

# Cyberdragon队智能车技术报告

Smartcar Technical Report by Team Cyberdragon

■ 参赛队员: 刘武 陆正辰 郭洋 带队老师: 王冰 王春香 上海交通大学

**摘要:** 赛车采用LC谐振回路对电磁导引的信号进行检测, 通过电磁场强度分析赛道信息, 用PID方式对舵机进行反馈控制。同时通过速度传感器获取当前速度, 采用优化后的Bang-Bang控制实现速度闭环。

**关键词:** Freescale; 智能车; 电磁导引; PID

**DOI:** 10.3969/j.issn.1005-5517.2011.1.011

## 电磁设计

电磁导引智能车, 主要包括电磁导引信号获取、起止线检测、控制算法三方面, 此外, 为使智能车拥有更好的性能还对车模进行了一些调整。

### 电磁导引信号获取

本设计中电磁信号获取包括了两部分:

1. 探头部分, 本设计中使用工字型电感作为探头, 利用它开放的磁芯作为感知交变磁场的媒介, 为加强其抗噪性能, 选取合适的电感与其串联组成谐振频率与信号频率一致的LC振

荡回路。

2. 信号放大部分, 本设计中使用两级级联的运放电路作为信号放大部分, 两级放大电路均为带通放大, 参数一致, 都具有10倍的增益、20kHz的中心频率、4kHz的带宽以及2.5V的偏置电压。

### 起止线检测

考虑到起止线上会埋设表面磁场达上千高斯的磁钢, 本设计中的起止线检测采用霍尔元件, 为适应不同磁极, 选型时选择的是全极型霍尔元件。此外, 为了方便控制算法的实

现, 与节省单片机资源, 设计中使用开关霍尔, 利用外部中断方式检测起止线。

### 控制算法

舵机控制采用P控制, 为了加强信号可靠性, 减小电机运作时反电动势及噪声的影响, 对采样信号进行了软件滤波处理, 通过去除最大最小值消除信号毛刺, 通过取平均值的方法消减小波的影响。本设计中使用PID算法作为速度控制算法, 通过光电编码器实现速度反馈。

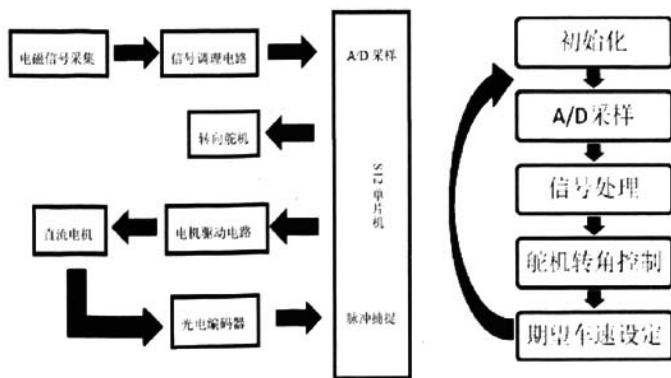


图1 赛车结构示意图

图2 软件系统流程简图

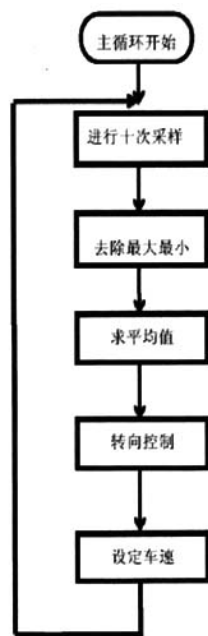


图3 主循环程序流程图

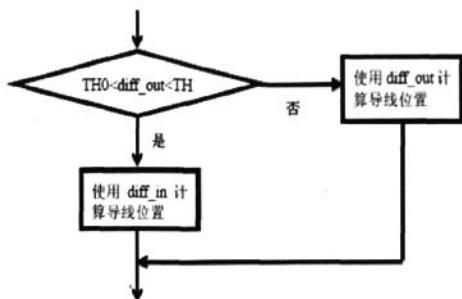


图4 导线位置计算程序流程图

在通过实验确定各项系数后，又在普通PID算法的基础上做出了改良，引入了开环初始值：在实际速度与期望速度相差很大时不使用PID算法，而是直接通过事先标定的开环值对速度进行调整，然后再采用PID算法进行调节，最后达预期速度。

#### 车模调整

为了加快车模转向响应，设计中在对车模上舵机的传动连杆进行了加长，使响应速度提高了30%。由于连杆的加长，舵机安装方式也做出了相应改变，由卧式改为立式。除此

之外，还对车模进行了一些小的调校，包括主销内倾角、主销后倾、后轮差速机构等。

#### 硬件系统方案设计

此智能车通过电磁传感器采集铺设在赛道上的导线中携带的20kHz交变电流的磁场，并以此为依据进行车体控制，利用适当的控制算法让智能车达到沿导线前进的目的。控制算法主要包括两方面：用于驱动智能车前进的电机控制和用于控制智能车转向的舵机控制。赛车结构示意图如图1。

#### 软件系统方案设计

有了硬件架构之后，必须要有一套合适的算法才能发挥出硬件的潜力。在一个控制周期中大致需要完成以下几个步骤：首先是信号采样，然后是一些有软件实现的信号处理，诸如滤波等。之后根据信号来对车辆进行控制，控制包括转向舵机和驱动电机两部分。舵机控制是根据信号直接确定的，对电机的控制则是只给出一个期望速度，由当前速度到期望速度的变化过程由更为底层的控制程序来完成。程序流程简图如图2。

软件算法的编写必须根据硬件条件，再好的算法如果跟硬件不兼容的话也是徒劳的，调试的过程就是让其不断适应现有硬件的过程，智能车竞赛追求的不是

最完美的程序而是最适合当前硬件的程序。

#### 电磁采样信号处理与使用

##### 电磁采样信号的处理

赛车的A/D采样在主循环函数中进行，为了减小信号抖动的影响，对采样信号进行简单的低通滤波处理，即将10个采样点的信号取平均值作为一个数据，但这样人不能避免突然出现的一个大幅值尖峰对信号的影响，遂在此基础上再加入一个步骤：在平均前将最大最小值去掉。这里需要说明一下，A/D采样的频率即使取十点平均，也还有50kHz的采样率，不会因为滤波而使赛车在响应上变慢。程序流程图如图3。

##### 电磁采样信号的使用

##### 使用4个X方向探头判断传感器下方导线位置

在前文中已经提到过，利用位于同一直线上的相距7cm的内侧传感器与相距9cm的外侧传感器之间的互补性可以使用分段线性拟合的方式得到信号差值与导线位置的关系，具体使用流程图如下(设偏差为-5cm时外侧传感器差值为TH0，+5cm时差值为TH1，外侧传感器信号差值为diff\_out，内侧传感器信号差值为diff\_in)。

##### 使用两个Y方向探头识别十字道与弯道

使用4个X方向探头时，判断弯道的条件是当偏离导线的距离达到一定程度，而这种情况在以较差姿态进入十字道时也会碰到，因而会出现把十字道误判为弯道的情况。但是在Y方向上十字道与弯道的区别是很明显的，当赛车接近十字道时两个Y方向探头信号都会迅速增大，因为此时的磁

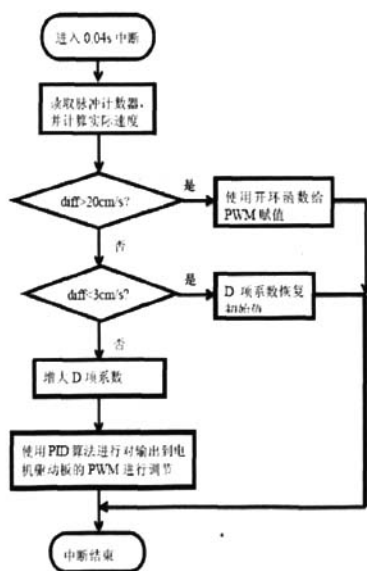


图5 速度闭环控制程序流程图

场几乎是垂直于电感截面的,而接近弯道时由于赛道的最小转弯半径也有50cm,所以Y方向的磁场变化是比较缓慢且不对称的,即不会出现同时快速增大的情况。综上所述,只要把两个Y方向探头上的信号引入到弯道判断中就可以解决十字道与弯道的混淆。

#### 速度闭环控制

赛车的速度控制用的是PID算法,为了加快速度响应,又在期望速度与实际速度相差较大时预先引入一个预先标定的开环函数,虽然开环函数会受到电池电压、电机传动摩擦力、道路摩擦力和前轮转向角度等等

很多因素的影响,但如果只作为PID算法的初始值的话还是可以极大地加快逼近速度的。P、I和D的系数要根据赛道情况进行调节,调节思路是这样的:当赛车响应不够快时,需要增大P项的系数,但是P项系数的增大会带来超调量的增大;当超调量过大时,可以增大D项系数来减小超调量,但是会引入系统的稳态误差;I项可以消除稳态误差,但是会减慢赛车响应。具体调节时需要根据实际情况来进行参数调整。速度闭环控制具体流程图如图5(图中期望速度与实际

速度差用diff表示)。

#### 参考文献:

- [1]卓晴,黄开胜,邵贝贝等. 智能车[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.03
- [2]田作华,陈学军,翁正新. 工程控制基础[M]. 北京:清华大学出版社,2007.03.197~203
- [3]邵贝贝. 单片机嵌入式应用的在线开发方法[M]. 清华大学出版社,2007.158~159
- [4]韩飞,陈放,殷雪博. 上海交通大学CyberSmart技术报告[R]
- [5]梁星,王韬,丁丁. 上海交通大学SmartStar技术报告[R]
- [6]李仕伯,马旭,卓晴[J]. 基于磁场检测的导线小车传感器布局研究. 电子产品世界,2009(12),41~44

#### 征稿

读者、作者都是本刊的上帝。期望您既是读者,又是作者。

投稿邮箱: [article@eepw.com.cn](mailto:article@eepw.com.cn)

## 让记忆在做智能车的日子里漫溯 ——写给智能车承载着的青春岁月

■ 五邑大学 朱日龙

#### 艰苦的做车历程

从去年九月份开始,我就报名参加。从那时候开始,几位师兄就着手带领我们,期间开了几次培训会,刚开始就介绍智能车比赛的性质,师兄根据我们学习的情况整理我们的资料,帮我们订有关的参考书,再分组别进行相应的技术辅导。集训的两周里,我们要看组委会推荐的资料《学做智能车》、《HCS12微控制器原理及应用》、《智能车设计基础与实践》,要看有关教学视频,还有往届的技术总结论文。作为硬件师,我要学电子设计自动化领域最先进的制图

软件《ALTIUM DESIGNER》。由于电磁组是今年新增的组别,一切都是前所未有的,于咱们而言这就更有压力了,最主要的是路径识别模块,我们在探索阶段下了很多功夫,光是制作小块的电感测试板就做了一大袋,还有电源、检测、驱动等模块。我们要不断决定方案再通过实验测试效果,如果效果理想再决定接着的布局,这个过程花了一个多月时间。到了第二步方案整合阶段,通过之前的测试,我们决定好主板采用的电源数目、驱动的方案以及检测模块的传感器数目,于此同时软件方面要进行模拟

控制的方案了。

到了四月初离校内赛仅剩一个月,我们组变得很着急,团队合作方面出了问题,也就出现了下面这段小插曲:首先是内部关系没处理好,幸好王老师和师兄顺利帮助我们解决了内部关系的问题;其次是内部分工不协调,总是不能安排合理每个同学的工作进度,造成经常有任务冲突的情况出现。这两种情况的出现,最根本的原因在于大家之间没有沟通好团队合作的配合。我觉得像如此大型的竞技活动,一定需要一个团结、沟通协调能力强并能相互体谅的良好团队。这是衡量一个团队是否优

本刊网站博客摘录

秀的必要条件,难怪有大师说,“这个世界百分之八十的问题出现在沟通上”,此言极是。

到了校内赛阶段,这是我们技术水平提高最快的时候。记得那时,每天都是早出晚归,每天都在实验室搞到晚上八点多才去吃饭,为了测试模块参数,经常趴在跑道上,有时候一趴就整个下午。比赛前一天我还在紧锣密鼓地焊接刚腐蚀好的最终的道路检测模块,等所有的硬件电路搭好后,小车能够正式上路了,软件师在实验室通宵调整软件的参数,期待着小车能够更加顺畅地比赛。

这四个月做车模的过程中,我结交了不少朋友,我收获了友情,认识了实验室很多很棒的同学,认识了研究生师兄,也认识了实验室中心主任王老师。尤其在做车的这些日子,我们学到不少知识,动手能力、工程实践能力、创新能力有长进,当面对一个大型的从没接触过的工程项目学会怎么去开展,在做的过程中学会怎样和伙伴团结协作,我和两位拍档的点点滴滴,已成为我们的美好回忆珍藏在我的一生当中。

### 在华南赛区度过美好时光

时间来到七月二十日,经过长途跋涉,当晚六点,智能车团队一行千里迢迢地来到了华南赛区,矗立在麓山脚下、湘水之滨的千年学府——湖南大学,那时我刚从西安西工大软件园实习归来,也经过十几个小时的艰难旅程来到长沙,再次和团队伙伴们、全体带队也是教过我课程的老师聚在一起,就像失散多年的游子找到母亲一样,顿时激动得热泪盈眶,那

一刻我感到特别高兴。在湖大体育馆调试车和正式比赛的几天里,我感受到了兄弟院校的强援,广技师、湖北汽车工业学院、华中科大、中南民大、武汉科大等都是华南赛区历年的老大。个人比较欣赏广技师的奔磁号,在总决赛上跑得比清华三角洲电磁一队还快。

在决赛当天是最好看的,所有队



伍都把档位调到很大,速度马上就上去了,随之各种情况也跟着出现了:在坡道上侧翻的有之,在接近终点线还未到就定住的有之,把交叉线误判为起跑线而停下的有之,刚出起跑线就出轨的有之,冲出跑道把周边挡板狠狠撞开的有之,在大s弯或小s弯失足的亦有之……。

在赛场上偶而还出现美女司机,这不得不引起我们的关注,要知道她们可是赛场上一道独特的风景线啊!

最令我印象深刻的是光电组激光头立园二号那队,它是全场唯一能知道自己出轨又能迅速摆正姿势回到原位上的一辆,正因为如此也就有了后面跟组委会秘书卓晴老师理论的一幕,从他的话语中我了解到华北赛区清华大学CCD队的惨败,以及相对比的北京科技大学的称霸。

### 诗意的队名,深刻的涵义

今年我们的队伍起的名字很好

听,前往华南赛区前,我记得师兄曾发动过大家一起想,希望能起个有内涵、有意韵、有灵气的名字。心月、天沙、立园,前两个是学校标志性的景点,心月湖和天沙河。立园,代表修行笃厚、立志图强、立身清洁、立德立功立善,自立自强的意思。希望以后的智能车人都能沿用以上名字,把它们保留下来!赛场上参赛队伍都有着很好听的名字:奔磁号、宝马号、鹰眼号、铁军一师、首安队、南国飘香、比亚迪狮子座、和谐号、二次革命、木棉号,极速先锋等等,这些名字都很有意思,好有特色和水平,无不凝聚着他们队伍的信念和希冀。

### 后记

今年的智能车比赛已经结束,比赛结果既定,我们应该认真总结整个比赛的过程,因为在此过程中我们努力、拼搏、坚持过,在这过程中我们学到了很多很多,不只是一些实际的应用知识,更重要的是磨练了我们坚韧的意志力、收获了友谊和许多做人做事的道理。人生的路还很长,这只是其中一个小小的驿站。

在整个做智能车的过程中,学校和院里的领导、全体指导老师和一些参加过往届大赛的师兄给了我们极大的支持与帮助,学校也提供了这么好的实验环境给我们,还有就是大赛组委会为全国大学生组织了五届这么好的竞技活动,给我们平台,在此表示衷心的感谢!

仅以此拙文来纪念智能车承载过的那段青春岁月。

2010年8月22日午夜