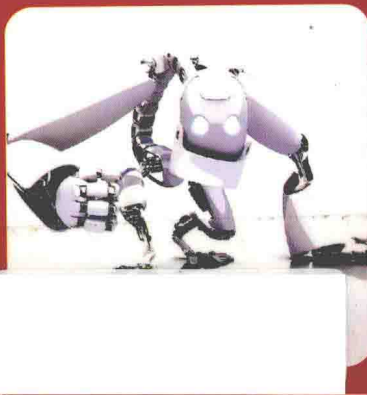




高等职业教育“十二五”规划教材
国家示范性骨干院校建设项目成果

机器人制作与编程

主 编 杨 维 修学强
主 审 刘龙江



科学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材
国家示范性骨干院校建设项目成果

机器人制作与编程

杨 维	修学强	主 编
吴德君	白颖伟	副主编
	刘龙江	主 审

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以项目为主线进行介绍,在项目设计中既注重机器人相关理论知识介绍,又注重其在实际项目中的应用。全书共6个项目,包括循迹机器人、避障机器人、灭火机器人、擂台机器人、基于虚拟仪器技术的机器人及工业机器人,内容涵盖机器人控制器的使用、机械结构的制作及选用、驱动电动机的选用、常用编程语言C语言的使用、传感器和通信技术等,并介绍了作为工程师和科学家创建测试、测量和控制应用程序的开发环境LabVIEW软件在机器人开发中的应用。

本书可作为高职高专院校机电类相关专业的教学用书,也可供相关专业工程技术人员使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

机器人制作与编程/杨维,修学强主编. —北京:科学出版社,2013
(高等职业教育“十二五”规划教材·国家示范性骨干院校建设项目成果)
ISBN 978-7-03-036962-8

I. ①机… II. ①杨… ②修… III. ①机器人-制造-高等职业教育-教材②机器人-程序设计-高等职业教育-教材 IV. TP242

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第044044号

责任编辑:艾冬冬 张雪梅 / 责任校对:柏连海
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华

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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年6月第一次印刷 印张:12

字数:283 000

定价:24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<铭浩>)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62135763-2021 (VT03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

机器人技术所涉及的内容十分广泛,包括电工电子、机械传动、传感检测、电动机驱动、计算机编程等多方面的技术。随着机器人技术在工业生产中的大规模应用,企业中需要大量能够熟练操作、开发机器人的工作人员。本书采用典型机器人项目作为载体,在叙述上力求全面、简洁和实用;力图使读者学完本书后对机器人操作、编程、制作有一个全面的认识。

本书以教学机器人、工业机器人等为教学平台,以常见的机器人竞赛内容及工业机器人实际应用组织教学项目,从简到繁、从易到难地引导学生积极思考、相互交流,培养学生的自学能力、创新精神和合作意识。

本书由陕西国防工业职业技术学院杨维、修学强担任主编,陕西国防工业职业技术学院吴德君及北方特种能源集团国防科技重点实验室高级工程师白颖伟担任副主编,陕西国防工业职业技术学院刘龙江担任主审。参加本书编写的有修学强(绪论,项目4的4.1~4.3节),范昭君(项目1,综合实训3),杨维(综合实训2、综合实训4),刘龙江(项目2的2.1~2.4节、项目6的6.1和6.2节),白颖伟(项目3的3.1和3.2节),赵连娟(项目5),吴德君(综合实训6)。全书由杨维、修学强共同编写大纲并进行统稿。另外,本书的编写获得了北京博创兴盛科技有限公司工程技术人员的大力支持,他们对本书提出了许多宝贵的意见,在此表示感谢。

在编写本书的过程中,编者参考和引用了大量资料和文献,在此向相关作者表示衷心的感谢。

由于机器人技术发展较快,加之编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者和专家批评指正。

目 录

前言

绪论 认识机器人	1
0.1 走进机器人技术应用大赛	3
0.2 机器人在工业中的应用	6
项目 1 循迹机器人	8
1.1 机器人的“大脑”——控制器	9
1.1.1 基于单片机的控制器	9
1.1.2 基于嵌入式系统的控制器	10
1.1.3 基于 PC 构架的机器人控制器	10
1.2 循迹机器人的分类	11
1.3 机器人编程基础	12
1.3.1 机器人软件知识概述	12
1.3.2 C 语言简介	13
1.3.3 C 语言基本数据类型	13
综合实训 1 制作循迹机器人	26
任务 1.1 机器人识别引导线	26
任务 1.2 控制机器人电动机正反转	27
任务 1.3 机器人循迹的设计	29
项目 2 避障机器人	33
2.1 机器人的“骨骼”——机械部分	34
2.1.1 设计制作机器人的一般过程	34
2.1.2 机器人的机械机构	35
2.1.3 机器人的执行机构	36
2.2 机器人的“肌肉”——执行部分	38
2.2.1 直流电动机	38
2.2.2 步进电动机	40
2.2.3 舵机	46
2.3 避障机器人的“五官”	47
2.3.1 碰撞传感器	47
2.3.2 红外接近传感器	47
2.4 程序的三种结构	49
综合实训 2 制作避障机器人	62
任务 2.1 避障机器人目标分析与方案拟定	62



任务 2.2 搭建避障机器人	67
任务 2.3 MultiFLEX2 控制器的使用	69
任务 2.4 程序设计与调试	76
项目 3 灭火机器人	79
3.1 机器人的“心脏”——电源	80
3.1.1 机器人常用电池	80
3.1.2 干电池	80
3.1.3 铅酸蓄电池	81
3.1.4 镍镉/镍氢电池	83
3.1.5 锂电子/锂聚合物动力电池	83
3.1.6 线性稳压电源	85
3.1.7 开关电源	86
3.2 灭火机器人的“五官”	88
综合实训 3 制作灭火机器人	88
任务 3.1 认识并安装远红外火焰传感器	88
任务 3.2 认识并安装灭火装置	89
任务 3.3 设计灭火机器人的程序	90
项目 4 擂台机器人	99
4.1 机器人常用的其他传感器	100
4.1.1 超声测距传感器	100
4.1.2 常见接近开关	101
4.1.3 光纤传感器	102
4.1.4 色标传感器	103
4.1.5 视觉传感器	103
4.1.6 压觉传感器	104
4.1.7 声音传感器	104
4.1.8 GPS 接收机	105
4.1.9 气体传感器	105
4.1.10 姿态/航向测量单元	105
4.1.11 温度传感器	106
4.1.12 电子磁罗盘	106
4.2 机器人传动机构	107
4.3 擂台机器人的“五官”	109
4.3.1 红外测距传感器	109
4.3.2 灰度传感器	111
综合实训 4 制作擂台机器人	112
任务 4.1 分析比赛规则及制订对策	112
任务 4.2 擂台机器人本体搭建	115



任务 4.3 擂台机器人工作及逻辑设计	120
项目 5 基于虚拟仪器技术的机器人	126
5.1 虚拟仪器基础	127
5.1.1 虚拟仪器概念	127
5.1.2 虚拟仪器的硬件系统	128
5.1.3 虚拟仪器的软件系统	129
5.1.4 虚拟仪器设计方法	130
5.2 LabVIEW 软件简介	131
5.3 LabVIEW 软件应用基础	133
5.3.1 启动 LabVIEW	133
5.3.2 LabVIEW 程序的基本构成	135
5.3.3 前面板和框图	135
5.3.4 LabVIEW 的选板	135
5.3.5 程序结构	139
综合实训 5 利用 LabVIEW 控制机器人	147
任务 5.1 认识 LabVIEW 机器人工具包	147
任务 5.2 利用 LabVIEW 完成对机器人的控制	149
项目 6 工业机器人	153
6.1 工业机器人概述	154
6.1.1 工业机器人的基本组成与控制方式	154
6.1.2 工业机器人的技术指标	156
6.1.3 工业机器人的应用	157
6.2 伺服电动机	157
综合实训 6 制作工业机器人	160
任务 6.1 认识工业机器人	160
任务 6.2 手动操纵工业机器人	165
任务 6.3 工业机器人示教编程	171
主要参考文献	181

绪 论

认识机器人

绪论导读

机器人的产生是为了帮助人们摆脱繁重的劳动或简单的重复劳动,以及替代人到有辐射等危险环境中进行作业,因此机器人最早在汽车制造业和核工业领域得以应用。随着机器人技术的不断发展,工业领域的焊接、喷漆、搬运、装配、铸造等场合已经开始大量使用机器人。另外,在军事、海洋探测、航天、医疗、农业、林业以及服务娱乐行业也都开始使用机器人。绪论将引领大家走进机器人技术应用大赛,认识机器人的基本结构及组成,了解机器人在工业中的应用。

学习目标

1. 认识机器人的基本概念和发展过程。
2. 认识机器人的基本结构和组成。
3. 了解国内外典型机器人赛事。
4. 了解机器人在工业中的应用。



机器人对于绝大多数人来说是一个神秘的、涵盖各种高科技技术的家伙。其实，机器人就是自动执行工作的机器装置。它既可以接受人类指挥，又可以运行预先编排的程序，也可以根据以人工智能技术制定的原则纲领行动。它的任务是协助或代替人类完成一些工作，如生产业、建筑业等方面的工作，也包括一些具有危险性的工作，如图 0-1 所示。



图 0-1 机器人——高科技产物

机器人能力的评价标准如下：智能，指感觉和感知，包括记忆、运算、比较、鉴别、判断、决策、学习和逻辑推理等；机能，指变通性、通用性或空间占有性等；物理能，指力、速度、可靠性、联用性和寿命等。因此，可以说机器人就是具有生物功能的实际空间运行工具，可以代替人类完成一些危险或难以进行的劳作、任务等。

机器人一般由执行机构、驱动装置、检测装置、控制系统和复杂机械等组成。

执行机构即机器人本体，其臂部一般采用空间开链连杆机构，其中的运动副（转动副或移动副）常称为关节，关节个数通常即为机器人的自由度数。根据关节配置形式和运动坐标形式的不同，机器人执行机构可分为直角坐标式、圆柱坐标式、极坐标式和关节坐标式等类形。出于拟人化的考虑，常将机器人本体的有关部位分别称为基座、腰部、臂部、腕部、手部（夹持器或末端执行器）和行走部（对于移动机器人）等。

驱动装置是驱使执行机构运动的机构，按照控制系统发出的指令信号，借助于动力元器件使机器人进行动作。它输入的是电信号，输出的是线、角位移量。机器人使用的驱动装置主要是电力驱动装置，如步进电动机、伺服电动机等，此外也有采用液压、气动等的驱动装置。

检测装置实时检测机器人的运动及工作情况，根据需要反馈给控制系统，与设定信息进行比较后对执行机构进行调整，以保证机器人的动作符合预定的要求。作为检测装置的传感器大致可以分为两类：一类是内部信息传感器，用于检测机器人各部分的内部状况，如各关节的位置、速度、加速度等，并将所测得的信息作为反馈信号送至控制器，形成闭环控制；另一类是外部信息传感器，用于获取有关机器人的作业对象及外界环境等方面的信息，以使机器人的动作能适应外界情况的变化，使之达到更高层次的自动化，甚至使机器人具有某种“感觉”，向智能化发展，如视觉、听觉等外部传感器给出工作对象、工作环境的有关信息，利用这些信息构成一个大的反馈回路，从而大大提高机器人的工作精度。

控制系统有两种方式：一种是集中式控制，即机器人的全部控制由一台微型计算机完成。另一种是分散（级）式控制，即采用多台微机来分担机器人的控制，如当采用上、下两级微机共同完成机器人的控制时，主机常用于负责系统的管理、通信、运动学和动力学计算，并向下级微机发送指令信息；作为下级从机，各关节分别对应一个 CPU，进



行插补运算和伺服控制处理,实现给定的运动,并向主机反馈信息。根据作业任务要求的不同,机器人的控制方式又可分为点位控制、连续轨迹控制和力(力矩)控制。

0.1 走进机器人技术应用大赛

机器人技术迅猛发展,教育理念不断更新,为了推动机器人技术的发展,培养学生的创新能力,在全世界范围内相继出现了一系列的机器人竞赛。

机器人竞赛融趣味性、观赏性、科普性为一体,给青少年学生提供了越来越多充分展现聪明才智的舞台,也提供了一个充分表现科技思想和行动的舞台,培养了实际动手能力、团队协作能力,提高了创新能力。

机器人竞赛已经成为一个激发学生的学习兴趣,引导大家积极探索未知领域,参与国际性科技活动的良好平台。机器人竞赛实际上是高技术的对抗赛,从一个侧面反映了一个国家信息与自动化领域基础研究和高技术发展的水平。

1. 机器人足球赛

让机器人踢足球的想法是在 1995 年由韩国科学技术院的金钟焕教授提出的。1996 年 11 月,他在韩国政府的支持下首次举办了微形机器人世界杯足球比赛。

机器人足球是人工智能领域与机器人领域的基础研究课题,是一个极富挑战性的高技术密集型项目。它涉及的主要研究领域有机器人学、机电一体化、单片机、图像处理与图像识别、知识工程与专家系统、多智能体协调及无线通信等。机器人足球除了在科学研究方面具有深远的意义,它还是一个很好的教学平台,通过它可以使学生把理论与实践紧密地结合起来,提高学生的动手能力、创造能力、协作能力和综合能力。图 0-2 所示即为机器人足球赛事。

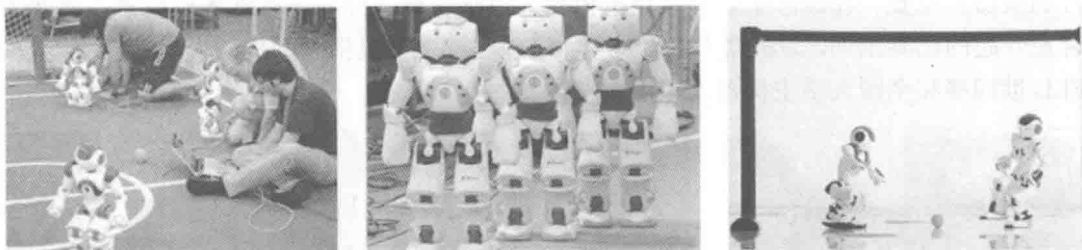


图 0-2 机器人足球赛

机器人足球赛提供了一个培养学生能力的大舞台。国际上具有影响的机器人足球赛是 FIRA 和 RoboCup 组织的足球比赛。这两天比赛都有严格的比赛规则,融趣味性、观赏性、科普性为一体,为更多青少年参与国际性的科技活动提供了良好的平台。

1) FIRA

国际机器人足球联合会(Federation of International Robot—Soccer Association, FIRA)



于 1996 年在 KAIST 所在的韩国举办了第一届国际比赛。FIRA 每年举办一次机器人足球世界杯赛 (FIRA Robot—Soccer World Cup, 简称 FIRARWC), 比赛的地点每年都不同, 至今已经分别在韩国、法国、巴西、澳大利亚、中国先后举办了 17 届赛事。第 9 届比赛 2004 年 10 月在韩国举行, 比赛项目主要包括拟人式机器人足球赛 (HuroSot)、自主机器人足球赛 (KheperaSot)、微形机器人足球赛 (MiroSot)、超微形机器人足球赛 (Naro Sot)、小形机器人足球赛 (RoboSot)、仿真机器人足球赛 (SimuroSot) 6 项。

2) RoboCup

第二大系列的机器人足球比赛是 RoboCup (Robot World Cup) 组织的各项比赛。RoboCup 是一个国际性组织, 1997 年成立于日本。RoboCup 以机器人足球作为中心研究课题, 通过举办机器人足球比赛, 促进人工智能、机器人技术及其相关学科的发展。RoboCup 的最终目标是在 2050 年成立一支完全自主的拟人机器人足球队, 能够与人类进行一场真正意义上的足球赛。RoboCup 至今已组织了 8 届世界杯赛。比赛项目主要有计算机仿真比赛 (Simulation League)、小型足球机器人赛 [Small-Size League (F-180)]、中形自主足球机器人赛 [Middle-Size League (F2000)] 四腿机器人足球赛 (Four-Legged Robot League)、拟人机器人足球赛 (Humanoid league) 等项目。除了机器人足球比赛, RoboCup 同时还举办机器人抢险赛 (RoboCup Rescue) 和机器人初级赛 (RoboCup Junior)。机器人抢险赛是研究如何将机器人运用到实际抢险救援当中, 并希望通过举办比赛能够在不同程度上推动人类实际抢险救援工作的发展, 比赛项目包括计算机模拟比赛和机器人竞赛两大系列。同时, RoboCup 为了普及机器人前沿科技, 激发青少年学习兴趣, 在 1999 年 12 月成立了一个专门组织中小學生参加的分支赛事——RoboCup Junior。

2. 机器人综合竞赛

无论是机器人足球比赛系列还是机器人灭火比赛系列, 都是主要围绕着一个主题进行的机器人竞赛。在国际上, 除了这些机器人单项竞赛之外, 还有把各项机器人竞赛组合在一起的比赛系列, 即机器人综合比赛。这些比赛主要包括国际机器人奥林匹克竞赛、FLL 世锦赛和全国大学生机器人电视大赛, 如图 0-3 所示。

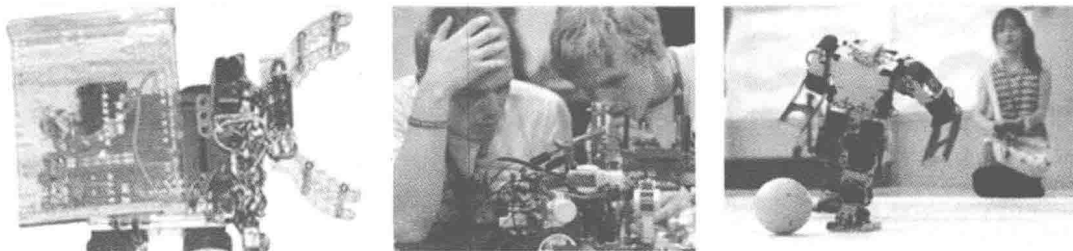


图 0-3 机器人综合竞赛

1) 国际机器人奥林匹克竞赛

国际机器人奥林匹克委员会是一个非营利性的国际机器人组织, 成立于 1998 年, 总



部设在韩国。从 1999 年开始组织首届“国际机器人奥林匹克竞赛”，这是一项将科技与教育目的融为一体的亚太地区的竞赛，目的是使更多青少年有更多机会参加国际间的科技交流活动，展示自己的才华和能力，激发他们对科技和机器人世界的不懈探索。

2) FLL 世锦赛

FLL 世锦赛是另一个综合系列的机器人竞赛，目的是激发青少年对科学技术的兴趣。目前有 40 多个国家参加该活动。每年秋天，由教育专家及科学家们精心设计的 FLL 挑战题目将通过网络全球同步公布。各国/区域选拔赛在年底举行，总决赛于 4~5 月在美国举行。竞赛内容包括主题研究和机器人挑战 2 个项目，参赛队可以有 8~10 周的时间准备比赛。参赛者要进行主题项目研究，并用乐高机器人技术套装、乐高积木与其他组件，如传感器、电动机、齿轮等来制作全智能机器人，并参加比赛。FLL 每年的挑战主题都不同。有的是根据实际问题提出的，有的是引导青少年进行科幻想象的，这些主题不仅有趣，更提供开放性的问题解决方案，可以用不同的方法达到同一项目标，从而鼓励青少年充分发挥想象力、创造力，培养其开放性思维。可见，机器人竞赛已经成为一个能激发青少年学习兴趣、引导他们积极探索未知领域的良好的平台。FLL 的比赛项目还包括常规赛、足球赛、计算机机器人创意设计与动手制作比赛等。

3) 全国大学生机器人电视大赛

全国大学生机器人电视大赛 (ROBOCON) 是由中央电视台主办的全国大学生科技活动，自 2002 年开始每年一届，为“亚广联亚太地区大学生机器人电视大赛”选拔中国大学生的优秀代表队，到目前为止已成功举办 10 届，每届一个主题。该项大赛的目的是培养和开发全国大学生的聪明才智与创新精神，展示当代大学生机器人制作能力与高新技术应用水平。其主要包括 RoboCup 足球机器人比赛、RoboCup 救援比赛、RoboCup 家庭服务比赛、FIRA 足球机器人比赛、空中机器人比赛、水中机器人赛、机器人走迷宫比赛、机器人武术擂台赛、舞蹈机器人赛、双足竞步机器人比赛、机器人仿真赛等。

该项目规模较大，其宗旨是致力于培养各国青少年对开发、研制高科技的兴趣与爱好，提高各参与国的科技水平，为机器人工业的发展发掘、培养后备人才。各个亚广联成员机构都有权参加该项目的比赛，但参赛对象只限于各国的大学或工科院校的学生。

3. 全国职业院校技能大赛机器人赛项

2008 年，教育部、天津市政府等 12 个部委办主办的首届全国职业院校技能大赛中高职组 4 个赛项中设有智能机器人项目，天津中德职业技术学院成功承办了该赛项，由此机器人大赛开始进入高职院校。通过高职机器人技能大赛，展示高职院校在信息技术、自动控制技术、机械技术等领域的教学改革与实践成果，以及普及的机器人技术。竞赛设置特定工作情境，要求在机器人平台实现物体自动识别、抓取、运输和投放等功能，如 2011 年题目所设定的工作环境是建造高铁的工作过程。



0.2 机器人在工业中的应用

机器人技术涉及电子信息、通信网络、装备制造、工控、人机交互、传感与视觉、定位导航、人工智能、航天航空等前沿技术领域,从诞生至今已有 50 多年历史。机器人作为现代制造业主要的自动化装备,已广泛应用于汽车、摩托车、工程机械、电子信息、家电、化工等行业,并进行焊接、装配、搬运、加工、喷涂、码垛等复杂作业。在美国、日本等机器人研究、应用发达国家,只要能取代人工的工业领域,到处可见机器人忙碌的“身影”,这极大地提高了生产效率和产品质量,并改善了劳动生产条件。在汽车工业的应用中,用于上料/卸料的机器人占很大数量。

目前,国际上工业机器人主要分为日系和欧系。日系主要有安川、OTC、松下、FANUC、川崎等公司的产品。欧系主要有德国的 KUKA、CLOOS,瑞士的 ABB,意大利的 COMAU 及奥地利的 IGM 等公司的产品。工业机器人已成为柔性制造系统(FMS)、工厂自动化(FA)、计算机集成制造系统(CIMS)中不可缺的自动化工具。经验表明:使用工业机器人可以降低废品率和产品成本,减小人工误操作带来的残次零件风险。工业机器人带来的一系列效益也是十分明显的,如减少人工用量、减少机床损耗、加快技术创新速度、提高企业竞争力等。机器人具有执行各种任务特别是高危任务的能力,平均故障间隔期达 60 000h 以上,比传统的自动化工艺更加先进。

工业机器人是目前技术上最成熟的机器人,它实质上是能根据预先编制的操作程序自动重复工作的自动化机器,所以这种机器人也称为重复型工业机器人。

从 20 世纪 90 年代初期起,我国的国民经济进入实现两个根本转变时期,掀起了新一轮的经济体制改革和技术进步热潮,我国的工业机器人又在实践中迈进了一大步,先后研制出了点焊、弧焊、装配、喷漆、切割、搬运、包装码垛等各种用途的工业机器人,并实施了一批机器人应用工程,形成了一批机器人产业化基地,为我国机器人产业的腾飞奠定了基础。

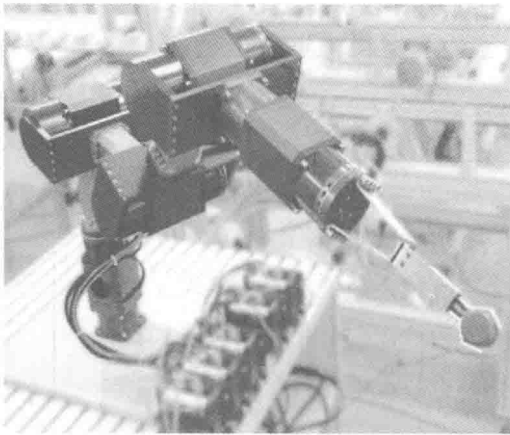
另外,在全球化经济的背景下,航空工业也面临着一系列挑战,降低飞机制造成本、提高飞机性能、加强飞机结构强度是所有飞机制造商共同追求的目标。在竞争日趋激烈的今天,成本和效率同质量一样关键,这就需要采用新技术、新的制造和装配理念、新的管理方法等。机器人技术正好符合精益系统和精益制造的理念,并已在汽车制造业及家电制造业得到了广泛应用,近几年在航空制造业中也已开始看到机器人的“身影”。随着机器人的位置精度、负载能力的提高,以及位置和刚度补偿技术、离线编程工具、实时仿真技术、软件技术的发展,机器人可作为一种高效的平台,配以不同的末端执行器、工装、测量等子系统,构成各种不同的机器人柔性自动化系统。这种系统灵活性高,且成本低,能迅速适应产品的变化,所以受到了航空企业的关注。工业机器人的具体应用如图 0-4 所示。



(a) 装配机器人



(b) 码垛机器人



(c) 6 自由度机械手



(d) 物流机器人

图 0-4 工业机器人的应用

项目 1

循迹机器人

项目导读

循迹机器人以一条引导线作为前进导向轨迹，引导线的反光度往往与地面的反光度有较大的差别，机器人上的灰度传感器能利用其反光度的不同检测到引导线，调整机器人与引导线的相对位置，使机器人总是循着引导线前进。

最终目标

制作循迹机器人。

促成目标

1. 了解机器人常用控制器的种类和功能特点。
2. 能够根据不同的任务要求合理地选择控制器。
3. 掌握机器人循迹的基本策略与算法。
4. 能合理选择、使用循迹机器人所用的传感器。
5. 掌握 C 语言的基本数据类型、运算符及其基本结构。
6. 掌握机器人控制电动机的基本原理。



1.1 机器人的“大脑”——控制器

机器人之所以能智能行走，就在于它有一个会思考的“大脑”——控制器，控制系统组成框图如图 1-1 所示。机器人的控制系统以控制器为核心，处理来自按键、开关、传感器等输入元器件的“感知”，进行判断、思考后，产生控制命令，进而能够指挥指示灯、显示器、发生器、继电器、电动机等输出元器件按照程序规定动作，规定自己机械机构的行为动作。由此可见，控制器是机器人信息处理的中心，其功能的强弱直接决定机器人性能的优劣。

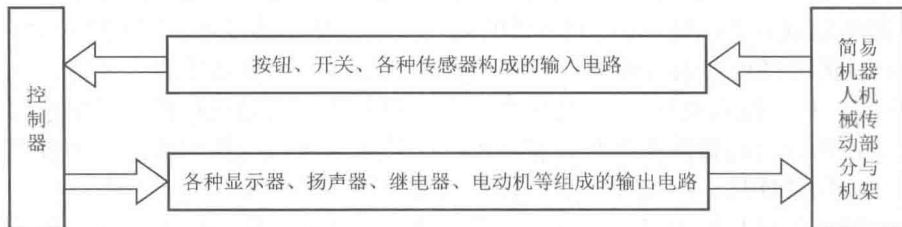


图 1-1 机器人控制系统组成框图

机器人控制器发展迅速，种类繁多，呈现出“百家争鸣”的格局。机器人控制器按照应用领域分为 3 类，即低级单片机控制器、高级嵌入式系统控制器、高速 PLC 工业机器人控制器。

1.1.1 基于单片机的控制器

单片微型计算机简称单片机，是典型的嵌入式微控制器（Microcontroller Unit），它不是完成某一个逻辑功能的芯片，而是把一个计算机系统集成到一个芯片上，相当于一个微型的计算机，和计算机相比，单片机只缺少了 I/O 设备。概括地讲：一块芯片就成了一台计算机。它的体积小、质量轻、价格便宜，实现复杂的控制输出也很容易，所以非常适合用作小型和微型机器人的控制器。

目前，国内比较流行的单片机有 AT89 系列、AVR 系列、PIC 系列、STC 系列等，它们各有优势，在各种类型机器人中应用广泛。单片机控制器的特点如下：

（1）系统结构紧凑、造价低、针对性强，在设计时完全按照需要扩充 I/O 接口，选择输入输出电路与装置的类型及内存容量，可以更加方便灵活地构成自己适用的控制系统，没有不必要的浪费，而且在控制性能方面仍能保持 PLC 的优势。

（2）相对于 PLC 的不足（内存有限，编程优化调试困难，价格高，针对性差等），单片机可编程控制器有更好的针对性，使用也更加灵活，调试方便，价格较低。

（3）语言程序同普通的继电器回路差别较大，编程的逻辑方式同梯形图也有很大的不同，程序写法学习起来难度较大，使用十分不便。由于这个原因，此类型的单片机可编程控制器推广难度大，在我国一直无法得到很好的推广。



1.1.2 基于嵌入式系统的控制器

根据 IEEE（国际电气电子工程师协会）的定义，嵌入式系统是“控制、监视或者辅助装置、机器和设备运行的装置”。从中可以看出，嵌入式系统是软件和硬件的综合体，还可以涵盖机械等附属装置。目前，国内普遍认同的机器人嵌入式系统的定义是，嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，其软硬件可配置，对体积、功耗、可靠性、成本有严格约束的一种专用系统。

嵌入式系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统、应用程序四部分组成，实现对其他设备的控制、监视、管理等功能。狭义上讲，人们一般把宿主设备中专用的、使用者不可见的微处理器系统称为嵌入式系统。从这个意义上讲，单片机系统也是初级的嵌入式系统。而我们所说的嵌入式系统控制器专指 ARM 32 位微控制器。

ARM 是英国微处理器行业的一家知名企业，设计了大量高性能、廉价、耗能低的 RISC 处理器、相关技术及软件。ARM 微控制器以其强大的功能在嵌入式系统应用领域中独占鳌头，约占市场份额的 75%。将 ARM 32 位嵌入式系统控制器应用于机器人的设计中，机器人的智能化、网络化、小型化必将得到明显的提高。

与功能简单的单片机相比，嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器，通常具备比普通 8 位单片机更高的速度、更强的功能和更丰富的接口。基于嵌入式系统的机器人控制器一般具备以下 5 个特点：

- (1) 采用嵌入式多任务操作系统，控制器具有多任务运行能力。
- (2) 具有以太网、USB、Wi-Fi、SD 卡存储等较高级的接口功能。
- (3) 运算速度较快，处理能力通常在 200MIPS 以上，比普通单片机系统有显著的提高，通常可以完成实时处理语音、视频编解码等复杂任务。
- (4) 功耗较低，通常其功耗高于单片机系统，但显著低于 PC。
- (5) 实时性较好，通常其实时性低于单片机系统，但显著高于 PC。

1.1.3 基于 PC 构架的机器人控制器

可编程控制器（Programmable Controller, PC）经历了可编程序矩阵控制器（PMC）、可编程序顺序控制器（PSC）、可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC）和可编程序控制器（PC）几个不同时期。为与个人计算机（Personal Computer, PC）相区别，现在仍然沿用可编程逻辑控制器这个旧名称。

1987 年国际电工委员会（International Electrical Committee）颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 作了如下定义：“PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则而设计”。

基于 PLC 构架的控制器具有以下优点：

- (1) 处理能力强，可多任务运行。
- (2) 开发方便。BASIC 语言、C 语言和各种图像化语言都可用作开发机器人语言。