第31卷增刊
2011年6月

大地测量与地球动力学
JOURNAL OF GEODESY AND GEODYNAMICS

Vol. 31 Supp.
June, 2011

文章编号:1671-5942(2011)Supp. -0168-03

MEMS 加速度传感器在强震观测中的应用*

刘钢锋　朱　威　邹　彤　林　强
(中国地震局地震研究所,武汉　430071)

摘　要　提出基于 MEMS 加速度传感器的强震仪设计方案,并在强震观测中完成了地震加速度数据的采集、触发判断和存储。

关键词　MEMS 加速度传感器;地震台站;触发判断;强震观测;地震仪器
中图分类号:TH76.3　　**文献标识码**:A

APPLICTION OF MEMS ACCELERATION SENSOR TO MACROSEISM OBSERVATION

Liu Gangfeng, Zhu Wei, Zou Tong and Lin Qiang
(*Institute of Seismology, CEA, Wuhan*　430071)

Abstract　The digital seismometer based on MEMS acceleration sensor is of low cost and small volume. A design of seismometer based on MEMS acceleration sensor to accomplish sample, trigger judgment and storage of the earthquake acceleration data, is proposed and realized.

Key words: MEMS acceleration sensor; seismostation; trigger judgment; macroseism observation; seismograph

1　引言

地震观测是研究地震活动的重要手段,传统的地震观测仪器具有体积大、价格高的缺点。为减小仪器体积,提高采样速率,我们利用 ST 公司的 LIS344ALH 加速度传感器、TI 公司的 ADS1255 数模转换器和 STM32F103VB 处理器,设计了一款新的强震加速度测量仪器,该仪器能够实现多通道实时同步采集和保存地震加速度数据。

2　观测系统整体设计

整个地震观测系统由信号调理、采集、转换、判断保存、报警和传输组成(图 1)。系统采用三轴线性 MEMS 加速度传感器进行观测。当有地震发生时,传感器把加速度信号转变为可输出的电压信号,经过低通滤波进入 A/D 芯片,处理器把转化的数字信号保存到 SRAM 缓存中,当速度达到阈值时,SRAM 中的值才保存到 SD 卡中,并触发报警系统。最后把数据传输到 PC 机进行数据分析处理。

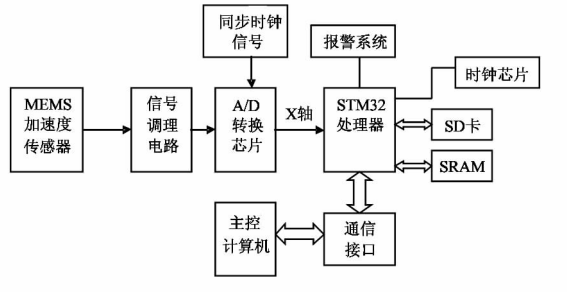


图 1　系统组成框图
Fig. 1　Block diagram of the system

* 收稿日期:2011-01-08
作者简介:刘钢锋,男,1984 年生,硕士研究生,研究方向为测试计量技术及仪器. E-mail:gf_liu@hotmail.com

3　硬件设计

硬件系统主要由以下几个模块组成:

1）MEMS 加速度传感器。MEMS 加速度传感器要求:三轴、宽频带、低频响应好、加速度和灵敏度满足地震监测要求。设计中传感器采用 ST 公司的 LIS344ALH,该 LIS344ALH 是一款超紧凑低功耗三轴线性加速度传感器,非线性度低,噪声密度小。加速度传感器采用 2.4 ~ 3.6 V 单电源供电;工作温度范围为 -40 ~ +85℃;抗冲击力为 10 000 g;检测量程为 ±2 g 或 ±6 g(一般监测地震 ±2 g 就满足需求)。加速度计的输出电阻约为 110 kΩ(图 2),在信号输出端加上电容 C,构成低通滤波器,以改变三轴输出量的频率带宽。频率范围从 DC 到1.8 kHz。在静止状态下 3.3 V 供电输出 1 650 mV 信号,称之为"零重力水平"。该"零重力水平"可保证在 2 g 量程范围内加速度计的输出都是正值。

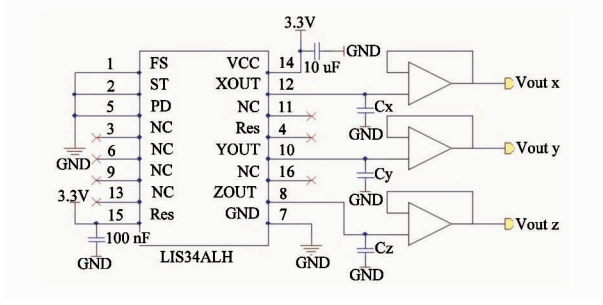


图 2　LIS344ALH 电路设计

Fig. 2　Circuit design of LIS344ALH

2）信号调理电路。由于 LIS344ALH 的输出范围为0.33 ~2.97 V,符合 ADS1255 模拟输入在0 ~5 V 的要求,故不用放大电路。一般地震波属于 0 ~ 80 Hz 的低频信号,兼顾对高频信号的考虑,在设计中我们取截止频率为 $f=150$ Hz。其二阶有源压控低通滤波器如图 3 所示。

通常电容 C 的容量宜在微法级以下,电阻 R 的值选择在几百千欧以内。选择电容 $C=0.047$ μF($f=\frac{1}{2\pi RC}$, $R=\frac{1}{2\pi fC}=22.6$ KΩ)。

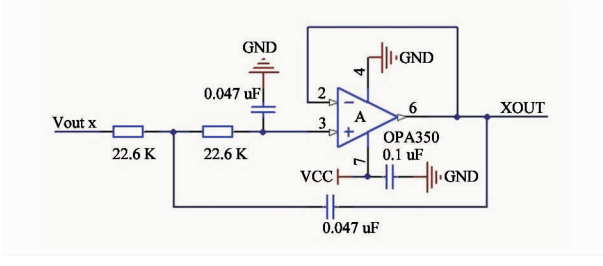


图 3　二阶有源低通滤波器

Fig. 3　Two-order active low-pass filter

3）A/D 转化器。ADS1255 是德州仪器(TI)推出的一款高性能 A/D 转换器,其内部集成了多路选择开关(MUX)、可编程增益控制器(PGA)、四阶△-∑调制器,可编程数字滤波器等,具有极低的噪声,可满足高精度的测量要求。A/D 采样方式可以分为多路复用 A/D 采样方式和每通道独立 A/D 采样方式。早期的采样电路由于 A/D 转换器成本较高,多采样多路复用 A/D 采样方式,这样的采样方式动态范围小,一般只有 80 dB,使得高达 24 位的采样精度失去意义。通道较多时必须使用多个模拟复用开关进行组合控制,这样容易引起通道间的干扰产生噪声,而且多路复用 A/D 的同步信号采集精度不高。所以本设计中采用每通道独立 A/D 采样方式。ADS1255 的电路设计图如图 4 所示。

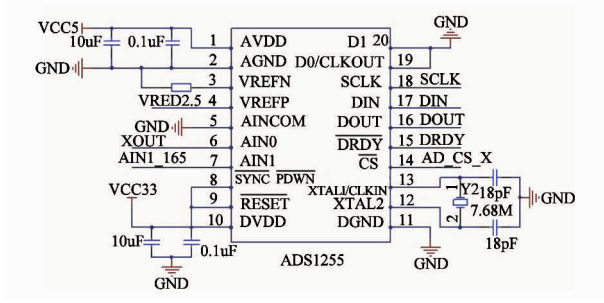


图 4　ADS1255 电路设计

Fig. 4　Circuit design of ADS1255

采用独立外部参考电压器件 REF5025 提供 2.5 V 的参考电压,该器件具有低噪声、低漂移、高精度等特点,特别适合于 16 位以上的 A/D 转换系统。图 5 为 REF5025 的参考电压设计电路。

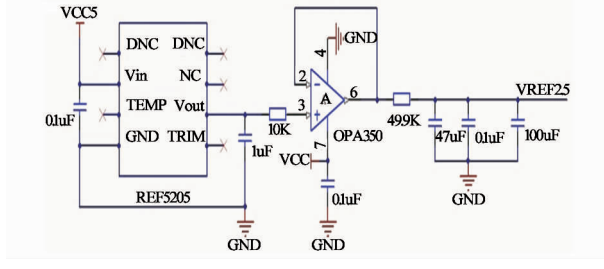


图 5　参考电压设计电路

Fig. 5　Circuit design of the VREF voltage

因为 AIN0 端输入的加速度信号带有 1.65 V 的直流分量,我们在 AIN1 端输入一个 1.65 V 的直流电压量,使得最后的采样只含有实际的加速度值。

4）处理器采用意法半导体公司的 STM32F103VB 为处理器。该款处理器是基于 ARM 最新先进架构 Cortex-M3 内核,低功耗且控制功能强大。

观测系统的数据存储分为两个部分:数据暂时

存储和触发文件存储。因为我们只需要强震触发前后各 30 s 的加速度数据,并需要暂时存储最近 30 s 的数据在 SRAM 中。由于数据量较大,通过 STM32 的 FSMC 扩展了 1 片 1M * 8bit 的 SRAM。触发文件存储则是把触发前后各 30 s 的数据永久保存到 SD 卡中。STM32 与 SD 卡的连接采用 SPI 总线方式,数据传输速度满足设计需要。

此外,为了提供数据的采集时间,设计中选用 PCF8563 作为时钟芯片,它与处理器之间通过 I2C 总线进行数据传输。

4 软件设计

软件设计主要是初始化处理器和 A/D 转换器的寄存器,设置 A/D 采样率,对采集的数据进行读取、判断和保存。如果不是地震触发事件,则一直使 SRAM 中存有各个通道最新 30s 数据;若为地震事件,则产生报警信息,把缓存的数据存入 SD 卡,并通过串口上传至 PC 机进行后续处理。系统流程图和 A/D 采样中断子程序分别如图 6 和图 7 所示。

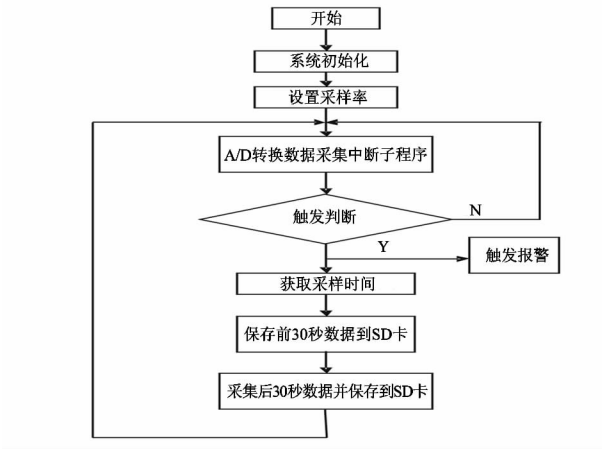


图 6 系统流程

Fig. 6 Flow chart of the system

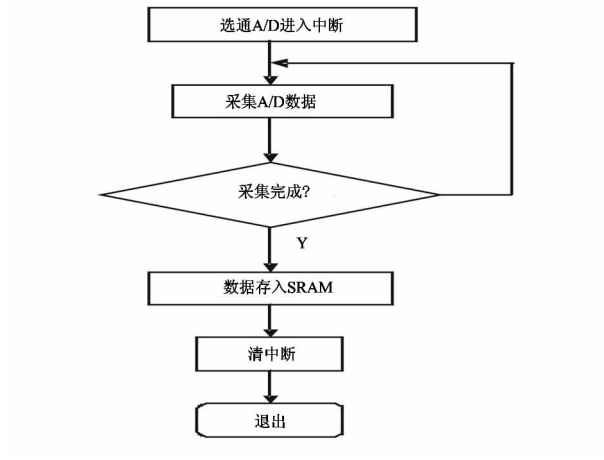


图 7 A/D 采集数据中断子程序

Fig. 7 Interrupt subroutine of A/D sampling

5 结语

MEMS 加速度传感器在低频响应和低噪声方面要好于传统的地震仪,但它的使用环境受限,如传感器埋置要求高,振动干扰要小等。

参 考 文 献

1 许建华. 基于微型传感器的地震加速度监测系统技术研究[D]. 中国地震局地球物理研究所,2006.

2 李宁. 基于 MDK 的 STM32 处理器开发应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.

3 李彩华,李小军. 一种高精度三通道强震动记录器的设计[J],地震地磁观测与研究,2006,(9):16 - 17.

4 康华光. 电子技术基础(第四版)[M]. 北京:高等教育出版社,1996.

5 陈金鹰,龚江涛,庞进,席华. 地震检波器技术与发展研究[J]. 物化探化探计算技术,2007,(18):5 - 6.