

# 基于摄像头的路径识别智能车控制系统设计

曾星星

(湖北汽车工业学院 汽车工程系 T443-6, 湖北 十堰 442002)

**摘要:** 介绍一种基于 CCD 摄像头的路径识别的智能车控制系统, 设计了硬件结构与方案, 提出了转向机构的控制策略, 该智能车能准确实现自主寻迹, 具备抗干扰性极强, 稳态误差小等特点。

**关键词:** CCD 摄像头; 路径信息; 智能车

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1008-5483(2008)02-0072-05

## Design of Smart Car Control System of Path Information Identified Based on CCD Camera

Zeng Xingxing

(Dept. of Automotive Engineering, Hubei Automotive Industries Institute, Shiyan 442002, China)

**Abstract:** A smart car control system of the path information identified based on CCD camera was introduced. The hardware structure and scheme were designed. The control strategy of steering mechanism was presented. The smart car not only can identify the road precisely, but also have anti-interference performance, and small steady state error.

**Key words:** CCD camera; path information; smart car

随着生产技术和自动化程度的提高, 传统制造业的生产方式发生了深刻的变化。在自动化领域中, 许多复杂性操作和或对人体有害的工作都由机器自动完成, 为了实现这一工作, 就要求机器有一定的智能性。

实时采集传感器信号, 智能分析外部环境、路径信息, 自动实现方向控制及速度调节, 是智能车控制系统的主要特点, 其设计内容涵盖机械、汽车、电子、自动控制、计算机、传感技术等多个学科的知识领域, 作为一门新兴的综合技术, 可广泛的应用于工厂自动料车、固定场地搬运车等技术领域, 具有良好的应用前景。它也可应用于复杂、恶劣的工作环境, 是物流系统环节搬运设备的代表。

本文所述基于摄像头路径识别的智能车控制系统, 以电动小车为研究对象, 通过车载 CCD 摄像头动态摄取路面图像, 识别白色场地中的任意黑色

带状导引线, 控制电动小车以设定目标速度沿导引线自动行驶, 为使电动小车在行驶过程中保持一定的稳定性和平顺性, 控制系统中对导引线路径信息识别、路径定位与方向偏差控制等主要控制功能提出了较为理想的解决方案。

## 1 硬件结构与方案设计

智能车控制系统以飞思卡尔公司高性能 16 位单片机 MC9S12DP256 为核心控制器, 主要由电源管理、CCD 摄像头、图像采集模块、电机及其控制器、转向舵机及其控制器、上位机调试等功能模块组成, 其中上位机调试模块通过 RS232 串行接口与 PC 机通讯, 结合基于 MATLAB 环境开发的应用软件实现在线综合调试、分析功能, 系统总体结构如图 1 所示。

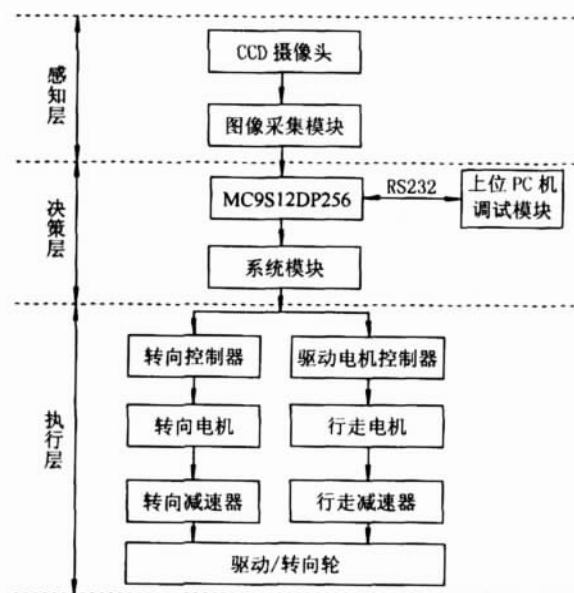


图 1 系统总体结构框图

### 1.1 电源管理模块

电源管理模块为智能车系统各个模块提供特定电源，系统主电源由 7.2 V/2000 mAh 的 Ni-cd 蓄电池提供，其中图像采集模块所需电压为 12 V，核心控制器需 5 V 电压供电，转向舵机工作电压为 6.5 V。可通过不同的 DC-DC 转换电路实现对各个模块的供电，其中 5 V 和 6.5 V 电源系统通过降压型开关稳压器 L5973 实现，通过 DC-DC5V-12V 模块将 5 V 电压升至 12 V 为 CCD 摄像头供电。

### 1.2 图像采集模块

由于 MC9S12DP256 的 AD 采集速度有限，须利用图像采集模块提取出摄像头信号的行同步脉冲、消隐脉冲和场同步脉冲以供单片机作控制之用。LM1881 视频同步信号分离芯片可从摄像头信号中提取信号的时序信息，如行同步脉冲、场同步脉冲和奇、偶场信息等，并将它们转换成 TTL 电平

直接输给单片机的 I/O 口作控制信号之用。LM1881 的端口接线方式如图 2 所示。

### 1.3 电机驱动电路设计

系统采用集成电机驱动芯片 MC33886 对实现电动小车的电机控制，为防止 MC33886 内部过流保护电路对电机启动、制动时造成影响，降低接通状态下通态电阻，提高电机驱动能力，电路设计为 2 片 MC33886 并联模式，电机驱动电路(图 3)。

### 1.4 驱动电机转速检测电路设计

电动小车驱动电机转速是整车目标速度调节的重要参数，系统使用对射式红外发射/接收管与遮光片检测电机转速信号，其中塑料遮光片固定在驱动电机输出轴上，与驱动电机同步运动，电机启动后在红外接收管侧生成与转速对应的脉冲信号，经调理后传输至单片机输入捕获引脚，转速脉冲信号调理电路如图 4 所示。

由于红外接收管侧生成的脉冲信号杂波较大，易造成系统输入捕获采样的误识别，该信号调理电路可有效对输入信号做滤波、整形处理，调理前、后信号如图 5 所示。

## 2 控制策略

### 2.1 路径图像采集

CCD 摄像头每帧有 320×240 个像素点，每帧的前 20 行为场起始信号，最后 10 行为场消隐信号，每行前 14 个数据为行起始信号，第 310~320 点为行消隐信号，数据点如图 6 所示，摄像头每场信号有 320 行，其中第 23~310 行为视频信号。从行起始信号到行消隐信号之间的时间间隔只有 52 μs，在 24 M 总线时钟下，MC9S12DP256 最快的 AD 采样频率 0.5 MHz，那么每行最多只能采集到 26 个

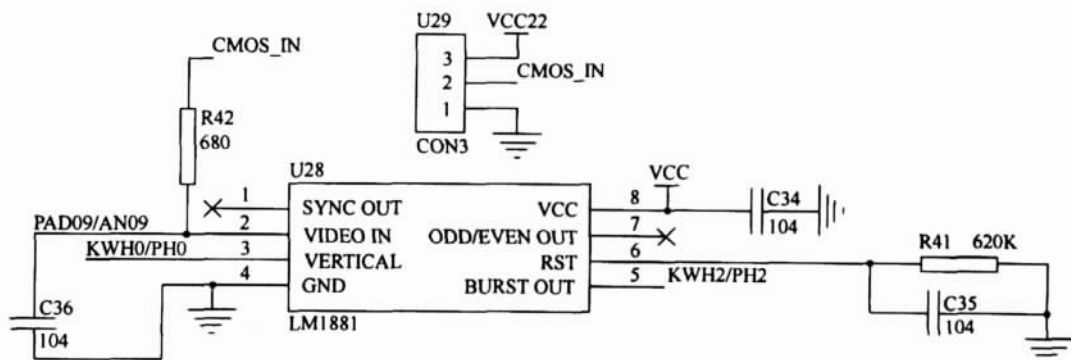


图 2 LM1881 接口电路

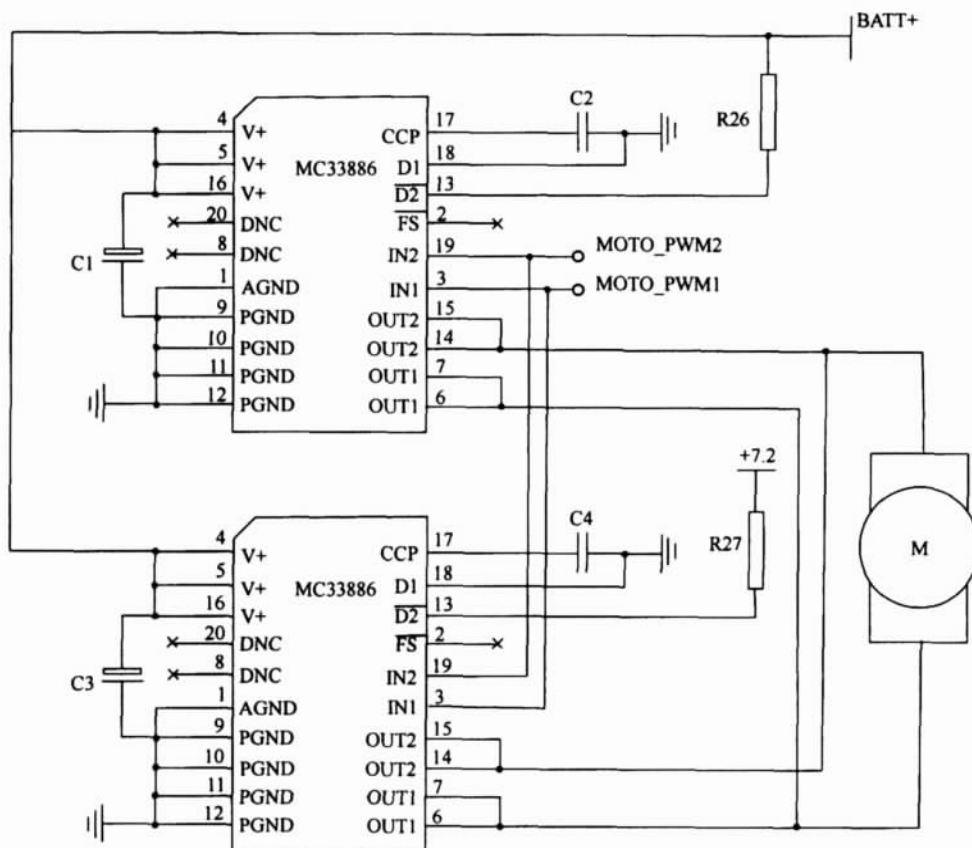


图 3 电机驱动模块硬件电路

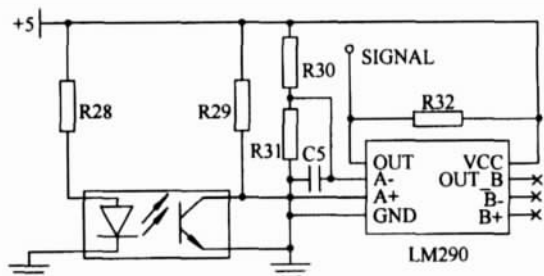


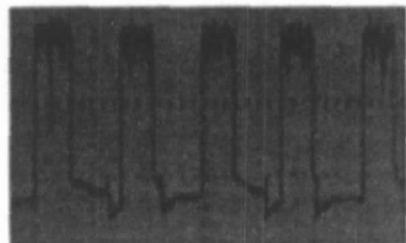
图 4 驱动电机转速信号调理电路

点, 为了使采集的像素点尽量多, 将单片机超频至 32 M, 这样每行最多可采集 34 个像素点。采集图像如图 7 所示。

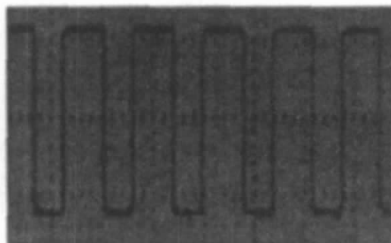
## 2.2 路径图像识别

路径图像如图 7 所示, 以路径为主, 背景是简单的路面, 另外存在一些随机杂物的干扰, 所以路径识别相对简单。主要问题是现场光照环境不稳定, 路径褪色以及路面光照反射能力的差别(路面不平整, 路面上的污迹)造成路径图像灰度不均匀, 本系统路径识别的目的是为了检测小车行驶方向的偏差。因此, 路径识别的任务主要是将摄像头拍摄的灰度图像转换成二值图像, 其中路径标线以黑色表示, 背景及其他图像内容用白色表示, 以便下一步进行小车行驶测量。

对灰度图像的直方统计图进行分析, 由于小车



a 调理前



b 调理后

图 5 驱动电机转速信号

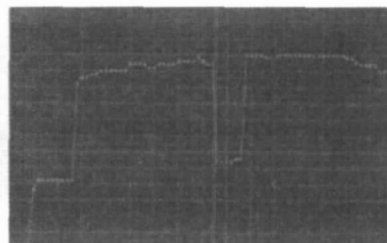


图 6 单行 240 点前 0~13 点为行起始凹槽为黑线所处位置

在运行过程中, 不同位置的光照条件和路面对光的反射能力有差别, 因此直方图上的峰谷对应的灰度值是动态变化的, 采用最优阈值分割进行路径分割, 分割结果如图 8 所示。

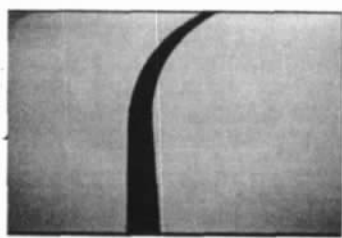


图 7 路径的灰度图像

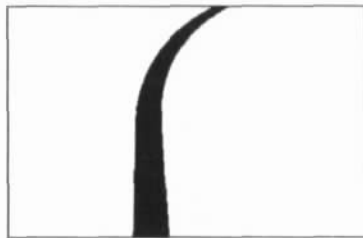


图 8 最优阈值分割后图像

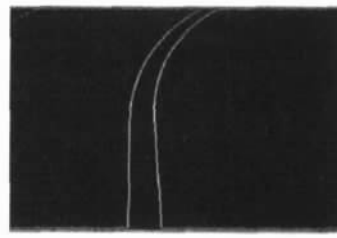


图 9 边沿化后图像

### 2.3 路径定位与方向偏差测量

路径的定位通过路径中心线的位置检测实现。在获取偏差时, 对二值图像进行横向扫描, 分别找到各行上路左右边缘位置。如图所示坐标分别为  $(u_1, v_1)$ 、 $(u_2, v_2)$ , 则该行上路中心线上点的坐标  $(u_0, v_0)$ , 有

$$u_0 = (u_1 + u_2) / 2 \quad (1)$$

$$v_0 = (v_1 + v_2) / 2 \quad (2)$$

路径图像识别结果均为二值图像(路面背景为白, 灰度为 255; 路径为黑色, 灰度为 0), 用数学形态学的“腐蚀”运算检测边缘, 如图 10 所示, 然后利用式检测路径中心线, 由于所得到的路径中心线有明显的波, 可以用最小二乘拟合求得的  $(u_0, v_0)$  进行线性拟合, 得到路径中线的方程为

$$Au + bv + c = 0 \quad (3)$$

将转换到图像坐标系 XOY 中, 其坐标变化关系为

$$x = u - (m - 1) / 2 \quad (4)$$

$$y = v - (n - 1) / 2 \quad (5)$$

式中  $m, n$  分别表示整副图的行数和列数。

则可得路径中线在图像坐标系 XOY 中的方程为

$$ax - by + \frac{a(m-1)}{2} + \frac{b(n-1)}{2} + c = 0 \quad (6)$$

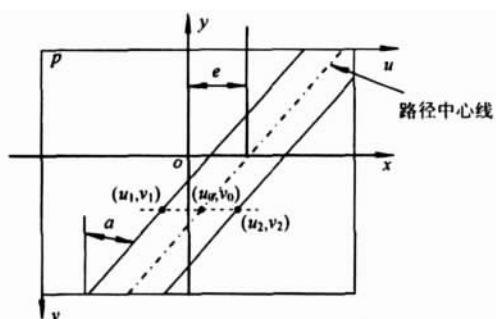


图 10 偏差示意图

经过阈值分割后, 还存在许多离散的小斑点, 路径边缘非常毛躁, 影响路径的定位, 据路路径的形状特征, 采用数学形态的“开”运算进行处理, 结果如图 9 所示。

则可求得测向偏差  $e$  和方向偏差  $a$ :

$$e = (m - 1) / 2 + b(n - 1) / (2a) + c/a \quad (7)$$

$$\text{当 } a/b > 0: a = \pi/2 - |\arctan(a/b)|$$

$$\text{当 } a/b < 0: a = |\arctan(a/b)| - \pi/2$$

通过此来判断车辆纵向轴线偏离标识线的距离及其与标识线间的夹角, 控制转向系统使车辆的实际行驶路线与路径标识线的偏差保持在允许范围内。

### 2.4 舵机转向控制分析

智能车控制系统通过舵机输出转角驱动前轮转向, 舵机自身为独立的位置闭环控制系统, 在负载力矩小于最大输出力矩的情况下, ~~舵机输出转角与控制信号脉宽成线性比例关系~~。在本控制系统中预先标定导引线位置与控制 PWM 信号的二维映射表, 电动小车自动行驶过程中, 系统实时采集导引线的位置信息, 通过查表给出当前 PWM 控制信号, 调整舵机转向角度实现方向控制。为增强电动小车在不同目标速度下过弯时的稳定性和平顺性, 可根据当前目标车速状态对输出的转向 PWM 控制信号进行调节。

### 2.5 驱动电机转速调节

本控制系统中以驱动电机转速采样信息为反馈量, 采用 ~~增量式数字 PID 控制算法~~, 通过输出 PWM 信号对电机实现闭环控制, 为降低转速采样过程中的信号干扰, 增强系统的稳定性, 在控制软件中采用移动平均滤波法对转速采样信号进行了处理, 增量式 PID 控制系统基本原理如图 11 所示。计算公式为

$$u_n = K_p(e_n - e_{n-1}) + K_i e_n + K_d(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2}) \quad (8)$$

式中:  $u_n$ —第  $n$  次输出增量;  $e_n$ —第  $n$  次偏差;  $e_{n-1}$ —第  $n-1$  次偏差;  $e_{n-2}$ —第  $n-2$  次偏差。



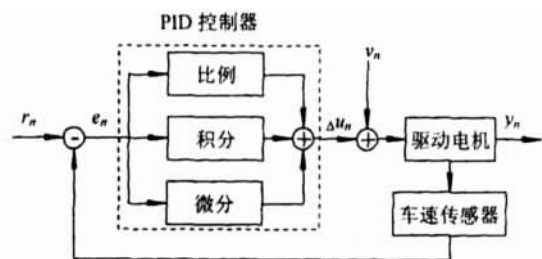


图 11 转速 PID 控制

### 3 结论

摄像头能获取的信息容量大、路径的设置和变更简单方便、系统柔性好,并具备性价比高、算法简便、实时性强等诸多优点,在路径信息分析过程中,采用阈值分割的优化算法,较好解决了位置信息阶跃的问题,实现了连续路径识别功能。它具有现实应用的可能和广阔的应用前景,能成为当前智能车辆导引技术研究的主流方向和发展趋势。

### 参考文献:

- [1] 邵贝贝. 单片机嵌入式应用的在线开发方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [2] 刘慧银, 龚光华, 王云飞. Motorola(Freescale)微控制器 MC68HC08 原理及其嵌入式应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 王宜怀, 刘晓升. 嵌入式应用技术基础教程 [M]. 北京: 华大学出版社, 2005.
- [4] 余志生. 汽车理论 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [5] 吴晓燕, 张双选. MATLAB 在自动控制中的应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.
- [6] 卓晴, 黄开胜, 邵贝贝. 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.
- [7] 胡小锋, 赵辉. Visual C++/MATLAB 图像处理与识别实用案例精选 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [8] 石振东, 吕科, 喻清洲, 等. 基于红外路径识别的智能车控制系统设计 [J]. 湖北汽车工业学院学报, 2007 (3): 11-14.

(上接第67页)

利益冲突, 显然不行。要建立和完善各项制度, 尤其是涉及师生员工切身利益的制度, 用政策和制度来协调、化解不同群体之间的利益矛盾。若是政策和制度本身有问题, 就要及时完善, 使政策、制度能正确反映并兼顾不同群体的利益, 实现利益的公平。同时, 要成立学生申诉处理委员会和教职工的劳动争议和利益冲突调解委员会, 及时协调、化解不同群体之间的利益矛盾, 促进校园的和谐。

### 参考文献:

- [1] 马克思恩格斯全集 [M]. 北京: 人民出版社, 1995: 82, 537.
- [2] 吴家庆, 吴敏. 论和谐社会构建中的利益协调 [J]. 湖南师范大学社会科学学报, 2006(4): 66-70.
- [3] 郝登峰. 关于高校营造和谐校园的思考 [J]. 学校党建与思想教育, 2006(7): 47-48.