

# 基于电磁技术的智能车路径识别的研究

胡长晖, 叶梦君, 汪漫, 叶昔银, 朱俊  
(湖北师范学院 控制科学与工程系, 湖北 黄石 435002)

**摘要:**介绍了一种以 Freescale 公司 MC9S12XS128 单片机为核心控制单元的自循迹智能车系统, 快速、准确的提取和处理赛道信息, 是智能车灵敏的沿既定的赛道快速行进的必要保证。对基于电磁技术的智能车路径识别技术进行了研究, 给出了基于运算放大电路的路径识别方法。测试表明, 该方法具有良好的实时性和准确性。

**关键词:**电磁技术; 智能车; 路径识别

**中图分类号:**TP212    **文献标识码:**A    **文章编号:**1009-2714(2011)02- 0054- 05

2010年8月, 第五届全国大学生智能汽车竞赛在杭州举行。首次出现了基于电磁技术的智能车竞赛项目。比赛规则要求竞赛车模需要能够通过自动识别赛道中心线位置处由通有 100mA 交变电流的导线所产生的电磁场进行路径检测, 其中交变电流频率范围是  $20\text{kHz} \pm 2\text{kHz}$ 。本文针对电磁赛道要求, 给出几种路径识别方法及其实现思想, 并对这几种方法进行了分析比较。这些方法的研究, 对于提高比赛水平, 探索发现新的路径识别的方法都具有重要的意义, also 具有很强的推广性。

## 1 整体结构

电磁智能车根据功能可分为 7 个部分: 以 Freescale 公司的 MC9S12XS128 为主控制器的最小系统模块、电磁传感器模块、电源管理模块、速度测量反馈模块、舵机驱动模块、电机驱动模块、辅助调试模块。

### 1.1 主控制器模块

MC9S12XS128 具有 128kB 的 FLASH, 12kB 的 RAM, 4kB 的 EEPROM。片上集成有电压调节、在线调试、时钟产生、定时器、A/D 转换、PWM 输出等模块, 满足电磁智能车对主控制器资源的要求。

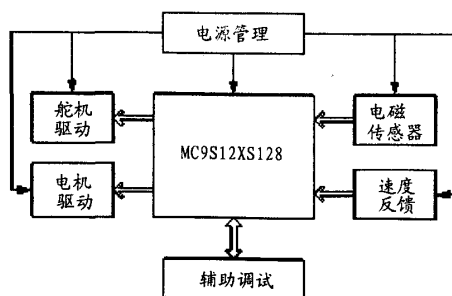


图1 系统整体结构

### 1.2 电磁传感器模块

收稿日期: 2010—12—13

作者简介: 胡长晖(1983—), 男, 湖北新洲人, 工学硕士, 助教, 主要研究方向为智能控制。

采用 LC 谐振电路,测量磁感应强度。通过测量赛道中心轴的左右被测点的磁场强度,判断电磁智能车偏移赛道中心轴的情况,从而进行赛车偏转角度的调整。

### 1.3 电机驱动模块

电机驱动模块是由分离元器件 IRF4905 和 IRFZ48N 搭建的 H 桥,通过 IR4427 驱动 H 桥,主控制器输出两路 PWM 控制信号,输出不同占空比的方波信号驱动电机,实现调速。

### 1.4 速度反馈模块

采用光电编码器 YZ30D-(4S)-2NA-200,脉冲数 200,具有功耗低,抗冲击,重量轻的特点。

### 1.5 舵机驱动模块

为了使智能车在复杂多变的弯道行驶过程中,能够快速响应,利用汽车转向机构原理,将舵机垂直的置于车头中心轴并提升舵机位置。这样可以消除左右转向轮的不对称,又可以增大力矩,使智能车快速响应。

### 1.6 电源管理模块

电源管理模块将唯一的车载输入主电源(7.2V)经 DC-DC 转换后,为主控制器,舵机,电磁传感器,电机驱动芯片等模块供电。

## 2 电磁赛道分析

电磁赛道中心线位置处有 100mA 交变电流的导线,该导线就是智能车导航的信息源。根据麦克斯韦电磁场理论,交变电场会产生交变的磁场。智能汽车竞赛使用路径导航的交流电流频率为 20kHz,产生的电磁波属于甚低频(VLF)电磁波,甚低频的频率范围为 3kHz~30kHz,波长为 100km~10km。感应磁场分布是以导线为轴的一系列同心圆,圆上的磁场强度相同,如图 2 所示。

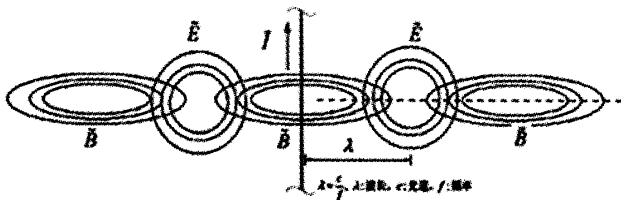


图 2 竞赛赛道周围电磁场

由于赛道路径导航电线和小车尺寸远远小于电磁波的波长。因此电磁场辐射能量很小,可将导航电线周围变化的磁场近似为缓变的磁场,按照检测静态磁场的方法获取导线周围的磁场分布。由

毕奥-萨伐尔定律,距离通有稳恒电流  $I$  的无限长直导线  $r$  处的点磁感应强度为  $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}$ 。

因此,在图 2 中感应磁场的分布随着距离导线的半径  $r$  增加成反比下降。

使用 MATLAB 软件仿真,得到载流导线产生的磁场在空间的分布如图 3 所示。在载流导线周围空间某一点的磁感应强度的水平分量较其竖直分量大,磁场水平分量也很准确的反应智能车偏离赛道中心线的位置。所以利用磁感应强度的水平分量量化智能车偏离赛道程度是比较合理的。

实验表明,通过检测电磁感应的水平分量量化智能车偏离赛道中心的程度,对智能车寻迹进行控制是可行的。

## 3 电磁传感器设计

### 3.1 磁场信号的检测电路

通过理论计算和实验测试,竞赛赛道导线产生的磁场比地磁场要弱很多,利用磁敏三极管、霍尔元件等直接探测获取赛道周围磁场磁感应强度的分布信息,无法获取有效的信号进行智能车的路径

导航。由于载流导线中的电流信号的频率为 20kHz 左右,且产生磁场的强度较弱。因此,利用 LC 谐振电路获取 20kHz 的交变磁场信号,不仅使传感器输出信号幅值增大,而且滤掉其他干扰信号。LC 谐振电路如图 4 所示。

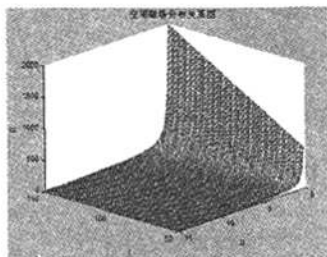


图 3 空间磁场放大 106 倍分布图

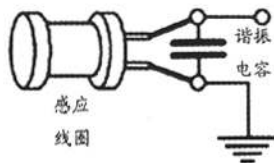


图 4 LC 谐振电路

### 3.2 电磁传感器的处理电路

尽管 LC 谐振电路能够将磁场信号转换成电压信号,但该电压信号很弱,不能直接作为电磁智能车的导航控制信号。必须经过放大、调理等处理才能够作为控制智能车的导航信号。因此信号处理对于快速、稳定、准确地控制智能车转向十分重要。

**3.1.1 三极管共射信号放大电路** 三极管共射放大电路采用单管放大,单管共射放大电路如图 5 所示。实际使用的电磁传感器是成对出现的,它们的放大倍数必须相等,才能使智能车的转向易于实现准确控制。而同型号的三极管,因个体放大倍数存在误差容许的差异,不易实现电磁传感器放大倍数完全相等。采用单管放大电路的输出信号如图 6 所示。

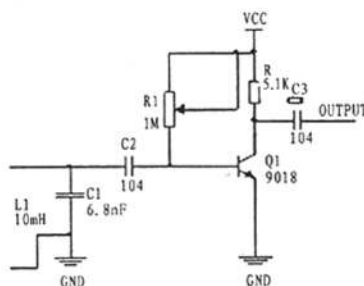


图 5 单管共射放大电路

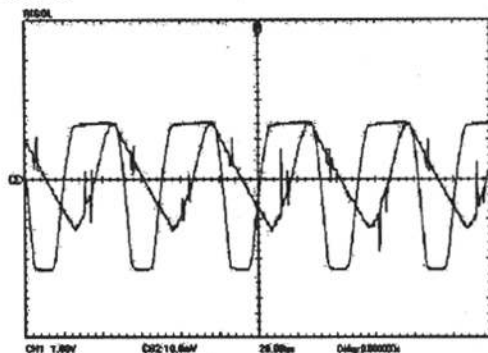


图 6 单管放大电路的输出信号

该信号频率为 20kHz 的正弦波,随着测量点偏离中心线的距离增大,输出信号的峰峰值逐渐减小,主控制器通过获取该输出电压信号量的平均值(与峰峰值成单调关系),判断智能车偏离赛道中心的程度,从而进行智能车的转向控制。

**3.1.2 倍压检波电路** 倍压检波电路是在单管共射方法电路的输出端增加了二极管检波电路,使交变的电压信号检波形成直流信号,然后通过主控制器的 A/D 模块获取正比于感应电压幅值的直流信号量。倍压检波电路如图 7 所示。

倍压检波电路的输出直流电压信号量经主控制器直接进行 A/D 转化就可以得到信号的有效值。处理非常方便。但倍压检波电路中的分布电容使信号具有明显的滞后性。理论计算 RC 的电流滞后时间为 5.1ms。单管放大电路输出电压信号和倍压检波电路输出电压信号如图 8 所示。倍压检波电路输出的方波相对于单管放大正弦波有明显的滞后。实验表明,倍压检波电路的滞后性抑制了智能车的速度的提高。在智能车以较快速度行驶时,经常出现控制信号滞后的现象。

**3.1.3 运算放大器电路** 运算放大器电路是在 LC 谐振电路的输出端通过运算放大器电路放大信号,运算放大电路如图 9 所示,通过调节电阻 R102 可以控制运算放大电路的放大倍数。采用运算放大器的信号放大电路可以最大程度地避免元器件本身参数的差别造成电磁传感器参数不对称。运算

放大器有较高的处理速度,使电磁传感器具有更好的实时性。实验表明,运算放大电路电磁传感器对称性、实时性都很出色,克服了单管放大电路放大倍数不易控制和倍压检波电路信号滞后的缺陷。

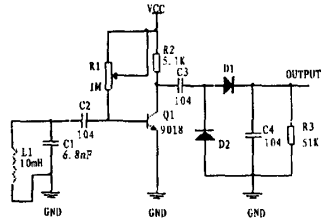


图 7 倍压检波电路

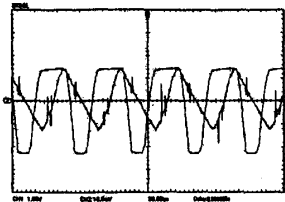


图 8 单管放大输出信号信号和倍压检波电路输出信号

采用运算放大器放大电路的输出信号如图 10 所示。

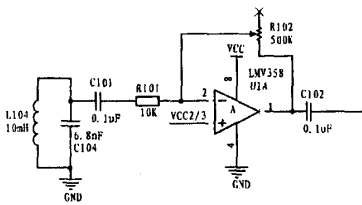


图 9 运算放大器电路

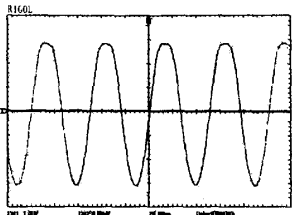


图 10 运算放大器放大电路的输出信号

# 4 磁场信号的软件处理技术

倍压检波电路输出直流电压信号量,该直流电压信号平均值可单调的反应电磁智能车在赛道上的位置情况,从而可以直接控制电磁智能车的转向,该平均值  $\bar{x}$  计算公式为

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n} \tag{1}$$

计算直流信号平均值程序为:

```
unsigned int sum=0;
for(i=0;i<n;i++)
{
    sum = sum + array[i];
}
avea = sum /128;
```

单管放大电路和运算放大器放大电路均输出正弦波电压信号,由于正弦交流信号的残差值与其峰峰值存在单调的关系,通过计算正弦交流信号的残差值可控制电磁智能车的转向,交流信号的残差值  $x_{av}$  计算公式为:

$$x_{av} = \frac{\sum_{i=0}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \tag{2}$$

其中  $\bar{x}$  为公式(1)的平均值, $n$  为每次处理数据点的个数。交流电压信号的频率为 20kHz。依据香浓采样定理,软件设定主控制器 AD 的采样频率为 200kHz,每次连续采集 5 个周期的交流电压信号,共采集 50 个数据点。

计算正弦波电压信号的平均值程序为:

```
signed int sum=0;
for(i=0;i<50;i++)
{
    sum = sum + array[i];
}
avea = sum/50;

for(i=0;i<50;i++)
{
    asu = asu + abs(array[i] - avea);
}
av = asu/50;
```

其中  $a_{\text{vea}}$  为  $x$ ,  $a_v$  为  $x_{\text{av}}$ , 采用正弦电压信号的平均值控制智能车的转向, 可以有效的避免因直接寻找正弦电压信号的峰峰值可能产生的噪点干扰, 获得较好的赛车转向控制效果。

## 5 电磁传感器的布局

电磁传感器测出的输出信号反映了赛车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。实验表明, 当传感器相距较大, 视角宽, 得到的赛道信息量大。同一位置放置的电磁传感器检测到的电压信号比竖直放置时检测到的电压信号大, 所以采用水平方向放置的电磁传感器检测信息, 反映智能车的水平偏移的情况。在传感器的个数上, 使用 3 个电磁传感器。其中一对固定在智能车前端同一水平面上左右两端, 以赛车中心轴为对称轴, 如果智能车中心轴与赛道中心线重合, 这两个电磁传感器检测到的信号相等(两检测点在以赛道中心线为轴的同心圆上)。否则, 左右两电磁传感器检测到不同的磁场强度, 从而反映智能车偏离了赛道中线, 左右信号差越大, 赛车偏离赛道中心线越远。

另一个电磁传感器位于智能车前端的中轴延长线上, 并与上述两传感器位于同一水平面上, 该传感器通过与上述两传感器检测信号的比较, 能快速地检测智能车的方向偏移(偏左, 或偏右), 较好的提高了智能车偏转的前瞻功能, 使智能车的反应更加灵敏。

## 6 小结

本文介绍了基于电磁传感器的智能车路径识别技术, 通过实验检测, 讨论了单管放大电路、倍压检波电路和运算放大器电路的性能, 提出了采用运算放大电路构建电磁传感器, 给出了三种电磁传感器电路输出信号的处理方法, 以及软件程序思想。为之后的转向控制、速度控制以及道路记忆算法提供了信息。智能车的电磁路径识别技术涵盖了自动控制、电磁、传感、电子、电气、计算机等多个学科, 它的技术可以被应用到智能机器人、工业控制、交通等多个领域中, 具有很强的实用性。

### 参考文献:

- [1] 张昊飏, 马旭, 卓晴. 基于电磁场检测的寻线智能车设计[J]. 电子产品世界, 2009, 11: 48 ~ 50.
- [2] 李仕伯, 马旭, 卓晴. 基于磁场检测的寻线小车传感器布局研究[J]. 电子产品世界, 2009, 12: 41 ~ 11.

## Research of smart car path recognition based on electromagnetism technology

HU Chang-hui, YE Meng-jun, WANG Man, YE Xi-yin, ZHU Jun

(Department of Control Science and Engineering, Hubei Normal University, Huangshi 435002, China)

**Abstract:** Introduce Fressscale MC9S12XS128 as the core control unit of the self-tracing smart car system. Fast and accurate information extraction and processing, is the guarantee of the sensitive smart car quickly moving along the track. Research the smart car path recognition technology based on electromagnetic technology. give the path recognition method based on operational amplifier. Tests show this method can be better at real-time and accuracy.

**Key words:** electromagnetism technology; smart car; path recognition