感知与应用》《机器人控制与应用》《机器人综合实践》等系列基础教材在全国范围内的发行，标志着中国机器人教育教学、人才培养、技术研发、生产制造、产业升级步入创新科技、振兴经济的新时代。

科学技术是人类在与自然界共生共存的生活中所创造的特殊文化，是人类精神探索宇宙奥秘、发现并把握宇宙规律的精神产物和文化成果。科学技术可以继承也可以传播。

振兴经济首先要振兴科技，实现机器人技术作为战略高技术，教育必须先行，教育先行的基础条件必须具备规范的教程和教材。此次出版发行的《机器人概论》《机器人电子电路基础》《机器人编程基础》《机器人感知与应用》《机器人控制与应用》《机器人综合实践》等系列基础教材，对培养大批高素质专业人才和杰出科技人才具有基础性的推动作用、建设作用和指导作用，对发展机器人产业，培育新的战略性新兴产业具有很强的技术辐射性与带动性。

机器人技术与科学技术和科学教育有其特有的产生、活动、发展和传授规律。机器人教育教学要在中国生根、开花、结果，就必须不断对科学研究的目的进行深思，对科学的经验进行积累，对科学的规律进行把握，对科学的影响进行回顾，对科学的力量进行体会，对科学的文化进行积淀，对科学的体制进行改

良，对科学的主体进行凸显，对科学的环境进行优化，对科学的精神进行弘扬。

世界上任何一个国家的传统文化，都不能百分之百地包含科学文化，因为科学不是从一个特定的国家产生和发展出来的，机器人技术与科学技术一样，是人类共同创造的特殊文化。哪个国家能够最大限度地吸纳科学文化，哪个国家就最有可能在科学技术领域中走到世界前列。

中国机器人发展必须吸纳世界先进的科学技术，理性反思，独立探索研究建立、建设科学技术的发展规律，把握杰出人才与科学产出的发展规律。机器人技术与科学技术发展离不开支撑其发展的经济基础，机器人技术作为当今世界总技术的综合结晶，世界各国纷纷抢占这一技术的制高点，旨在推动本国的国防实力和国家竞争力。《机器人概论》《机器人电子电路基础》《机器人编程基础》《机器人感知与应用》《机器人控制与应用》《机器人综合实践》等系列基础教材的出版发行，有效促进各类人才的教育培养，把握、掌握关键技术、核心技术，积极促进中国机器人产业的健康发展、全面发展，对我国综合实力的提升具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

何宸光

2013年9月于北京

目 录

第 1 章 机器人介绍	1
1.1 机器人的世界	1
1.2 机器人的组成及其工作原理	3
1.3 机器人如何思考和行动	7
第 2 章 认识元器件	12
2.1 基本元器件 1——电阻及电位器	12
2.2 基础实验一	20
2.3 基本元器件 2——三极管、电容	29
2.4 基础实验二	36
2.5 功能模块	43
2.6 常用集成电路	59
2.7 MEMS 器件	75
第 3 章 传感器相关电路知识	78
3.1 传感器基础知识	78
3.2 传感器认识实验	83
3.3 放大电路实验——光报警器	87
3.4 比较电路实验	92
3.5 常用传感器及其处理电路	98
3.6 安全报警器与综合实验	104
第 4 章 数字电路知识	111
4.1 基本逻辑电路	111
4.2 组合逻辑电路	119
4.3 触发器电路	127
4.4 简单振荡电路	137
4.5 模数转换	141

第 5 章 执行器件相关电路知识	147
5.1 执行器基本知识	147
5.2 驱动电路原理	148
5.3 继电器实验	152
5.4 晶闸管实验	157
5.5 数码管显示	161
5.6 直流电动机驱动电路	167
5.7 电动机转速调整电路	170
第 6 章 控制电路	174
6.1 集成电路基本知识	174
6.2 自动冲水系统	181
6.3 温度控制闭环系统	185
6.4 红外遥控系统	189
6.5 自动追踪系统	194

第 1 章 机器人介绍

1.1 机器人的世界

有史以来，人们就幻想着制造出一种超脱于人的、能独立动作的机器，来帮助人们战天斗地，例如传说中的木牛流马，汉末的计里鼓车，影视作品中的铁臂阿童木、钢铁侠等强大无比的机器偶像。这些幻想吸引人们孜孜不倦地探索和发明，同样也吸引了最富幻想的青少年对机器人时代的憧憬。如图 1-1 所示为一些机器人的图片。

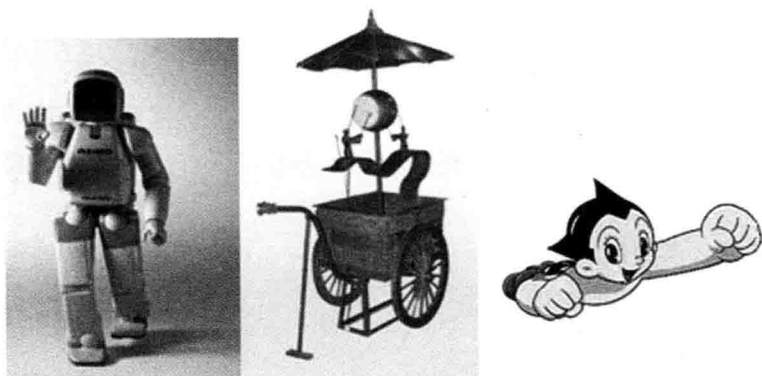


图 1-1 机器人

1.1.1 机器人——Robot 一词的来源

“Robot”一词源自捷克语“Robota”，其含义是“农奴”的意思。

1920 年捷克作家卡雷尔·卡佩克（Karel Capek）发表了科幻剧本《罗萨姆的万能机器人》，它讲述了以下的科幻剧情：

罗萨姆公司把机器人当作人类劳动工具一样生产出来，这些机器人最初是没有感情的，它只会机械地按照主人的命令去代替人类劳动。



后来,由于偶然的原因,机器人有了感情和知觉,他们发现人类十分自私自利和不公正,于是向人类发动攻击,并因此消灭了人类。但机器人不知道如何制造自己,为了繁衍后代,它们开始寻找人类的幸存者,但没有结果。

最后,一对感知能力优于其他机器人的男女机器人相爱了,终于机器人进化成人类,世界又起死回生。

1.1.2 什么是机器人

各国科学家对它的定义都有所不同,而且随着时代的变化,机器人的定义也在不断发生变化。

中国的科学家们把机器人定义为:“机器人是一种自动化的机器,而且其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。”

1. 人、机器、机器人

(1) 机器人的动作机构具有类似于人或其他生物体的某些器官(肢体、感官等)的功能;

(2) 机器人具有通用性,工作种类多样,动作程序灵活多变;

(3) 机器人具有不同程度的智能性,如记忆、感知、推理、决策、学习等;

(4) 机器人具有独立性,完整的机器人系统在工作中可以不依赖于人的干预。

2. 机器人三大基本特征

(1) 有特定的机械结构;

(2) 有自身的大脑;

(3) 能够完成一定的动作。

3. 机器人三原则

(1) 机器人不得伤害人类,也不能看到人类受伤害而袖手旁观;

(2) 机器人应该服从人的命令,但不得违反第一原则;

(3) 机器人要保护自己,但不得违反第一、二原则。

1.1.3 机器人的基本机能

机器人作为一种具备一定智能的自动化机器,有如下三个基本的机能。

(1) 对外界产生作用:相当于人的手和脚,可称之为动作器官。

(2) 获取外界信息：相当于人的眼、耳、舌头和皮肤，可称之为感应器官。

(3) 规划作业：相当于人的大脑，可称之为思维器官。

1.1.4 为什么要学习机器人

机器人集成了数学、物理、化学、生物、机械、电子、材料、能源、计算机软硬件、软件、人工智能、多媒体技术、通信技术、网络技术等众多领域的科学与技术知识，没有一种技术平台比智能机器人更综合。机器人是技术前沿之一，集成了许多领域的先进技术。在实施素质教育的今天，机器人教学已经走进了越来越多的大、中、小学校。

学习机器人的原因：激发学生的学习兴趣；培养学生的综合能力；培养学生的自主探究学习能力；培养学生的团队协作精神。

1.2 机器人的组成及其工作原理

1.2.1 机器人构成的基本条件

人类是地球上最高级、最聪明的动物，基本条件是因为人类在漫长的进化过程中不但拥有了复杂、完美的身体结构，而且还拥有了发达的大脑。那么机器人要发展成为优秀、高级的机器人也应该具备相应的条件。如图 1-2 所示为一种机器人结构。

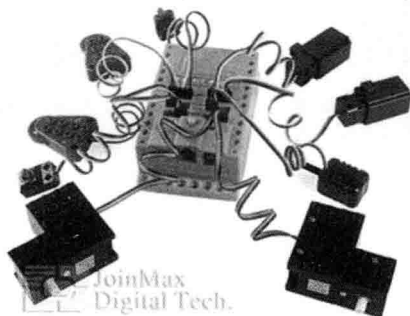


图 1-2 一种机器人结构



1. 机械部件

正如人类的身体需由骨架和肌肉牵引才能完成一定的动作一样，机器人的身体和动作表现也是由特定的机械结构组成的。在制作机器人的时候，我们不仅可以使⤵课堂上提供的拼装套件，还可以选取身边随手可得的各种材料作为机器人的加工原料。例如：木板、金属板、塑料板，还有像螺钉、螺帽那样的各种各样的五金紧固件。只要我们在日常生活中留心观察身边的各种机械设备的动作，如缝纫机、变速自行车、起重机、挖土机等，相信一定能受到良好的启发，从而设计出能满足我们自己功能需求的机械结构。如图 1-3 所示为六足机器人。

2. 感应和动作电子部件

一个真正拥有智能的机器人通常都需要具备一定的感知能力，具有感知能力的电子器件我们通常又称之为传感器，顾名思义，这类器件具备了“传递“感”应信息到机器人的大脑的功能。和人的感觉器官——眼、耳、舌、鼻、皮肤分别对光线、声音、味道、气味、触碰、气温起感应作用一样，构成机器人的电子传感器也是按功能分类的，例如光源传感器、声音传感器、气体（煤气、烟雾）传感器、压力传感器、温度传感器，等等；它们的灵敏度和感应范围甚至超越了人的感知界限，例如电子指南针、红外线传感器等。因此，在我们设计机器人的时候，应该根据设计的要求，选用合适的电子传感器件。如图 1-4 所示为温控风扇。

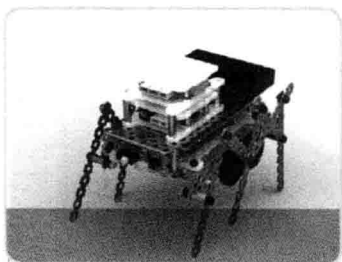


图 1-3 六足机器人

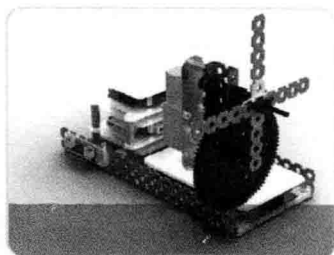


图 1-4 温控风扇

3. 机器人的大脑

机器人的大脑可称之为 RCU（Robot Control Unit），RCU 就好像一台微型的家用电脑，它可以执行程序指令，并向具体动作器官发出相应的动作信息。

4. 机器人的思维

智能机器人尽管具备了以上的感应、动作和大脑器官，但它只具备了作为智能机器人的物质基础。RCU 初期是完全空白的，像初生的婴儿一样，需要我们用学到的编程知识，按照我们的意图编写出特定的程序，灌输给它后才能变成真正具备智能的大脑。

机器人对知识的掌握是非常快的，而当它跟人类一样能够对外界的复杂环境进行观察、思考，然后做出反应的时候，我们的机器人就拥有真正的智能了。

因此，必须学习编写机器人程序的方法，才能让我们的机器人不但拥有漂亮的躯壳，还能拥有真正的灵魂。

1.2.2 机器人的种类

机器人的分类方法很多，这里我们仅依据机器人的应用来分类。

1. 工业机器人

工业机器人可分为搬送、焊接、装配、喷漆、检查等机器人，主要用于工厂内。

2. 极限作业机器人

极限作业机器人主要应用在人们难以进入的场所和环境，例如在核电站、海底、宇宙空间等进行作业的机器人。也包括建筑、农业机器人等。

3. 娱乐机器人

娱乐机器人有弹奏乐器的机器人、舞蹈机器人、宠物机器人等，具有某种程度的通用性。也有适应环境而改变行动的宠物机器人。

4. 教育机器人

教育机器人面向大学的学习型机器人、面向中小学的比赛型机器人。学习型机器人提供多种编程平台，并允许用户自由拆卸和组合，允许用户自行设计某些部件。比赛型机器人一般提供一些标准的器件和程序，只能够进行少量的改动，适用于水平不高的爱好者来使用，参加各种竞赛使用。教育机器人也用于教学。

此外，还有正在研制开发中的福利机器人、医疗机器人、灾难救援机器人、乒乓球机器人等。在上述分类当中，工业机器人最早开始普及，极限作业机器人和娱乐机器人多是由工业机器人改进的。近年来正在积极开展拟人（类人）机器人的研究和制作。



1.2.3 生活中的机器人

1. 军事

用于地面侦察、排雷和攻击。如图 1-5 所示为美国“剑”军用机器人。

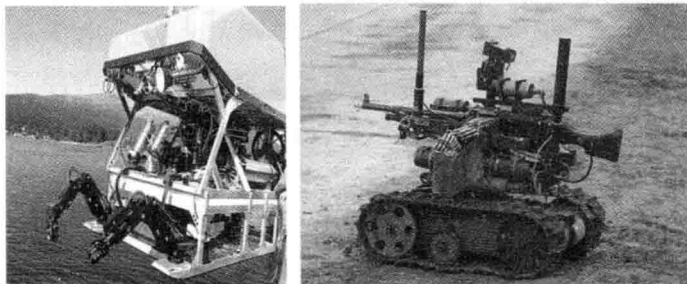


图 1-5 军用机器人

2. 医疗

医疗机器人用于高精度和高难度的外科手术。如图 1-6 所示为工业机器人和医用机器人。



图 1-6 工业机器人和医用机器人

3. 科研

如一些外星探测，特殊环境下探测的机器人。

4. 工业

机器人被广泛地用于各种自动化生产线，如焊接（包括点焊和弧焊）、搬运、装配、喷漆、零件加工、包装。

5. 农业

如草坪割草机器人。

1.3 机器人如何思考和行动

本节学习机器人的一些基本知识，首先要知道机器人和机器有什么区别？其实粗略地解释可以认为机器人和机器的区别是机器人有着丰富的感觉，他和我们很像，可以看到、听到、闻到、感觉到我们这个丰富多彩的世界，同时机器人和人类相比也还有着很大的不同，无论是相貌、四肢还是内脏。那么机器人是如何感觉外部世界的呢？——传感器。神奇的传感器使得冰冷的机器有了和我们人类一样的感觉。传感器可以分为数字传感器和模拟传感器。

数字传感器是指将传统的模拟式传感器经过加装或改造 A/D 转换模块，使之输出信号为数字量（或数字编码）的传感器，主要包括放大器、A/D 转换器、微处理器（CPU）、存储器、通信接口电路等。

模拟传感器是指输出信号为模拟量的传感器，模拟传感器的应用非常广泛，不论是在工业、农业、国防建设，还是在日常生活、教育事业以及科学研究等领域，处处可见模拟传感器的身影。

我们接下来打开中鸣的 Sensor Monitor 工具一探究竟。

如图 1-7 所示为数字传感器的信号输出图。

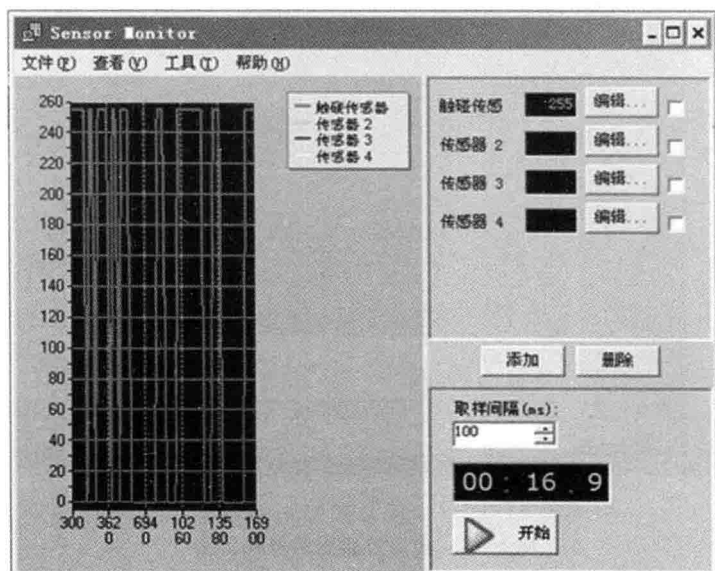
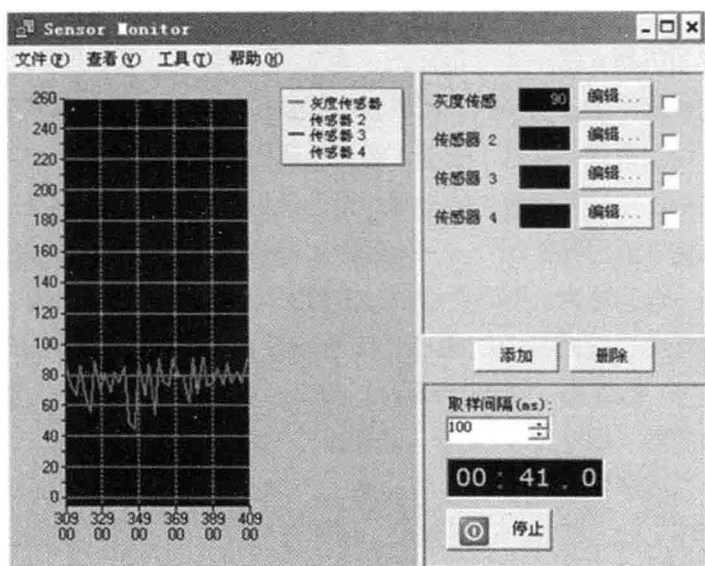


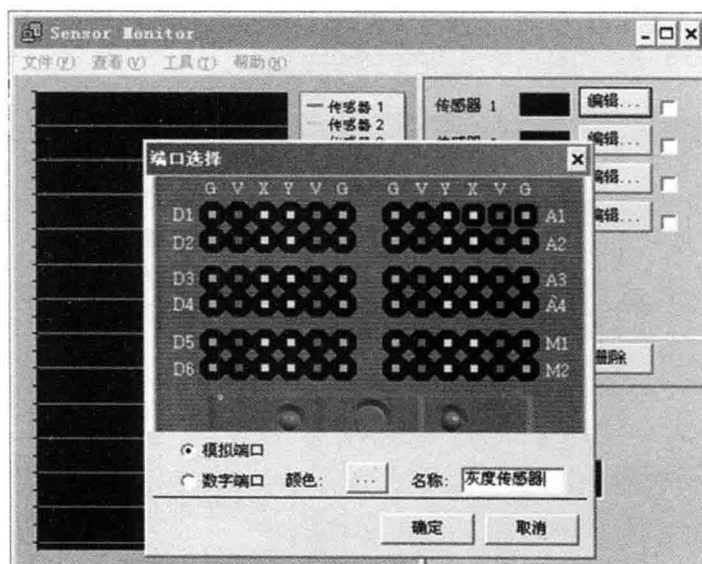
图 1-7 数字传感器信号输出



如图 1-8 所示为模拟传感器信号输出图。



(a)



(b)

图 1-8 模拟传感器信号输出图

有了感觉之后，或者更为准确地说是当机器人对外部世界有了一些认知之后，他可以相应地做出一些动作，比如移动、跳跃、活动四肢、又或者和我们交流，这是另外的一个研究方向。这里我们可以知道机器人是工具——“智能的工具”，他自己可以能动地根据具体的情况来做出决定，实施方案，实现目的。大家所见的马达、音响、LED 灯、液晶屏幕等都是机器人较为常见的动作部分。

知识拓展——机器人与人工智能的实现方式。如图 1-9 所示为智能的由来简明图。

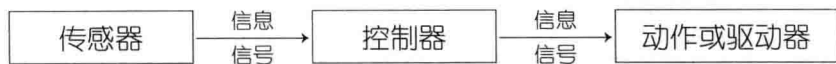


图 1-9 智能的由来简明图

1.3.1 机器人对言语的理解

我们把言语分为字词理解、语句理解、片段理解三种。字词理解可以直接查字典。语句理解稍难，不仅需要字词理解，还需要对复杂多变的语法的理解，即使是直接翻译也存在众多不理想的因素。片段理解包括段落和全文的理解，是最困难的部分，涉及对上下文字词、情境等的把握，目的就是为了获取全文的中心思想。

片段理解涉及语言的概括和分析。如何让机器人分析一段话？你可以让机器人去查询每个句子、每个字词的意思，然后直接打印出意思来，这是一种简单的分析。但实际上，我们在解释某个字词、某个句子时，会讲很多内容，这些内容来自记忆，也来自对当前字词和句子的新思考。来自以前的经验记忆可以直接查询，而新得来的东西只能靠设置变量了。如何让机器人去概括一段话？这个似乎更加难，计算机要判断全文的字词重复程度，句子的主体是什么，哪些句子可以省略，以及如何用恰当的词语来表达全部意思。

语言理解的目的是表达，不表达理解就没有意义了。如何让机器人表达呢？现在各种软件和程序都设置一种提示、反馈信息，可见机器人在表达上是不存在问题的。但如果要表达机器人自己内心的真实想法又如何做到呢？机器人没有自己的真情实感，没有思想，所以它没有内容可表达。机器人是人能力延伸的一种反映。据此，假如机器人是你制造的，那么，你可以用它来表达你