

便携式TSP采样器的设计

赵培宇¹, 刘立明²

(1. 江汉大学 机电与建筑工程学院, 湖北 武汉 430056; 2. 武汉分析仪器厂, 湖北 武汉 430010)

摘要: 应市场需求设计了一款便携式TSP采样器, 该采样器采用增强型51内核的单片机STC12C5A60S2作为控制器, 定制段式大屏幕液晶显示, 24位模数转换芯片HX711与差压传感器M1210配合检测流量, 并利用流量偏差信号控制抽气泵, 实现自动恒流采样。经使用, 证明该采样器具有功能强、操作简单、便于携带、性能稳定的特点。

关键词: TSP; 采样器; 单片机; HX711; 差压传感器; 脉宽调制

中图分类号: X851 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-0143(2013)05-0058-04

0 引言

总悬浮颗粒物(Total suspended particulate, TSP)是指悬浮在空气中、空气动力学当量直径 $\leq 100 \mu\text{m}$ 的颗粒物, 主要来源于燃烧时产生的烟尘、生产加工过程中产生的粉尘、风沙和交通扬尘以及气态污染物在空气中生成的盐类颗粒。大气中TSP的组成十分复杂, 而且变化很大。国家环境质量标准规定, 居住区日平均浓度低于 $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$, 年平均浓度低于 $0.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ [1-3]。

TSP是大气质量评价中的一个重要指标, 所以TSP采样器需求量很大, 它是厂矿企业、环境监测部门监测与评价大气质量的依据。但目前大部分国产采样器存在体积庞大、不易携带、仪器智能化程度低、操作复杂、采样精度低和恒流特性不好等缺点[4-6]。鉴于以上情况, 依据HJ/T 374-2007《总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法》[7], 研制了一种便携式TSP采样器。该采样器采用单片机控制, 定制大屏幕段式液晶屏显示, 用高精度微差压传感器检测流量, 采用脉宽调制技术驱动电机, 较好地解决了体积、效率、恒流精度等问题。

1 工作原理

TSP采样器采用滤膜称重法捕集环境大气中的总悬浮微粒。其具体方法是抽取一定体积的空

气, 使之通过已称重的滤膜, 粉尘被捕集在质量已知的滤膜上, 然后在实验室称量含尘滤膜的质量, 根据采样前后滤膜质量的变化, 计算悬浮颗粒物的质量, 再除以标况采样体积, 得到颗粒物的质量浓度[8], 即

$$R = (m_2 - m_1) / V_0, \quad (1)$$

其中 R 表示总粉尘浓度(mg/m^3); m_1 表示采样前滤膜质量(mg); m_2 表示采样后滤膜质量(mg); V_0 表示标况采样体积(L)。

标况采样体积 V_0 要根据采样时大气压及温度, 由工况采样体积 V , 利用气态方程进行实时修正得到。

$$\text{由} \quad \frac{P_0 \times V_0}{T_0} = \frac{P \times V}{T}, \quad (2)$$

$$P = B_a + P_r, \quad (3)$$

$$\text{有} \quad V_0 = \frac{B_a + P_r}{101.3} \times \frac{273}{273 + t_r} \times V, \quad (4)$$

其中 P_0 表示标准大气压(kPa); T_0 表示标况温度 $273 \text{ }^\circ\text{C}$; P 表示流量计前绝压(kPa); B_a 表示当地大气压(kPa); P_r 表示流量计前表压(kPa); t_r 表示流量计前温度($^\circ\text{C}$)。

2 硬件设计

2.1 TSP采样器总体结构

TSP采样器原理框如图1所示, 仪器主要由微控制器、TSP切割器、孔板与差压传感器构成

收稿日期: 2013-09-06

基金项目: 江汉大学机电与建筑工程学院科研资助项目(SY004[2013])

作者简介: 赵培宇(1964—), 男, 高级工程师, 研究方向: 机电一体化、自动化仪器仪表。

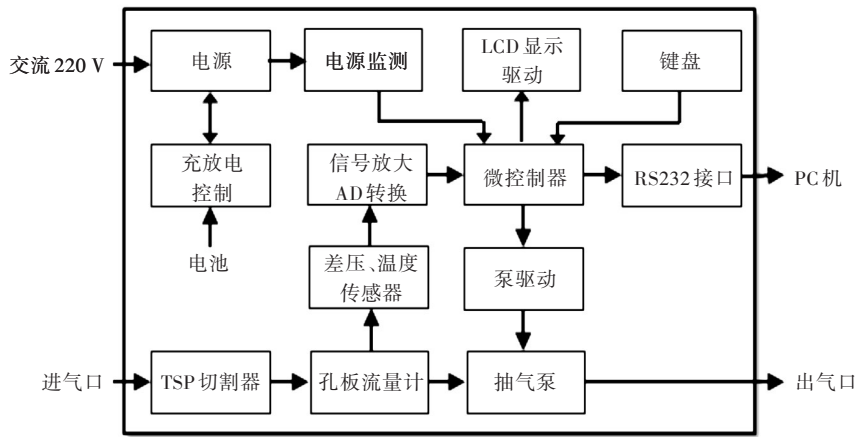


图1 TSP采样器原理框图

的流量检测电路、抽气泵、键盘、LCD显示、RS232接口、电源等组成。

通过键盘设置好采样时间、采样流量等参数后,采样器按设定值启动抽气泵工作,并同时检测孔板流量计前后的差压、气流的温度,据此计算出瞬时流量,送液晶屏显示,并通过PID算法调节泵的转速,达到恒流采样的目的。该设计采用宏晶科技生产的单时钟机器周期(1T)单片机STC12C5A60S2,该单片机具有增强型51内核,速度比传统51芯片快20~35倍。泵电机的调速采用单片机自带的PWM控制器,由于采用开关方式工作,极大地提升了工作效率。启用了单片机内部集成的复位电路及看门狗,提高了采样器的可靠性。利用单片机自带的A/D转换器,实时监测电池、交流电源的状态。设置与校准数据储存在单片机内带的Flash存储器内。为便于程序下载,利用PC机调试、校准,本机设计了RS232通讯接口。由于该单片机集成了本机所需的绝大部

分功能,所以外围电路相对简化。

2.2 流量、温度检测电路

流量、温度检测电路如图2所示。流量检测采用孔板流量计,用差压传感器M1210(U3)检测孔板两侧的差压信号。温度信号从JC3引入,采用PT100检测。检测流量、温度的传感器都需要稳定的驱动电源,且这两个传感器输出的信号都只有毫伏级,需要后接放大器。HX711芯片是2输入通道、内带128倍放大的24位ΣΔAD转换,内部集成了传感器驱动电源、时钟等电路,与单片机采用2线接口通信,具有精度高、抗干扰能力强、功耗低、集成度高、外围电路简单、使用方便的特点。HX711芯片所具有的功能及特点,正好适合用于本仪器的流量、温度检测。差压检测信号送HX711的A通道放大、AD转换,经单片机处理后转换为流量信号。温度检测信号送HX711的B通道放大、AD转换,作为流量的温度修正参数。

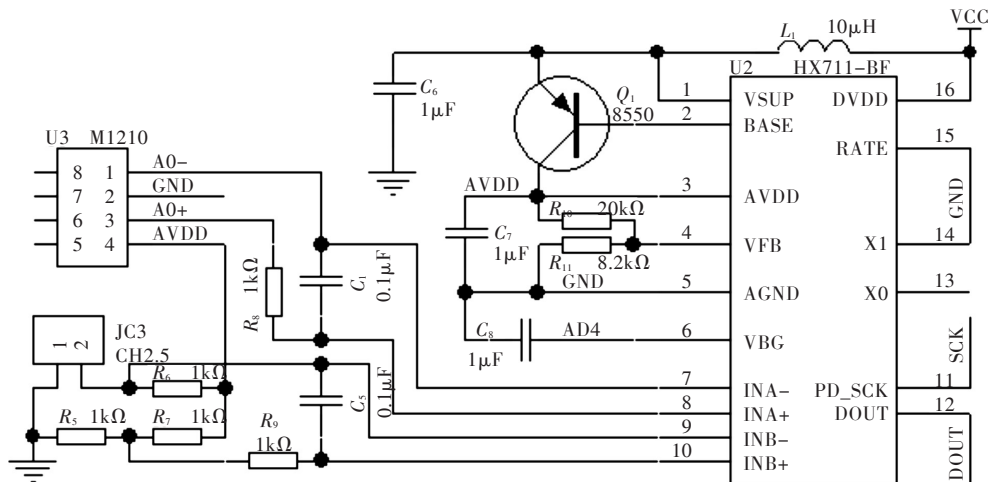


图2 流量、温度检测电路

2.3 泵驱动电路

泵驱动电路如图3所示,泵电机及电源从JC6接入。驱动采用双向晶闸管,为降低功率器件所产生的谐波干扰,采用带过零触发的光耦MOC3022,提高了系统的稳定性。

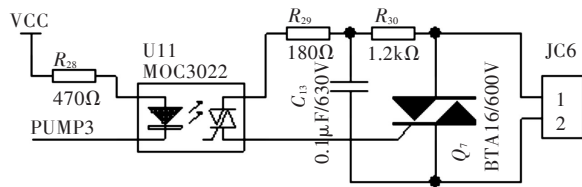


图3 泵驱动电路

2.4 LCD显示电路

显示采用定制的专用段式液晶屏,大屏幕多参数同屏显示。由于显示笔段较多,采用HT1622做屏的驱动。HT1622可以驱动多达256段的液晶显示。

2.5 键盘电路

键盘电路如图4所示。为保证实时性,提高软件效率,采用中断加扫描方式工作,只要有键按下就产生键盘中断,在键盘中断服务程序中扫描具体键值。

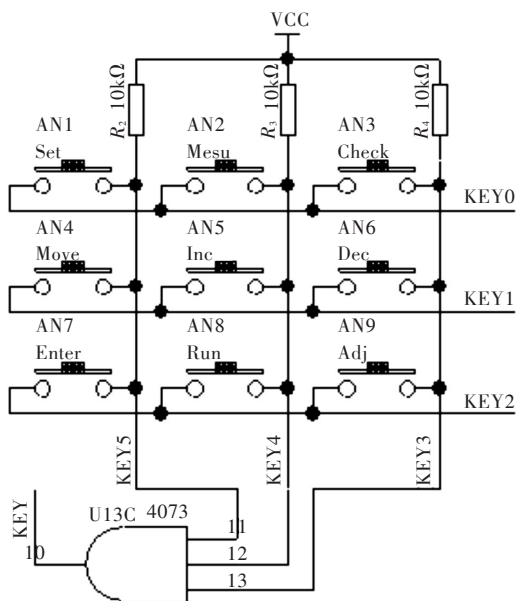


图4 键盘电路

2.6 电源电路

TSP采样器采用交流220V及电瓶两种方式供电,以适应不同工况需求。为此,电源电路除提供稳压输出外,还设置了电池充电及相应的电源检测电路,以保护电池不过充电和过放电。当

电源出现异常时,可自动采取相应保护措施。

3 程序流程

采样器程序流程如图5所示。开机后,程序显示等待运行界面,用户可以在该界面下按实际需求设置时钟、定时采样间隔、次数、流量大小等运行参数。在单片机控制下,采样器按设定值及实时检测的流量、时间参数,实现闭环自动控制。采样过程中如有停电,来电后自动恢复采样,采样数据自动记忆。实时显示累计体积($\sum V$)、标况体积($\sum V_0$)、累计采样时间(t)等参数。采样完成后自动停机。仪器还设计有充电指示和电量显示及欠压报警功能。

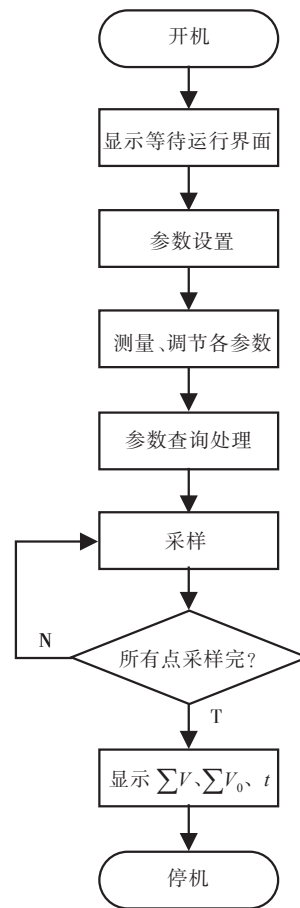


图5 采样器程序流程图

4 结语

与手动或模拟电路控制的仪器相比较,本TSP采样器智能化程度高、功能齐全、操作简单。采样的流量稳定性好,采尘瞬时流量范围在80~150 L/min时,精度不低于2.5级;采尘累计流量范围在0~999 999 L时,精度不低于2.5级;

采气流量范围在0.1~1.0 L/min时,精度不低于2.5级。

经客户使用证明,整机设计合理、结构紧凑、便于携带、流量稳定、性能安全可靠,是环保、卫生、劳动、安监、科研、教育等部门用于监测的理想仪器。

参考文献:

- [1] 吴忠勇,等. 环境监测综合技术概论[M]. 北京: 中国环境科学出版社,1992.
- [2] 魏复盛. 发展我国环境监测仪器工业的意见[J]. 现代科学仪器,1999(Z1):3-5.
- [3] 杨书申,邵龙义,龚铁强,等. 大气颗粒物浓度检测技术及其发展[J]. 北京工业职业技术学院学报,2005,4(1):36-39.
- [4] 野莹莹,刘新,沈烈银. 新型便携式大气采样器的设计[J]. 装备制造技术,2008(5):65-66.
- [5] 蒋舸扬,张玉钧,郑朝晖,等. 大气恒流采样系统的设计与实现[J]. 真空电子技术,2002(4):48-50.
- [6] 徐庆鹤,宗光华,孙明磊,等. 便携式恒流空气采样泵的设计与实现[J]. 液压与气动,2009(1):68-71.
- [7] 国家环境保护总局. HJ/T 374-2007 总悬浮颗粒物采样器技术要求及检测方法[S]. 北京:中国环境科学出版社,2008.
- [8] 李成文,赵荣健,马涛. 便携式大气采样器存在的问题探讨[J]. 环境保护科学,2000(S1):74-76.

Design of Portable Type TSP Sampler

ZHAO Pei-yu¹, LIU Li-ming²

(1.School of Electromechanical and Architectural Engineering, Jiangnan University, Wuhan 430056, Hubei, China;

2.Wuhan Analytical Instrument Factory, Wuhan 430015, Hubei, China)

Abstract: A portable type TSP sampler is designed according to the market demand. The sampler uses STC12C5A60S2, an enhanced 51 core SCM as controller, customized section type large screen LCD as displayer. Automatic constant flow sampling is achieved with using the chip of HX711, a 24 bit A/D converter, and M1210, a differential pressure sensor, and uses the flow differential signal to control the air pump.

Key words: TSP; sampler; SCM; HX711; differential pressure sensor; PWM

(责任编辑:曾 婷)