

基于加速度传感器的智能小车路况 自动测量系统

程斌杰, 魏逢原, 金孟加*

(浙江大学 电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 针对路面平整度的自动测量问题, 结合工程实际中路面勘测的需要, 设计了一套智能小车系统, 实现路面坡度的自动测量和预警。ADXL345加速度传感器用于测量三轴加速度, 实现了路面坡度的自动获取; 蓝牙模块用于在计算机和小车之间进行数据的传送, 实现了智能小车运动的远程控制以及计算机对坡度信号的接收; 脉宽调制(PWM)方式用于对电机进行速度闭环控制, 实现了智能小车测量路况时的低速运行; Matlab软件用于对坡度值的读取、处理以及绘图, 实现了路面坡度坐标图和路面示意图的绘制, 直观地反映了路况。通过判断所测坡度值与临界值的大小, 实现了大坡度危险路况下的自动预警。研究表明, 该智能小车路况测量系统能满足实际路况的自动检测、低速运行、示意路面总体状况和预警等功能的要求。

关键词: 加速度传感器; 智能小车; 路况自动测量系统; ADXL345

中图分类号: U418.6; TP273; TH89

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)10-1163-04

Automatic road condition measuring system for intelligent small car based on accelerometer sensor

CHENG Bin-jie, WEI Feng-yuan, JIN Meng-jia

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Aiming at the problem of measuring road condition automatically, an intelligent small car was designed to measure road's gradient. The accelerometer sensor ADXL345 was used to collect data of road's gradient automatically. The Bluetooth module was adopted to realize the communication between a small car and a personal computer. Thus controlling the car wirelessly and returning the data of road's gradient back to PC. Pulse width modulation(PWM) control was used to realize close-loop speed control and ensure the low speed of a small car. Matlab was used to make graphs of road's condition, which shown the variation of roads' altitude. Warning alarm would be set off if road's gradient was beyond a safe level. The results indicate that the measuring system can satisfy the requirements of data collecting, low-speed running, graphs making, safety warning and other functions referred to above.

Key words: accelerometer sensor; intelligent small car; automatic road condition measuring system; ADXL345

0 引 言

路况即路面平整度, 是路面评价的重要指标之一, 它对于轮胎磨损和车辆运营费用有直接影响^[1], 同时不平整路面会使汽车产生非线性振动, 进而将振动传递到人体^[2], 影响乘坐舒适性, 因此路况的检测成为道路施工和维护过程中必不可少的环节。目

前路面平整度的检测手段主要有: 激光路面平整度仪、车载式颠簸累积仪、光学智能检测等。这些方法测量精度高, 但也存在难以实现自动测量和远程控制的问题^[3-5]。

本研究设计一种基于加速度传感器的智能小车路况测量系统, 该系统能够在远程状况下控制小车和接收路面信息, 从而提高路面检测系统的自动化水平。

收稿日期: 2012-05-29

作者简介: 程斌杰(1990-), 男, 浙江海宁人, 主要从事电气工程及其自动化方面的研究。E-mail: cbjzu@zju.edu.cn

通信联系人: 金孟加, 男, 副教授, 硕士生导师。E-mail: m_j_jin@zju.edu.cn

1 智能小车路况测量系统硬件设计

智能小车路况测量系统硬件组成如图1所示。智能小车测路况工作的具体过程是:由单片机发出PWM信号控制小车缓慢前进;单片机通过I²C串行总线接收加速度传感器发送的信号,处理生成小车前进方向的坡度值;单片机控制液晶屏将坡度值显示在屏幕上,同时由蓝牙模块将坡度值以ASSIC码形式发送至计算机;若坡度值大于30°,智能小车自动停于该处并通过蜂鸣器发出警报;可由计算机通过蓝牙模块控制小车前进、后退和停止。

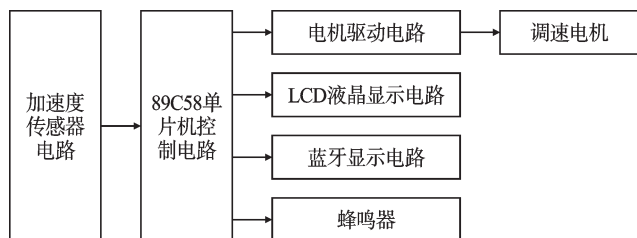


图1 硬件设计总体结构

1.1 单片机控制电路

单片机控制电路是完成智能小车路况测量系统的核心,主要完成坡度信号的接收和处理、电机驱动、LCD液晶屏显示、蓝牙信号收发以及坡度值判断报警等功能。单片机控制电路采用89C58单片机,晶振采用11.059 2 MHz。本研究用到的单片机I/O口如下:P1.0和P1.1口与加速度传感器相连,通过I²C程序单片机和传感器进行通讯;P0口与LCD1602液晶屏相连,用于显示数据的传输,P2.0~P2.2口与液晶屏的控制引脚相连,用于控制液晶屏的显示;单片机接收口P3.0和单片机发送口P3.1分别与蓝牙模块的发送口、接收口相连;P1.4~P1.7口和P2.5~P2.7口以及P3.4口通过L298模块对电机进行驱动,P2.3~4以及P1.2~3分别输出4路PWM信号控制电机的转速。

1.2 加速度传感器电路

智能小车采用ADXL345加速度计,ADXL345为超低功耗的三轴加速度传感器,能够测量X轴、Y轴和Z轴3个方向上的加速度,分辨率有13位,测量范围为±16 g^[6-7]。单片机可通过I²C总线读取16位的数字输出数据,其中高4位为符号位,后12位是数据位。

加速度传感器模块电路中,SCL口和SDA口分别与单片机P1.0口和P1.1口相连,通过I²C程序进行通讯。

将加速度计ADXL345芯片输出的16位数据输出数据乘以系数K就分别得到3个轴方向上的加速度 $A_{X,OUT}$, $A_{Y,OUT}$, $A_{Z,OUT}$,重力加速度在X轴、Y轴和Z轴上投影与原坐标系夹角如图2(a)所示。

通过数学推导,可得重力加速度在X轴、Y轴和Z

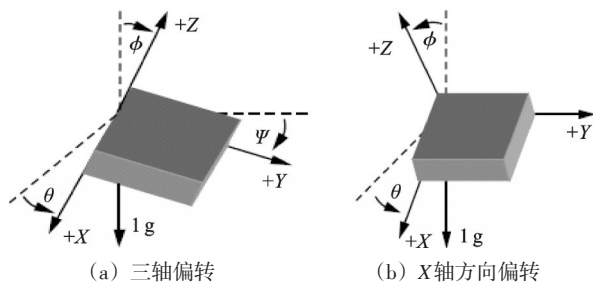


图2 三轴偏转及X轴方向偏转示意图

轴上投影与原坐标系夹角的数学表达式如下:

$$\begin{aligned}\theta &= \tan^{-1} \frac{A_{X,OUT}}{\sqrt{A_{Y,OUT}^2 + A_{Z,OUT}^2}} \\ \psi &= \tan^{-1} \frac{A_{Y,OUT}}{\sqrt{A_{X,OUT}^2 + A_{Z,OUT}^2}} \\ \phi &= \tan^{-1} \frac{A_{Z,OUT}}{\sqrt{A_{X,OUT}^2 + A_{Y,OUT}^2}}\end{aligned}\quad (1)$$

本研究通过单片机对 $A_{X,OUT}$, $A_{Y,OUT}$, $A_{Z,OUT}$ 进行运算,即可得到重力加速度在X轴、Y轴和Z轴上投影与原坐标系的夹角。假设坡度值变化是一维的,那只用到了一个方向的角度 θ ,如图2(b)所示,传感器只在X方向偏移了角度 θ ,Z轴也相应偏移了角度 ϕ ,由几何关系易知 θ 。单片机通过计算得到的 θ 值即为当前智能小车的坡度值。

1.3 蓝牙模块电路

智能小车路况测量系统带有蓝牙模块电路,以实现计算机与智能小车间的通讯^[8-9]。蓝牙模块电路主要有两个作用:①信息采集,将坡度信号发送给计算机;②小车控制,通过计算机发送指令控制小车前进、后退和停止。

蓝牙模块分主机和从机,其中主机与计算机相连,从机与单片机相连。

蓝牙模块主机部分与计算机之间须经过“USB to TTL”转换板进行电平转换,如图3(a)所示。

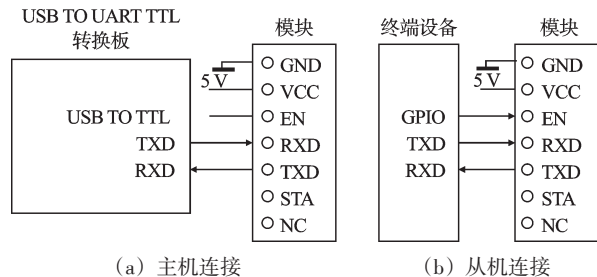


图3 蓝牙主机与从机连接电路

蓝牙模块从机部分主要有4个引脚,即:VCC、GND、TX和RX。其中TX、RX分别和单片机P3.1口和P3.0口相连,用于两者之间的数据传输。蓝牙从机连接电路如图3(b)所示。

1.4 电机驱动电路

智能小车测路况控制系统通过两个 L298 驱动模块对小车上的 4 个电机进行驱动,通过调节输出信号的占空比,从而控制电机的转速和小车运行速度。

本研究通过改变 IN1~IN4 的输入值可以控制电机的正反转,进一步可通过蓝牙模块控制智能小车的前进与倒退;通过改变 enableA 和 enableB 的输入值可以控制电机的使能与占空比,从而控制电机的转速。

1.5 LCD 液晶显示电路

LCD1602 液晶屏主要完成角度的显示功能,可同时显示 X、Y、Z 3 个轴上的的角度值,其中智能小车的坡度值为液晶屏上对应的 X 值。液晶屏共有 16 个引脚,其中 2 个引脚接 +5 V,3 个引脚接地,8 个引脚接单片机的 P0.0~P0.7 口,用于数据的发送,剩下的 3 个引脚和 P2.0~P2.1 口相连,用于对液晶屏的控制。

2 智能小车路况测量系统软件设计

智能小车路况测量控制系统的 CPU 采用 89C58 单片机编程,开发过程中笔者采用 C 语言通过编译软件 Keil μ Vision3 进行编程。在数据处理方面笔者采用 Matlab 编程,即完成对“.txt”文档的读取和作图,形象直观地将坡度信息反映在图像上。

2.1 单片机编程与控制策略

单片机编程主要完成以下任务:蓝牙模块的初始化和数据接送、加速度传感器的初始化和数据接收、液晶屏数据显示、电机驱动、坡度值预警判断等。

蓝牙模块的编程任务主要有:蓝牙模块初始化;从机将坡度信号发送给主机,为便于对计算机接收到数据的处理,本研究将坡度值转换为 ASCII 码后发送给主机,计算机串口接收到的数据为带正负号的十进制数;从机接收主机发送信号进而控制电机转动,如计算机通过串口调试助手发送‘0’给从机,小车停止运动,发送‘1’,小车前进,发送‘0’,小车后退。

加速度传感器的编程任务主要有:传感器的初始化、I²C 程序对 3 个轴方向上加速度值的读取、加速度值与坡度值的转换、预警判断等。LCD1602 液晶屏的编程任务主要有:液晶屏的初始化和坡度值的显示等。电机驱动编程任务主要有:电机的正反转控制、PWM 信号的输入控制等。

具体的控制策略是:智能小车通过电机驱动以极低的速度运行,单片机读取角度值并判断该角度是否大于 30°,如果是则小车停止运动,蜂鸣器发出声音即预警,解除预警后系统可通过蓝牙发送控制信号,继续驱动小车前进,若小于 30°则小车继续运行。同时,单片机控制液晶屏显示坡度值,以及通过蓝牙从机发送坡度信号给

主机。蓝牙从机随时接收主机的控制指令,实现智能小车的前进后退和停止。控制流程图如图 4 所示。

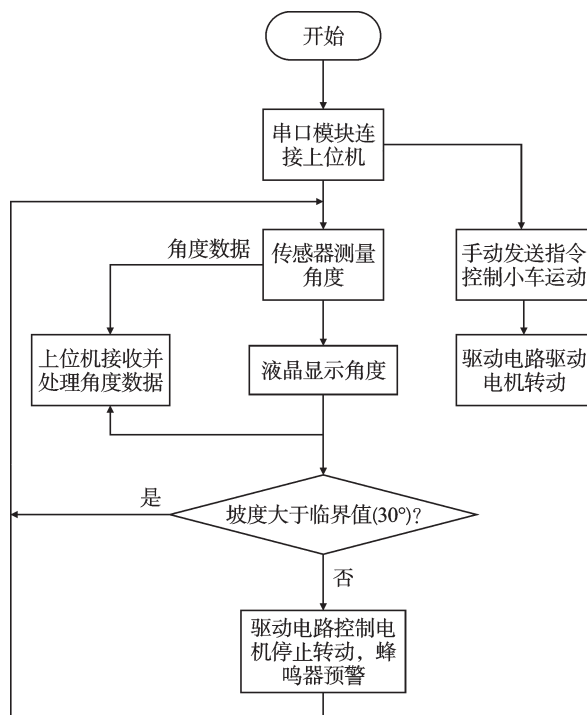


图4 控制流程图

2.2 Matlab 编程

智能小车每隔固定时间通过蓝牙发送坡度信号,计算机串口调试助手接收到后可将这些数据保存为“.txt”文件。研究者通过 Matlab 编程,可完成对这些数据的读取和曲线的绘制。在处理过程中,可以绘制坡度坐标图和路面示意图。

3 智能小车路况测量系统的实现

本研究通过设计与制作而完成的测路况智能小车实物如图 5 所示。车身上装有蓝牙模块、电机驱动模块、传感器模块、电池和主电路板,共同完成预想的功能。

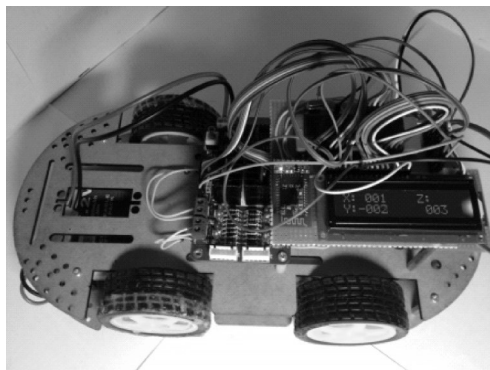


图5 智能小车实物

3.1 液晶屏坡度值的显示

智能小车上携带的 LCD1602 液晶屏如图 6 所示。液晶屏上显示 3 个方向上的角度值,其中 X 方向上的



图6 液晶屏显示

数值为实验中所需的坡度值,其他两个方向上的数值在实验中没有用到。

3.2 蓝牙接收坡度信息

智能小车路况测量系统可以通过蓝牙模块由主机接收从机发过来的坡度信息,并通过串口调试助手显示具体数值。

计算机通过蓝牙模块接收到X方向上坡度值,其中的数据以ASCII码方式显示。角度值有大有小,同时也有正负之别。

3.3 蓝牙控制智能小车运动

智能小车路况测量系统实现了蓝牙对小车的运动控制,通过计算机发送不同的指令,分别实现了智能小车前进、后退以及停止的运动功能,从而使得计算机能够远距离控制小车,方便了实际应用。蓝牙控制的判别程序如下:

```
Void UART_SER(void) interrupt 4
{
    ...
    switch(接收信号)
    {
        case 0:智能小车停止;break;
        case 1:智能小车前进;break;
        case 2:智能小车后退;break;
        case 3:智能小车加速;break;
        case 4:智能小车减速;break;
        default: break;
    }
    ...
}
```

3.4 Matlab 数据处理

本研究将串口调试助手接收到的数据保存为“.txt”文档,通过Matlab进行处理。主要处理方式有以下两种:

(1) 绘制坡度坐标图。在坡度坐标图中,X轴代表路程,Y轴代表所测得的坡度,绘制结果如图7所示。该图可以反映在各个位置处对应的坡度值^[10]。

(2) 绘制路面示意图。在路面示意图中,X轴代表路程,Y轴代表海拔。该图是路面状况的示意图,即代表路面的高低起伏。本研究绘制的路面示意图如8所示。

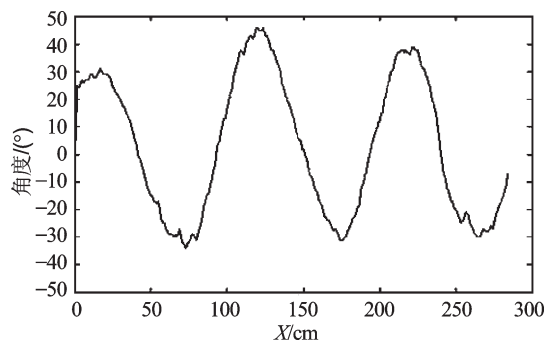


图7 坡度坐标图

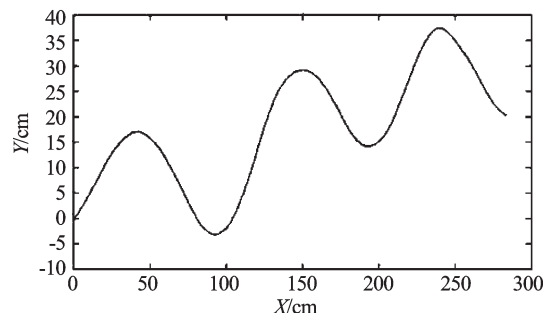


图8 路面示意图

具体算法如下:计算机接收到的是角度值,除去正切值即得到对应斜率 K ,于是可将接收到的数据转换成 $K_1, K_2, K_3 \dots$,设小车每隔 Δs 对坡度值采样,起始海拔高度为0,则采样第 n 点海拔高度 $y = \sum_{i=1}^n K_i \cdot \Delta x = \Delta x \cdot (\sum_{i=1}^n K_i)$,实验中 $\Delta x = 1$,即小车运动中每厘米采集

一次角度值,则 $y = \sum_{i=1}^n K_i$ 。因此,本研究可以以斜率的叠加值 Y 为纵轴,路程为横轴,作出路面示意图。

本研究绘制的路面示意图是在小车匀速运动过程中测得的,该算法的前提是小车的运动必须是匀速的。如果小车非匀速,可以通过给小车安装测速装置,通过测出小车的运动速度,从而对曲线进行修正。

4 结束语

本研究设计了一种基于加速度传感器的智能小车路况测量系统,通过三轴加速度传感器获取坡度信息并进行预警,采用液晶屏显示坡度值,采用蓝牙模块控制小车运动及发送数据至计算机,利用Matlab绘制角度坐标图和路面示意图。试验结果表明,智能小车能够测量坡度值并在危险处预警,同时蓝牙模块能够有效控制小车运行,利用Matlab作出的坡度坐标图和路面示意图也基本符合实际情况。

基于加速度传感器的智能小车路况测量系统为路面平整度的自动探测提供了一条较好的解决途径。

(下转第1194页)

得到的张力控制仿真曲线如图10所示,启动过程及波动过程放大图如图11、图12所示,从图中可以看出瞬间响应特性好,启动过程中无超调,运行过程中当 r_2 有变化时,系统实时完成自我调整,趋于设定值,实现了拉丝过程中的恒张力。

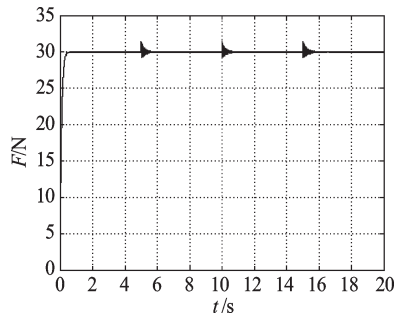


图10 张力控制过程

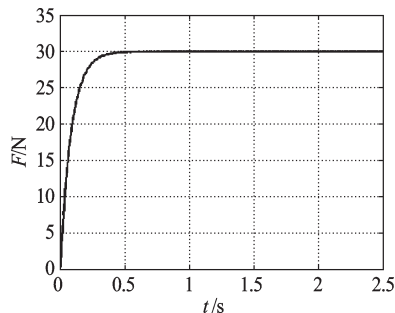
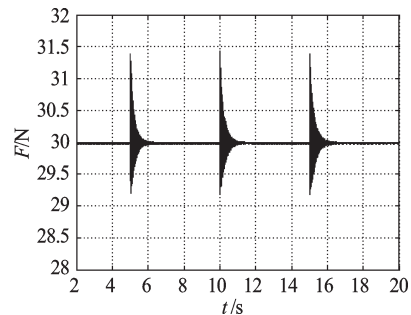


图11 启动过程张力曲线

5 结束语

本研究对拉丝机收放卷张力控制系统展开研究,设计了以PLC为核心的张力控制系统,建立了用PID算法的闭环张力控制模型。从仿真实验的结果来看,该控制系统具有较好的控制效果,其响应快、超调小,具有较高的精度和稳定性,能满足拉丝机对恒张力的要求。

图12 r_2 增大时张力波动曲线

参考文献(References):

- [1] 杨建国. 直进式拉丝机变频调速系统设计[J]. 金属制品, 1999, 2(5): 11-15.
- [2] 曾 渭. 直进及直线调节器式拉丝机组电气控制述评[J]. 金属制品, 1997(2): 44-46.
- [3] 李兴根. 凹印机收放卷张力控制系统研究[D]. 杭州: 浙江大学电气工程学院, 2003.
- [4] 夏桂书, 王 林. 基于PLC的拉丝机张力控制系统研究[J]. 中国测试技术, 2003, 7(4): 41-46.
- [5] 杨娅君, 陈德传. 收卷中的张力及其控制[J]. 仪器仪表学报, 2004, 25(5): 691-693.
- [6] 黄 洁. 多线切割机线张力控制系统的研究与开发[D]. 杭州: 浙江工业大学机械工程学院, 2010.
- [7] 何建文, 霍俊超, 郭钟宁, 等. 微细扁线材生产设备的收放线张力控制[J]. 机电工程技术, 2010, 39(11): 101-103.
- [8] 陈先锋, 舒志兵, 赵英凯. 基于PMSM伺服系统的数学模型及其性能分析[J]. 机械与电子, 2005(1): 41-43.
- [9] 李 琳. 机床交流伺服系统的设计与仿真[D]. 宜昌: 三峡大学机械与材料学院, 2006.
- [10] 欧长劲. 模糊神经网络张力控制系统[J]. 轻工机械, 2006, 24(4): 102-105.
- [11] 柯尊高. 纤维卷尺数字印刷机恒张力控制的研究[J]. 轻工机械, 2011, 29(3): 60-64.

[编辑: 李 辉]

(上接第1166页)

参考文献(References):

- [1] 周晓青, 孙立军, 颜 利. 路面平整度评价发展及趋势[J]. 公路交通科技, 2005, 22(10): 18-22.
- [2] 金睿臣, 宋 健. 路面不平度的模拟与汽车非线性随机振动的研究[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 1999, 39(8): 76-79.
- [3] 马荣贵, 宋宏勋, 来旭光. 激光路面平整度检测系统[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2006, 26(2): 38-41.
- [4] 周 波, 朱先祥, 孙 文. 车载式颠簸累积仪在路面平整度检测中的应用[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2004, 27(9): 1095-1098.
- [5] 贺安之, 徐友仁, 贺 宁. 高速公路路面状况的光学智能检测与信息处理[J]. 光电子·激光, 2002, 13(12):

1281-1284.

- [6] 李兴法, 尹冠飞. 数字式加速度传感器ADXL345的原理及应用[J]. 黑龙江科技信息, 2010, 36(2): 14.
- [7] XIONG Xiao-yan, WANG Zhao, WU Bing, et al. Design of Wireless Sensor Networks Node applied to Acquisition and Transmission of Vibration Signals [C]//2010 International Conference on Computational Aspects of Social Networks, 2010: 693-696.
- [8] 王 德. 蓝牙技术概述[J]. 家用电器, 2001(3): 2-3.
- [9] 张晓东, 曹 雷. 基于蓝牙技术的单片机与PC机无线数据通信[J]. 信息技术, 2009(1): 115-117.
- [10] 陈 杨, 王 茹, 林 辉. 在Matlab中用数据文件制作二维、三维图形[J]. 电脑学习, 2002(3): 36-37.

[编辑: 张 翔]