

基于 Freescale Kinetis 的电磁导航智能车的设计与实现

赵航涛,严婷婷

(无锡科技职业学院,江苏 无锡 214023)

摘 要:介绍了一种基于电磁引导路径识别的智能车控制系统。该系统基于第八届全国大学生飞思卡尔智能车大赛技术规范,使用 Freescale 32 位 Kinetis-60 为控制单元,设计了停车检测、电源管理、电磁检测、电机驱动等硬件电路,提出了赛道曲率计算、Bang-Bang 和 PID 相结合的模糊控制等算法,实现了智能车的自动寻迹功能。

关键词:智能车,电磁导航,飞思卡尔 K60 单片机,PID

中图分类号: TP273

文献标识码: A

Design and Implementation of Electromagnetic Navigation of Intelligent Car Based on Freescale Kinetis

ZHAO Hang-tao, YAN Ting-ting

(Wuxi Professional College of Science and Technology, Wuxi 214023, China)

Abstract: This paper introduces a control system of intelligent car electromagnetic guidance based on path recognition. The system is based on technology specification of the Eighth National Freescale Cup Intelligent Car Racing, using Freescale Kinetis -60 MCU, designed the parking detection, power management, electromagnetic detection, motor drive and other circuit. It also presents implementation method of the track curvature calculation, Fuzzy control algorithm of PID combined with Bang-Bang. Intelligent car realization of the automatic tracing function.

Key words: intelligent car, electromagnetic navigation, Freescale Kinetis K60 MCU, PID

全国大学生智能车比赛以智能车技术为背景,涵盖了自动控制、模式识别、传感技术、电子、计算机、机械等多个学科,是教育部重点支持的五大科技竞赛之一,到目前已经成功举办 8 届,成为各高校展示科研成果和大学实践创新能力的重要平台。通过比赛不仅能提高参赛学生的单片机、传感器、机械和软件开发的综合应用能力,同时也对相关学科的建设提供了一定的帮助。电磁导航赛车是 2010 年新增的项目,根据比赛规则要求是通过感应磁场变化来实现小车快速稳定的寻迹。根据大赛技术规范,自主设计了电磁赛车的电源、电磁感应、速度采集、舵机控制、电机控制和停车线识别等模块;提出了赛道曲率算法、PID 和 Bang-Bang 模糊控制相结合的算法;编写了周期

PIT 中断、输入捕捉中断、AD 采集、偏差计算、PID 控制等程序,实现小车自动寻迹并匀速前进。

1 总体设计

1.1 设计原理

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。智能汽车竞赛使用路径导航的交流电流频率为 20 kHz,产生的电磁波属于甚低频(VLF)电磁波,导线周围的电场和磁场,按照一定规律分布。由于赛道导航电线和小车尺寸远远小于电磁波的波长,电磁场辐射能量很小。因此,将导线周围变化的磁场近似缓变的磁场,按照检测静态磁场的方法获取导线周围的磁场分布,从而进行位置检测。

* 收稿日期:2013-10-11,修回日期:2013-12-09

** 作者简介:赵航涛,男,1972 年生,硕士,副教授,研究方向:嵌入式系统开发、无线传感网技术。

测量磁场的方法很多,根据智能车比赛的技术规范,可以选择电磁感应线圈的方案,该方案具有原理简单、价格便宜、体积小(相对小)、频率响应快、电路实现简单等特点。

在具体的小车设计中,为了能够实现赛道曲率计算,设计了2组(6个)电磁传感器,每组2个传感器,其分布如图1所示。每一组根据2个传感器的电动势差值计算出该组的电磁线位置,根据3组的位置可以计算出赛道的曲率。

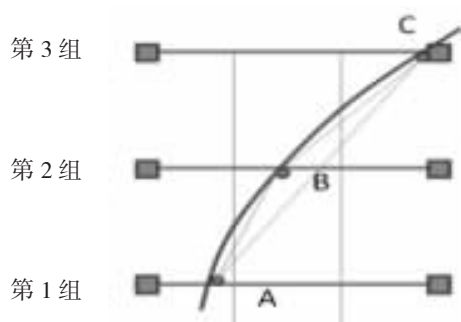


图1 电磁传感器分布图

1.2 整体框架

电磁导航车以飞思卡尔 K60 单片机为核心部件,设计了电磁感应模块和速度采集模块,通过控制算法控制舵机和电机驱动,整个系统结构如图2所示。K60 是飞思卡尔公司基于 ARM Cortex-M4 内核,具有低功耗、混合信号、带 DSP 功能、人机接口、高稳定性等优良特性的 SOC 片上系统,是智能车首选的控制芯片。

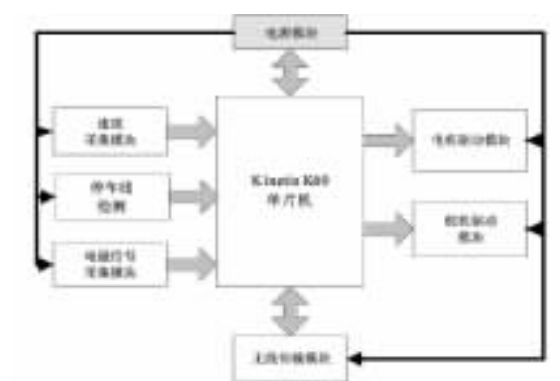


图2 系统整体框架

2 硬件设计

电磁智能车的系统硬件设计基于 32 位的 K60 单片机,包括电源、电磁传感器、电机驱动、停车线检测等相关电路。

2.1 电源模块

电源是智能车各个模块正常工作的先决条件,它为系统控制器、传感器、执行机构等模块提供稳定、可

靠的工作电压。在电源设计中除了考虑电压范围和电流容量外,还要在电源转换效率、降低噪声、防止干扰和电路简单化等方面进行优化。本小车的电源系统原理图如图3所示。其中通过 LM7806 为舵机提供 6 V 电源,通过一块 LM2940 产生 5 V 电,为传感器检测、编码器等提供 5 V 电;通过一块 LM1117 为 MCU 和无线数传模块提供 3.3 V 电;电机和电机调速电路则由电池直接供电。

2.2 电磁导航传感模块

电磁导航传感模块中小车的眼睛主要包括电磁感应、选频、放大和检波 4 个部分组成。电磁感应传感器采用了 10 mH 电感;根据大赛规则,电磁线的频率为 20 kHz,因此通过 6.8 nF 电容耦合、滤波,去除其它频率的干扰。为了提高放大倍数,扩大检测距离,采用由三级管组成的二级放大电路;放大后的信号由二极管检波后将交流信号转化为直流信号。

2.3 电机驱动模块

电机驱动模块采用经济实惠、驱动能力强的大功率场效应管搭建的 H 桥,整个电路由 2 个 P 沟道场效应管 Q1、Q2 与 2 个 N 沟道场效应管 Q3、Q4 组成。MCU 输出的二路 PWM 波通过 CD4504 芯片进行电压转换后控制场效应管的栅极电压,实现电机的正、反转和转速控制。

2.4 起始线识别模块

电磁车起跑线采用在赛道下方放置磁铁的形式,可以使用干簧管、霍尔传感器来检测。目前一般采用干簧管来识别起跑线,具有对磁场敏感、反映速度较快等优点,但智能车行驶中的抖动会让干簧管产生误动作。为了提高稳定性,通过启动 15 s 以后检测和弯道不检测 2 个途径,有效解决了误动作的问题。

2.5 调试模块

在调试部分设计了传统的串口模块,用于小车静态调试,同时为了解决小车运行中的动态调试,了解运行中的相关参数,增加了基于无线 Zigbee 的无线调试模块。

3 系统软件设计

本小车使用 K60 的最小系统,由 MCU 对电磁传感器采集的路径信息、编码器采集的小车速度信息、霍尔元件采集的起跑线信息进行处理,然后 MCU 根据转向控制策略和速度控制策略,输出相应的 PWM 控制信号控制舵机和电机的运行。

3.1 系统软件总体流程图

系统软件分为主程序、5 ms 周期中断程序、输入

捕捉中断程序 3 部分,主程序和 5 ms 周期中断程序流程图见图 3。

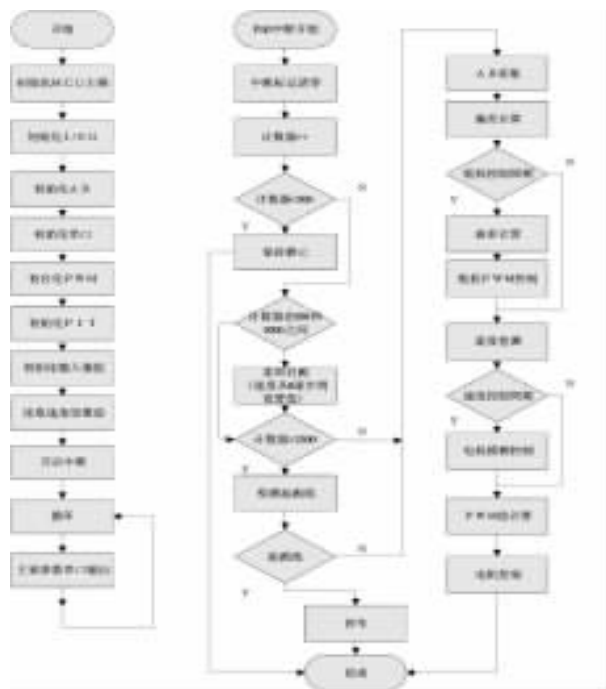


图3 系统软件总体框架图

3.2 舵机控制算法

舵机控制算法主要包括 AD 采集、偏差计算、曲率计算和舵机控制 4 部分。比赛规定电磁车只能用 S301 舵机,其控制周期为 20 ms,因此舵机的控制算法中曲率计算和舵机控制每 4 个 PIT 周期进行一次。由于系统总共有 6 个电磁传感器,AD 采集部分采用 10 位循环采集模式。为了提高数据的正确性,采用了 5 次平均的方法进行滤波。为了提高系统的自适应性,将平均后 AD 值根据式(1)进行归一化处理。归一化处理后得到相对的偏差值,根据式(2)可以计算出相对于电磁线的绝对偏差。根据 3 组传感器的偏差值和 3 点曲率计算式(3)式(4)和式(5)可以计算出赛道的曲率值 K 。根据弯道曲率不会改变的原理,可以实现最好的内切转弯方案,提高小车的转弯速度。

$$AD_{\text{相对值}} = \frac{AD - AD_{\min}}{AD_{\max} - AD_{\min}} \times 100 \quad (1)$$

$$x = \text{传感器间距} \times AD_{\text{相对值}} - \frac{\text{传感器间距}}{2} \quad (2)$$

$$ab = \sqrt{(x_2 - x_1) \times (x_2 - x_1) + (y_2 - y_1) \times (y_2 - y_1)} \quad (3)$$

$$s = \frac{(x_2 - x_1) \times (y_3 - y_1) - (x_3 - x_1) \times (y_2 - y_1)}{2} \quad (4)$$

$$K = \frac{4 \times s}{ab \times bc \times ca} \quad (5)$$

bc 和 ac 边长公式与式 3 类似, y_1, y_2, y_3 分别取 5, 20, 35, 传感器间距为 25, x_1, x_2, x_3 分别为第 1

组、第 2 组、第 3 组计算出来的偏差 x 。

3.3 电机控制算法

在智能小车速度控制系统中为了提高系统的响应速度和稳定性,采用 PID 算法和 Bang-Bang 算法相结合的模糊算法,其算法流程图见图 4。

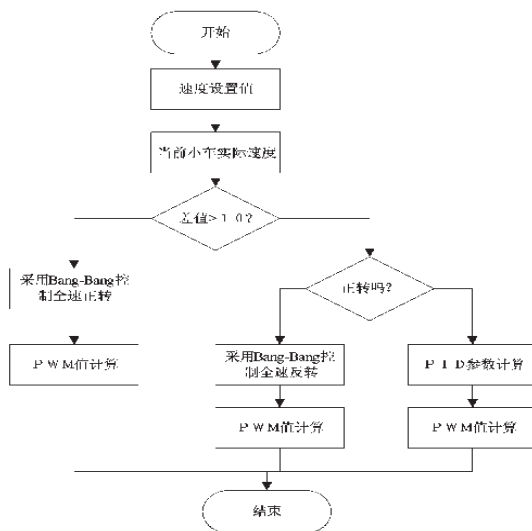


图4 电机控制模糊算法流程图

4 结束语

本设计以全国大学生智能车比赛为背景,根据比赛要求自主设计了智能车电源模块、电磁信号采集模块、起跑线识别模块、采用曲率路径识别算法和模糊 PID 控制算法,控制智能车可以快速地自动循迹。整个设计成本较低,功能完善,通过测试各项指标都满足比赛要求,小车的平均速度达到 2 m/s。智能车技术作为智能交通的关键技术,是许多高新技术综合集成的载体,在许多领域有着广阔的应用前景。在后续的工作中将进一步研究路径记忆模块,通过低速试跑得到各个弯道的时空信息,在正式比赛中根据传感器实测数据和记忆中的相关信息,实现更加智能化的控制,最终实现更高的速度。

参考文献:

- [1] 摆玉龙,杨利君,董存辉.基于 MC9S128 的电磁导航智能车的设计与实现[J].测控技术,2011(11):59-64.
- [2] 张利民,张乐乐,刘颖涛.基于电磁传感器的智能车控制算法研究[J].工业控制计算机,2012(2):59-60.
- [3] 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].电子技术应用,2009(12):41-44.
- [4] 蔡述庭.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践[M].北京:北京航空航天大学出版社,2012.
- [5] 卓晴.学做智能车——挑战“飞思卡尔”杯[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.