

注：创新实践基地建设 - 大学生创业培育基金 (NO. 5111810810)

摘要：介绍了基于视觉的车辆控制系统的设计与实现，主要包括：机械结构、硬件电路、软件设计。在机械结构中，主要分析了硬件设备的安装与位置的选择，并解释了位置的不同对于小车的影响；在硬件电路中，重点介绍了舵机、鹰眼、液晶屏、MCU 等供电电路的设计；在软件设计中，主要介绍了路径边线的提取，以及驱动电机的 PID 控制算法。测试表明，车模方向和速度控制方案可以使小车在赛道上正常行驶。

关键字：鹰眼；PID；单片机；智能车

中图分类号：TP273

文献标识码：A

文章编号：1006-883X(2019)01-0014-06

收稿日期：2018-11-15

## 基于视觉的车辆控制系统设计与实现

李博威 侯明 蒋泽鑫

北京信息科技大学，北京 100192

### 一、引言

伴 随着科学技艺的快速发展，智能化技术的研究和开发势头强劲，发展越来越快，应用的范围也得到了极大的扩展，复杂环境下的人工智能数量迅猛增加，其中，智能化车辆作为人工智能的一个重要旁支，也受到了日益增长的关注。

基于视觉的智能车辆可以在人类无法作业的环境中作业，这种创新性技术的开发与研究，可以减少不必要的花费，加快工作进程，提高效率，节约成本。

上个世纪 80 年代，机器视觉开始在车载视觉系统中出现，汽车厂家的参与和政府的支持促进了机器视觉的发展，主动机器视觉的研究前期进展缓慢，在完成了以联合传感器为基础的硬件实验后，实现了对传感器的主动控制，从而通过对环境的识别和实时跟踪实现了对运动的控制，从此摄像头常用于检验视觉的工作。目前，机器视觉具有能遥测、检测信息大等优点，常用于路径识别。因考虑成本，许多科研人员通过算法的改善减少计算量。

本文从智能车机械结构、供电电路设计、控制算法等方面详细介绍智能车的整个准备过程。

### 二、机械结构

小车整体结构由舵机、摄像头、编码器等部分组成。如图 1 所示。

#### 1、舵机的安装

舵机的安装现在有两种转向器安装方案：水平安装、垂直安装。水平安装方案的优点是响应速度较快，安装比较方便，重心减少，但是左右的转向杆的长度不一样，导致两侧做出转向时的响应时间不同；垂直安装则是增加了方向舵框架的高度，并使智能小车响应更灵活。我们通过伺服性能的比较和实际情况的需

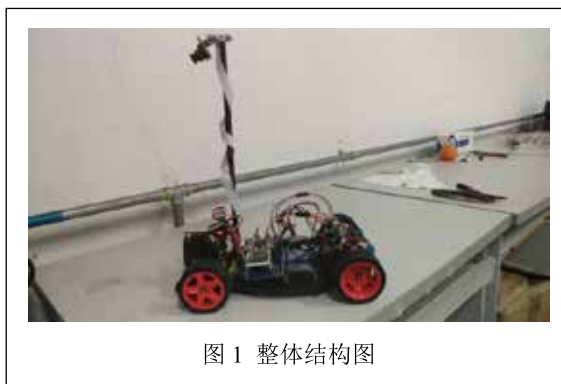


图 1 整体结构图



图2 舵机安装



图3 摄像头安装



图4 编码器安装

求，选择了垂直安装的方案。为了能够让智能小车可以获得更好的响应速度，我们通过大量的实验测试，最终选用了一套舵机连片，实现了预期目标，安装图如图2所示。

### 2、摄像头的安装

为了可以获取稳定可靠的信息，必须要将摄像头固定牢固。在固定摄像机的过程中，它还需要可以进行上下调整，所以我们使用轻质铝合金夹持组件，因此可以获得最大的刚度质量比，这样整个设备就拥有了非常高的定位精度和刚度，并且摄像头容易进行拆卸和维护，具有更好的保障能力。按照我们的需求，底座和摄像头安装的实际设计如图3所示。

### 3、编码器安装

编码器的齿轮需要调整，目的是使它与所配备的差速齿轮紧紧地契合在一起，以提高被测速度的精确度。如果咬合过紧，齿轮间隙过小，声音会变得沉闷，有滞后的现象，这会使电机负载增加；如果齿轮间隙太大，那么将会发生电机的空转现象，编码器的齿轮和差速齿轮不能有效地契合，发出的声音将会异常的刺耳。为了方便编码器的安装，在设计整体的小车框架时，已经预先留下了编码器安装位置，不需要再另外制作配件，安装完成后如图4所示。

## 三、电路设计

智能车的控制方案中，采用单片机作为核心控制器，也就是智能车的“大脑”，是整个智能车的核心。K60核心板通过摄像头对路径信息采集、编码器对脉冲信号的采集、智能车速度调节，将控制算法写入程序中，计算相应的电机的控制量，对舵机与驱动电机进行控制，通过测速模块的反馈，电机进行的闭环控制控制了小车的整体运动，如图5所示。

电源是智能小车的动力来源，也为智能小车的控制系统提供可靠的供电，我们采用电压7.2V、容量2000mAh可充电镍镉电池作为系统的电源。由于7.2V的镍镉电池不能为控制器和其他模块直接供电，因此需要设计电源转换电路。电源转换电路对于任何一个电路系统都非常重要，是智能小车稳定运行的基础。

本章主要介绍了我们设计的电源转换电路，以及

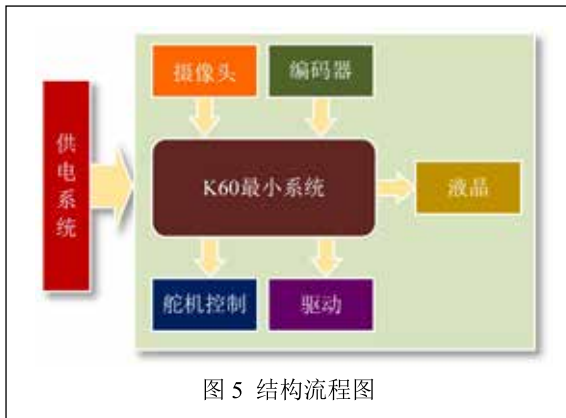


图 5 结构流程图

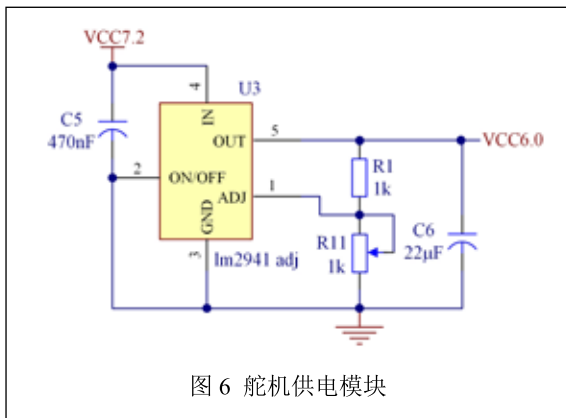


图 6 舵机供电模块

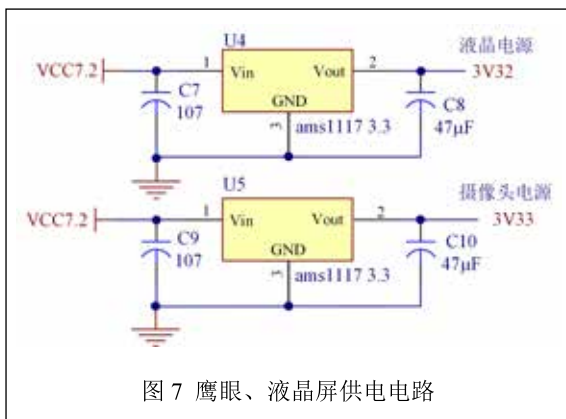


图 7 鹰眼、液晶屏供电电路

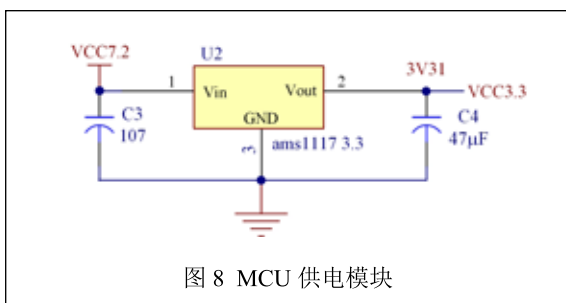


图 8 MCU 供电模块

采用 BTN7971 为主要芯片的驱动电路。

### 1、舵机供电模块

这款小车装配的转向舵机采用的型号为 FutabaS3010，其特点是成本较低、扭矩较高，电压的变化范围为 4.5 V~6.0 V，为了使舵机具有更快的响应速度和更大的转矩，我们决定使用 6.0 V 电源电压<sup>[1]</sup>。我们采用的是 7.2 V 电池，因此选择了 Lm2941 可调稳压芯片，经过长时间的试验，该模块稳定性很好。电路如图 6 所示。

### 2、液晶屏、鹰眼供电模块

液晶屏的型号是 ST7735S，摄像头的型号是 OV7725，对数据手册查询，二者需要供电 3.3 V，因此选用 AMS1117-3.3<sup>[2]</sup>，通过测试能够满足需要，这款稳压器性价比很高，能够很稳定地将电压降至 3.3 V。供电模块如图 7 所示。

### 3、MCU 供电模块

K60DN512ZVLQ10 是 Kinetis 系列中的一款增强型 32 位单片机，K60 最小系统核心板是本控制体系的重要部分<sup>[3]</sup>。它主要是负责收取和分析所接收到的行进路径的信息、小车速度反馈等信息，并对信息进行适当操作。在控制算法的控制下，为舵机形成合适的输出量。用驱动电机操控小车速度，以便使整个小车快速前进，控制小车<sup>[4]</sup>。

K60 核心板的电压是 3.3 V，因此，我们同样使用稳压芯片 AMS1117-3.3 进行稳压，MCU 供电电路设计图如图 8 所示。

### 4、编码器供电模块

编码器需要系统 5 V 的电压进行供电，从而我们运用 ASM1117 系列的 5.0 版本的稳压芯片进行稳压，其供电模块如图 9 所示。

### 5、驱动电路

小车需要驱动两个电机，我们选用了集成电机驱动芯片的电机驱动方式，现在非常实用的是 BTN 系列驱动芯片，因此选择了 BTN7971 芯片，此芯片是通过半桥来进行驱动的，因此要完成正转和反转则需要两片芯片。

两个半桥智能功率驱动芯片 BTN7971 组合成一个全桥驱动器，使电机发生旋转，通过施加频率为

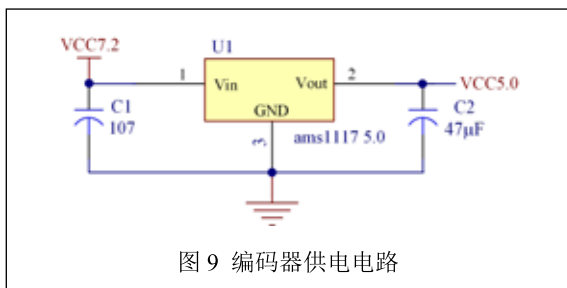


图9 编码器供电电路

20 kHz 的 PWM 信号来掌控, 以完成正向和反向 PWM 驱动和正反向制动<sup>[5]</sup>, 驱动模块如图 10 所示。

#### 四、软件设计

整个软件系统有两部分: 路径识别和速度方向。这些都是通过控制车模的摄像头和驱动电机与舵机完成的。系统将摄像头采集的数据处理, 通过边线处理达到路径识别, 进而进行舵机与电机的控制, 两者是相互协同配合的。

##### 1、路径边线处理

(1) 直接逐行扫描原始图像, 根据设置的阈值提取黑白跳变点;

(2) 按照循迹算法开始循迹, 对于前三行, 采用由视野中心向两边找点的方式, 找出近处赛道边沿线;

(3) 行驶路径宽度有一个范围, 在确定的路径宽度的有效范围内提取边沿, 可以滤除不在边沿内的干扰;

(4) 对于十字, 由于双侧赛道边沿的丢失, 确定找点的初始位置, 选择由中间向两边找的方式寻找路径, 同时根据矫正图像滤除十字拐角线, 从而顺利连线;

(5) 中心引导线, 从视野的两边向中间扫描,

判断中心引导线并控制舵机打角, 让小车沿引导线行驶。

边沿提取算法的流程如图 11 所示。

##### 2、舵机 PID 参数整定

在舵机的控制方法中, 通过测试之后发现, 在将积分项 I 置零的时候, 舵机在需要快速响应的情况下, 它的响应速度相比于稳定性和准确性而言, 要具有更加重要的地位, 并且, 在将积分项 I 置零的同时, 智能小车在直道上快速行进的时候, 其舵机的转向方面不会发生振荡, 所以基本上不需要  $K_i$  参数来进行积分调节, 我们对于微分环节 D 的选取方法是采用定值, 其原因是因为舵机在智能小车的行进过程中都需要较强的响应能力, 因此采取定值可以保证它的响应能力。所以我们最终采取的  $K_d$  值为 45,  $K_p$  则需要通过智能小车所采用的路线来进行选择,  $K_p$  是通过经验法得出。

舵机控制采用位置式 PID 控制, 因为位置式 PID 不需要对控制量进行复制, 其公式为:

$$u(k) = K_p \left\{ e(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{T_d}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\} \quad (1)$$

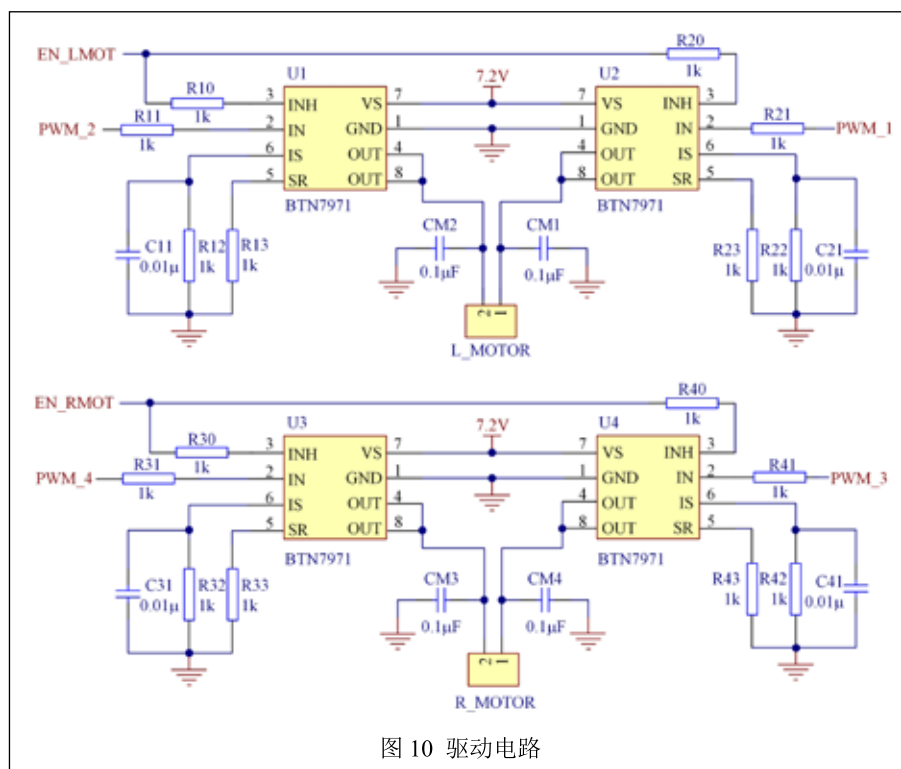


图10 驱动电路

在从路径信息中获得  $K_p$  信息之后, 再通过图像处理, 我们获得了一个偏差值, 并且记录了上次的偏差值, 从而根据 PID 公式计算获得舵机最终需要的角度。其最终的完整程序的获取  $K_p$ 、计算误差、记录和改变误差如下所示。

$$jiaodu\_num=(int)(duoji\_pid.Kp*duoji\_pid.err+direct\_Kd*(duoji\_pid.err-duoji\_pid.err\_last))。$$

### 3、电机 PID 参数整定

在尝试使用传统的 PID 方法进行速度控制时, 发现无法达到理想的速度要求, 我们最后采用了增量式 PID 算法<sup>[6]</sup>:

$$\Delta u_k = u_k - u_{k-1} = K_p \left[ e_k - e_{k-1} + \frac{T}{T_i} e_k + T_d \frac{e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}}{T} \right] = K_p \left( 1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T} \right) e_k - K_p \left( 1 + \frac{2T_d}{T} \right) e_{k-1} + K_p \frac{T_d}{T} e_{k-2} = A e_k - B e_{k-1} + C e_{k-2} \quad (2)$$

$$\text{其中, } \begin{cases} A = K_p \left( 1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T} \right) \\ B = K_p \left( 1 + \frac{2T_d}{T} \right) \\ C = K_p \frac{T_d}{T} \end{cases} \quad (3)$$

我们要在程序中定义几个变量: 此时的速度, 期望输出的速度, 本次 PWM 的输出值, PID 的分别数值, 上次的差值和上上次的差值。其中, P、I、D 的值按照公式 (2) 分别用本次偏差值、上次偏差值和上上次偏差值进行运算, PWM 值则是通过将 P、I、D 值相加得到。其中, 本次的偏差值是通过由预期的速度与目前的速度相减得到, 当前的速度是由编码器采值等方式得到, 在进行完一次运算之后, 本次的偏差和上次的偏差依次变成上次的偏差和上上次偏差。得到的 PWM 就是占空比, 从而进行电机的控制<sup>[7]</sup>。

$$pid1.PWM += (int16)(P*error1 + I*error0 + D*error2)。$$

### 五、总结

总体来说, 对车模方向、速度的控制方案可以使小车在赛道上行驶。但是在路径识别方面, 小车有时无法很好地提取边线而造成误差, 这是我们设计的短板, 尚没有做出更好的解决方案, 从而使车模运行到这些位置的时候行驶明显不够流畅, 这是我们以后需要改进的地方。

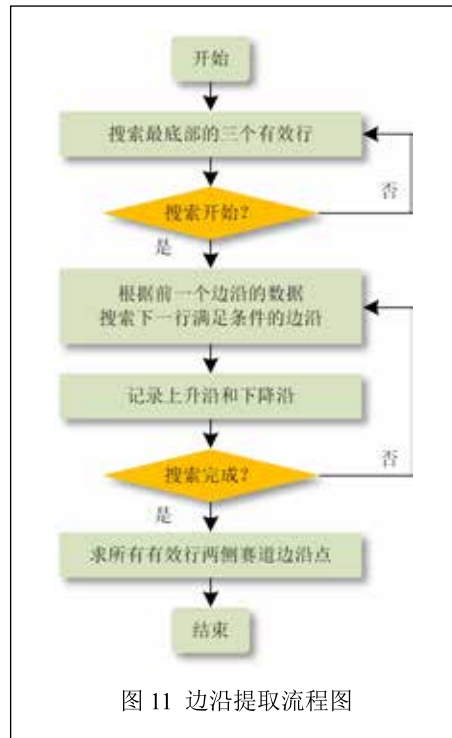


图 11 边沿提取流程图

### 六、结论

基于视觉的车辆控制是一个集动态决策和规划、环境感知、行为控制和执行等多种功能于一体的综合复杂系统, 其关键在于如何通过图像处理更准确地还原现实中的路况信息, 进而进行车辆控制, 最终实现车辆的平稳安全行进。

### 参考文献

[1] 于丰华. 基于 K60 的智能车控制系统的研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2014, 3.  
 [2] 刘颖. 基于 K60 单片机的智能车控制算法的仿真实现 [D]. 西安: 长安大学, 2014, 4.  
 [3] 杨东轩, 王嵩. ARM Cortex M4 自学笔记 基于 Kinetis K60[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013, 4.  
 [4] 杨熙. 嵌入式软件设计入门与进阶 基于 Kinetis K60/K64[M]. 北京: 清华大学出版社, 2017, 1.

- [5] 张睿. 基于 K60 的智能小车控制系统设计与实现 [D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2013, 12.
- [6] 龚美凤, 邱达, 戴昊, 等. 基于 K60 的电机控制系统的研究 [J]. 信息技术与信息化, 2017, (7): 106-107.
- [7] 吴强, 韩震宇, 李程. 基于增量式 PID 算法的无刷直流电机 PWM 调速研究 [J]. 机电工程技术, 2013, 42(03): 63-65.

### Design and Implementation of a Vision-based Control System for Vehicle Model

LI Bo-wei, HOU Ming, JIANG Zeng-xin

(Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China)

**Abstract:** The design and implementation of a vision-based control system for vehicle model is introduced, including mechanical structure, hardware circuit and software. In hardware design, the installation and position selection of hardware equipment are presented firstly, and the influence of different position of hardware equipment on the vehicle model is analyzed. The power supply

circuits for eagle eye, LCD screen, steering gear, encoder and MCU are given too. In software design, the extraction of the path edge and the PID control algorithm of the drive motor are mainly introduced. The tests results show that the control scheme for the direction and speed of the vehicle model can make the car run on the track.

**Key words:** Hawkeye camera; PID; single-chip microcomputer; smart car

### 作者简介

李博威: 北京信息科技大学, 研究生, 研究方向为高动态导航。

通信地址: 北京市海淀区西三旗小营东路 12 号北京信息科技大学

邮编: 100192

邮箱: 392668484@qq.com

侯明: 北京信息科技大学, 高级实验师, 研究方向为控制科学与控制工程。

蒋泽鑫: 北京信息科技大学, 本科生, 研究方向为自动化。