

浅谈机电及自动化专业的人才培养 入门方案 ——以智能循迹车为实例



目录

目录	1
前言	3
一、 基于飞思卡尔芯片的智能循迹车	1
1、智能循迹车简介	1
2、摄像头组方案	1
(1) CMOS 模拟摄像头	2
(2) CMOS 数字摄像头	3
3、光电组方案	4
(1) 红外传感器	4
(2) 激光传感器	6
4、电磁组方案	10
(1) 工型电感传感器	10
(2) 色环电感传感器	10
(3) 硬件设计	10
5、道路识别策略	11
(1) 摄像头信号采集	12
(2) 红外传感器信号采集	13
(3) 电磁传感器信号采集	13
6、电机驱动	14
7、速度检测	16
8、调试策略	17
(1) 速度调试（以摄像头组为例子）	17
(2) 综合调试	18
二、 入门级别智能车方案——基于 STC89C52 单片机智能小车	19
1、简介	19
2、方案	19
(1) 基于红外传感器循迹方案	19
(2) 基于激光传感器循迹方案	20
3、利用中断调制 PWM 占空比驱动直流电机	23
(1) 直流电机的实物图片	23
(2) 直流电机的介绍	23
(3) 直流电机的驱动	23
4、利用中断调制 PWM 占空比驱动舵机摇头	24
1、舵机的原理及其应用	24
(1) 舵机的实物图片：	24
(2) 舵机的介绍	25
(3) 舵机的工作原理	25
5、数码管显示	25
1、数码管原理	25
6、LED 流水灯控制	27

LED 灯参考电路图.....	27
7、液晶显示.....	28
(1) 1602 液晶显示.....	28
a 主要技术参数.....	28
b 信号接脚.....	29
c 基本操作时序.....	29
d 电路图接法.....	29
(2) 12864 液晶显示.....	30
a 主要技术参数.....	30
b 信号接脚.....	30
c 基本操作时序.....	30
d 电路图接法.....	31
8、ADC0804.....	31
9、DAC0832.....	32
10、I2C 总线.....	34
11、矩阵控制.....	35
12、蜂鸣器控制.....	36

前言

智能化是 21 世纪机电一体化技术发展的一个重要发展方向。人工智能在机电一体化及自动控制领域日益得到重视，现阶段在机电一体化及自动化专业教学方式上，部分院校较重视实践而轻理论，部分院校较重视理论而轻实践，但有一个共同点就是：通过一些相关技能竞赛能够有效地提高学生的综合能力，在比赛过程中充分锻炼了参赛者理论知识和实操能力；如：飞思卡尔智能汽车竞赛，电子设计竞赛，机械创新设计竞赛，瑞萨竞赛等。借助竞赛平台来达到教学的目的，在今天已经非常普及了，本文将通过借助“智能循迹车”为例程，探讨实践与理论相结合的教学解决方案。给予实验室的老师和同学们一个参考的方案。

本文分两部分进行阐述，第一部分是“基于飞思卡尔芯片 MC9S12XS128MAL 的智能车方案”，第二部分是“基于 8051 系列单片机的智能车入门方案”，该方案是通过使用最普遍的 51 单片机进行模拟训练。

本文所讲述内容均是通过实例展示，大家可以根据实际情况进行相应的改动，如有更佳方案，欢迎交流，QQ：956626567。

一、基于飞思卡尔芯片的智能循迹车

1、智能循迹车简介

运用 Freescale S12 单片机控制模型车自动沿着黑白(电磁组是检测赛道通有交流信号的导线来实现寻迹)赛道完成比赛。主要包括智能车的组装、机械机构的调整、系统设计方案和程序控制策略的选定、硬件电路和软件控制的设计等几部分。

传感器类型简介：用摄像头，光电传感器（如红外、激光）、电磁传感器采集跑道信号，把信号传送到MC9S12XS128主芯片进行处理，通过程序处理，分辨出赛道的黑线变化情况，控制转速和转向，使小车实现自动寻迹，在此基础上，再提高小车速度，对小车行驶路径进行优化。本比赛涵盖了电工与电子技术、编控制程、传感技术（如速度传感、光传感等）、信号处理、模式识别、制图、计算机、机械、电子通讯等多门学科。

2、摄像头组方案

图像传感器根据感光原理可以分为CCD图像传感器和CMOS图像传感器。根据信号输出形式又可以分为模拟信号输出与数字信号输出。下面分别就图像传感器的两种类型进行简单的讨论。

方案一：CCD摄像头

CCD摄像头寻迹方案的优点是图像质量高，动态性能好，可以更远更早地感知赛道的变化，分辨率高，识别路径参数多；缺点是数据量大，需要较大的存储空间，数据处理时间比较长，信号处理比较复杂，另外CCD工作电压为12V，需用斩波升压电路或DC-DC升压得到12V电源。且体积大，能耗高无法和外围信号处理电路集成。但是因其成像质量较CMOS好的原因，摄像头丰富的信息量为小车的最佳控制提供了保证。

方案二：CMOS摄像头

CMOS的缺点是图像质量较CCD差，动态性能不如CCD。但CMOS的优点是体积小，像素阵列可以和信号处理器集成在一起，由于集成了内部信号处理器，所以可以

设置参数，故CMOS芯片一般可以直接同步输出数字信号和时序信号。

CMOS图像传感器的图像质量虽然较CCD的差，像素较低，但是对于智能车控制已经完全足够了。CMOS传感器相较于CCD有着以下的优点：

1、CMOS图像传感器功耗小，一般只需5V电压即可工作，甚至有3.3V型号，同时，CMOS传感器的电源与系统大多数芯片和控制电路相兼容，相较于CCD需要12V的电压需求相比，无需额外升压电路，简化了电路，提高了可靠性。

2、CMOS数字图像传感器由于体积小，所以可以将感光阵列与信号处理电路集成在一起。比如AD，时序信号分离电路等。这样最大的优点就是CMOS摄像头可以直接输出并行数字信号与时序信号，无需额外AD转换和专门的时序分离电路。由于集成了信号转换电路，CMOS摄像头还可以通过I2C/SCCB总线进行参数设置，如调整亮度，对比度等等。且集成后的摄像头相比于CCD对整车的重心影响较小。

(1) CMOS 模拟摄像头

模拟摄像头以型号OV5116为例，摄像头具体资料如下所述：

- 1) 需要稳定的5V电压供电，和系统板上的供电电源兼容。
- 2) NTSC制式60Hz，每秒30帧，一帧两场，最高像素为 320×240 ，有240行，一行有320个点。
- 3) 视野和可视距离：根据测试的结果， $f=3.6\text{MM}$ 时视野应该有90度左右， f 越大视场越小。可视距离需要调节安装角度和高度。
- 4) 集成 LM1881，直接输出 VS 场同步信号、HS 行同步信号，省去了外加同步信号分离电路，方便实用。

如果用 S12 单片机的 A/D 转换，数据量大，而且需要大大提高 MC9S12XS128 单片机的 A/D 采样频率，这样会就需要 MC9S12XS128 超频使用，造单片机负荷严重和系统不稳定。

因此可以选择不进行 A/D 转换，而是采用直接的**图像数据硬件二值化**，这样做，一是可以大大减轻单片机负荷，提高系统稳定性；二是采用 S12 的输入捕捉功能，捕捉行中断信号，再用 I/O 口采集已经二值化的图像数据，这样可以使采集到的有用信息更多更精确。并且适当的调节摄像头的安装角度，可以做到提高

摄像头的前瞻，同时避免 90 度安装时图像采集回来还要经过翻转才能使用的缺点。

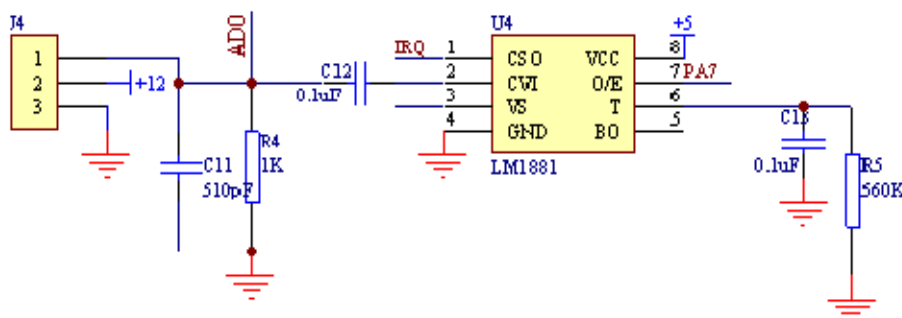


图 2.0 摄像头模块电路图

摄像头输出标准电视信号，需要用行、场同步信号分离器 LM1881 提取出行、场同步信号。此同步信号分离电路集成在摄像头中，其内部具体电路如图 2.0 所示。将场同步信号接到单片机的 PT1 口，行同步信号与单片机的 PT2 口连接，同时将视频信号送到 LM393 比较器进行二值化处理，然后再送到 PA0 口进行信号采集。

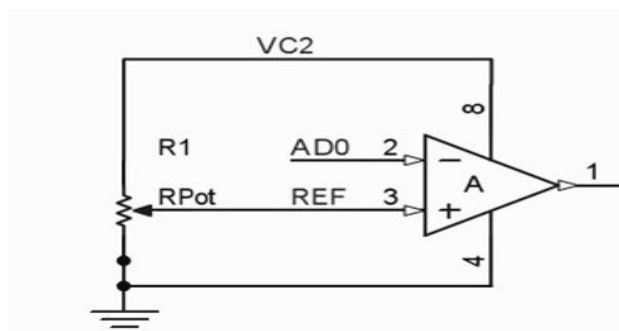


图 2.1 LM393 模块电路图

(2) CMOS 数字摄像头

CMOS 数字摄像头以型号 OV7620 为例，摄像头具体资料如下所述：

OV7620 摄像头是基于 Omnivision 公司的 CMOS 图像传感器，其有效像素单位为 664（水平）*492（垂直），内置 10 位双通道 A/D 转换器，输出 8 位图像数据。

其视频时序产生电路可产生行同步，场同步，混合视频同步等多种同步信号和像素时钟等多种时序信号，5V 供电。

3、光电组方案

(1) 红外传感器

红外传感器制作简单，成本低廉，作为入门级别的传感器，给参赛者提供了很大的方便。

红外发射管发出的为波长 940nm 的光线，需要使用红外接收管接受该光线。下图是市场上最常见的两种红外传感器，其一是发射接受分开的红外对管，其二是发射接受集成在一起的红外管。

5mm直径



图 3.0 普通红外发射头



图 3.1 普通红外接收头



图 3.2 红外发射接收一体管

如果使用发射接收一体管，可以设计成单排垂直照地的模式。根据调试经验，可以设计成两个传感器之间相对窄一点，大概 1-2cm 之间，传感器个数可以适当多几个，9-11 个均可以。

使用普通的发射管跟接收管（发射接收分开的），这种传感器性能优异，可以对前方 40cm 的斜面进行路况探测或物体探测。工作稳定可靠，抗干扰能力强。

可以一个接收管对应多个发射管，一般采用 3 个发射头对应一个接收头，使用这种红外传感器来进行信号采集，在比较了一字形布局、八字形布局、W 字形布局、活动式传感器布局等几个方案后，建议选手选择了一字形排布方式。

也可以选择使用双排非均匀排布红外传感器探测路面信号。下面一排用来检测起跑线和判断车况的，离地面较近，选择的**红外一体传感器**。上面一排用于检测赛道信息，离地面较远，所以选择的抗干扰能力强接收管和发射功率较大的发射管，发射角越小越好，这对光的反射有很大的帮助，这是选择传感器的重要参数。

其中上排传感器由光电管呈一字型排列，考虑到弧度信息采集的连贯性，非均匀布局的理论依据是等角度分布原则，即先确定一合适的定点，从顶点依次等角度画射线，射线与传感器水平线相交的位置即为传感器的位置，为了获得更大的前瞻，将光电管架在约 22cm 的高度，以 60° 的角度射向地面，使传感器能达到最大的前瞻距离，可以让系统对赛道信息提前获取并更快更好地做出控制，从而更容易弯道提前减速，直道提前加速并走出更节省路程的路径。

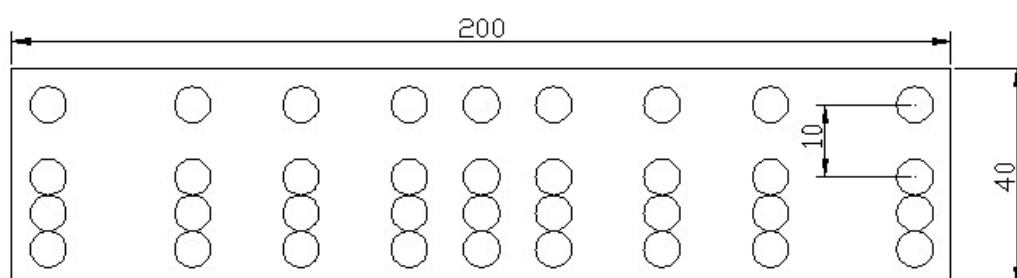


图 3.3 红外排布参考

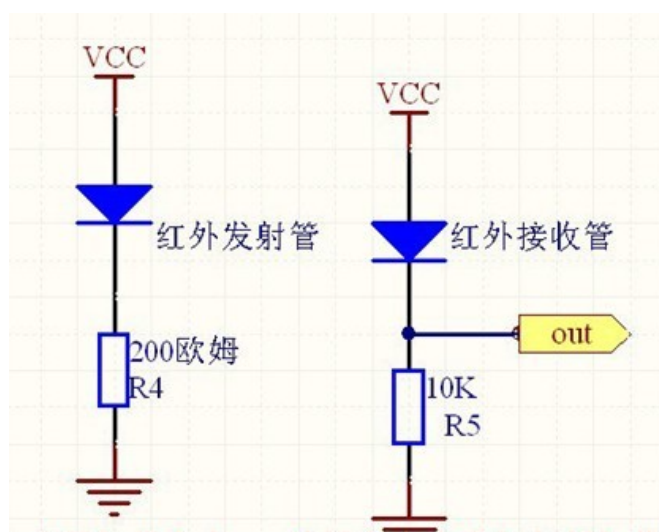


图 3.4 单个红外发射对应单个红外接收头参考电路图

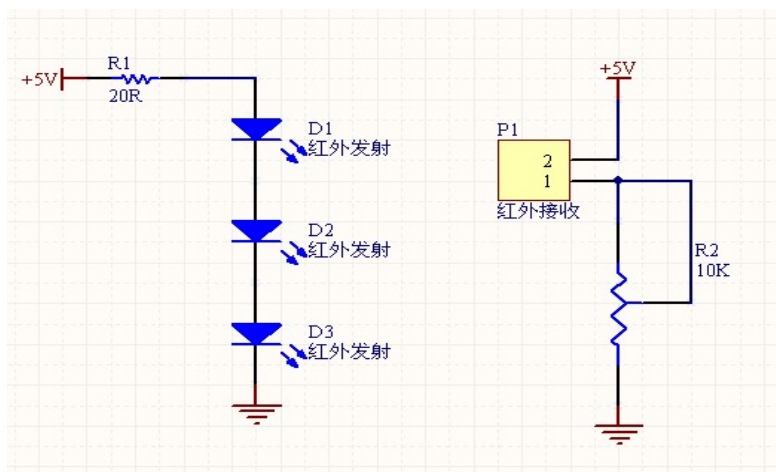


图 3.5 三个红外发射对应一个红外接收头参考电路图

使用红外传感器的缺点：由于红外接收管接受的光线是 940nm 的红外光，而周围环境中也存在着同样波长的光线，因此，红外传感器比较容易受周围环境的干扰，另外红外传感器发出的光线为不可见光，需要借助手机、数码相机或者专门的眼镜才能看到光线，这也给调试带来了一定的麻烦，而且红外传感器前瞻不远，一般在 20-45cm 之间，这也是越来越多高校学生淘汰红外传感器而使用激光传感器的重要原因之一，但是无论如何，红外传感器作为一种入门的传感器，其容易操作，价格低廉等优势是无可比拟的。

(2) 激光传感器

纵观近几届飞思卡尔智能车比赛，相信大家都看到了，取得好成绩的车队大部分都采用激光传感器，成绩靠前的激光车车速已经可以与摄像头媲美了。我们有理由相信，传统的红外传感器将逐渐被激光传感器所取代，然而激光传感器到底应该如何应用到智能车上呢？

激光头有如下几种：



图 3.6 玩具级塑料激光头



图 3.7 玩具级两线激光头



图 3.8 工业级三脚激光头

这几种都是比较常用的低廉激光头，功率 5mw, 额定电压 3v, 额定电流 20ma, 波长 650nm, 这几种激光头都是发出红色可见光，在调试的时候非常方便。

激光传感器本身是很脆弱的，一旦有静电或者电压、电流超过额定值，或者焊接的时候过热都会使激光头烧坏，所以，建议在焊接之前建议先洗手，除去手上的静电，焊接的时候，焊接时间要尽量短，但是要防止出现虚焊，虚焊的后果也会造成激光“假坏”。

上面介绍的只是激光传感器的一部分而已，有了发射头，那么接受头是怎样的呢，下面就为大家介绍接收头，下图是接收头的示意图：



图 3.9 激光接收管

凹凸不平的一面对着你，引脚向下，从左到右分别为 123，其中 1 接 GND，2 接上拉电阻 4.7K 后作为信号输出，3 接 VCC，下面将会详细介绍。

此款激光接收管比较特殊，它不像红外接收管，它只接受一个范围的频率的光线，140-205KHZ 的光线是它能接受的范围，经过测试，在 180KHZ 是最佳接收频率。

看到这里我们会想到，接收头是接受特定频率的光，但是发射头发出的光线是没有频率的，那怎么接受呢。下面我们将为大家介绍激光调制信号。

调制信号，说到底就是调制一个频率的方波来驱动发射管，使其发出的光线是一个频率的方波，能为接收管接收到。在这里我们将介绍两种方法来调制信号，其一是使用调制管调制信号，其二是使用单片机的 PWM 来调制信号。



图 3.10 调制管（外观和接收管几乎类似）

调制管凹凸不平的一面对着人，从左到右分别为 123，其中 1 接下拉电阻输出，2 接 VCC，3 悬空。

那么三个部件都有了，该如何接线才能使用呢，下面我们给大家提供两个接线图参考：

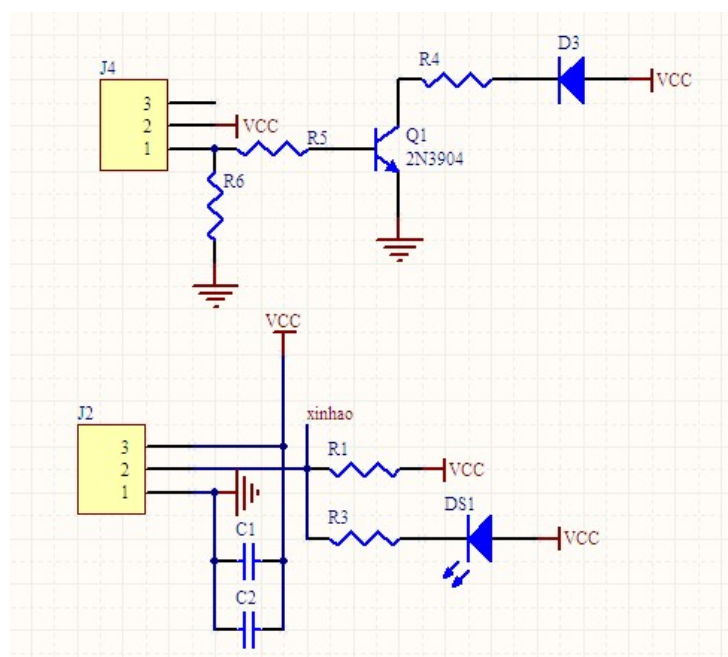


图 3.11 三极管放大的激光接线图

发射部分，经过调制管，便输出 180khz 的频率，经过三极管 8050 放大之后驱动发射管，使发射管以 180KHZ 的频率，20%-30%的占空比发射出 650nm 的光线，照射到赛道后，黑线和白板反射回来的信号有区别，接收管接收到不同的反射信号，输出高和低电平，由单片机识别，从而达到识别路径的功能。（常态低电平的接收管，黑线对应输出的是高电平 0.1v，白板输出的是高电平 4.9v）

调制管的作用是制出 180khz 的频率，我们同样可以使用单片机代替，用 PWM 调制同样频率，同样占空比的信号来驱动发射管。另外使用三极管驱动的信号一般情况下能够驱动 1-2 个发射管，发射管的额定电压一般是在 3v，额定电流是 20mA 左右。使用三极管放大后发射管两端的电压正常范围是在 1.1-1.4v 左右(这里是因为经过了调制，所以用数字电表测出来的电压也就在这个范围内，如果用示波器测波形，你会发现，最高电平已经到达 3v 左右了)。

接下来我们看看电路中的接收部分，在这里要提醒大家注意的是，接收管为什么要上拉 4.7k 左右的电阻呢？这是因为，如果不接上拉电阻，会引起逻辑混乱。就是说如果不接这个上拉电阻，会出现无论照到黑的还是白的，接收管内部没有上拉功能，所以总是输出一个电平。上拉电阻旁边的指示灯，起指示作用，让我们比较直观看到接收管接收回来的信号明显的变化；另外，接收管的电源两端必须接瓷片电容 104，学过高频电路的同学都应该知道，这个电容是必须的，陶瓷小电容在高频电路中也是经常使用到的。

看完了三极管放大，下面我们来看看另外一种激光接法，接收管的接法相同，在发射电路驱动上，采用的是使用反相器 74LS04 来驱动放大调制管调制后的信号，下面是电路图：

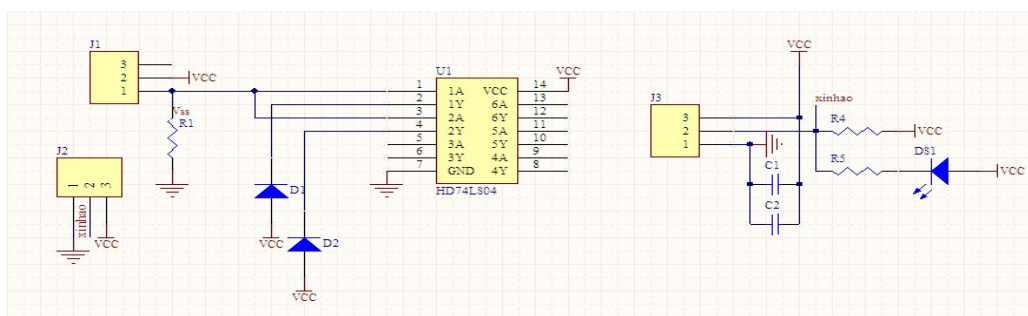


图 3.12 反相器放大的激光线路图

原理是差不多的，然而这种电路的接法有一个好处，就是可以使用一个调制管来驱动多个发射管。只要把调制管的信号输入到反相器的六个输入端即可，而且驱动力超强，光点亮度比三极管驱动的要强很多，这是提高大前瞻的保障。一个反相器可以接多个发射管，而一个调制管可以接到多个反相器，其他原理相同，这里就不多说了。

看到这里相信大家对激光基本上就有了一个认识了，在这个基础上，再多多尝试就能够驾驭激光了。

掌握了激光之后，有些同学可能会想将一个激光接收管当多个接收管使用，这该怎么做呢，可以使用分时发射，一个接收管对应多个发射管，不同时间段接收到不同发射管发出的光线，就可以将一个接收管当做多个接收管使用，说到分时发射，可以使用三极管做开关作用，或者使用场效应管起开关作用，也可以使用译码器（比如 74LS138），至于使用哪种比较好，是见仁见智，只要你自己用的习惯就可以了。

4、电磁组方案

(1) 工型电感传感器

工字型电感能够较好、较灵敏地反应当前的各种交流信息，另外它还能通过不同的倾角获得较好的前瞻。缺点是：质量较大，影响小车的转弯性能。

(2) 色环电感传感器

色环电感的体积较小，适合做多排传感器方案。缺点是：相同的条件下感应回来的电流较小。

(3) 硬件设计

1)放大电路。如果你想要自己的传感器在你想要的高度上，水平平移时能有着较好的线性变化，那么你必须选择一个适合自己传感器的放大电路，即调整放大倍数，使传感器在相应高度上水平移动时的反馈信号是线性变化的。根据官网上提供的放大电路，我们设计了以下的电路：

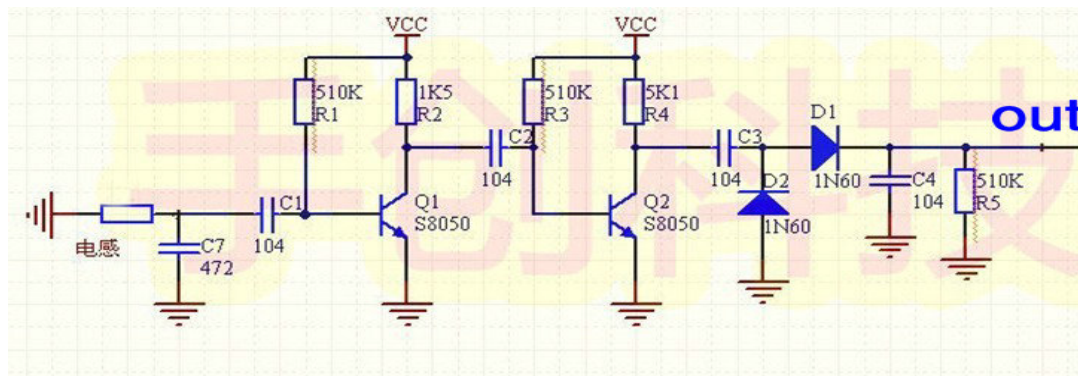


图 4.1 电感传感器参考电路图

有人选用运放芯片做自己的放大电路的，LM386 是一种不错的选择，具体的电路可根据自己的需求进行自主设计。

2) 传感器排布。要想自己的传感器有着更多的道路信息，就要在传感器排布上下一定的功夫，个人觉得两排传感器采集的道路信息是足够控制整部车的。

第一排为 5 个电感，伸长长度为 40cm,其中水平电感为色环，主要用于反馈道路水平信息，竖直的为工字型电感，主要用于直道进入弯道和检测十字交叉，如图所示：

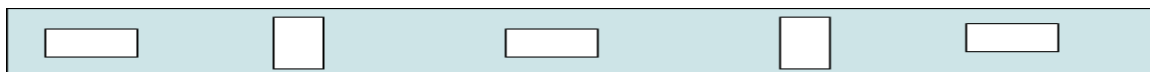


图 4.2 电感传感器排布图

而第二排只需要两个水平摆放的工字型电感就已经足够：当第一排丢失信号时采用第二排就行小车的控制。（此方案仅供参考）

另外说明：如果智能车第一排电感有前瞻的话，那么车的支架长度就不必加到 80cm 甚至更大。其实，电磁想做前瞻的话，不能单单靠加长支架的长度，还得采用工字型电感及 45 度的电感摆放，这样 40cm 的车就可以做到 60cm 的前瞻，同时加上第二三排的电感的应用及运用摄像头多行多列的思想，就可以进行舵机转角的微调，并且能完全做到小 S 直冲，大 S 当做小 S 处理，速度就可以达到光电组甚至摄像头组的速度。

5、道路识别策略

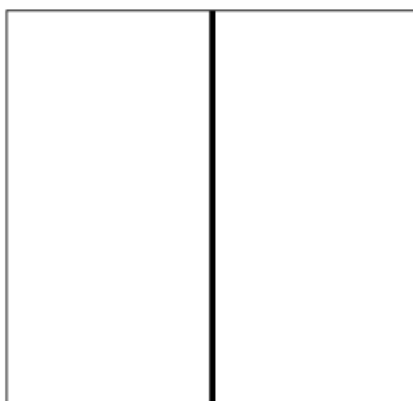


图 5.1 直线路况图

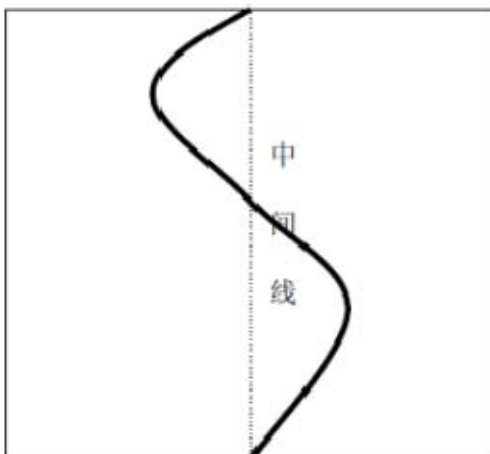


图 5.2 S 弯路况图

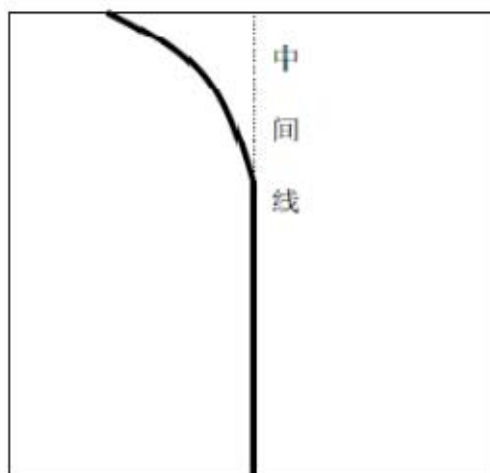


图 5.3 左转弯路况图

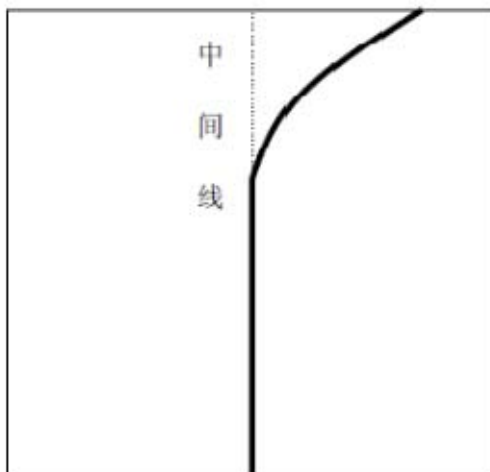


图 5.4 右转弯路况图

(1) 摄像头信号采集

根据采集点电平信号来提取前方路面黑线信息，用硬件二值化，低电平二值化后为 1，表示黑线，高电平二值化后为 0，表示白色路面，通过提取黑线中心位置来判断路况。本智能车通过片内 I/O 口每行采集 111 个有效点，其中赛道黑

线采集 1 至 5 个有效点（最远处 1 个点最近处 5 个点），以第 56 个点为中心，提取每场采集到的 56 行信息，用于分析赛道类型。根据提取到的黑线位置信息把路况分为图 5.1 至图 5.4 四种情况。

每一场信号采集回来，可以根据采集回来的点判断路况。如果每行黑线的中心线的横坐标与中间线所在横坐标的差值积分绝对值小于 80，说明小车可能在走直道或者是 S 型赛道，采用就把这个偏差忽略方法，不对舵机进行调整，使小车保持原来的运动状态；这样小车在走直道时就不会因为摄像头的一点偏差而左右抖动，在 S 型道时，可以实现“朝近道”行驶，行走顺畅，这比起光电的小车有着明显的优势。如果每行黑线的中心线的横坐标与中间线所在横坐标的差值积分为负值，说明是左转弯，控制舵机转过与之对应的角度，使小车向左转；如果差值的积分为正值，说明前方右转弯，控制舵机向右转过相应角度，小车右转弯。可摄像头因为前瞻性好，视角范围大，地面的颜色为灰色的时候，对摄像头的干扰就会很大，因为地面采集回来的电平与黑线的电平很接近，所以对小车路况的判断干扰很大。同时，需要处理的数据多，调试起来相当困难。

（2）红外传感器信号采集

红外传感器接收管接入单片机 AD 口，根据采集点灰度值来提取前方路面黑线信息，根据环境的变化，灰度值大于 200，表示白色路面，灰度值小于 100 表示黑线，通过提取黑线位置来判断路况。本智能车通过芯片内 AD 口采集 9 个有效点，其中中间的传感器采集的点为中心，两边扩散开来，提取 9 个点，用于分析赛道类型。根据提取到的黑线位置信息把路况分为图 5.1 至图 5.4 四种情况。

（备注：上述情况是指红外传感器的情况，使用激光传感器时，返回来的信号是数字信号，也就是 0 和 1 的数据给单片机，处理策略基本和红外一样）

（3）电磁传感器信号采集

信号采集这一方面较摄像头和光电来说，是比较简单的，只需要采集第一排传感器两边的传感器 AD 值进行比较得到相应的偏差就可以得到小车偏移中心线的位置，而中间的传感器就做辅助判断作用。

6、电机驱动

方案一：采用大功率 MOS 管组成电机驱动电路；用这个方法电路非常简单，控制只需要一路 PWM，在管子上消耗的电能也比较少，可以有效地避免多片 MC33886 并联时由于芯片分散性导致的驱动芯片某些片发热某些不发热的现象。但是缺点是在小车刹车性能的提升上明显有弱势，而且电流允许值也比较小。

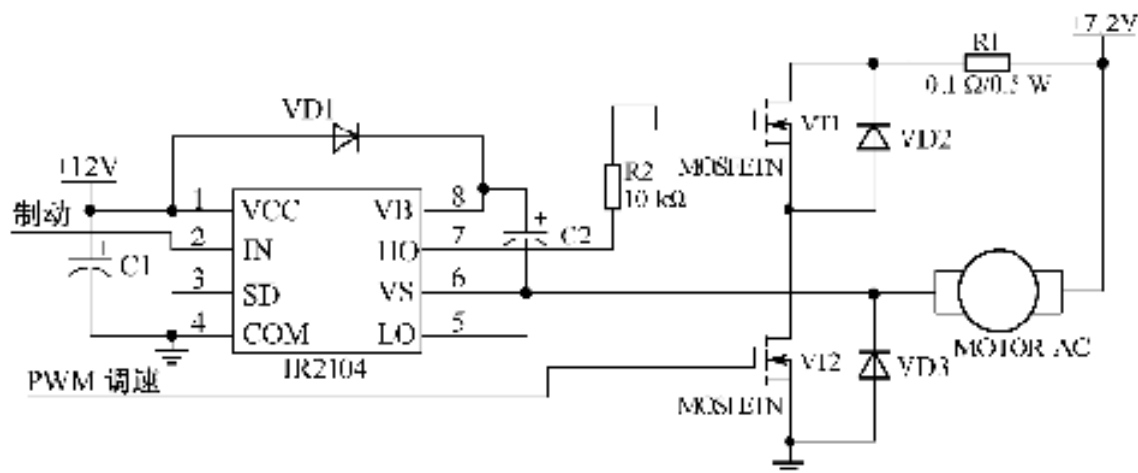


图 6.1 MOS 管组成电机驱动电路

方案二：通过电机驱动模块，控制驱动电机两端电压来对模型车加速运行，或对其进行制动，采用飞思卡尔半导体公司的集成桥式驱动芯片 MC33886。MC33886 最大驱动电流为 5A，导通电阻为 140 毫欧姆，PWM 频率小于 10KHz，具有短路保护、欠压保护、过温保护等功能。体积小，使用简单，但由于是贴片的封装，散热面积比较小，长时间大电流工作时，温升较高，如果长时间工作必须外加散热器，而且 MC33886 的工作内阻比较大，又有高温保护回路，使用不方便。

方案三：图 6.2 就是一种简单的 H 桥电路，它由 2 个 P 型场效应管 Q1、Q2 与 2 个 N 型场效应管 Q3、Q3 组成，P 型管在栅极低电平时导通，高电平时关闭；N 型管在栅极高电平时导通，低电平时关闭，场效应管是电压控制型元件，栅极通过的电流几乎为“零”。

正因为这个特点，在连接好下图电路后，控制臂 1 置高电平（ $U=V_{CC}$ ）、控制臂

2 置低电平（ $U=0$ ）时，Q1、Q4 关闭，Q2、Q3 导通，电机左端低电平，右端

高电平，

所以电流沿箭头方向流动。设为电机正转。

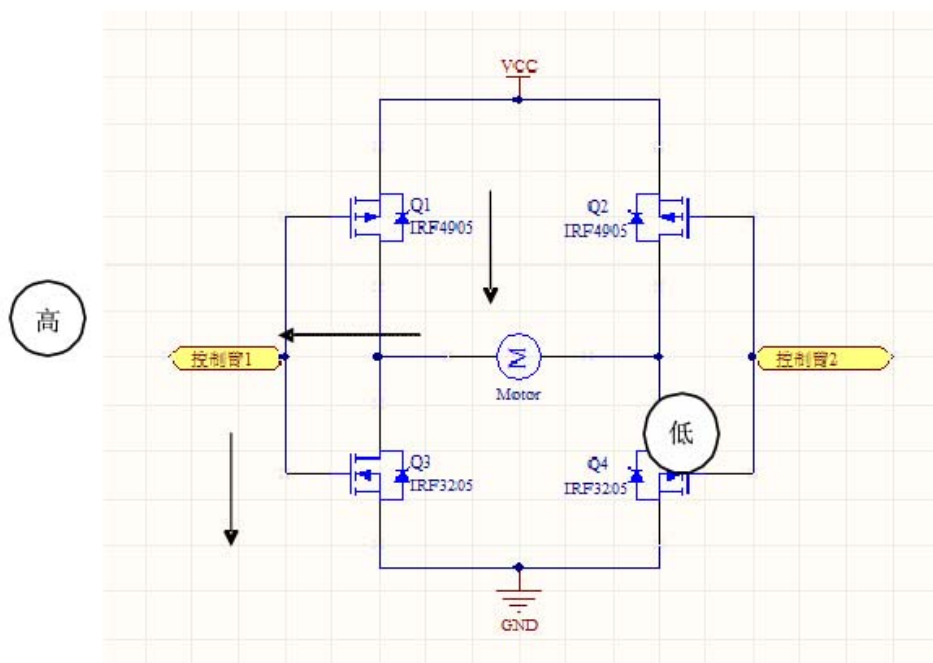


图 6.2H 桥驱动电路

控制臂 1 置低电平、控制臂 2 置高电平时，Q2、Q3 关闭，Q1、Q4 导通，电机左端高电平，右端低电平，所以电流沿箭头方向流动。设为电机反转。

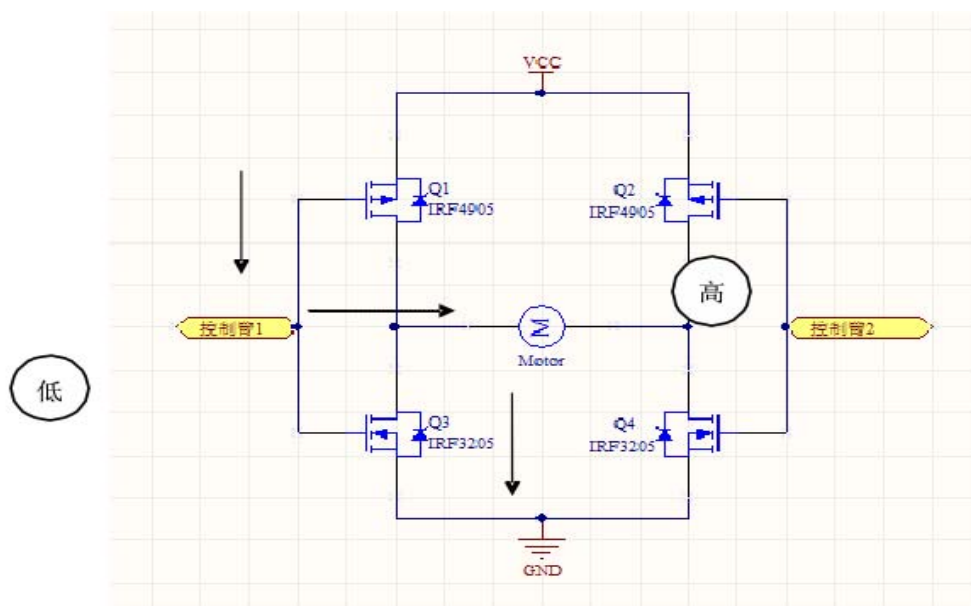


图 6.3 H 桥驱动电路

当控制臂 1、2 均为低电平时，Q1、Q2 导通，Q3、Q4 关闭，电机两端均为高电平，电机不转；

当控制臂 1、2 均为高电平时，Q1、Q2 关闭，Q3、Q4 导通，电机两端均为低电平，电机也不转。

所以，此电路有一个优点就是无论控制臂状态如何，H 桥都不会出现“共态导通”（短路）。

方案四：采用两片 BTS7970B 或者 BTS7960B 搭成 H 桥来驱动电机，原理跟 MOS 管搭建 H 桥相似，此种驱动方法驱动电流大，可以达到 45A 左右。参考电路图如下：

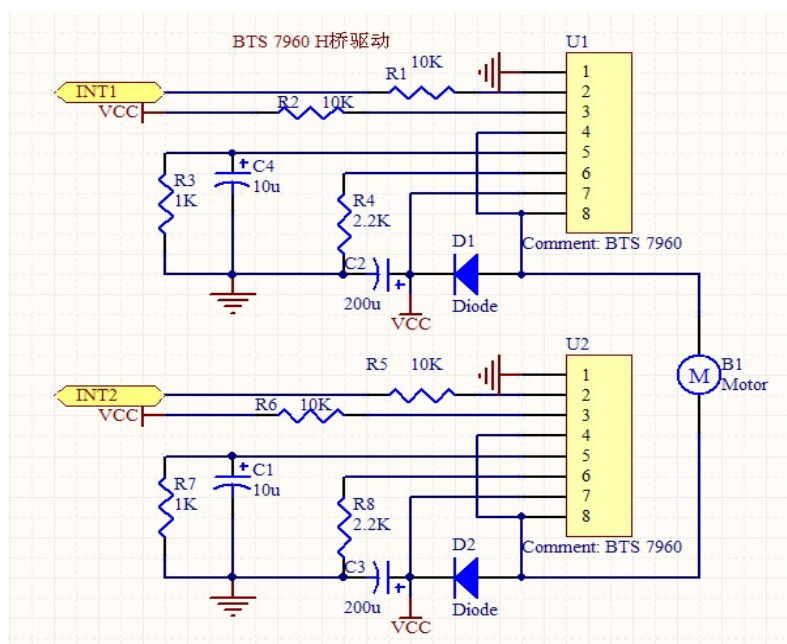


图 6.4 H 桥驱动电路

目前，在智能车的应用上，方案三、方案四比较常用。

7、速度检测

方案一：采用霍尔传感器和磁钢

将霍尔传感器和磁钢分别安装在车架和车轴的适当位置，小车行驶时，每转动一圈，霍尔传感器产生开关信号，通过在单位时间对其计数可计算出车辆行驶的瞬时速度，累计开关信号可计算出小车行驶的距离。但是这种方法要求在轴上嵌入磁钢，实现复杂，并且不可能放太多磁钢所以精度不高。

方案二：测速发电机

原理是将旋转机械能转化成电信号，适合于测量速度较高的旋转物体的速度。

方案三：测速编码器

如欧姆龙的 E6A2-CS3C 增量式编码器。采用此方案无需外接电路，采用 5V 供电，只需在信号线上拉一个 4.7K 左右电阻即可，信号线接单片机 PT7。

方案三：采用红外对管和编码盘

将一个带有孔的编码盘固定在转轴上，然后由红外对管检测编码盘的孔对红外线的阻通。原理和霍尔开关很接近，但在实际硬件的实现上很简单，我们在圆形的薄 PCB(0.3mm)板上钻了 24 个孔再固定在塑料轮子与转轴的接口处，在电路上也只有一个电压转换电阻，该电阻上的逻辑电压由 S12 的内部定时器检测出速度，电路实现很简单，灵敏度较高。

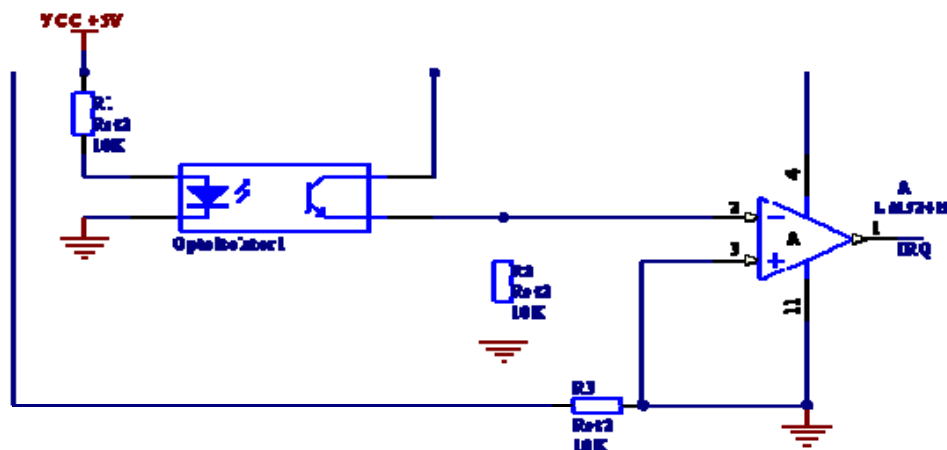


图 7.1 单测速参考电路图

8、调试策略

(1) 速度调试（以摄像头组为例子）

影响智能车速度成绩的一个重要因素就是对弯道和直道的提前认识判断，从而实现安全过弯、快速通过直道，以此提高比赛成绩。而摄像头方案在这方面有天然的优势：相对于光电传感器，可以获得较远的路况信息；不仅可以得到单行黑线信息，还可以同时获得多行的黑线信息。根据前面所述最终以 56 行黑线作为弯、直道的判断算法依据，下面简单介绍一下该算法。

在单行黑线边沿检测提取算法的基础上，在舵机打角控制上采用三段式。

当检测到信号小于 1 时，这时黑线偏离模型车较远，可以采用保持上次值的

处理方法，即以黑线离图像中线的距离远近来判断弯道曲率半径的大小，即弯道的大小。因摄像头的前瞻比较大，光线对其的影响比较大，当赛道反光时，摄像头传感器采集不到黑线，这样，模型车寻迹会造成中断，所以要对反光情况进行处理，而我们的处理则是出现反光时，让舵机打的角度尽量小。

当偏差在 3-7 时，采用平均偏差值的平方乘以斜率的方式来做判断弯道大小，如公式：

$$KP = \left[\sum_{i=n}^m (\text{black}[i] - \text{mid}) \div (\text{black}[m] - \text{black}[n]) \right]^2 \quad (8.1)$$

$$R = KP \times (\text{black}[m] - \text{black}[n]) / (m - n) \quad (8.2)$$

当偏差在大于 7 时，这时终止行离模型车比较远了，而激光传感器采集回来的信号的波动比较大，要对每行进行水平方向的修正，且这部分我们采用的是积分方式，

如公式：

$$R = \sum_{i=n}^m [(\text{black}[i] - \text{mid}) \times \text{black_y}[i]] \quad (8.3)$$

速度的控制方面我们主要采用的是增量式 PID，如公式：

$$u[k] = u[k-1] + \{u[k] - u[k-1]\}$$

(2) 综合调试

算法设计主要是分两层算法，因为车辆在弯道减速行驶和在直道加速行驶有不同的控制特性，所以将这两种情况分成两种算法来进行处理。

在直道加速行驶时，我们建议选手使用精度的 PID 算法进行控制，让车辆能够准确稳定的巡线前进，在弯道减速行驶中，如果用 PID 算法继续准确巡线的话车辆会因为转向过度或转向不足，产生较大的偏差，而这种比较大的偏差会激励 PID 算法产生一个很大的控制量，从而使舵机转向角度变大，舵机的剧烈运动通过车辆的行驶特性导致车辆速度大幅降低。所弯道使用原来直道的 PID 算法并不是一个很好的选择。故要在 PID 算法的基础上做了些必要的修正，使得其控制更适合小车的行驶。

在 CodeWarrior 上，用 C 语言编写出控制算法。通过已经建立起来的简单车

辆模型对车辆位置状态进行预测，将误差项也放到 PID 算法中进行消除。同时我们建议选手根据测试经验，可以做些必要的修正，最终得出控制舵机的转角。

二、入门级别智能车方案——基于 STC89C52 单片机智能小车

1、简介

基于 STC89C52 单片机智能小车，集成激光传感器探测路面，PWM 控制舵机激光传感器转角，PWM 控制电机根据激光传感器返回信息进行差速、加减速控制，红外传感器探测路面、避开障碍，光敏电阻，蜂鸣器报警、音乐输出，八路流水灯，1602 液晶，12864 液晶，4*4 矩阵，四位数码管。

可以学习中断，延时，PWM 等，学习如何使用单片机点亮发光二极管，流水灯的控制，蜂鸣器的发声，音乐的播放，数码管的显示原理，矩阵键盘的检测，比较器的使用，1602 等液晶的显示原理，PWM 控制电机跟舵机，激光传感器的使用，红外传感器的使用。

2、方案

(1) 基于红外传感器循迹方案

A、红外发射管：额定电压 1.2v，940nm 不可见光，5v 使用时需要串联一个 160R 的电阻。

B、红外接收管：额定电压 5v，下拉一个 10K 电阻。

输出 0-255 的灰度值，必须使用单片机 AD 口读取数据，但 STC89C52 没有自带 AD 口，所以使用比较器把红外接受管的输出信号经过比较器后转变为高低电平信号输出。

比较器 LM324，这个是最常用的运算放大器 1，2，3 脚是一组，4，5，6 脚是一组，8，9，10 脚是一组，11，12，13 脚是一组，剩下的两个脚是电源，3,6,10,11 是各组放大器的输出脚，其它的就是输入脚。至于使用地方，那就是需

要比较器和运算放大器的所有地方都可以用，只是当所需要用到运算放大器的地方对运算放大器的性能要求很高的时候那就的看看 LM324 是不是满足性能要求了！

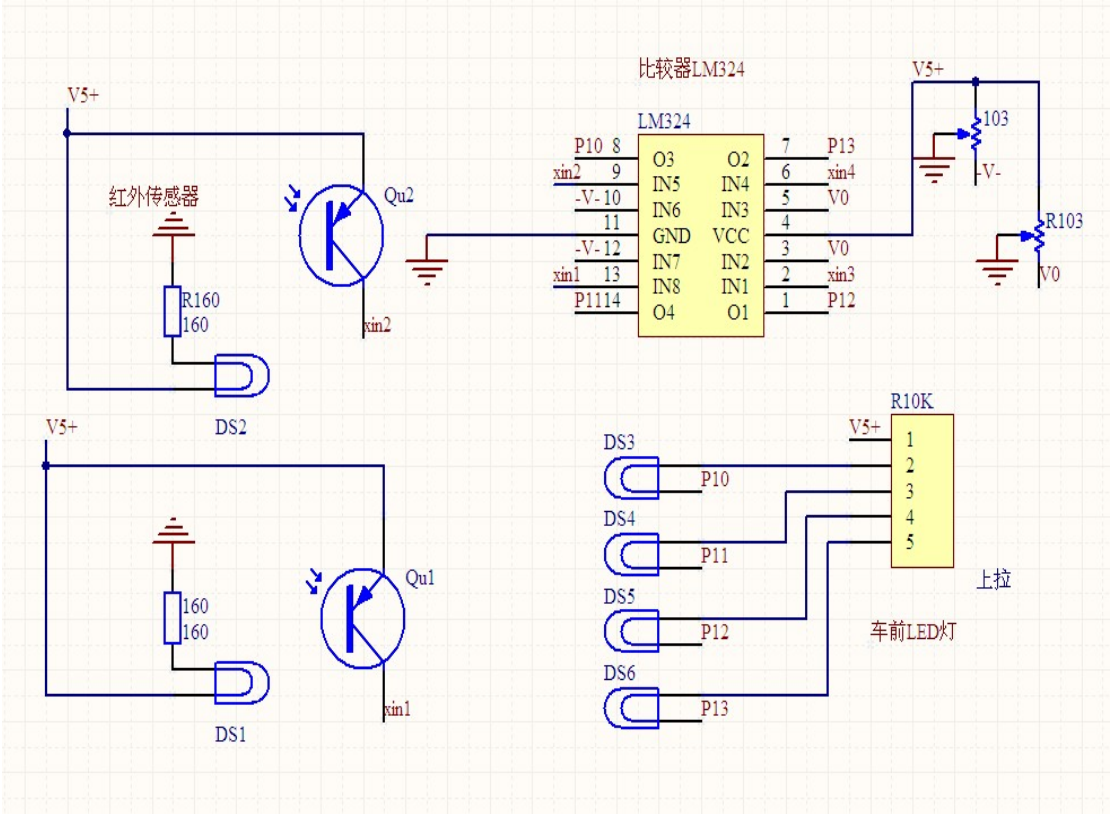


图 2.0 红外传感器参考电路图

使用红外传感器进行避障实验，根据红外管检测回来信号，判断是否遇到障碍物，单片机控制电机进行相应的减速，转弯，后退指令，从而使得车子成功避开障碍物，继续前进。

(2) 基于激光传感器循迹方案

激光头采用 650nm 内调焦的激光头，光线为红色可见光，直径为 12.5mm，额定功率为 5mw，额定电压为 3v，额定电流 $\leq 20\text{ma}$ 。



图 2.1 三脚激光头

调制管能够调制出 140-205KHZ 的方波，从而来驱动发射光，电源电压使用 5v 供电。



图 2.2 激光调制管

1 脚接电阻输出，电阻一端接地，2 脚接 VCC，三脚悬空。

接收管只接收特定频率的光线，最佳频率为 180KHZ，输出数字信号。



图 2.3 激光接收管（外观和调制管几乎无区别）

1 脚 GND，2 脚上拉电阻 4.7K 输出，3 脚 VCC

调制管跟接收管外形看上去很是相似，但是管子本身却有着本质性的区别。

使用一个接收管对应三个发射头，三个发射头分时点亮，一个接收管在三个时间段内，分别对应三个发射管，使用单片机三个 I/O 口对应三个发射管。接收管接收到反射信号时输出高电平，没有接收到反射信号时输出低电平。

其中 P1⁶ 是激光接受头返回信号引脚，P1⁴、P1⁵、P1⁷ 为激光发射管分时控制引脚。

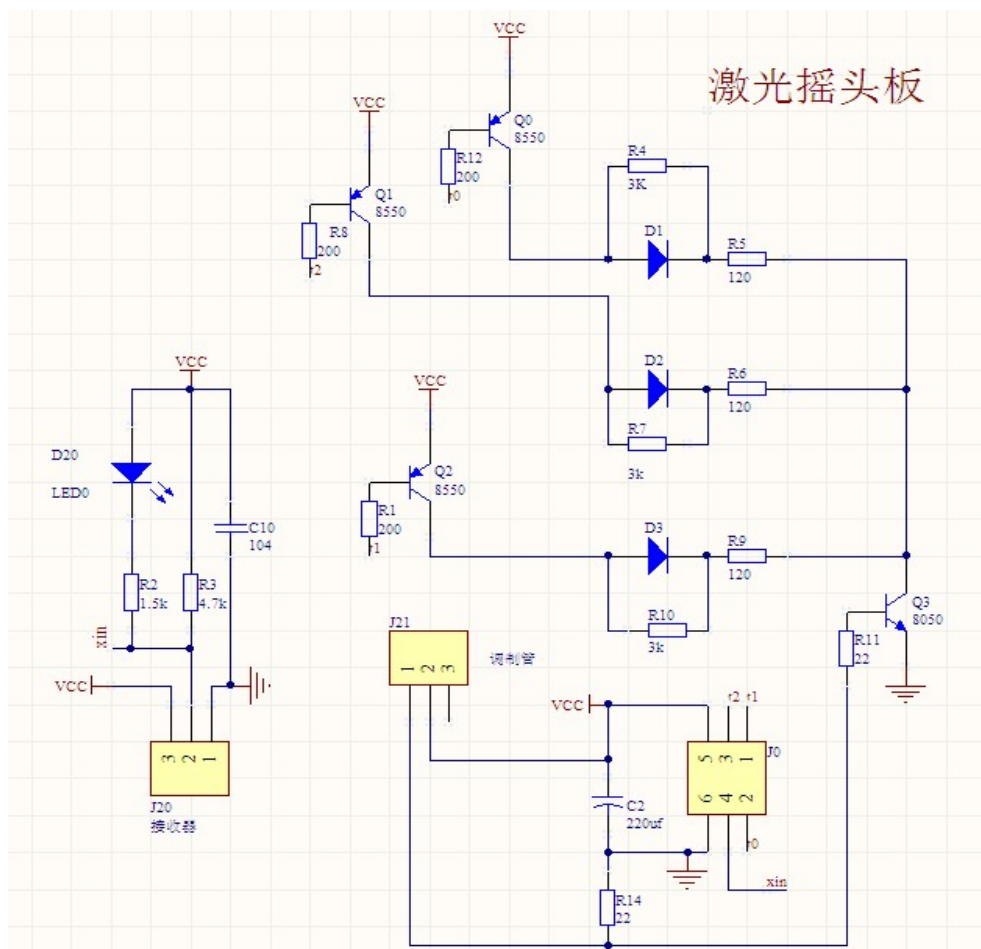


图 2.4 摇头激光板电路图（带激光分时控制功能）



图 2.5 激光电路板参考外形图

图中使用三极管 8050 作为放大信号；使用 8550 作为开关作用控制激光发射

头的通断，控制端给予低电平是导通，高电平时断开，从而来起到控制发射头分时点亮的效果。

3、利用中断调制 PWM 占空比驱动直流电机

（1）直流电机的实物图片



图 3.0 直流电机实物图

（2）直流电机的介绍

直流电机的优点：调速范围广，易于平滑调节；过载、启动、制动转矩大；易于控制，可靠性高；调速时能量损耗比较小。

（3）直流电机的驱动

使用单片机控制直流电机时，需要加驱动电路，才能为直流电机提供足够大的驱动电流，我们要根据实际需求选择合适的驱动电路，一般有：电机专用驱动模块（如 LG9110），三极管放大驱动电路，达林顿管驱动电路。黑客 007 使用电机专用驱动模块 LG9110 驱动直流电机，每一个电机由一片 LG9110 控制，每一个 LG9110 由单片机两个 I/O 口控制，只需要调节 PWM 的占空比即可调节电机的转速。

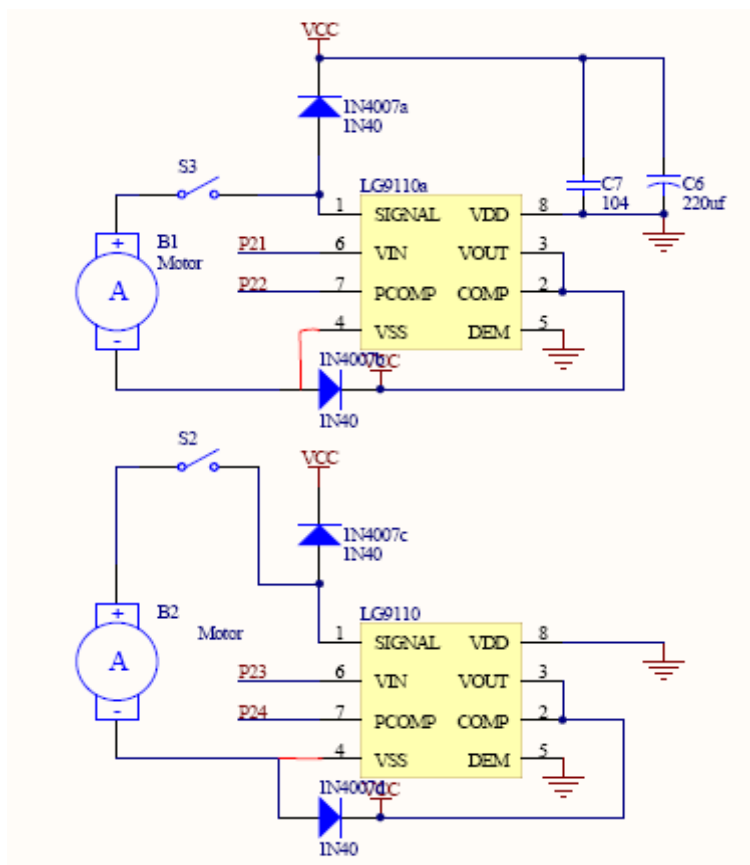


图 3.1 直流电机驱动电路图

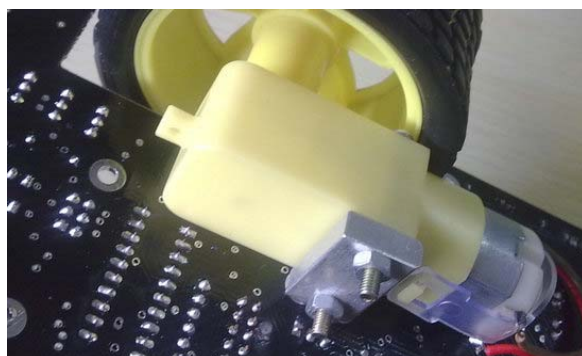


图 3.2 直流电机

4、利于中断调制 PWM 占空比驱动舵机摇头

1、舵机的原理及其应用

(1) 舵机的实物图片：



图 4.1 舵机实物图

(2) 舵机的介绍

舵机英文称 Servo,也称为伺服机,其特点是结构紧凑,容易安装调试,控制简单,大扭力,成本较低,主要性能取决于最大力矩和工作速度(一般是以秒/60°为单位)。

(3) 舵机的工作原理

舵机一般有三条引线,分别是 VCC,GND 和控制信号线。一般 VCC 在三条线的中间,舵机一般周期为 10-20MS,使用频率为 50-100HZ,其脉冲宽度在 0.5-2.5ms 之间变化时,其输出轴转角在 0-180° 变化。

由于 51 单片机的 IO 产生 PWM 控制舵机时需要上拉电阻,才能够有足够的驱动力控制舵机,所以,在这里上拉了一个 4.7K 的电阻。

5、数码管显示

1、数码管原理

四位共阴数码管,右下角带点的。

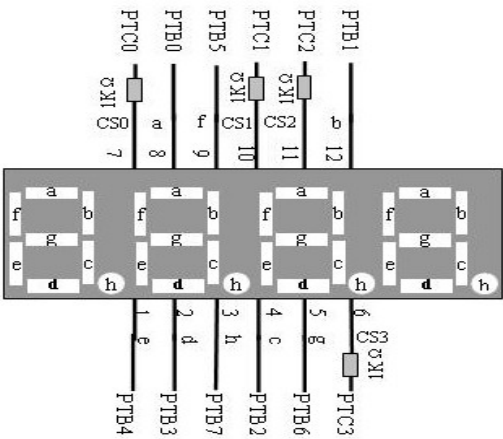


图 5.1 四位数码管引脚图

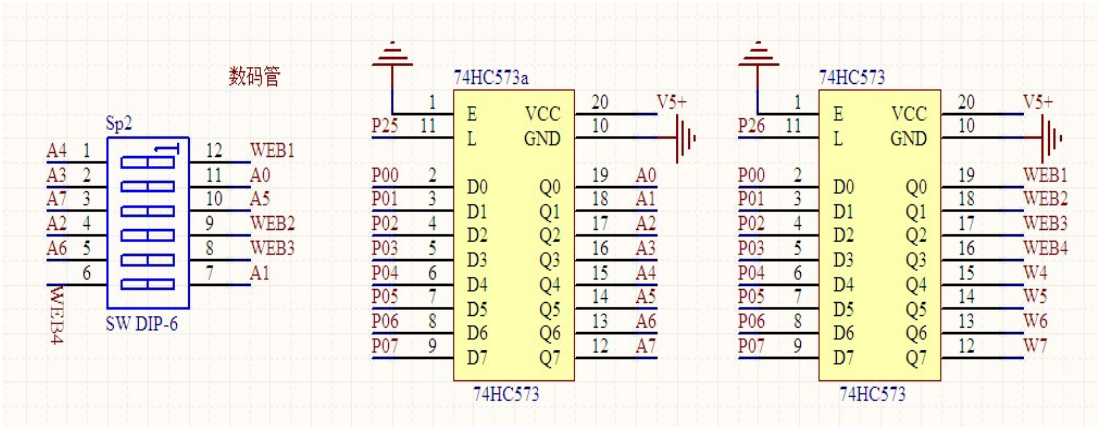


图 5.2 四位数码管接线图

数码管是一种半导体发光器件，其基本单元是发光二极管。 数码管按段数分为七段数码管和八段数码管，八段数码管比七段数码管多一个发光二极管单元（多一个小数点显示）；按能显示多少个“8”可分为 1 位、2 位、4 位等等数码管；

按发光二极管单元连接方式分为共阳极数码管和共阴极数码管。共阳数码管是指将所有发光二极管的阳极接到一起形成公共阳极 (COM) 的数码管。共阳数码管在应用时应将公共极 COM 接到+5V，当某一字段发光二极管的阴极为低电平时，相应字段就点亮。当某一字段的阴极为高电平时，相应字段就不亮。。共阴数码管是指将所有发光二极管的阴极接到一起形成公共阴极 (COM) 的数码管。共阴数码管在应用时应将公共极 COM 接到地线 GND 上，当某一字段发光二极管的阳极为高电平时，相应字段就点亮。当某一字段的阳极为低电平时，相应字段就不亮。

在控制数码管显示时候，延时显得很重要，延时的时间偏大的话会使得显示

出现闪烁，延时的时间偏小的话会使得显示重影。

6、LED 流水灯控制

LED 灯参考电路图

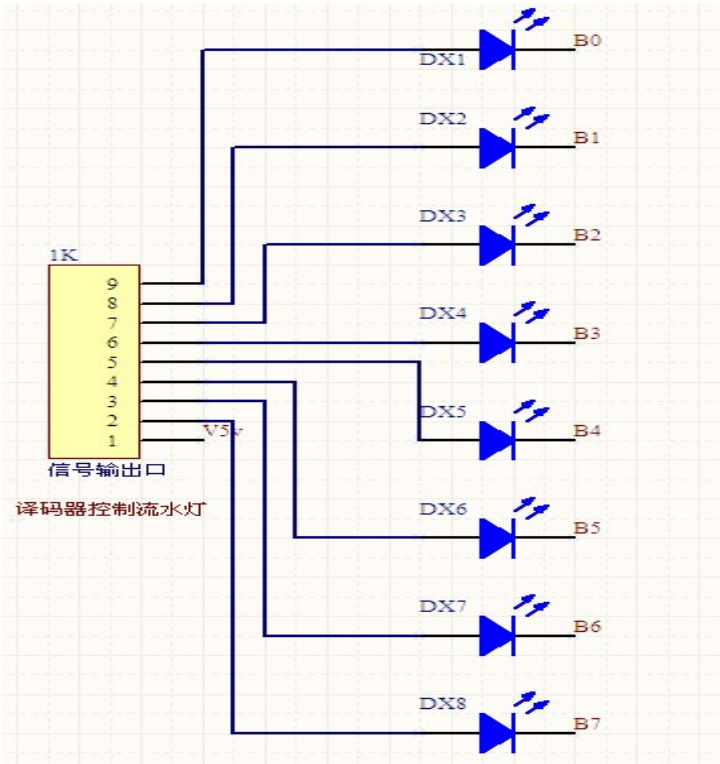


图 6.0 LED 电路图

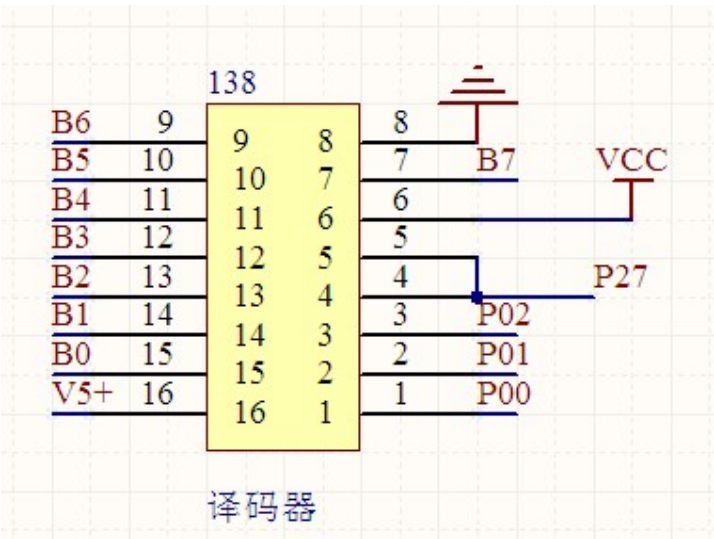


图 6.1 控制 LED 的译码器电路图

DM74LS138

Inputs					Outputs							
Enable		Select										
G1	G2 (Note 1)	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H

图 6.2 74LS138 译码器真值表

译码器是组合逻辑电路的一个重要的器件，这种电路能将输入二进制代码的各种状态，按照其原意翻译成对应的输出信号。有一些译码器设有一个和多个使能控制输入端，又成为片选端，用来控制允许译码或禁止译码。

74138 是一种 3 线—8 线译码器，三个输入端 CBA 共有 8 种状态组合（000—111），可译出 8 个输出信号 Y0—Y7。这种译码器设有三个使能输入端，当 G2A 与 G2B 均为 0，且 G1（3-8 译码器的第六个引脚）为 1 时，译码器处于工作状态，输出低电平。当译码器被禁止时，输出高电平。译码器是输出低有效的，当译码器输出低电平时能够点亮 LED 灯。

7、液晶显示

(1) 1602 液晶显示

a 主要技术参数

显示容量	16x2 字符
芯片工作电压	4.5—5.5V
工作电流	2.0mA（5.0V）
模块最佳工作电压	5.0V
字符尺寸	2.95X4.35 (WXH) mm

b 信号接脚

编号	符号	引脚说明	编号	符号	引脚说明
1	VSS	电源地	9	D2	Data I/O
2	VDD	电源正极	10	D3	Data I/O
3	VL	液晶显示偏压信号	11	D4	Data I/O
4	RS	数据/命令选择端 (H/L)	12	D5	Data I/O
5	R/W	读/写选择端 (H/L)	13	D6	Data I/O
6	E	使能信号	14	D7	Data I/O
7	D0	Data I/O	15	BLA	背光源正极
8	D1	Data I/O	16	BLK	背光源负极

c 基本操作时序

1.1 读状态：输入：RS=L,RW=H,E=H

输出：D0—D7=状态字

1.2 写指令：输入：RS=L,RW=L, D0—D7=指令码, E=高脉冲

输出：无

1.3 读数据：输入：RS=H,RW=H,E=H

输出：D0—D7=数据

1.4 写数据：输入：RS=H,RW=L, D0—D7=数据, E=高脉冲

输出：无

d 电路图接法

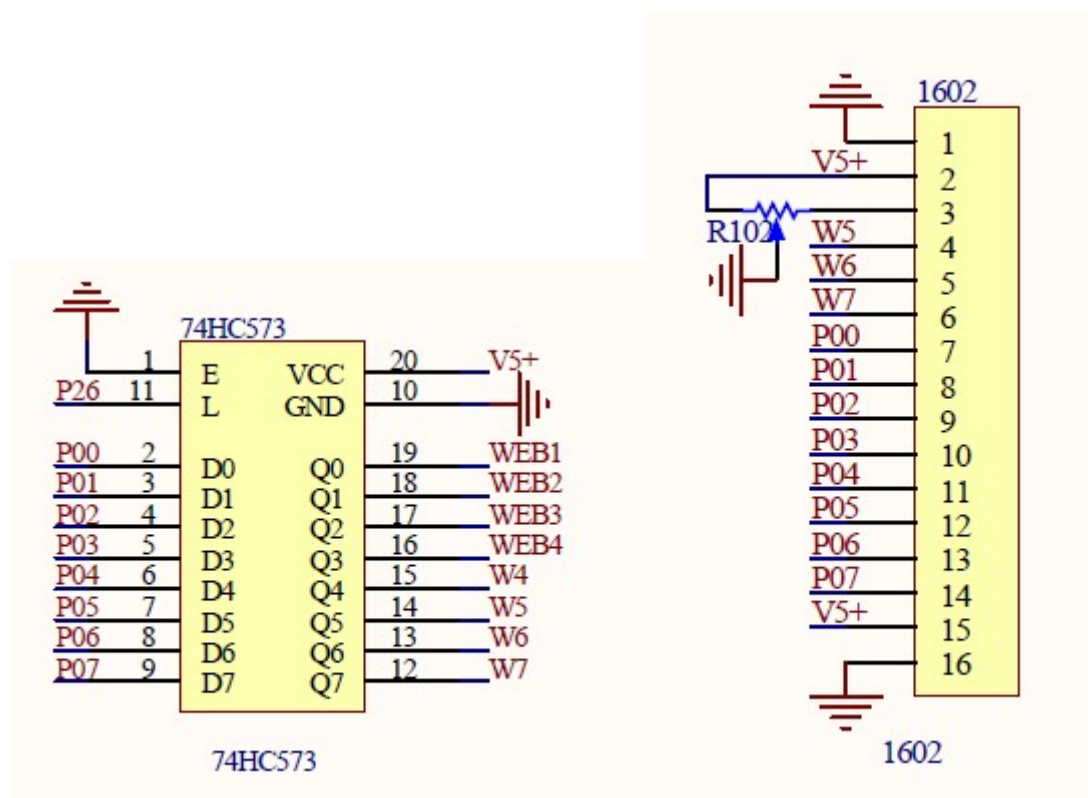


图 7.0 1602 液晶参考电路图

(2) 12864 液晶显示

a 主要技术参数

显示容量	128*64
芯片工作电压	3.3——5.5v
模块最佳工作电压	5.0v
与 MCU 接口	8 位或 4 位并行/3 位串行
工作温度（常温型）	-10° —60°
工作温度（宽温型）	-20° —+70°

b 信号接脚

引脚号	引脚名称	方向	功能说明
1	VSS		电源地
2	VDD		电源正
3	V0		LCD 驱动电源输入
4	RS	H/L	并行指令/数据选择信号：串行的片选信号
5	E/W	H/L	并行的读写选择信号：串行的数据口
6	E(CLK)	H/L	并行的使能信号，串行的同步时钟
7	DB0	H/L	数据 0
8	DB1	H/L	数据 1
9	DB2	H/L	数据 2
10	DB3	H/L	数据 3
11	DB4	H/L	数据 4
12	DB5	H/L	数据 5
13	DB6	H/L	数据 6
14	DB7	H/L	数据 7
15	PSB	H/L	并/串行接口选择，H-并行；L-串行
16	NC		空脚
17	/RET	H/L	复位，低电平有效
18	NC		空脚
19	LED_A		背光源正极（+5V）
20	LED_K		背光源负极（0V）

c 基本操作时序

1.1 读状态：输入：RS=L,RW=H,E=H

输出: D0—D7=状态字

1.2 写指令：输入：RS=L,RW=L,D0—D7=指令码，E=高脉冲

输出：无

输出: D0—D7=数据

输出：无

d 电路图接法

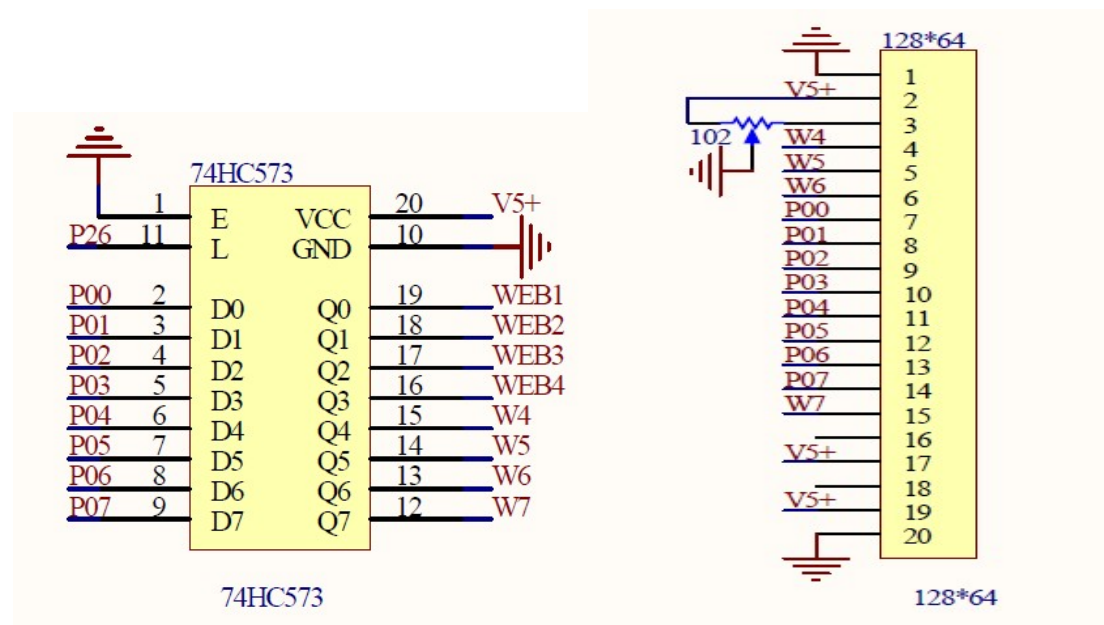


图 7.1 12864 液晶参考电路图

8、ADC0804

集成 A/D 转换器的品种繁多，使用的比较多的是逐次比较型 A/D 转换器 ADC0804，它采用 CMOS 工艺 20 引脚集成芯片，分辨率为 8 位，转换时间是 100 μ s，输入电压 0-5V。

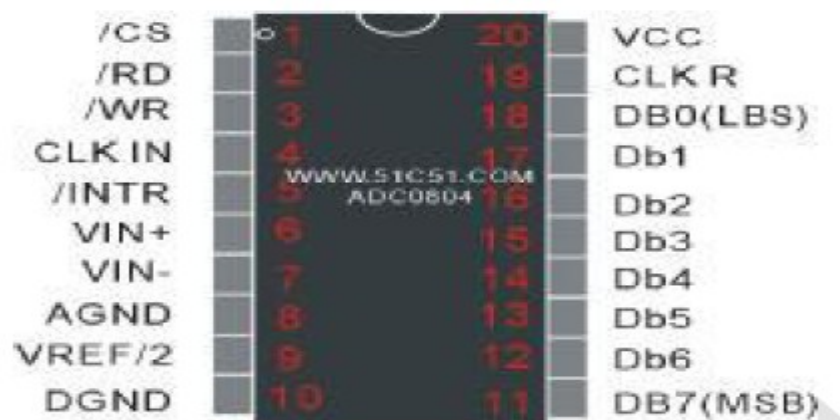


图 8.0 ADC0804 引脚分布图

/CS 芯片选择信号。

/RD 外部读取转换结果的控制输出信号。/RD 为 HI 时, DB0~DB7 处理高阻抗: /RD 为 LO 时, 数字数据才会输出。

/WR: 用来启动转换的控制输入, 相当于 ADC 的转换开始 (/CS=0 时), 当 /WR 由 HI 变为 LO 时, 转换器被清除: 当 /WR 回到 HI 时, 转换正式开始。

CLK IN, CLK R: 时钟输入或接振荡无件 (R, C) 频率约限制在 100KHZ~1460KHZ, 如果使用 RC 电路则其振荡频率为 $1/(1.1RC)$

/INTR: 中断请求信号输出, 低地平动作。

VIN(+), VIN(-): 差动模拟电压输入. 输入单端正电压时, VIN(-) 接地: 而差动输入时, 直接加入 VIN(+), VIN(-)。

AGND, DGND: 模拟信号以及数字信号的接地。

VREF: 辅助参考电压。

DB0~DB7: 8 位的数字输出。

VCC: 电源供应以及作为电路的参考电压。

图 8.1 ADC0804 引脚名称及其作用

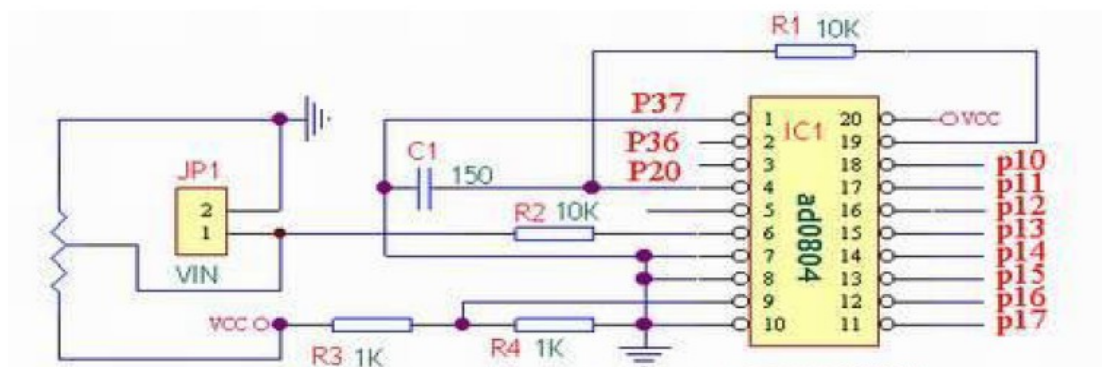


图 8.2 ADC0804 参考电路图

9、DAC0832

DAC0832 是使用比较广泛的普通 8 位 D/A 转换器, 其转换时间为 1us, 工作电压为 +5V~+15V, 基准电压为 +10V。

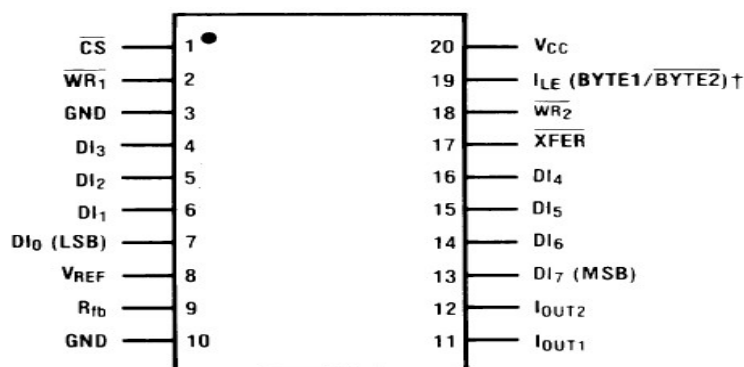


图 9.0 DAC0832 引脚分布图

各引脚定义如下：

\overline{CS} ——片选信号输入端，低电平有效；

$\overline{WR1}$ ——输入寄存器的写选通输入端，负脉冲有效；

DI0~DI7——数据输入端，TTL 电平，有效时间大于 90MS；

V_{REF} ——基准电压输入端，电压范围为-10~+10V；

R_{fb} ——反馈电阻端，芯片内部此端与 I_{OUT1} 接有一个 15 K Ω 的电阻；

I_{OUT1} ——电流输出端，当输入全为 1 时，电流最大；

I_{OUT2} ——电流输出端，其值与 I_{OUT1} 端电流之和为一个常数；

\overline{XFER} ——数据传输控制信号输入端，低电平有效；

$\overline{WR2}$ ——DAC 寄存器的写选通输入端，负脉冲有效（脉冲宽度应大于 500MS），当 \overline{XFER} 为 0 且 $\overline{WR2}$ 有效时，输入寄存器的状态被传到 DAC 寄存器中；

ILE——数据锁存允许信号输入端，高电平有效；

VCC——电源正极，电压范围+5V~+15V；

GND——模拟地和数字地，模拟地位模拟信号与基准电源参考地，数字为工作电源地与数字逻辑地，两个地最好在基准电源处一点共地。

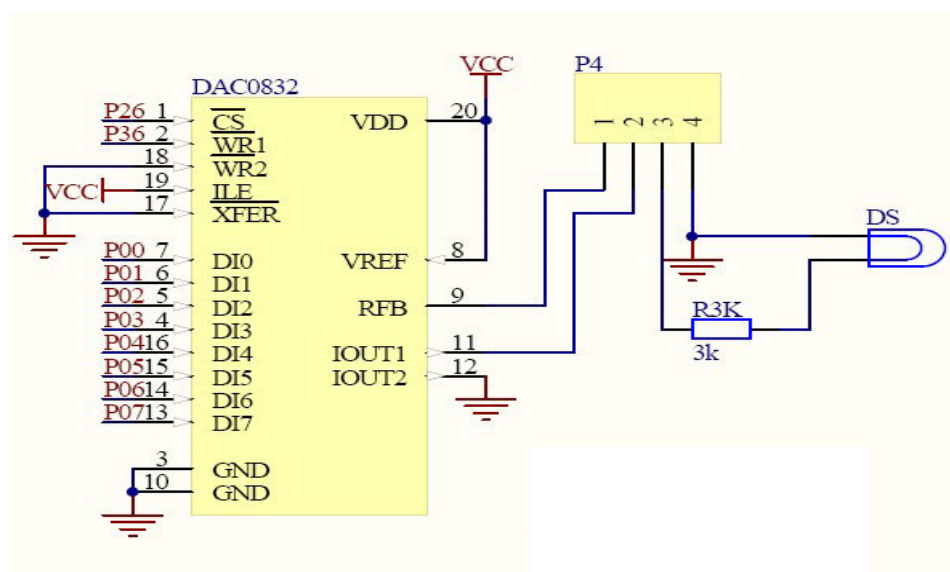


图 9.1 DAC0832 参考电路图

用跳线帽将 P4 的 2, 3 短路后， I_{OUT1} 直接与发光二极管 DS 相连，当写程序

控制 D/A 输出电流变化时，通过发光二极管便可直观看到现象，由于 I_{OUT1} 输出的电流非常小，因此该发光二极管的亮度也比较暗。

10、I2C 总线

目前市场上很多单片机都已经具有硬件 IIC 总线控制单元，这类单片机在工作时，总线状态由硬件检测，无须用户介入，操作方便，但是还有许多单片机并不具有 IIC，比如 51 单片机，这类单片机可以在应用系统中通过软件模拟 IIC 总线的工作时序。

在这里我们介绍 ATMEL 公司生产的 AT24C，以 AT24C02 为例，介绍 IIC 总线接口的具体应用。

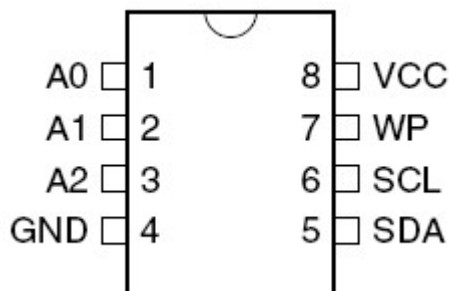


图 10.0 IIC 引脚分布图

各引脚功能如下：

1,2,3 (A0, A1, A2) ——可编程地址输入端

4 (GND) ——电源负极

5 (SDA) ——串行数据输入端/输出端

6 (SCL) ——串行时钟输入端

7 (WP) ——写保护输入端，用于硬件数据保护，当其为低电平时，可以对整个存储器进行正常的读/写操作，当其为高电平时，存储器具有写保护功能，但读操作不受影响。

8 (VCC) ——电源正极

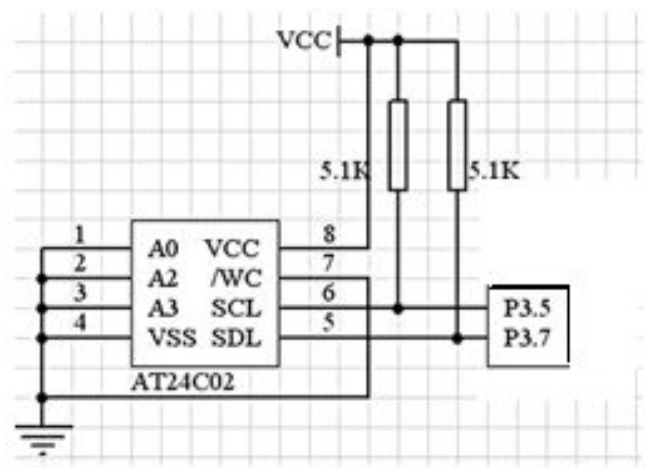


图 10.1 IIC 参考电路图

11、矩阵控制

独立键盘与单片机连接需要每一个 IO 口，占用的资源比较多。为了节省 IO 口，我们引入矩阵键盘。

以 4*4 的矩阵键盘为例，键盘十六个按键排成 4 行 4 列。矩阵键盘接单片机 P3.口。如图所示：

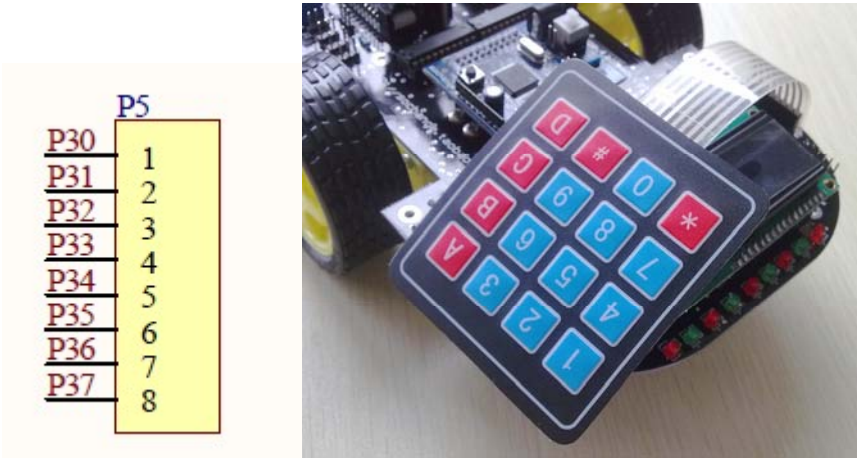


图 11.0 矩阵按键

12、蜂鸣器控制

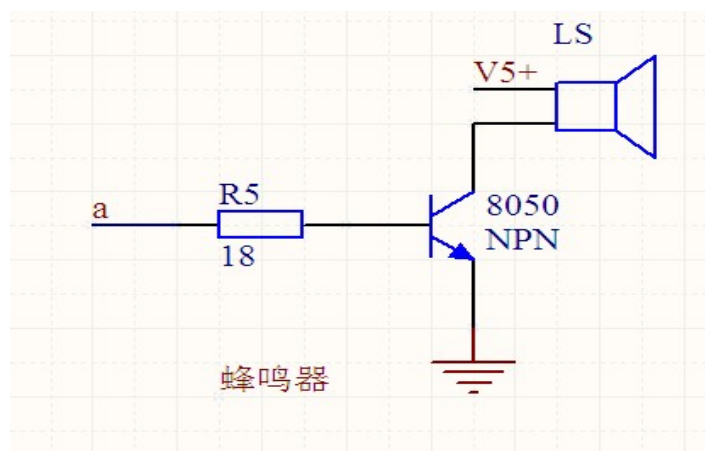


图 12.0 蜂鸣器原理图

蜂鸣器使用有源蜂鸣器，这里我们使用三极管 9012 作为开关，单片机通过控制 3-8 译码器给予一定频率的信号，则蜂鸣器也发出一定频率的鸣叫。

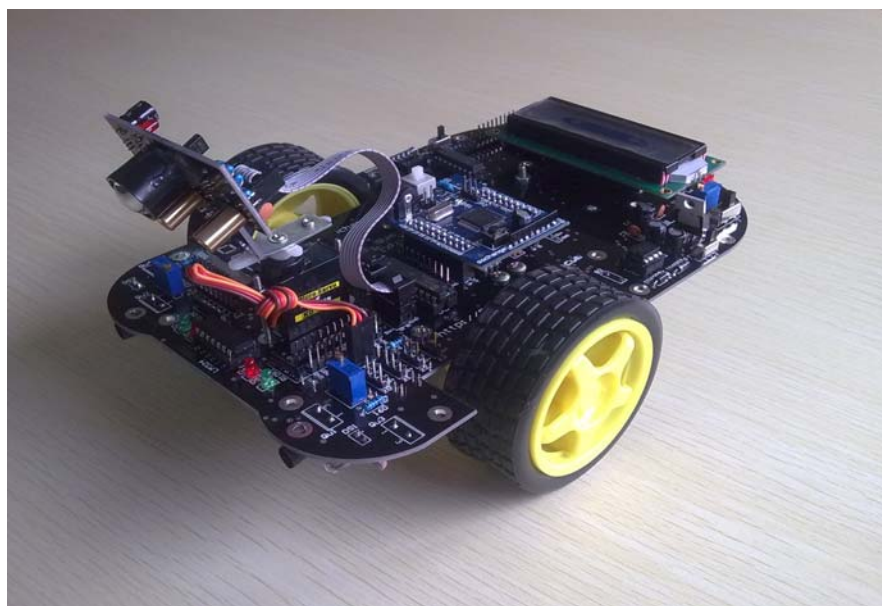


图 12.1 整车图

附：

广州手之创电子科技有限公司简介

广州手之创电子科技有限公司是一家专注于激光传感器技术、教学实验器材开发的高新科技企业。公司位于广州民营科技园内的科技创业基地，该基地由中国南方人才市场、白云区人力资源和社会保障局、广州联炬科技企业孵化器三方共同打造创办，旨在为该基地科技企业提供孵化服务。

公司拥有专业的销售团队和渠道，业务范围包括激光等各种传感器技术及其相关集成系统、控制系统的开发和销售，中高等院校教学设备、实验室仪器等的开发和销售。

公司拥有一批有能力、有活力、有抱负、敢于开拓创新的青年科研和销售团队。公司秉承“**诚信、专业、分享、创新**”的理念，坚持一流的产品和卓越的服务，得到了众多客户的充分肯定，市场占有率也因此稳步提高。

一直以来，我们坚持“以诚信为基石、专业的技术和服务为核心、与客户分享技术成果，并不断超越自我和创新”的理念，同时我们也拥有多项专利技术和业内首创的核心技术，这使得我们始终走在行业的前沿。

“开放”和“分享”是公司的核心文化，“为客户解决问题、为客户创造价值、与客户一起成长”是公司长期坚持的经营理念。相信在我们致精致诚、积极进取和高效执行的努力下，我们会在激烈的市场竞争中为客户创造更多的价值！

联系我们

公司网址首页：<http://www.soochange.com>

公司电子商务网站：<http://rongtion.cn.alibaba.com/>

公司官方淘宝网店：<http://sochange.taobao.com>

电话：020-28991152 传真：020-62198826

公司地址：广州白云区北太路民营科技园科盛路1号科技创业基地2楼

广州手之创电子科技有限公司

2011-9-24