

# 基于电磁传感器的智能车设计与实现

鲁世斌, 蒋先伟, 张 量, 程 颖

(合肥师范学院 电子信息工程学院, 安徽 合肥 230601)

**摘 要:** 设计了基于电磁传感器的自动循迹智能车。使用 32 位单片机 MCF52259 作为核心控制单元, 设计了电源模块电路、停车检测电路、电机驱动电路及信号采集电路, 采用 PID 控制算法使得智能车自动采集路径信息, 控制电机加速、舵机转向, 实现了智能车的自动循迹行驶功能。

**关键词:** 单片机; 电磁传感器; 智能车; PID 控制算法

**中图分类号:** TP212.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-4329(2014)01-026-04

## Design and realization of smart car based on electromagnetic sensor

LU Shi-bin, JIANG Xian-wei, ZHANG Liang, CHENG Ying

(School of Electronics and Information Engineering, Hefei Normal University, Hefei Anhui 230601, China)

**Abstract:** The automatic tracking smart car based on electromagnetic sensor is introduced in paper. The 32-bit MCF52259 MCU was used as central control unit and the circuits of power module, parking detection, motor drive and signal acquisition were designed. By adopting PID control arithmetic, intelligent vehicle can automatically collect path information, and control not only the acceleration and deceleration of motor but also the servo steering, thus realizing the function that smart car can automatically track according to given path.

**Key words:** MCU; electromagnetic sensor; intelligent vehicle; PID control arithmetic

随着半导体技术和计算机技术的发展, 智能控制在现代生活中应用越来越广泛, 特别是各种高度集成化的芯片应运而生, 使得这些技术被运用在各个领域, 例如工业和汽车领域, 其次就是一些环境恶劣的工作场所。智能车作为其应用, 涉及到机械电子、自动控制、人工智能、传感技术等学科知识<sup>[1-3]</sup>。

本文介绍一种基于电磁传感器的智能车设计。系统采用飞思卡尔 32 位 MCF52259 单片机<sup>[4]</sup>为核心控制单元, 主要由稳压模块、电机驱动模块、传感器模块等组成。在路径的中央埋有电流频率 20 kHz、大小 100 mA 的导线, 电磁传感器负责采集路径下面的电流信号, 通过模数转换器将其转换为数

字信号传给单片机进行分析处理, 输出不同的高低电平, 改变占空比, 控制舵机转向。电机控制则采用 PID 算法<sup>[5]</sup>, 通过改变比例 - 积分 - 微分的系数, 使智能车能够自主的沿着特定路径平稳可靠地行驶。

### 1 设计原理

路径中央的导线通有正弦规律变化的电流, 由毕奥 - 萨伐尔定律可知, 变化的电场激发变化的磁场, 且磁场与电场的变化规律一致。对于通有稳恒电流  $I$  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

收稿日期: 2013-11-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(51207041); 安徽省高校省级自然科学基金项目(KJ2012B143); 合肥师范学院科研基地重点项目(2013jdzd01) 资助。

作者简介: 鲁世斌(1977 -), 男, 博士研究生, 讲师。研究方向: 电路与系统。

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

其中  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ , 对于无限长直流导线, 式 (1) 中  $\theta_1 = 0, \theta_2 = \pi$ , 则有

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} \quad (2)$$

当通电导线上放置有线圈绕成的电感时, 正弦电流会引起通过线圈回路所围成的磁通量  $\Phi$  的变化, 回路中会产生感应电动势  $e$ , 由法拉第电磁感应定律可知, 感应电动势大小与通过导线回路的磁通量变化率成正比, 即

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (3)$$

令线圈中心与导线之间的距离为  $d$ , 在小范围内可以近似认为磁场分布是均匀的, 则线圈中的感应电动势

$$e = - \frac{d\Phi}{dt} = \frac{k}{d} \frac{di}{dt} \quad (4)$$

其中  $k$  为线圈面积, 摆放位置等物理量有关的参数。由式 (4) 可知当电感离通电导线越近, 感应电动势就越强, 反之电感离通电导线越远, 感应电动势就越弱。

在小车中轴线前方安装有对称的电磁传感器, 当小车自动行驶过程中偏离通电导线, 小车前方的电磁传感器会产生感应电动势。在理想情况下, 通电导线正好穿过小车的中心轴, 则车身两边电磁传感器产生大小相等、方向相同的感应电动势, 其差值为零。如果小车在行驶过程中偏移了方向, 两边的电磁传感器会产生电动势差值, 通过 AD 转换器将电动势差值转换成数字信号由单片机进行处理, 从而调整小车的行驶方向。

## 2 系统总体方案设计

系统结构如图 1 所示。单片机 MCF52259 为系统的控制芯片, 其内部资源丰富, 包括一个 32 位内部处理器单元, 64 kB SRAM, 512 kB Flash, 4 个 32 位定时器, 12 位 ADC, PWM 等。系统主要包括单片机控制器模块、电源模块、驱动模块、电磁传感器模块和编码器模块等。

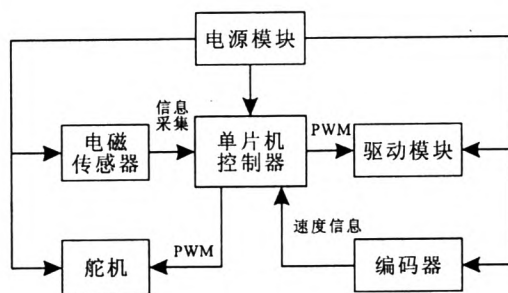
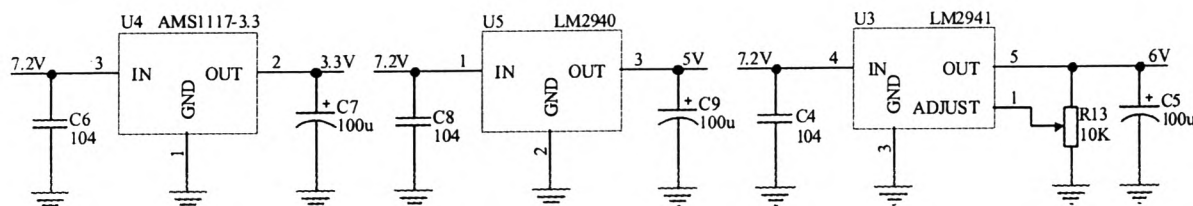


图 1 智能车系统框图

## 3 硬件电路设计

### 3.1 稳压电路

智能车电路系统中需要不同的电压 (如 MCF52259 单片机需要 3.3 V 电压, 舵机需要 6 V 电压, 电池只能输出 7.2 V 的单一电压, 因此需要设计不同的稳压模块满足不同电路的要求, 使系统能够可靠工作。图 2(a) 所示为 AMS1117 芯片构成 3.3 V 电源, 为单片机 MCF52259 提供电压。采用低压差线性稳压芯片 LM2940 设计 5 V 电源, 为编码器、电磁传感器提供电源, 如图 2(b) 所示。调试过程中智能车在弯直道变速时电池电压会急剧下降, 影响舵机的转向, 6 V 电源电路采用 LM2941 可调低压差输入稳压器, 为舵机提供稳定的电压, 如图 2(c) 所示。



(a) 3.3 V 电源 (b) 5 V 电源 (c) 6 V 电源

图 2 电源模块电路

### 3.2 驱动电路

电机驱动采用 H 桥, 可以用分立 MOS 管构成

H 桥电路, 由于分立元件构成的电路相对复杂, 可靠性会下降, 容易出现问, 因此选取 Infineon 公

司半桥集成芯片 BTN7960S 搭成 H 桥驱动电路,如图 3 所示。BTS7960S 可达到 47 A 的输出电流,内阻小,效率高,并且集成逻辑电路,使得驱动控制简

单,利用单片机的 PWM 口输出不同占空比的方波来控制电机的加减速。

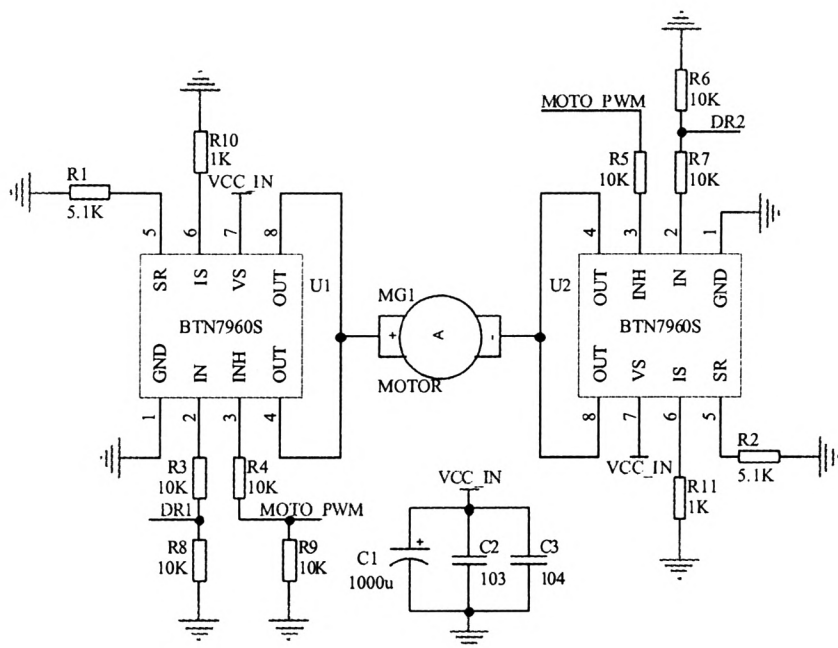


图 3 BTN7960S 组成的 H 桥驱动电路

### 3.3 信号采集

电磁信号采集通过电感与电容组成的 LC 谐振回路<sup>[6]</sup>检测电流的变化,采集到的信号通过 LM358 进行放大传给单片机处理,电磁传感器电路如图 4 所示。细导线中通有的电流频率为 20 kHz,可采用 10 mH 工字型绕线电感和 6.8 nF 低频瓷片电容构成 LC 谐振电路。

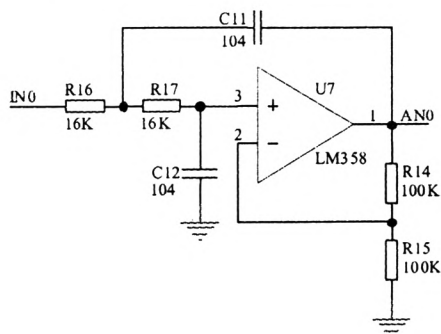


图 4 电磁传感器电路

### 3.4 起跑线检测

起跑线利用干簧管进行检测。干簧管比一般机械开关结构简单、体积小、速度快、工作寿命长;与电子开关相比,具有抗负载冲击能力强等特点,

工作可靠性高。当干簧管被磁化时,两个接触点相互连接,相当于开关闭合;当磁场减弱时,接触点就会被弹簧片的弹力弹开,相当于开关断开。图 5 为干簧管结构与电路。

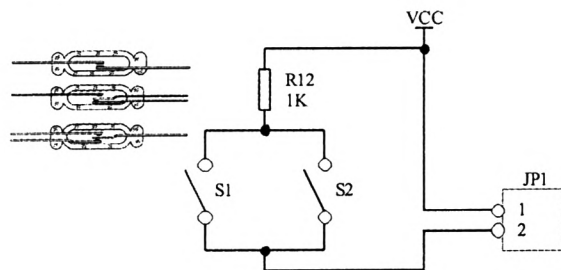


图 5 干簧管结构与电路

## 4 算法分析

在自动控制系统中,常用的控制器有比例-积分(PI 控制器)、比例-微分(PD 控制器)、比例-积分-微分(PID 控制器)、分段逼近式控制器、模糊控制器、神经网络控制器等<sup>[7-9]</sup>,本次设计的智能车采用 PID 控制算法调节车速。

PID 控制器解决了对自动控制系统的最基本要求——稳定性、快速性和准确性。由 PID 控制系

统的传递函数

$$G(s) = \frac{K_p}{T_i} \cdot \frac{(\alpha s + 1)(\beta s + 1)}{s} \tag{5}$$

由式(5)可知 PID 控制器对系统进行校正时,可以提供两个负实零点,比 PI 控制器多提供一个负实零点,从而提高系统的动态性能,由于增加了一个零极点,系统阶跃响应的稳态误差为零。图 6 为 PID 控制器的原理框图,其中  $r(t)$  为系统的给定量, $e(t)$  为给定量与负反馈的增量, $u(t)$  为控制量, $c(t)$  为实际的输出量。

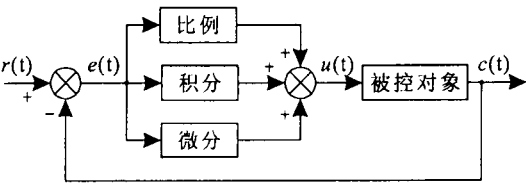


图 6 PID 控制器的原理框图

PID 控制器的运动方程为

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \tag{6}$$

根据实验测试,PID 参数的调节可遵循以下步骤:①确定比例系数  $K_p$ 。确定  $K_p$  时,令  $T_i$ 、 $T_d$  为零,使 PID 成为比例调节。输入值设定为系统允许输出值的 60~70%,比例系数由零逐渐增大,直至出现振荡,然后由当前值再逐渐减小,直至振荡消失,记录此时  $K_p$  值,设定  $K_p$  值为当前值的 60~70%。②积分时间常数  $T_i$  的确定。比例系数确定后,设定一个较大的时间常数  $T_i$ ,减小  $T_i$ ,至系统出现振荡,再逐渐加大  $T_i$ ,至系统振荡消失。记录此时  $T_i$  值,设定  $T_i$  值为当前值的 150~180%。③确定微分时间常数  $T_d$ 。通常不设定微分时间常数,取其值为 0,如果要设定,可参考  $K_p$  和  $T_i$  的设定方法,最终值为不振荡时的 30%。

5 结论

设计了基于电磁传感器的循迹智能车。阐述了电磁传感器智能车系统的设计原理,各模块电路功能及电路结构。采用 PID 控制算法,减小车抖动,使其运行的更加平稳。通过实验验证,以上电路设计达到理想效果,智能车能够遵循特定路径自动平稳地行驶,性能可靠。

参考文献:

[1] 邱 铁,徐子川,江 贺. 基于模糊控制的智能车路况识别[J]. 计算机工程与应用,2009,45(14):213-216.  
[2] 严大考,李 猛,邹 栋,等. 基于 MC9S12XS128 单片机的智能车控制系统的设计[J]. 华北水利水电学院学报,2013,34(1):106-110.  
[3] Cunningham R, Cahill V. System support for smart cars: Requirements and research directions[C]. Proceedings of the 9th Workshop on ACM SIGOPS European Workshop. US:ACM Press, 2000: 159-164.  
[4] 湛 利,张 瑞,汪 浩,等. 深入浅出 ColdFire 系列 32 位嵌入式微处理器[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009:1-10.  
[5] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 5 版. 北京:科学科学出版社,2007:256-280.  
[6] 侯代坡,孔琳琳,王 烁,等. 电磁导航式智能车控制系统研究[J]. 机械与电子,2013,(2):78-80.  
[7] 齐忠琪,鲁 斐. PID 控制器在智能汽车速度控制方面的应用[J]. 中国教育技术装备,2012,(21):105-106.  
[8] 戚志锦,杨志刚,黄 燕. 基于模糊 PID 的智能 4ws 车辆换道路径跟踪控制[J]. 汽车工程学报,2012,2(5):379-384.  
[9] 张洪亮,王志胜. 基于 PID 神经网络的稳定平台伺服控制系统设计[J]. 电工电气,2011,(4):17-19.