校内“飞思卡尔”竞速小车

电磁组

参赛成员：08 季庚午（物理）

08 栾忠飞（电气）

09 郭鹏 （物理）

09 王丽颖（电气）

10 范乐鹏（电气）

指导老师： 小车指导团队

目录

1 摘要----------2

2 系统完成功能----------2

3 系统方案论证----------2

3.1 系统总体方案----------2
3.2.1 硬件部分----------2
3.2.2 机械部分----------2
3.2.3 软件部分----------2
3.2 方案比较与论证----------3

4 硬件结构设计及实现----------4

4.1 单片机----------4
4.2 路径信息采集模块----------4
4.3 舵机及电机驱动模块----------4
4.4 测速模块----------4
4.5 电源系统----------4
4.6 单片机最小系统电路----------4

5 软件结构设计及实现----------7

5.1 寻迹算法----------7
5.2 舵机转角控制算法----------7
5.3 电机转速控制算法----------7
5.4 测速算法----------2
5.5 舵机 PID 控制算法----------2
5.6 电机 PID 控制算法----------2

6 作品检测数据----------10

7 不足及今后改进方向----------10

附 1 源程序----------11

附 2 小车图片----------23

1 摘要

第五届飞思卡尔杯智能汽车大赛首次加入了基于电磁传感器的寻线智能车，在地面铺设通有交变电流的引导线，在引导线周围激起交变的磁场，从而通过检测此磁场引导车辆行驶。使用电磁场作为引导智能车的优点，主要体现在磁场信号具有很好的环境适应性，不受光线、温度、湿度等环境因素的影响。由于电磁场是矢量场，具有方向行，对于不同的传感器和传感器的不同摆放方式，探测到的电磁场也是有所不同的。

电磁组需要选手设计的智能车能够检测到道路中心线下电线中20KHz、100mA 交变电流产生的磁场来导引小车沿着道路行驶走过大S、小S、直道多种轨道。

通过对道路传感器所采集的数据进行处理分析，辅助以车模后轮码盘所采集的数据，来判断小车的方位、姿态、速度等，进而控制小车前轮舵机的摆角和后轮驱动电机的速度，使小车在最短的时间内完成比赛。

我们使用比赛指定的唯一控制器 MC9S12DG128B 作为系统的控制核心，用它来进行信号采样、数据传输等动作，并产生 PWM 波控制舵机和电机。

关键词：智能汽车 电磁检测 MC9S12XS128

2 系统完成功能

根据电磁车循迹的要求，电磁车设计包括赛车的设计和恒流源的设计。整体思路如下：电磁传感器获取赛道某点电磁特性，信号输入到单片机控制核心，进行进一步处理以获得赛道信息；通过光电编码器转速传感器检测车速，并采用单片机的输入捕捉功能进行脉冲计数计算车速和路程；通过片上 AD 检测电池电压；舵机转向采用分段 PID 算法控制；电机转速控制也采用 PID 控制，通过 PWM 控制驱动电路调整电机的功率。

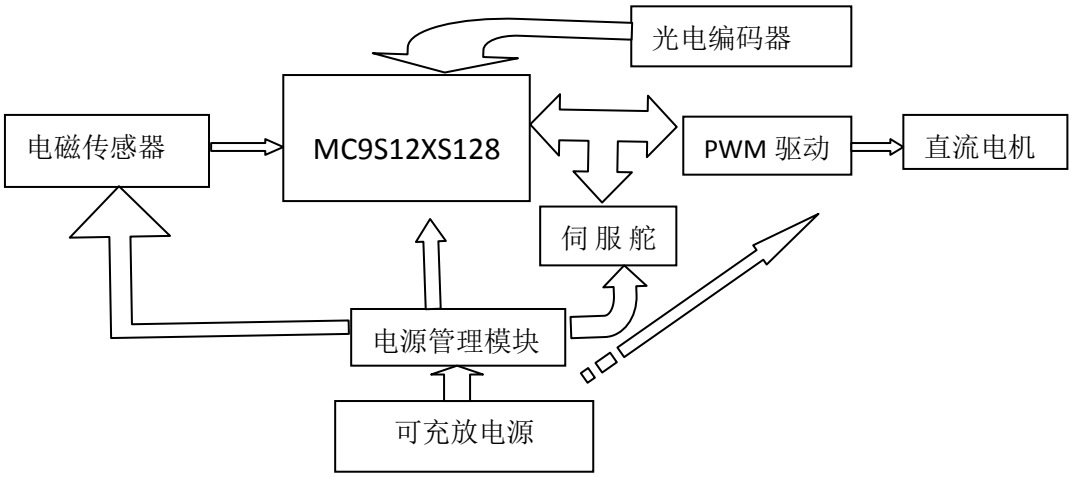
赛车能够自动识别赛道，并进行前进后退、加速减速、左右转弯的准确控制。

3 系统方案论证

3.1系统总体方案

单片机我们选用 MC9S12XS128 作为控制单元，它具有强大的功能，其内部不仅集成了普通 I/O 口，还有足够大的 flash，强大的中断系统，具有输入捕捉功能、输出比较功能及脉冲累加功能的计数器模块，A/D 转换接口，脉宽调制模块，串行通信接口等，此外其总线时钟频率可根据需要灵活设置，它还支持 BDM 在线调试。

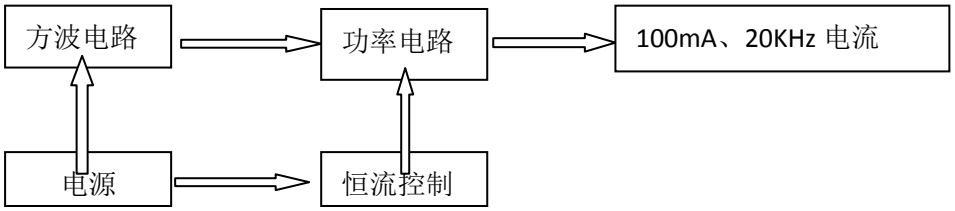
3.1.1 硬件部分



根据电磁传感器方案设计，赛车共包括五大模块：电磁传感器模块、速度传感器、MC9S12XS128模块，电机驱动模块、电源管理模块。

传感器部分：采用四个10mh的电感，利用三极管做成电压放大电路，尝试各种电路提高前瞻，简化冗余部分，提高电路可靠性。

恒流源的设计应包括：方波信号的产生，恒流电路的设计，功率放大的设计，系统框图如下：



3.1.2 机械部分

减轻重量，降低重心，加固激光管的安装。

3.1.3 软件部分

为了体现程序的模块性和可移植性，我们把程序分成各个模块进行分别处理，而各模块也有相应的形参做为接口，可以做到可移植性，通用性。下面就这些模块的设计与实现分别进行详细阐述。程序中用到的硬件资源有 PWM 模块、AD 模块、脉冲累加器、普通 I/O 口。

调试工具： 采用了 USB 接口的 HCS12 BDM 下载工具，是支持 Freescale MC9S12 系列 16 位单片机的 BDM 调试工具。软件上采用的是 CodeWarrior for HCS12,经过源程序的编写，连接，通过 BDM 下载至 MC9S12XS128，完成单片机的开发过程。CodeWarrior 是 Metrowerks 公司专门面向 Motorola(Freescale)设计的嵌入式应用开发的软件工具，包括集成开发环境 IDE，处理器专家库，全芯片仿真，可视化参数显示工具，项目管理器，C 交叉编译器，汇编器，链接器以及调试器，支持在线编程和调试，给我们的开发，设计工作带来了很大的方便。

3.2系统方案比较与论证

根据自动控制原理可以知道闭环的系统一般比较稳定,通过一定的方法实时测量智能车的速度，从而形成闭环控制，使得智能车更加准确的运行。一般可以采用以下几种测速方法：

方案一：霍尔传感器测速。在后轮的轴附近安装一个霍尔传感器，相对应

的再在轴上安装多个小型永磁铁，根据霍尔传感器特点，用一个上拉电阻将其接至 5V，随着后轮的转动就会形成多个脉冲信号。根据单位时间内的脉冲数量据可以测得当前车速。

方案二：反射式光电管测速。在后轮的轴上安装一个黑白相间的光码盘，然后通过一侧安装的反射式光电管读取光码盘转动的脉冲。

方案三：投射式光电管测速。采用具有齿槽结构的圆盘固定的后轴上，采用直射式红外光传感器读取齿槽圆盘的转动脉冲。

方案三：光电编码器测速。光电编码器可以分为增量式光电编码器和绝对式光电编码器。增量式光电编码器可以输出正比于转速的脉冲，记录单位时间内的脉冲数就可以间接测取实时速度。

鉴于光电编码器安装简单，输出信号比较规整，所以我们采用方案三。

4 硬件结构设计及实现

我们的硬件设计思路是在保证信号检测质量的基础上尽可能精简电路，以提高系统的可靠性以及整车的机械特性。系统简图如下：

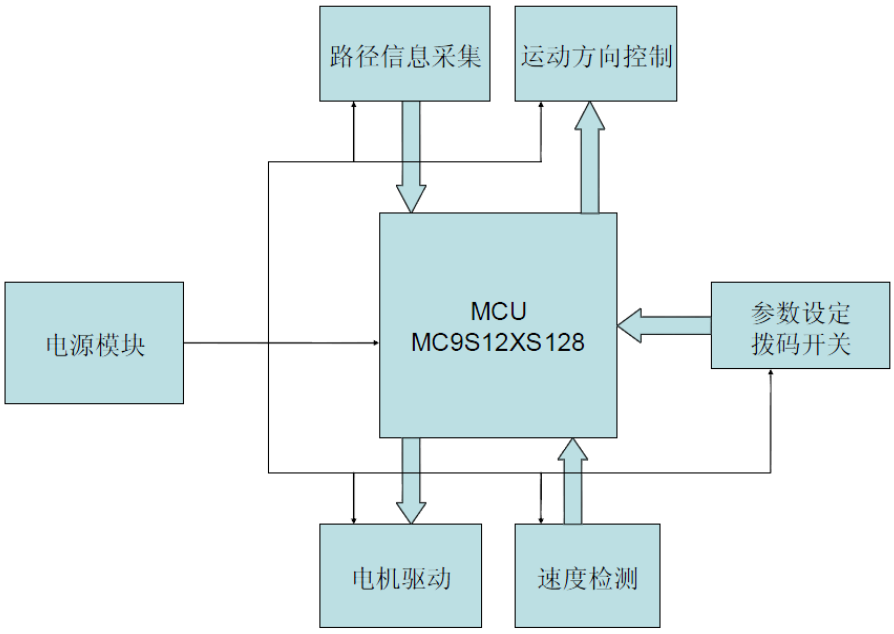


图 2.1 智能车的总体模块框图

4.1单片机

我们采用mc9s12xs128作为控制单元，它具有强大的功能，其内部不仅集成了普通I/O口还有足够大的flash，强大的中断系统，具有输入捕捉功能、输出比较功能及脉冲累加功能的计数器模块，A/D转换接口，脉宽调制模块，串行通信接口等，此外其总线时钟频率可根据需要灵活设置，它还支持BDM在线调试。

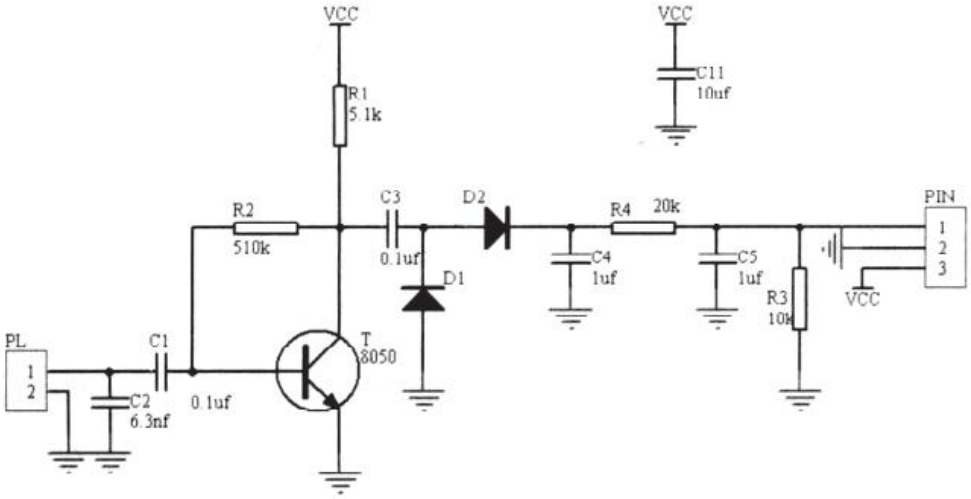
4.2路径信息采集模块

赛道由导线铺成，导线周围分布着交变的电磁场，由于赛道的各种形状，使得磁场发生叠加，不同的赛道形状形成不同的特征磁场。

电磁传感器测出的信号为当前所在位置的某个方向的磁场信息，所以传感器的布局至关重要。通过实验发现，当传感器相距较大，视角宽，得到的赛道信息

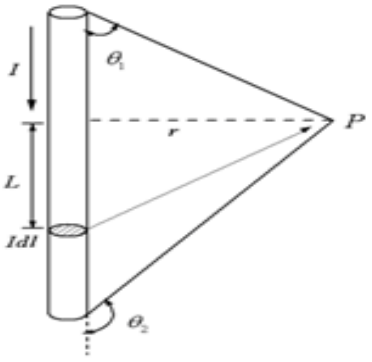
量大。所以，采用尽量架宽主要传感器的方式，以获得丰富的赛道信息，并且提前预知赛道形状。本次设计中我们采用了6个电感进行6路AD输入比较，精确地实现了小车的路径识别。

我们使用 10mH电感和 6.8nF电容并联谐振，来感应 20KHz的磁场信号，经放大电路放大后，得到正弦波，再用 AD采样，得到正弦波的峰值，以判断传感器离导线的距离，从而定位导线。电路图如下：



根据电磁学，我们知道在导线中通入变化的电流(如按正弦规律变化的电流)，则导线周围会产生变化的磁场，且磁场与电流的变化规律具有一致性。如果在此磁场中置一由线圈组成的电感，则该电感上会产生感应电动势，且该感应电动势的大小和通过线圈回路的磁通量的变化率成正比。由于在导线周围不同位置，磁感应强度的大小和方向不同，所以不同位置上的电感产生的感应电动势也应该是不同。据此，则可以确定电感的大致位置。

首先，由毕奥-萨伐尔定律知：通有稳恒电流I长度为L的直导线周围会产生磁场，距离导线距离为r处P点



的磁感应强度为： $B=\int_{\theta_1}^{\theta_2}\frac{\mu_0 I}{4\pi r}\sin\theta d\theta$

（ $\mu_0=4\pi\times10^{-7}N/A^2$ ）

由此得 $B=\frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$

对于无限长直导线来说角度分别从0到180°

则 $B=\frac{\mu I}{4\pi r}$

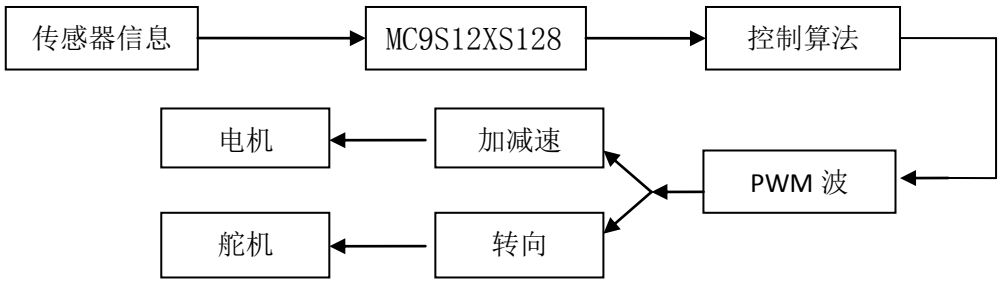
且磁感应强度方向为垂直纸面向里。于是，它的磁力线是在垂直于导线的平面内以导线为轴的一系列同心圆，圆上的磁感应强度大小相同。

由于本设计中导线中通过的电流频率较低，为20kHz，且线圈较小，令线圈中心到导线的距离为r ，认为小范围内磁场分布是均匀的，则线圈中感应电动势可近似为： $\xi=-\frac{d\Phi}{dt}=\frac{k}{r}\frac{di}{dt}$ ，即线圈中感应电动势的大小正比于电流的变化率，

反比于线圈中心到导线的距离。其中k 为与线圈摆放方法、线圈面积和一些物理常量有关的一个量。具体的感应电动势须实际测定来确定。

4.3舵机及电机驱动模块

舵机和电机工作原理原理如下图所示：



通过PWM控制舵机转角和电机速度。

4.4测速模块

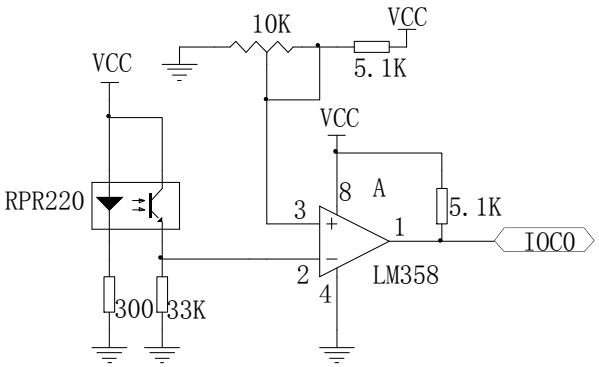
由于考虑到成本需要，我们采用了光电编码器作为测速模块的硬件构成。其中码盘为40 格的相间圆盘，如右图所示：



当圆盘随着齿轮转动时，光电管接收到的反射光强弱交替变化，由此可以得到一系列高低电脉冲。设置 9S12 的 ECT 模块，同时捕捉光电管输出的电脉冲的上升沿和下降沿。通过累计一定时间内的脉冲数，或者记录相邻脉冲的间隔时间，可以得到和速度等价的参数值。

测速电路使用自行研制的红外反射式光电测速传感器。速度测量电路使用光电码盘、红外反射式光电对管 RPR220，比较电路等组成。

速度测量电路图所示。红外反射式光电对管的光敏三极管信号通过比较器处理后输入单片机的计数器模块，利用单片机的输入捕捉功能，处理智能车速度信息。自制的编码盘有 16 道黑色条纹，电机旋转一周将产生 16 次输入捕捉中断。



测速电路

单片机记录两次中断的时间间隔 T。两次中断对应于智能车前进的距离 S 为：16.5/24 cm，即 0.6875cm，其中 16.5cm 为智能车后轮实测周长[7]。智能车实时速度 V(cm/s)的计算公式如

下：

$$V = \frac{S}{T} = \frac{16.5/24}{T} = \frac{0.6875}{T} cm/s$$

4.5电源系统

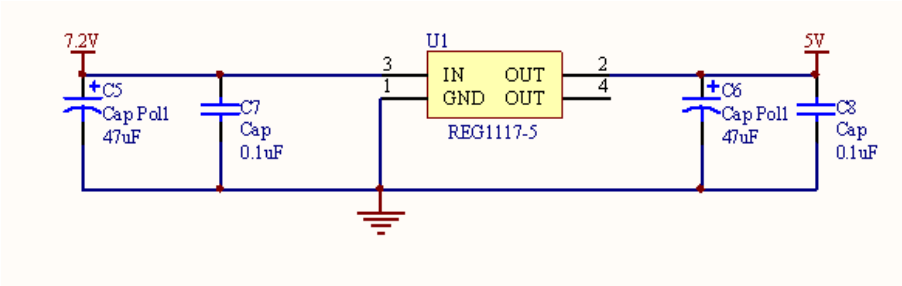
7.2V稳5V电路图：

7.2V稳6V电路与上电路原理图相同。

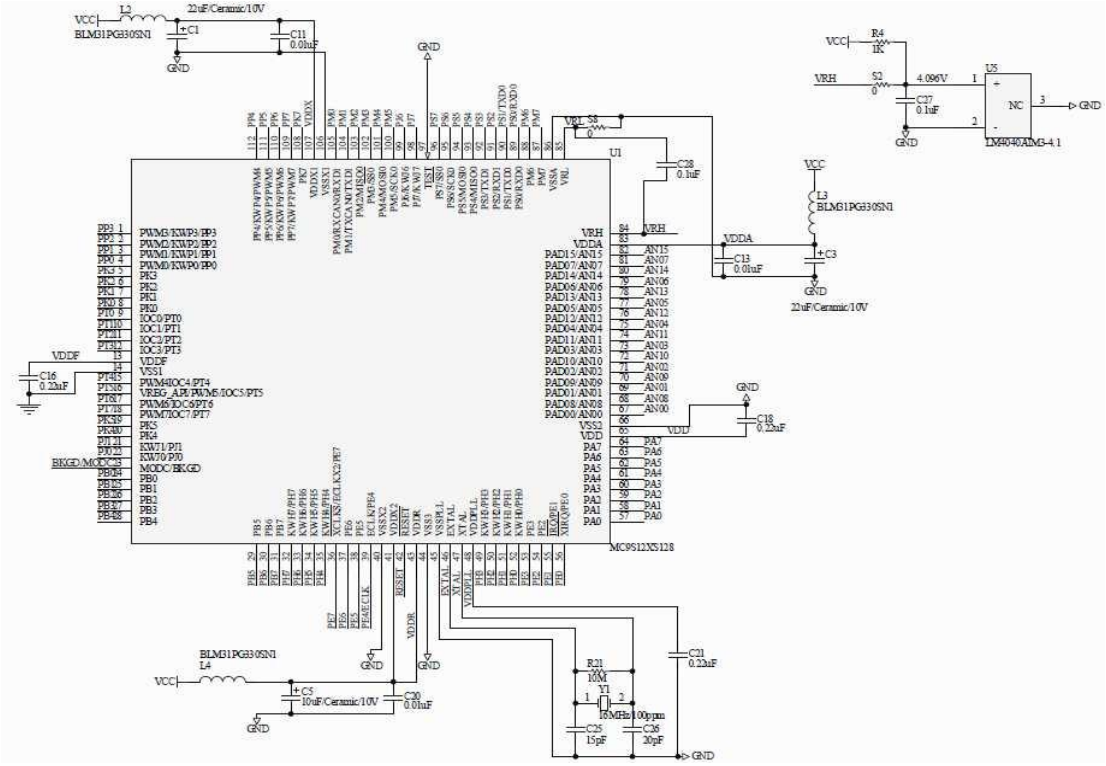
电机给予7.2V；

舵机给予6V；

单片机和路面检测模块给予5V。



4.6单片机最小系统电路

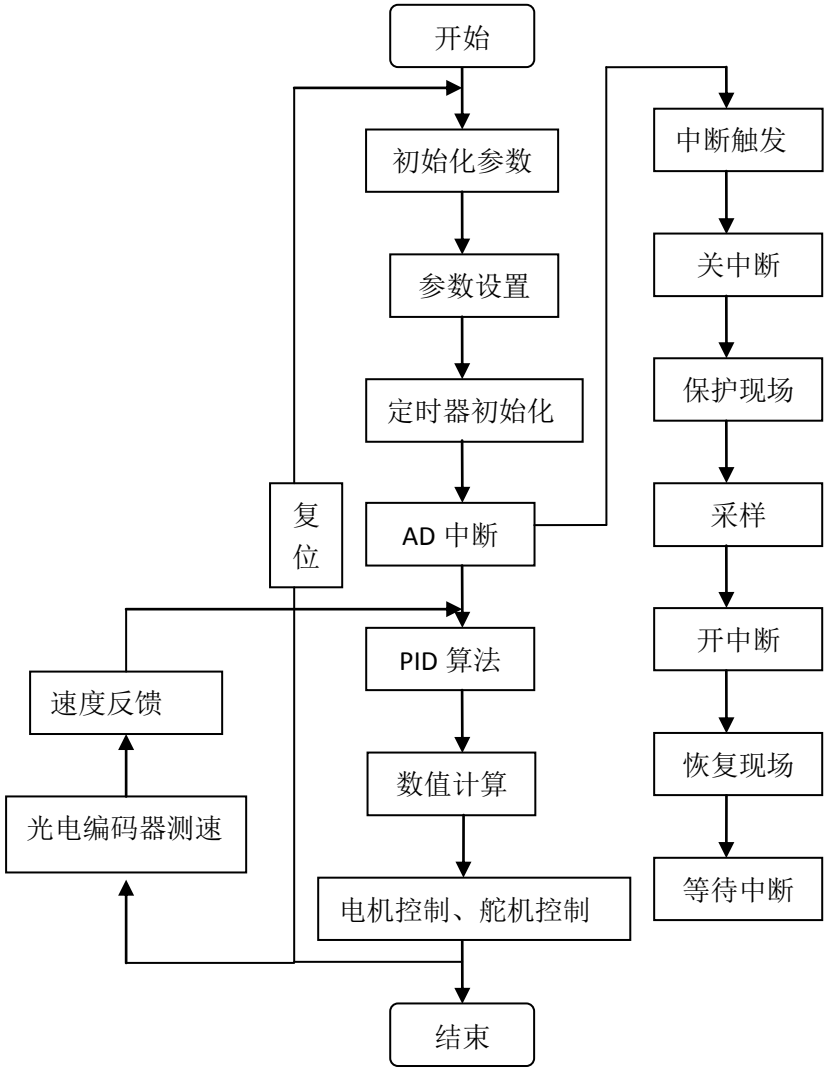


5 软件结构设计及实现

5.1 主程序设计

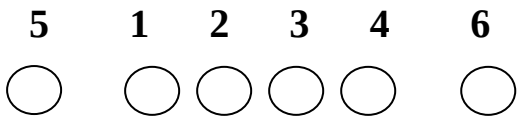
主程序具体实现过程为：单片机首先进行初始化，然后对传感器电路的所得电压进行采样，将采样值送入单片机进行比较，实现舵机和电机的控制，从而控制赛车前进后退、左右转弯、加速减速，另外，光电编码器将所得到的速度方波

波形送入单片机，单片机进行计数后得出速度情况，从而实现闭环控制。



5.2 寻迹算法

我们在路经检测电路中用了 6 个电感，采用一字型排布如图所示：



在寻迹中我们把电感中感应的电压通过单片机的 A/D 模块转换成数字信号。然后通过数字转换值的大小比较来确定通电直导线的位置。距离直导线越近的电感数字转换值越大，从而得知导线位置。

将 1 和 2 的电压相加，2 和 3 的电压相加，3 和 4 的电压相加，判断哪个的和最大，如果 2 和 3 的和最大，则舵机转角控制则又 2 和 3 的电压差值提供参数，采用 PI 的算法，使其差值和上一时刻的值比较，得到现在时刻的舵机转角，5 和 6 用于赛车的 6 个电感全部偏出赛道控制，在较大弯道时若 5 或 6 电感无检测值，且上一时刻有检测值，则令其向某一方向偏转，其余情况类似。

5.3 舵机转角控制算法

舵机转角大小由寻迹算法得到的直导线位置决定，中间电感距离直导线位置越近转角越小，不同的转角对应不同的 PWM 输出。每次寻迹后自动记录其拐角方向，如果小车脱轨就根据上次拐角的方向给一个最大转角对应的 PWM 输出。

5.4 电机转速控制算法

电机转速大小由舵机转角大小决定，转角大的时候给予以较慢的速度，直道的时候以全速行驶。

5.5 测速算法

我们采用的是光电测速，光电测速是通过光电管和编码盘每黑白交替一次则产生一个脉冲，由单片机定时模块定时采集的脉冲数从而测定速度大小。

5.6 舵机 PID 控制算法

由于舵机是一个具有大的延迟的执行机构，所以在 PID 控制中不能加入积分环节。否则会导致小车震荡。所以小车采用 PD 控制。同时加入一个一阶惯性环节，构成不完全微分，给小车一个超前的调节。

实际使用中，为了减少计算时间，将位置式 PID 转化为增量式

增量式 PID 公式：

$$\Delta u(k)=u(k)-u(k-1)=K_p[e(k)-e(k-1)]+K_I e(k)+K_D[e(k)-2e(k-1)+e(k+2)]$$

5.7 电机 PID 控制算法

小车行使过程中，随着跑道的不同，需要配合不同的速度值，因此对电机的 PID 是一个给定值不断变化的 PID。

小车的目标速度（Object_Speed）给定规则：

小车在直道上，Object_Speed 为最大值 100。

小车在大弯道上，Object_Speed 为 75。

小车在小弯道或 S 型弯道上，Object_Speed 为 65

小车冲出跑道，Object_Speed 为 50。

小车由直道进入弯道，Object_Speed 逐渐减小。

小车由弯道进入直道，Object_Speed 逐渐加大。

在实验中发现，PID 的超调量主要在第一个波形中起作用，也即单速度由很大到很小的时候，或由低速突然加到高速的过程中，会出现很大的超调。但是这个超调并不是有害的，因为，当速度要求突变的时候，往往是小车由直道入弯道，或者由弯道入直道的过程，这个过程往往需要很快的大加减速，而由于小车的惯性，一般的 PID 调节难以满足要求，这时使用大的超调量可以使小车有一个加速或刹车的过程，使之更好的达到要求速度。

6　作品测试数据

	0	1	2	3	4	5	6
中间位置	4	31	213	414	108	12	5
左转	5	74	283	351	50	6	4
	54	283	275	26	5	5	4
右转	5	7	51	314	280	136	6
	5	5	28	239	322	200	19
	5	9	87	338	364	107	5

7 不足及今后改进方向

7.1 路面检测模块我们采用的是一字型，一字型模块的前瞻性不好，而且对路面的弯曲程度计算也不是很准确。如果采用“W”字形布局，将会有更好的前瞻性，但是算法比较复杂。

7.2 我们的小车在电机控制模块中还有很多不够，比如我们自小车走直道时时给定一个固定的比较大的速度，而没有一个直道加速的功能。

7.3 舵机控制方面也还有缺陷，我们采用的是寻中心线转弯，其实我们可以该成转弯时走内圈，这样就可以缩短路程。

7.4 测速模块我们用的是码盘，码盘的精确度非常有限。如果采用编码器的话，测速模块将会是一个很好的反馈。

7.5 电磁传感器的方案中，输出电压与输入的磁场强度不成正比，这导致了测量时存在误差，可以采用补偿的方法加以消除，可以进行硬件和软件的补偿，还有一点就是前瞻问题，由于是刚开始接触电磁，我们组根据测得的数据和推测，电磁的前瞻应该能有约 10—15cm 的前瞻，可从不同方向的放置电磁传感器，如水平方向、Y 轴方向上的，亦可成 45° 放置，这样可以大概检测出弯道的曲率半径，从而更好的控制转向和速度。

7.6 由电磁传感器测得的电压来计算相对偏移量的算法中，可以大幅改进，根据理论推导和实验测得数据，开发更稳定、更精确地算法，如拟合直线，二次曲线等方法，更精确的得出相对位置的大小。使控制更快、稳、准。

7.7 电机驱动的改进很有发展，目前电机驱动由于电流的限制，使加减速不是很明显，严重影响了快速性和灵活性，可以采用电流更大的电力电子装置来加大电流，是加减速性能得到提高。

附一 源程序

```
#include <hidef.h>          /* common defines and macros */
#include "derivative.h"          /* derivative-specific definitions */
/*****************************************************************
**********
宏定义设置
*****************************************************************
*********/
#define centre 53500; //舵机的中心位置   需重新设定
#define left_limit 55500;//舵机左极限
#define right_limit 51500;//舵机右极限
#define uchar unsigned char
/*****************************************************************
*********
全局变量的设置
*****************************************************************
*******/
long int ADValue[6]={0,0,0,0,0,0};//用于存放 AD 采样的实时
int i;
int flag;
int flagg=0;
/********************函数声明*******************************/
void delay(int ms);

 /*********************************************8*******************
 定义延时函数
 *****************************************************************/
  void delay(int ms)
{
  while(ms--)
  {
    for(i=0;i<=2285;i++);
  }
}

/************************ 初 始 化
************************************************/


/*****************************************************************
**********
PWM 初始化函数   PWM 使用 23（SB)驱动电机、45(SA)空、67 (B)用于舵机
*****************************************************************
***********/
```

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/345131042220011044