

# 基于 MC9S12XS 智能车的控制策略<sup>①</sup>

姜培林, 何毅

(南京工业大学 自动化与电气工程学院, 南京 211816)

**摘要:** 结合飞思卡尔杯全国智能车比赛, 以 MC9S12XE128 为控制核心单元, 设计并实现一种基于 CCD 传感器的智能寻迹小车系统, 采用非线性采样方法来找出路径的位置和方向。以非线性采样得到的路径信息和方向偏差, 来决定智能车的速度控制和方向控制。

**关键词:** MC9S12XS128; 数字 CCD 摄像头; 非线性采样; 速度控制; 方向控制

## Control Strategy of Intelligent Vehicle Based on MC9S12XS

JIANG Pei-Lin, HE Yi

(Automation and Electrical engineering Institute, Nanjing University of Technology, Nanjing 10291, China)

**Abstract:** In this paper, we integrate Freescale Cup National Smart Car competition, using MC9S12XE128 as the core unit for the design and implementation of smart car tracing system based on a CCD sensor, to adopt the method of nonlinear sampling to find out the location and direction of the path. Based on the path information and direction of deviation from nonlinear sampling, to determine the speed control and direction control of smart vehicle.

**Key words:** MC9S12XS128; digital CCD camera; nonlinear sampling; speed control; direction control

随着新能源和新技术的发展, 车辆的智能化程度体现了车辆工程的研究水平。本文所述的智能寻迹小车系统采用 CCD 传感器, 通过对采集图像进行非线性采样, 来实现对小车的前瞻; 以非线性采样得到的二维数组值为样本, 分区域进行差异化处理, 从而得到控制系统中对导引线路径信息识别、路径定位与方向偏差等主要控制参数。该方法思路简单, 实验易于实现, 且可根据实际特殊问题对解决方案进行扩充。该方案具有硬件要求低, 软件易于实现和调试, 程序的兼容性较强等优点, 也为其他方法在复杂环境下遇到多数数据处理时提供了不同的思路, 具有一定的参考价值。

## 1 硬件设计与实现

智能小车的硬件部分以 FREESCALE 公司的 16 位单片机 MC9S12XS128 为主要控制核心; PCB 系统板部分上包括电源管理模块、摄像头传感器模块、电机驱动桥模块和舵机控制模块。智能小车控制系统总体结构如图 1 所示:

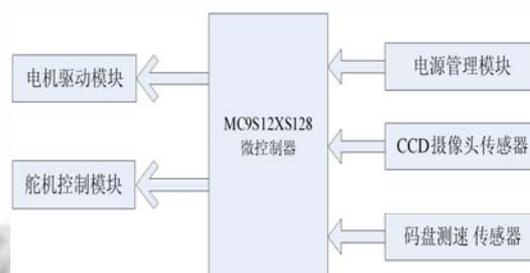


图 1 智能车控制系统硬件结构框图

本智能车系统以 MC9S12XS128 微控制器为核心。MC9S12 系列单片机是基于速度更快的 CPU12 内核的单片机系列, 具备片上纠错能力, 采用大容量第三代 Flash, 具有在线编程能力和保密机制<sup>[1]</sup>; 此外 S12 具有灵活的定制模式、背景调制模式以及对 C 进行完全优化的压缩代码的优点。该型单片机有很高的集成度, 片上集成了很多功能模块, 如串行通讯接口、串行设备接口、USB 接口、A/D 转换器、PWM 和 CAN 总线。丰富的外设和 I/O 口资源是 MC9S12 系列单片机

① 收稿时间:2010-12-09;收到修改稿时间:2011-01-26

的一大特色, 开发使用也很方便<sup>[2]</sup>。

### 1.1 电源管理模块

电源管理模块为智能车的各个功能模块提供特定的电源。整个系统主电源由 7.2V/1750mA 的蓄电池供电。系统板上采用了 LM2940CT 电源芯片, 最大输出电流有 1A, 典型的输入输出电压压降为 0.5V, 还有过流保、护过压保护功能。因此, 使用两片 LM2940, 一片专供给 MCU, 保证其正常工作, 一片供给板上其他模块。系统电源供电如下图 2 所示:

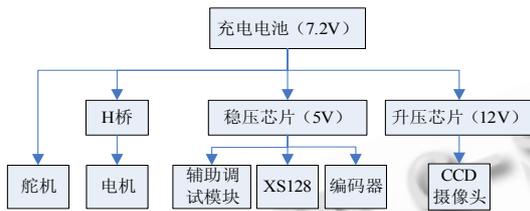


图 2 系统电源供电结构图

### 1.2 摄像头传感器模块

通过 DC-DC 变换器 MC34063 将电源电压升至 12V, 为摄像头供电。摄像头的输出视频信号分为两路: 一路送入 MC9S12XS 单片机的 AD 端口 PAD0 进行 A/D 转换; 另一路通过引脚 2 送入 LM1881 进行视频分离; 分离出的行同步信号(引脚 1)接入 MC9S12XS128 的 PH0 口; 由于 PH0 口自带中断功能, 因此不需要使用等待查询的方式来检测行同步信号, 从而节省了 CPU 资源<sup>[3]</sup>。

## 2 控制策略和软件流程设计

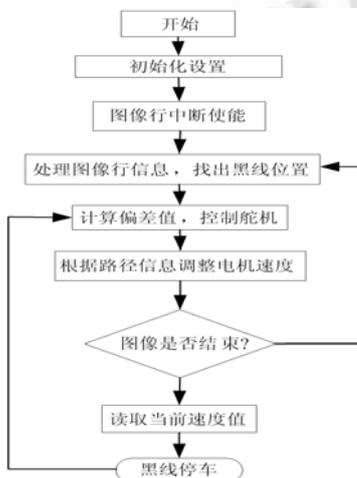


图 3 主程序流程图

智能车系统的软件程序设计是基于 CodeWarrior IDE V5.0 编程环境, 使用 C 语言实现的。整个系统软件开发、调试、制作、安装、都在此开发环境下实现。智能车的程序控制策略是根据摄像头模块前瞻所获得的黑线位置和跑道路径信息, 对舵机和直流马达驱动电机进行灵敏的控制, 来达到智能车的快速稳定行驶。图 3 为主系统程序流程图。

### 2.1 跑道路径信息的非线性采样

本智能车采用的是 CCD 摄像头, 可采样横向 352 行, 纵向 288 列; 前瞻范围设置为 60CM。摄像头的主要工作原理是: 按一定的分辨率, 以隔行扫描的方式采集图像上的点, 当扫描到某点时, 就通过图像传感器芯片将该点处的图像的灰度转换成与灰度成一一对应关系的电压, 然后将此电压通过视频信号端输出<sup>[4]</sup>。

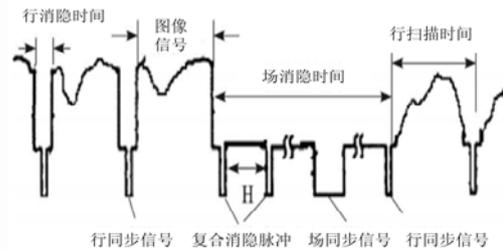


图 4 摄像头视频信号

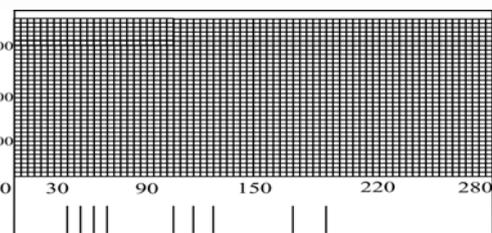


图 5 非线性采样示意图

由于 MC9S12XS 芯片的处理能力比前代芯片有所提高, 因此本智能车采用了黑白制式、分辨率为 352\*288 的 CMOS 单板摄像头 (每秒 50 帧)。本智能车采用非线性采样方法来确定黑线的位置和方向: 先通过设置锁相环将系统总线频率由 16MHz 超频至 40MHz, 对图像实行逐场隔行扫描, 同时对采样的视频信号进行 A/D 转换。MC9S12XS 单片机对单行视频信号进行 80 位的采样, 这样对于 55CM 的比赛跑道宽度, 有足够的样本值确保能找到黑线的位置。图像实行逐场采样过程中, 对每场图像进行了预先非线性处理, 来达到对智能车前瞻的需求。上图 5 为主程序采

样示意图。

对图像的前 30 行和超过 220 行的数据舍弃不用，只对 30 到 220 行的数据进行非线性采样处理。首先对 31 行到 90 行的数据进行隔行采样，即

$$(row\%2) \& \& row \geq 1 \& \& row \leq 90$$

再对 90 行到 150 行的数据进行每隔 3 行的采样，即  $(row\%2) \& \& row \geq 1 \& \& row \leq 90$

最后对剩下的 70 行进行每隔 5 行的采样。这样做，既保证了智能车当前的位置信息，又提供了路径的趋势。在这种方法下，对选定的行采样 80 个像素，将扫描到的信号像素值存储在二维的数组  $ccd[row][line]$  中，其中  $(0 \leq row \leq 62; 0 \leq line \leq 80)$ 。

为下步的黑线位置提取提供了确切的数据保证。提取黑线位置时，每行前 7 个数据和最后 15 个数据舍弃不用。因此从每行的第 8 个数据开始，判断二维数组数据的列数据  $ccd[row][line]$  是否大于  $ccd[row][line+2]$ ，且同时判断是否

$ccd[row][line] - ccd[row][line + 2] > threshold$  ( $threshold$  为设置的动态黑白阈值)；若满足，则表示找到黑线的起始点，并将  $line$  的值赋给变量  $start$ 。接着继续判断  $ccd[row][line] > ccd[row][line+2]$ ，且同时判断是否若满足，则表示找到黑线的终点，并将  $line$  的值赋给变量  $end$ 。如若以上均不能确定，则按错误行进行处理，即行信息的黑线位置设为固定值。固定值的设置以之前确定黑线的位置为参考值。如若同时满足条件，则表示黑线的位置为

$$location = \frac{start + end}{2}$$

这时黑线离预设中心位置的偏差由此得出  $diff2 = diff - middle$  ( $middle$  为摄像头对路径中间黑线的固定参数)<sup>[6]</sup>。还可以根据现场赛道特点对阈值进行初标定设计，在此不再赘述。经过反复试验和比赛证明，光线适合时，采用动态阈值，该算法能很好的检测跑道的路径和黑线信息。

### 2.2 舵机角度控制

对舵机的控制是基于黑线离预设中心位置的偏差数组  $diff2[line]$ ，采用根据非线性采样的 PID 算法，使之对小偏差不敏感而对大偏差敏感，实现了直道平稳同时弯道灵敏的目的。舵机控制的成功与否，对成绩起着至关重要的影响。

本车采用的算法对应两种倒路径情况，一种是普通 S 型弯道，另一种是 90° 的大弯。对于普通 S 型弯道，驱动舵机的控制部分通过下面算法实现：

$$PD\_OUT = SERVO\_MIDDLE + PD\_SERVO$$

$$PD\_SERVO = Kp * diff2[line] + Kd * (diff2[line] - diff2[line-1])$$

$SERVO\_MIDDLE$  值为 3400， $Kp$ 、 $Kd$  的数值通过实验测试得到。对于 90° 的大弯道，基于上面的算法得出的数据进行判断，如果超出设定的左右极限，若  $PD\_OUT > 4400$  (右极限)  $PD\_OUT = 4400$  若  $PD\_OUT < 2400$  (左极限)  $PD\_OUT = 2400$  若在通常直道有  $diff2[line] - diff2[line - 1] \leq 3$  的差值误差在范围内，即  $PD\_OUT = SERVO\_MIDDLE$ 。该算法在弯道优先的原则下，舵机反应灵敏，能够快速响应路径信息；在直道上易于加速，行驶稳定，这简化了直流驱动电机的速度控制。

### 2.3 驱动电机速度控制

基于上面的黑线离预设中心位置的偏差数组  $diff2[line]$ ，可以很容易的得出路径信息，并以直道速度为标准，采用分段定速来控制智能车车速。在直道时，每行黑线中心位置相对集中，因而每行的黑线中心与其平均值的偏差之和较小；在弯道时，黑线中心相对分散，随着弯度的增大则偏差之和相应的变大<sup>[6]</sup>。如若  $diff2[line] < 3$ ，路径为直道，智能车为可控高速行驶；在进入弯道时减速，转弯速度为直道速度的 70%；进入弯道后再降为直道速度的 60%，回直道后恢复直道速度。

表 1 速度类别基准表

类别	标值速度	直道速度	转弯速度	弯道速度
基准率	100%	100%	70%	60%

系统对于速度误差要求并不高，所以车速也是在 PD 算法控制下得到的。车速计算公式如下：

$$PD\_SPEED = Kp * SPEED\_D + Kd * (SPEED\_D - SPEED\_D\_NEXT)$$

$SPEED\_D$  预设的车速。 $SPEED\_NEXT$  是检测到的实时车速，两者差值作为控制量； $Kp$ 、 $Kd$  是经过反复试验得出的值。通过比例系数  $Kp$  和微分系数  $Kd$  计算修正就可得到调整后的车速。经过试验和比赛，证明，该方法简单实用，速度响应迅速，动态

(下转第 236 页)

文件。基于 Qt/Embedded 开发的倒闸控制和显示界面如图 7。

### 4 系统软件流程

系统软件流程如图 8 所示，系统软件由一些列子程序组成，初始化子程序，电压电流处理子程序，断路器控制子程序，显示子程序等。

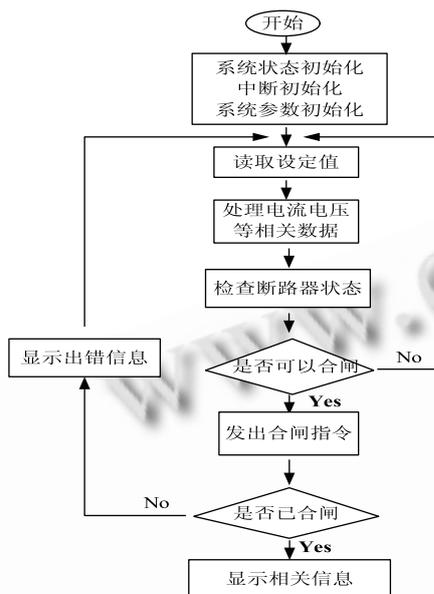


图 8 系统软件流

### 5 结语

本文把三星 S3C2440A 处理器和嵌入式 Linux 系统应用于电网倒闸控制装置。并开发了基于 Qt/Embedded 的控制系统界面。实践证明控制方案可行，并取得很好的控制效果。Linux 的开源性和可移植性节约了开发成本了，良好的人机界面易于操作。倒闸时间精确控制，保障了生产安全。

### 参考文献

- 1 江亚群,何怡刚.基于加窗 DFT 的相位差高精度测量算法. 电路与系统学报,2005,(4).
- 2 杜春雷.ARM 体系结构与编程.北京:清华大学出版社,2003.
- 3 宋宝华.Linux 设备驱动开发详解.北京:人民邮电出版社,2008.
- 4 王学龙.嵌入式 Linux 系统设计与应用.北京:清华大学出版社,2001.
- 5 刘淼.嵌入式系统接口设计与 Linux 驱动开发.北京:北京航空航天大学出版社,2006.

(上接第 218 页)

性能好，稳态误差小。

### 3 结语

本文介绍了一种智能车的硬件设计和控制策略。从实验和比赛效果来看，摄像头能够很好的采集路径信息，并且算法的结构性和稳定性较好，这就保证了智能车在复杂路径情况下，能够迅速控制舵机，调整驱动电机的速度来适应比赛。该方法思路简单，控制策略具有较强的弹性和适应性，模块化设计的程序，能有效克服复杂路径给摄像头带来的影响。从比赛运行的情况来看，采用本方案设计的智能车，整体系统运行可靠，定位准确，达到了设计要求。

### 参考文献

- 1 MC9S12XS256 Reference Manual Rev 1.09 Freescale Semiconductor Inc. 2009
- 2 孙同景,陈桂友.Freescale 9S12 十六位单片机原理及嵌入式开发技术.北京:机械工业出版社,2008.
- 3 韩毅,杨天.基于 HCS12 单片机的智能寻迹模型车的设计与实现.计算机工程与设计,2008,29(18):4736-4739.
- 4 卓晴,黄开胜,邵贝贝.学做智能车-挑战“飞思卡尔”杯.北京:北京航空航天大学出版社,2007.
- 5 郭中元.基于 MC9S12DG128 单片机的路径识别车的设计及实现.计算机系统应用,2009,18(5):186-189.
- 6 吴吟箫,张虹,王新生.基于黑白摄像头的智能小车路径识别系统设计.计算机技术及应用,2009.