

# 基于K60的自平衡智能车设计研究

纪萍, 陈玲, 李飞红, 类课文, 牛梦雪

(河海大学文天学院, 安徽 马鞍山 243000)

**摘要:** 两轮自平衡车结合了两轮同轴、独立驱动、悬架结构和倒立摆模型的自平衡原理, 是一种在微处理器控制下始终保持平衡的新型代步工具。设计了一款基于MK60DN512ZVLQ10的智能小车系统, 在无人控制的情况下, 有效地控制两轮小车的运动速度, 实现了两轮小车自平衡、自动变速、自动避障、自动停车、翻越坡道等功能, 并沿着赛道实现自动循迹。

**关键词:** PID控制; 自平衡小车; 自动循迹

**中图分类号:** TP23; TP273    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1673-1891(2019)03-0049-04

## Design of a Self-balancing Intelligent Vehicle Based on K60

Ji Ping, CHEN Ling, LI Feihong, LEI Kewen, LIU Mengxue

(Wentian College of Hehai University, Ma'anshan, Anhui 243000, China)

**Abstract:** A two-wheel self-balancing vehicle follows the self-balancing principle of a model with two-wheel coaxial, independent drive, suspension structure and inverted pendulum. It is a new type of transport tool that always keeps balance under the control of a microprocessor. In this paper, an intelligent vehicle system based on MK60DN512ZVLQ10 is designed, which can effectively control the motion speed of two-wheeled vehicle under the condition of unmanned control, and realize its functions of self-balancing, automatic gearshift, automatic obstacle avoidance, automatic parking and ramps climbing, as well as automatic tracking along the track.

**Keywords:** PID control; self-balancing vehicle; automatic tracking

智能两轮平衡车辆是一个集环境感知、规划决策、多等级辅助驾驶等功能于一体的综合系统<sup>[1]</sup>, 它集中运用了计算机、现代传感、信息融合、通讯、人工智能及自动控制等技术<sup>[2]</sup>, 是典型的高新技术综合体。两轮自平衡车运动灵活、智能控制、操作简便, 适于单人使用且适用范围广<sup>[3-6]</sup>, 增加了人们对外出活动的兴趣, 减少人们的运动强度, 解决人们时间不充足的问题<sup>[7]</sup>。

本文设计了以基于MK60DN512ZVLQ10(简称K60)为核心来设计的一款自平衡智能车系统。利用陀螺仪和加速度计实现了两轮小车直立运行, 还能根据路况情况自动控制小车的运行速度, 利用数字摄像头识别采集路况图形, 进行道路识别, 能够解决圆环、障碍坡道、起始线等特殊路况, 并根据路况的情况智能调节速度, 以尽可能快的速度运行跑完赛道, 实现自动循迹。

## 1 硬件设计

核心控制器采用K60, 驱动车模电机采用MOS

桥, 姿态传感器采用L3G4200和MMA7455, CMOS摄像头OV7725硬件二值化作为道路识别传感器, 自主构思姿态控制、速度控制和转向控制方案, 引导车模按照规定路线识别行进。整个设计原理框图如图1所示。

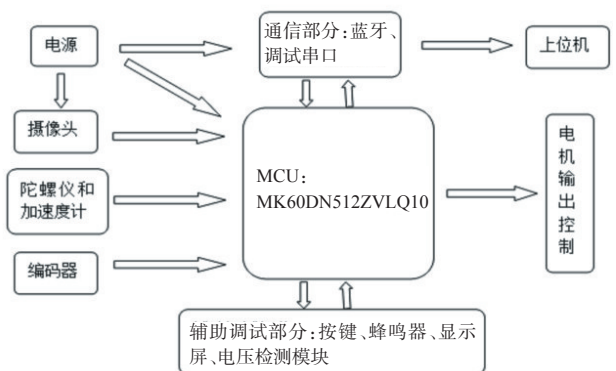


图1 系统设计原理框图

### 1.1 电源模块

本系统的稳压芯片采用LM2940-5.0和TI公司的TPS7333, 来达到稳定电压的效果。TPS7333具

收稿日期: 2019-04-09

基金项目: 国家级大学生创新创业项目(201714203005); 校级创新创业团队建设项目(zl2018001)。

作者简介: 纪萍(1980—), 女, 山东青岛人, 副教授, 硕士, 研究方向: 电子技术设计研究方面的教学和科研工作。

有过流保护、过压保护和电压反接保护,并且采用较少的外围元件就可以达到高效的稳压效果。与其他类型的稳压芯片相比,TPS7333具有低压降、小电流的特点,非常适合对摄像头供电。其他传感器选择用LM2940-5.0供电(图2)。

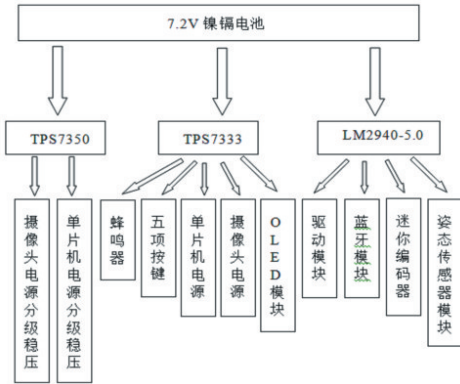


图2 电源供电图

### 1.2 电机驱动模块

该电路中HIP4082芯片需要12V电压驱动BL5012,为了防止过大的电机在运行过程突然堵转产生过大的灌电流,烧毁主控芯片,在主控芯片和电机驱动之间加了隔离芯片74LH08(图3)。为了防止电机驱动不受产生的过高电压击穿而损坏,在电机输出端增加TVS瞬态抑制双向二极管,对电机起到保护作用。MOS电机驱动电路原理图如图4。

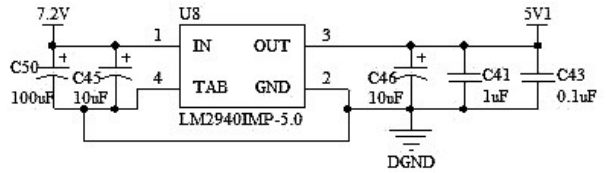


图3 稳压电路图

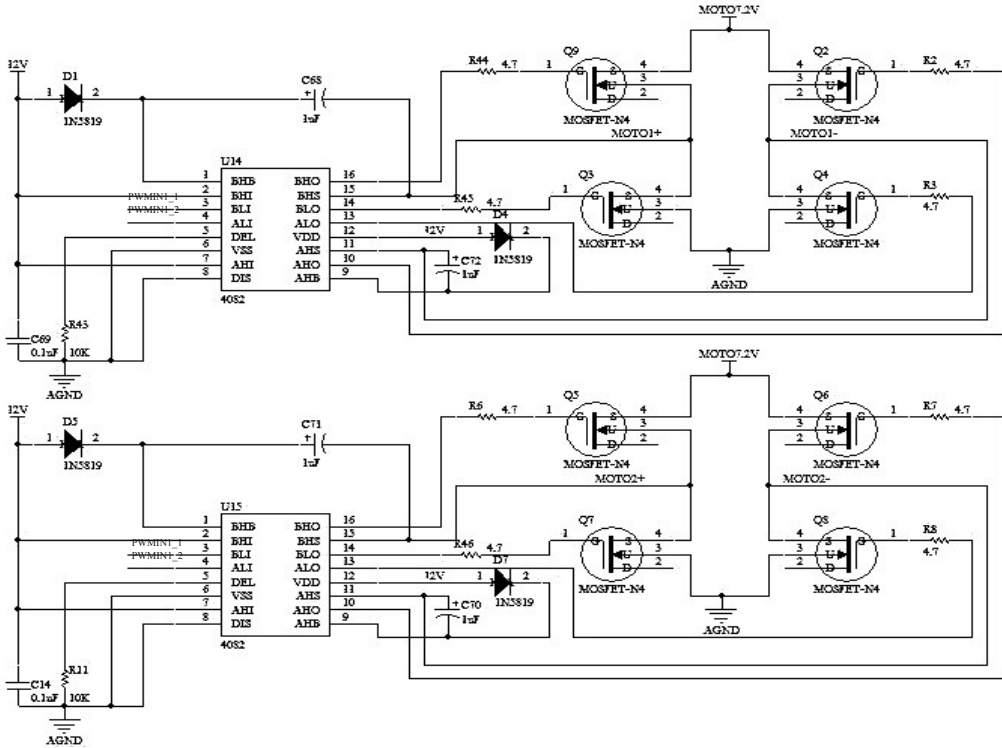


图4 电机驱动电路图

### 1.3 传感器模块

该设计中加速度计传感器其模块和陀螺仪传感器模块分别选用MMA7455和L3G4200D。图5为MMA7455实物图,图6为L3G4200D实物图。这2种传感器模块有SPI和IIC通信方式,由于SPI比IIC通信速度快,并且与主控芯片K60的通信方式更便捷,所以选用SPI通信方式为MMA7455和L3G4200D的通信方式。图7为接口电路原理图。

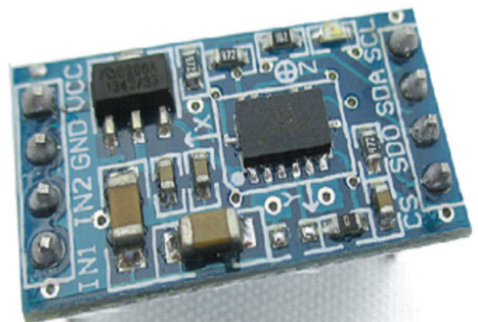


图5 MMA7455实物图

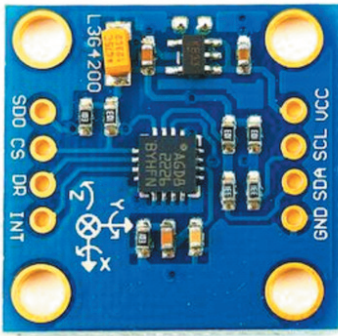


图6 L3G4200D实物图

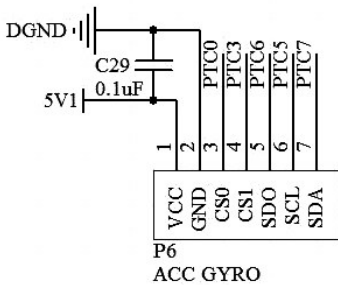


图7 模块接口电路原理图

## 2 软件设计

该设计的程序设计主要包括图像采集、图像存储、图像处理和分析。中断服务程序主要包括陀螺仪及加速度计数据信号的采集、互补滤波融合角度计算、直立控制和速度控制。图8为系统程序设计流程图。

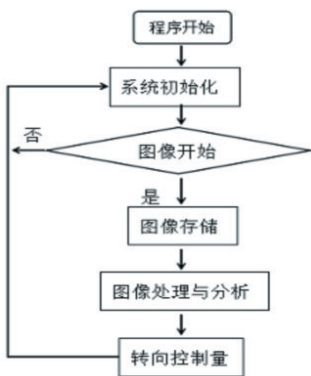


图8 系统程序设计流程图

### 2.1 方向控制

小车沿着赛道中线运行是理想的运行方向,若要使小车沿着赛道中线运行,摄像头采集回来的小车前方赛道的中线就应该在图像的正中间,因此需要计算出小车的实际中线。从图像中间向两边搜寻白黑跳变点,通过左右两个边沿点的位置得到此时小车的实际中线。摄像头采集回来的图像越远的地方图像越不清晰,所以舍弃图像顶部的行数

据,对图像其余有效行进行综合判断,得出此时车模的实际中线值,将该值与理想中线值做差值,得出方向偏差。

本设计路由蓝色背景和45 cm宽的白色PVC地板及贴在PVC地板两边的黑色边沿组成。采用OV7725摄像头对小车运行前方图像进行采集,摄像头采集到的数据进行二值化处理,其中用“0”代表黑色图案,“1”代表白色图案,采集返回来的图像通过上位机显示,如图9所示。



图9 摄像头采集的跑道图像

### 2.2 方向算法控制

本设计中使用PID控制和模糊控制作为车模的方向控制算法,车模在低速行驶的时候对方向调节要求不高,但在高速行驶的情况下对小车的方向调节能力提出了很高要求。若只是用一个PID控制很难使得车模在高速行驶的情况下保持良好的路径<sup>[8-10]</sup>。本系统在PID控制的基础上,结合模糊控制算法,来修改PID控制里的比例系数和微分系数,从而使控制系数根据路况变化而动态变化,使得小车可以在高速行驶的情况下拥有良好的运行轨迹。方向控制代码如下:

$$fDValue = fDValue * (Direction\_Kd*0.1 + Delta\_D);$$

$$fValue = (float)LeftRightSub * (Direction\_Kp*1.0+Delta\_P) + fDValue;$$

其中,LeftRightSub为方向偏差,Direction\_Kp为PID比例系数,Direction\_Kd为微分系数,Delta\_P为模糊控制的比例系数,Delta\_D为模糊控制的微分系数,fValue为方向控制输出量。

## 3 机械结构和改进设计

由于此款智能小车实现的是两轮直立自平衡,因此机械结构上的平衡以及重心的选择都会影响小车运行速度以及运行的稳定性。主要针对3个部分进行设计改进:摄像头传感器的安装,姿态传感器的安装和主控板的安装。

### 3.1 摄像头传感器的安装

摄像头作为小车的“眼睛”,用来获取路况情况,一个好的安装方式,可为控制系统获得更多算

法计算时间,从而提升小车运行的速度和稳定性。摄像头的安装位置要达到一定的高度,并且有一定的倾角,这样可以采集到更多的赛道信息。除此之外还需要考虑摄像头的安装对小车重心的影响,支撑摄像头的碳素杆底部最好安装在车模转向的中轴线上,其倾斜角要做到车模在赛道上平稳行驶时与地面保持垂直,这样可以使小车在转向时,摄像头采集的图像不存在水平分量,从而保证图像的稳定。安装之后的整体效果如图10所示。



图10 固定摄像头的支架实物图

### 3.2 姿态传感器的安装

姿态传感器是监测小车运行过程姿态的期间,通常安装车模中间或者底部位置,这样可以减少小车在运行过程中对测量结果的干扰。小车在转弯时具有平动和转动,其中转动会带动陀螺仪转动,因此在姿态传感器上集成了一块三轴陀螺仪,通过算法控制来消除过冲现象。安装实物效果如图11所示。

### 3.3 主控板的安装

平衡车的机械结构决定了平衡车的最高运行速度,而电路板的重量又是不可忽略的,所以电路板的外形设计和安装位置是很重要的。该设计中



图11 陀螺仪和加速度传感器的安装图

电池的重量要比两个电机和底盘加起来的重量重,所以很难达到机械平衡,为此将电路放在电机侧,从而起到平衡作用。图12为电路板安装后的实物图。



图12 电路板安装后的实物图

## 4 结语

本文从硬件设计、软件设计和机械设计3个方面对自平衡智能小车进行设计,通过实验室验证,该自平衡智能小车系统能够在无人控制的基础上实现自动智能循迹,并且具有根据路况自动变速、自动避障、自动停车、翻越坡道等功能。该小车具有较高的可靠性、实用性、推广性,该类型自平衡智能车可应用到众多环境中去,并能在狭窄空间运行,轻便灵活的车身以及易于存放管理的特点,具有广泛的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 刘韶清,黄毅彬,陈景贤.双轮自平衡寻迹智能车设计[J].电子测试,2018(21):17-19.
- [2] 宣丽萍,李艳丽.基于STM32F103RCT6两轮自平衡小车设计[J].黑龙江工程学院学报,2018(4):6-10.
- [3] 陈孟元,孙书诚,王虎.基于图像识别的寻迹智能车设计[J].重庆理工大学学报(自然科学版),2013(3):80-84+103.
- [4] LV Q,WANG K K,WANG G S.Research of LQR controller based on two-wheeled self-balancing robot[A]. Piscataway:IEEE Computer Society,2009:2343-2348.
- [5] WANG W J,HUANG C H.Model-based fuzzy control application to a self-balancing two-wheeled inverted pendulum[A]. New York:Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc,2009:1158-1163.
- [6] HUANG C Y,PAN Y M,ZHANG Q Z.The uniform-velocity-walking LQR controller research and design for linear inverted pendulum system[A].Washington:IEEE Computer Society,2012:2431-2436.
- [7] AKIRA S,NAOYA H.Movement control of two-wheeled inverted pendulum robots considering robustness[A].Tokyo: Society of Instrument and Control Engineers,2008:3361-3366.
- [8] 刘雪薇.双轮自平衡小车的建模与控制方法研究[D].武汉:武汉理工大学,2015:1-89.
- [9] 冷雪峰.基于PID的STM32智能小车机器人的设计[J].自动化技术与应用,2016(11):122-127.
- [10] 马思远,鲁庭勇,张丽君.两轮自平衡车运动姿态的测量和控制[J].测控技术,2015(4):71-73+77. (责任编辑:蒋召雪)