

基于加速度传感器的主板形变量监测设计

刘野,冯笑,张小可

(中国电子科技集团公司第十五研究所,北京100083)

摘要:在主板焊接后或装配完成后,由于设计、装配或结构件生产精度方面的影响,都可能对设备内部板卡上产生形变应力或在振动过程中放大振动量级,从而使加固计算机在使用过程中出现故障或减少设备使用寿命。该文介绍了一款基于三轴加速度传感器的特种加固计算机主板形变量监测设计方案,阐述了对主板形变量监测的实际作用,并对总体方案设计以及三轴加速度传感器在主板上的硬件、软件的具体实现等方面作了说明。通过对板卡各处传感器反馈的数据,可以很好地监测主板、电源板、各类信号板等板卡的实时形变量及在整机振动过程中的实时加速度(振动)数值,从而帮助电气及结构设计人员对电装、装配生产、调试、试验过程中可能对板卡造成的应力做出分析及优化改进设计。

关键词:主板;加速度传感器;单片机;IIC;监测

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2022)0158-04

Design of Motherboard Deformation Monitoring Based on Accelerometer

LIU Ye, FENG Xiao, ZHANG Xiao-ke

(The 15th Research Institute of China Electronic Technology Corporation, Beijing 100083, China)

Abstract: After the motherboard is welded or assembled, due to the influence of machining and assembly precision, deformation stress may be generated on the motherboard of the equipment or the magnitude of amplification displacement in the vibration process, which may lead to the failure of the reinforced computer or shorten the service life. This paper introduces a design of monitoring motherboard deformation and explains the overall scheme and design of hardware and software. Through the feedback data of the sensor on the board, the deformation of the board and the acceleration value of the equipment during the vibration process can be monitored. The monitoring results can help the designer to analyze the cause of the possible stress on the board in welding and assembly and optimize the design scheme.

Key words: motherboard; accelerometer; singlechip; IIC; monitor

0 引言

高密度、一体化和高可靠性是加固计算机的发展趋势及重要特性。另外,加固计算机的使用环境和使用寿命、维护期限等都决定了其必须具有长期稳定的可靠性及生命周期。而加固计算机内部板卡,尤其是高密度主板在焊接及安装后的板卡变形,或在整机振动过程中的板级振动量级情况,对加固计算机的性能和寿命都会产生极大的可靠性方面影响。而在主板焊接后或装配完成后,由于设计原因、装配原因或结构件生产精度方面的影响,都可能对设备内部板卡上产生形变应力或在振动过程中放大振动量级。而通过肉眼检测、检验均无法很好的发现此类问题,通过各类筛选试验可能也无法早期剔除此类隐患,通过累积效应,很可能使加固计算机在使用过程中出现故障或减少设备使用寿命。

基于三轴加速度传感器的加固计算机主板形变量监测设计,通过对板卡各处传感器反馈的数据,可以很好地监测主板、电源板、各类信号板等板卡的实时形变量及在整机振动过程中的实时加速度(振动)数值,从而帮助电气及结构设计人员对电装、装配生产、调试、试验过程中可能对板卡造成的应力做出分析及优化改进设计。

该文设计完成了一款基于三轴加速度传感器的加固计算机主板形变量监测设计,可广泛应用于各类加固设备中板卡级形变、振动量级监测工作当中。根据此项设计若需要更高精度或维度更多的测量,也可选用精度、测量范围更高的六轴(三加速度+三轴角速度(陀螺仪))传感器,在不改变硬件主控及外围电路的前提下,从新优化单片机底层程序,即可快速完成升级监测应用。

收稿日期:2021-12-12

作者简介:刘野(1984-),男,硕士,高级工程师,研究方向为加固计算机电气设计。

1 总体设计

加固计算机内的各类板卡主要安装方式为水平固定安装、垂直固定安装或水平、垂直插卡式安装。将三轴加速度传感器焊接到板卡的易发生形变的四周及中心位置的安装孔附近,读取板卡上几个传感器反馈回的实时 3 个方向的重力加速度数据,并将其转换为角度,通过对比分析,可以监测板卡是否存在形变;且在

加固计算机振动试验过程中,实时读取 3 个方向的重力加速度数据,通过对比实时试验条件,可以分析板卡在安装在设备内部后对振动是否敏感,设备的抗振动设计是否减小了板卡的振动量级还是放大了振动量级,从而实现设计优化改进。

具体总体设计方案如图 1 所示。

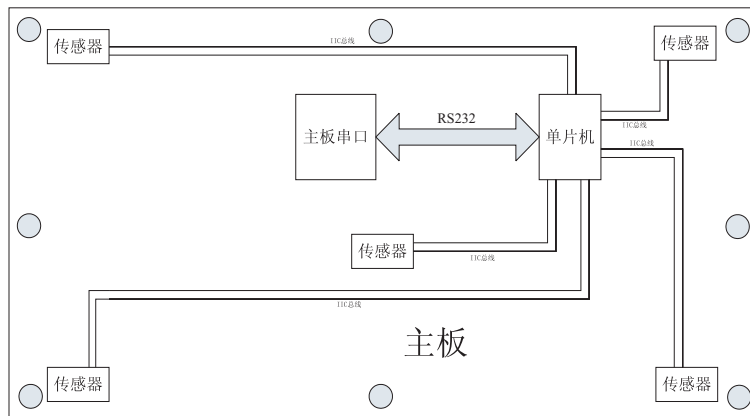


图 1 系统功能框图

2 三轴加速度传感器介绍

2.1 硬件参数

本设计中选用的核心器件为三轴加速度传感器 ADXL345, ADXL345 是 ADI 公司的一款 3 轴、数字输出的加速度传感器。ADXL345 是 ADIADIADI 公司推出的基于 iMEMS 技术的 3 轴、数字输出加速度传感器。

该加速度传感器的特点有:

分辨率高。最高 13 位分辨率。

量程可变。具有 $\pm 2\text{ g}$, $\pm 4\text{ g}$, $\pm 8\text{ g}$, $\pm 16\text{ g}$ 可变的测量范围。

灵敏度高。最大灵敏度 3.9 mg/LSB , 能测量不到 1.0° 的倾斜角度变化。

功耗低。 $40\text{ uA} \sim 145\text{ uA}$ 的超低功耗, 待机模式只有 0.1 uA 。

尺寸小。整个尺寸只有 $3\text{ mm} * 5\text{ mm} * 1\text{ mm}$, LGA 封装。

ADXL 支持标准的 I2C 或 SPI 数字接口, 自带 32 级 FIFO 存储, 并且内部有多种运动状态检测和灵活的中断方式等特性。ADXL345 传感器的检测轴如图 2 所示。

当 ADXL345 沿检测轴正向加速时, 它对正加速度进行检测。在检测重力时用户需要注意, 当检测轴的方向与重力的方向相反时检测到的是正加速度。图 3 所示为输出对重力的响应, 图 4 为 ADXL345 的引脚图。

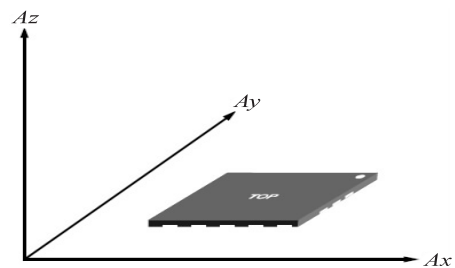


图 2 ADXL345 的三个检测轴

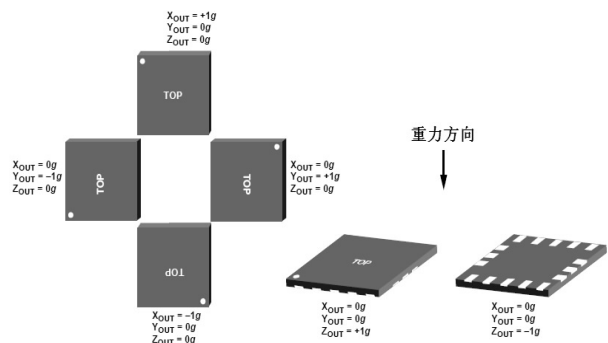


图 3 ADXL345 输出对重力的响应

ADXL345 顶视图

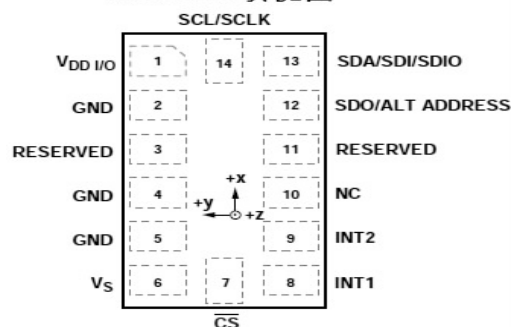


图 4 ADXL345 引脚图

2.2 通信及寄存器初始化配置

ADXL345 支持 SPI 和 IIC 两种通信方式,为了节省 IO 口,本设计采用的是 IIC 方式连接,官方推荐的 IIC 连接电路如图 5 所示。

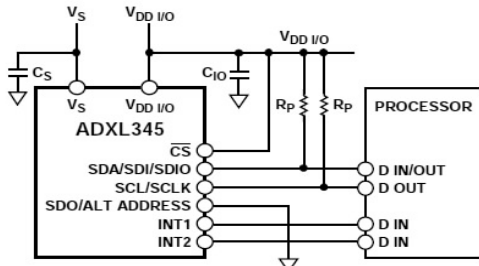


图 5 ADXL345 IIC 模式连接电路图

从图 5 可看出,ADXL345 的连接十分简单,外围需要的器件也极少(就 2 个电容),如上连接(SDO/

ALT ADDRESS 接地),则 ADXL345 的地址为 0X53 (不含最低位),如果 SDO/ALT ADDRESS 接高,那么 ADXL345 的地址将变为 0X1D(不含最低位)。

ADXL345 的初始化步骤如下:

- (1) 上电;
- (2) 等待 1.1 ms;
- (3) 初始化命令序列;
- (4) 结束。

其中上电这个动作发生在开发板第一次上电的时候,在上电之后,等待 1.1 ms 左右,就可以开始发送初始化序列了,初始化序列一结束,ADXL345 就开始正常工作了。这里的初始化序列,最简单的只需要配置 3 个寄存器,如表 1 所示,发送表 1 序列给 ADXL345 以后,ADXL345 即开始正常工作。

表 1 ADXL345 初始化命令序列

步骤	寄存器地址	寄存器名字	寄存器值	功能描述
1	0X31	DATA_FORMAT	0X0B	±16 g, 13 位模式
2	0X2D	POWER_CTL	0X08	测量模式
3	0X2E	INT_ENABLE	0X80	使能 DATA_READY 中断

3 硬件设计

本设计中采用 STM32 系类单片机为主控单元,通过单片机的自带或模拟的 IIC 总线同 ADXL345 进行通信,并将采集到传感器的结果通过单片机串口发送到主板的串口中,通过上位机界面对数据进行数据监测及分析。

3.1 ADXL345 硬件电路设计

拿一路传感器通信为例,通过单片机的 3 个普通

IO 连接 ADXL345,主函数不停的查询 ADXL345 的转换结果,得到 x、y 和 z 三个方向的加速度值(读数),然后将其转换为与自然系坐标的角度,并将结果通过单片机串口进行反馈到分析界面。板载发光二极管来指示程序正在运行,通过设置按键,可以进行 ADXL345 的自动校准,需要注意的是,板卡在未安装前,第一次加电测试时,应将板卡放平进行自动校准,如果不进行校准的话,ADXL345 的读数可能会有些偏差,通过校准,可以将这个偏差减少甚至消除。

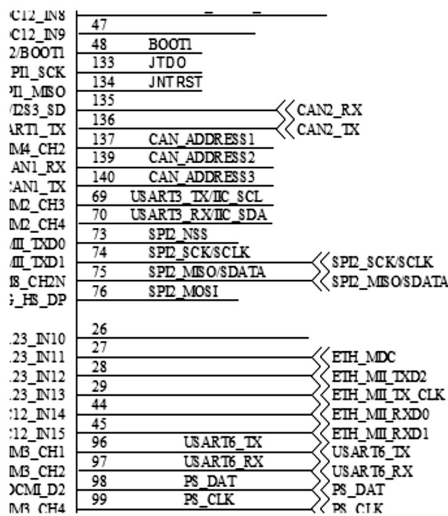
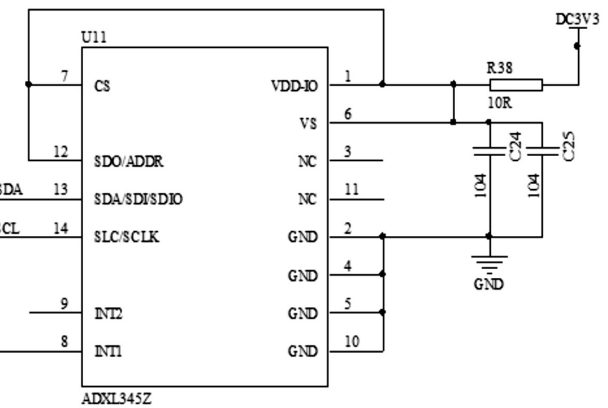


图 6 ADXL345 与 STM32 的连接电路图

从图 6 可以看出,ADXL345 通过三根线与 STM32 单片机连接,其中 IIC 总线接在 PB10 和 PB11 上面。ADXL345 的两个中断输出,这里只用了一个,连接在



STM32 的 PF11 脚,另外这里的地址线是接 3.3 V,所以 ADXL345 的地址是 0X1D,转换为 0X3A 写入,0X3B 读取。

3.2 单片机硬件电路设计

本设计中单片机选用 STM32F207ZGT6, 其外围最小系统电路较为简单, 连接外部晶振、复位电路、启动模式配置电路、预留 JTAG 接口便于程序调试、烧录即可。此款单片机硬件资源丰富, 自带多路串口、IIC

等各类总线, 由于串口同主板串口相连, 可不设置电平转换电路, 同主板串口以 TTL 电平直连即可。对于 IIC 总线, 由于需要同多个传感器进行通信, 将使用 STM32 的普通 IO 口模拟 IIC 时序, 实现多路传感器通信。单片机外围部分原理图如图 7 所示。

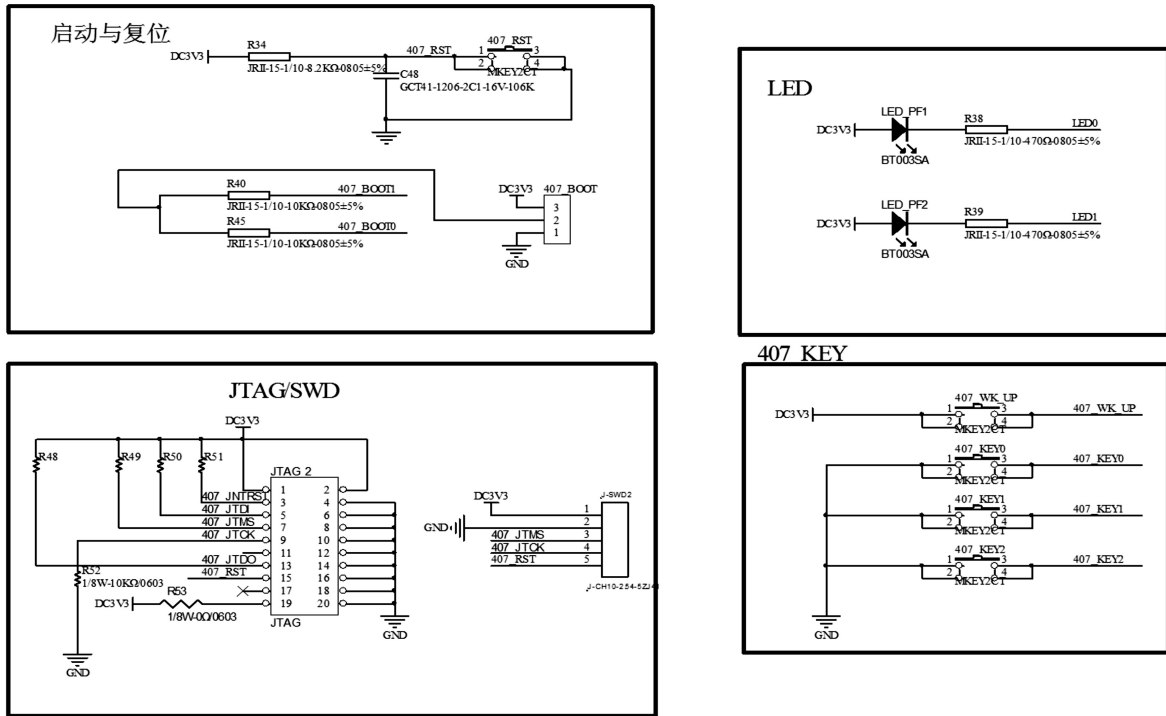


图 7 单片机外围配置原理图

4 软件设计

软件设计主要包括: ADXL345 初始化函数、ADXL345 读取数据函数、ADXL345 校准函数、IIC 初始化函数、串口初始化函数、按键初始化函数、转自然坐标系角度函数及主程序控制函数等几部分, 主程序流程图如图 8 所示。

设备上电后, 主函数中先进行各类接口、按键、指示灯的初始化程序, 随后进行轮训读取 ADXL345 采集的数据, 将读取的 ADXL345 数值实时转换为与自然坐标系的角度, 并同步发送给串口以便通过上位机显示, 提供设计人员直观的统计板卡形变量数据加以分析。

5 结束语

介绍了一种基于三轴加速度传感器的特种计算机主板形变量监测设计方案。在实际应用中, 针对各类加固计算机的主板外形, 可在不更改硬件方案的前提下, 仅需根据各类板卡的外形尺寸及受应力敏感部分进行布板的位置调整, 即可完成适应各类板卡的区别设计优化, 这也降低了硬件更改所带来的成本增加并提高产品的易用性及可靠性。

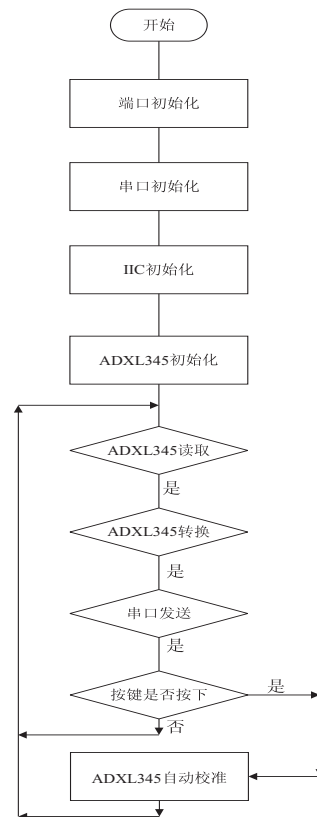


图 8 主程序流程图

(下转第 167 页)