

基于单片机的非分散红外多组分气体检测系统

于晓曼 刘文清 黄书华 孙友文 汪世美
(安徽光学精密机械研究所 安徽合肥 230031)

摘要 介绍了非分散红外 (NDIR) 吸收基本原理,设计了一种基于 Atmega128 单片机多组分污染气体在线监测系统,讨论了系统硬件和软件的实现方法。它采用滤光片相关轮技术和怀特池技术,红外微弱信号高灵敏放大技术,低功耗单片机数据采集等先进技术,简化了实验装置并提高了系统检测灵敏度,可实现对 SO₂、NO 和 CO₂ 气体的连续在线测量。

关键词 非分散红外;多组分;气体检测;Atmega128

中图分类号 TP216

文献标识码:A

A Non-dispersive Infrared Multi-component Gas-line Detection System Based on Single-Chip Computer

Yu Xiaoman, Liu Wenqing, Huang Shuhua, Sun Youwen, Wang Shimei
(Anhui Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Science, Hefei 230031)

Abstract The principle of the Non-Dispersive Infrared (NDIR) is introduced, a multi-component gas-line detection system is designed based on Atmega128 that is a single - chip computer in this paper. The principle and construction (hardware and software) are discussed. The advanced techniques include Filter related wheels and sample cell, highly sensitive infrared weak signal amplifier technique, low-power single-chip microcomputer, the experimental apparatus was simplified and the system detection sensitivity was improved, which can realize the measurement for SO₂, NO and NO₂.

Key words Non-dispersion infrared; Multi-component ; Gas-detection; Atmega128

随着经济社会发展和全民环境意识的提高,环境问题日益突出,大气环境监测越来越受到人们的重视。非分散红外 (Non-Dispersive Infrared, 缩写为 NDIR) 技术是近年来发展起来的一种新型气体探测技术。它基于气体红外吸收的原理,测量过程中探测器不消耗物质,因此寿命长、稳定性好,同时还具有快速响应、不中毒、量程广、精度高,能够实现多组分污染气体快速和在线连续式检测等优点,与传统气体检测技术相比有明显的优势^[1]。随着红外光源、传感器及电子技术的发展,NDIR 技术已经广泛应用于高浓度的工业污染气体检测以及水中污染油检测等众多领域,对保障工业安全生产和日常生活安全具有重要的现实意义和良好的应用前景。

我们研制了一种新型便携式非分散红外多组分污染气体分析分析仪,采用滤光片相关检测技术,利用 Atmega128 单片机进行数据采集和处理,可实现多组份污染气体浓度的同时在线测量。

1 气体检测仪理论依据

具有非对称双原子或多原子分子结构 的气体

(如 CO, SO₂, NO 等) 在中红外波段都有自己的特征吸收带,特征吸收带如同指纹一样具有可鉴别性。通过在特征吸收带对红外能量的吸收,红外线的能量将减少,其减少量 ΔE 与气体浓度 C 、吸收系数 K 等有关,服从朗伯 - 比尔 (Lambert-Beer) 定律:

$$A = \ln(I_0(\lambda)/I(\lambda)) = K_{\lambda}CL \tag{1}$$

其中, A 为吸光度, $I(\lambda)$ 为目标气体背景下的光强, $I_0(\lambda)$ 为零气背景下的光强, K_{λ} 为目标气体的吸收系数, C 为目标气体的摩尔百分浓度, L 为光信号在怀特池内多次反射后的实际吸收长度。

如上式 (1) 所示,朗伯比尔定律给出了通过目标气体后的吸光度与气体浓度的关系。当怀特池长度以及红外光程确定时, L 值为定值,而对某一种特定的目标气体 K_{λ} 是常数,此时红外能量经过目标气体的吸收,吸光度 A 与其浓度值在一定范围内成线性,利用吸光度值可以反演目标气体的浓度。

为了提高气体分析仪的检测灵敏度,系统引入的多次反射池结构,通过三个球面镜之间的多次反射增加了吸收光程,提高待测气体对红外辐射的吸收强度;气室采用圆柱形结构,可减少光线在传输过

程中的损耗;怀特池与外支撑分离的结构保证了该部件易于装卸、更换,不易受外界条件影响,能适应复杂环境下工作;同时当怀特池正常工作时,利用温度控制器将其恒定在某一温度,以减少 H_2O 对待测气体的交叉干扰。

2 系统硬件电路设计

本系统以 Atmega128 单片机为核心,整个仪器框图如图 1 所示。

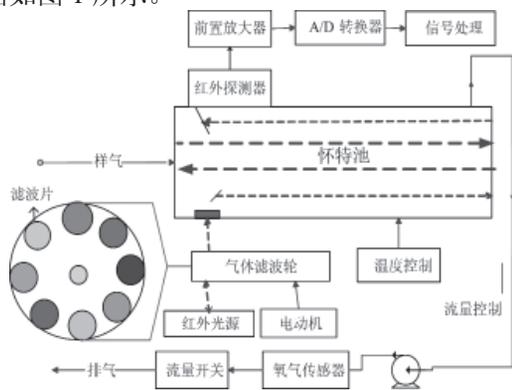


图 1 仪器组成框图

2.1 微弱信号检测

由于红外探测器所接收到的信号一般都非常微弱,而且探测器输出的信号受噪声影响大,信噪比较低,不易进行后续测量,因此,要对微弱的信号进行滤波、放大等电子学信号处理,从而获得适合采集的各组分待测气体浓度反演精确度,如果仅用一级放大无法满足全量程数据采集,系统采用多级放大及滤波技术进行微弱信号的放大处理。特征信号。

测量过程中,各通道信号强度直接影响放大器选用 OPA4227 高精密运放,具有低失调、低噪声、高共模抑制比、高开环增益、宽频带等优点,适合小信号放大,配合电阻负反馈放大电路精度高、可实时放大特点,可以很好满足本系统的性能指标,实现对探测器微弱信号检测与滤波。最后用低静电电流功率放大器 INA126 进一步放大待测信号,其失调漂移电压 $3\mu V/^\circ C$,静态电流 $175\mu A$ /通道。电路结构如下图 2 所示^[2]。

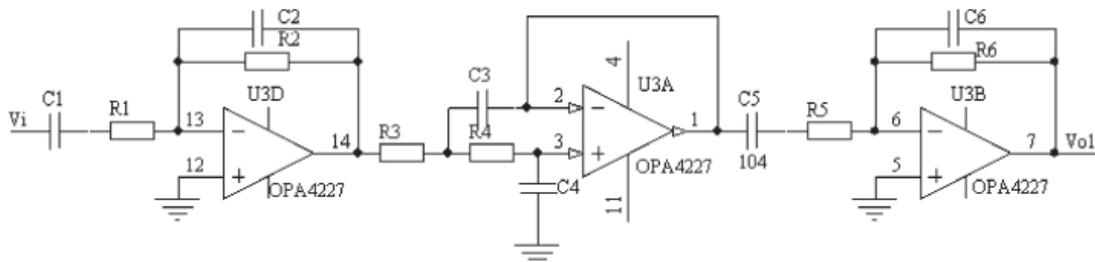


图 2 前置放大滤波电路

探测器输出弱信号经过预处理后,获得适合 A/D 芯片采集的各组分特征信号,并利用单片机进行数据处理与分析,从而得到待测气体浓度。

2.2 单片机选择

选择 AVR Atmega128 单片机,它是 8 位低功耗 CMOS 微处理器,有 64 管脚,可以与许多外围设备直接相连,内置非易失性程序和数据存储器,具有 JTAG 接口,通过 SPI 口和一般的编程器,可以对该单片机的 Flash 存储器进行编程。由于其先进的指令集以及单周期指令执行时间,数据吞吐率高达 1MIPS/MHz,与其他单片机相比有明显优势。

2.3 A/D 转换电路

系统选择 16 位、单/双极性转换的高精度串行逐次逼近型 AD 采样芯片 MAX1132。该芯片内部带有跟踪/保持及校准电路,转换的电压范围可达到 $-12V \sim 12V$,比其他 ADC 转换电压范围要宽,具有内部或外部参考电压及时钟模式,采样速率最高能达到 200ksp/s。使用单一 +5V 工作电源,是一款 16 位无丢失码、最大积分非线性误差仅为 $\pm 1.5LSB$ 、85dB 信噪比的高精度模数转换器。

MAX1132 可用外部或内部时钟完成 AD 转换,但两种模式均由外部时钟将数据移入器件或从器件中移出。在外部时钟模式下,数据的移入移出和转换过程均由外部时钟控制。内部时钟模式下的转换时钟由 MAX1132 内部时钟发生器产生,可以采用不高于芯片最高时钟限制的任意时钟,速率最高可达 8MHz,最小数据采集时间 t_{ACQ} 为 $1.82\mu s$,转换时间比外部时钟模式工作下小的多,足以满足系统对精度和速度的要求,故本系统选择内部时钟工作模式。图 3 为这种模式下 MAX1132 工作时序。

系统利用单片机 SPI 接口,在每个时钟 SCLK 上升沿对数据进行采集,与 MAX1132 之间进行高速同步数据传输。当 MAX1132 \overline{CS} 引脚由高电平变为低电平或者一次转换结束或校准完成后,在时钟 SCLK 控制下,控制字从 DIN 管脚串行进入芯片。

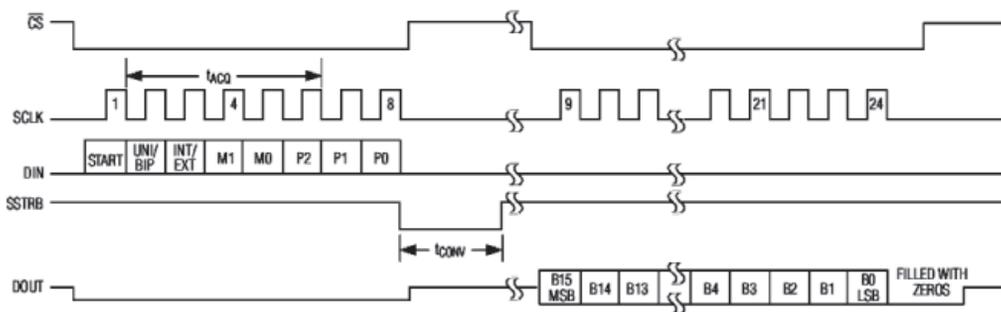


图3 内部时钟短采集模式时序

当控制字最后一位移入芯片后,芯片在内部时钟控制下开始转换,与此同时转换标志管脚 SSTRB 由高电平变为低电平,转换结束后 SSTRB 变为高电平。SSTRB 持续低电平最大值 6 μs,在此期间 SCLK 应保持低电平防止噪声干扰。转换的数据先存储在一个内部寄存器,转换完成后在 SCLK 下降沿控制下,采用高位在前低位在后 16 位二进制格式输出数据。

3 系统软件设计

系统程序主要实现数据采集,数据处理,数据显示,数据通信等功能。包括主程序、数据采集子程序、中断子程序等。系统主流程图如图 4 所示。

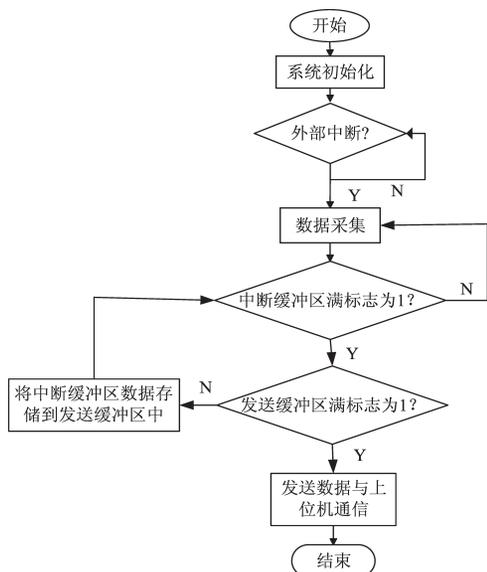


图4 单片机流程图

程序首先对单片机和外围设备初始化。初始化完成后,系统进入循环检测状态,等待外部中断和实现各检测单元数据采集与显示。当定时器 0 产生比较匹配中断时,进行数据采集,并用光耦进行同步,并发送数据与上位机进行通信。上位机软件采用 VC 编写,主要实现数据传输、存储以及查询等功能。上位机软件通过串口控件定时向下位机发送命令,下位机接收到该命令后进行校验,若是指定的命令

则采用串口中断的方式传输数据到上位机,否则丢弃已采数据,重新等待发送新命令。上位机软件接收到数据之后,对数据进行处理。

4 实验

在仪器测量量程内,利用配气系统配置不同浓度的样气,通入仪器中,连续记录仪器响应。样气的获取是利用已知浓度的国家计量部门检验合格的标准浓度气体,通过高纯氮对其进行稀释,在配气系统控制下,获得要测试的标准气体浓度。实验根据标准样气和仪器测量值,用最小二乘法拟合可得出二者相关系数如下。

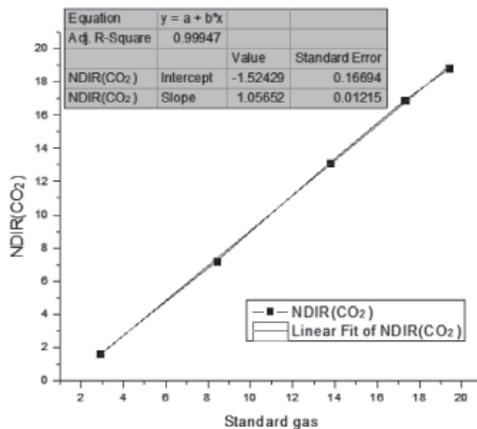


图5 CO₂ 测量值与标气相关度

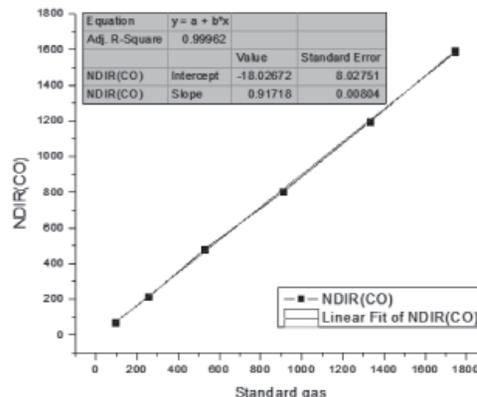
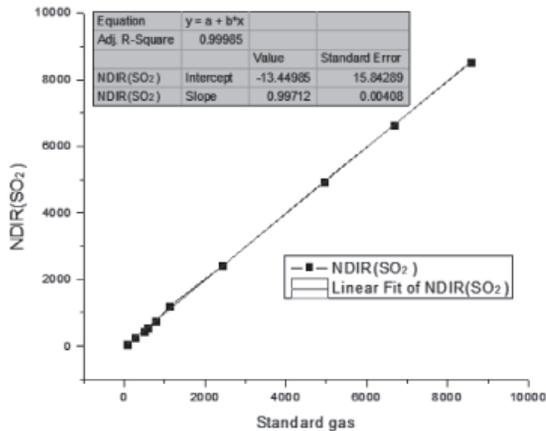


图6 CO 测量值与标气相关度

图7 SO₂测量值与标气相关度

由上面实验结果可知,仪器对SO₂、NO和CO₂测量值与标准样气相关度均达到99.9%以上,误差在满量程的2%范围内,满足仪器设计要求,具有较高的灵敏度。

5 结论

本系统采用一个含有多个滤波片的滤光轮代替传统切光器和固定光学滤波器,利用Atmega128单片机进行数据采集控制,并与上位机进行通信,简化

了实验装置并提高了系统检测灵敏度。通过在特定环境下进行大量实验,本系统被证明可以实现对多组分气体浓度连续在线测量。如果应用到实际工厂检测还需对系统稳定性、精度、灵敏度等进一步研究和改进工作,如利用滤波算法进行消噪处理,完善浓度反演算法消除气体交叉干扰,从而精确分析待测混合气体浓度值。

参考文献

- [1] 孟旭东等. 基于AT89C52的非分散红外测油仪的研制[J]. 传感器与仪器仪表, 2008, 24(10): 227-229
- [2] 张昱, 孙辉, 戴景民. 新型非分光红外多组分气体分析仪的研制[J]. 红外技术, 2009, 31(7): 428-431
- [3] 亢凯, 孙振东. 基于单片机的中红外多组分气体检测系统[J]. 微处理机, 2006, 5: 109-112
- [4] 刘敏等. 基于非分散红外(NDIR)原理的煤矿甲烷检测仪[J]. 仪表技术与传感器, 2007, 3: 139-141
- [5] 张永亮等. MSP430单片机在激光CO气体检测仪上的应用[J]. 仪表技术与传感器, 2009, 7: 20-22
- [6] 马潮. AVR单片机嵌入式系统原理与应用实践[M], 北京航空航天大学出版社, 2007
- [7] 万隆. 五组分汽车尾气分析系统设计[D], 山东大学, 2008
- [8] 杨斌. 非分光红外甲烷分析仪的研究与设计[D], 太原理工大学, 2007

(上接第21页)

对改进后的车身进行计算分析, 得出再次改进后的结果如表3。

表3 再次改进结果

改进方案	一阶弹性模态 Hz	说明
基案	23.6	以第一阶段改进为基础
Way21	24.3	加强A、B柱上角加强板
Way22	24.5	加强中侧围上横梁
Way23	24.15	增加C、D柱加强板
Way24	24.3	加强中段大梁
Way21+22+23+24	27.4	

从表3可以看出, 分别修改方案1, 2, 3, 4, 其弹性模态数值较原来改变不大, 大致分布在24—25Hz之间, 离目标设定值相差较大, 为此综合以上四种修改方案进行模拟分析。得出其一阶弹性模态数值为27.4 Hz, 满足了车身刚度和弹性模态的要求, 改善了车身由于刚度不足而引起的变形问题。

4 结论

采用计算机模拟的方法, 对白车身进行了模态

分析, 后续的路试证明, 模拟和试验方法得到的车身固有频率及对应的各阶振型相吻合; 通过模拟分析方法对车身的结构提出了改进的措施; 路试证明基于模态分析的方法是可行高效的手段。通过该方法很好地解决了由于车身刚度和弹性模态不足而引起的严重变形问题。

参考文献

- [1] 许力, 等. 轿车白车身模态分析研究[J]. 车辆与动力技术, 2008, vol(4): 50-53
- [2] 高云凯, 等. 汽车车身结构分析[M]. 北京理工大学出版社, 2006
- [3] 蓝晓理, 等. 轿车的低阶模态分析[D]. 吉林工业大学, 2000
- [4] 许力, 等. 轿车白车身模态分析研究[M]. 车辆与动力技术, 2008
- [5] 马天飞, 等. 轿车NVH特性的刚性耦合、声固耦合一体化研究[博士学位论文]. 吉林大学, 2003
- [6] 周喜格, 李凌均, 王昆. 基于ANSYS的汽车水泵齿形有限元模态分析[J]. 机械设计与制造, 2009, 9: 50-53