

华中科技大学文华学院

毕业设计[论文]

题 目： 基于单片机的智能小车系统设计

学 生 姓 名： 聂大勇 学号： 080102011114

学 部 （系）： 信息科学与技术学部

专 业 年 级： 电子信息工程 2008 级

指 导 教 师： 卢益民 职称或学位： 教授

2012 年 5 月 20 日

目 录

摘 要	1
Abstract	2
第一章 绪 言	3
1.1 设计意义	3
1.2 设计任务及要求	3
1.2.1 设计任务.....	3
1.2.2 具体要求.....	4
第二章 智能小车总体设计方案	5
2.1 智能小车系统总体结构	5
2.2 路标部分	5
2.2.1 路标构成模块	5
2.2.2 路标设计原理框图	6
2.2.3 路标工作流程.....	6
2.3 小车部分	7
2.3.1 小车构成模块	7
2.3.2 小车设计原理框图	7
2.3.3 小车工作流程	8
第三章 系统硬件模块设计	9
3.1 单片机最小系统	9
3.1.1 51 单片机	9
3.1.2 最小系统设计.....	9
3.2 路标方向指示模块设计	10
3.2.1 红外通信原理	10
3.2.2 红外发射电路设计	11
3.2.3 红外接收电路设计	12

3.2.4	NEC 编码	12
3.3	路标测距模块设计	13
3.3.1	超声波传感器	13
3.3.2	超声波测距原理	14
3.3.3	超声波测距电路设计	15
3.4	电机驱动模块设计	16
3.4.1	直流电机工作原理	16
3.4.2	PWM 调速原理	17
3.4.3	基于红外对管的直流电机测速原理	19
3.4.4	PID 算法	21
3.4.5	步进电机工作原理	22
3.4.6	小车电机驱动方案论证	24
3.4.7	电机驱动电路设计	24
第四章	系统软件设计	28
4.1	路标部分软件设计	28
4.2	小车部分软件设计	29
第五章	系统调试与分析	33
5.1	路标部分调试与分析	33
5.2	小车部分调试与分析	33
总 结	.....	35
参考文献	.....	36
致 谢	.....	37
附录 1：电路原理图	.....	38
附录 2：实物图	.....	39

基于单片机的智能小车系统设计

摘 要

本文设计了一种基于单片机控制的智能小车系统。该系统应用到了计算机、红外遥控、超声波测距及电机驱动技术。以模块化设计理念，详细论述了系统整体框架构成。该系统包括单片机最小系统模块、红外收发模块、超声波测距模块、电机驱动模块及红外对管测速模块。论文详细论述了每一个模块的工作原理及设计思路，完成了系统硬件与软件设计。

本设计实现的智能小车系统具有紧急避障、按路标自动导航等功能，系统红外遥控距离、超声波测距精度、电机驱动反应速度及系统稳定性均到达设计要求；系统采用模块化设计，具有结构清晰、易功能扩展等特点。

关键字：智能小车 单片机 红外遥控 超声波测距 电机驱动 测速

The system designer of intelligent car which based on single chip microcomputer

Abstract

This paper introduces an intelligent car based on single chip microcomputer control system. The system applied to computer, infrared remote control, ultrasonic ranging and motor driver technology. with the modular design for the concept, it details to discusses the whole system framework. And this system includes a single chip minimize system module, infrared transceiver module, ultrasonic ranging module, motor driver module and infrared told the speed module. The paper discusses each module of the working principle and design idea, and it finishes to designing the system hardware and software.

The design and implementation of intelligent vehicle system with remote control, obstacle avoidance, follow signs for automatic navigation and other functions, the system of infrared remote control distance, ultrasonic ranging accuracy, response speed and stability of motor drive system have reached the design requirements; the system adopts modular design, with a clear structure, easy functional expansion characteristics.

Key Words: Intelligent car MCU Infrared remote control
Ultrasonic ranging electric motor driver velocity measurement

第一章 绪 言

1.1 设计意义

随着社会的高速发展，科技的不断进步，人们的生活水平得到了质的提高，交通的四通八达让每一个人都渴望拥有一辆属于自己的跑车，可现实中无法避免的车祸却会让一个幸福美满的家庭迅速破裂，本设计以参加全国光电大赛为基础，主要通过研究超声波测距、红外遥控，来学习对智能小车的控制，进而模拟出可自动导航、紧急避障、远程遥控的智能车，以减少交通事故的发生。超声波以其具有非接触测量、方向性好、不受外界因素干扰等优点广泛用于工业、医疗、机械制造等短距离精确测量；红外通信以其结构简单、保密性好、信息容量大、方向性好等优点广泛用于电视机、VCD、计算机及其外围设备、移动设备及网络接入设备等。本次设计充分利用超声波测距及红外通信的优点来控制小车。超声波测距主要实现小车与障碍物之间距离的测量，以为紧急避障提供依据；红外遥控主要实现对小车的无线控制，以模拟现实中的远程遥控。

1.2 设计任务及要求

1.2.1 设计任务

本项目为参加全国光电设计大赛而设计，在一块 $8\text{m} \times 13.5\text{m}$ 的平地上有事先画好

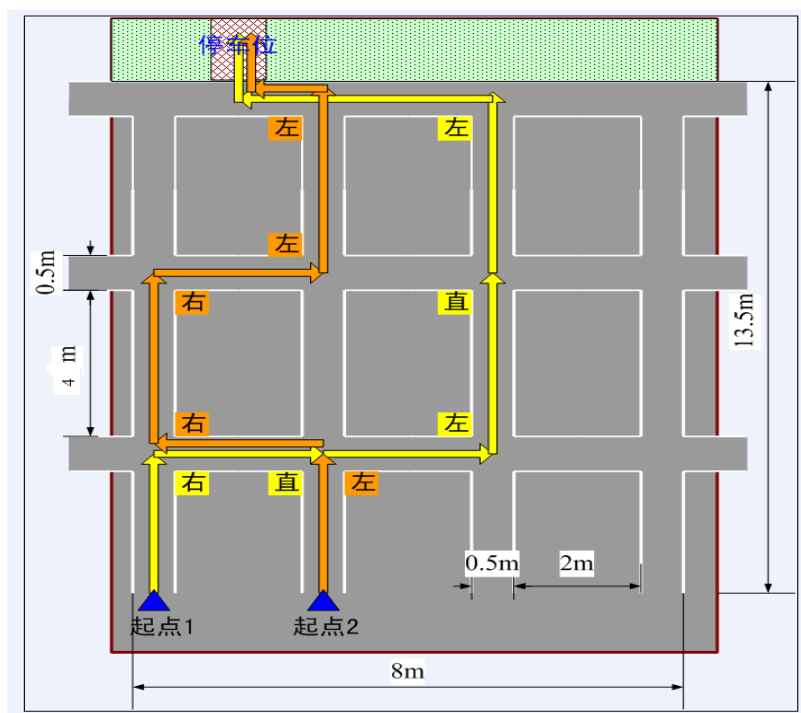


图 1-1 小车车道示意图

的车道（以模拟现实中四通八达的交通），车道如图 1-1 所示。按题目要求在十字路口随机放置指示路标（包括左转、右转、直行），小车在宽为 0.5m 的车道上从起点出发，自动按路标指示在车道上行驶，实现小车左转、右转及继续行驶，直到小车准确进入车库后，小车停止。

1.2.2 具体要求

（1）、小车在直线车道上要保证直线匀速行驶，要保证在宽为 0.5m 的车道上行驶而不出界。要能实现多级平滑加速、减速功能。

（2）、超声波测距精确度要求小于 2cm，盲区不得大于 10cm，最大测距不得低于 2m。

（3）、小车转弯灵活、迅速，直角转弯精确度高。

（4）、超声波测距和红外遥控要有较强的抗干扰能力，红外遥控要求在太阳底下能实现稳定控制距离至少为 3m。

第二章 智能小车总体设计方案

2.1 智能小车系统总体结构

按照设计的任务及要求，本次设计需要实现小车的远程遥控、紧急避障及自动导航等功能，因此小车作为动作执行部件，需结合红外遥控对小车进行遥控来模拟远程控制，需结合超声波测距来模拟紧急避障，需使用路标为小车指示方向来模拟自动导航。故本系统总体构成包括小车部分、路标部分、遥控部分。系统总体框图如图 2-1 所示。

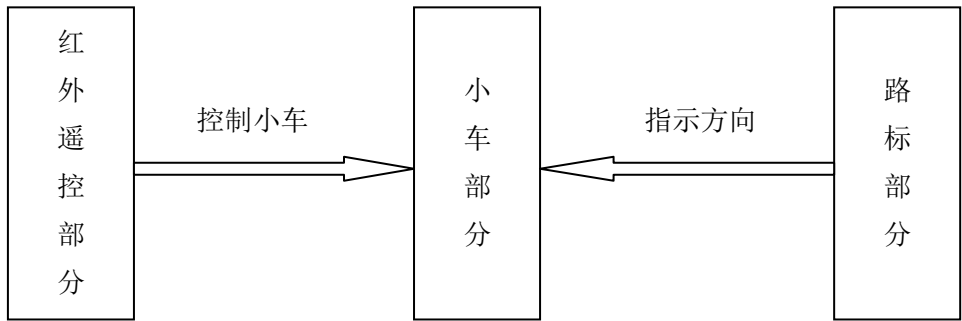


图 2-1 智能小车系统总体结构框图

红外遥控部分控制小车的转动，主要对小车的运行状态进行操作，路标部分主要是对小车的运行方向进行指示，路标的方向指示信息分为左转指示信息、右转指示信息及直线行驶信息等。

智能小车系统的整体框架包括红外控制部分、小车部分和路标部分，因路标部分需要对小车发射红外控制信号以控制小车的左转右转，因此，路标部分实际上已经包含红外遥控部分。

2.2 路标部分

2.2.1 路标构成模块

考虑到路标需要有指示功能，即向小车发送不同的转弯控制信号，那么就必需要有红外发射模块来实现信号的无线传输。由于控制信号有多路（左转信号、右转信号、直线行驶信号），那么就得对红外信号进行编码，以实现多路控制信号的传输。而对于什么时候发送红外控制信号又需要有个判断依据，所以路标部分需使用超声波测距模块，用以测量小车与路标的距离，作为红外发射模块发送红外控制信号的依据。由此分析，路标部分包含红外发射模块、MCU 控制模块、超声波测距模块。

2.2.2 路标设计原理框图

首先，超声波模块不断发射超声波，以检测本路标与小车之间的距离，超声波模块检测到小车的距离后，就向 MCU 发送一个距离信号，MCU 根据这个距离信号决定是否需要利用红外发射模块向小车发送数据。路标设计原理框图如图 2-2 所示。

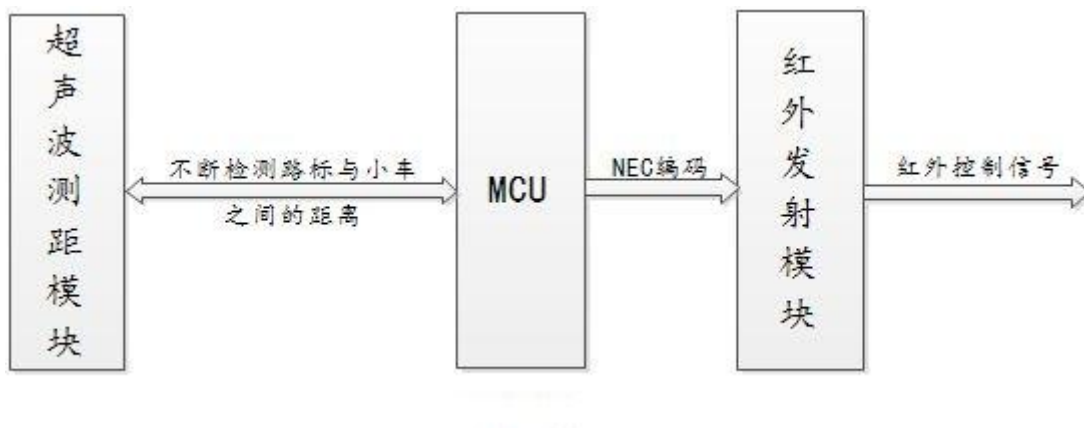


图 2-2 路标部分设计原理框图

2.2.3 路标工作流程

MCU 作为路标部分的主控制器件，需要控制超声波测距模块完成距离的测量，MCU 再将测得的距离值与预设距离值进行比较，如果发现距离值大于预设距离值，那么 MCU 控制超声波模块继续测距，一旦发现测得距离值小于或等于预设距离值，就开始判断拨码开关控制，状态控制中至少包含三个指示方向信息，即向左、向右、停止，红外发射模块根据拨码开关控制输入的信息进行红外 NEC 编码，然后将编码后的红外控制信号发向小车。

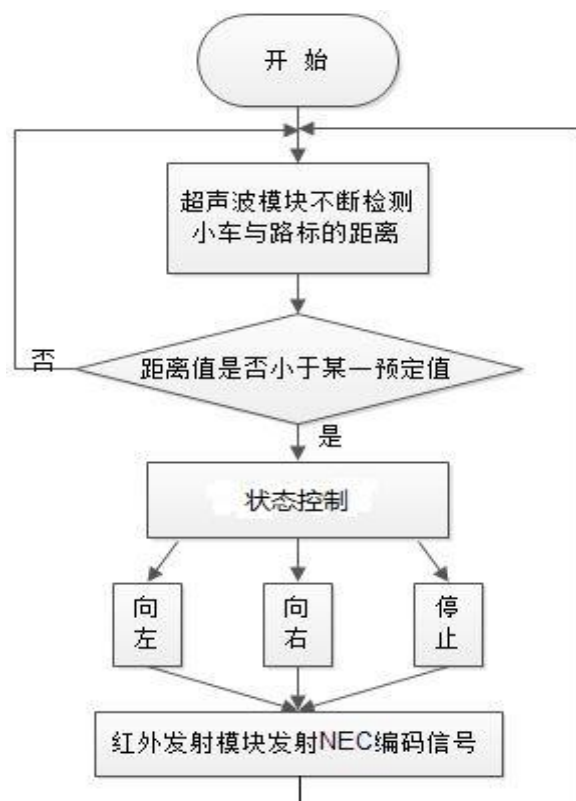


图 2-3 路标工作流程图

2.3 小车部分

2.3.1 小车构成模块

考虑到小车部分需要实现前进、左转、右转、后退、加速、减速等功能，就需要电机驱动模块以驱动电机，而要求实现各种不同的功能控制，对数据的处理，那么，小车部分还需要 MCU 以对电机驱动模块进行控制，通过 MCU 对电机驱动模块发送不同的控制信号，使电机驱动模块控制电机实现小车的前进、左转、右转、后退、加速、减速等功能。由于要对小车进行红外遥控，小车部分必须添加红外接收模块，红外接收模块接收到的红外控制信号传输到 MCU，MCU 将接收到的红外信号进行处理，根据不同的红外控制信号来向电机驱动模块发送不同的信息，以完成小车的不同操作。由此分析，小车部分包含电机驱动模块、MCU 控制模块及红外数据接收模块。

2.3.2 小车设计原理框图

首先，红外接收模块不断接收外部红外信号，一旦检测到接收的红外信号为路标发送的控制信号时，MCU 就开始对红外控制信号进行 NEC 解码，然后 MCU 根据解码后的控制信号向电机驱动模块发送电机驱动信号，以驱动电机完成相应的转动。小车设计原理框图如图 2-4 所示。

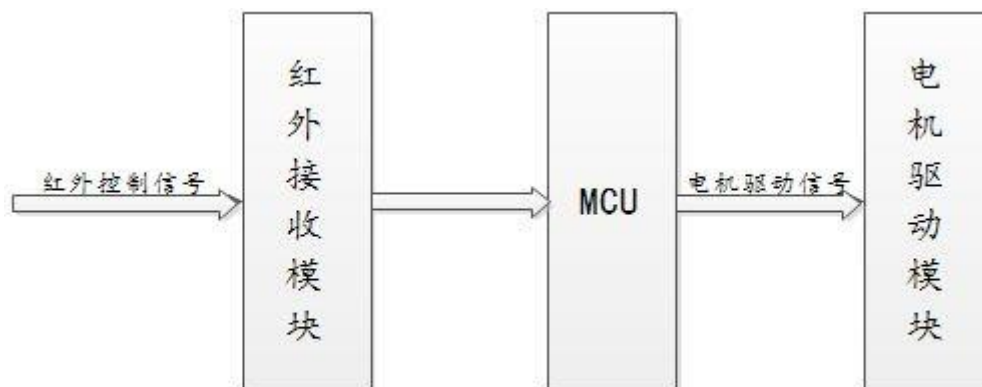


图 2-4 小车部分设计框图

2.3.3 小车工作流程

MCU 作为小车部分的主控制器件，需要控制红外接收模块对接收到的信号进行数据处理，若红外接收模块接收到了红外控制信号，那么 MCU 就通过软件 NEC 解码对红外数据进行解码，MCU 根据解码的数据来判断应该向电机驱动模块发送什么样的驱动信号。当电机驱动模块收到 MCU 发送的控制信号时，就驱动电机做相应的转动，使小车完成相应的动作。小车工作流程图如图 2-5 所示。

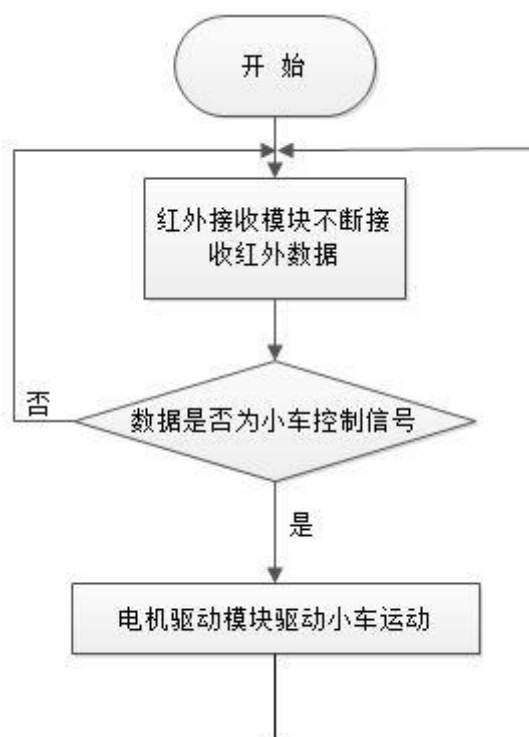


图 2-5 小车工作流程图

第三章 系统硬件模块设计

3.1 单片机最小系统

3.1.1 51 单片机

单片机是在一块芯片中集成了 CPU、RAM、ROM、定时/计数器和多功能 I/O 口、串行口、看门狗等计算机所需要的基本功能部件的大规模集成电路，又称 MCU（Micro Controller Unit），由于它是计算机系统的单片化，体积大大减小，从而使功耗和成本下降，可靠性提高，在设计产品时，选择合适的单片机型号将能大大降低开发成本，节约资源，避免不必要的浪费。目前单片机的型号有许多种，但是以 51 为内核的单片机通常包含以下几个部件：

- 一个 8 位 CPU；
- 一个片内振荡器及时钟电路；
- 4KB ROM 程序存储器；
- 128B RAM 数据存储器；
- 可寻址 64KB 外部数据存储器 and 64KB 外部程序存储空间的控制电路；
- 32 条可编程的 I/O 线（4 个 8 位并行 I/O 端口）；
- 一个可编程全双工串行口；
- 5 个中断源、两个优先级嵌套中断结构；

考虑到本次实验要实现的功能比较多，且需要用到较多的定时器和外部中断，而 51 单片机只有 4KB 的 ROM 程序存储器，两个定时/计数器，两个外部中断源，唯恐片内资源会不够，因此选择 51 增强型单片机 STC89C52。STC89C52 较 51 多了 4KB 的 ROM 程序存储器，存储资源丰富，同时也增加了一个 T2 定时器，定时/计数功能更强，更重要的一点是 STC89C52 支持 ISP，不需要购买专门的编程器，节约了成本，简化了设计。

相比较后，本次试验使用到的 MCU 型号为 STC89C52RC 单片机。

3.1.2 最小系统设计

单片机最小系统包括一块单片机、两个 22pf 的瓷片电容、一个晶振、一个按键、9 个 10K 的电阻和一个 10uf 的电解电容，瓷片电容帮助晶振起振用，晶振为单片机提供标准的时钟源，按键起复位作用，10K 电阻与 10uf 的电解电容形成 RC 震荡电路，以给单片机提供持续两个机器周期以上的高电平使单片机程序计数器归 0，8 个 10K 电阻

接 P0 脚，作为 P0 口的上拉电阻。具体电路设如图 3-1 所示。

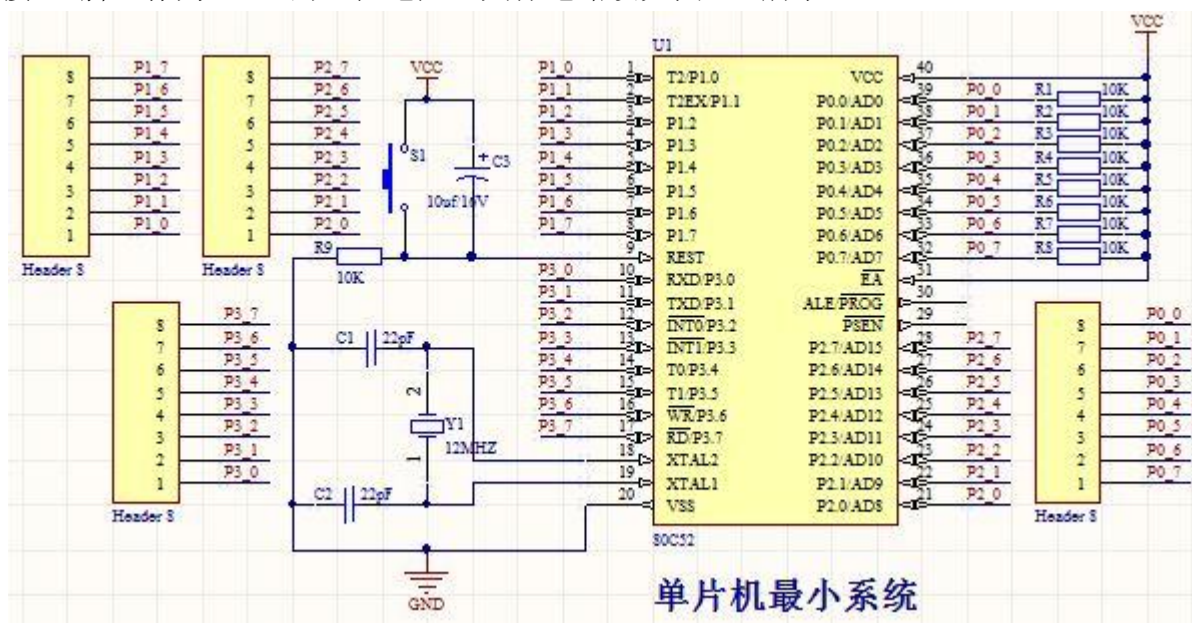


图 3-1 单片机最小系统模块电路原理图

单片机最小系统设计出来，但是无法完成在线编程，因此需设计出 **ISP** 下载器，由于现在大多数笔记本没有串口，需设计出一个 **USC** 转 **TTL ISP** 下载器，使用 **USB** 芯片 **PL2303H**，参考芯片数据手册设计出单片机下载器原理图如图 3-2 所示。

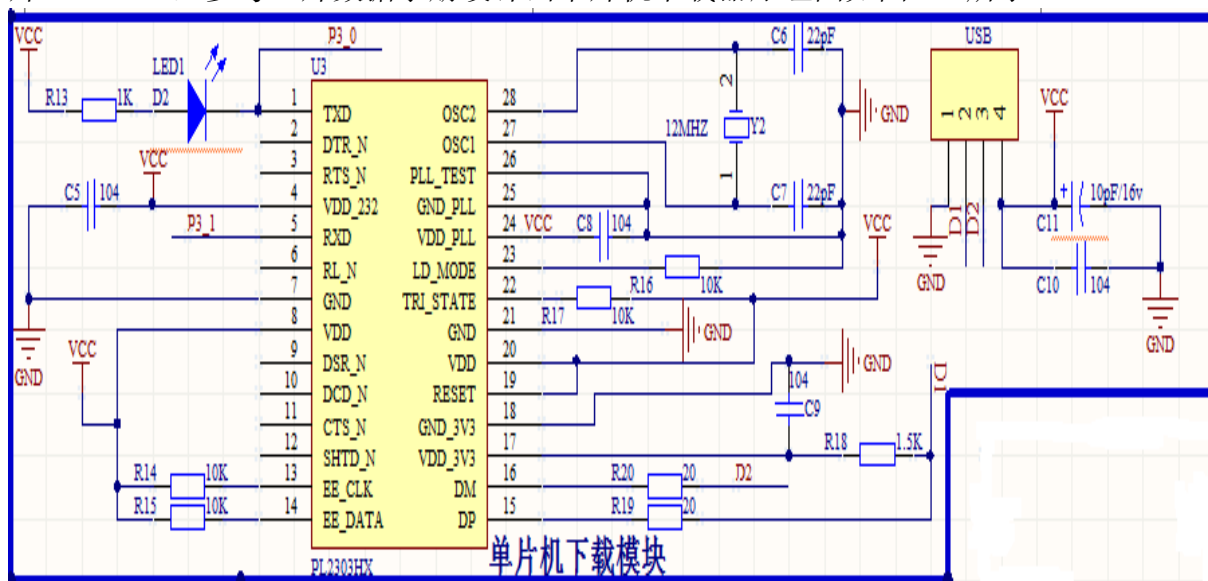


图 3-2 单片机下载器模块电路原理图

3.2 路标方向指示模块设计

3.2.1 红外通信原理

红外通信是利用红外技术实现两点间的近距离保密通信和信息转发。它一般由红

外发射和接收系统两部分组成。发射系统对一个红外辐射源进行调制后发射红外信号，而接收系统用光学装置和红外探测器进行接收，就构成红外通信系统。

红外通信需要使用到红外发射管和红外接收头。红外发射管和普通发光二极管的外形相似，其工作原理是将电信号转换成光信号。红外接收头种类繁多，但是不管哪种型号的红外接收头，其工作原理都是将光信号转化为电信号，只不过有些红外接收头将信号的放大功能集成在一起了，如 HS0038 红外一体接收头，就将信号放大、解调等功能集成在一体。

3.2.2 红外发射电路设计

发射电路采用红外发射管发射红外数据，红外发射管与普通 5mm 白色发光二极管一样，只不过红外发射管发射的红外线人眼无法直接看到，但是可以通过手机的摄像头可以观察到红外发射管发射的紫泛白光，其发射的红外线波长一般为 940nm。红外发射管的驱动电路有很多种，由于本设计要求红外遥控距离不得低于 10m，因此采用三极管作为驱动电路，图 3-3 为红外发射模块电路。其中电阻 R10 的参数可以用以下算式计算出：

$$R10 = (V_{CC} + U_{BEQ} - U_L) / (I_C / \beta)$$

其中 V_{CC} 为 +5V， U_{BEQ} 为三极管基级—发射级饱和导通电压，一般为 0.7V， U_L 为三极管导通时输入的低电平电压，一般取 0.3V 左右，为获取最大发射距离，红外发射管的电流取 100mA，即 $I = 100 \text{ mA}$ ，则 $R10 = (5 - 0.7 - 0.3) / (100/50) \times 1000 = 2\text{K}\Omega$ ，所以限流电阻 R10 取大于等于 $2\text{K}\Omega$ 的电阻。电阻 R11 的参数用以下算式大致计算出：

$R11 \approx V_{CC} / I$ ， V_{CC} 为 5V， I 为 100mA，则 $R11 \approx 50\Omega$ 。

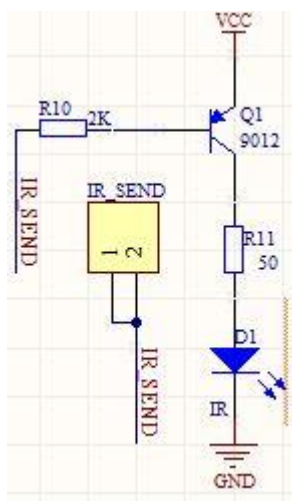


图 3-3 红外发射电路原理图

3.2.3 红外接收电路设计

红外接收电路采用红外一体接收头 HS0038 接收，该芯片集成了红外信号解调、放大电路。红外一体接收头接收载波为 38KHZ 的红外信号，经过芯片内部解调后，将信号放大输出，管脚只有三个，分别为 OUT、GND、VCC，VCC 接+5V，GND 接地，OUT 接信号输出。红外接收模块电路连接简单，红外接收电路如图 3-5 所示，其中电阻 R12 为信号的上拉电阻，阻值一般值为 4.7K，+5V 电源引脚与接地引脚之间接一个瓷片电容 104 以达到滤波的作用。

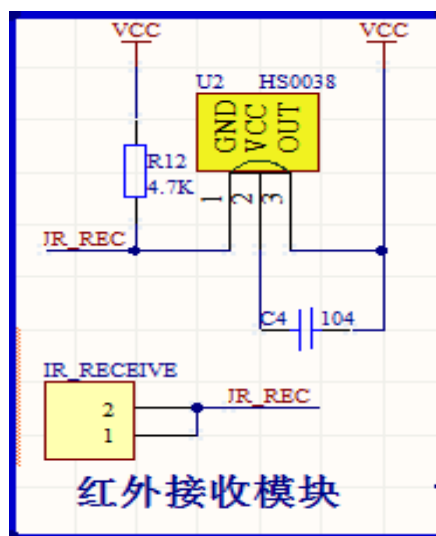


图 3-5 红外发射模块电路原理图

因红外发射信号是随机的，因此，单片机最好用外部中断方式接收红外发射的数据（1 脚接单片机的外部中断引脚）。

3.2.4 NEC 编码

由于本设计需要多路红外控制信号，因此需要对红外发射信号进行编码，目前使用最广泛的红外编码方式为 NEC 编码方式。该编码格式为：红外发射二极管发射占空比为 1:3 的 38KHZ 载波，以脉冲宽度调制的方法进行编码，即以发射 0.565ms 的 38KHZ 红外信号再经过 0.56ms 时间不发射 38KHZ 的红外信号编码为“0”，用时共为 1.125ms；以发射 0.565ms 的 38KHZ 红外信号再经过 1.865ms 时间不发射 38KHZ 的红外信号编码为“1”，用时共为 2.25ms。编码方式如图 3-6 所示。

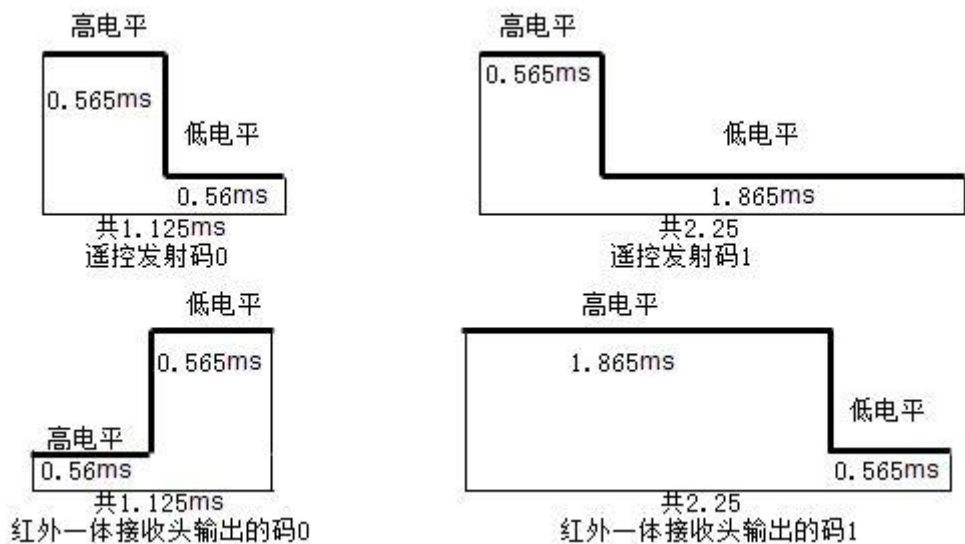


图 3-6 NEC 编码示意图

红外发射管以一帧 32 位数据发送，这 32 位数据包括高 8 位用户码，低 8 位用户码（也叫地址码，用于区分不同的遥控器），8 位数据码和 8 位数据反码，8 位数据码使我们需要发送的重要信息，8 位数据反码起校对作用。红外发射管发射 NEC 标准格式为：首先发射 9ms 的高电平，再发送 4.5ms 的低电平作为红外信号的引导码（避免外界红外线干扰），接着开始发送一帧 32 位数据，一帧数据发送完后发送结束位（0.5625ms 高电平）。若连续按下红外发射按键则发送重复码：9ms 高电平+2.2ms 低电平+结束位。一帧数据 NEC 编码标准格式如图 3-7 所示。

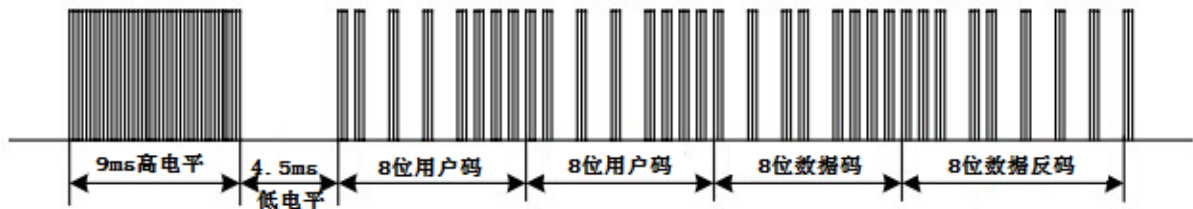


图 3-7 一帧数据 NEC 标准格式

3.3 路标测距模块设计

3.3.1 超声波传感器

超声波是指频率高于 20KHZ 的机械波。能实现电能与超声波机械能之间相互转化的装置叫做超声波换能器，也就是我们常说的超声波传感器。超声波传感器往往成对出现，一个发送器和一个接收器，但也有一体化超声波传感器，也可以同时具有发送和接受超声波的功能，但是价格相比分体超声波传感器稍贵。超声波传感器是利用压

电效应的原理将电能和超声波机械能互相转化，即在发射头发射超声波的时候，是将电能转化为机械能，在接收头接收超声波的时候，是将超声波振动转换成电能。

超声波发生器可以分为两类，一类是用电器方式产生超声波，一类是用机械方式产生超声波。电器方式包括压电型、磁致伸缩型和电动型；机械方式有加尔统笛、液哨和气流漩笛等。而目前用得比较广泛的是压电型超声波发生器。压电型超声波发生器实际上是利用压电晶体的谐振来工作的。超声波发生器内部结构大致如右图所示，包括压电晶片和共振板。当它的两极外加脉冲信号，其频率等于压电晶片的固有振荡频率时，压电晶片将会发生共振，并带动共振板振动，由此产生超声波。反之，如果两极间未加电压，当共振板接收到超声波时，将压迫压电晶振片作振动，将机械能转化为电信号，这时，它就成为了超声波接收器了。超声波传感器结构图如图 3-8 所示。

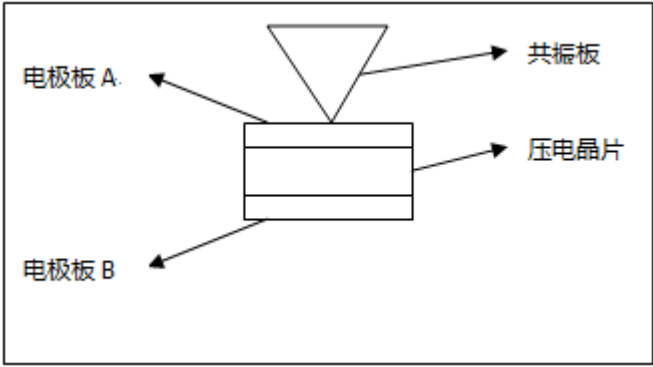


图 3-8 超声波传感器结构图

3.3.2 超声波测距原理

超声波测距是利用超声波在介质中传播时遇到障碍物会反射的性质，通过计算出发射超声波到接收超声波回波信号的时间，根据公式 $S = (V \times T) / 2$ 计算得出距离值。其中 S 表示超声波测距仪与障碍物之间的距离， V 表示超声波在介质中传播的速度， T 表示从发射超声波到接收回波所用的时间，除以 2 是因为超声波发射往返的路程是 S 的两倍。超声波在空气中传播的速度受温度影响比较大，声音与速度的关系如表 3-10 所示。

表 3-9 声音与速度关系表

温度（℃）	-30	-20	-10	0	10	20	30	100
声速（m/s）	313	319	325	323	338	344	349	386

由上表可知超声波在空气中的传播速度与受温度的影响比较大，为了将超声波在空气中的传播速度确定下来，在超声波测距模块中加温度补偿，通过对温度的测量，

再由温度与声速的关系确定下超声波在空气中的传播速度，确定了超声波传播速度，只要测得时间 T 即可测得距离。超声波测距原理框图如图 3-10 所示。

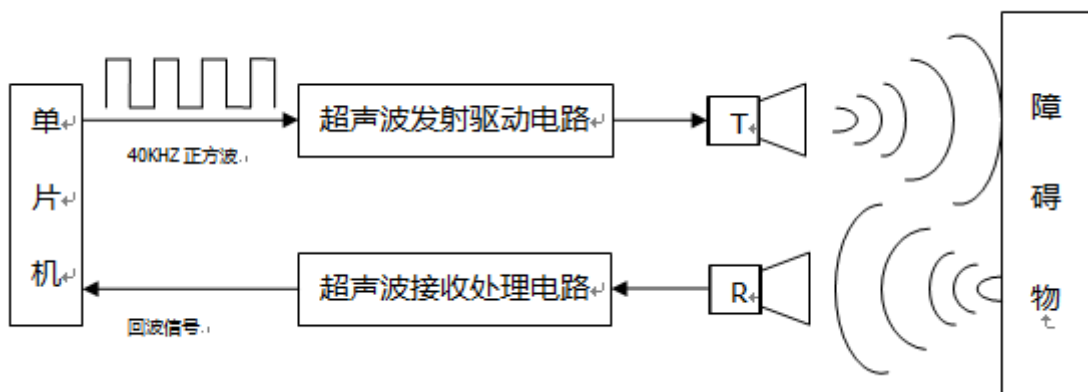


图 3-10 超声波测距原理框图

3.3.3 超声波测距电路设计

超声波测距电路包括超声波发射电路和超声波接收电路。超声波发射电路需要产生 40KHZ 电信号，通过电信号引起超声波发射头产生 40KHZ 超声波发射出去。因此超声波发射电路设计的关键就是 40KHZ 超声波驱动电路的设计。超声波发射器可以用硬件发生法和软件发生法产生超声波。采用硬件发生法就是通过一个 40KHZ 方波发生器产生 40KHZ 方波，一般可以用 NE555 产生方波，这种方法的优点就是软件设计简单，只要单片机控制 NE555 定时器的工作与否就可以发送超声波，但是硬件电路设计比较的困难，由于电阻或多或少存在一定误差，这样的误差会使发射的正方波频率达不到要求，而影响接收，而且硬件产生的超声波也比较的不稳定；另外一种方法是采用软件发生法，即通过单片机输出 40KHZ 的正方波，经过驱动器驱动后推动超声波发射探头发送频率为 40KHZ 的超声波，这种方法的优点是充分利用软件，硬件电路设计非常简单，而且 40KHZ 方波可以利用单片机定时器产生，可以达到非常的精准，但是要占用单片机的定时器。考虑到充分利用单片机的内部资源，本次设计选用第二种。通过单片机产生 40KHZ 正方波，经 74LS04 反相器推挽后推动超声波发射探头发射超声波。74LS04 内部集成了六个反向器，同时具有放大的功能。

超声波接收电路的设计主要是将信号放大、滤波、整形后传输给单片机，因为超声波的频率使用的是 40KHZ，与红外载波频率相差不是很大，可采用红外专用接收芯片 CX20106A 作超声波回波的信号放大、滤波及整形。CX20106A 是日本索尼公司生产的彩电专用红外遥控接收器，采用单列 8 脚直插封装，+5V 供电，内部方框图如图 3-11 所示。

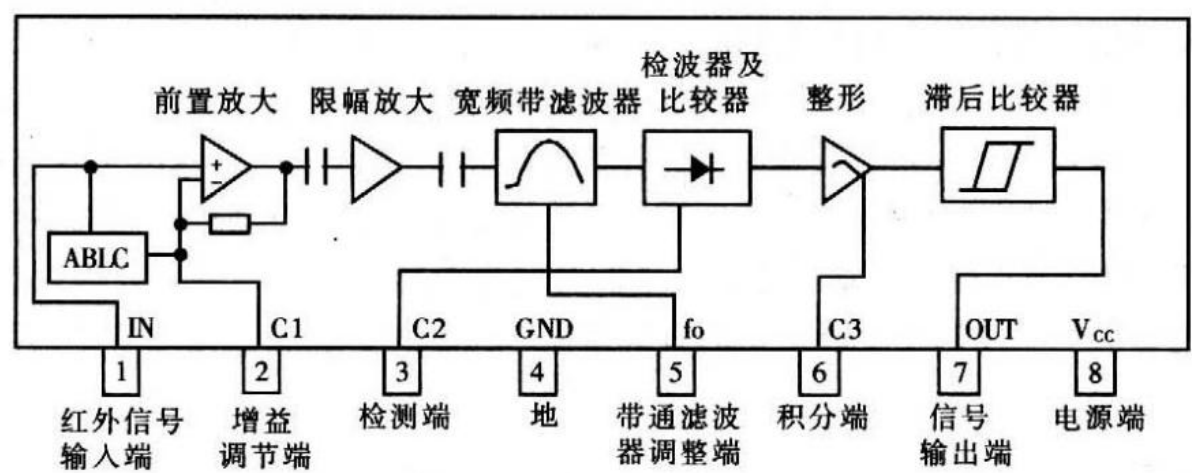


图 3-11 CX20106A 内部原理框图

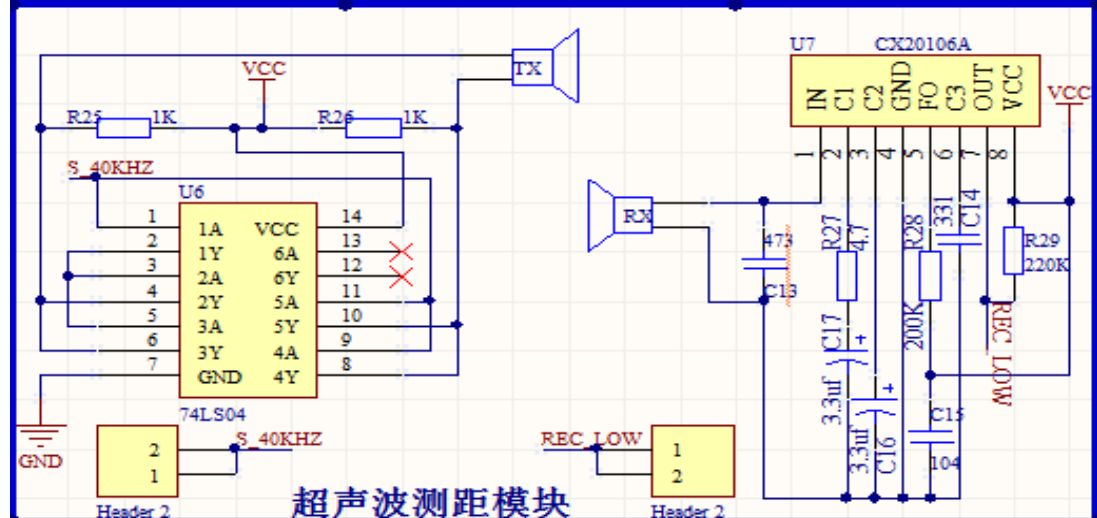


图 3-12 超声波测距模块电路原理图

其中超声波接收电路主要器件为六反相器 74LS04，实际设计中使用其中五个反向去以推挽方式对信号进行放大处理，在超声波发射探头两端分别增加一个 1K 的电阻主要是为了增强抗干扰能力，如果去掉这两个上拉电阻，超声波测距的灵敏度会增强，但是相应的抗干扰能力会减弱。超声波测距模块电路原理图如图 3-12 所示。

超声波接收电路采用红外接收专用芯片 CX20106A 接收，调节第五脚的电阻阻值，可以将主接收频率设置为 40KHZ。

3.4 电机驱动模块设计

3.4.1 直流电机工作原理

电动机简称电机，是使机械能与电能互相转换的机械，直流电机把直流电能变为机械能。作为基点执行元部件，直流电机内部有一个闭合的主磁路。主磁通在主磁路

中流动，同时与两个电机交联，其中一个电机是用以产生磁通，称为激磁电路；另一个用来传递功率，称为功率回路。现行的直流电机都是旋转电枢式，也就是说，激磁绕组及其所包围的铁心组成的磁极为定子，带换向单元的电枢绕组和电枢铁心结合构成直流电机的转子。直流电机调速范围很广，并且易于平滑调节，调速时能量的损耗较小；过载、启动、制动力矩都比较大；易于控制可靠性高，使用范围广。

直流电机是通过两个磁场的互相作用而发生旋转的。定子通过永磁体或受激励电磁铁产生一个固定磁场，转子由一系列绕组和到此材料构成，电流通过每一个绕组时都会产生磁场。对有刷电机而言，转子上的转向器和定子上的电刷在电机旋转时为每个绕组提供电能。直流电机的转速与施加的电压有关，电压越大，电机转速越快；电机的转动力矩与施加的电流有关，电流越大，电机的力矩越大，但是施加在电机两端的电压、电流不得超过其工作的额定电压和电流，否则会有烧毁电机的危险。要想对直流电机进行速度的控制，可以通过改变施加在直流电机两端的电压值来达到调速的目的。目前常用 PWM（脉冲宽度调制）法对直流电机进行调速。

3.4.2 PWM 调速原理

PWM（脉冲宽度调制）是英文“Pulse Width Modulation”的缩写，简称脉冲宽度调制，它是利用微处理器的数字输出来对模拟电路进行控制的一种非常有效的技术，广泛应用于测量、通信、功率控制与变换等多种领域。

PWM 是一种对模拟信号电平进行数字编码的方法。通过高分辨计数器的使用，方波的占空比被调制用来对一个具体模拟信号的电平进行编码。PWM 信号任然是数字的，因为在给定的任何时刻，满幅值的直流供电要么是完全有（1），要么是完全没有（0），在一定周期内通过完全有（1）持续的时间来将模拟量转化为数字量，PWM 调制法将模拟量转化为数字量的示意图如图 3-13 所示。

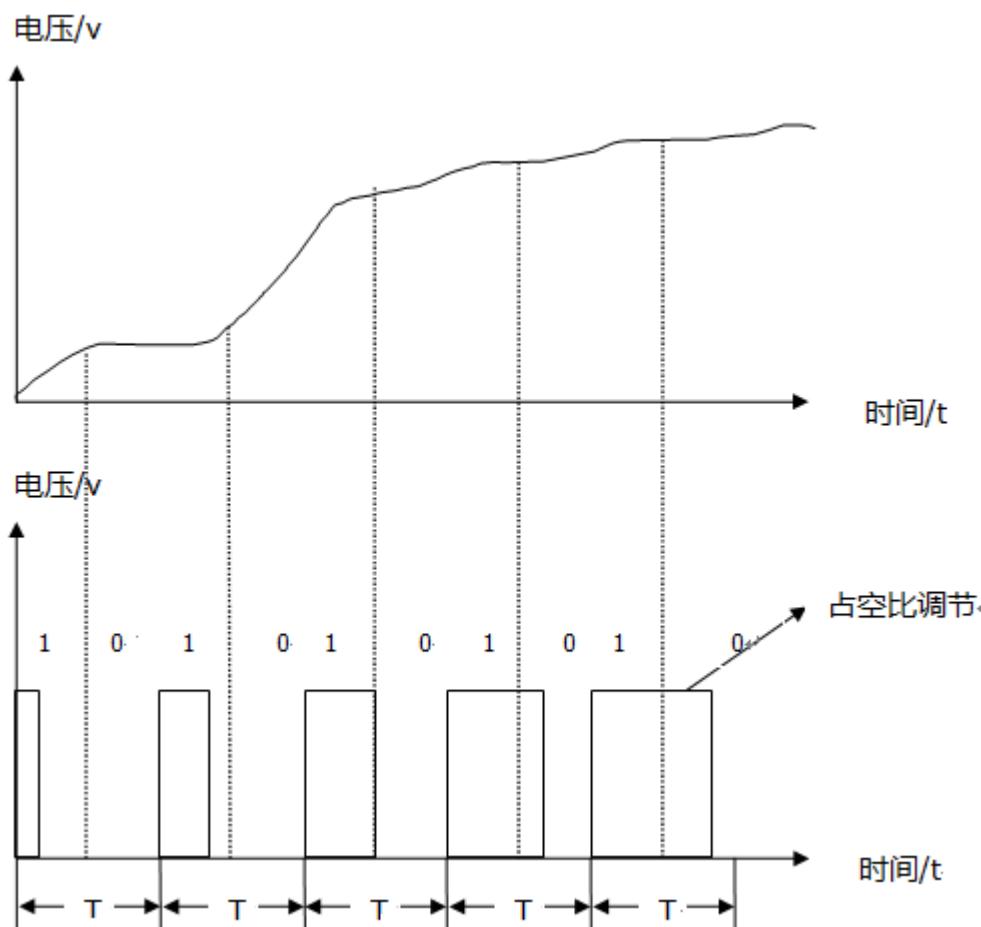


图 3-13 脉冲宽度调制模拟量转化为数字量示意图

由上图可以知道，只要带宽足够，任何模拟值都可以通过 PWM 方式进行调制。而直流电机的速度是与施加的电压成正比的，因此可以用 PWM 法来对直流电机进行调速。

直流电的 PWM 调速法是在一个周期 T 内，通过施加的电压时间来实现速度的控制。如果施加在电机上的电压为 U ，一个 PWM 信号的周期为 T ， t_1 时间表示满幅值的直流供电时间， t_2 表示停止满幅值直流供电时间，那么实际加在直流电机上的电压即为： $U_1 = U \times (t_1/T)$ 。在这里电压 U 是固定的， T 可以预定，只要改变 t_1 的值（也就是改变 PWM 信号的占空比），就可以改变施加在直流电机上的实际电压，而电机起到一个低通滤波器的作用，能够将 PWM 信号转化为有效的直流电平，这就实现了直流电机的 PWM 调速法。

利用单片机实现直流电机的 PWM 调速法就是利用两个定时器，一个定时器计算 PWM 信号的周期时间 T ，另外一个定时器计算满幅值直流供电的时间 t_1 ，通过单片机的 I/O 口输出占空比不同的 PWM 信号。对于那些内部已经含有 PWM 的 51 增强型单片机，可以直接通过其特殊管脚输出 PWM 信号。

直流电机是一个开环的装置，虽然可以通过 PWM 调速法对其进行速度的调节，但

是若需要对直流电机进行十分精确的速度调节，那么，就需要对直流电机进行闭环处理以实现速度的反馈调节，这个时候，就需要对电机的转速进行测量。

3.4.3 基于红外对管的直流电机测速原理

在应用直流电机作为比较精确的动作执行部件时，需要对其速度进行非常好的控制，而直流电机的开环装置的性质大大制约了其速度的准确控制，因此，需要增加外部测速装置，通过速度的反馈调节来实现直流电机的闭环处理。

对于转速的测量，常用的传感器有：霍尔传感器、旋转编码器、光电传感器等。其中霍尔传感器是应用磁感应的方式进行测量，由于其以磁感应的方式进行工作，会对直流电机的驱动器、控制器及其他电气设备有电磁干扰，所以一般使用不是很广；旋转编码器的测量精度非常的高，通常旋转一圈可以输出几百至几千个脉冲，适用于转速比较低的场合，但是这种传感器价格比较高；光电传感器的测量精度介于前面两种传感器之间，而且其安装简单、价格较低、体积小、功能多、寿命长、响应速度快，是使用最为广泛的一种速度测量传感器。

目前用于测速的光电传感器有对射式和反射式，但不管是对射式还是反射式，其都是通过一个红外发射头发射红外信号，一个红外接收头接收红外信号，所不同的是反射式发射的红外信号经物体反射后才可以被红外接收头所接收。对射式光电传感器由于其只有将被测物体置于其 U 型槽内遮挡红外信号这一性质的制约，使其应用单一，因此，对射式光电传感器使用不是非常的广。

反射式光电传感器主要是利用黑色物体和白色物体对光有不同反射系数的原理。利用这一原理，可以在直流电机的转轴上安装一个黑白相间的光电码盘，在一定时间内通过红外对管对光电码盘的黑色或者白色进行计数，这样就可以计算出电机的转度了。红外对管测速电路原理图如图 3-14 所示。

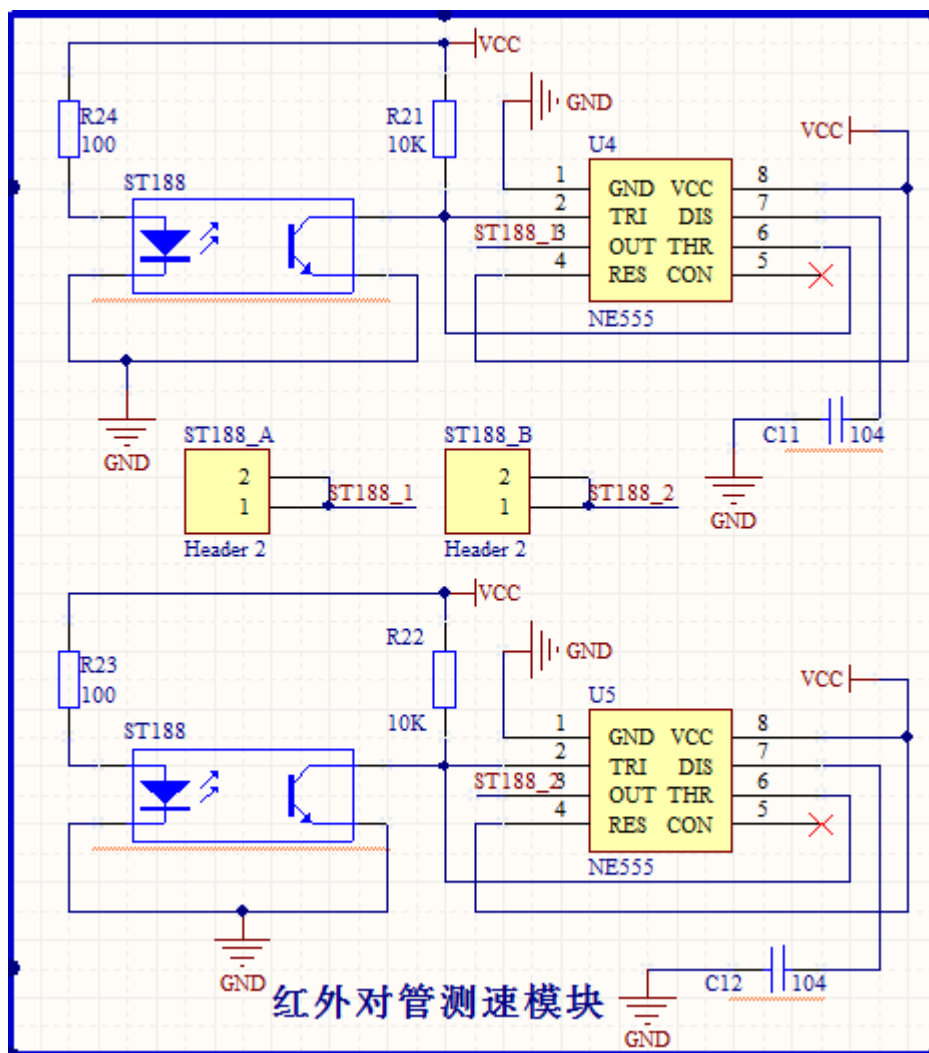


图 3-14 红外对管测速模块

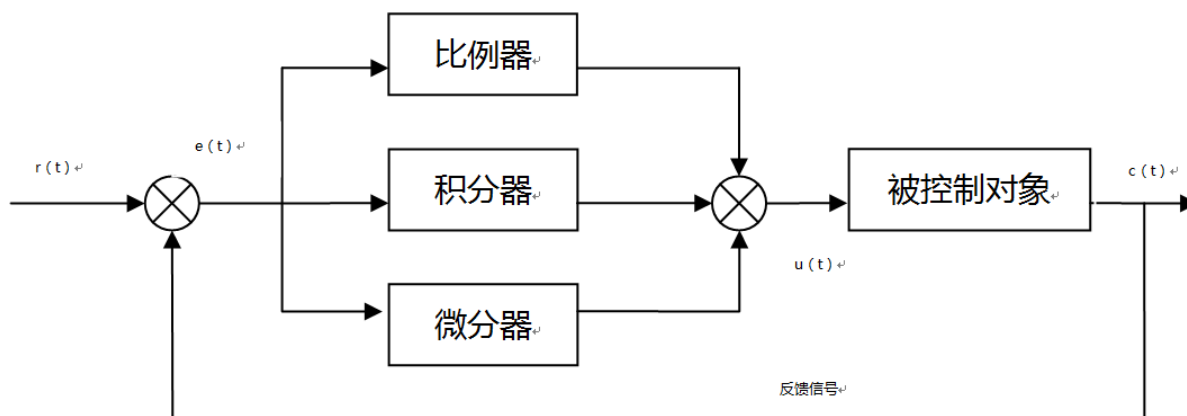
红外对管测速模块中，红外光电传感器的红外发射二极管和光敏三极管与普通的发光二极管和三极管的使用方法相同，红外发光二极管的工作电流一般在 $5\sim 30\text{mA}$ 之间，由于发光管内阻存在，当电压 V_{CC} 为 5V 时， R_{24} (R_{23}) 的阻值适合于 200Ω 左右，但是因红外对管所能检测的距离一般在 $8\sim 13\text{mm}$ ，比较短，因此可以改变 R_{24} (R_{23}) 的阻值，实验中若选取 R_{24} (R_{23}) 的参数为 50Ω 、 $1/4\text{W}$ 时电阻呈异常发热状态，此时发光二极管的工作电流约为 30mA ，用手机摄像头观看红外发射管可以看到紫泛白光，因此实际应用 R_{24} (R_{23}) 的阻值为 100Ω 以保护电路。红外对管的输出端接一个上拉电阻，，可以选用较大阻值的电阻，一般情况下选 10K 。当红外对管发射的红外光照射到黑色物体上经黑色物体吸收后，光敏三极管因无法接受到足够的红外光而截至，红外对管输出端就输出高电平；当红外对管发射的红外光照射到白色物体经白色物体反射后，光敏三极管接收到足够的红外光而导通，红外对管输出端就输出低电平。但是若利用红外对管进行高速测量时，特别是对高速转动的光电码盘进行测量时，会使输出的信号呈三角波或正弦波，这样就减弱了单片机对高低电平信号的检测能力，而在输出端加上一个由 NE555 定时器做的施密特触发器对信号进行整形后，就

可以得到一个非常标准的正方波，以便单片机的识别。

经过红外对管测速后，将测量的结果送到单片机，经单片机处理后再将速度控制信号输出给电机驱动器以调节电机速度，由此形成一个闭环，使得电机的转速恒定在某一转速上，但是这种方法是通过反馈后进行控制的，而在反馈控制中，扰动是不可避免的，所以直流电机的转速并不能十分精准地恒定在某一值上，而是在这一给定速度值的上下进行波动。控制品质的好坏取决于控制算法的选择，常用的控制算法为 PID 算法。

3.4.4 PID 算法

按偏差的比例、积分、微分进行控制的控制方法叫做 PID 控制法，是控制系统中应用最广泛的一种控制法。模拟 PID 控制系统原理框图如图 3-15 所示。



3-15 模拟 PID 控制系统原理框图

其中 $r(t)$ 为系统给定信号， $c(t)$ 为实际输出信号， $u(t)$ 为控制量。由上图可知模拟 PID 控制器由比例器（P）、积分器（I）和微分器（D）组成，比例器的作用是系统一旦出现偏差，比例器就立即产生调节作用以减少偏差，比例作用增大，可以加快系统的调节，缩短调节时间，使系统反应迅速，但是比例控制不能消除稳态误差；积分器的作用是一旦系统存在误差，积分控制作用就会不断积累，输出控制量以消除误差，因而，只要有充足的时间，积分控制将能完全消除系统的误差。积分作用的强弱取决于积分常数 T_I ， T_I 越小，积分作用越强，反之则积分作用越弱；微分器的作用是反应系统偏差的变化率，它能预见偏差的变化趋势，减小系统的超调量，克服振荡，使系统的稳定性提高，同时加快系统的动态响应速度，减小调节时间，从而改善系统的动态性能，一般的，比例器、积分器、微分器都是配合使用以达到稳定系统调节的目的。

在计算机控制系统中，PID 控制规律的实现就要用数值逼近的方法。当采样周期相当短时，用求和代替积分、用后相差分代替微分，使模拟 PID 离散化差分方程。因

此，可以将上图中的模拟 PID 控制系统框图转化为数字 PID 增量型控制算法方程，数字 PID 增量型控制算法表达式如下：

$$\Delta U(k) = U(k) - U(k-1) = K_p [e(k) - e(k-1)] + K_i e(k) + K_d [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)]$$

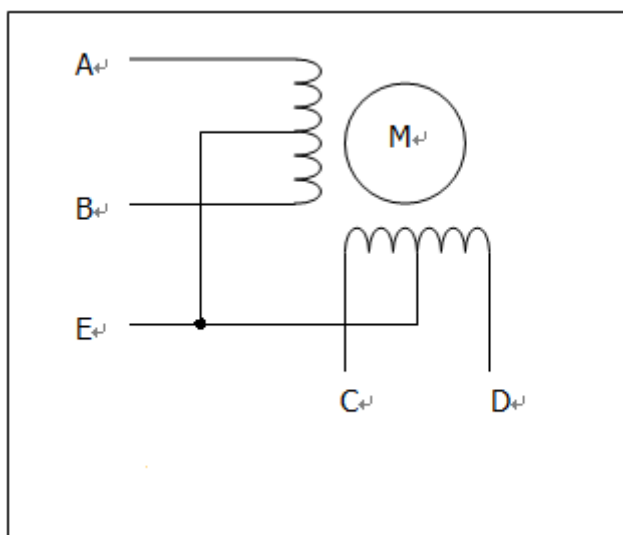
其中 K_p 为比例系数， K_i 为积分系数， K_d 为微分系数。

获得了 PID 算法的表达式后，只要确定下来 K_p 、 K_i 和 K_d ，通过测量红外对管进行三次不同的测速得到 $e(k-2)$ 、 $e(k-1)$ 和 $e(k)$ ，得出数字 PID 速度增量 $\Delta U(k)$ ，再根据增量对输出的 PWM 信号进行适当调节，即可稳定的控制电机的转速。

3.4.5 步进电机工作原理

步进电机是将电脉冲信号转换为角位移或线位移的开环控制元件。在非超载情况下，电机的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率和脉冲数，而不受负载脉冲的影响，即给电机一个脉冲信号，电机则转过一个步距角。这一线性关系的存在，加上步进电机只有周期性的误差而无积累误差等特点，使得步进电机在速度、位置等等控制领域的控制操作非常简单。步进电机的步距角和转速只和输入的脉冲频率有关，和环境温度、气压、振动无关，也不受电网电压的波动和负载变化的影响。因此，步进电机多应用在需要精确定位的场合。

步进电机的励磁方式：目前常用的步进电机是五线四相制，电路等效图如图 3-16 所示。



3-16 5 线 4 相步进电机等效电路图

1)、1 相励磁法：每一瞬间只有一个线圈导通，其他线圈休息。其特点是励磁方法简单，耗电低，且精确度非常高，每次励磁信号走的角是标称角度。但是力矩比较小、振动比较大。

2)、2 相励磁法：每一瞬间有两个线圈同时导通，特点是力矩大、振动比较小，

每次转动都是编程角度。

3)、1-2 相励磁法：1 相和 2 相轮流交替导通，精度较高，且运转平滑。每送一个励磁信号转动二分之一标称角度，又称半步驱动。

1 相励磁、2 相励磁和 1-2 相励磁方式如图 3-17 所示。

1 相励磁					2 相励磁					1-2 相励磁				
步	A	B	C	D	步	A	B	C	D	步	A	B	C	D
1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
2	0	1	0	0	2	0	1	1	0	2	1	1	0	0
3	0	0	1	0	3	0	0	1	1	3	0	1	0	0
4	0	0	0	1	4	1	0	0	1	4	0	1	1	0
5	1	0	0	0	5	1	1	0	0	5	0	0	1	0
6	0	1	0	0	6	0	1	1	0	6	0	0	1	1
7	0	0	1	0	7	0	0	1	1	7	0	0	0	1
8	0	0	0	1	8	1	0	0	1	8	1	0	0	1

3-17 步进电机励磁方式示意图

步进电机角度控制：步进电机是以每步转动一定角度运行的，这个转动角度就是步进电机的步距角，出厂时就已经设定好，只要给步进电机一个电流脉冲，步进电机就转动一个步距角，根据这个原理，可以控制步进电机转动一定的角度，以达到非常精准的角度和位置控制。例如，一个减速比为 1/64、步距角为 5.625° 的五线四相八拍步进电机，如果给步进电机一个电流脉冲，那么步进电机转动的角度为： $5.625^{\circ} / 64 = 0.087890625^{\circ}$ ，如果步进电机接成四相 1-2 励磁，那么一个八拍所转动的角度就为： $8 * 0.087890625^{\circ} = 0.703125^{\circ}$ ，即步进电机转动一周需要转动 $360^{\circ} / 0.703125^{\circ} = 512$ 个八拍，因此，根据八拍循环的次数就可以控制步进电机转动不同的角度，如需转动 90°，那么需让八拍循环： $512 / 4 = 128$ 次。

步进电机速度控制：步进电机不同于直流电机，步进电机受电压的影响非常小，因此无法用增加或减小加在步进电机两端的电压大小来调节速度。步进电机起步速度根据步进电机不同一般在 150~250r/min，因此其转速比较低。提高步进电机的转速可以先起步以下速度起步，逐渐加速至最高速度，但是步进电机不可无限制加速，步进电机的最大速度受其工作频率限制，如果步进电机的输入脉冲频率高于其额定工作频率的时候，步进电机将停止转动，有时会伴有啸叫或震动，所以要改变速度，可通过调整步进电机的脉冲输入频率来控制步进电机的速度，但前提是脉冲输入频率不得高于其额定工作频率。而如果步进电机的转速提高了，其力矩也会相应的降低，且速度越高，力矩下降得越快，其解决方法就是在保证步进电机正常工作的状态下增大脉冲电流值，在不至于烧毁步进电机线圈的情况下可以输入 50mA 左右的脉冲电流。

3.4.6 小车电机驱动方案论证

小车驱动方式有多种，根据不同的要求选择不同的电机既能完美的实现各种动作，也可以节约成本。电机作为小车的动力源部分，其性能的好坏决定了小车的控制执行能力，最常用的电机有直流电机、步进电机及舵机。目前利用不同电机组装成的智能小车大致有三种驱动方式：

1)、前轮舵机控制转弯，后轮直流电机直驱。这种智能小车是利用一个舵机和一个直流电机来驱动小车，舵机经齿轮安装在前排双轮上，通过舵机大力矩、精准的角度控制来使小车的左、右转弯，直流电机通过齿轮带动后排双轮的转动，以提供小车的动力。这种智能小车优点在于转弯灵活，控制方便，单片机程序编写简单，但是小车前排转向轮与舵机的连接比较困难，而且由于小车只有在直流电机提供给小车动力后小车配合舵机转动才能实现车体的转弯，因此无法实现小车车体转动角度的精准控制。

2)、前轮万向轮，后轮双直流电机驱动。这种智能小车是利用两个直流电机来驱动小车，两个直流电机分别安装在后轮上，分别带动后面两个车轮的转动，前轮万向轮一方面可以支撑小车，另一方面方便小车的灵活转弯。采用后轮分别驱动的优点在于小车转弯非常的灵活，而且车体的机械制制作很方便，也可以使小车车体在原地转动相应角度，但是因直流电机是开环的，要保证两个电机转速相同而使小车走直线需小车每个车轮安装测速装置，并将反馈信息送到单片机以实现闭环，这样就同时增加了硬件和软件设计的难度。

3)、前轮万向轮，后轮双步进电机驱动。这种驱动方式和第二种驱动方式一样，只不过直流电机换成了步进电机，步进电机的优点就是其转动的角度和速度是通过输入的电流脉冲来控制的，而且步进电机不会出现累计误差，因此不需要实现闭环电路设计，其最大的优点在于能让车体原地转动相应角度或弧线转弯，转弯非常的灵活、准确，而且也十分的容易驱动控制，力矩也比较大，唯一不足的地方就是其转速不是很快，可以通过选取不同型号的步进电机来实现高速旋转。

考虑到本次设计对小车角度的控制要求比较高，而且需要保证小车在车道行驶时不能跑出车道，因此，本次设计采第二种方案和第三种方案进行对比，通过优中选优的方式来使设计更加完善。

3.4.7 电机驱动电路设计

因单片机工作时，I/O 口输出电流非常小，不足以带动电机的转动，单片机控制外围器件大多需要接驱动电路，电机驱动电路的作用就是将单片机的控制信号放大到能正常驱动电机。一个电动小车整体的运行性能，首先取决于它的电源模块和电机驱动

模块。电机驱动模块要求驱动性能具有高转矩重量比、宽调速脉冲范围、高可靠性，而且电机的转矩-转速特性受电源功率的影响，这就要求驱动具有尽可能宽的高效率区。

我们所使用的电机一般为直流电机，主要用到永磁直流电机、步进电机及伺服电机三种。直流电机的控制很简单，性能出众，直流电源也容易实现。这种电机的驱动控制需要电机驱动芯片进行驱动，常用的电机驱动芯片有 L297/298，MC33886，ML4428 等。其中使用最广泛的电机驱动芯片就是 L298N。L298N 是 SGS 公司的产品，内部包含 4 通道逻辑驱动电路。是一种二相和四相电机的专用驱动器，即内含二个 H 桥的高电压大电流双全桥式驱动器，接收标准 TTL 逻辑电平信号，可驱动 46V、2A 以下的电机。其管脚图分别如图 3-18 所示。

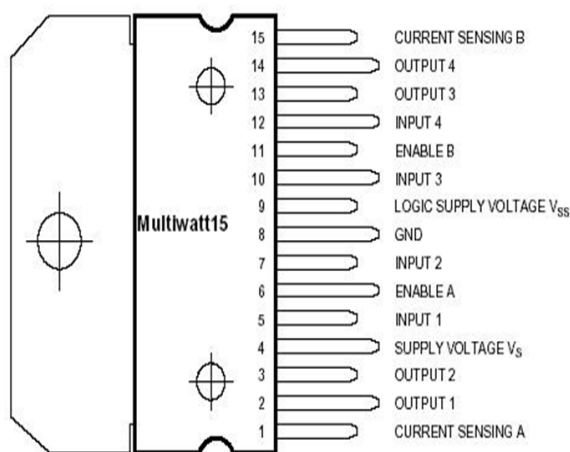


图 3-18 L298N 管脚图

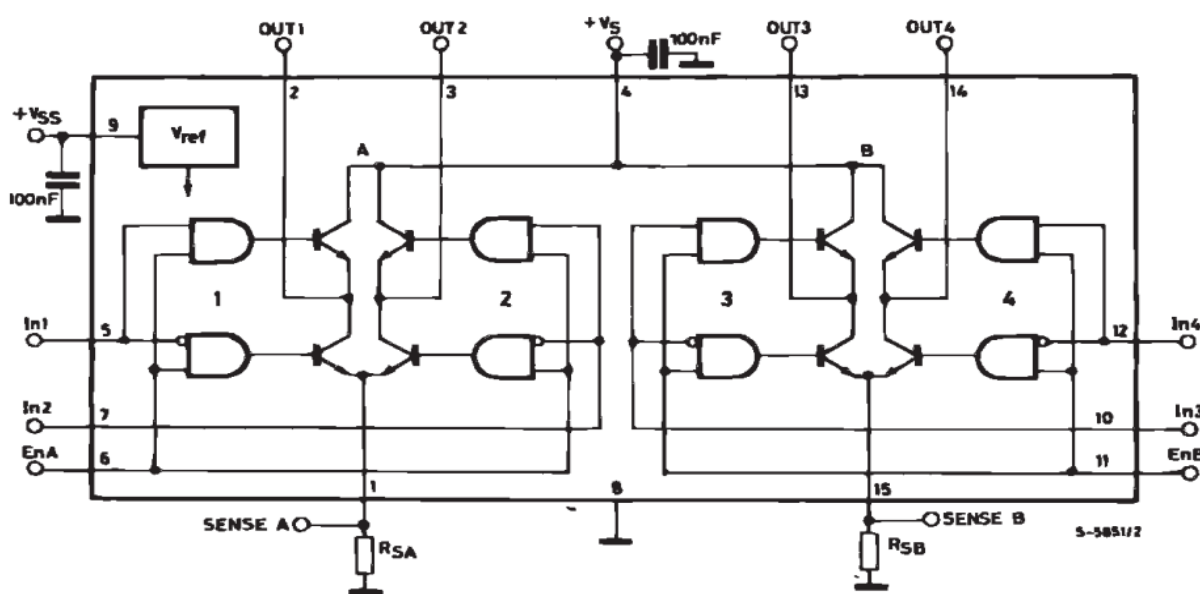


图 3-19 L298N 内部原理框图

由芯片数据手册可以查出 L298N 内部原理框图, 根据手册可以看出 1 脚、8 脚和 15 脚是接地端, 4 管脚 VS 接 2.5~46V 的电压, 用来驱动电机, 该脚必须接外部 2.5~46V, 一般情况以外接+12V 电压为最佳。9 管脚接 4.5~7V 的电压, 用来给 L298N 芯片提供工作电压, 5 脚和 7 脚为电机 A 输入端, 6 脚为电机 A 的使能端, 2 脚和 3 脚为 A 电机输出端, 10 脚和 12 脚为电机 B 输入端, 11 脚为 B 电机的使能端, 13 脚和 14 脚为 B 电机的输出端。L298N 电机驱动芯片可以同时驱动两个直流电机或者驱动一个四相步进电机。驱动另个直流电机的输入端与使能端接受不同的信号对小车转动控制表如表 3-20 所示。

表 3-20 电机控制信号对应次奥车转动方式表

电机	转动方式	控制端 IN1	控制端 IN2	控制端 IN3	控制端 IN4	PWM 信号	
						调速端 ENA	调速端 ENB
A 电机	正转	1	0	—	—	1	—
	反转	0	1	—	—	1	—
	停转	0	0	—	—	1	—
B 电机	正转	—	—	1	0	—	1
	反转	—	—	0	1	—	1
	停转	—	—	0	0	—	1

要想对电机进行多级调速，可以通过使能端 ENA 和 ENB 输出 PWM 信号来调节，占空比越大，速度越快。电机驱动电路原理图如图 3-21 所示。

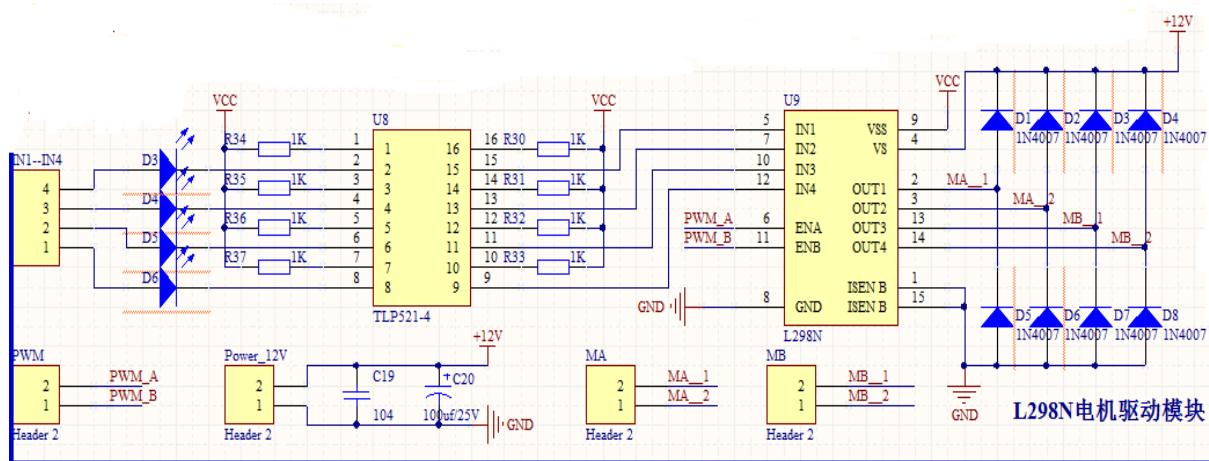


图 3-21 L298N 电机驱动模块电路原理图

原理图中接口端子 IN1—IN2 接单片机 I/O 口，D3—D6 为信号指示灯。由于 L298N 可以驱动 46V、2A 的电机，其涉及到的是比单片机额定工作电压和额定电路高的输出，采用光电耦合器可以使单片机控制端与驱动芯片进行隔离，防止大电流倒灌到单片机内烧毁单片机，由于我们使用的电机是线圈式的，在从运行状态突然转换到停止状态和从顺时针状态突然转换到逆时针状态时会形成很大的反向电流，在电路中加入二极管的作用就是在产生反向电流的时候进行泄流，保护芯片的安全。此电路可以驱

动两个直流电机和一个四相的步进电机，但是因实际设计时需要比较直流电机和步进电机对操作动作执行的精准度，因此还必须设计出能同时驱动两个步进电机的驱动电路。

步进电机的驱动采用 ULN2003 驱动芯片，电路图如图 3-22 所示。

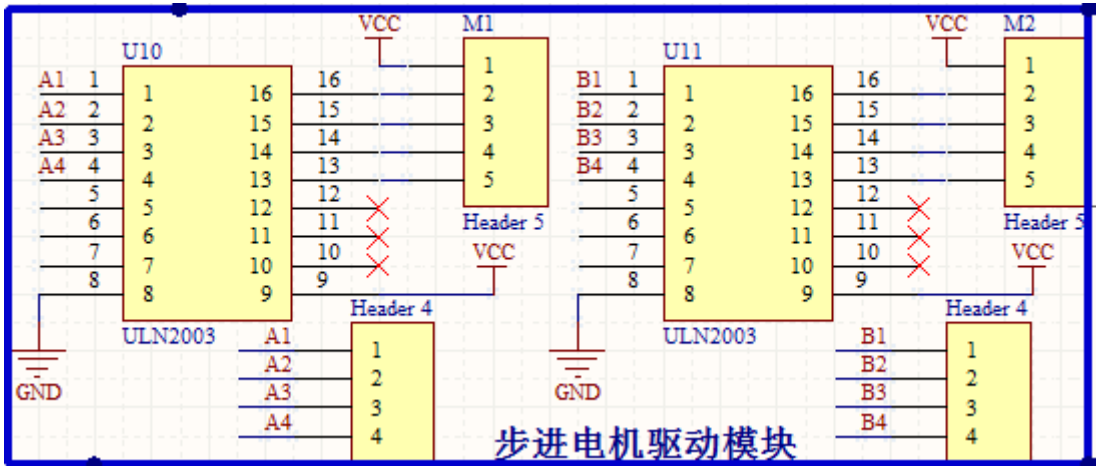


图 3-22(a) 步进电机驱动模块电路原理图

该电路设计比较简单，只要一块 ULN2003 做驱动芯片，对单片机输出的电流进行放大，以使其产生足够的电流驱动步进电机转动。ULN2003 芯片内置 7 个反向器，内部原理图如上右图所示。使用两个 ULN2003 输入接单片机，输出直接接步进电机，就可以同时驱动两个步进电机。该电路比较使用 L298N 电机驱动电路要简单，且容易实现，控制步进电机也非常的简单，缺点就是占用单片机的 I/O 口太多。

第四章 系统软件设计

4.1 路标部分软件设计

路标部分作为信息发送单元主要超声波测距模块、红外发射模块、单片机最小系统控制模块。超声波测距模块主要是检测小车与路标之间的距离，以作为路标什么时候开始转弯的依据，红外发射模块只要向小车发送控制信号，单片机最小系统主要是起主控制芯片的作用。路标部分程序设计流程如图 4-1 所示。

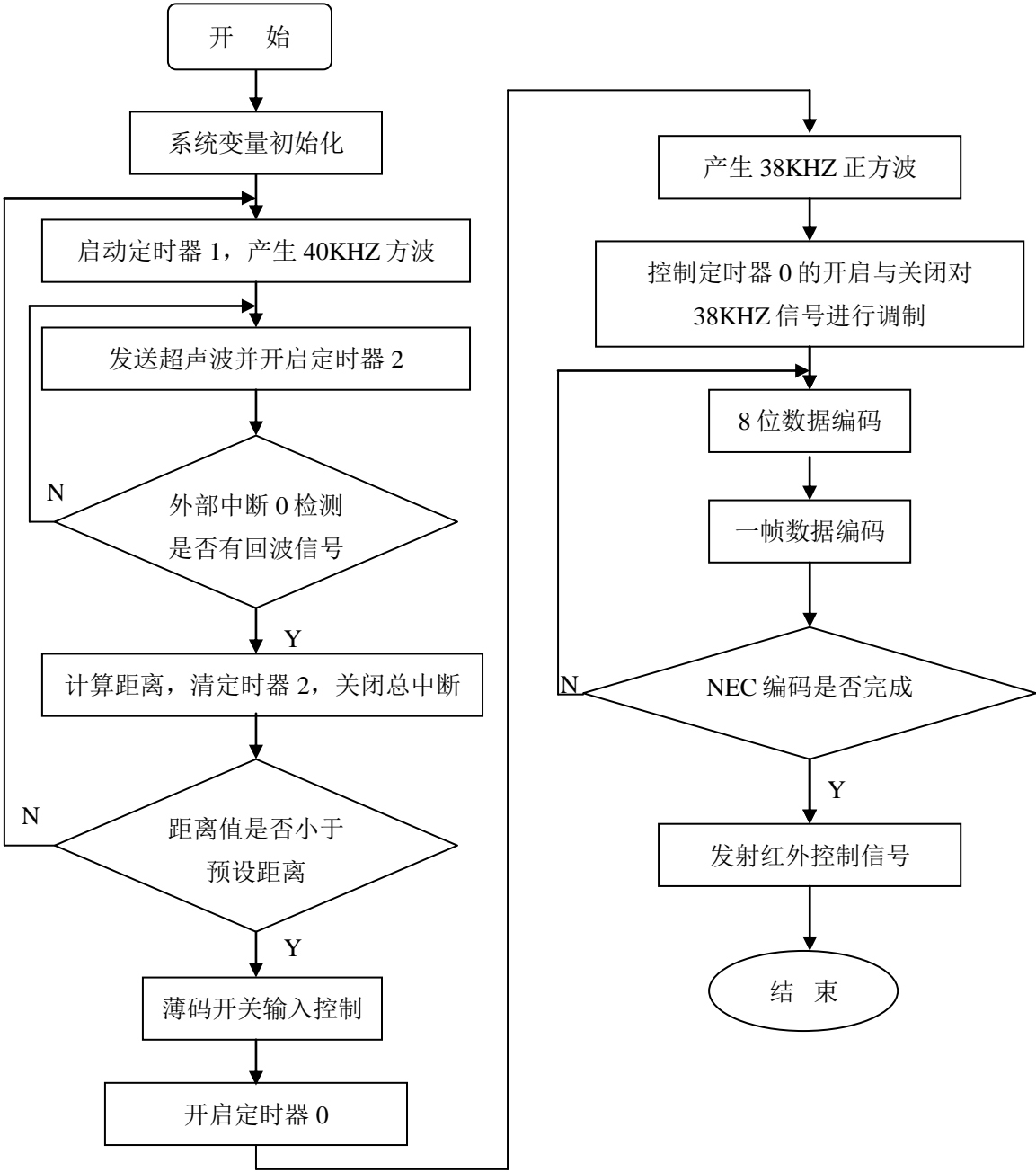
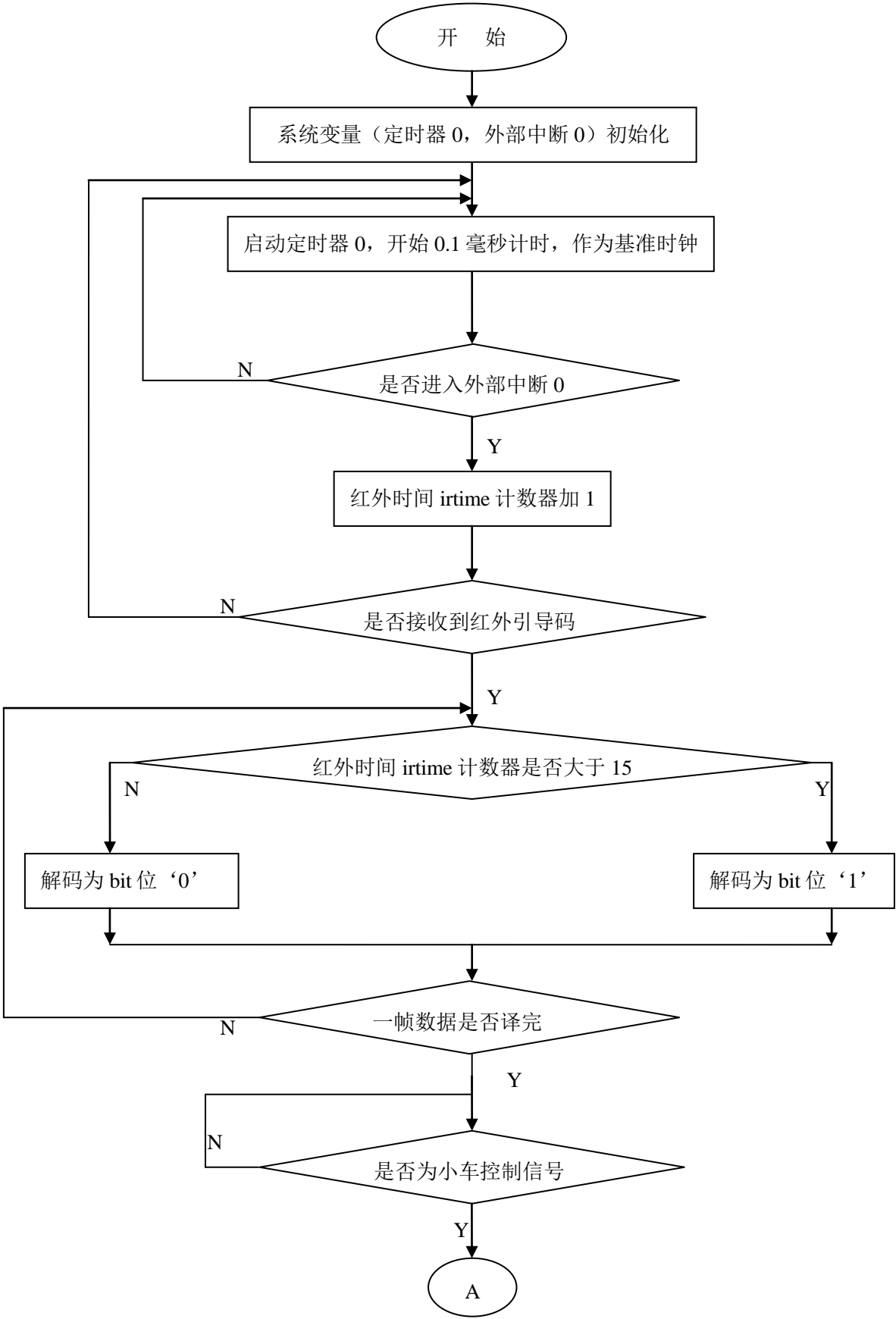


图 4-1 路标部分程序设计流程图

路标部分程序设计流程图：程序开始时先对系统相应变量进行初始化，需要对定时器 0、定时器 1、定时器 2、外部中断 0 进行相应的初始化，接着，开始启动定时器 1，通过计时 12ms 来产生 40KHZ 方波，每来一次中断，超声波输出端就取反一次，在发射超声波的同时，开启定时器 2，开始计时，然后程序不断检测是否接收到回波信号，一旦接收到回波信号，那么，程序就进入外部中断 0，开始计算距离，这时，关闭掉总中断，对定时器 2 进行清 0 处理，然后将计算出来的距离值与预设的距离值相比较，如果大于预设距离，那么继续发射超声波并检测回波，如果小于预设距离，那么，就读取薄码开关码值，确定需要向外发送什么样的红外信号（是左转信号、右转信号还是停止信号）。程序接下来就开始进行红外 NEC 编码了。首先开启定时器 0，定时 13ms，产生频率为 38KHZ 占空比为 1:3 正方波，然后通过控制定时器 0 的开启与关闭对 38KHZ 的方波进行调制，并实现红外数据的 NEC 编码（先发送 0.565ms 的 38KHZ 的正方波，然后停止 0.56ms 时间不发射 38KHZ 的正方波编码为“0”；先发送 0.565ms 的 38KHZ 的正方波，然后停止 1.865ms 时间不发射 38KHZ 的正反波编码为“1”，这样一每个字节 8bit，每一帧数据 4 字节 32 位进行编码发送, NEC 标准格式为 9ms 的高电平加上 4.5ms 的低电平，两个 8 位用户码，一个 8 位数据码和 8 位数据反码。8 位用户码也叫地址码，主要是为了区别不同的遥控器，该地址码可以自己设定地址。数据码是用户需要发射的数据，数据反码是对信号的校验，通过校验可以提高信息传输的可靠性），判断如果 NEC 编码是否完成，如果完成一帧数据的 NEC 编码，那么，就发射红外控制信号，如果没有完成，则继续编码。

4.2 小车部分软件设计

小车部分主要包括小车底板、电机驱动模块、单片机最小系统控制模块及红外接收模块，红外接收模块主要接收红外控制信号，送到单片机最小系统进行处理，在此处单片机最小系统主要是对收到到的红外控制信号进行 NEC 解码，同时，单片机还必需完成对电机的控制，单片机通过电机驱动将控制信号反应到电机上，从而使小车执行相应的动作。小车部分程序设计流程图如图 4-2 所示。



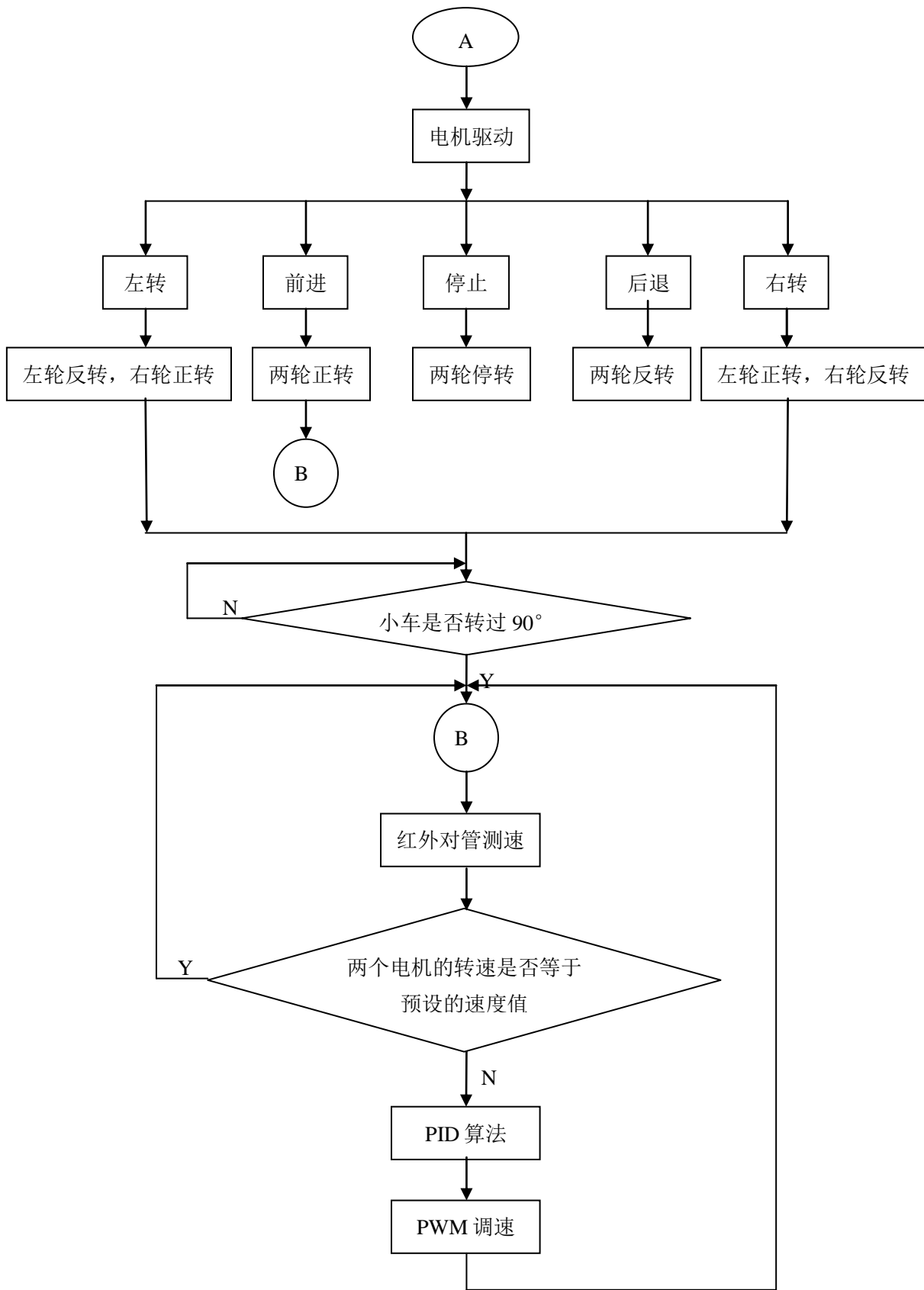


图 4-2 小车部分程序流程图

小车部分程序流程图：首先，程序开始时，对相应的系统变量进行初始化，其中包括定时器 0、外部中断 0，及其中涉及到的数组等，然后开启定时器 0，计时时间为

0.1ms，作为整个系统最基本的时钟，接下来开始检测外部中断 0 是否有下降沿触发中断，如果没有，那么定时器 0 继续 0.1 毫秒基准计时，如果有下降沿触发外部中断，那么，程序就进入外部中断 0 服务程序子函数中，在中断函数中，作为红外时间计数器的 irtime 变量开始每触发一次外部中断就自加一次，红外时间计数器主要是计算两次中断触发的时间差，当检测到红外 NEC 编码的引导码时，就将两次中断触发的时间差存放在一拥有 33 个元素的数组里面，同时红外时间计数器清 0，并依次判断这 33 个数组元素是否大于 15（编码“0”总时长为 1.125ms，编码“1”总时长为 2.25ms，去编码“0”和“1”的中间时间即 $(1.125+2.25)/2=1.6875\text{ms}$ ，若分割线取 1.5ms，而基本时间单位为 0.1ms，那么通过红外时间判断，就是 $1.5\text{ms}/0.1\text{ms}=15$ ），若果大于 15，则表示为“1”，小于 15 则表示为“0”，这样将一帧数据 32 位包括舍弃位引导码，就译码出来了。程序继续向下执行，判断接收到的红外信号是否为小车的控制信号，如果不是，那么继续判断，如果是，那么就根据红外信号向电机驱动器发送控制信号；如果红外信号为左转，那么电机驱动器就驱动左电机反转，驱动右电机正转；如果红外信号为前进，那么电机驱动器就驱动两个电机正转；如果红外信号为停止，那么电机驱动器就驱动两个电机停止转动；如果红外信号为后退，那么电机驱动器就驱动两个电机反转；如果红外信号为右转，那么电机驱动器就驱动左电机正转，驱动右电机反战。这样就实现了小车的红外控制。当小车的控制信号为转弯控制的时候，就判断小车是否转过 90° 直角，如果转过 90° ，那么小车开始直线行驶，这时，就通过红外对管分别对两个电机进行速度的测量，当测得的速度值不等于设定的电机转速值时，主函数就调用 PID 算法，实现稳定调节，然后再通过 PWM 调制法对速度进行调节，以使小车在直道上行驶的时候走的是一条标准的直线。

第五章 系统调试与分析

5.1 路标部分调试与分析

路标只要是其测量、标示作用。路标测量的精准度和标示的可分辨度直接影响了整个系统的可靠性。因此使用超声波模块必须要达到非常准确的测距，实验中通过蜂鸣器反应距离小于某一预定值时单片机控制相关器件做出反应来测试超声波测距模块的测距精度，多次实验显示在温度为 25℃ 时，经过软件补偿，在不使用 DS18B20 进行温度补偿的情况下，超声波测距稳定测量范围为 6cm—210cm，当测量距离在 6cm—150cm 之间时，测量误差在 0.5cm—1cm 之间，当测量距离在 100cm—210cm 之间时，测量误差在 1cm—2cm 之间，误差的来源主要是环境温度的影响和被测物体表面的平整度。超声波测距模块可以通过加前端放大电路，使加在超声波探头两端的高电压高于 5V、低电压低于 0V 而形成双相电压，以增加共振片振动的幅度，从而增加超声波发射功率，但是本次设计因需在短距离进行测量，如果增加发射功率反而会影响实验效果，所以测距稳定在 6cm—150cm 之间时，测量误差在 0.5cm—1cm 之间刚好可以达到要求，通过小车测试结果显示，小车能在与预设距离误差不超过 2cm 的位置进行转弯。红外发射模块要求遥控距离尽量远，抗干扰能力尽量强，这就要求红外发射电路的功率要尽可能的大，实验使用手持式红外遥控器进行测试，结果显示红外遥控最远距离为 8-9m。在红外发射管上套上一个热缩套管再次实验时发现测量距离有所增加，在室内可以达到 10m 的遥控距离。若要再次增加红外发射距离，可以使用双红外发射管进行同时发射，这样可以使发射的距离尽可能的远。若要提高红外遥控的抗干扰能力，可以在红外接受头上安装滤光片以滤掉相关光线干扰。

由于路标部分是需对小车的距离进行测量，因此超声波探头的安装要求比较高，超声波探头的高度要适中，以能稳定接收到超声波回波信号为准，同时由于小车车体并不是平整的，无法反射超声波回波信号，可以在小车前面适当加一块平面挡板，以做超声波反射回波的“障碍物”。

5.2 小车部分调试与分析

小车是主要动作执行部件，是对操作信号的具体反映。小车动作是否灵活、响应时间是否短直接影响整个系统性能的好坏，而小车的动作灵活与否主要取决于小车动力部分，即电机。直流电机调速范围大，驱动简单，有电压就可以使其发生转动，在实验中使用 L298N 电机驱动模块驱动两个直流电机带动小车车轮转动，利用红外遥控器对小车的运行状态进行控制，实验结果显示小车转动非常灵活，前进、后退、转弯

都非常的灵活，但是在前进时，因两个直流电机转速不一样，小车行驶过程中无法沿直线行驶，甚至小车时有出现转圈现象。在增加红外对管测速模块使电机控制成为闭环后，同时在程序中添加测速功能和 PID 算法实现速度的稳定控制后，实验发现由于红外对管安装的位置不方便，而且光电码盘在制作中也过于粗糙，再加上直流电机转速比较慢，红外对管测速模块起到的作用不是很大，导致小车的速度控制无法达到满意的结果，特别是在控制小车转动相应角度时，因为要通过读取码盘，通过码盘作相应计算才可控制小车转动的角度，这样导致小车角度的控制难度非常大，要经过反馈等一系列测量，而且精度不高。因此在实际中放弃了使用直流电机的驱动方法。

实验中使用步进电机作为动力装置，电路采用步进电机驱动模块，同样通过红外遥控器对小车进行控制，实验对小车左转、右转、前进、后退等控制，结果显示小车的转动非常的灵活，反应速度很快，而且转弯控制非常方便，精确度比较高，步进电机的误差在 3%~5%，而且其误差也不会累计，由于步进电机的这种有点，可以省去红外对管的测速模块，这样对电路的设计有了较大的简化，而且步进电机的控制也比较简单，这样对软件的设计也有了较大的简化。兼有这些优点，实际使用小车的驱动部分使用步进电机。

最终试验演示时，步进电机驱动的小车从远处驶向路标，行驶过程中能保证直线行驶，在距离路标 15cm 左右时路标的距离指示灯开始发出提示信号，此时小车开始转弯，当转过 90°（直角）时，小车继续直线行驶。

总 结

本设计主要介绍了智能小车系统的原理和设计，主要涉及到的知识有单片机编程、红外遥控、超声波测距、电机驱动、红外测速及 PID 算法的实现。文章中详细介绍了各个模块的原理及设计思路，每一个模块中涉及到的元件的选取都进行了详细的分析和介绍，并且都经过试验得到了证明。

本设计最大的优点就是分模块分析，将整个系统分成若干个模块。其中涉及到的模块包括单片机最小系统模块、红外发射模块、红外接收模块、超声波测距模块、电机驱动模块、红外对管测速模块。在最小系统模块的设计中摒弃了传统的 MAX232 芯片的使用，而是使用到了 USB 转 TTL 单片机下载器，该下载器参考 PL2303 的数据手册进行设计，使用了 USB 接口，解决了笔记本电脑没有串口的麻烦，USB 接口体积小，节省了空间，经测试，该下载器工作正常，而且经常被同学拿去做串口通信实验，非常好用。红外发射模块电路经过自己不断的尝试设计出来的。根据理论计算再加上实验，最终找到三极管集电极上电阻的最佳阻值。虽然电路十分的简单，但是在不断的尝试中我也收获到了成功的喜悦。超声波测距模块参考相关资料，在实际设计中增加了三极管做放大驱动发现效果不佳。电机驱动模块使用到了两种驱动方式，一种是 L298N 做驱动芯片驱动直流电机，一种是两片 ULN2003 做驱动芯片驱动步进电机，在使用 L298N 做驱动器时，试验中因没有考虑到电机驱动电压 12V 需要外接电源，直接通过外部 6V 给整个系统供电，利用 7805 将电压降为+5V，为单片机提供工作电源。结果发现无论怎么修改程序都无法达到直流电机的理想控制，经仔细阅读芯片手册和相关资料后才找到问题的症结，这也给了我一个非常好的教训，在没有将问题弄明白之前，不要急着动手，否则浪费的将是自己最宝贵的时间。红外对管电模块的设计是自己翻阅大量资料后设计出来的，其中的相关元件参数也是自己根据资料和自己不断试验的出来的比较合适的值，增加用 NE555 做的施密特触发器是对电路的改进，能更加有效的将波形整形为正方波以方便单片机识别。

本设计的精度相对还是比较高的，超声波测距的精度控制在 1-2cm，而且红外遥控的距离也达到了 10m 左右，对步进电机的控制达到了任意角度的转动控制。同时有部分设计（如对直流电机的控制），没有达到令人满意的效果，这也是自己知识掌握得不够牢固、动手锻炼不够的缘故，在将来的生活学习中我将不断进步，弥补自己的不足。

参考文献

- [1] 杨武强. 机器人超声避障控制系统的研究[A]. 北京: 中国石油大学硕士论文[D], 2007.
- [2] 宋长套等. 移动机器人超声波避碰传感器系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (12): 1711—1713
- [3] HERR NGTON D R. Ultrasonic range finder user few components [J].END, 1999(6): 23-26
- [4] 苏炜, 龚壁建, 潘笑. 超声波测距误差分析[J]. 传感器技术, 2004, 23 (6): 8-11.
- [5] 李建华. 实用遥控器原理与制作. 北京: 人民邮电出版社, 1996:35~36
- [6] 席细平, 马重芳, 王伟. 超声波技术应用现状. 山西化工, 2007, 27(1): 25-29
- [7] 王文辉. 电路与电子学（第3版）. 北京: 电子工业出版社, 2006
- [8] 蓝和慧, 宁武, 闫晓金, 全国大学生电子设计竞赛单片机应用技能精解. 北京: 电子工业出版社, 2009. 4
- [9] 王怀群, 程相波. 单片机项目教程. 北京: 金盾出版社, 2010. 1
- [10] 康华光. 电子技术基础（第5版）数字部分. 北京: 高等教育出版社, 2006. 1
- [11] 吴爱萍. 基于 AT89C81 单片机的多功能红外遥控器设计. 仪表技术与传感器报, 2008 (8): 78~80
- [12] 谭浩强. C 程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2006
- [13] 李群芳, 张士军, 黄建. 单片微型计算机与接口技术（第三版）. 北京: 电子工业出版社, 2008. 5

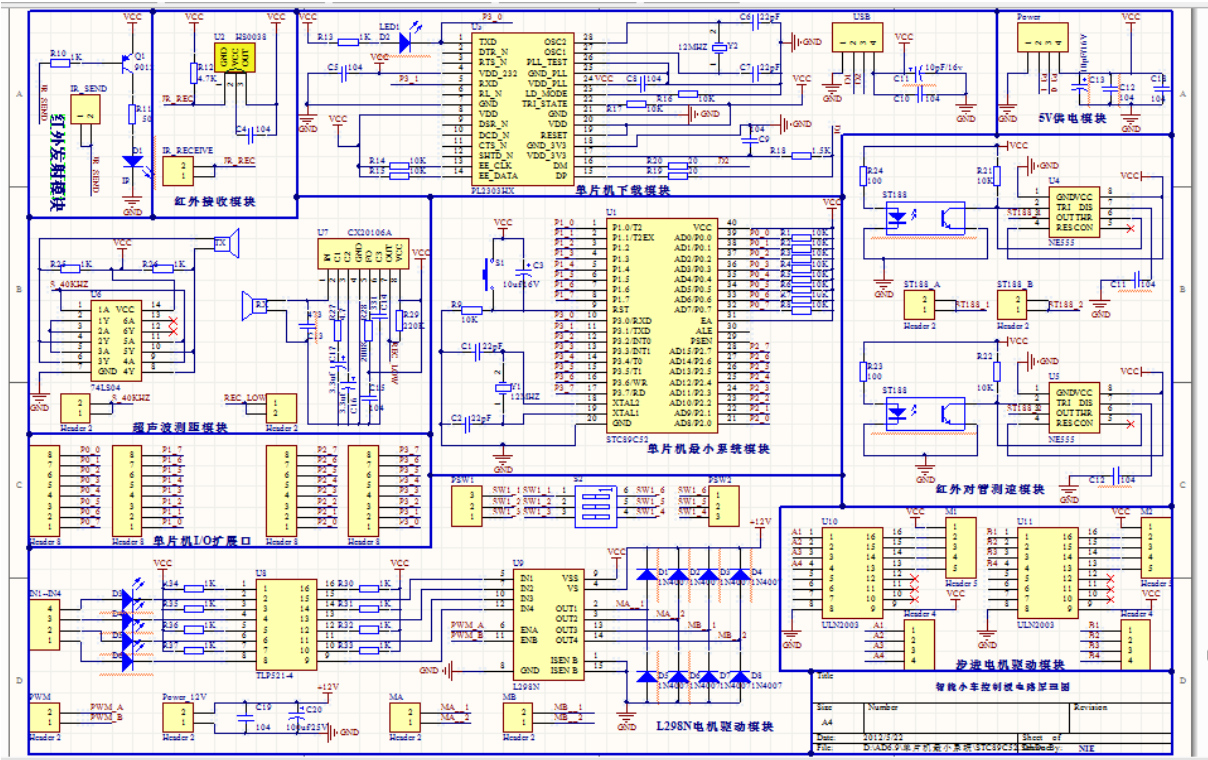
致 谢

首先，感谢我的指导老师卢益民老师。卢老师在我做毕业设计的整个过程中都给予我很大的帮助。在毕业设计开始时，卢老师和我详细讨论了毕业设计的论证方案，在论证方案中，卢老师给我提了非常宝贵的意见和建议，让我有了较详细的工作计划，同时卢老师还为我们开辟了一个私人实验室，让我们有足够的空间完成我的毕业设计；在实验室的那段日子里，卢老师经常过来指导我的实验，每次遇到疑难问题时，卢老师都非常有耐心的从百忙中抽出时间为我答疑，从电路的设计到调试整个过程中，我从卢老师那里学会了很多专业方面的知识；后期论文撰写上，卢老师总是一遍一遍，一个字一个字的为我检查论文，帮助我修改完善论文的撰写，在此我非常感谢我的指导老师卢益民老师，有了卢老师的教导我才最终能完成我的毕业设计，谢谢卢老师！。

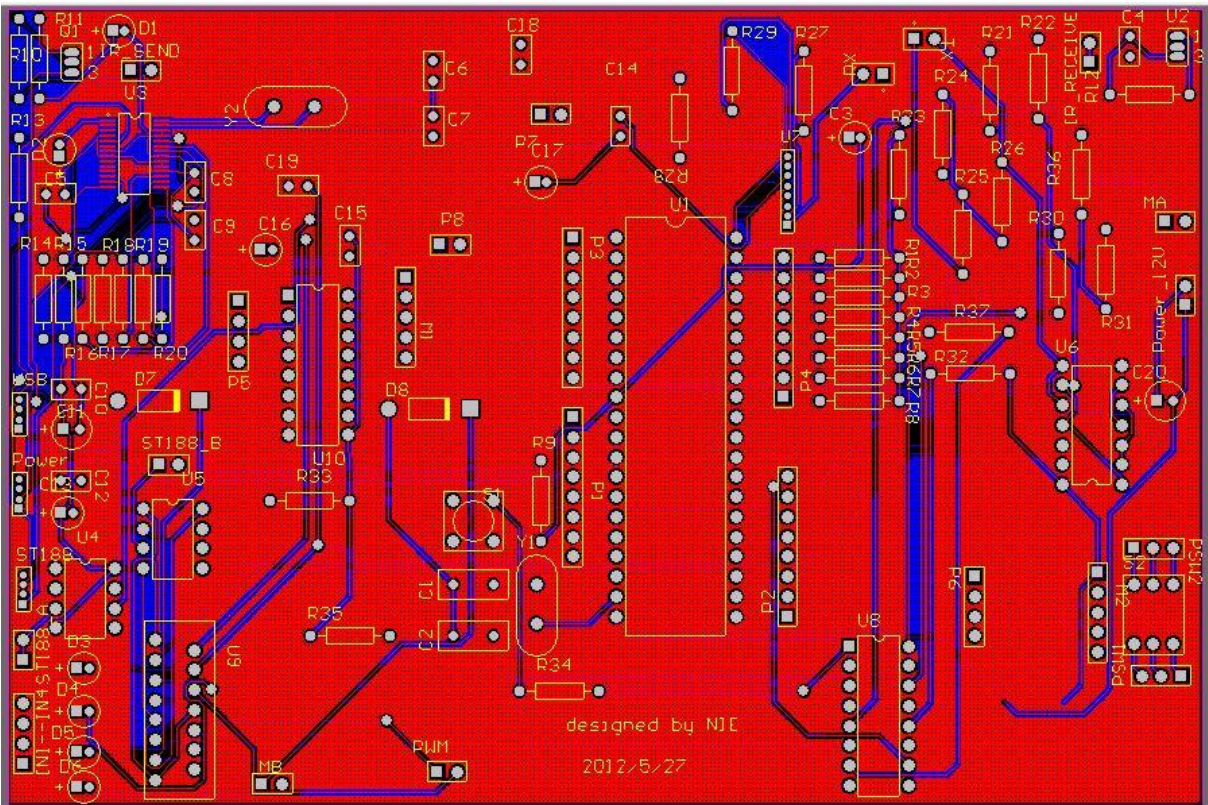
其次，我要感谢我的同学王大庆、张梦娇、陈文杰、牛龙，正因为有了他们的鼓励和帮助，我才有足够的信心来完成这次设计，他们的意见能够让我非常有效的解决实验中遇到的问题，从他们那我获益匪浅。

附录 1：电路原理图

智能小车电路原理图：

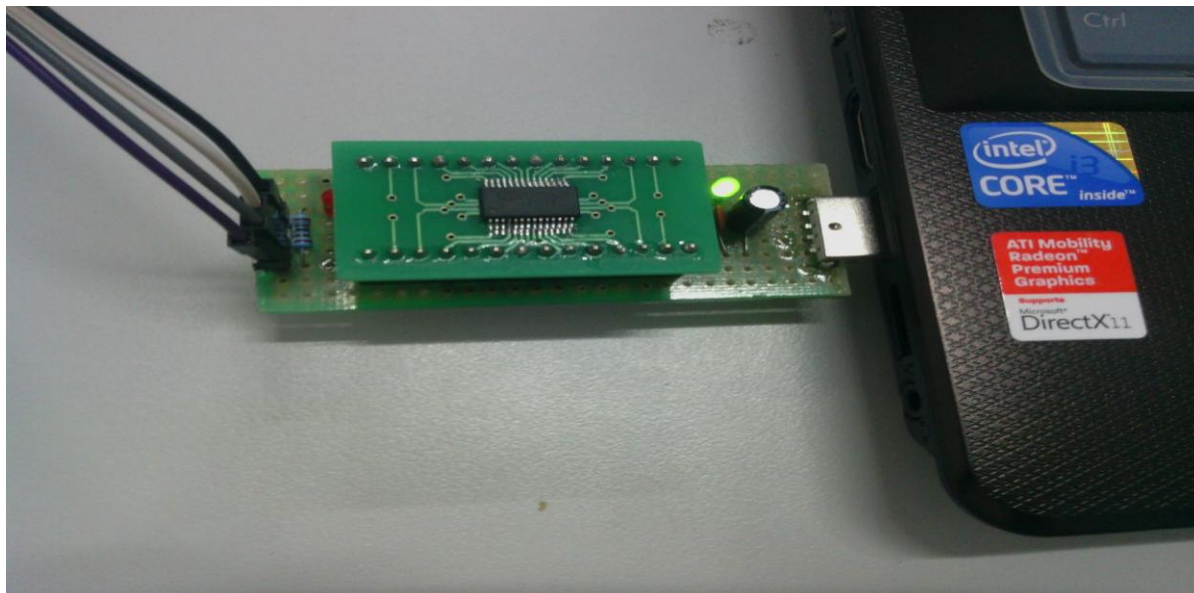


智能小车 PCB 图：

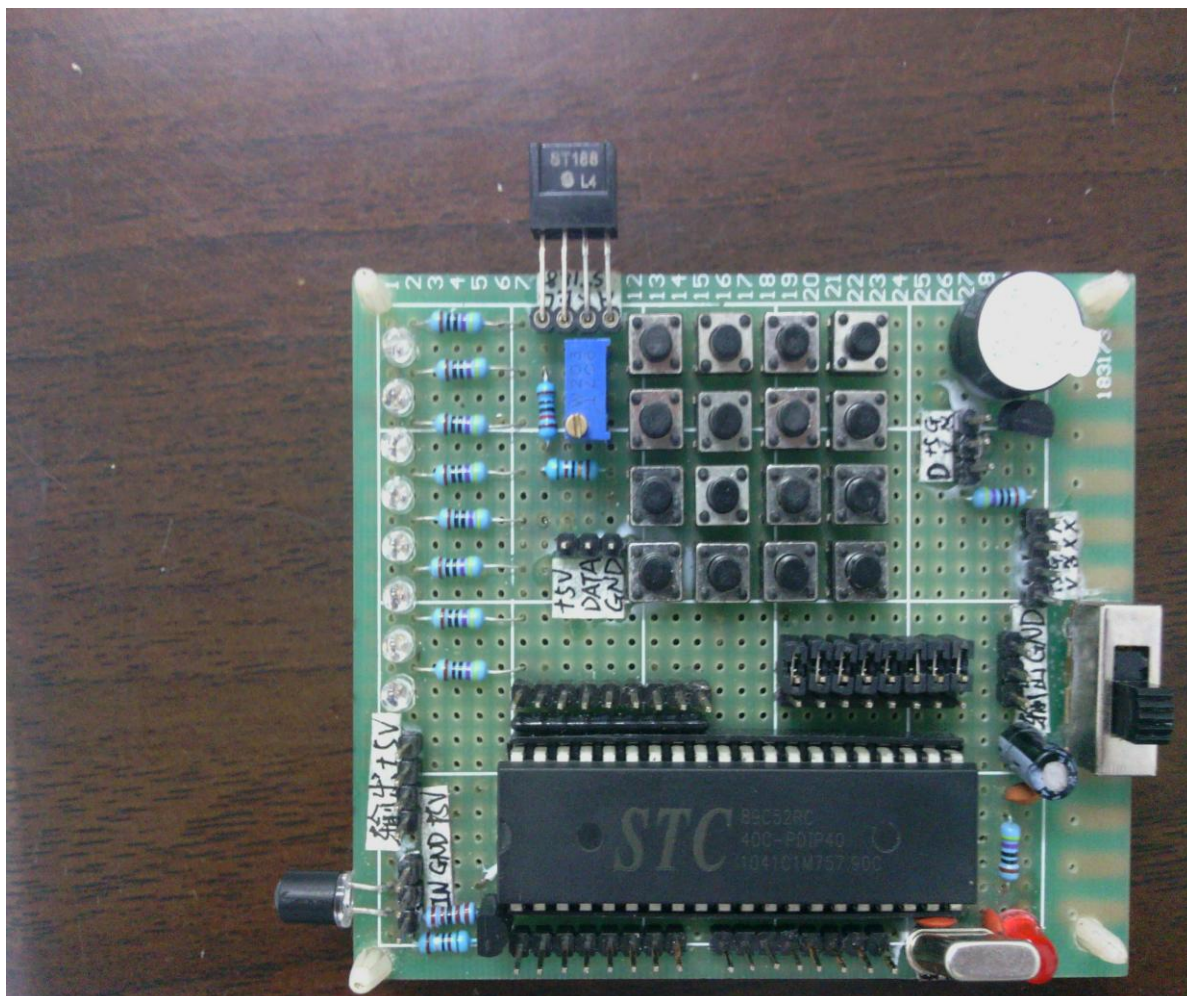


附录 2：实物图

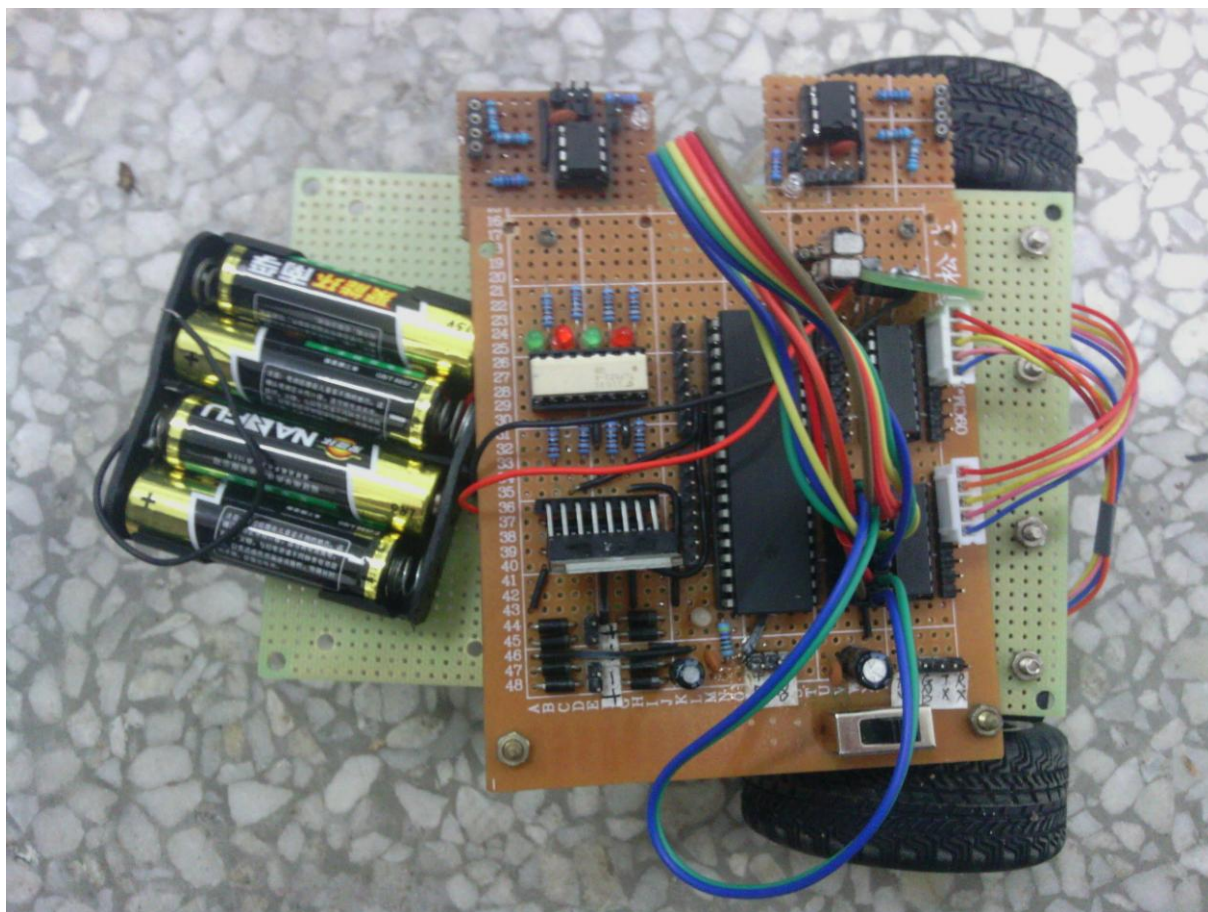
USB 转 TTL 单片机 ISP 下载器：



遥控器实物图：



小车实物图：步进电机驱动的小车



直流电机驱动的小车

