

文章编号:1671-251X(2014)07-0025-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.07.008
张群英.基于 ADXL345 的提升机容器姿态感知系统设计[J].工矿自动化,2014,40(7):25-28.

基于 ADXL345 的提升机容器姿态感知系统设计

张群英

(泰山职业技术学院 机电工程系, 山东 泰安 271000)

摘要:为实时监测提升机容器垂直姿态,确保提升机容器发生倾斜时能够及时预警,设计了基于 ADXL345 的提升机容器姿态感知系统。该系统通过实时监测提升机容器与垂直方向的倾角值判断提升机容器当前的姿态,并将倾角值与报警阈值进行对比,如超出报警阈值则报警,且可通过 RS485 将报警信息上传至提升机监控中心,实现预警操作。

关键词:矿井提升机;提升容器;倾角;加速度传感器;ADXL345

中图分类号:TD534 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Design of attitude sensing system of hoister container based on ADXL345

ZHANG Qunying

(Department of Electromechanical Engineering, Taishan Vocational and Technical College,
Taian 271000, China)

Abstract:For real-time monitoring vertical posture of hoister containers, an attitude sensing system of hoister container based on ADXL345 was designed in order to ensure timely alarm when the hoister container is inclined. The system determines current attitude of hoister container by monitoring its inclination angle in perpendicular direction. The inclination angle is compared with alarm threshold, if it goes beyond alarm threshold, makes alarming. The alarming information can be uploaded to the hoister monitoring center via RS485, so as to achieve early warning operation.

Key words:mine hoister; hoister container; inclination angle; acceleration sensor; ADXL345

0 引言

矿井提升系统主要用于提升煤炭、矿石,升降设备和人员,是煤矿生产中的主要运输设备^[1-2],其平稳可靠运行具有十分重要的意义。提升系统中主要的机械设备有提升机容器、提升钢丝绳、提升机、井筒装置、井塔等,其中提升机容器是直接与被提升人员和设备等相接触,一旦发生倾斜等故障且不能被及时发现并排除故障,将会导致提升机容器与井筒碰撞,进而引起重大事故灾难^[2]。实时监测提升机容器垂直姿态,确保提升机容器发生倾斜时能够及时预警显得尤为重要。

本文基于三轴加速度传感器 ADXL345 设计的提升机容器姿态感知系统,能够实时拾取传感器加速度值,在进行角度计算等处理后^[3],获取提升机容器在垂直方向的实时姿态,并与报警阈值进行对比,如果超出报警阈值则进行声光报警,并通过 RS485 总线将数据上传至提升机运行监控中心,实现预警操作。

1 三轴加速度传感器 ADXL345

ADXL345 是一种微型的超低功耗三轴加速度传感器,具有 $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 、 $\pm 16g$ 可变的量程,最高分辨率可达 13 位^[4],其加速度灵敏度轴如图 1

收稿日期:2013-11-06;修回日期:2014-05-12;责任编辑:张强。

基金项目:国家科技部中小企业科技创新基金项目(11c26213705042)。

作者简介:张群英(1975—),女,山东泰安人,助理工程师,工程硕士,研究方向为自动控制、机电一体化,E-mail:1359099979@qq.com。

所示。输出数据为 16 位二进制补码格式的数字量, 可通过 SPI 接口或者 I²C 接口进行访问。微型体积、超低功耗等特点使 ADXL345 非常适合移动设备应用, 既可以在倾斜检测应用中测量静态重力加速度, 又可以测量运动或冲击导致的动态加速度。ADXL345 还具备多种特殊检测功能: ① 活动和非活动检测功能, 通过比较任意轴上的加速度与用户设置的阈值来检测有无运动发生; ② 敲击检测功能, 可以检测任意方向的单振和双振动作; ③ 自由落体检测功能, 可以检测器件是否正在掉落^[5]。

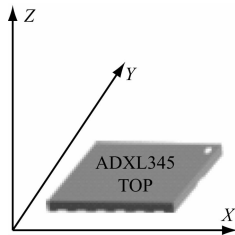


图 1 ADXL345 加速度灵敏度轴

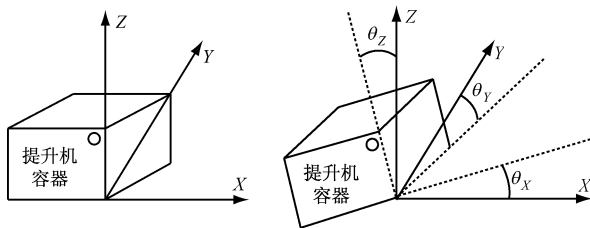
2 系统方案设计

基于 ADXL345 的提升机容器姿态感知系统采用 MSP430F149 单片机作为主控制器, MSP430F149 是一种 16 位超低功耗混合信号处理器^[3-4], 工作电压在 1.8~3.6 V 之间, 在电池供电的低功耗应用中具有独特的优势。它具有 60 KB 的 FLASH 存储器、2 KB 的 RAM 存储器、6 个 8 位 I/O 端口(P0-P5)、16 位定时器 Timer_A、串行通信接口 USART0(UART、SPI 和 I²C)等丰富的片上资源, 满足系统设计需求。

提升机监控中心与提升机容器姿态感知系统通过 RS485 总线^[5-6]进行通信。RS485 总线采用差分信号进行数据传输, 具有较高的灵敏度和共模抑制比, 抗干扰能力强, 其传输距离可达数千米, 符合该系统设计中对通信距离的要求, 可采用双绞线作为信号线, 降低系统设计成本和施工复杂度。

通过实时测量 ADXL345 三轴加速度传感器 X、Y、Z 轴的加速度, 利用各轴加速度值与重力加速度之间的关系计算其中一轴与重力加速度的夹角, 即可得到提升机容器在垂直方向的倾角^[7], 本设计中利用加速度传感器的 Z 轴实现此功能。提升机容器不同姿态时三轴加速度值与倾角关系如图 2 所示。图 2(a)为提升机容器正常水平放置时, 三轴加速度传感器在 X、Y 轴的加速度 $A_x = A_y = 0$, Z 轴的加速度为 $A_z = -g$, 其中 g 为重力加速度; 图 2(b)为提升机容器倾斜一定角度时, 与 X、Y、Z 三轴的

夹角分别为 θ_x 、 θ_y 、 θ_z , 其中 θ_z 即为提升机容器发生倾斜时在垂直方向的倾角。



(a) 提升机容器正常水平放置 (b) 提升机容器倾斜一定角度

图 2 提升机容器不同姿态时三轴加速度与倾角关系

由图 2 可推导出 θ_z 与三轴加速度值的关系式:

$$\theta_z = \arctan\left(\frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z}\right) \quad (1)$$

基于三轴加速度传感器的提升机容器姿态感知系统由主控制器、键盘模块、ADXL345 加速度传感器模块、RS485 接口电路、声光报警电路和 LCD 显示模块(LCD1602)等几部分构成, 系统原理如图 3 所示。主控制器实时读取 ADXL345 的三轴加速度值, 数据经处理后转换为角度值与设定的阈值进行比对, 如果超出阈值则通过声光报警电路进行实时报警。系统可通过 RS485 网络与提升机监控中心进行通信, 一方面可将实时采集到的姿态信息上传至提升机监控中心, 另一方面可接收来自提升机监控中心的控制信息和阈值设定值等数据。系统支持通过键盘方式输入阈值等信息, 并可通过 LCD1602 实时显示当前提升机容器的姿态信息。

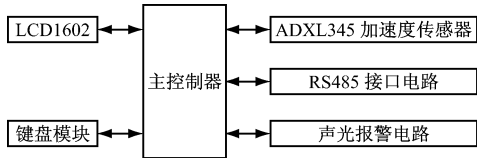


图 3 基于 ADXL 的提升机容器姿态感知系统原理

3 系统硬件设计

基于 ADXL 的提升机容器姿态感知系统硬件设计包括 ADXL345 模块电路、RS485 接口电路、声光报警电路、键盘模块及 LCD 显示模块的设计。由于系统显示字符量少, 液晶显示模块选用常见的 LCD1602; 声光报警电路采用高亮红色 LED 和蜂鸣器实现, 由三极管 8050 驱动; 键盘模块采用 4 个独立按键实现, 功能分别定义为加数、减数、光标、确定/取消, 同时为实现硬件按键去抖, 电路实现中, 按键各自与 20 pF 的电容器并联后串联上 10 kΩ 的电阻再接地。

RS485 接口电路采用 MAX485 芯片实现,

MAX485 支持 RS485 协议标准,传输速率高达 2.5 Mbit/s,具有良好的抗干扰性,能满足系统设计需求。RS485 接口电路如图 4 所示,其中 MSP430F149 通过 R0、CTR 及 DI 与 MAX485 进行数据交互,电阻 R_7 作为总线起始和终端的匹配电阻,用于实现通信线路的阻抗匹配,使其能够较好地消除总线上的反射信号,降低噪声干扰。

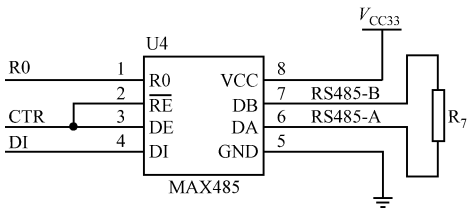


图 4 RS485 接口电路

主控制器 MSP430F149 通过 I²C 接口与 ADXL345 进行通信,ADXL345 加速度传感器模块电路如图 5 所示。其中电容 C_4 用于消除电源电压波动产生的噪声,电容 C_5 提供 VS 管脚处的旁路电源。片选信号 CS 拉高至 V_{CC} 使 ADXL345 处于 I²C 通信模式,SDO/ALT 加速度传感器引脚需接地,SDA 和 SCL 通过上拉电阻拉高至 V_{CC} ,上拉电阻值为 10 k Ω 。

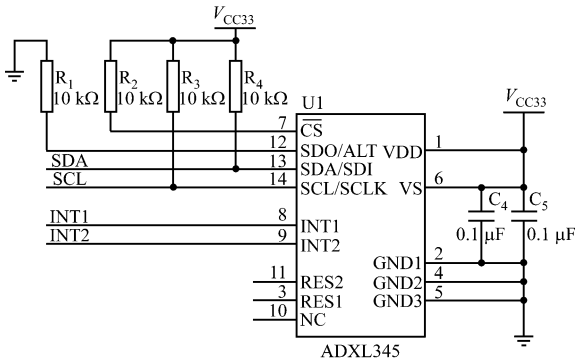


图 5 ADXL345 加速度传感器模块电路

4 系统软件设计

基于 ADXL345 的提升机容器姿态感知系统软件的开发基于 IAR WorkBench,主要包括主控制器初始化配置、按键输入任务、RS485 通信任务、加速度值采集及倾角计算等。其中主控制器初始化配置包括 MSP430F149 的时钟、端口引脚初始化配置;按键输入任务用于用户设定倾斜报警阈值;RS485 通信任务主要完成提升机容器倾角值的上传。系统主程序流程如图 6 所示。

首先系统经初始化配置 MSP430F149 的时钟、端口状态等,通过读取端口电平状态判断是否有按

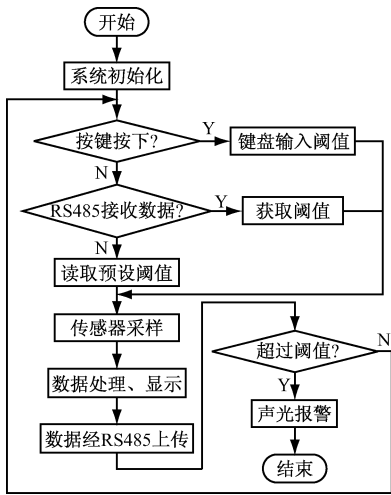


图 6 系统主程序流程

键按下,如有按键按下,执行键盘输入阈值任务,获取用户输入的报警阈值信息;如没有按键按下,判断是否接收到提升机监控中心下发的阈值配置数据包,如有则获取数据包中相应的报警阈值信息;如未接收到提升机监控中心下发的配置信息,则将报警阈值设定为默认值。

配置完报警阈值之后,为获得较好的实时性并减小需处理的数据量,设计中 MSP430F149 单片机以 20 Hz 频率通过 I²C 接口实时读取 ADXL345 加速度值,根据式(1)计算得到当前提升机容器垂直方向倾角,判断是否发生倾斜,并通过与报警阈值的比较决定是否发送相应报警信号。当倾斜角度超过报警阈值时,通过外部驱动电路驱动声光报警器进行实时报警,并将报警信息通过 RS485 总线上传至提升机监控中心,完成后续预警操作。同时系统可通过 LCD 实时显示提升机容器当前倾角值。

其中 ADXL345 加速度值读取函数实现代码如下。

```
void Multiple_Read_ADXL345(void)
{
    uchar i;
    ADXL345_Start(); //起始信号
    ADXL345_SendByte(SlaveAddress); //地址+写信号
    ADXL345_SendByte(0x32); //存储单元地址
    ADXL345_Start(); //起始信号
    ADXL345_SendByte(SlaveAddress+1); //地址+读信号
    for (i=0; i<6; i++)
    {
        BUF[i] = ADXL345_RecvByte();
        if (i == 5)
```

```
{
ADXL345_SendACK(1); //NO_ACK
}
else
{
ADXL345_SendACK(0); //ACK
}
}
ADXL345_Stop(); //停止信号
delay_ms(5);
}
```

5 结语

基于 ADXL345 的提升机容器姿态感知系统利用 ADXL345 三轴加速度值与重力加速度间的关系,完成了对提升机容器垂直方向上倾角及加速度的实时感知和测量,实现了对提升机容器发生倾斜而引发事故的预警功能。系统通过 RS485 总线与提升机监控中心进行数据通信,抗干扰能力强,传输距离远,便于姿态监控数据的上传、处理和报警阈值的设定。实际测试结果表明,系统运行稳定,并能在

提升机容器发生倾斜时及时做出预警操作,达到了预期设计目标。

参考文献:

[1] 王峰,路小琪,何凤友,等. 基于物联网的矿井提升机感知系统设计[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(3): 83-86.

[2] 刘景艳,张素妍,张玉均. 基于虚拟仪器的矿井提升机监控系统[J]. 煤矿安全, 2011, 42(2): 84-86.

[3] 杨帆. 基于 MSP430F149 的矿用多参数传感器的设计[J]. 工矿自动化, 2010, 36(7): 15-18.

[4] 李建刚,毛君,李惟慷. 基于 MSP430F449 单片机的掘进机器人悬臂转角检测[J]. 制造业自动化, 2011, 33(7): 14-20.

[5] 战江波,宋建成,耿蒲龙. 基于 CAN 总线的矿用通信分站的研究[J]. 工矿自动化, 2011, 37(10): 51-55.

[6] 徐辉,李敬兆,汤文兵,等. 基于 RS485 总线的煤矿井下排水监控系统[J]. 矿山机械, 2012, 40(8): 105-108.

[7] 沙承贤,李杰,翟成瑞,等. 基于 MEMS 加速度传感器的数字倾角仪设计[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(6): 134-136.