

基于单片机的智能浊度仪^{*}

康亚¹, 杨懿², 潘英俊²

(1. 重庆市工业学校, 重庆 400043; 2. 重庆大学 光电学院, 重庆 400030)

摘要:采用光散射与透射比值法设计了一种智能浊度仪, 消除了元件老化、光源变化对浊度测量的影响, 优化了信号采样电路, 使用 AT89S52 单片机实现信号的检测与数据处理, 经验证浊度仪输出在测量范围内具有良好的线性。

关键词:浊度仪; 比值法; AT89S52

中图分类号: TP450.6; TP216+.3

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)01-0115-03

浊度是衡量水质的重要指标之一, 用以表示水的清澈或浑浊程度。饮用、食物及饮料加工、工厂排放等场合的水都应严格控制浊度。随着人们对食品安全、环境保护越来越重视, 公众更加关注水浊度的监视与测量。我们应用光散射与透射比值法设计了一种基于单片机的智能浊度仪, 实现了浊度的准确测量。

1 比值法光电式浊度仪测量原理量^[1,3,4]

根据朗伯特—比尔定律, 透射光减弱的程度随浊度的增加按指数形式衰减见式(1)。采用线性光电元件转换得到的电信号公式(2)。

$$I_t = I_0 e^{-d_1} \quad (1)$$

式中: I_t 为透射光; I_0 为入射光强; t 为浊度系数; d_1 为透射光程。

$$U_t = AI_0 e^{-d_1} \quad (2)$$

式中: U_t 为透射光对应的电信号; A 为与电路参数有关的常数。

理想状态下(当水中颗粒半径较小时), 一般可认为 90° 散射光强度服从瑞利(Rayleigh)定律和米氏(Mie)定理。在实际测量中, 光束由光源到达所考虑的区域及该区域所产生的散射光到达光电接收器都必须穿透一定距离的待测浊度液而衰减, 其衰减规律在浊度不是很高时应符合朗伯特—比尔定律。入射光强与散射光强的关系, 见式(3)。采用线性光电元件转换得到的电信号见式(4)。

$$I_s = KI_0 T e^{-d_2} \quad (3)$$

式中: I_s 为散射光强; K 为比例系数; T 为浊度; d_2 为散射光程。

$$U_s = BKI_0 T e^{-d_2} \quad (4)$$

式中: U_s 为散射光对应的电信号; B 为与电路参数有关的常数; K 为比例系数。

实际应用中, 通过结构设计使 l_1 与 l_2 基本相同, 所以由式(4)与式(2)可近似得出式(5):

$$\frac{U_s}{U_t} = CT \quad (5)$$

式中: C 为常数。

比值法通过测量散射光与透射光强度之比可得出水样浊度, 比值越大, 浊度越大。由于光源强度、电路参数变化对读数所造成的干扰可以消掉, 比值法表现出比透射法、散射法更好的整体性能。

2 浊度仪总体结构框图

单片机控制光源信号发生电路, 实现背景光去除和测量状态的切换; 测量池中散射和透射探测器呈 90° 分布, 散射和透射光信号经调理后送入 A/D 转换器模拟输入端; 单片机控制 A/D 转换器的工作, 交替输入散射和透射信号进行 A/D 转换; 采集的现场信号在单片机内进行数字滤波、仪器校准、数据显示处理; 现场数据通过 RS232 串行通信接口送至 PC 机。仪器总体结构框图如图 1 所示。

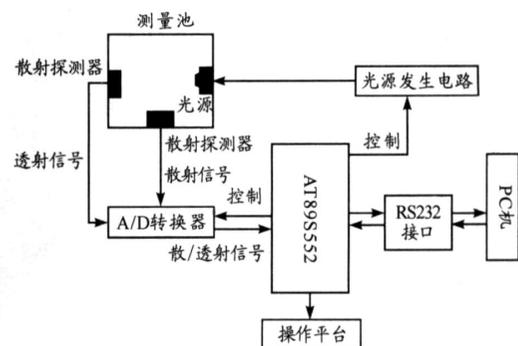


图 1 浊度仪总体结构框图

* 收稿日期: 2008-11-04

作者简介: 康亚(1972—), 女, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事精密仪器及机械方向研究。

3 仪器硬件设计

3.1 光源电路

根据国际标准 ISO7027 对测量光源的要求,选用滨松公司的 L7558 红外 LED 作为浊度仪光源.光源电路电流的波动引起光强的变化,影响浊度测量的稳定性,因此 LED 供电采用稳流源.具体电路如图 2 所示:采用输出电压可变的三端集成稳压器 LM317 构成稳流器,输出电流可用式

(6)表示:

$$I_{OUT} = \left(\frac{V_{REF}}{R_{11}} \right) + I_{ADJ} \quad (6)$$

由于 I_{ADJ} 控制在小于 $100 \mu A$,可以忽略,所以式(6)可以简化成式(7):

$$I_{OUT} = \frac{1.25 V}{R_{11}} \quad (7)$$

改变 R_{11} 的值,可使 $10 mA \leq I_{OUT} \leq 1.5 A$,以满足 LED 的驱动要求.

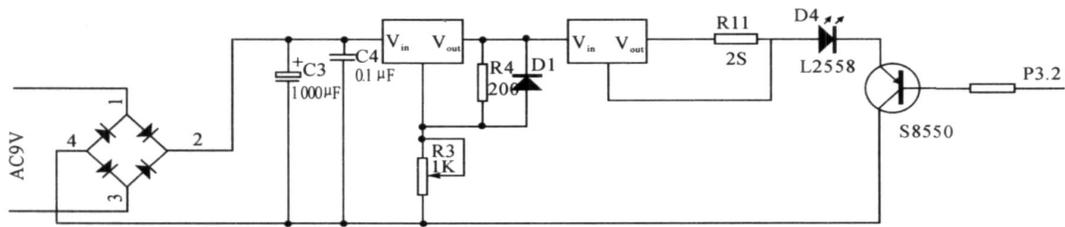


图 2 光源电路

3.2 光电探测器与前置放大

散射和透射光探测器采用西门子公司 SFH214FA. 传感器的工作环境一般比较恶劣,传输线上经常产生较大的共模干扰,故前置放大环节应具有高共模抑制比(见图 3). ICL7650 是 Intersil 公司利用动态校零技术和 CMOS 工艺制作的斩波稳零式高精度运放,除了具有普通运算放大器的特点和应用范围外,还具有高增益、高共模抑制比、失调小和漂移低等特点^[2],因此采用 ICL7650 作为散射和透射信号的前置放大器.考虑到传感器信号微弱,并且工作环境恶劣,前置放大电路与光电探测器安装在一起,放大后的信号经过屏蔽线送至 A/D 转换器.

3.3 A/D 转换电路

A/D 转换器选用美国 BUR - Brown 公司生产的高精度 A/D 转换芯片 ADS1211. ADS1211 采用 $\Sigma \Delta$ A/D 转换模式,转换速率高,具有 24 位精度,线性误差小于 0.001 5%. ADS1211 与 AT89S52 的接口采用从动模式,SDOUT、SCLK、SDIO、DRDY 分别与 P3. 3、P3. 4、P3. 5、P3. 6 连接.由于选用转换速率高的 $\Sigma \Delta$ A/D 转换器,前置放大器的输出可直接与 ADS1211 的模拟输入通道相连,无需采样保持器,简化了电路结构,如图 4 所示.

3.4 其他电路

单片机使用 RS232 串行接口与 PC 机进行连接,实现现场数据的上传;设置了 4 个校准功能键,实现仪器校准.

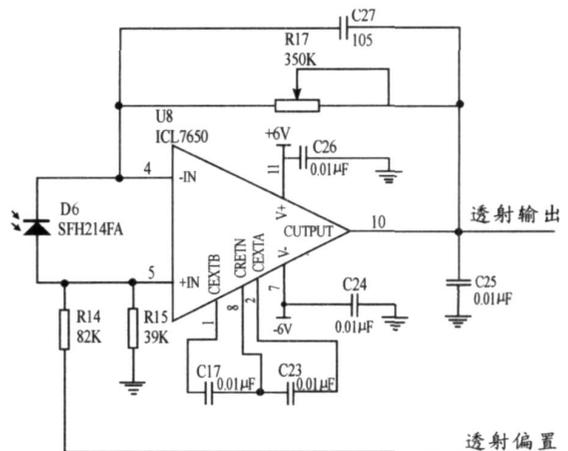


图 3 前置放大

4 软件

程序应用模块化结构设计,含有校准、采样、显示、串口输出模块.校准模块在功能按钮的提示下实现仪器校准.采样模块完成散射与透射信号的

采集、数字滤波和浊度值计算.显示模块将浊度值在 LED 数码管上显示.串口输出模块将现场浊度值发送至 PC 机.主流程图见图 5.

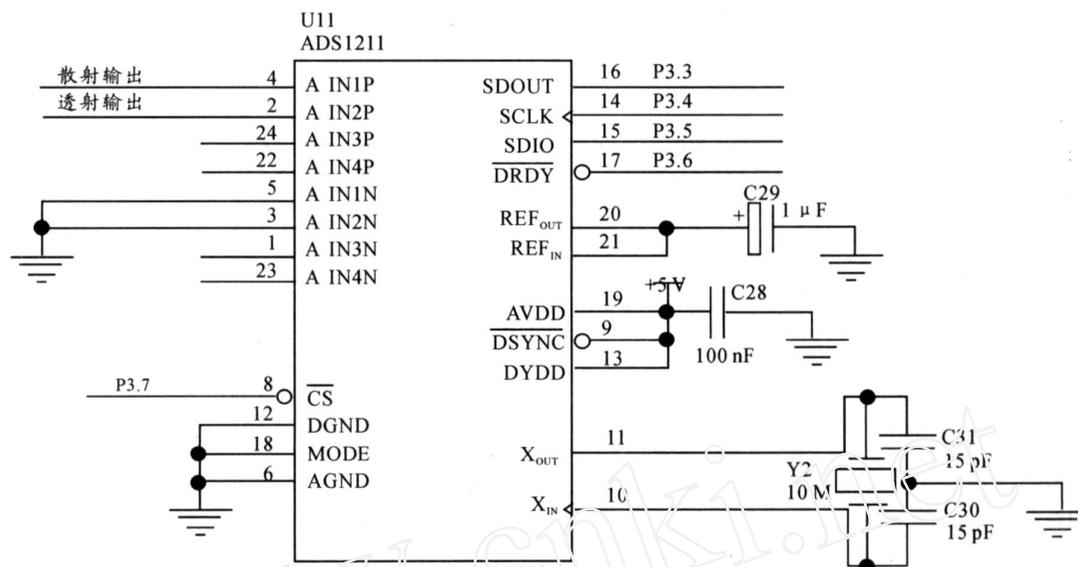


图 4 ADS1211 与 AT89S52 的连接

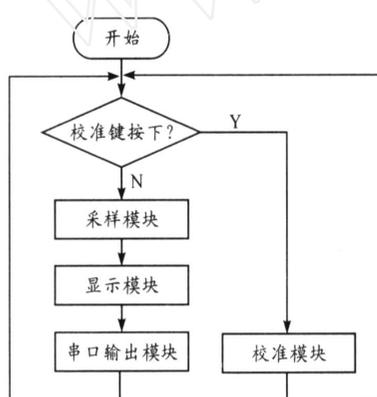


图 5 主流程图

采用比值法测量浊度,消除了光源变化、元件老化等因素对测量结果的影响,浊度仪输出与浊度在 0 ~ 100 NTU 范围具有很好的线性,能准确测量水的浊度。

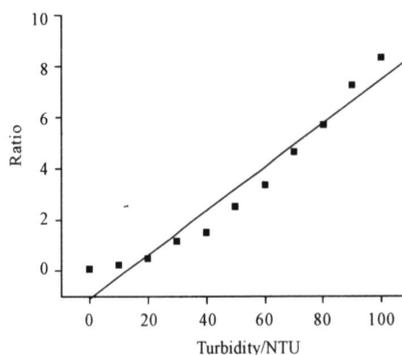


图 6 线性回归曲线

5 实验结果及数据分析

实验条件:环境温度 0 ~ 40 ;相对湿度不大于 85 % ;
仪器接地良好,无强烈的震动和电磁场干扰;电源 50 Hz,
AC 220 V,频率变化不大于 1 Hz.

实验设备:频率表、万用表、量筒.

标准物质:蒸馏水、福马胂标准液.

标定点:0、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 NTU.

实验数据及其回归分析所得曲线如图 6 所示.

实验表明,散射信号与透射信号的比值与浊度呈线性关系,数据点分布在直线两侧,线性度较好.对数据进行相关性分析,得出 $R = 0.973\ 07$,散射信号与透射信号的比值与浊度高度相关.

参考文献:

- [1] 朱泽昊,张扶人. 浊度测量中两种基本方法的比较 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版),1995,20(2): 148 - 152.
- [2] 吴祖国. ICL7650 斩波稳零运算放大器的原理及应用 [D]. 西安:国外电子元器件,2003.
- [3] 李锦瑜,曾道刚. 瑞利散射公式讨论 [D]. 北京:大学化学,1992.
- [4] Turbidity Sensor An Ir. Design and Application [C]// IEEE Instrumentation and Technology Conference, Anchorage, USA:AK,2002.