

机器人竞技系列



自律型机器人制作



〔日〕 西山一郎 兆十 著

AUTONOMOUS ROBOT



科学出版社

OHM社

机器人竞技系列



自律型机器人制作

〔日〕 西山一郎 兆 十 著
耿连发 潘维林 译
孙昌志 校



科学出版社 OHM 社

2002

HA63/04

图字:01-2001-0410 号

Original Japanese edition

Robobooks Jiritsugata Robot Seisaku Bible

by Ichirou Nishiyama and Megaten

Copyright © 2000 by Ichirou Nishiyama and Megaten

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press

Copyright © 2002

All rights reserved

本书中文版权为科学出版社和 OHM 社所共有

RoboBooks

自立型ロボット製作バイブル

西山一郎 メガテン オーム社 2000年 第1版第1刷

图书在版编目(CIP)数据

自律型机器人制作/(日)西山一郎,兆十著;耿连发,潘维林译. —北京:科学出版社,2001

(机器人竞技系列)

ISBN 7-03-010106-5

I. 自… II. ①西…②兆…③耿…④潘… III. 机器人-制作 IV. TP24.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 008183 号

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2002 年 3 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2002 年 3 月第一次印刷 印张: 12 1/2

印数: 1—5 000 字数: 215 000

定 价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

面临电子时代的到来,计算机已经深入到人们生活的各个领域。可以毫不夸张地说,不会使用计算机的人将来连生存都成问题。因此,如何利用好计算机就变得非常重要了。

近几年,机器人竞赛非常盛行,以至于许多大专院校都开始利用机器人竞赛活动来促进计算机教育及培养学生动手制作的能力。这种教育使至今被许多人认为是可望而不可及的计算机世界走进我们的生活,同时,对培养计算机时代所需要的人才起到了非常重要的作用。

作为本书的宗旨,首先是要使任何人都能够制作出自己的机器人。同时,还希望藉此为即将到来的电子信息时代培养出一批充满自信的生力军。

通过制作机器人可以获得如下感受:

- 自己制作的机器人能够按照设计要求完成动作时的喜悦;
- 从策划、设计到制作、测试等一系列的开发过程均由自己亲手完成的成就感;
- 体验参加机器人竞赛时的紧张与激动的心情;
- 可以向具有无限开发潜力的机器人领域进行永无止境的挑战。

如果能通过制作机器人而体会到上述乐趣,哪怕只是其中的一种,就足以说明通过制作机器人进行教育的目的已经达到了。

本书在编写过程中非常注意的一点,就是要使那些不具备电子学知识的读者也可以使用计算机轻松地完成机器人的制作。另外,现在已经进入了网络时代,为了那些具备上网条件的读者,我们还在书后附上了 CD-ROM¹⁾,提供了可以获得大量相关信息的网站地址,以便读者自由查询。

著 者

1) 中文版暂不附 CD-ROM。——译者注

目 录

Chapter

1

自律型机器人竞赛

- 1.1 自律型机器人竞赛 2
- 1.2 相扑机器人大会 3
- 1.3 微型鼠竞赛大会 5
- 1.4 日本微型计算机圣杯机器人竞赛 8
- 1.5 三叉戟机器人竞赛大会 9

Chapter

2

基本的电子部件

- 2.1 电阻和电容 12
- 2.2 半导体 15
- 2.3 逻辑电路 18
- 2.4 运算放大器 20
- 2.5 机器人设计工具简介 22
- 2.6 电路设计、基板设计 CAD 22

Chapter 3 H8 微型计算机

3.1	计算机	26
3.2	H8-3048F 单片机	27
3.3	集成定时单元(ITU)	30
3.4	A/D 转换器、D/A 转换器	35
3.5	中 断	38
3.6	充分利用串行通信 R232C 端口	42

Chapter 4 微型计算机插件板

4.1	制作 H8 微型计算机插件板	48
4.2	市售微型计算机插件板的选定	53
4.3	AKI-H8 用 I/O 插件板的制作	56
4.4	制作快速存储器写入器插件板	56

Chapter 5 微型计算机的开发环境

5.1	必要的开发环境	62
5.2	C 语言开发环境的准备	63
5.3	使用 GCC 编制 H8 微型计算机程序	63

Chapter

6

机器人的嘴

6.1	在 LED 上表示	76
6.2	全色 LED	77
6.3	让压电蜂鸣器或扬声器发出声音	78
6.4	液晶显示器(LCD)	79
6.5	由扬声器发出声音	81
6.6	在个人电脑上通过通信端口输出文字和数字 ...	82
6.7	用无线遥控器驱动机器人奔跑	84

Chapter

7

机器人的五感

7.1	按钮开关	86
7.2	数字开关	87
7.3	接触传感器	88
7.4	由电位器模拟输入	89
7.5	光传感器	89
7.6	超声波传感器	98
7.7	旋转编码器(光电编码器)	101
7.8	回转仪传感器	104
7.9	G 传感器	105
7.10	对人反应的传感器	106
7.11	感压传感器	107

7.12	PSD 距离传感器	108
7.13	在 AD 转换器上输入声音	110

Chapter 8 机器人的手和脚

8.1	电动机	114
8.2	电动机驱动器	119
8.3	电动机的控制	126
8.4	机器人臂结构和控制	128

Chapter 9 机器人的能量

9.1	蓄电池	134
9.2	充、放电器	137
9.3	CPU 用的 5V 电源电路	137

Chapter 10 相扑机器人的制作方法

10.1	机器人的构成	140
------	--------------	-----

10.2	相扑机器人的车身	140
10.3	车板(电话卡)的安装方法	142
10.4	吸引的方法	144
10.5	相扑机器人臂的结构	151
10.6	机器人的制作实例	155
10.7	高速行走的机器人	166
10.8	吸引型机器人的制作实例	167

Chapter

11

直线追踪机器人的制作方法

11.1	车身的制作方法	172
11.2	驱动电动机插件板	174
11.3	光传感器插件板	175
11.4	安装长枪部件	175
11.5	机器人的程序实例	176

Chapter

12

制作小型机器人

12.1	小型机器人概述	180
12.2	小型机器人的机械结构	181
12.3	小型机器人的回路	185
12.4	小型机器人动作实例	185
12.5	小型机器人的实例程序	186

chapter

1

自律型机器人竞赛

本章介绍日本国内进行的自律型机器人竞赛中的高能动性机器人。在自律型机器人竞赛中，参赛机器人可以分为竞赛型（如相扑机器人）和争速度型（如线路追踪型机器人）两类。本章将对这两种机器人进行介绍。希望参加机器人竞赛的读者在掌握本章内容的基础上，进入后面章节的学习。

1.1 自律型机器人竞赛

所谓自立,对于人来讲,一般是指具有独立生活能力的成年人。然而,这里所说的“自立”,则是指婴儿从会爬逐渐成长,刚刚能够站立时的样子。

本书中所介绍的“自立型机器人”,指的就是这样的机器人。大学中的控制专家们称这种机器人为“自律型机器人”,考虑到“自律”一词在日文中理解上的问题,故用“自立”——自己站立,来命名这种机器人¹⁾,这样一来即使是初学者,也不会因名词而产生畏难的心理。

即使说自己站立,目前也只有本田(Honda)的机器人刚刚开始能用两脚步行,机器人竞赛中还未出现过。也许不久的将来,这样的机器人能在机器人竞赛场登台竞技,而现在的机器人多数装载微型计算机,由装在微型计算机上的程序判断连接在微型计算机上的传感器的状态,再用电动机和轮胎使机器人像汽车那样运动。

自律型机器人的制作网址:

本田的网址:

<http://www.honda.co.jp/robot/>

索尼 AIBO 的网址:

<http://www.jp.aibo.com/>

自律型机器人竞赛 20 年前就开始举办了。最近机器人竞赛已经扩大到世界范围,形成了所谓召开“机器人奥林匹克大会”的状况。

机器人创作国际竞赛大会(机器人节日)

所谓机器人创作国际竞赛大会将是 2001 年第一次举办的机器人技术和机器人工作者的盛典,当然可称之为机器人奥林匹克大会。

第一次在 2001 年举办,之后计划隔几年举办一次。2001 年举办地点是夏季大会在以日本的大阪府为中心的关西地区,秋季大会在神奈川县。到 2000 年 9 月 26 日,已经是举办的第 24 次机器人竞赛了。

机器人创作国际竞赛大会的网址:

<http://www.robofesta.net/>

现在进行的机器人大会的网址:

机器人奖杯赛场

<http://www.robocup.org/02.html>

机器人大奖赛场

<http://www.etl.go.jp/etl/amss/RobotGroundPrix/>

1) 因“自律型机器人”在我国已是一个人们熟知的专业术语,所以本书翻译中均将原书中的“自立型机器人”译为“自律型机器人”。——译者注

智能机器人竞赛赛场

<http://www.robotics.is.tohoku.ac.jp/inrof-j.html>

全日本相扑机器人大会赛场

<http://www.fsi.co.jp/sumo/>

微型鼠赛场

<http://www.bekkoame.ne.jp/~ntf/mouse/mouse.html>

川崎机器人赛场

<http://www.kawasaki-net.ne.jp/topix/robo/robo00/index.htm>

微型机械装置竞赛赛场

<http://www.cc.toin.ac.jp/sc/hayashi-lab/top.html>

日本微型计算机圣杯赛场

<http://www.mcr.gr.jp/index2.html>

富士电视机器人圆形比赛赛场

<http://www.fujitv.co.jp/jp/robot/index2.html>

与本书有关公司的网址:

欧姆社机器人控制杂志

<http://www.ohmsha.co.jp/robocon/index.htm>

最佳技术株式会社

<http://www.besttechnology.co.jp/>

1.2 相扑机器人大会

3

相扑机器人大会由富士软件 ABC 股份有限公司主办,竞赛方法实行淘汰制。

第一次相扑机器人大会是在 1989 年召开的。从 1993 年开始各地区相继召开相扑机器人大会,由各地区大会进入决赛的选手参加决赛大会。与此同时,也召开了高中生的相扑机器人大会(参见照片 1.1)。参加多届大会的人数也在大幅度地增加。

在相扑机器人中有自律型部分和无线方向遥控型部分,相扑机器人在直径为 154cm 的圆形摔跤场中竞赛。机器人大小为 200 mm×200mm 以下,重量为 3kg 以下,高度不限制。

对于自律型机器人,在裁判员下达“开始”命令后,按机器人起动按钮,5 秒钟倒计时后(这期间机器人不动),机器人本身确认对手的位置,然后出击。换句话说,按下按钮后,操作者在摔跤场边线外,只能一动不动地定睛注视自己机器人的动作(参见照片 1.2)。

基本的规则只有这些,其余的规则都是为了进行公平、公正的竞赛而设立的。对于制作“真正的”机器人的各位读者来说,这些都是没有问题的内容。

摔跤场的说明如图 1.1 所示,为了方便机器人检测,四周使用白色线。



• 照片 1.1 相扑机器人竞赛高中生大会赛场一角



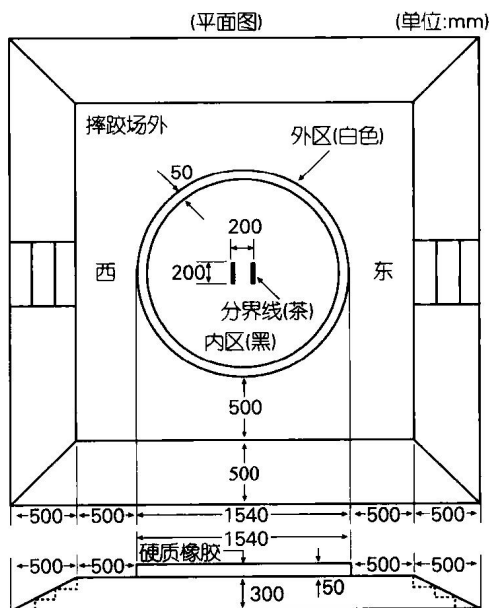
• 照片 1.2 竞赛开始

1.2.1 全日本相扑机器人大会竞赛规则

相扑机器人竞赛规则在富士软件 ABC 股份有限公司的网页上已经登载了, 所以这里仅做概要说明, 大会参加者事前必需熟读这些规则。

富士软件 ABC(株)全日本相扑机器人大会网址:

<http://www.fsi.co.jp/sumo/>



- 直径 1.54m
- 材质 硬质橡胶
- 色
- 摔跤场内区 黑
- 分界线 茶
- 外区 白
- 摔跤场的照度 < 1000lx

• 图 1.1 相扑机器人摔跤场的概略图

1.2.2 机器人规格

机器人要装在外形宽 20cm、深 20cm、高度任意的四角形的框架内。包括附属部件重量为 3000g 以下。

1.2.3 摔跤场场内的定义

所谓摔跤场场内是指内区(黑色)

部分和外区(白色)部分,其它部分称为摔跤场场外。摔跤场为高度 5cm、直径 154cm 的铝板,在其上面贴上黑色硬质橡胶作成圆形(参见图 1.1)。分界线在中心点两侧 20cm 的位置,用宽 2cm,长 20cm 的茶色线表示。摔跤场内、外的分区线为 5cm 宽的白色线(白色线以内为摔跤场场内)。

1.3 微型鼠竞赛大会

微型鼠竞赛大会自 1977 年 5 月 IEEE 的《光谱》(Spectrum)杂志上载文提倡以来,在世界各国相继开展起来。

EEE 的网址:

<http://www.ieee.org/>

日本在 1980 年举办第一次微型鼠竞赛大会。每年有 100 台左右的微型鼠,以它们的头脑和速度进行竞赛。和其它机器人竞赛相比,它是最有实绩的理智竞赛。在日本微型鼠大会上进行以下项目:

1. 微型鼠竞赛,
2. 机器人竞赛,
3. 微型赛艇竞赛。

微型鼠协会的网址:

<http://www.bekkoame.ne.jp/~ntf/mouse/mouse.html>

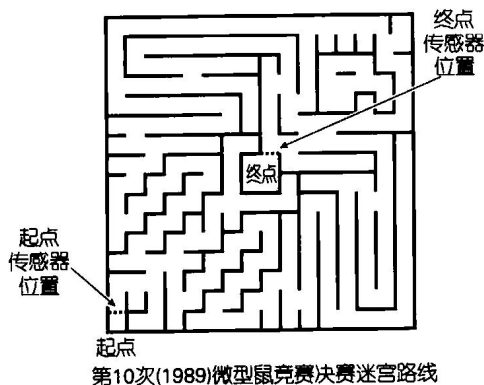
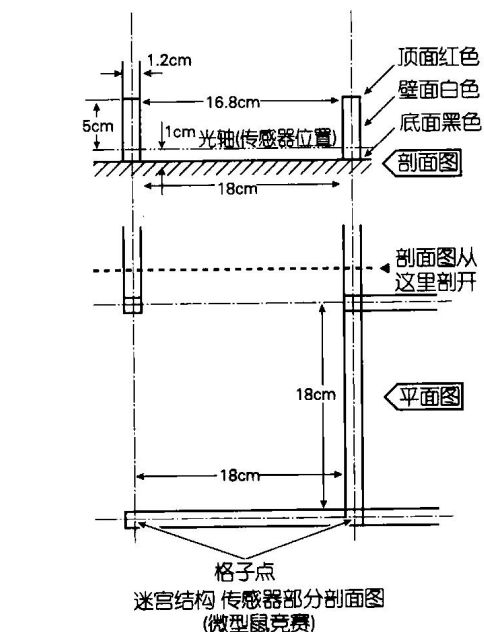
1.3.1 微型鼠竞赛

微型鼠竞赛如照片 1.3 所示,项目为迷宫探路,从起点到终点以最短的路线、最短的时间到达者为优胜。



• 照片 1.3 微型鼠竞赛大会的会场

迷宫由 16×16 个区组成, 起点设在拐角处, 终点设在中央, 占 4 个区。每 1 个区为 $180 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$ 大小, 间壁高为 50 mm , 厚度为 12 mm 。顶面涂红色、侧面涂白色, 底面涂黑色(参见图 1.2)。

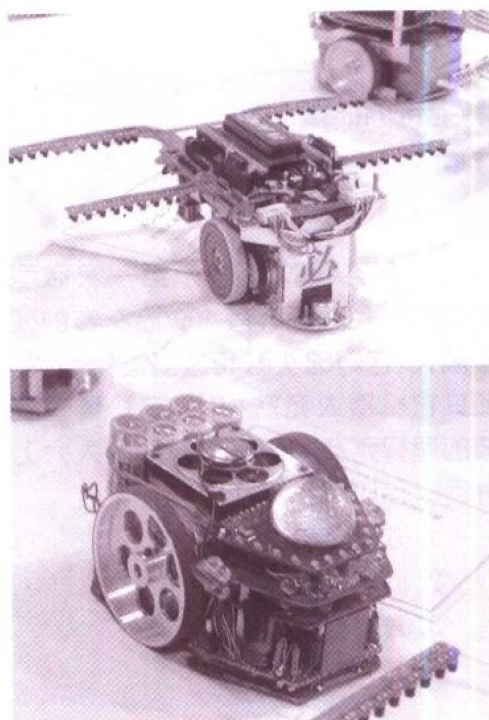


• 图 1.2 微型鼠竞赛路线

机器人的大小为长、宽各不超过 250 mm 。高度和重量没有限制。把从

起点到终点用最短时间行走的记录作为这个机器人的记录。另外, 机器人必须是自律型, 行走过程中不能用手接触机器人。不言而喻, 用无线遥控更是不可以的, 不允许事前将迷宫的信息通知微型鼠。而且, 竞赛过程中禁止变更重量或输入、存放程序(指传送给微机存储器)。

当微型鼠开始行走的时候, 不能给它迷宫信息。因此, 机器人为了获得迷宫路线信息, 要由相当于眼睛的传感器部分感知有没有墙壁, 用相当于脚的驱动部分移动, 以及用相当于大脑的计算机部分认路。机器人就是由这几部分构成的。照片 1.4 示出了两种典型的机器人。



• 照片 1.4 微型鼠机器人

微型鼠竞赛程序是高级程序,所以在本书中没有写入,而本书中采纳的技术和读者具有的软件技术,也可能是向这种竞赛的挑战。

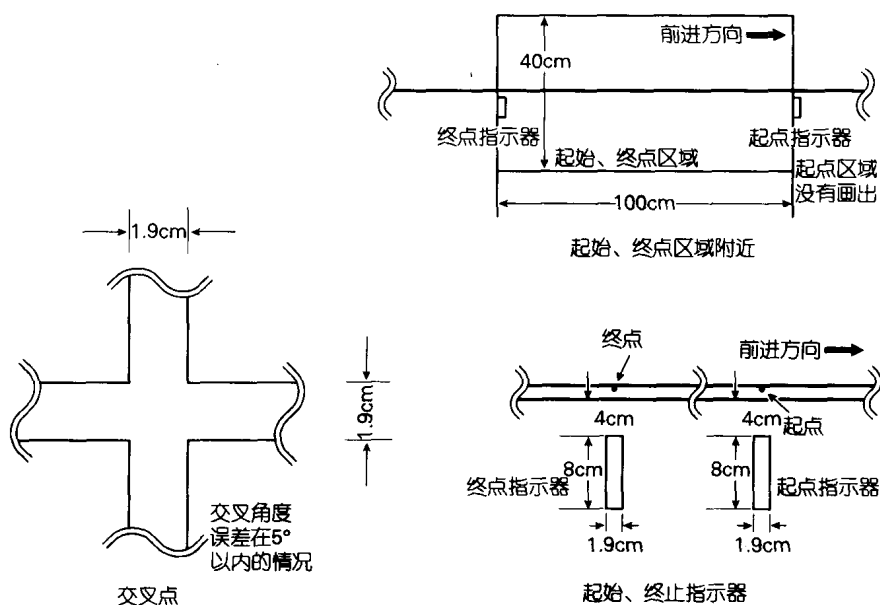
1.3.2 机器人竞赛

机器人竞赛是由第7届全日本微型鼠大会举办的。机器人沿着跑道移动,进行速度比赛,所以根据跑道指示器,可以判断直线、曲线和起动位置

(参见图 1.3)。第 13 次全日本微型鼠大会不仅改变了跑道路线,参加赛跑的机器人台数也增加了,是一次有趣的竞赛。

在 5 分钟内,允许行走 5 次,所以必须采取以下策略:第 1 次行走判断直线、曲线,第 2 次以后的行走进行加速、减速以及可能高速行走等等。

机器人大小和微型鼠相同,是 $250\text{mm} \times 250\text{mm}$ 。但是高度限制在 200mm 以下。



• 图 1.3 机器人竞赛跑道(路线)

1.3.3 微型赛艇竞赛

微型赛艇竞赛是从第 13 届全日本微型鼠大会开始的。在迷宫的路上事先放置圆筒形罐子,将其放倒即可得分,一定时间内,放倒罐子多的机器

人获胜(参见照片 1.5 所示)。在微型鼠上安装相当于手这样的东西,就成为比微型鼠更高级的机器人。我们预想随着具有罐子探索技术、放倒等新技术的机器人的不断出现,今后的机器人竞赛将是更有欣赏价值的竞赛。



• 照片 1.5 抓住圆罐的机器人

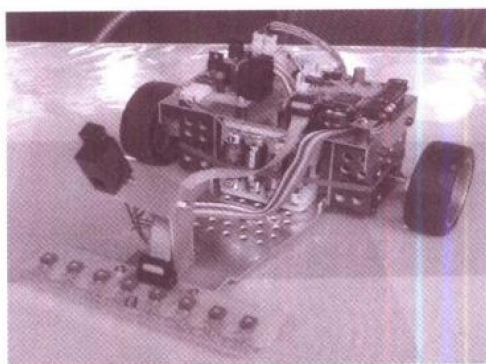
1.4 日本微型计算机圣杯机器人竞赛

日立微型计算机圣杯机器人竞赛始于 1995 年,现在叫做日本微型计算机圣杯机器人竞赛。本书介绍的机器人竞赛大会,限定使用日立制 H8CUP。参加大会的有高中生、大学生以及一般社会人士,他们参与各自熟悉项目的竞赛。

通过“手工制作”推进教育,培养对新技术的关心和向往,促进机电一体化技术的发展与提高,是大会的宗旨。

日本微型计算机圣杯的网址:
<http://www.mcr.gr.jp/index2.html>

1.4.1 机器人规格



• 照片 1.6 微型计算机车

- ① 搭载 H8 微型计算机的完全自律型机器人,是竞赛中接触跑道表面行走的机器人;