



普通高校“十三五”规划教材



配有
课件

李卫国 张文增 梁建宏 主编
陈巍 傅胤荣 杨学军 编著
陆鑫 熊培勇 曹佳

创意之星： 模块化机器人设计与竞赛 (第2版)

CHUANGYIZHIXING: MOKUAIHUA JIQIREN SHEJI YU JINGSAI



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十三五”规划教材

创意之星：

模块化机器人设计与竞赛

(第2版)

李卫国	张文增	梁建宏	主编
陈巍	傅胤荣	杨学军	编著
陆鑫	熊培勇	曹佳	

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍使用“创意之星”机器人套件开发制作各种智能机器人的方法和技巧,并以“机器人武术擂台赛”为例,给出使用该机器人套件制作竞赛机器人的一般思路和方法。

本书共分3篇,分别是基础篇、实践篇和竞赛篇。基础篇包括2章,介绍国内外一些典型机器人的原理及功能和主流的机器人竞赛,并形象地从机器人的“大脑”、“五官”、“肌肉”等角度介绍各种常用传感器、执行器、控制器和机器人编程语言的知识,供读者在设计制作机器人时补充背景知识。实践篇包括7章,以项目式教学的方式编排,指导读者使用“创意之星”机器人套件开发完成4个循序渐进的机器人项目。竞赛篇包括3章,详细介绍如何使用“创意之星”机器人套件开发制作“机器人武术擂台赛”参赛平台的原理和技巧。本书配套光盘中提供了精彩的视频资料,另有大量教学所需其他图文资料。

本书适合作为高等工程专业学校“机器人概论”和“智能机器人实训”等课程的教材,也可供开发机器人科技项目或参加机器人竞赛的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

创意之星:模块化机器人设计与竞赛/李卫国,张文增,梁建宏主编.--2版.--北京:北京航空航天大学出版社,2016.9

ISBN 978-7-5124-2246-9

I. ①创… II. ①李… ②张… ③梁… III. ①模块式机器人—设计 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 216650 号

版权所有,侵权必究。

创意之星:模块化机器人设计与竞赛(第2版)

李卫国 张文增 梁建宏 主编

陈巍 傅胤荣 杨学军 陆鑫 熊培勇 曹佳 编著

责任编辑 蔡喆 李丽嘉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026



读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:493千字

2016年9月第2版 2016年9月第1次印刷 印数:3000册

ISBN 978-7-5124-2246-9 定价:39.80元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

机器人技术是高度综合的现代科学技术。近年来,随着智能机器人技术的飞速发展,智能机器人除了在先进制造领域发挥重要作用之外,已经越来越接近人们的日常生活,以清洁机器人为代表的家庭服务机器人已经在全世界范围内广泛应用。机器人学综合运用了基础科学和应用工程技术的最新成果,是 21 世纪发展最为迅速、应用前景最为广阔的科学技术领域之一。同时,由于机器人技术的综合性和趣味性,高等工程教育界已经广泛地使用教育机器人平台来开展工程综合实践和创新教育。

本书以“创意之星”模块化机器人套件为对象,首先介绍智能机器人技术的发展概况;通过介绍一些著名机器人作品、知名机器人竞赛和常用的机器人技术知识,让读者对智能机器人技术有一个粗略的了解。在此基础上,以“智能搬运机器人”、“语音问答机器人”、“基于机器视觉的足球机器人”、“机器人倒立摆”、“四足仿生机器人”5 个机器人项目为线索,引导读者一步步地通过实践制作智能机器人来学习机器人技术;最后,通过“机器人武术擂台赛”这个较为复杂的机器人竞赛项目,引导读者综合运用各种工程知识和技能来完成一个竞赛机器人项目,并从中得到工程实践和自主创新的训练。

由于机器人技术综合性强,涉及的学科非常多,因此书中内容基本不涉及理论知识,而是力求以工程应用为主,以应用来引导学生学习所需的知识。在编排方式上,本书力图让学生养成“需要什么知识再去深入学习什么知识”的习惯,通过完成项目的方式来锻炼学生“探究性学习”的能力。本书适合工科机械、电子、控制、计算机等专业二至三年级的学生阅读。

本书由李卫国、张文增、梁建宏主编,第 1~2 章及附录由梁建宏和张文增编写,第 3~5 章由陈巍和杨学军编写,第 6~9 章由傅胤荣、熊培勇、曹佳编写,第 10~12 章由李卫国和陆鑫编写,全书由李卫国统稿。在本书的编写过程中,清华大学孙增圻教授给予了很大的支持与帮助,在此表示衷心感谢。

本书涉及工程领域的多个学科,由于作者水平有限,书中错漏之处,恳请读者批评指正。

关于本书的建议和疑问,请与作者联系:lux@uptech-robot.com。

编 者

2016 年 6 月

序

2014年,我国把机器人技术和产业提到战略高度,认为机器人有望成为“第三次工业革命”的一个切入点和重要增长点,很多人甚至把2014年定位成中国的机器人元年。事实上,从20世纪70年代起,工业机器人技术已经开始在工厂的生产中得到应用,但智能服务机器人技术的发展要缓慢很多。

近几年,电机驱动、语音、视觉、云计算、大数据等方面技术的迅猛发展,推动了智能服务机器人技术和产业的快速发展。消费级无人机、扫地机器人、送餐机器人、自平衡代步车、陪伴机器人、康复机器人、教育娱乐机器人等各类机器人开始进入人们的视野,甚至走进了千家万户。显而易见,机器人离大众的生活越来越近,机器人技术正推动一个全新的智能时代的到来。

当一个新的时代到来时,首先需要的就是大量的人才,尤其是需要大批具有机、电及软件等方面的综合性人才。高校是国家培养科技人才的主要场所,如何有效地培养适合时代发展的人才,是我在多年的教学、科研及机器人竞赛推广中思索的一个问题。

机器人技术是机、电及软件等学科的集大成者。近年来,很多高校逐渐将机器人作为工程创新教学的工具,让学生自主研发机器人项目,参与机器人竞赛,从中体验创新的乐趣,感受实践的魅力,从而很好地将平时学习的各种理论知识应用于机器人项目和竞赛的实践中。据粗略统计,在校期间参加过机器人项目研究和竞赛的大学生,在研究生阶段或就业后表现出来的综合素质、工程水平、创新能力要远远超出平均水平。

本书的主要作者多年来一直从事高等院校的工程创新教育和机器人研发工作,他们选择了一套可自由拼装重构、可自主编程的模块化机器人套件来进行工程创新教学,并组织学生参加机器人竞赛,取得了丰硕的成果。模块化机器人套件的开放性和可重构性,很适合培养学生的创新能力和工程能力,是很好的机器人教学的工具。

相比机器人专业教材,本书更偏向于工程实践。书中简化了理论教学,更多的是通过实践引导,以“机器人项目”为主线,让读者从“孤立学习各个知识点”转变为“在实现各个工程项目的挑战中学习知识”,最终通过中国机器人大赛的“武术擂台赛”竞赛项目,完成综合实践。我相信读者在本书的帮助下,“做中学,学中做”,一定能在实践中得到基本的机器人项目锻炼,更重要的是提升自己的实践能力和创新意识。

希望本书能让读者体验到机器人技术和创新实践的乐趣,也希望本书能吸引一批有志青年投入到智能机器人技术和产业的浪潮中。相信若干年后,他们中间的有些人还会成为中国乃至世界机器人事业的栋梁人才。

孙增圻
清华大学
2016年6月

目 录

第 1 篇 基础篇

第 1 章 绪 论	3
1.1 机器人概述	3
1.1.1 为什么要学习机器人技术	3
1.1.2 机器人发展简史	4
1.1.3 揭开机器人的神秘面纱	5
1.2 “创意之星”机器人套件简介	7
1.3 著名机器人简介	9
1.3.1 “勇气”号火星探测器	9
1.3.2 Remotec Andros F6A 排爆机器人	10
1.3.3 iRobot Roomba	11
1.3.4 本田 ASIMO 仿人型机器人	12
1.3.5 KUKA Titan 工业机器人	13
1.3.6 SONY 机器狗 AIBO	14
1.3.7 足球机器人	14
1.3.8 Segway 两轮平衡车	16
1.4 典型机器人竞赛简介	17
1.4.1 国际机器人赛事	17
1.4.2 国内机器人赛事	19
1.4.3 机器人竞赛的特点	20
1.5 小 结	21
第 2 章 机器人基础知识概述	22
2.1 机器人的骨骼——机械结构	22
2.1.1 设计和制作机器人的一般过程	22
2.1.2 机器人的机械结构	24
2.1.3 机器人的执行机构	24
2.2 机器人的肌肉——执行器	28
2.2.1 直流电机概述	29
2.2.2 直流有刷电机	29
2.2.3 直流无刷电机	31
2.2.4 直线电机	31



2.2.5	步进电机	32
2.2.6	空心杯直流电机	35
2.2.7	舵机	36
2.2.8	常见减速器	37
2.3	机器人的心脏——电源	38
2.3.1	机器人常用电池概述	38
2.3.2	干电池	39
2.3.3	铅酸蓄电池	39
2.3.4	镍镉/镍氢电池	40
2.3.5	锂离子/锂聚合物动力电池	41
2.3.6	线性稳压电源	42
2.3.7	开关电源概述	43
2.3.8	交流—直流开关电源	43
2.3.9	直流—直流开关电源	44
2.4	机器人的五官——机器人传感器	44
2.4.1	测距声纳	45
2.4.2	红外测距传感器	45
2.4.3	激光扫描测距传感器	47
2.4.4	旋转编码器	48
2.4.5	旋转电位计	51
2.4.6	光电开关传感器	52
2.4.7	电感式、电容式、霍尔效应接近开关	53
2.4.8	磁性开关	54
2.4.9	电子磁罗盘	55
2.4.10	姿态/航向测量单元	55
2.4.11	温度传感器	55
2.4.12	声音传感器	56
2.4.13	GPS接收机	57
2.4.14	视觉传感器	58
2.4.15	气体传感器	58
2.5	机器人的大脑——控制器	58
2.5.1	基于单片机(MCU)的控制器	58
2.5.2	基于嵌入式系统的控制器	59
2.5.3	基于PC架构的控制器	60
2.6	机器人的C语言编程基础	60
2.6.1	机器人软件知识概述	60
2.6.2	C语言简介	61
2.6.3	C程序结构概述	65
2.7	小结	68



第 2 篇 实践篇

第 3 章 数字信号的输出和输入	71
3.1 绚丽的霓虹灯	71
3.2 数字信号简介	72
3.3 霓虹灯硬件搭建	73
3.3.1 MultiFLEX™2 - AVR 控制器	73
3.3.2 数字信号输出设备——LED 灯	76
3.3.3 L 型结构件	76
3.3.4 多功能调试器	76
3.3.5 电池和电源	77
3.4 让霓虹灯闪烁起来	78
3.4.1 NorthSTAR 图形化开发环境	78
3.4.2 IO 方向设置	81
3.4.3 数字输出模块——Digital output	83
3.4.4 延时模块——Delay	85
3.4.5 连 线	86
3.4.6 while 循环	87
3.4.7 编译和下载	88
3.5 给霓虹灯增加开关	90
3.5.1 数字信号输入设备——碰撞传感器	90
3.5.2 修改工程设置	90
3.5.3 数字输入模块——Digital input	91
3.5.4 变量模块——Variable	91
3.5.5 其他数字量传感器	94
3.6 小 结	96
第 4 章 电机和舵机的控制	97
4.1 有趣的搬运车	97
4.2 舵机控制原理	98
4.3 搬运车的搭建	98
4.3.1 底板、舵机结构件和连接件	98
4.3.2 CDS55xx 机器人舵机	98
4.3.3 轮 子	104
4.3.4 设置舵机 ID	107
4.3.5 机械手	112
4.4 让搬运车动起来	115
4.4.1 工程设置修改	115



4.4.2 IF 模块和 Break 模块	117
4.4.3 舵机模块——Servo(N)	118
4.4.4 再谈 Delay 模块	124
4.4.5 编辑代码	126
4.4.6 程序调试	128
4.5 小 结	129
第 5 章 模拟信号的输入	130
5.1 聪明的机器人	130
5.2 模拟信号简介	131
5.3 搭建聪明的机器人	131
5.3.1 红外测距传感器	131
5.3.2 其他模拟量传感器	132
5.4 让机器人动起来	133
5.4.1 AD 设置	133
5.4.2 模拟输入模块	135
5.4.3 自定义函数和自定义代码	135
5.4.4 第 1 个模块:开关	138
5.4.5 第 2 个模块:右侧沿墙去目的地	140
5.4.6 查询传感器	143
5.4.7 第 3 个模块:夹持物体	145
5.4.8 第 4 个模块:返回出发地	146
5.4.9 第 5 个模块:放下物体	148
5.4.10 第 6 个模块:闪烁 LED 灯	148
5.4.11 流程图调试	150
5.4.12 终止程序运行	150
5.5 使用帮助	150
5.6 小 结	151
第 6 章 语音识别	152
6.1 语音问答机器人	152
6.2 语音识别简介	153
6.3 搭建语音问答机器人	154
6.3.1 高级版控制器	154
6.3.2 四轮全向机器人	158
6.3.3 视 觉	159
6.3.4 语音输入和输出设备	159
6.4 让机器人和人互动起来	159
6.4.1 设计剧本	159



6.4.2 剧本录音	160
6.4.3 编写程序	163
6.5 小 结	166
第 7 章 视频信号的输入	167
7.1 全向运动足球机器人	167
7.2 图像处理简介	168
7.3 搭建全向足球机器人	169
7.3.1 全向轮	169
7.3.2 摄像头	171
7.3.3 速度的标定和合成	171
7.3.4 颜色识别	173
7.4 让机器人跑起来	177
7.4.1 编写程序	177
7.4.2 跟球逻辑的实现	179
7.5 小 结	181
第 8 章 综合实践——四足机器人步态规划	182
8.1 会追光的四足步行机器人	182
8.2 任务分析与规划	183
8.3 搭建机器人	186
8.4 让四足机器人走起来	187
8.4.1 四足机器人步态分析	187
8.4.2 编写步态	191
8.4.3 让舵机跟踪光源	195
8.4.4 让四足机器人跟踪光源	203
8.5 小 结	203
第 9 章 综合实践——两轮机器人的平衡控制	204
9.1 两轮平衡机器人	204
9.2 任务分析与规划	204
9.3 搭建两轮平衡机器人	206
9.4 让机器人平衡地站起来	208
9.4.1 修改舵机的参数	208
9.4.2 红外测距传感器的标定	210
9.4.3 数字式 PID 算法的实现	211
9.5 小 结	219



第3篇 竞赛篇

第10章 机器人武术擂台赛——无差别组	223
10.1 熟悉比赛规则和比赛场地	223
10.1.1 比赛规则	223
10.1.2 熟悉比赛场地	223
10.2 规则分析和任务规划	224
10.2.1 规则分析	224
10.2.2 解决方案	224
10.2.3 任务规划	227
10.3 结构设计和传感器布置	227
10.3.1 结构设计	227
10.3.2 传感器布置	228
10.4 传感器的标定和分布练习	229
10.4.1 标定灰度传感器	229
10.4.2 标定红外传感器	231
10.4.3 启动方式和爬坡练习	231
10.4.4 漫游练习	232
10.4.5 推重物、棋子练习	232
10.4.6 实战对抗练习	233
10.5 改进竞赛能力	234
10.5.1 改进机器人结构	234
10.5.2 改进控制程序	236
10.5.3 动力改进	237
10.5.4 改进其他能力	239
10.6 比赛注意事项	240
10.7 小 结	240
第11章 擂台赛机器人(仿人组)	241
11.1 熟悉比赛规则	241
11.2 规则分析和任务规划	241
11.2.1 规则分析	241
11.2.2 任务规划	242
11.3 搭建机器人	242
11.3.1 机器人底盘设计	242
11.3.2 机器人身体部分设计	244
11.4 编程实现比赛能力	245
11.4.1 爬坡练习	245



11.4.2 举圆柱练习·····	245
11.4.3 边缘检测和推棋子练习·····	246
11.4.4 实战对抗练习·····	246
11.5 改进竞赛能力·····	251
11.5.1 改进机器人结构和动力·····	251
11.5.2 改进控制程序·····	251
11.6 小 结·····	252
第 12 章 机器人武术擂台赛——技术挑战赛 ·····	253
12.1 熟悉比赛规则和场地·····	253
12.1.1 熟悉规则·····	253
12.1.2 熟悉比赛场地和器材·····	254
12.2 规则分析和任务规划·····	255
12.2.1 规则分析·····	255
12.2.2 策略分析和规划·····	255
12.3 机器人搭建和传感器布局设计·····	256
12.4 让机器人完成任务·····	257
12.4.1 实现爬坡·····	258
12.4.2 寻找麦克风并自我介绍·····	258
12.4.3 寻找绣球并完成抛绣球任务·····	260
12.4.4 寻找铜锣并敲响·····	261
12.4.5 回到场地中央致谢结束·····	262
12.4.6 从斜坡走下擂台·····	263
12.5 完善改进·····	263
12.5.1 增加民族服装·····	263
12.5.2 增加可靠性·····	263
12.6 小 结·····	263
附录 A 拓展阅读及技术资料 ·····	264
A.1 有用的拓展阅读资料介绍 ·····	264
A.2 如何获取相关技术资料 ·····	264
附录 B 控制器相关 ·····	265
B.1 控制器接口 ·····	265
B.2 控制器构成 ·····	266
B.3 控制器开放接口函数一览 ·····	269
B.3.1 MultiFLEX™2 - AVR ·····	269
B.3.2 MultiFLEX™2 - RAS700 ·····	271
B.4 常见问题解答 ·····	276



附录 C 2015 年机器人武术擂台赛项目竞赛规则	279
C.1 总 则	279
C.1.1 竞赛目的	279
C.1.2 竞赛内容概述	279
C.1.3 竞赛组别	279
C.1.4 组织机构	280
C.2 场地和机器人	280
C.2.1 比赛场地及道具	280
C.2.2 机器人技术要求与辅助器材	282
C.3 竞 赛	284
C.3.1 资格认证、裁判和赛程	284
C.3.2 竞赛方式	285
C.3.3 计分和胜负判定	289
C.3.4 违例和处罚	290
C.3.5 申诉与仲裁	291
C.4 安 全	291
C.5 奖项设置	291
C.6 其 他	291
参考文献	293

第 1 篇 基础篇

“机器人”在现代人的脑海里早已不是什么新鲜事物了。同学们从小到大经常接触到机器人这个概念,比如 20 世纪 80 年代的日本动画片《铁臂阿童木》中的机器少年阿童木,就给人们留下了深刻的印象,他智慧勇敢,成了当时的时代英雄、少年儿童的偶像;读过科幻巨匠艾萨克·阿西莫夫《机器人》系列科幻作品的同学,想必对强大的机器人 R·丹尼尔·奥利瓦印象深刻;《变形金刚》电影中各式各样的金属巨人,有的正义有的邪恶,但都是活生生的智能生命。这些机器人都还是幻想,只存在于影视和文学作品中。

近几年,迅速发展的机器人技术和产品,以及在学生中非常流行的机器人竞技比赛,又让我们与机器人的距离更近了一步。其实机器人早已渗入到生活的方方面面了,比方说,大量使用的机器人吸尘器,大城市中为客人烹饪可口饭菜的机器人厨师。机器人时代已经在不知不觉中来临了。

那么,机器人技术是什么?机器人有什么用?为什么要学习机器人技术?要学习机器人技术应该具备什么样的基础知识?本篇将回答这些问题。

本篇第 1 章主要介绍机器人的概念、发展和几款有代表性的典型机器人,并介绍目前国内外的主要机器人赛事。第 2 章主要介绍学习机器人应具备的基础知识,如机械结构、电子电路和 C 语言基础。

第1章 绪 论

学习目标

- 了解机器人的基本概念和发展过程；
- 了解机器人的组成和结构，撩开机器人神秘的面纱；
- 了解几种典型机器人的构型和功能；
- 了解国内外的典型机器人赛事。

1.1 机器人概述

1.1.1 为什么要学习机器人技术

1. 对未知领域的探索需求

从古至今，人类就一直对未知领域的探索充满兴趣，如对月亮的憧憬，对太空的好奇，对大海的敬畏和对地下矿藏的渴求等。由于人的活动能力有限，所以希望能研制出各种智能机器来代替人去完成人类不能完成的任务。多年来人们一直在思考和探索一些问题：

- 能否做出替代人类枯燥繁重工作的机器人？
- 能否做出像人一样在家照看老人、护理病人的机器人？
- 能否做出像蛇一样爬行，维修狭窄管道，穿越在废墟中寻找幸存生命的机器人？

.....

这些问题促使人们不断地探索机器人技术，实现自己的梦想。

2. 社会和国家的应用要求

当前，高校、研究机构乃至企业，来自各方面的研究人员对智能机器人的研究进展已经处于一个由前沿探索转向产业化、实用化的关键时期。

- 社会的要求：大量的玩具机器人和服务机器人已经推向市场，并取得良好效益，例如 Wowwee. Inc 推出的 Robosapien 机器人，国内推出的清扫机器人等。
- 国家的需求：太空探索和国家安全的需求，可携带武器在战场上替代士兵的军用地面移动机器人，自主移动车辆等广义的机器人已经在发达国家进入军队。

机器人应用的发展已处于关键阶段。

3. 未来社会发展的方向

机器人技术建立在多学科发展的基础之上，具有应用领域广、技术新、学科综合与交叉性强等特点。传统的机器人技术涉及机械学、电子学、自动控制等学科；现代机器人技术则综合了更加广泛的学科和技术领域，如计算机技术、仿生学、生物工程、人工智能、材料、结构、微机械、信息工程、遥感等。各种各样的机器人不但已经成为现代高科技的应用载体，而且自身也迅速发展成为一个相对独立的研究与交叉技术领域，形成了特有的理论研究和学术发展方向，



具有鲜明的学科特色。

可以预见,机器人技术将会渗透到我们未来生活的方方面面。而且,从瞬息万变的社会发展中我们已经切身地感受到,机器人的时代已悄悄来临。

1.1.2 机器人发展简史

机器人一词的出现和世界上第一台工业机器人的问世都是近几十年的事。然而人们对机器人的幻想与追求却已有 3 000 多年的历史。人类希望制造一种像人一样的机器,以便代替人类完成各种工作。

西周时期,我国的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的伶人,这是我国最早记载的机器人。

春秋后期,我国著名的木匠鲁班,在机械方面也是一位发明家,据《墨经》记载,他曾制造过一只木鸟,能在空中飞行“三日不下”,体现了我国劳动人民的聪明智慧。

公元前 2 世纪,亚历山大时代的古希腊人发明了最原始的机器人——自动机。它是以水、空气和蒸汽压力为动力的会动的雕像,可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌。

1800 年前的汉代,张衡不仅发明了地动仪,而且发明了计里鼓车。计里鼓车每行一里,车上木人击鼓一下,每行十里(5 km)击钟一下。

根据传说,三国时期的蜀国丞相诸葛亮成功地创造出了“木牛流马”,并用其运送军粮,支援前方战争。

1662 年,日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪的道顿堀演出。

1738 年,法国天才技师杰克·戴·瓦克逊发明了一只机器鸭。它会嘎嘎叫,会游泳和喝水,还会进食和排泄。瓦克逊的本意是想把生物的功能加以机械化而进行医学上的分析。

1920 年,捷克斯洛伐克作家卡雷尔·恰佩克在他的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中,根据 Robot(捷克文,原意为“劳役、苦工”)和 Robotnik(波兰文,原意为“工人”),创造出“机器人”这个词。这是现代机器人一词的来源。

1939 年,美国纽约世博会上展出了西屋电气公司制造的家用机器人 Elektro。它由电缆控制,可以行走,会说 77 个字,甚至可以抽烟,不过离真正干家务活还差得远。但它让人们对家用机器人的憧憬变得更加具体。

1942 年,美国科幻巨匠阿西莫夫提出著名的“机器人三定律”。虽然这只是科幻小说里的“创造”,但现在已经成为学术界默认的机器人伦理原则。

1948 年,诺伯特·维纳出版《控制论》,阐述了机器中的通信和控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律,率先提出以计算机为核心的自动化工厂。

1954 年,美国人乔治·德沃尔制造出世界上第一台可编程的机器人,并注册了专利。这种机械手能按照不同的程序从事不同的工作,因此具有通用性和灵活性。

1956 年,在达特茅斯会议上,马文·明斯基提出了他对智能机器的看法:智能机器“能够创建周围环境的抽象模型,如果遇到问题,能够从抽象模型中寻找解决方法”。这个定义影响到以后 30 年智能机器人的研究方向。

1959 年,德沃尔与美国发明家约瑟夫·英格伯格联手制造出第一台工业机器人。随后,成立了世界上第一家机器人制造工厂——Unimation 公司。由于英格伯格对工业机器人的研发和宣传,他也被称为“工业机器人之父”。

1962 年,美国 AMF 公司生产出“VERSTRAN”(意思是万能搬运),与 Unimation 公司生