

电磁智能车二值离散式磁场检测系统设计

陈军, 高雅

(洛阳师范学院物理与电子信息学院, 河南洛阳 471022)

摘要:设计了一种用于“飞思卡尔”杯智能车竞赛电磁组的磁场检测电路,分析了导线磁场的特点,使用两行四列工字电感组成传感器检测阵列,实现磁场的二值化离散式检测.在实际的比赛赛道上对该传感器检测阵列进行了应用,结果表明,在车速达到2.0m/s时,依然能够完成比赛,证明了该方法的可行性.

关键词:电磁;离散式;磁场;检测

中图分类号: TP213.13

文献标识码: A

文章编号: 1009-4970(2013)08-0021-03

“飞思卡尔”杯全国大学生智能汽车竞赛目前已经形成比较固定的三个比赛组别:电磁组、光电组、摄像头组.电磁组的赛道中心是一根通有20kHz、100mA交流电的导线,利用其产生的交变磁场对智能车进行引导,使智能车沿赛道的轨迹行走.智能车能否正确及时地检测磁场信号,成为智能车比赛胜负的关键因素之一.本文在详细分析导线磁场特征的基础上,合理地选择磁场检测方法,设计了新型的二值化离散式磁场检测传感器阵列,实现了智能车的磁场检测.

1 磁场特征分析

根据麦克斯韦电磁场理论,交变电流会在周围产生交变的电磁场.导线周围的电场和磁场按照一定规律分布^[1].通过检测相应的电磁场的强度就可以判定智能车的位置.由毕奥-萨伐尔定律^[2]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:

$$B = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\mu_0 I}{4\pi r} \sin\theta d\theta \quad (1)$$

$$\text{由此得: } B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \quad (2)$$

对于赛车的尺寸来说,赛道可以近似看为是一个无限长的直导线.故(2)式中的 $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = \pi$,则有磁场的表达式为:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} \quad (3)$$

根据法拉第定律,线圈磁场传感器的内部感应电压 E 与磁场 $B(t)$ 电磁线圈的圈数 N 截面积 A 的关系有:

$$E = (NA) \times (\mu_0 \mu_r) \frac{dB(t)}{dt} \quad (4)$$

感应电动势的方向可以用楞次定律来确定.由于本设计中导线中线圈直径较小,线圈中心到导线的距离 r 远远大于线圈的直径,所以可以认为在线圈的面积磁场分布是均匀的,则线圈中感应电动势可近似为:

$$E = - \frac{d\Phi(t)}{dt} = \frac{K}{r} \quad (5)$$

即线圈中感应电动势的大小和线圈中心到导线的距离成反比.其中常量 K 为与线圈摆放位置、线圈机械参数等有关的一个常量,这样智能车的位置就和磁场传感器输出的电压值有了对应的关系.

2 检测电路设计

2.1 传感器电路设计

磁场检测的第一步就是要有能够把磁场的非电量变化转化为能够测量的电量.磁场检测的方法很多,使用电感线圈可以对其周围的交变磁场感应出电动势^[3].比赛选择20kHz的交变磁场作为路径导

收稿日期: 2012-09-05

基金项目: 河南省教育厅科技攻关重点项目(112102310078);河南省教育厅科技攻关重点项目(112102210337);河南省教育厅基础与前沿技术研究项目(112102310530)

作者简介: 陈军(1984-),男,河南洛阳人,助教.研究方向:光学测量与微运动控制.

航信号,在频谱上可以有效地避开周围其它磁场的干扰,同时感应电动势信号感应电压只有几十毫伏,因此信号需要进行选频放大,并且去除其它干扰信号的影响,故使用 LC 串并联电路来实现,经过仿真测算,采用 6.3 nf 的谐振电容和 10 mH 的电感构成选频网络,如图 1 所示。

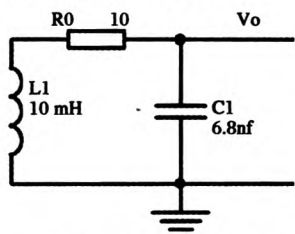


图 1 选频网络电路

通过示波器可以观察到,通过选频网络的信号幅值由 160 mV 升至 205 mV,并且减少了大量的杂波,输出电压 V_o 波形稳定。

2.2 放大电路设计

选频网络的电压虽然有所放大和过滤,但电压的幅值较低,难以满足 XS128 单片机的高电平要求^[4]。所以还要有一个放大整流电路将电压峰峰值放大到 1V~5V 左右,才能进行幅度检测。很多同类的放大电路用集成运放来实现,但是一般的运放工作都需要正负电源,这会大幅度增加制作的难度和降低车体整体的可靠性,因此本设计没有采用集成运放。目前最简单有效的方法就是使用常见的二极管放大结合倍压检波电路将交流信号检波成直流电流信号,然后通过输出电阻变为电压信号,再通过单片机的 AD 采样,最终获得正比于感应电压幅值的二进制代码,电路图如图 2 所示。图中电容 C_2 、电阻 R_1 、 R_3 以及三极管 Q_1 组成基本的共射极放大电路。 C_3 、 D_1 、 D_2 、 C_4 构成倍压检波电路。 R_2 为电压采样电阻。CON3 口为电路的电源、地和信号输出端三者的硬件接口插座。经过测试得出放大电路输出的电压信号上限范围在 3.8~4.2V 之间。满足了单片机处理的高电平要求。

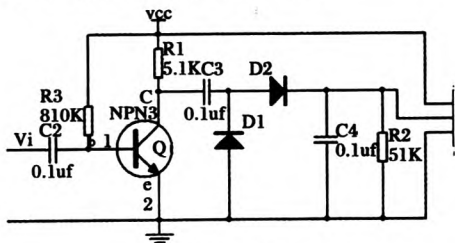


图 2 放大电路原理图

3 传感器阵列设计

信号处理常用的设计思路是利用 XS128 单片机

上的内部 AD 进行采样处理,经过滤波算法处理后得到相应的电压值。但是这种方法的缺点是:单片机的运算量增大,程序编写需要有一定的技巧性,对于本科生来说需要较长的掌握时间,影响调试进度。因此,对连续变化的信号采用二值离散化处理,通过设置 XS128 单片机的 AD 口的 ATDODIEN 寄存器,使 AD 口默认的模拟电压输入功能变为数字的 I/O 功能。经过测算,放大电路在输出电压超过 2.5V 时,单片机认为是高电平,低于 2.5V 时视为低电平,中间的模糊区非常的小,这就为利用阵列进行二值离散化判断赛道提供了很好的条件。

单个传感器的信号被二值离散化以后,只靠两个传感器进行赛道数据采样已经不能满足比赛的需要。因此,设计了传感器阵列,对赛道进行多点采样,通过阵列的高低电平组合来实现赛道的判断。

根据实际的赛道几何参数,有几个标准必备弯道类型:90 度直角弯,180 度的回头弯,270 度的回环交叉弯,120 度的连续 S 弯和不少于 3m 的直道。弯道的最小半径不小于 50cm,经过反复的测试和建模推理,最终选用 2×4 传感器阵列作为赛道磁场二值离散化检测方案,如图 3 所示,3(a)图为传感器阵列,分为 A、B 两行,每行分为 1、2、3、4 四列,3(b)图为传感器阵列安装示意图。

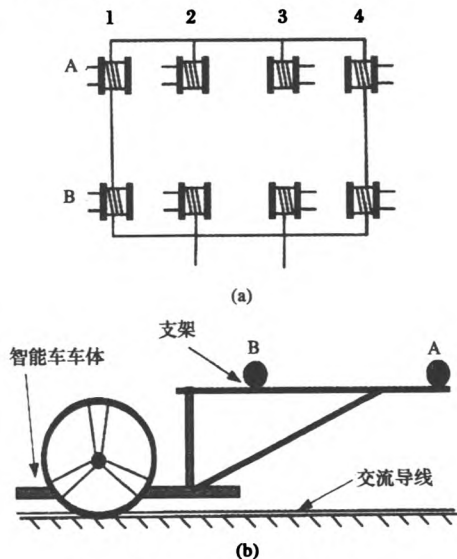


图 3 传感器阵列及安装示意图

传感器支架的高度为 5cm,经过测试标定得出传感器二值电平和赛道的位置的关系如图 4 所示,由于赛道的信息非常复杂,传感器阵列组合出的二值状态有十几种,此处以三个位置关系为例。当智能车直线行驶的时候,见图 4(a)。A2、A3、B2、B3 传感器距离导线一样近,调整它们在支架上的位

置,使 4 路放大电路电压输出为大于 2.5V 的高电平,在单片机内使舵机遇见此种电平组合就居中复位,导向轮不偏转.当智能车在赛道上进入弯道时,导线和传感器阵列的位置会首先发生变化,使得传感器阵列的电平发生变化,见图 4(b).此时单片机内对应的程序状态使舵机偏转对应的角度,导向轮引导车辆转向.从 4(b),4(c)图中可以看出,传感器阵列高电平 1 的位置越靠外,意味着智能车偏离赛道越远,相对应舵机的转角也越大,导向轮的偏转也越大.转角的大小也直接关系到车速的调整,小弯道的时候车速保持不变,可以快速过弯.转角大的时候,适当降低车速,避免冲出赛道.

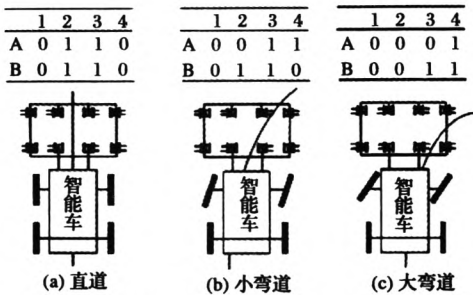


图 4 传感器阵列电平值和对应弯道示意图

4 实际运行效果测试

以 2011 年第六届“飞思卡尔”杯智能车比赛的赛道为例,使用二值离散化传感器阵列进行赛道辨识,取得了良好的效果,见图 5.图中黑线表示赛道中心的导线,虚线表示智能车行进的轨迹,经过车速从 0.7 ~ 2m/s 的测试,最大赛道偏差小于 5cm,赛道误判率低于 1.7%,在比赛的规定时间内完成了比赛,结果证明了这种二值离散式磁场检测系统能够稳定可靠的运行,该方案相比同类选手的检测方案,大大简化了软硬件的设计,减轻了参赛

者的负担,提高了整车的可靠性,为智能车竞赛的技术发展提供了新的思路.

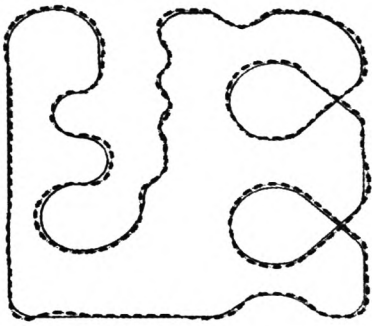


图 5 赛道识别效果图

5 结论

针对“飞思卡尔”杯全国大学生智能车电磁组的比赛,设计了一种新型的二值离散式磁场检测阵列,研究磁场信号的特点并设计了具有检波放大功能的电路.通过实验总结了阵列高电平分布和赛道特征的关系,通过实验和比赛验证了这种二值离散式磁场检测方法具有很好的使用价值.

参考文献

[1] 雷虹,余恬,刘立国. 电磁场与电磁波[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2008.
[2] 马文蔚. 物理学教程[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
[3] 吴道梯. 非电量电测技术[M]. 西安:西安交通大学出版社,2004.
[4] 杨丹明,王富东,张成,李盛宁. 基于飞思卡尔单片机的智能循线赛车设计和实现[J]. 苏州大学学报,2010,30(6):38-41.

[责任编辑 徐 刚]

Design of Two-Valued Magnetism Detection System of Electromagnetism Intelligent Car

CHEN Jun, GAO Ya

(College of Physics and Electronic Information, Louyang Normal University, Louyang 417022, China)

Abstract: This paper designs a kind of detecting circuit, which is used in the “Freescale” intelligent automobile contest, analyzes the characteristics of linear magnetism. Sensor detective array is consisted by inductances in the structure of two lines and four columns. The array realizes the two-valued discrete detection of the magnetism. The sensor detective array is used in the contest. The consequences show that at the speed of 2.0m/s, the car works well, the method is proved feasible.

Key words: electromagnetism; discrete; magnetism; detection