

# 电磁引导小车控制系统设计\*

## Design of Electromagnetic Guided Vehicle Control System

李维康

(五邑大学应用物理与材料学院, 广东 江门 529020)

项华珍 刘海刚 陈明秋 陈 祥 (五邑大学信息工程学院, 广东 江门 529020)

### 摘 要

为了实现电磁车的自动寻迹,设计了一个基于电磁检测的控制系统。该系统采用三个“一”字排列的电磁线圈,检测埋入路径中心的通电导线进行定位,通过特定算法使智能车能够自动寻迹。系统以飞思卡尔系列 Kinetis 60 单片机为核心控制器,用运放 Max4451 对感应电压进行放大, BTS7960 作为电机驱动芯片。实验表明,该控制系统能够有效控制智能小车沿着设定路径稳定运行,达到了预期效果。

关键词:智能车,电磁检测,定位

### Abstract

Owing to realize the function of automatic tracing in electromagnetic vehicle, this paper designs a control system, based on the checking of electromagnetic. Using the specific arithmetic which achieves the function of driving the intelligent vehicle, this system adopts the magnetic coil, checking a wire by electricity which buries under the center of the path to fix a position with the permutation of the three horizontal stroke. Driven by BTS7960 chips in motor and amplified the induced voltage by Max4451 as Operational Amplifier, system found on the core controller of the series of Freescale Kinetis 60 SCM.

Keywords: intelligent vehicle, electromagnetic testing, location

电磁智能寻迹车是基于飞思卡尔 Kinetis 60 单片机开发实现的,该系统采用电磁场检测方式自动识别赛道中心线位置处由通有 100mA 交变电流的导线所产生的电磁场进行路径检测,其中交变电流频率范围  $20\text{kHz} \pm 2\text{kHz}^{[1]}$ 。在此基础上利用合理的算法控制智能车运动,从而实现快速稳定的寻迹行驶。

### 1 系统总体方案

本系统由单片机控制系统、电机驱动、电磁传感器模块、小车状态显示模块、速度控制模块和方向控制模块等功能模块组成。单片机采用飞思卡尔 Kinetis 60 系列微处理器作为主控制器。采用 BTS7960 作为电机的驱动芯片,实现对电机正反转的控制。电磁传感器模块采用 Max4451 对电感感应电磁信号放大。采用速度编码器测速,对速度进行闭环控制。采用舵机实现小车的方向变换。采用诺基亚 5110 液晶显示器对小车的状态显示,方便调试程序。系统总体框图如图 1 所示。

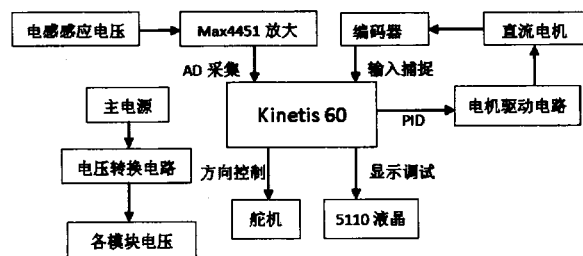


图 1 系统总体框图

### 2 系统硬件设计

微处理器选用基于 Cortex-M4 的飞思卡尔 Kinetis 60 系列微处理器。Kinetis 是基于 ARM CortexTM-M4 具有超强可扩展性的低功耗、混合信号微控制器。

### 2.1 信号选频放大

使用电感线圈可以对其周围的交变磁场感应出电动势,这个感应电动势信号具有以下特点:

- 1) 信号弱:感应电压只有几十个毫伏。在检测幅值之前必须进行有效的放大,放大倍数一般要大于 100 倍(40db);
- 2) 噪声多:一般环境下,周围存在着不同来源、不同变化频率的磁场。

飞思卡尔竞赛场地选择 20kHz 的交变磁场作为路径导航信号,在频谱上可以有效地避开周围其它磁场的干扰,因此信号放大需要进行选频放大,使得 20kHz 的信号能够有效的放大,并且去除其它干扰信号的影响。可以使用 LC 串并联

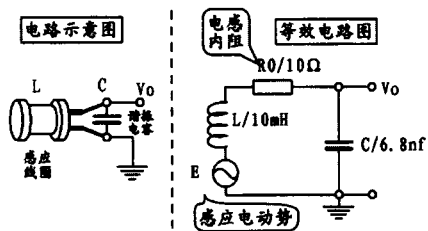


图 2 选频电路

电路来实现选频电路(带通电路)<sup>[1]</sup>如图 2 所示。

由于线圈感应出来的电压只有几十毫伏,要对感应电压进行放大,才能符合单片机输入端电压范围。在此采用 Max4451 作为放大器,Max4451 内部有两个运放,每个运放具有低功耗、210MHz-3dB 带宽、轨到轨输出(很多运放的输入不允许达到电源或地,输出达不到电源或地,如果是轨到轨输入输出,图 3 Max4451 构成的放大电路图

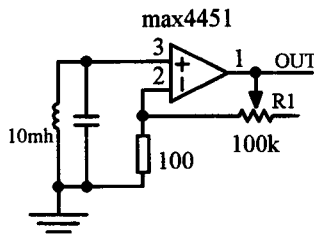


图 3 Max4451 构成的放大电路图

\* 2013 年广东省大学生创新创业训练计划项目(五邑大学第 86 号)

就可以)、+4.5V~+11V 单电源输入等特点。Max4451 构成的放大电路图如图 3 所示。通过 R1 调节运放的放大倍数,得到 0 到 3.3V 的放大电压。经以上电路放大之后,得到的电压波形如图 4 所示。

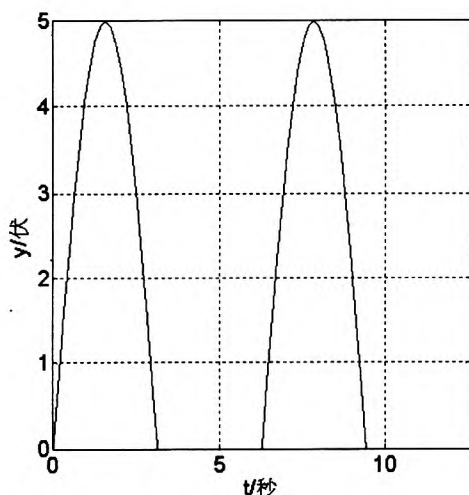


图 4 放大后电压波形

为了测量放大后感应电动势的幅值 E,我们使用二倍压检波电路(如图 5),然后再通过单片机的 AD 采集获得正比于感应电压幅值的数值。

## 2.2 电机驱动

在如图 6 所示的电机驱动电路模块中,采用两块 BTS7960 作为驱动芯片。BTS7960 由一个 P 沟道的高边 MOSFET 和一个 N 沟道的低边 MOSFET 结合一个集成的驱动 IC, 形成了能经受大电流通过的 H 桥的半边, 两块 BTS7960 能够进行连接构成 H 全桥<sup>[2]</sup>, 通过两个 BTS7960 组成的 H 全桥, 实现电机的正反转控制。BTS7960 驱动电流可达 43A。另外采用 74HC244(八同相三态缓冲器)隔离电机驱动通向微处理器的干扰信号。

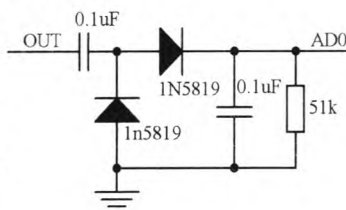


图 5 检波电路

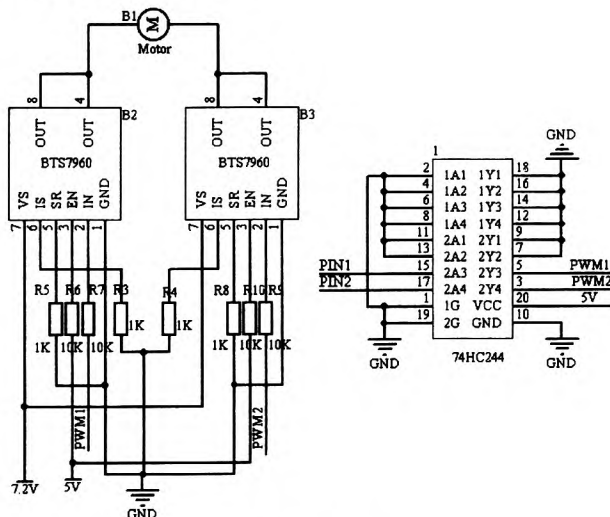


图 6 电机驱动

## 3 智能车定位

传感器的定位采用三个“一”字排布的电感传感器实现,如图 7 所示。电感输出的模拟电动势通过微处理器的 AD 转换模块转化成数字量,采用比较大小的算法,给小车定位。通过对小

车在赛道的定位,就可以得出输出给舵机的占空比,使小车中心向赛道中心移动<sup>[3]</sup>。

对单片机采集的传感器的值进行归一化处理,如式(1)。归一化处理将所有传感器输出信号变换为无量纲的量,屏蔽了各传感器在硬件和物理特性上的差异。

$$\text{相对值} = \frac{\text{测量值} - \text{最低电压}}{\text{最高电压} - \text{最低电压}} \times 100 \quad (1)$$

当小车中心位于导线右边 X 处时(如图 8),三个传感器的相对值乘以 1000 随 X(cm)变化的关系,如图 9 所示。小车位于导线右边时曲线相似。

从图 8、图 9 可以看出,当小车中心与导线相距 X 小于 40cm 时,传感器 2 的相对值与 X 的关系是非线性的,故不能用传感器 2 的相对值计算出小车中心与导线的距离。但传感器 1 的相对值与 X 的关系是呈线性关系,是随 X 的增大而增大的,所以可以通过传感器 1 的相对值计算出 X。随着 X 的值不断增大,当 X 大于 80cm 时,传感器 1 的相对值与 X 的关系不是线性的,而这时传感器 2 的相对值与 X 的关系是线性的,这时可以用传感器 2 的相对值来计算出 X 的值。

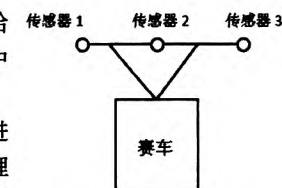


图 7 电感排列方式

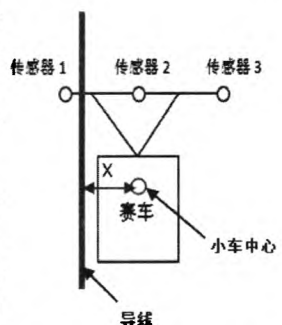


图 8 小车位于导线右边 X 处

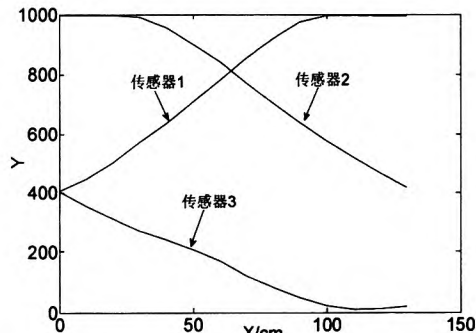


图 9 三个传感器相对值乘以 1000 与 X 的关系

在得出了各传感器的相对值与 X 的关系后,可以通过 Matlab 来拟合出两个一元一次函数  $f_1(\text{REL1})$ 、 $f_2(\text{REL2})$ 。通过这两个函数分段求出 X<sup>[4]</sup>。

以下是小车定位的关键程序段:

```
Void xiangduizhiValue(void)// 求三个传感器的相对值,式中的 74、31、2 是通过实验测量
//的数据
{
    // 传感器的最小值,而 1023、1021、1020,则是最大值,然后通过图 7 公式求相对值
    xiangduizhi[1]=1.0*(sensors[1]-74)/((1023-74)*1.0); // 传感器 1 相对值
    xiangduizhi[2]=1.0*(sensors[2]-31)/((1021-31)*1.0); // 传感器 2 相对值
    xiangduizhi[3]=1.0*(sensors[3]-2)/(1.0*(1020-2)); // 传感器 3 相对值
}
void get_state(void)// 小车定位函数,求 X.
{
    if(xiangduizhi[1]>xiangduizhi[3])// 判断小车位于导线左边还是右边
    {
```

X\_Right=1; X\_Left=0;

(下转第 61 页)

当线速度为 0.3m/min 时,生产线传动轮的转速要求为:300/376.8=0.796r/min,则电机转速为:0.796×50.345=40.07r/min。

当线速度为 12m/min 时,生产线传动轮的转速要求为:12000/376.8=31.85r/min,则电机转速为:31.85×50.345=1603 转/分。

通过对伺服控制器 E84AVTCE2512 编程,采集编码器的当前脉冲数,通过 Profibus 总线实时传送给 PLC,实现精确玻璃计长和位置控制等功能。该伺服控制器采用增量式编码器,伺服电机每转一圈对应编码器增加 4096 个脉冲数,传送台滚轮半径  $r=60\text{mm}$ ,所以每 1 个脉冲对应玻璃传送前进距离关系为:

$$c=2\pi r/4096=0.001827236(\text{mm 脉冲}) \quad (1)$$

其中; $i=50.345$  为减速比。

进行玻璃计长只需得到一锅玻璃的头部和尾部分别对应的脉冲值,就可以计算出整锅玻璃的长度。

### 3 上位监控系统

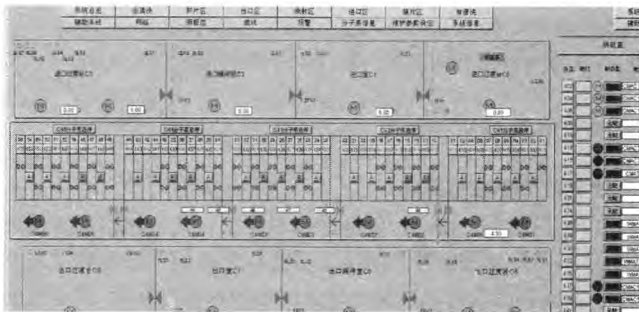


图 4 上位机界面示意图

在玻璃镀膜生产过程中,操作员要实时分析诸如玻璃长度、阴极电源功率、电机运行状态等多种数据和设备信息,根据现场情况进行相应操作,本系统使用两门子公司的 WinCC7.0 软件进行上位组态,与 STEP7 下位编程软件紧密结合,很好地满足了实际生产需求。具体实现的功能如下:

1)显示整个生产系统的工作模拟画面、各种工作状态、数据参数、按钮操作、生产参数设置、生产情况纪录、报警情况、历史曲线等、界面清晰直观。

2)所有控制都能在该计算机上完成,点击屏幕上的按钮和

键盘输入,即可完成自动/屏幕手动启动、停止、生产工艺参数输入、生产状态控制等操作,对关键参数要有再次确认按钮,确保安全生产。

3)系统提供多种报警和分级处理功能,报警事件能自动记录。为了提高系统的安全可靠性,设计有报警自动弹出功能,无论在哪个监控画面中进行何种操作,只要发生报警,就自动弹出报警画面,同时发出声光报警。

4)用户定义动态工艺流程图在 200 幅以上;窗口界面可进行多窗口显示;流程图画面的状态、切换或刷新时间小于或等于 1.5s (包括动态和静态数据),上位机对 PLC 的参数的调用时间 ≤1s;动态标签容量大于 5000 点;趋势曲线大于 100 条,时间间隔从 1 分钟到 24 小时;

5)记录生产的生产数据、曲线,并进行打印报表。

### 4 结束语

针对真空磁控溅射玻璃镀膜法的工艺特点,设计了以西门子 S7-400 PLC 为核心的控制系统。利用 WinCC7.0 组态软件实现对整条生产线的上位机监控,完整显示生产线上所有设备的运行方式、流程作业情况及工艺参数当前值等信息,减少了操作人员的工作量,提高了控制系统运行的可靠性和生产效率 and 玻璃镀膜生产线的自动化控制水平。

### 参考文献

- [1]陈玲玲,等.镀膜机的微机控制[J].真空,2003(6):24-26
- [2]喻寿益,凌云,宋东球.基于 S7-400 PLC 的镀膜玻璃生产线控制系统[J].控制工程学报,2009,16(6):655-656
- [3]郝向东,张晓江.南玻玻璃镀膜自动控制系统[J].电气时代,2005,(12):56-57
- [4]西门子自动化与驱动集团.S7-400 自动化系统手册[K].北京:西门子(中国)有限公司,2005:146-147
- [5]周亦武编著.智能仪表原理与应用技术[M].北京:电子工业出版社,2009
- [6]刘华波,王雪,何文雪.组态软件 WinCC 及其应用[M].北京:机械工业出版社,2009

[收稿日期:2014.1.16]

(上接第 58 页)

```

}
else
{
    X_Right=0; X_Left=1;
}
if(X_Right)//小车位于导线右边,求 x
{
    if(xiangduizhi[2]>0.76)//通过传感器 2 的相对值的大小判断
    用 f1(REL1)还是 f2(REL2)
    //求相对值
    X=104.8490-223.9933*xiangduizhi[1];// f1(REL1)
    else
    X=-218.7158+182.3099*xiangduizhi[4];// f2(REL2)
    if(X<-150)X=-150;//设置阈值
}
if(X_Left)//当小车位于传感器左边,求 X。
{
    if(xiangduizhi[4]>0.77)
    X=-70.0428+174.3636*xiangduizhi[5];// f1(REL1)
    else
    X=206.3223 -173.0381*xiangduizhi[4];// f2(REL2)
}

```

}

### 4 结束语

介绍了一种以飞思卡尔公司 Kinetis 60 单片机为核心控制单元的自循迹智能车系统,采用三个“一”字排列的电磁线圈,快速、准确的提取和处理赛道信息,是智能车灵敏的沿既定的赛道快速行进的必要保证。对基于电磁技术的智能车路径识别技术进行了研究,给出了基于运算放大电路的路径识别方法。测试表明,该方法具有良好的实时性和准确性。

### 参考文献

- [1]胡长晖,叶梦君,汪漫,等.基于电磁技术的智能车路径识别的研究[J].湖北师范学院学报(自然科学版),2011,31(2):54-58
- [2]陈军,杨数强,王军强.一种新型智能车电机驱动电路的设计与实现[J].电子质量,2011(9):32-34
- [3]杨雪,高成恩,高攀,等.基于电磁场检测的寻迹智能车系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2011(12):61-64
- [4]王元哲,谈英姿.磁导航智能车路径信息采集系统的设计与实现[J].微型机与应用,2011

[收稿日期:2014.1.9]