

# 本科毕业论文（设计）

论文题目 基于 PLC 的家用清扫机器人  
控制系统设计

## 摘 要

随着信息技术的飞速发展，地面清扫机器人的使用日益普及，其智能化程度也在不断提高。但清扫机器人仍有不足之处，主要包括清扫方式比较单一，不能根据具体的环境选择不同的工作模式，而且家庭空间中的家居和日常生活物品的需求，会阻碍清扫机器人的工作，这就需要清扫机器人有自主避障能力。基于上述两种情况，本课题设计的智能清扫机器人控制系统，能够实现自动运行和躲避障碍。该机器人有清扫与除尘两种功能，通过选择不同的方式，可以更好地适应不同的家居环境。在一定程度上，采用各种传感器来构建清扫机器人的传感系统，让机器人在特定的位置停留一段时间后，启动电机驱动的反向运行模式，从而避免前面的障碍物，实现一定的避障功能。

该控制系统采用西门子 S7-200 小型 PLC 作为主要的控制部件，采取置位复位和起保停电路、顺序控制的方式对程序进行编程，实现对机器人的控制。该系统的软硬件设计能够很好地适应目前的工业对清扫机器人的需求。最后，通过对程序进行仿真和调试，使得程序在不断的调试和修正中更加完善，从而达到最优运行。

**关键词：** PLC； 清扫机器人； 控制系统

## **Abstract**

With the passage of time, the development of smart life homes has brought earth-shaking changes to our lives. Intelligent security, intelligent audio-visual, intelligent lighting, automatic curtains, etc. slowly appear in people's daily home life, bringing many conveniences to people's lives, making people's lifestyles more intelligent and humanized. In recent years, the rise of intelligent sweeping robots is deeply loved by young people. The sweeping robot can not only clean the home hygiene, but also has great control significance and is loved by the public. This time, a control system design with the help of automatic operation and intelligent sweeping robot with certain obstacle avoidance capabilities is designed, including two functional modes of sweeping and vacuuming, and through the selection of modes, it can better adapt to various complex home hygiene situations. Because the indispensable use of household and daily necessities in the home space plays a certain role in hindering the use of the sweeping robot, so through the input of the sensor, when the sweeping robot stays in a certain position for a long time, the motor drive reverse operation mode is turned on, and the obstacle in front of it is avoided through this action, so as to achieve a certain obstacle avoidance function.

The overall design adopts Siemens S7-200 small PLC as the main control component, and uses the position reset, start and stop circuit, sequence control to program the program and simulate the sweeping action of the sweeping robot. Through the design of hardware and software, it meets the requirements of today's control industry for the use of sweeping robots. In the end, the simulation and debugging of the program is carried out, and in the process of continuous debugging and modification, the program is closer to perfection and the best working state is achieved.

**Keywords: PLC; cleaning robot; control system**

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 摘 要.....                      | I  |
| Abstract .....                | II |
| 1 绪论.....                     | 1  |
| 1.1 课题研究的现状.....              | 1  |
| 1.1.1 清扫机器人结构简述.....          | 1  |
| 1.1.2 国内外发展现状的分析.....         | 1  |
| 1.2 本次设计的内容及目的.....           | 2  |
| 1.2.1 本次设计的内容.....            | 2  |
| 1.2.2 本次设计的目的.....            | 2  |
| 2 清扫机器人控制系统硬件的设计.....         | 4  |
| 2.1 清扫机器人的总体结构.....           | 4  |
| 2.2 控制系统的比较和选择.....           | 4  |
| 2.3 PLC定义及简述.....             | 5  |
| 2.4 PLC的工作原理 .....            | 6  |
| 2.5 PLC的基本结构组成 .....          | 6  |
| 2.5 PLC的发展趋势分析.....           | 8  |
| 2.6 清扫机器人控制的要求.....           | 8  |
| 2.7 清扫机器人控制系统的组成.....         | 8  |
| 2.8 硬件选型.....                 | 9  |
| 2.8.1 PLC 选型 .....            | 9  |
| 2.8.2 光电传感器的选型 .....          | 10 |
| 2.8.3 指示灯的选型 .....            | 11 |
| 2.9 本次系统设计的主要硬件清单 .....       | 11 |
| 3 清扫机器人控制系统软件的设计——PLC 程序..... | 13 |
| 3.1 软件模块的实现.....              | 13 |
| 3.2 绘制控制流程图 .....             | 13 |

|         |                |    |
|---------|----------------|----|
| 3.3     | 配置 I/O 表 ..... | 14 |
| 3.4     | 接线图 .....      | 14 |
| 3.5     | 程序编写 .....     | 15 |
| 3.5.1   | 梯形图编写 .....    | 15 |
| 3.5.2   | 语句表 .....      | 18 |
| 4       | 程序仿真 .....     | 21 |
| 4.1     | 环境要求 .....     | 21 |
| 4.2     | 程序调式 .....     | 21 |
| 结 论     | .....          | 23 |
| 参 考 文 献 | .....          | 24 |
| 致 谢     | .....          | 25 |

# 1 绪论

## 1.1 课题研究的现状

### 1.1.1 清扫机器人结构简述

随着我国工业4.0的推进，一些现代化的、智能化的家居产品不断涌现，给我们的生活带来了巨大变化。智能安防的使用提高了我们在多种模式下的家居安防性能指数；可视对讲的使用建立了我们家庭生活的沟通桥梁；智能的影音播放系统使我们的生活质量以及幸福指数得到进一步提升；扫地机器人、智能语音家教机器人这些都在改变着我们正常的家居生活。普通家用扫地机器人的结构组成主要包括清扫机构、运行行走机构、输入模式选择单元、控制单元、传动机构等部分组成。家用常用的智能扫地机器人外观图如下图1.1所示。



图1.1 常用扫地机器人的一般结构形式(摘自百度图片)

### 1.1.2 国内外发展现状的分析

经过引进和技术的突破，我国的清扫机器人产业正处于高速发展阶段。第一代智能扫地机器人是由家电巨头伊莱克斯(Electrolux)于2001年打造的三叶虫(Trilobite)智能扫地机器人。2002年，美国科技公司iRobot推出随机碰撞式清扫的Roomba扫地机器人，之后不断进行优化创新，iRobot借此取得智能扫地机器人行业的龙头地位。在此期间，我国的清扫机器人处于起步阶段。

我国智能扫地机器人市场兴起较晚，第一款扫地机器人是由科沃斯在2009年推出的。随着我国经济社会不断发展、消费不断升级，在市场的不断刺激、国外品牌的不断推动下，我国扫地机器人市场进入了快速发展阶段。2013年-2018

年我国扫地机器人销量和销售额高速增长，6年内实现了翻倍式发展。2018年我国扫地机器人市场销售额达到85.8亿元，总销量为577万台，同比增长42.1%。2019年扫地机器人市场首次出现下滑，销量为532万台，同比下降8%，销售额为79亿元，同比下降9%。出现下滑的主要原因是我国扫地机器人市场经过前几年的快速发展后，产品技术没有突破性的升级改造，市场缺乏刺激。2020年，我国经济受到的新冠疫情的冲击，上半年扫地机器人线上零售额同比下降了0.2%，与第一季度同期下滑相比，第二季度零售额增长了13.5%，已基本摆脱疫情影响。同时，主流扫地机器人品牌纷纷在自主避障和拖地功能等方面进行技术升级，有望拉动新一波市场增速发展。

## 1.2 本次设计的内容及目的

### 1.2.1 本次设计的内容

本次设计的基于PLC的家用清扫机器人控制系统硬件主要采用S7-200系列的可编程序逻辑控制器，通过置位复位指令、起保停电路、顺序控制的方式将系统。将系统的编程代码写入可编程序逻辑控制器，然后按照预定的逻辑关系指令，实现负载端的工作②。

各章主要内容如下：

第一部分为绪论，对目前清扫机器人控制系统进行了现状分析，并对今后的发展方向作了简要的阐述，同时简单介绍了论文各章的主要内容。

第二部分主要介绍了系统的硬件实现。重点介绍了PLC的选型，然后对PLC的原理构成和发展方向作了简单介绍，并对PLC的选用、传感器的选用作了简单的介绍，并绘制了硬件配置表。

第三部分为软件设计，主要是对系统的控制流程进行分析，并给出了相应的流程图。根据PLC的选型和流程图，确定了各输入、输出点，并绘制了相应的I/O表格。采用S7-200软件编写相应的控制程序，并绘出了相应的梯形图。最后通过程序和I/O分配表，利用CAD软件对PLC的外部接线图进行了设计。

第四节为扫地机器人的控制程序进行了仿真和调试，利用仿真软件对PLC进行了仿真，修改和完善了程序。

### 1.2.2 本次设计的目的

本次设计的目的主要是通过平时对PLC的常规学习和认知，以及自己所学的知识，系统地设计扫地机器人的控制系统。这更多的是一种对所学知识的一种检查与泄露检测。结合扫地机器人的工作原理和逻辑顺序，对扫地机器人控制系

统进行了全面设计，掌握复杂条件下 PLC 定时计数指令、设定复位命令、起动停电路、顺序控制编程方式等知识。通过对扫地机器人控制系统硬件的选择与使用，掌握各种电器部件的原理和使用方法，为今后的工作奠定更坚实的基础。通过编写和多次的调试和修正，可以更好地了解通用的编程方式，了解和认识编程的方法。从而提升自身的学习和知识积累，寻找解决问题的方法，为以后的工作打下更好的基础。

## 2 清扫机器人控制系统硬件的设计

### 2.1 清扫机器人的总体结构

清扫机器人的总体布局方案如图2.1所示，总体结构主要由机身、电源部分、移动部分、清扫部分以及传感器部分组成。

机身，整机采用成本低廉且经久耐用的塑料作为材料，经过喷漆喷塑处理后在外观上面得到了一定的保证。

电源部分，选用可充电的镍氢电池，它相比传统的镍镉电池，具有电容量高、放电深度大、耐过充和过度放电、充电时间短等优点。电池安装在机器人的两侧中部，由于容量大的电池，重量也大，会影响机器人的行走速度，继而消耗更多的电能，因此不能单一追求电池的电能而忽略重量的适度，否则将严重影响机器人的工作效率。

移动部分，采用轮式移动机构，成本低，运动平稳，完全可以满足运动要求。

清扫部分，毛刷采用尼龙边刷，材质坚固耐用，辅助清理死角。

传感器部分，通过多种传感器感知外界环境，避障功能是扫地机器人必备的功能，由于室内环境复杂，在无人看管的情况下，机器人需要自动识别障碍物并绕开行走。

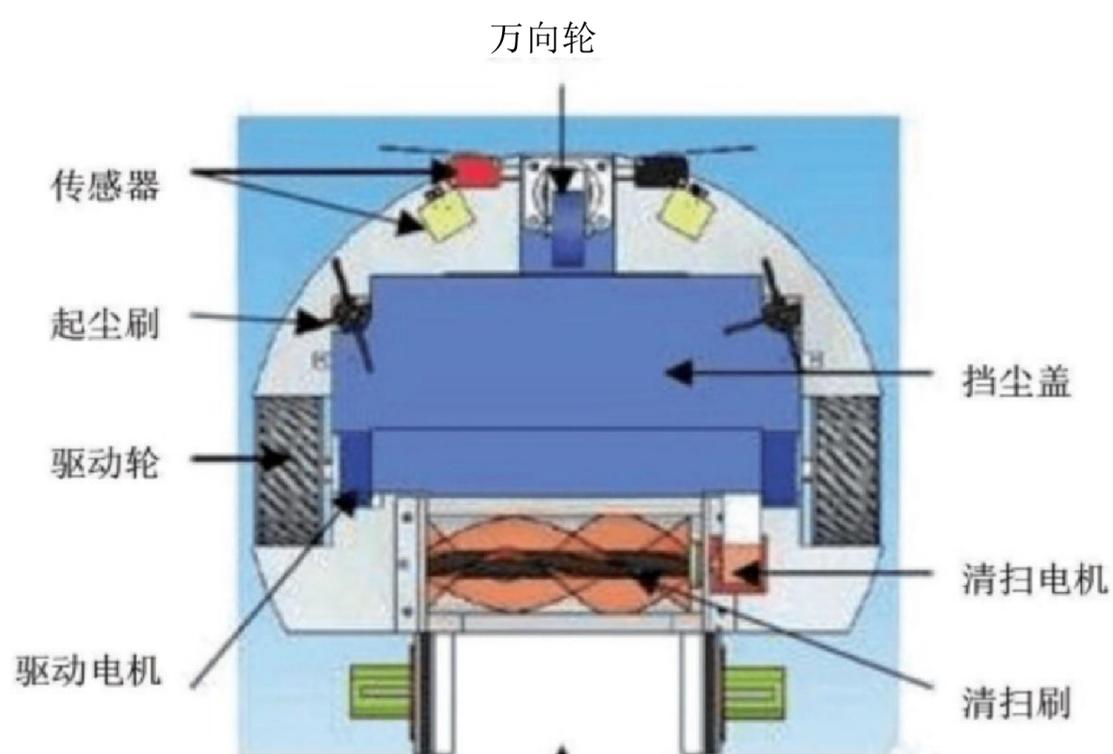


图2.1 清扫机器人总体结构

### 2.2 控制系统的比较和选择

目前，在控制领域较为常用的控制系统主要有：以单片机为主要控制方式的

系统、以微小型计算机为控制手段的系统、以微处理可编程逻辑控制器 (PLC) 为主要控制手段的方式系统。

虽然由单片机的控制方式的扫地机器人控制系统价格和成本相对低廉，但使用许多电子元器件。电子元器件越多，系统稳定性大大降低，损坏和故障率也大大提高，系统的不稳定性增加。而且，在后期的维护管理中，工作量较大，故障点检查困难。单片机采用C语言的编程方式，对维护维修人员具有更高的要求，它的编程方式较为难理解，而且不直观和简明，初学者很难理解。所以本次设计不予采用。

采用 PC 微小型电子计算机作为控制手段，系统庞大，而且成本相对昂贵。该系统的方便性和可操作性都很麻烦。该系统往往需要与计算机终端连接，这给使用者和操作者带来了不便，不适合本次扫地机器人控制系统规模小、互换性高的要求。

以PLC为控制方式的自动化控制系统在当前的自动化控制领域中较为常见，由于采用集成的电子控制器，具有集成计时器、计数器、逻辑运算指令、可扩展温度湿度等模拟量的控制模块，不仅可以简单的完成各种功能操作，还可以大大降低电子元器件的利用率，使得系统更加简洁方便。在编程方面，梯形图编程方法简单明了，适用初学者或传统的电力工作者管理或维护，不仅编写程序直观明了，而且便于后期的检查和维修，它只需要上传和下载程序，并且优越的可扩展性能对未来的升级改造具有重要意义。

经过以上分析比较，本次清扫机器人控制系统的设计采用可编程逻辑控制器 (PLC) 作为主控制器。

## 2.3 PLC 定义及简述

可编程序逻辑控制器是在工业控制行业中一种较为常见的核心元件，其英文名称为：Programmable Logic Controller, 简称 PLC。由于其优越的稳定性和可扩展性，受到设计人员的青睐，已成为工业控制行业不可缺少的控制单元。目前，较为常见的 PLC 品牌包括西门子、三菱、欧姆龙、台达等品牌。随着中国技术水平的不断提高，一些国产 PLC 品牌层出不穷，得到了设计师的认可，如信捷、上海永宏等品牌。PLC 采用可编程逻辑控制存储区，储存和执行设计人员编写的逻辑操作程序，如通用的顺序逻辑控制、计数计时程序、逻辑运算等程序及其操作指令，并通过单个的数字量或模拟量采集输入信号和控制输出信号，从而控制自动化机械设备、给水量以及温度等各行业的生产过程<sup>4</sup>。它可以集成众多外围设备以及模块，与控制程序形成一个整体，从而形成整合控制系统。在控制执行机构单元方面可以和步进电机、伺服电机、气缸、液压缸、电机马达等等执行机构连接，实现对执行机构的有效控制，从而实现对产品或者工况需求的自动化控

制，提供工业控制解决方案5。

## 2.4 PLC的工作原理

首先是输入采样阶段。在这个阶段，借助扫描的手段，PLC 实现对所有输入状态和相关数据进行有序的读入，同时，将其存储在映像区相应的单元内。在完成之后，进入程序的执行和输出阶段。在这两个时期，即便面对变化的状态和数据，映像区的相应单元的内容也保持不变，为此，如果输入的内容是脉冲信号，其宽度需要大于单位扫描周期，只有这样才能保证任何状态下的输入宽度能够被准确读入。其次，是用户程序的执行阶段。在这个时期，PLC 采取由上至下的次序进行用户程序的扫描。在进行梯形图扫描的时候，先对左侧位置形成的触点控制线路进行扫描，而后由左到右、由上到下依次进行逻辑运算，在结合结果，对逻辑线圈在RAM 存储器的状态进行刷新，抑或是对相应的映像区的状态进行刷新回。

## 2.5 PLC 的基本结构组成

PLC 的硬件组成单元主要包括：中央处理单元、存储器、计数器、计时器、电源等单元。

中央处理单元作为可编程序逻辑控制器的控制中枢。主要的任务有：诊断程序的语法及编程错误、检查电源的正常状态、监视检测存储器及其警戒定时器的状态信息。当执行RUN 时，以循环扫描的方式对各输入装置的状态和数据进行检索，存入I/O 映像区，然后对用户编写的程序进行逐条读取，当所有程序读取完成后将I/O 映像区的数据或者状态输出至相应输出单元，然后进行下一次循环，如此循环往复，直到程序运行结束。其内部扫描循环主要包括以下几个过程：，输入采样、用户程序执行、输出刷新三个过程。这三个过程作为一个扫描周期，在 PLC 的运行过程中处理器根据固有的频率通过以上三个过程对PLC 内部进行循环扫描。

其内部扫描循环方式主要如下图2.2所示：

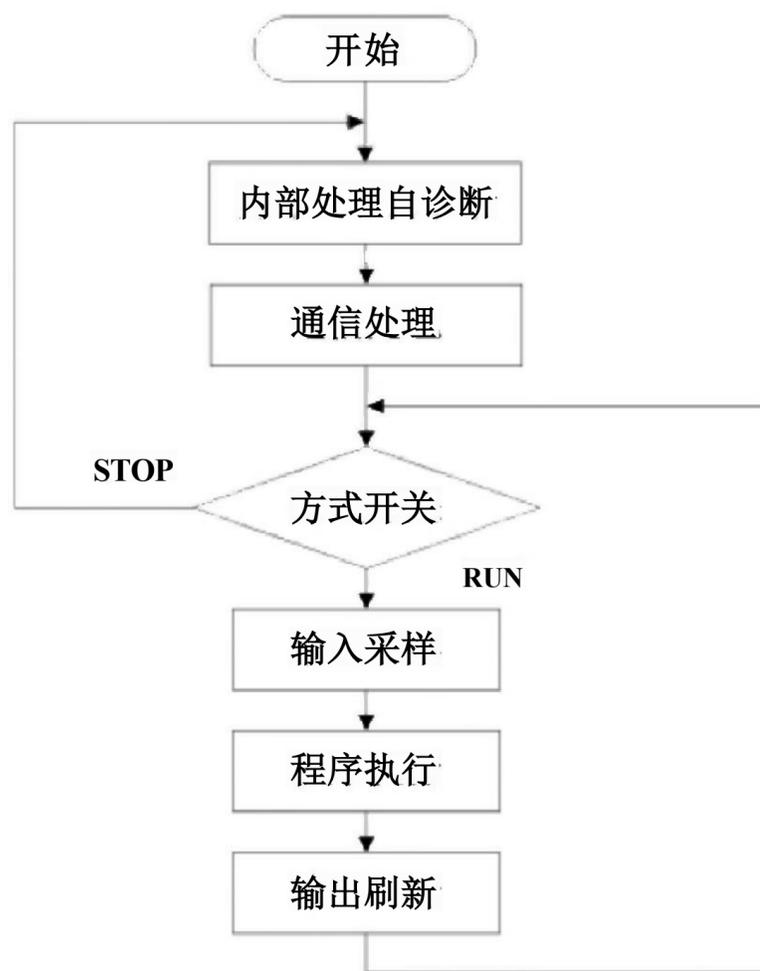


图2.2 PLC内部循环方式过程图

存储器主要包含三部分：系统程序存储区、用户编写的程序储存区、系统RAM存储区。存储器的主要作用是存储程序、系统以及系统运行的周期扫描程序。

计时器、计数器主要是 PLC 内部对时间以及次数的累计，在用户编写程序时可以调用，但每个品牌的PLC 都有其固定的存储单元，不可乱用。

PLC 主要硬件系统结构如图2.3所示：

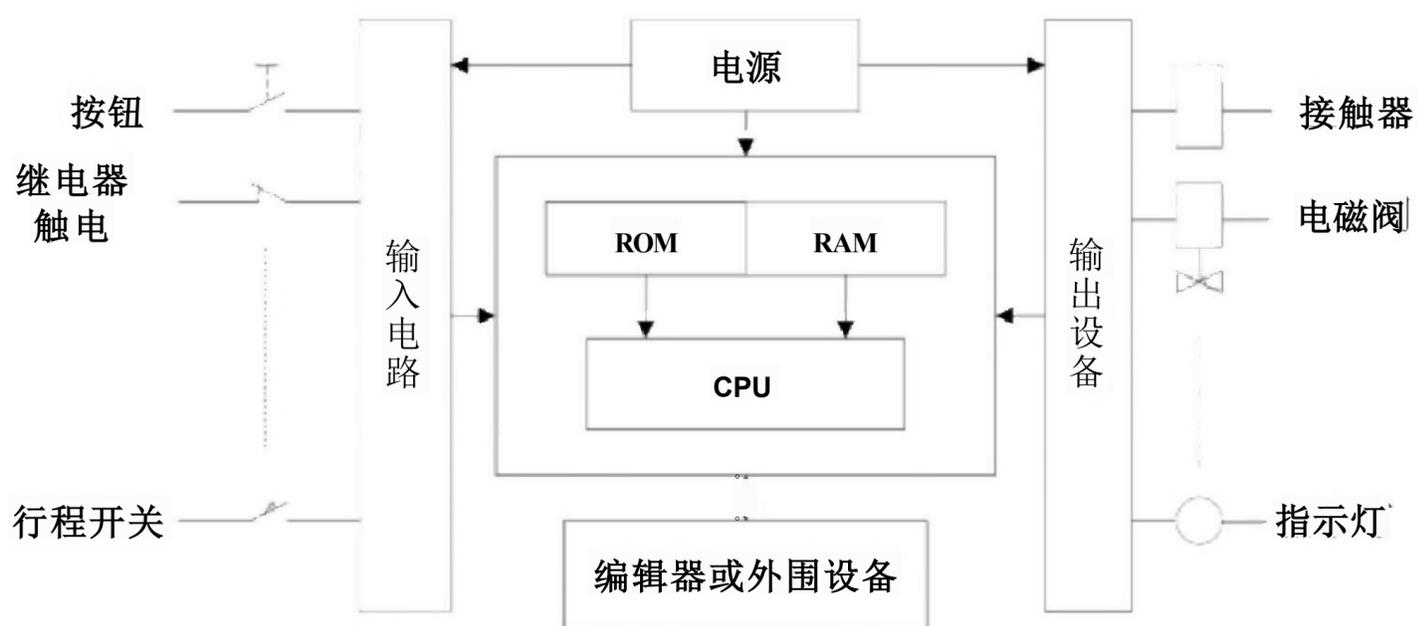


图2.3 PLC系统硬件结构示意图

## 2.5 PLC的发展趋势分析

(1) 产品规模越来越大，功能越来越全面，在大型 PLC 的发展方向上，逐步向大型、功能自由扩展、高速度运算等方向发展。

(2) 在小型 PLC 领域逐步向体积小、应用便捷、可操作性强等方面发展。

(3) 编程语言逐步统一化，适合各大品牌的PLC 之间相互传输信息，相互控制。

(4) 开始实现私人定制，以实现不同行业PLC 的不同需求。

(5) 网络化，实现目前大数据下快速分享与控制的目的。

(6) 越来越强的容错技术，使系统更加稳定。

(7) 硬件及综合性服务解决方案更加完善，实现控制的多样性。

## 2.6 清扫机器人控制的要求

本次设计控制系统主要由按钮开关、传感器、工作指示、行走电机、清扫机构，PLC 控制器等部分组成。

清扫机器人的工作过程：

(1) 当清扫机器人开始工作时，上电后，首先对各输出单元置位，然后通过模式的选择确定执行的部分。

(2) 启动程序，行走电机动作并执行相应模式的吸尘单元或者是清扫电机动作，实现智能扫地机器人的动作执行。

(3) 当扫地机器人遇到家居用品或者进入死角后，传感器检测并发出信号。

(4) 长间接通后确定扫地机器人在某处卡死，随即执行行走电机反转的操作，在反转一定时间后避开障碍物。

其中在扫地机器人的结构中，装有转动的从动轮，在受力时可以自动改变方向，更加有利于智能扫地机器人的避障功能。

## 2.7 清扫机器人控制系统的组成

清扫机器人控制系统的主要系统组件有：起主要控制作用的可编程序逻辑控制器 (PLC)，起信号采集和输入功能的传感器单元、起执行作用的电动机、清扫装置等主要控制组件。其系统组成结构简图如下2.4所示。