

基于麦克纳姆轮的全向移动平台设计

专业：电子信息工程 年级：2015 级 学生：郭培榕 指导教师：戴路

摘 要

现如今，人们对移动机器人、移动机械臂的研究在军事、物流搬运作业、航空、工业自动化等方面得到了巨大的应用，而如何使移动平台在各种形式尤其是在狭小的空间环境下进行全向移动也就成为了一个重要的研究方面。本设计主要就是针对使用麦克纳姆轮这种具有特殊结构的轮子设计并且搭载出一个可进行全向移动的移动平台。

系统是以麦克纳姆轮为主要研究对象，通过手机蓝牙向手机蓝牙模块发送控制信号，控制全向移动平台根据控制信号进行全向移动。硬件部分主要包含 STC89C52RC 单片机、双 L298N 电机驱动模块、避障 E18-D80NK 光电传感器模块、蓝牙 HC-05 模块以及 TT 电机排版组装出基于麦克纳姆轮的无线控制小车。软件部分通过在 Keil4 环境下编写的 C 语言程序烧录进单片机，主要以小车全向移动的电机控制程序、小车在避障模式下躲避障碍物程序、控制小车进行 PWM 调速程序、对小车进行灯光、喇叭控制程序的实现为主。电机控制程序实现了小车通过手机 APP 对单片机发送相应的动作指令使小车进行前进、后退、横向移动等多种组合动作。躲避障碍物程序实现了小车通过避障装置检测非透明障碍物并对其进行躲避的功能。PWM 调速程序实现了小车能对电机进行调速的作用。灯光、喇叭控制程序实现了通过 APP 对车灯进行亮灭控制以及使蜂鸣器发出声音的功能。在多次进行硬件调试和软件调参的努力下，实现了基于麦克纳姆轮的全向移动平台设计的要求，最终实现了使小车通过麦克纳姆轮进行全向移动、通过传感器进行避障、通过蜂鸣器发出警报声等功能。

关键词：麦克纳姆轮 STC89C52RC 蓝牙模块 手机 APP

目 录

1 绪论	3
1.1 研究背景及意义	3
1.2 关键技术及难点分析	3
1.3 本文章节安排	4
2 总体方案设计	5
2.1 麦克纳姆轮小车总体设计方案	5
2.2 小车各组件设计选择	5
2.3 软件总体设计	7
3 硬件设计	8
3.1 单片机简介	8
3.2 蓝牙模块	9
3.3 电机驱动模块	10
3.4 避障模块	10
3.5 继电器模块、补光模块、蜂鸣器	11
3.6 麦克纳姆轮	12
3.7 硬件总体设计	13
4 软件设计	15
4.1 开发环境简介	15
4.2 麦克纳姆轮驱动设计与实现	16
4.3 避障模块程序设计与实现	22
4.4 蓝牙串口 APP 按键设置	23
4.5 PWM 脉宽调制程序	24
4.6 继电器灯光控制与蜂鸣器	25
5 系统调试与分析	26
5.1 麦克纳姆轮小车基本动作指令调试	26
5.2 避障模式调试	26
5.3 PWM 调试	27
5.4 灯光控制、喇叭调试	27
5.5 调试结果分析	27
结 论	30
参考文献	32

1 绪论

1.1 研究背景及意义

随着 21 世纪信息处理速度越来越快，物流速度也随其发展起来，为了能够适应在狭小的空间也能够流利地提取物流货物，加快物流速度，麦克纳姆轮这一通过特殊的轮子塑造的全方位移动平台就显得尤为重要，其使用有一定角度的周边轮轴把一部分机轮转向力转化到一个机轮法向力上^[1]。通过这种特殊的轮子塑造的移动平台便可以实现横向移动，原地转动，斜向移动以及基础的前进后退。在此基础上研制的全方位移动机器人及全方位运输平台非常适合转运空间有限、作业通道狭窄的工作环境，在提高物流运转效率、增加仓库空间利用率以及降低人力成本方面具有明显的效果^[2]。

现如今，51 单片机系统具有的几个特点，例如低造价，低功耗以及智能化，被各大电子信息行业所采用。此次所研究的基于麦克纳姆轮的全向移动平台设计在主控芯片单片机 STC89C52RC 的基础上，通过无线控制方式在 STC89C52RC 单片机上的 I/O 口对各个模块之间进行高低电平的传输达到控制小车进行全方位移动功能上的实现。STC89C52RC 单片机其指令代码可以完全兼容传统 8051 单片机，有两种时钟周期分别为 6、12 时钟周期可以随意选择，其非常适合用来开发小型嵌入式硬件系统。

1.2 关键技术及难点分析

蓝牙模块控制难点：蓝牙模块 HC-05 是现在市面上使用比较多的一款主从一体的蓝牙串口模块，该模块安装方便，配合手机蓝牙串口调试助手 APP 使用可无线进行指令传输。在波特率设置方面，由于蓝牙模块 HC-05 的默认出厂设置的波特率为 9600bps，因此单片机所要通过设置 TL, TH 两个寄存器产生和蓝牙模块相近的 9600 波特率，选用 11.0592MHz 的晶振，这样可以使两者之间的通信误差达到最小，最为契合。

蓝牙 App 设置难点：手机蓝牙串口调试助手 APP 配合 HC-05 蓝牙模块使用进行无线指令传输。单片机在程序方面设置接收 16 进制，蓝牙 APP 发送的数字指令被转为 16 进制，如果小车设置的指令超过 16 种，当指令输入超过 0F 时，内存溢出导致 0F 之后的指令无法被使用。溢出的指令可以改为字符形式，而且字符形式可以容纳 52 条指令。

麦克纳姆轮程序实现难点：麦克纳姆轮是在 1973 年由瑞典的一位发明家在

麦克纳姆公司所发明的一种结构特殊的全方位轮子^[3]。普通车轮要如果由 Y 轴转向 X 轴则车身需要转向,而由麦克纳姆轮组成的移动平台则不需要使车身转向便能进行全向移动^[4]。由于麦克纳姆轮在受力方面以地面摩擦方向与普通轮子相比多了一个成 45 度角的受力方向。四个轮子在地面形成的不同摩擦力使麦克纳姆轮在安装方面有多种方法,主要有 x-正方形和 x-长方形还有 o-长方形等^[5]。在此我们选用了 o-型长方形,其轮子转动将产生 YAW 轴转动的力矩,在力臂这一方面比较长,是比较常见的一种安装形式^[6]。在确定方式之后需要通过对 4 个轮子的受力方向进行分析,然后根据分析好前进,后退,横移,斜移,原地打转的方式来编写单片机程序控制 4 个电机在不同移动方式下的不同转向。

1.3 本文章节安排

本文主要章节划分如下:

绪论章节:此次所展开的课题是围绕着麦克纳姆轮小车研究的深度和意义以及课题所会遇到的技术难点。

麦克纳姆轮小车总体硬件搭载设计:先对小车所需功能模块选取相应的功能结构图之后,分析该系统所需功能的实际设计,采取相应措施行进总体搭建以及软件设计。

硬件设计:设计电路中各个硬件模块需要的原理及架构,其主要包含的模块有 STC89C52RC、光电耦合继电器、双 L298N 电机驱动模块、HC-05 蓝牙模块以及避障传感器模块 E18-D80NK 光电传感器。

软件设计:对这次设计使用到的编写开发平台 Keil 4 系统选取进行介绍。之后对小车所使用的麦克纳姆轮进行电机驱动程序设计、避障模块程序设计避障模块程序设计以及描述蓝牙串口 APP 按键设置实现的方法。

系统调试与分析:主要对整个系统先进行整合,之后对于使用手机 APP 控制小车进行全向移动、避障模式的实现、灯光控制和喇叭应用的调试,并对调试的结果进行必要的分析。

结论:该部分介绍了本设计实现的所有功能、创新点和不足之处。

2 总体方案设计

2.1 麦克纳姆轮小车总体设计方案

此次设计主要的内容为通过无线控制模块遥控麦克纳姆轮平台实现前进、后退、横行、旋转以及组合动作等多种运行方式。

该设计分为两个部分：硬件部分 CPU 将采用 51 系列单片机 STC89C52RC，通过 CPU 模块与电机驱动模块双 L298N、避障传感器模块 E18-D80NK 光电传感器、蓝牙模块 HC-05 还有电机和麦克纳姆轮。软件部分使用 Keil4 开发平台编写 C 语言程序，之后通过手机蓝牙串口调试助手 APP 进行无线操控。系统功能架构如图 2-1 所示。

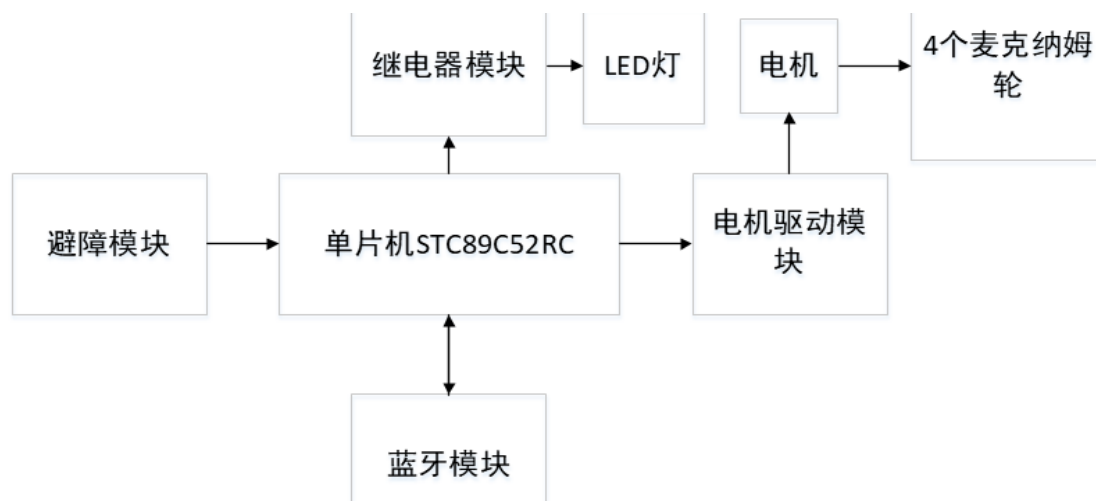


图 2-1 系统功能架构图

2.2 小车各组件设计选择

(1) CPU 芯片的选择

方案一：选择 51 系列单片机 STC89C52RC 作为核心控制芯片。STC89C52 使用经典的 MCS-51 内核，512 字节 RAM，32 位 I/O 口线。STC89C52RC 与 MCS-51 系列的单片机在指令系统和引脚上完全兼容，片内有 8k 字节，在线可重复编程快擦写程序存储器，这些特点使得其适合用来开发小型嵌入式硬件系统^[7]。

方案二：STM32F407 单片机其特点为高集成度、高性能、嵌入式存储器。它的工作频率为 168MHz，使用了 1024K 的 FLASH，194K 的 SRAM。但在编程上略微难一点。

两者相比由于该设计适合运用小型嵌入式硬件系统，并不需要 STM32F407 单片机如此高性能的芯片，因此，选择 STC89C52RC 单片机作为本设计主控芯片

(2) 电机驱动模块的选择

方案一：双 L298N 电机驱动模块，其适用于小车设计 4 轮独立驱动的小车系统，能在该模块带动下实现小车的正反转驱动，由于该模块所使用的非电平控制电机而是编码控制刚好符合麦克纳姆所需用编码独立控制 4 个电机转动的要求。

方案二：两片独立的 L298N，两片 L298N 在供电需求上相比第一种方案更大，并且无法独立操控 4 个电机而只能一片操控 2 个电机，并且分开来对两边电机可能还需要分别调速。

因此，通过在功率和基础要求上面的对比在驱动模块上面选择第一种方案更为合适。

(3) 反馈模块的选择

方案一：避障传感器模块 E18-D80NK 光电传感器，其输出电流 DC/SCR 继电器为 100mA，供电为 5V，响应时间小于 2ms，指向角度小于等于 15 度，其有效距离 3 至 80CM 可调，检测物要为不透明体，要在温度-25 摄氏度至 55 摄氏度的范围内才能进行正常工作。这个模块采用的是红外感应，输出高低电平反馈给单片机，在功率方面适中，其感应距离足够远，受可见光干扰小，符合小车避障所要求。

方案二：TCRT5000 红外反射传感器，在整体传感方面与正常避障模块差不多，但是其距离不是很远，价格便宜，检测角度无法灵活调节。

综上所述对比选择方案一的避障传感器模块 E18-D80NK 光电传感器，能更好的调节角度与灵敏度。

(4) 无线控制模块的选择

方案一：蓝牙 HC-05 模块，该模块轻便小巧，易于安装，在配置 AT 指令上可设置 30 多种并且适合手机和小车单片机间通过蓝牙串口通信，在使用的方法上面与串口无二。其通信距离可以达到 10 米，支持 4800bps-1382400bps 范围内的波特率。

方案二：wifi-ATK-ESP8266 模块，该模块支持串口通信，兼容 3.3V-5V 的单片机系统天线为板载 PCB 天线，模块默认指令为 AT 指令，能够实现手机直接与模块通信，实现局域网无线控制。

通过对比，在价格上方案一比较便宜并且完全适用该设计所需要用到的功能，而方案二不需要用到局域网，因此选择方案一。

(5) 麦克纳姆轮的选择

方案一：通过网上购买成品麦克纳姆轮，成品麦克纳姆轮承受力较强，其材

质更好，摩擦力大但不容易磨损，不容易打滑，但是价格比较贵。

方案二:通过 3D 建模利用 3D 印机打印麦克纳姆轮,在打印材料上选择 PLA,材质不够坚韧,整体太过脆弱在使用时如果磕碰会导致轮子磨损而不能使用,摩擦力小在驱动时容易打滑,价格适中。

通过对比方案一虽然网上购买的轮子成本较高,但在对麦克纳姆轮驱动实现上面更为完美,因此选择方案一。

2.3 软件总体设计

该设计基于 Keil 4 开发平台,使用 C 语言进行程序开发。先实现通过 APP 连接主控芯片,并设置对应按键,发送指令使小车执行全向移动的电机控制程序、小车在避障模式下躲避障碍物程序、控制小车进行 PWM 调速程序、对小车进行灯光、喇叭控制程序。

3 硬件设计

3.1 单片机简介

该设计采用 STC89C52RC 单片机作为核心控制芯片，该单片机在内存方面有 8k 字节 Flash 与 512 字节 RAM，通过 32 位 I/O 口线可对连接的模块发送指令达到对电机驱动模块的控制^[8]。看门狗定时器内置有 4KB 的 EEPROM，可使掉电后数据不丢失的存储芯片，MAX810 复位电路，拥有全双工串行口，可对蓝牙模块进行连接进行数据的发送和接收^[9]。另外 STC89C52 可降至 0Hz 静态逻辑操作，处于空闲模式时，CPU 停止运行，允许 RAM、计时器/计数器、串口和中断继续运行。处于电源保护模式下，RAM 中的内容可以被保存，振荡器冻结时停止工作，单片机停止所有工作，直到下一个中断或硬件复位使单片机重新工作。工作频率最高为 35MHz，周期 6T 和 12T 可选^[10]。STC89C52RC 单片机共有 40 个引脚，通过 32 个 I/O 口传输高低电平指令以达到控制各模块实现麦克纳姆轮的全向驱动，通过双路 L298N 模块上自带的 5V 稳压模块，将电池提供给单片机的电压稳定在 5V。STC89C52RC 单片机原理图如图 3-1 所示。

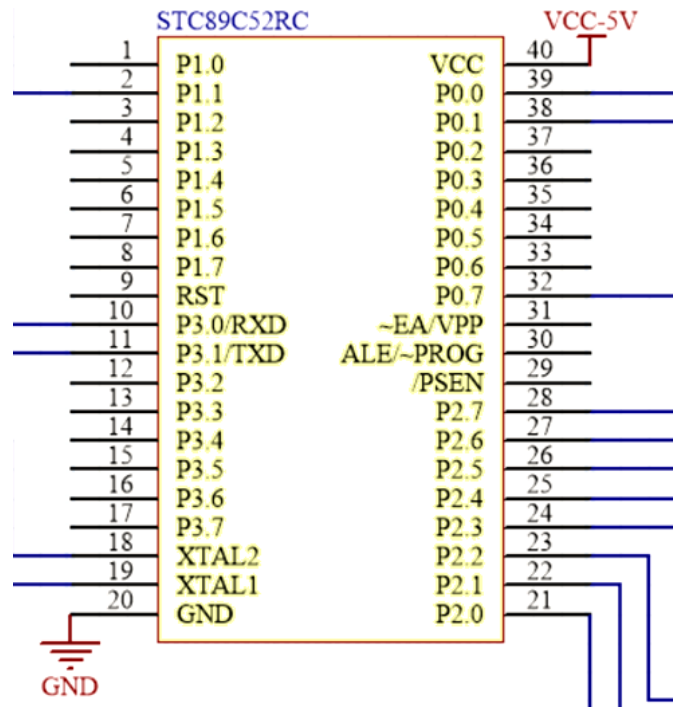


图 3-1 STC89C52RC 单片机原理图

3.2 蓝牙模块

HC-05 模块采用市面上常用的 CSR 主流蓝牙芯片，蓝牙协议为 V2.0，可对其输入的标准电压在 3.6V-6V 之间，最高不可以超过 7V，在波特率选取方面该模块的波特率有 1200，2400，4800，9600，19200，38400，57600，115200bps。由于要与单片机波特率和频率为 11.0592MHz 的晶振相匹配因此需要设置该模块波特率为 9600bps，这样设置之后所达到的稳定性最好。其通信距离可达到 10M。模块上面自带有 LED 状态指示灯，如果指示灯快速闪烁，则表示没有进行蓝牙连接，如果指示灯开始缓慢闪烁，则表示进入 AT 命令模式，板载有 3.3V 稳压芯片，没有配对时，电流约 30mA，因 LED 灯闪烁，电流处于变化状态在配对成功后电流大约只有 1mA。

该模块有两种工作模式：命令响应工作模式和自动连接工作模式。在自动连接工作模式下，模块可分为三个工作角色：主、从和循环。当模块处于自动连接工作模式时，它将自动根据预置模式连接后进行数据传输^[11]。当模块处于命令响应工作模式时能执行 APP 上所设置的按键命令通过蓝牙串口透传方式向单片机发送指令，通过手机连接模块发送各种 AT 指令，并开始为模块设置控制参数或发送控制命令。

蓝牙模块通过与单片机 TXD 和 RXD 进行连接进行数据的发送和接收^[12]，在手机开启蓝牙与其连接，成功连接后通过设置 AT 命令发送数据控制小车的 4 个电机进行正转或反转达到控制小车全向移动。HC-05 蓝牙模块原理图如图 3-2 所示。

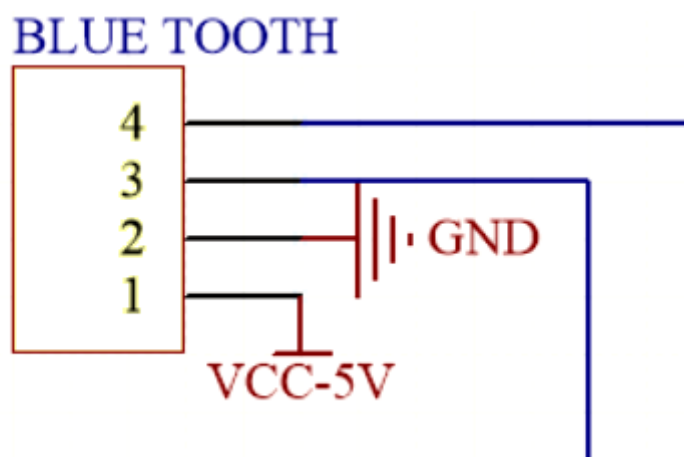


图 3-2 HC-05 蓝牙模块原理图

3.3 电机驱动模块

由于单片机 STC89C52RC 的工作电压不能超过 5V，双 L298N 电机驱动模块通过其上面自带的降压模块将电压降低到 5V。通过 4 路控制信号的输入，分别控制 4 个电机的电压，从而控制 4 个电机的正向和反向旋转功能，并控制前进、后退、左旋、右旋、平移以及四个方向的斜向运动。手机 APP 通过蓝牙发送指令给单片机控制电机转向，并且通过控制双 L298N 模块上的 EN1-EN4，4 个使能通道与 4 个 VCC 接口对应单片机上的 I/O 口 P2.0-P2.7，可以在 4 路 DC 减速电机上进行脉宽调制调速，以改变小车的移动速度。双 L298N 电机驱动模块原理图如图 3-3 所示。

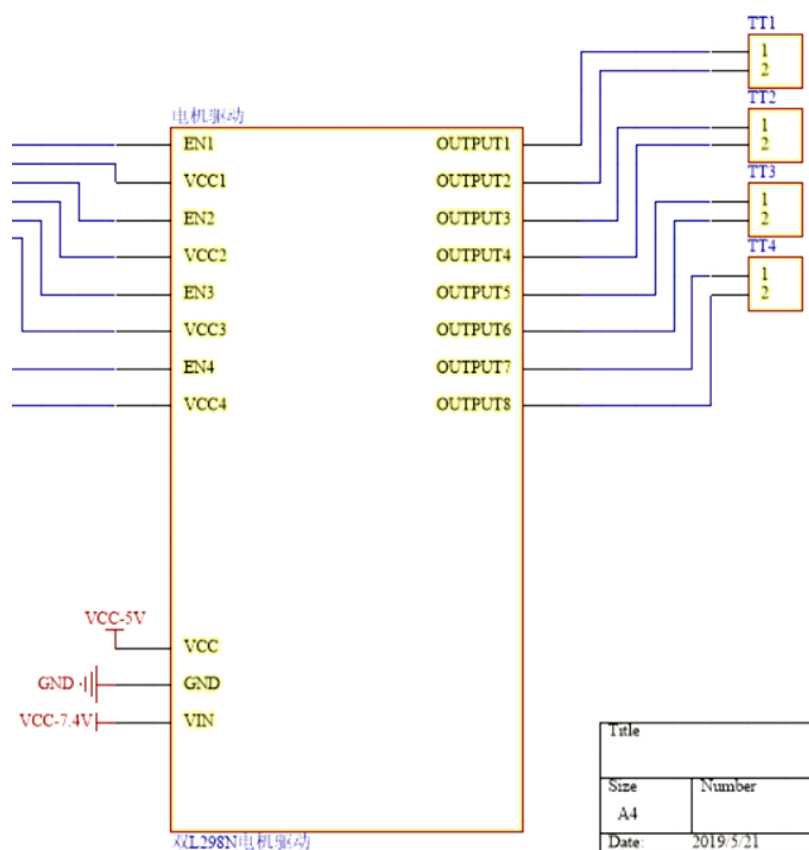


图 3-3 双 L298N 电机驱动模块原理图

3.4 避障模块

避障模块 E18-D80NK 光电传感器是一种集发射与接收于一体的光电传感器，该传感器采用 NPN 型的光电开关，输出数字电路高电平 1 与低电平 0，当传感器感应到前方有非透明障碍物时低电平输出，没有检测到时属于正常状态为高电平

输出。其采用的光电开关只有三条线为电源，地和输出，不要进行 AD 转换，在与单片机连接后可通过后面的可调电位器进行检测距离的调整。

将两个传感器分别安装在小车左前端与左后端，通过手机 APP 开启避障模式后，传感器检测到非透明物体传输数据给单片机，单片机通过程序控制电机进行后退，左原地转，右原地转三个命令的操作，从而顺利避开障碍物继续前行。避障传感器原理如图 3-4 所示。

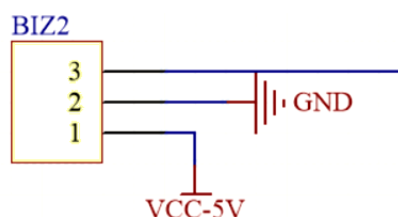


图 3-4 避障模块 E18-D80NK 原理图

3.5 继电器模块、补光模块、蜂鸣器

继电器模块是添加到继电器上的电子控制电路。而这是可以用低压来控制高压的半成品。采用继电器模块的优点是可以减少继电器模块控制电路的设计，使开发人员能够利用更多的精力来实现整个系统功能的设计。模块上的 NC 口接 LED 灯正极，使用跳线方式将 COM 口与 VCC 口接在一起。该模块使用的是完全隔离型的光电耦合继电器，比较安全，通过高电平控制开关，继电器与单片机 P0.7 I/O 口连接，在通过手机 APP 发送指令后继电器接通电源点亮 LED 灯，该小灯上有着三个高亮 LED 灯，功耗小，体积小，发出的亮度相比普通 LED 更加明亮，LED 灯只需要接电源与地。继电器模块如图 3-5 所示。

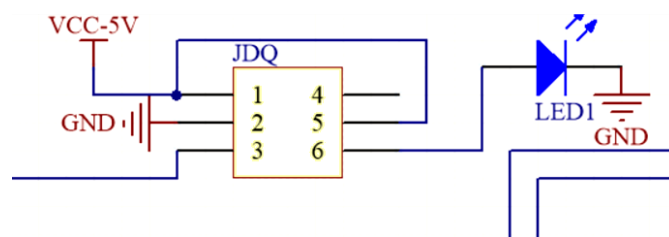


图 3-5 光耦继电器原理图

本次使用的高亮 LED 灯和蜂鸣器原理图如图 3-6 和图 3-7 所示。

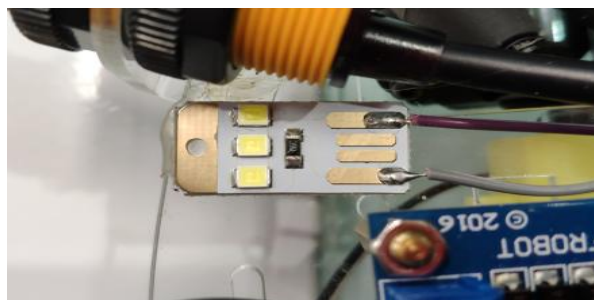


图 3-6 高亮 LED 灯

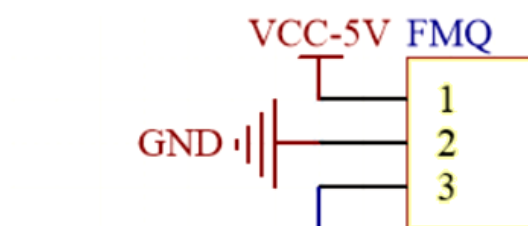


图 3-7 蜂鸣器原理图

3.6 麦克纳姆轮

麦克纳姆轮是一种结构特殊的万向轮，该轮子的轮毂作为轮子的主体支架与安装在轮毂上的鼓状物辊子转轴形成 45 度的夹角，使轮子上的转向力转化到呈 45 度角的法向力上面（根据不同角度的调整可以做出不同的轮子，该设计使用 45 度夹角的麦克纳姆轮）^[13]。再配合相对应的组合方式（本设计采用的是 0-长方形组合），使 4 个轮子的转向力合成在任意方向上的合力矢量。使用该轮子可以灵活且方便地实现使移动平台进行全方位移动。本次设计采用的麦克纳姆轮如图 3-8 所示。



图 3-8 麦克纳姆轮

3.7 硬件总体设计

该设计是基于麦克纳姆轮的全向移动平台设计，硬件设计方面 CPU 以 STC89C52RC 为主控芯片；对小车进行无线操作的 HC-05 蓝牙模块；对 4 个电机进行独立驱动的双 L298N 电机驱动模块（自带降压模块）；还有对 USB 接口 LED 灯进行开关控制的光电耦合继电器模块；能够发出警报声的蜂鸣器；最后是对小车进行信号反馈的避障传感器模块 E18-D80NK 光电传感器。总体硬件搭载如图 3-9 与图 3-10 所示。小车硬件原理图如图 3-11 所示。

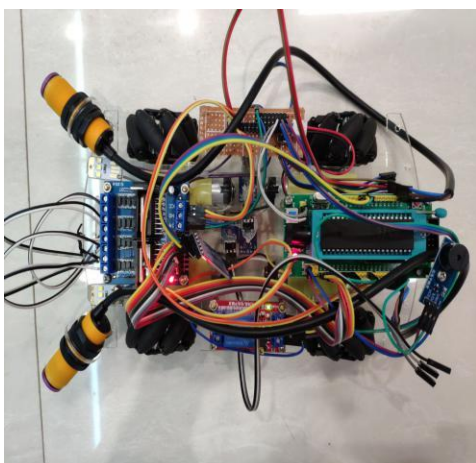


图 3-9 小车上方

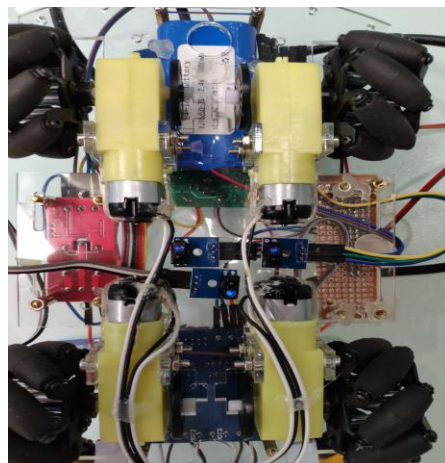


图 3-10 小车下方

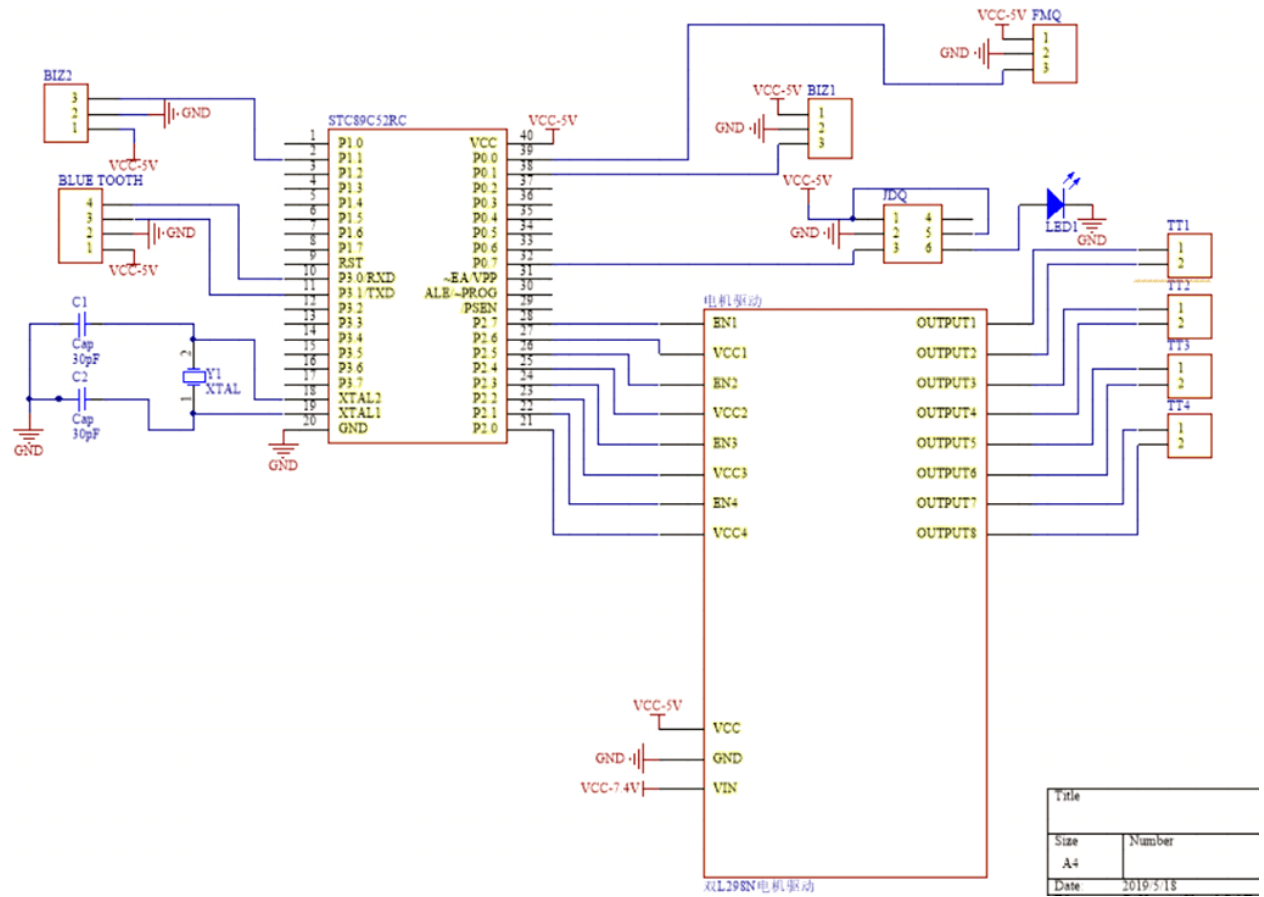


图 3-11 硬件原理图

4 软件设计

4.1 开发环境简介

Keil uVision 是德国知名的软件公司 Keil 开发的微控制器软件开发平台。是现在 ARM 内核单片机开发的主流工具，软件 Keil 4 支持许多不同制造电子芯片公司的 MCS51 架构的芯片和 ARM，集编译，仿真于一体，其界面与微软 VC++ 的界面类似，容易上手，适合调试程序。软件 Keil 4 的启动界面如图 4-1 所示。



图 4-1 Keil uVision4 启动界面

基于麦克纳姆轮的全向移动平台设计在通过手机 APP 的支持下与蓝牙模块进行连接，通过蓝牙透传方式发送电机的控制指令，达到全向移动的功能。在电机控制程序的基础上通过反馈模块设置三种判断形式达到避障的效果。

其余还有通过设置 PWM 调速程序完成两档调速功能，通过继电器模块控制高亮 LED 灯的亮灭程序，通过单片机 I/O 口发送低电平指令并对蜂鸣器的蜂鸣时间进行延迟的程序，达到作为小车喇叭的作用。

以上程序到具体实现功能，基本上通过 APP 发送 16 进制指令或者字符指令，在单片机作用下识别相应的指令进行对以上所有程序的调用配合硬件模块而达到最终的功能实现。软件设计总框图如 4-2 所示。



图 4-2 软件设计总框图

4.2 麦克纳姆轮驱动设计与实现

由于麦克纳姆轮在对地面摩擦力的法向量上比普通轮子多了一个 45 度角的向量，在前进和后退上面只需要设置使 4 个电机正转或反转，但是在设置其他方向时则不一样。在此单片机上的 P2.0-P2.7 对应电机驱动模块上的八个输入口，通过单片机控制电机进行正、反转。该设计采用 0-长方型麦克纳姆轮排列方式，小车电机正转时左前方轮子和右后方轮子会对右前方产生一个法向量，反转时对左后方产生一个法向量，正转右前方和左后方轮子则是对左前方产生一个法向量，反转是对右后方产生一个法向量^[14]。当小车向前和向后动作时，所有车轮往同一方向转动，小车进行前进动作时轮子的受力示意如图 4-3 所示。

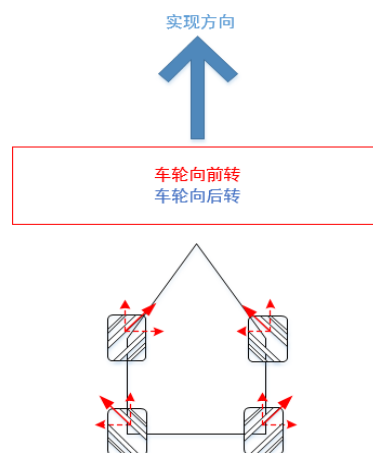


图 4-3 小车向前

小车进行后退动作时所有电机反转，小车进行后退动作时轮子的受力示意如图 4-4 所示。

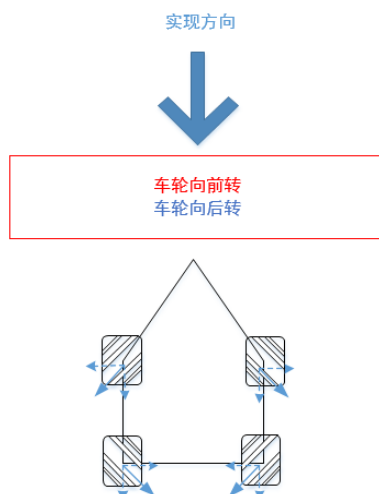


图 4-4 小车向后

在对小车原地旋转的程序算法上，使小车左前方轮子和左后方轮子反转，右前方轮子和右后方轮子正转使其进行向左原地旋转的动作^[15]，小车进行向左旋转动作时轮子的受力示意如图 4-5 所示。

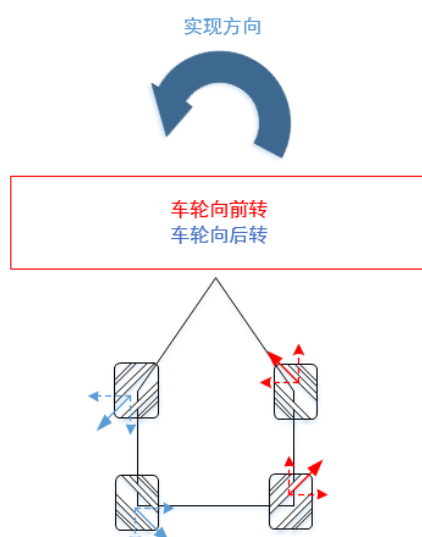


图 4-5 小车向左旋转

使小车左前方轮子和左后方轮子正转，右前方轮子和右后方轮子反转使其进

行向右原地旋转的动作，小车进行向右旋转动作时轮子的受力示意如图 4-6 所示。

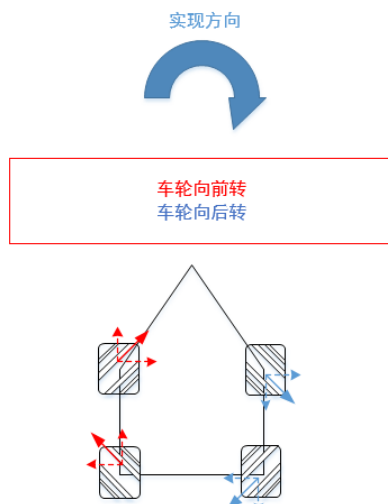


图 4-6 小车向右旋转

在对小车横向移动的程序算法上，使小车左前方和右后方轮子进行反转，右前方和左后方轮子进行正转，使小车四个轮子对向左的分向量进行结合前后分向量进行抵消，使其进行向左平移的动作，小车进行向左横移动作时轮子受力示意如图 4-7 所示。

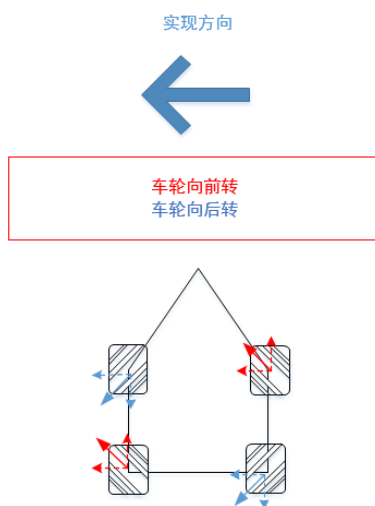


图 4-7 小车向左横移

使小车左前方和右后方轮子进行正转，右前方和左后方轮子进行反转，使小

车四个轮子对向右的分向量进行结合前后分向量进行抵消,使其进行向右平移的动作, 小车进行向右横移动作时轮子受力示意如图 4-8 所示。

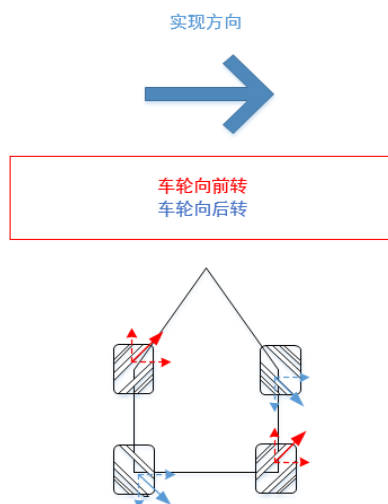


图 4-8 小车向右横移

在对小车斜向移动的程序算法上,由于小车右前方轮子和左后方轮子正转会得到向左前方的法向量的结合^[15],因此,要实现向左前方的斜向移动只需控制右前方电机和左后方电机正向转动,小车进行向左前方斜移动作时轮子受力示意如图 4-9 所示。

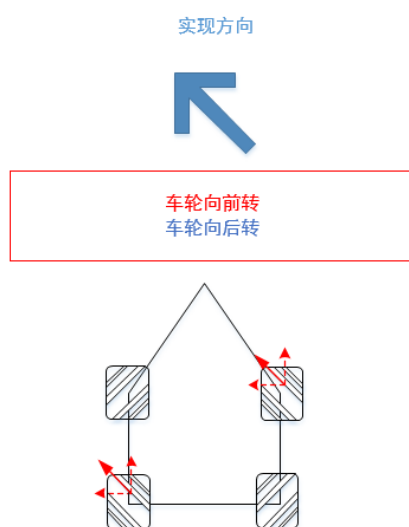


图 4-9 小车向左前斜移

要实现向右前方的斜向移动只需控制左前方电机和右后方电机正向转动，得到向右前方方法向量的结合，小车进行向右前方斜移动作时轮子受力示意如图 4-10 所示。

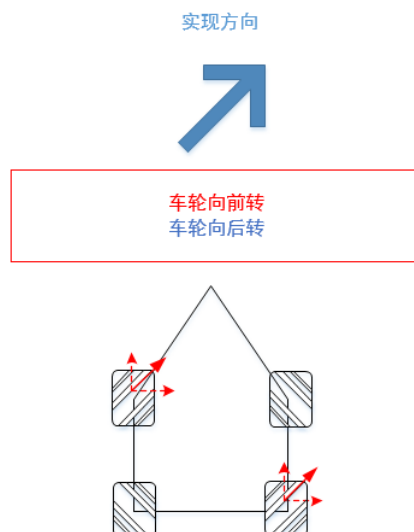


图 4-10 小车向右前斜移

要实现左后方斜向移动只需单独控制左前方和右后方电机进行反转得到向左后方法向量的结合，小车进行向左后方斜移动作时轮子受力示意如图 4-11 所示。

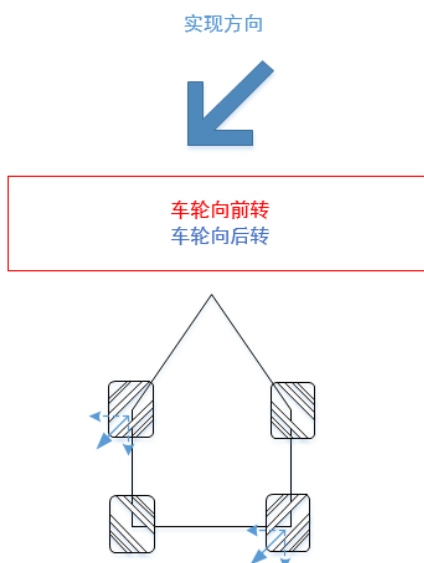


图 4-11 向左后斜移

要实现右后方斜向移动只需单独控制右前方和左后方电机进行反转得到向右后方法向量的结合，小车进行向左后方斜移动作时轮子受力示意如图 4-12 所示。

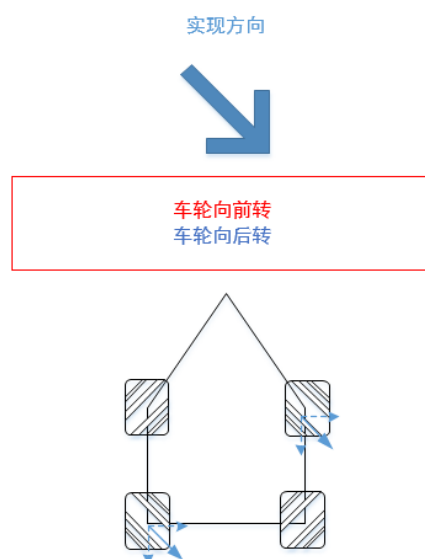


图 4-12 向右后斜移

在对驱动算法进行设计完毕之后烧录入单片机内，手机 APP 发送指令通过蓝牙模块发送信号给单片机，单片机通过程序调用相应程序算法完成相应动作指令。电机控制指令程序流程图如图 4-13 所示。

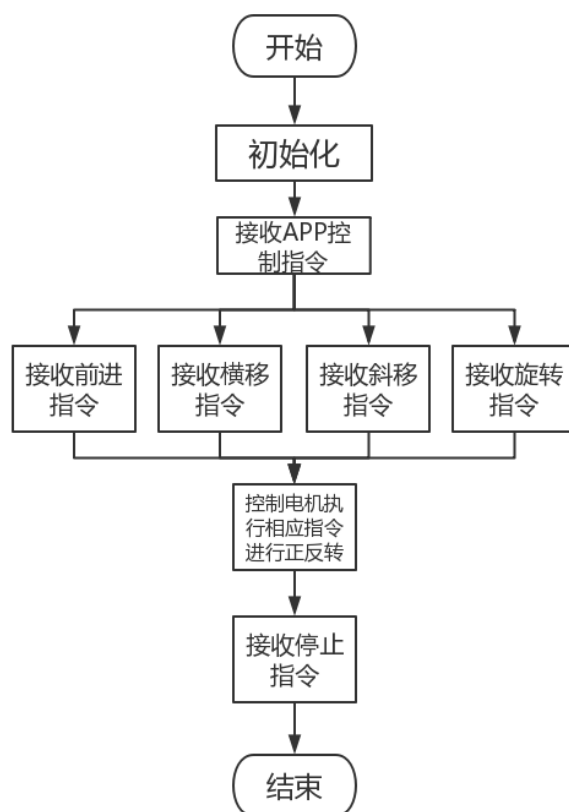


图 4-13 电机控制指令程序流程图

4.3 避障模块程序设计与实现

该设计还实现了利用光电传感器发送反馈信号使小车进行避障的功能。使两个避障光电传感器与单片机 I/O 口 P0.1、P1.1 连接，通过 APP 打开避障模式，在传感器检测到非透明障碍物之后发送一个低电平信号给单片机，单片机通过避障程序实行操作指令。程序开始时小车开始执行前进指令，当小车左侧传感器率先检测到非透明障碍物时，还需判断右侧传感器同时有没有检测到障碍物，当两侧同时检测到时使小车进行倒退动作，如果只有左侧检测到则使小车进行向右旋转动作，只有右侧检测到则使小车进行向左旋转动作。避障模式程序流程图如图 4-14 所示。

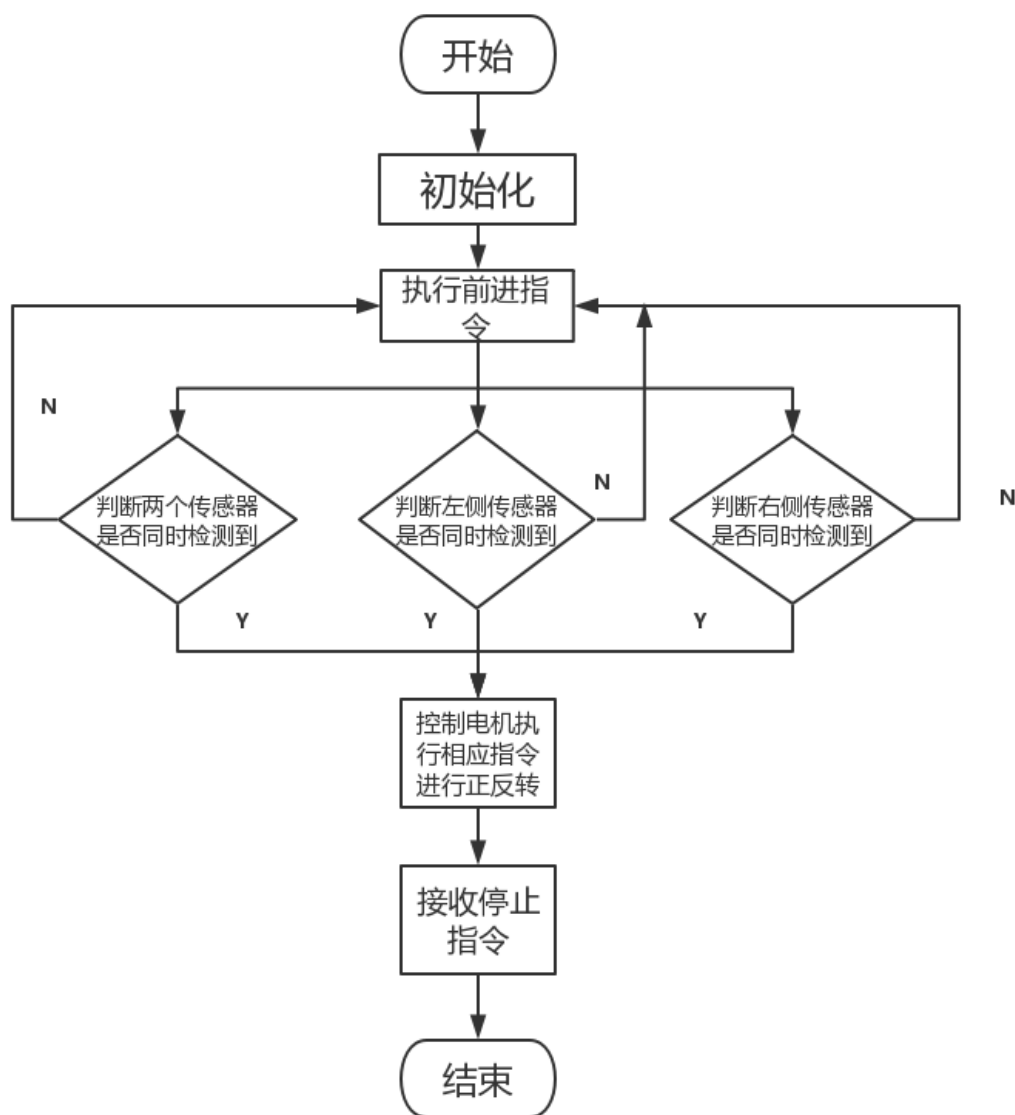


图 4-14 避障模式程序流程图

4.4 蓝牙串口 APP 按键设置

完成小车的硬件搭载之后，通过手机下载蓝牙串口 APP 进行安装。串口 APP 界面初始界面如图 4-15 所示，在单片机烧录程序后，通过该界面发送 01~16 的数字，并转换为 16 进制消息，单片机接收指令完成相应动作，但只能完成一个指令。通过 APP 的编辑模式设置按键的指令名称和其对应的指令，每个按键都设置单独的停止指令。由于指令设置超过 16 位，会导致内存溢出致使 16 位后的 16 进制数无法使用，超过 16 位后的数字则改为字符形式发送，字符直接被单片机接收。APP 的测试界面如图 4-16、图 4-17、图 4-18 所示。



图 4-15 APP 初始界面

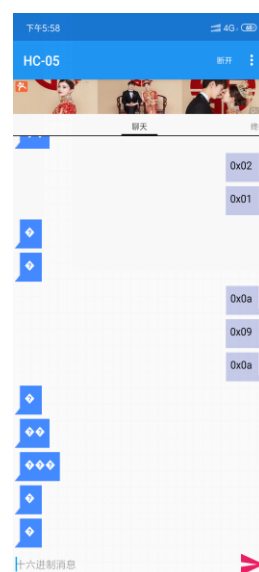


图 4-16 指令发送界面

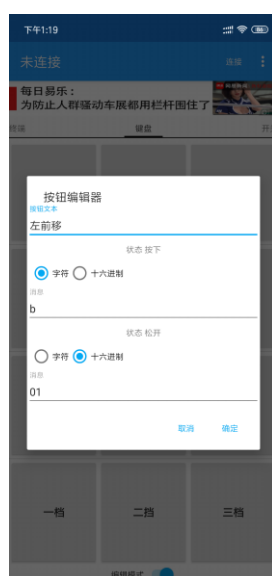


图 4-17 按键设置界面



图 4-18 小车功能按键执行

界面

4.5 PWM 脉宽调制程序

PWM 脉宽调制通过对电机高低电平工作时间上的占空比，可以对麦克纳姆轮小车进行电机调速，达到控制车速的目的，同时配合蓝牙控制方式编写了 3 级调速。在测试时，当小车的速度调到最低后，麦克纳姆轮由于强大的摩擦力，最低档速度不能完美驱动所有的轮子进行转动，于是将最低档速度去除，改为两档，以当时速度最块，执行起来小车动作流畅快速用来适应光滑的地面，低速一档用

来适应粗糙地面。

4.6 继电器灯光控制与蜂鸣器

通过对继电器发送低电平信号使其上面的 COM 口与 NC 口导通^[16]，使小车前方的 USB 小灯亮起。蜂鸣器与单片机上的 P0.0 口对接，通过 APP 发送指令，单片机对其发送一个低电平信号此信号进行延时几毫秒，这样能使声音延长听的比较清楚。

5 系统调试与分析

5.1 麦克纳姆轮小车基本动作指令调试

在系统基本设计完成之后，开始对小车进行动作指令的测试，首先，接上 7.4V 电池打开小车电源开关（由于单片机上的电源接口不够用，用排针设置了一个电源接口开关，用来供电给其他模块），检测蓝牙模块是否正常工作，然后打开手机蓝牙串口 APP 进行搜索连接名字为 HC-05 的蓝牙名称，连接成功后蓝牙模块上的 LED 小灯由快闪变为慢闪，开始对按下对应的按键进行观察。通过观察，小车能很好的达到前进，后退，横向移动，斜向移动还有原地打转这几个动作的完成。

5.2 避障模式调试

在避障模式调试中，APP 发送避障模式开启指令，小车开始前进，模拟小车遇到障碍物，其能够向左或向右旋转躲避，当两个传感器同时检测到障碍物时发生了一直倒退和前进的问题，而后将两侧传感器角度稍微调整之后能够完全躲避障碍物进行前进。小车进行躲避障碍物测试如图 5-1 所示。



图 5-1 避障传感器调试

5.3 PWM 调试

小车在程序上，对高低电平一个周期 20ms 进行十等分划分，高速档位全速前进十等分都为高电平状态，低速档位为高电平五等分。高速档位在光滑的瓷砖上面运行良好，能够流畅完成所有动作指令，低速档位在瓷砖地面上稍微有点偏移，在地毯上运行良好。

5.4 灯光控制、喇叭调试

车灯调试如图 5-2 所示。通过蓝牙串口 APP 的按键设置开关灯按键，单片机给继电器发送低电平信号使 COM 口与 NC 口导通使灯光亮起。

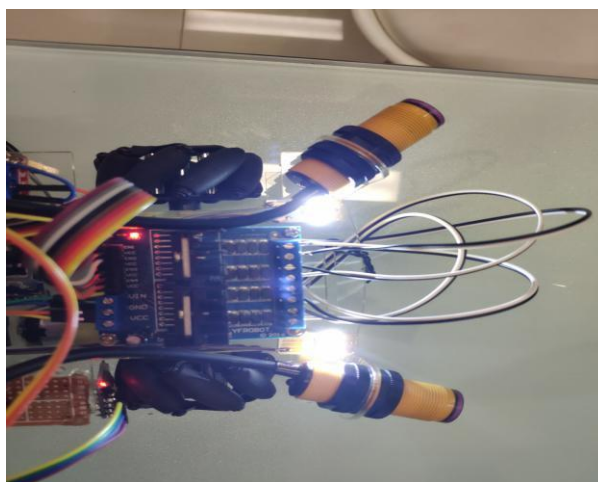


图 5-2 车灯调试

蜂鸣器通过单片机给的低电平信号进行正常工作，充当了喇叭的作用。

5.5 调试结果分析

经过上述对几个功能的观察和调试，该设计已达到预期基本要求。

根据对麦克纳姆轮的基础动作调试观察后，基本可以使用无线控制对小车进行前进，后退，左右横移，四个方向的斜向移动和向左向右的原地打转。调试结果良好。小车执行原地打转动作指令情况如图 5-3 所示。



图 5-3 小车原地旋转

根据对小车避障模式的观察和调试,小车上的红外传感器可以对小车前方的非透明障碍物进行躲避绕行,传感器检测到障碍物时后面的指示灯会亮起。在两侧同时检测到障碍物时会出现一直前进后退的结果,而后调整两个传感器之间的角度解决了这个问题。小车避障模式下如图 5-4 所示。



图 5-4 小车避障模式运行

根据对小车 PWM 调速指令的观察与调试,开始时调档为全速前进,可以适应瓷砖地面,运行速度快。调档为低速档,在瓷砖上有偏差,在地毯上运行也较为流畅。小车在地毯上运行画面如图 5-5 所示。



图 5-5 小车在地毯运行画面

结 论

系统使用的硬件部分主要包括主控芯片单片机 STC89C52RC, 双 L298N 电机驱动模块, 4 个麦克纳姆轮, 光耦继电器模块, LED, 蜂鸣器, HC-05 蓝牙模块, 避障模块 E18-D80NK 光电传感器, 直流减速电机。在软件部分使用 Keil 4 开发平台编写了 PWM 调速程序、继电器开关程序、小车的全向移动程序等的设计。在通过观察与调试之后, 基本完成该设计所要达到的要求, 最终系统实现了预期目标。

设计完成了:

(1) 通过对单片机 STC89C52RC 的学习, 运用 Keil 4 开发平台编写程序, 完成了单片机与其他模块的通信连接, 并对模块通过 I/O 口进行控制, 达到了小车全向移动功能的实现。

(2) 通过对麦克纳姆轮摩擦力的分析, 运用 Keil 4 开发平台编写在前进, 后退, 左右横移, 四个方向的斜移和原地打转上的对电机控制程序。完成了麦克纳姆轮全向移动平台全向移动动作的实现

(3) 通过对 PWM 调速, 实现了通过串口 APP 发送指令改变电机的转速, 可以使小车适应光滑和粗糙两种地面进行动作实现。

(4) 通过对避障模块的应用, 在程序上设置三种判断的程序, 使小车实现了避障功能。

(5) 通过单片机 I/O 口控制光电耦合继电器对 LED 进行亮灭, 对蜂鸣器进行控制充当喇叭的功能实现。

设计有以下创新:

(1) 使用了具有特殊结构的麦克纳姆轮, 实现了普通轮子所无法实现的全向移动功能。

(2) 通过对输入电机高低电平占空比的调整实现了对小车进行两档调速的功能。

整体的设计最后虽然实现了, 但是还是存在以下不足:

(1) 在针对粗糙地面上, 当时间过长电池电量不足时, 小车各模块电压被降低, 导致在执行动作时会出现很大的偏移。

(2) 在小车进行前进与后退时, 由于 4 个电机的转速无法被明确确定, 导致出现些许偏移。

4 个电机转速之间所带来的些许误差导致小车无法完美地执行全向动作, 如果要使电机被精确控制, 后期可以通过添加反馈让小车行进变得更加精确。在本设计完成之后, 通过对麦克纳姆轮小车的研究, 感受到这种特殊轮子所带来的移动方式上的改变未来会对工业类发展带来巨大效益。

参考文献

- [1] 张禹,朱光召. 基于麦克纳姆轮的全方位移动平台技术研究[J]. 现代制造技术与装备, 2017(2): 14-16.
- [2] 王冠. 全方位移动平台运动控制技术研究[D]. 北京:北京理工大学自动化学院, 2015.
- [3] 何超. 基于麦克纳姆轮的全向自行式移动平台研发[D]. 西安:西安理工大学自动化与信息工程学院, 2018.
- [4] 靳士超. 基于麦克纳姆轮的全向智能移动机器人导航系统研究[D]. 苏州:苏州大学电子信息学院, 2018.
- [5] 崔晓鹏. 全方位移动平台控制系统设计[J]. 电子技术与软件工程, 2018(6):211-212.
- [6] 马金城,王铁成. 基于 51 单片机的麦克纳姆轮机器人设计[J]. 工业技术与职业教育, 2017, 15(4): 30-32.
- [7] 王瑞琦,刘向阳. 基于 STC89C52RC 单片机的电子称设计[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(5):94-97.
- [8] 贾光亮,邓智方. 基于 STM32F407 单片机的智能安防系统[J]. 通讯世界, 2017(10):231-232.
- [9] 彭飞,王会良. 基于 STC89C52 单片机的智能搬运机器人设计[J]. 科学技术创新, 2019(10):74-75.
- [10] 祁冰. 基于 STC89C52RC 单片机控制的楼宇巡视机器人设计[J]. 装备制造技术, 2017(6):44-46.
- [11] P. Janik,M. Pielka.Respiratory monitoring system using Bluetooth Low Energy[J]. Sensors & Actuators:A. Physical, 2019(1):286.
- [12] Jiayu Chen,Hainan Chen.Collecting building occupancy data of high resolution based on WiFi and BLE network[J].Automation in Construction, 2019(2):102.
- [13] 张鹏,王丹红. 移动设备、麦克纳姆轮及其滚轮[P]. 广东:CN208263891U, 2018-12-21.
- [14] 刘海滨,杨彬. 移动设备、麦克纳姆轮及其轮圈[P]. 广东:CN208277734U, 2018-12-25.
- [15] 杨海波,兰飞. 移动设备及其麦克纳姆轮[P]. 广东:CN208277735U, 2018-12-25.
- [16] 曹文祥. 室外照明自动控制电路的设计[J]. 山东工业技术, 2019(15):133+166.