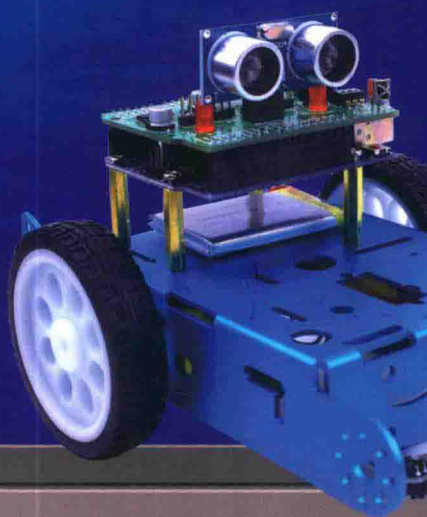


多功能智能机器小车的 开发与研制

张辉 樊亚妮 编著




 中国纺织出版社有限公司

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

多功能智能机器小车的开发与研制

张 辉 樊亚妮 编著

 中国纺织出版社有限公司

图书在版编目 (CIP) 数据

多功能智能机器小车的开发与研制 / 张辉, 樊亚妮
编著. -- 北京: 中国纺织出版社有限公司, 2019.9

ISBN 978-7-5180-6570-7

I. ①多… II. ①张… ②樊… III. ①智能控制 - 汽车 - 设计 IV. ①U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 180630 号

责任编辑: 范红梅 责任校对: 王蕙莹 责任印制: 王艳丽

中国纺织出版社有限公司出版发行

地址: 北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码: 100124

销售电话: 010-67004422 传真: 010-87155801

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

官方微博 <http://weibo.com/2119887771>

北京虎彩文化传播有限公司印刷 各地新华书店经销

2019 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 710×1000 1/16 印张: 15

字数: 190 千字 定价: 56.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社图书营销中心调换

作者简介

张辉，湖南衡阳人，广东第二师范学院教师，有十多年的的一线执教经验，主要从事电路、数字电子技术、单片机原理与技术、传感器原理与应用等课程的教学工作。主持过多项广东高校省级重点平台科研项目 and 校级教学研究与改革项目，在国内外刊物上发表论文二十余篇。指导学生参加电子设计竞赛、蓝桥杯等学科竞赛并获得优异成绩。

樊亚妮，陕西延川人，广东第二师范学院物理与信息工程系教师，长期从事电子技术专业和物理教育的教学和科研工作。专注于人工智能和信息融合，以及新时代影响下的教育模式。

前 言

智能机器人技术的发展是一个国家高科技水平和工业自动化程度的重要标志和体现。智能化技术是综合了计算机、控制论、机构学、信息和传感技术、人工智能、仿生学等多学科而形成的高新技术，集成了多学科的发展成果，代表高技术的发展前沿，是当前科技研究的热点方向。随着计算机，微电子技术的快速发展，智能化技术的开发越来越快，智能度也越来越高，应用范围也得到了极大的扩展，对于智能化技术的研究也越来越受关注。同时，机器人涉及的技术也不断扩展，如多传感器信息融合、路径规划、机器人视觉、智能人机接口等。全国电子竞赛与各省电子竞赛几乎每次都有智能小车方面的题目，全国各大高校也都重视该项目的研究，可见智能小车具有较大的研究意义。

本书内容详尽，叙述简洁清晰，所有代码均经过验证，可作为高等院校电子信息、电气控制技术、通信、自动化等专业的各类电子产品设计与制作、课程设计、毕业设计的教学参考用书，也可作为学生参加大学生电子设计竞赛的培训教材。

全书共分四章。

第一章介绍国内外智能小车的发展历史，引起读者的兴趣。

第二章对制作智能小车需要的知识储备做了一个介绍，包括车轮

的选择、电机的选择、驱动电路的设计、供电系统的选择、车架的制作、微处理器的选择等内容。

第三章从硬件角度出发，介绍如何组装选择好的硬件，包括电机的焊接、底盘的组装、监控电压表、电池、循迹模块、超声波模块、舵机等的安装、各种硬件模块之间的连线和测试方法。

第四章从软件角度出发，介绍了如何通过编写程序驱动小车运动起来，包括小车的前进、后退、转弯、循迹、PWM 电机调速、红外遥控、超声波避障、WiFi 通信控制等方法。

在本书的编写过程中，参考了部分国内外著作和资料，听取了多方面的宝贵意见和建议，广东第二师范学院樊亚妮老师对全书内容进行了校对，广东第二师范学院物理与信息工程系提供了实验场地的支持，长沙师范学院的张晋滔同学对程序进行了调试，并且得到了广东省教育厅“创新强校工程”资助，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中存在不足之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编者

2019年6月

目 录

第一章 智能小车的研究进展	1
第二章 制作智能小车的知识储备	9
第一节 车轮的选择	10
第二节 驱动电机的选择	12
第三节 电机驱动电路的设计	21
第四节 供电系统的选择	25
第五节 车架的制作	34
第六节 微处理器的选择	35
第七节 让小车具备初级智慧	39
第八节 借我一双慧眼吧	52
第九节 速度的控制	57
第十节 对小车发出指令	64
第十一节 让小车能看得见	67
第三章 智能小车的安装与调试	71
第一节 智能小车底盘安装	71
第二节 超声波、舵机等模块的安装	75
第三节 摄像头模块的安装	77
第四节 测速模块的安装	78
第五节 智能小车的控制板接线	78

第六节	智能小车主板的安装	84
第四章	玩转智能小车	91
第一节	编写一个电机的运动函数	91
第二节	编写前进和后退函数	92
第三节	编写左转和右转函数	94
第四节	编写小车综合运动函数	96
第五节	按钮检测与头文件的编写	101
第六节	编写综合运动小车的头文件函数	104
第七节	中断定时器函数的编写	107
第八节	PWM 电机调速原理	113
第九节	舵机工作原理和归中实验	120
第十节	循迹小车工作原理	126
第十一节	循迹小车实验	138
第十二节	避障小车工作原理与实验	148
第十三节	红外跟踪小车工作原理与实验	161
第十四节	数码管工作原理	161
第十五节	红外遥控原理	165
第十六节	红外遥控小车实验	170
第十七节	超声波的工作原理	178
第十八节	超声波避障实验	197
第十九节	串口通信原理	209
第二十节	WiFi 通信模块介绍	216
第二十一节	基于 PT2272-M4 315M 无线遥控的智能小车	225
参考文献	232
后记	233

第一章 智能小车的研究进展

随着世界汽车行业的飞速发展，人们越来越关注汽车的研究。汽车及其相关产业不断壮大。根据 World's Top Exports 最新发布的全球汽车市场数据显示，2016 年全球汽车出口总额为 6982 亿美元，同比增长 2.7%，较 2012 年增长 7.1%，汽车超过原油成为世界第一大出口产品。美国农业部发布的数据显示，中国是 2016 年全球最大的汽车生产国，产量为 2812 万辆，占全球汽车总产量的 20.7%。我国同时也是 2016 年世界上汽车销量最大的国家，销量为 2803 万辆，占全球汽车总销量的 29.9%。美国布鲁金斯学会总结的近几年自动驾驶汽车领域投资交易结果显示，2015 年到 2017 年集中在美国、中国、德国、以色列和英国的投资交易总额达 800 亿美元。从这些数据可以看出在全世界范围，特别是在我国，汽车的普及度越来越高。其中，智能车辆所占有的比重也越来越高，未来汽车必然向着更加智能化、人性化、自动化的高智能车辆方向发展。智能车是综合运用计算机、电子、通信、传感器及自动控制等技术，具有感知环境、决策规划，自主行驶等功能，是典型的高新技术综合体，具有很强的研究意义。智能化是在特定的环境里自主运行预先设置的模式，不需要人操作，便可以完成预定目标。与遥控小车不相同，遥控小车需要人来操作，控制方向、进退等。智能小车，则是通过编写程序来控制小车的行驶方向、速度及启停，无需人为操作。

智能车辆包含自动驾驶车辆 (Autonomous Vehicle) 和自引导小车

(Automated Guided Vehicle, AGV)等,其系统组成一般如图1-1所示。智能车本质上是一种可自主行驶的轮式移动机器人,其不仅具有常规汽车的行驶能力和操作功能,还可以自主地在复杂交通场景中对环境进行感知,并进行运算做出相应的行为决策,最后通过运动控制达到自动驾驶的目的。智能车辆是一个复杂的技术综合体,其不仅体现了车辆工程的相关技术水平,也涵盖了人工智能、机器人、认知科学等领域的许多理论知识,是各种新兴技术的理想实验平台,也是现如今最为火热的前沿科技研究方向之一。在自动驾驶技术研发领域,除了国外的谷歌、高通、英特尔等研发公司和通用、丰田、大众等传统汽车厂商外,国内的百度、腾讯、长安等公司也投入了大量的资金来开发其自主品牌的智能车。同时,全球众多高校、研究所和企业也争相加入到对智能车辆有关技术的研究当中。

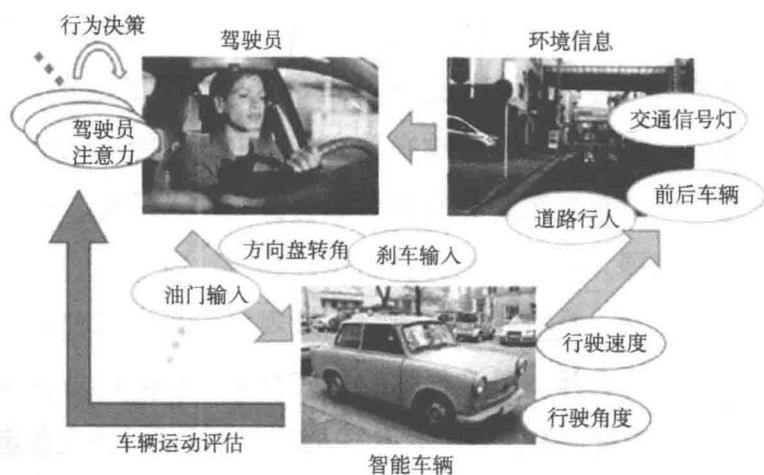


图 1-1 智能车辆的组成系统

自 1978 以来,中国以“智能仿真”为主要研究课题的国家科技发展计划,开始专注于智能化的研究。从概念到实验室研究,再到高端领域(航天、科技、勘探等)的探索,为中国智能化的快速发展奠定

了坚实的基础。智能综合开发是实现资源的合理和充分利用，以最小的投入来获得最大的效益，大大提高了工业生产的效率，使工业生产水平从自动化到智能化升级，当前智能化发展已经由高端进入大众。从以前的模拟电路、数字电路，到今天的集成芯片，智能元件越来越小，为智能产品的生产奠定了良好的物质基础。

国外智能车辆的研究历史较长，始于 20 世纪 50 年代，它的发展历程大致可以分为三个阶段：

第一阶段：20 世纪 50 年代是智能车辆研究的初始阶段。1954 年美国 Barrett Electronic 公司研究开发出了地球上第一辆自主引导车系统，该系统虽然只是一个运行在固定路线上的运货平台，但它却具备了智能车辆最显著的特征即无人驾驶。早期研究目的是为了提高仓库自动化运输能力，但随着计算机和传感器技术的快速发展，对智能车辆的研究也不断得到新的发展。

第二阶段：进入 80 年代，世界主要发达国家对智能车辆开展了卓有成就的研究。在欧洲，普罗米修斯项目于 1986 年开始在该领域的探索；在美洲，美国 1995 年就成立了国家自动高速公路系统联盟，主要是关于智能车辆的可行性以及实用化阶段的研究；在亚洲，日本于 1996 年成立了高速公路先进巡航 / 辅助驾驶演剧协会，主要目标是针对车辆导航进行研究，促进智能车辆的进一步完善。

第三阶段：进入 90 年代以后，全世界对智能车辆研究进入了系统、深入、大规模的阶段。其中最为突出的是美国卡内基 - 梅陇大学机器人研究所完成了 Navlab 系列的自主车的研究，取得了极大的成就。

由 DARPA 主办在智能驾驶领域具有很高影响力的创新活动赛事——陆地挑战赛（Grand Challenge）以及城市挑战赛（Urban Challenge）一定程度上代表了世界无人车技术的最高水平。图 1-2 所

示的是在 DARPA 赛事中用到过的部分车型。



(a) Sandstorm



(b) Stanley



(c) Highlander



(d) ODIN

图 1-2 DARPA 赛事中用到的车型

2014 年 5 月谷歌公司的 Google X 实验室宣布研制出了一款“全自动”无人驾驶汽车。结果显示在封闭场地中该车可以 40km/h 的速度自动行驶。其通过环境感知获取的信息主要包括摄像机采集到视频图像、激光测距传感器检测的行人以及障碍物距离、雷达传感器探测的道路边界等，同时该车还使用高精度电子地图作为驾驶路线导航。图 1-3 即为谷歌无人驾驶汽车原型车。

英国也于 2015 年 2 月推出了一款名为“Lutz 探路者”的无人驾驶车，如图 1-4 所示。其体积较小只能容纳两人。由于其主要行驶在人流密集的商业住宅区，从而最高时速设定为 24km/h，可连续正常驾驶的时间大约为 6 ~ 8h。“探路者”用于环境感知和导航的相关传感器均安置在小型车箱内，主要通过激光雷达传感器和 CCD 相机进行障碍

物识别。为了提高其稳定性和安全性，车内还装配有一些感应器和雷达装置，确保自动驾驶时对各种特殊情况的及时应对。

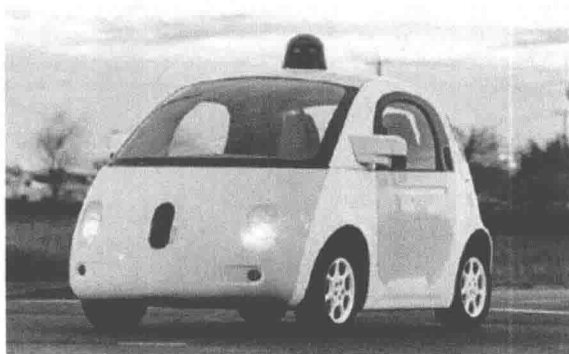


图 1-3 谷歌全自动无人驾驶车

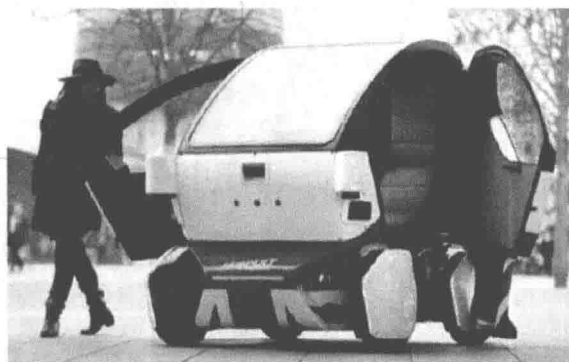


图 1-4 Lutz 探路者无人驾驶车

图 1-5 是日本的无人车，日本从 2016 年的 2 月开始一种名为 Robot-Taxi 的无人驾驶出租车投入运营。不同于真正出租车，该车仅在规定路线上行驶。

2017 年，在谷歌无人驾驶原型车基础上经过不断的改进与升级，谷歌母公司 Alphabet 旗下的最新无人驾驶汽车 Waymo 已经开始在亚利桑那州的凤凰城部分地区公共道路上进行测试。图 1-6 所示为

Alphabet 旗下的最新无人驾驶汽车 Waymo。



图 1-5 日本的 Robot-Taxi 无人驾驶出租车



图 1-6 Alphabet 旗下的最新无人驾驶汽车 Waymo

美国在智能小车单项技术上也一直保持着很高的水准。如图 1-7 所示，该小车是由美国航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）工程师和麻省理工学生联合 Puma 公司在 2016 年研发的基于 Arduino 平台跑步训练机器人 Beatbot。此小车时速可达

44.6km/h, 9个红外线传感器能帮助它不偏离跑道。

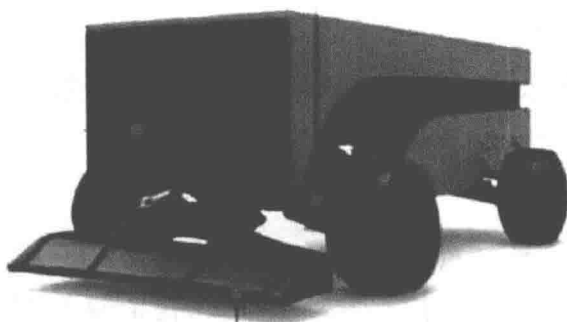


图 1-7 美国的跑步训练机器人 Beatbot

相比于国外,我国开展智能车辆技术方面的研究起步较晚,开始于 20 世纪 80 年代,而且大多数研究尚处于针对某个单项技术研究的阶段。虽然我国对智能车辆技术方面的整体研究能力不及发达国家,但是也取得了一些成就。

(1) 国防科技大学和中国第一汽车集团公司于 2003 年成功研制我国第一辆自动驾驶轿车。该车最高稳定速度可达 13km/h,最高峰值速度可达 170km/h,且具备超车功能,该车的总体技术指标和性能已达到了世界先进水平。

(2) 上海交通大学利用现代控制理论设计出了自动驾驶汽车模型,该汽车模型能根据实际道路的弯曲变化程度计算出车辆的最佳转向盘角度,从而控制车辆按照预先设计的道路行驶。

(3) 清华大学国家重点实验室—智能技术与系统实验室从 1988 年开始研制 THMR 系列移动机器人,如今取得了很大的成功。它具有面向一般道路和高速公路的功能,能够在非结构化道路环境下,进行道路自动跟踪和避障。

2017 年 7 月百度 CEO 李彦宏乘坐百度无人车,在北京市五环路上

行驶约 15 公里并成功抵达目的地，在真实路况下演示了百度无人驾驶技术。同年 12 月百度还与河北雄安新区就智能出行等领域展开深度合作，双方在建设新型城市的智能无人车应用方面也签署了一些相关协议，如图 1-8 所示，百度公司现场提供了 10 辆计划投入到新区试用的 Apollo 自动驾驶汽车供嘉宾试乘体验。



图 1-8 百度的 Apollo 自动驾驶汽车

智能化的出现，为我们的生活和生产带来了极大的便利，也是未来发展的方向，智能化是可以在一个特定的环境中按照我们以前的设定模式来自动运行，它不需要我们的人力管理，就可以实现先前设定的目标，它的应用非常广泛，可以应用到工业控制、科学探索、智能家居等领域。而智能小车便是智能方面的一个简易的应用项目，可以用在危险搜索、机器人等方面，尤其在机器人方面更拥有良好的发展前景。因而，对智能化小车的研究不但具有很强的现实意义，更具备极其广泛的使用前景和 market 价值。

第二章 制作智能小车的知识储备

通过第一章的内容,我们对智能小车的前世今生有了基本的了解。现在我们开始亲手制作一台智能机器人小车,需要哪些准备工作呢?

我们可以先设想一下一台智能小车的外观和功能。由于是自己手工制作的作品,对于外观不需要太高的要求。不需要有法拉利的拉风造型,也不需要奔驰的迷人外观。功能压倒一切,只要小车具备我们所期望的功能,外观简陋一些又有什么关系呢?比如我们想象中的智能小车如图 2-1 所示。

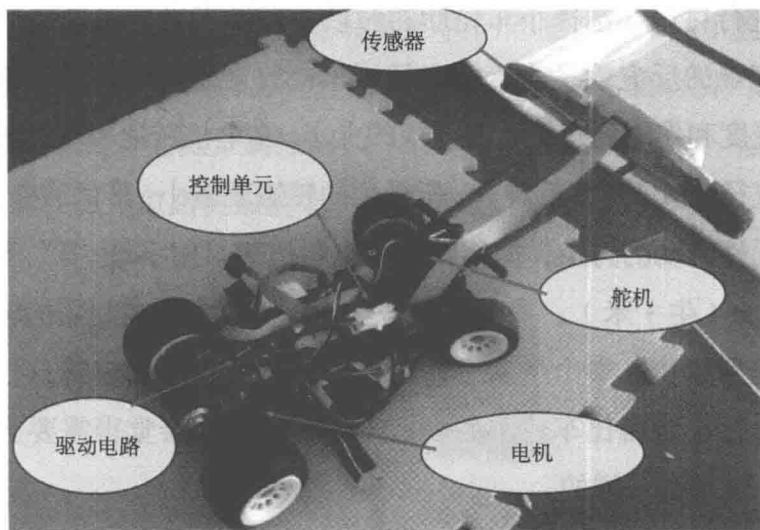


图 2-1 想象中的智能小车的外观

为了让小车具有一定的智能化,大脑和感知器官是必不可少的,也就是需要具备微控制器和传感器。为此我们对将要制作的小车做如