

在线水质电导率信号采集系统的电路设计

王海燕, 朱孟府, 宿红波, 游秀东

(军事医学科学院 卫生装备研究所, 天津 300161)

[摘要] 目的:为提高电导率的测量精度,设计一种利用单片机技术实现电导率信号在线采集功能的系统。方法:根据水质电导率测量原理,分析了影响电导率测量精度的两个主要因素:温度和电极极化效应。采用正负方波脉冲作为电导率测量的激励源,减小电极的极化误差;采用数字温度传感器 DS18B20 补偿温度的影响。结果:通过模块化的软件编程,实现了信号采集、显示及控制等功能,减小了温度及电极极化效应的影响,提高了测量精度。结论:该系统具有精度高、操作简单等优点,经进一步完善后可满足实际应用的要求。

[关键词] 电导率;水质检测;信号采集;单片机

[中图分类号] TM93 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1003-8868(2008)10-0024-03

Circuit Design of Signal-collecting System for On-line Water Electrical Conductivity

WANG Haiyan ZHU Mengfu* SU Hongbo YOU Xiudong

(Institute of Medical Equipment, Academy of Military Medical Sciences, Tianjin 300161, China)

Abstract Objective In order to eliminate the influences caused by temperature and electrode-polarization, a new circuit of measuring electrical conductivity of water is designed by AT89S52 single-chip. **Methods** The system adopts the bi-directional pulsed voltage as its exciting source and the DS18B20 sensor as temperature compensation circuit component. **Results** Three functions which include auto-control, signal-collecting and display are realized by using C51 high-level language to write the modularization program. The precision of system is improved by an auto-temperature compensation way to avoid the blindness of temperature coefficient. **Conclusion** The system has such advantages as high accuracy and simple operation. Through further fulfilling, it can accord with user applying. [Chinese Medical Equipment Journal, 2008, 29 (10): 24-26]

Key words electrical conductivity; water detection; signal-collecting; single chip

1 引言

随着药用水、生物用水、锅炉用水以及大型发电机组冷却用水的急剧增加,膜技术作为高效节能的分离技术得到了跨越式的发展。电导率不仅成为衡量去离子水纯度的一项重要技术指标,也是评价膜分离效果的重要依据^[1],因此,实现水质电导率的准确测量变得尤为重要。近年来,微计算机控制的电导率测量仪表已取代了机械指针仪表,并实现了电导率的在线测量,但存在测量精度低、稳定性差、温度补偿不够的缺点。针对这些缺点,本研究在分析电导率在线测量原理和干扰因素的基础上,设计了温度在线补偿、信号采集及数据处理电路。

2 总体方案设计

电路设计以 AT89S52 单片机为核心,主要包括电导率信号采集电路、温度补偿电路、模数转换电路、控制电路及显示电路,整体设计框图如图 1 所示。

电路的工作原理:信号源产生占空比为 50% 的正负脉冲电压加到电导率电极的两端,流经电极的电流信号被放大滤波后,经过 A/D 转换送入单片机,完成电导率信号的采集;同时通过温度传感器 DS18B20 对水温进行在线采集,送



收稿日期:2008-03-20 修回日期:2008-05-20

作者简介:王海燕(1977-),男,江苏新沂人,助理研究员,主要从事水处理技术及装备开发方面的研究工作,Email:why.201@163.com;朱孟府(1965-),男,山东临沂人,硕士,副研究员,通讯作者,主要从事膜分离水处理方面的工作。

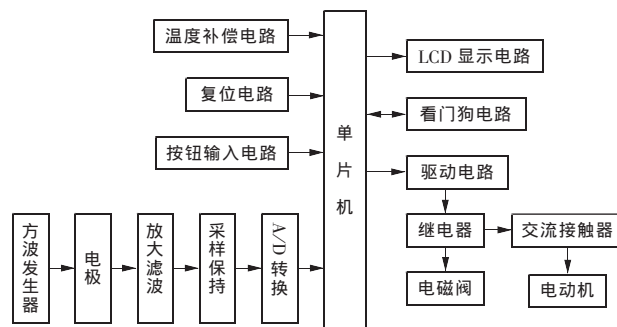


图 1 系统整体设计框图

到单片机,单片机对这两个信号进行数据处理后,完成对电极极化和温度产生误差的补偿,并把结果通过 LCD 显示器显示出来。

3 电导率测量原理

电导率 κ 是水溶液导电能力的重要标志,是电阻率 ρ 的倒数^[2],根据电阻率的公式 $\rho = R \cdot \frac{A}{L}$ (式中, R 为导体电阻, Ω ; A 为导体有效横截面积, cm^2 ; L 为导体的有效长度, cm),电导率 $\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{L}{R} \cdot \theta$ (式中, $\theta = \frac{L}{A}$ 为电极常数)。因此,通过测量水质电阻 R 即可求出电导率 κ 。

电导率传感器在测量时与水溶液形成了电导池,它不能简单等效为电阻,其简化等效电路如图 2(a)所示。 R_1 为电导池中的介质电阻, C_2 为电导池的极间电容和连接电缆的分布

电容, C_1 为电极极化效应产生的电容。当电极选定后, C_1 、 C_2 即为常数, 通常情况下 C_1 (μF 级) $\gg C_2$ (pF 级)^[3]。选择高频信号源可以减少 C_1 对测量的影响, 却会引起 C_2 较大测量误差, 当系统选择频率为 2 kHz、幅值为 $\pm 2\text{ V}$ 的脉冲信号时, 可将电导池等效电路进一步简化为图 2(b)。

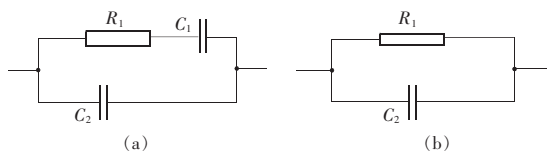


图 2 简化等效电路

影响电导率测量的因素主要有两个: 温度和电极极化效应。温度对水的电导率测量影响最大, 水温上升, 粒子水化作用减弱, 运动阻力减小, 定向运动加快, 电导率增大, 反之减小。工业上以溶液温度 25 $^{\circ}\text{C}$ 时的电导率为该溶液的电导率, 其温度补偿公式^[4]为:

$$K_t = K_{25} [1 + \alpha(t - 25)] \Rightarrow K_{25} = \frac{K_t}{1 + \alpha(t - 25)}$$

式中, K_t 为温度 t 时的电导率; K_{25} 为转换成 25 $^{\circ}\text{C}$ 时的电导率, 即为所求电导率; α 为温补系数; t 为测量时温度。电极极化效应对水的电导率测量精度的影响比温度影响要小。当电极两端加上电压时, 在电场的作用下正负离子反向运动, 产生内部电场, 内部电场方向与外加电场方向相反, 阻止了离子导电作用, 使电导率减小。为减小电极极化误差, 系统采用了正负方波脉冲作为激励源。

4 硬件电路

4.1 温度补偿

温度是影响电导率测量精度的一个重要因素, 系统设计了实时温度补偿电路, 减小温度对水质电导率测量的影响。DS18B20 数字温度传感器应用了 DALLAS 半导体公司推出的一项特有的 1-wire Bus 技术, 它采用单根信号线, 既可传输时钟, 又能传输数据, 而且传输数据是双向的^[5]。采用 DS18B20 采集温度, 电路简单, 硬件成本低。在 $-10 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内的误差为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 满足系统对温度补偿的要求。系统利用 DS18B20 温度传感器采集温度值, 传给单片机, 再通过软件编程补偿温度误差。

4.2 信号采集

信号采集电路由电导池、正负方波脉冲电路和采样保持电路组成, 采集原理如图 3 所示。由于正负脉冲发生器发出的信号前半周期和后半周期同值反向, 电极极化误差被大大

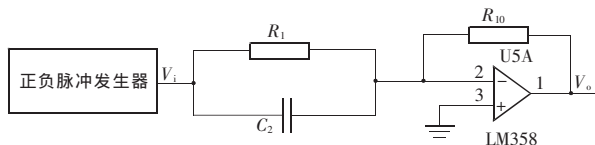


图 3 信号采集原理示意图

削弱, 经放大器放大输出的电压信号 V_o 。在被采集时已相对稳定, A/D 采样点位于电压波形稳定后的平坦部位, 在一段时间内系统相当于受到一个恒定直流电压信号的激励, 被测信号无需复杂的处理, 如相敏解调、滤波等环节, 这样可以简化系统硬件结构, 提高系统采集速度。

4.2.1 正负方波脉冲

为减小极化效应产生的误差, 系统采用了 L7812 和 L7912 三端稳压器作为激励信号发生器, 如图 4 所示。L7812 为正压输出稳压电源, L7912 为负压输出稳压电源。由于被测水质的导电能力不同, 电导率会相差很大。当被测电导率信号较小时, 为尽可能加大系统的有用信号, 以便能从系统噪声中提取出来, 激励电压源的幅值应尽可能大, 但加在电导率电极两端的电压幅值也不能过大, 应控制在 10 V 以下, 所以选用了 L7812 和 L7912 为系统提供 $\pm 12\text{ V}$ 的稳压电源。MAX303 是 Maxim 公司生产的高性能开关芯片, 开关闭合时间短于 150 ns, 断开时间短于 100 ns^[6]。同时导通电阻小于 22 Ω , 能够满足系统要求。

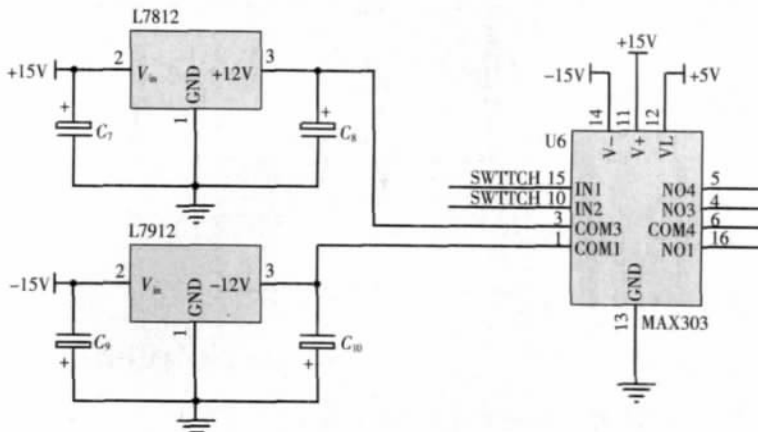


图 4 正负脉冲电压激励电路

4.2.2 采样保持及 A/D 转换

在 A/D 转换之前, 系统设计了采样保持电路, 保持芯片采用美国国家半导体公司生产的 LF398, 它具有很高的捕获时间 (短于 10 μs) 和低的衰减率, 跟随的精度误差不大于 0.002%^[7], 其优点是只需要一个保持电容就能完成采样保持功能。

MAX197 芯片是由美国 Maxim 公司生产的 8 通道、12 位 A/D 转换器, 它采用逐次逼近的工作方式, 内部输入保持电路将模拟信号转换为 12 位数字量输出, 其并行输出很容易与单片机接口^[8]。系统采用 89S52 单片机控制 MAX197 实现电压测量, 使用 MAX472 实现被测电流到电压的转换。单片机通过设置 P1.7 的高低电平实现对 MAX197 输出数据的高低位控制; 通过设置 P1.6 的高低电平实现 MAX197 的中断控制。A/D 转换电路图如图 5 所示。

5 软件设计

程序使用 C 语言编写, 配合伟福 6L 仿真器仿真调试。软件采用模块化设计, 程序包括一个主程序 Main() 和应用

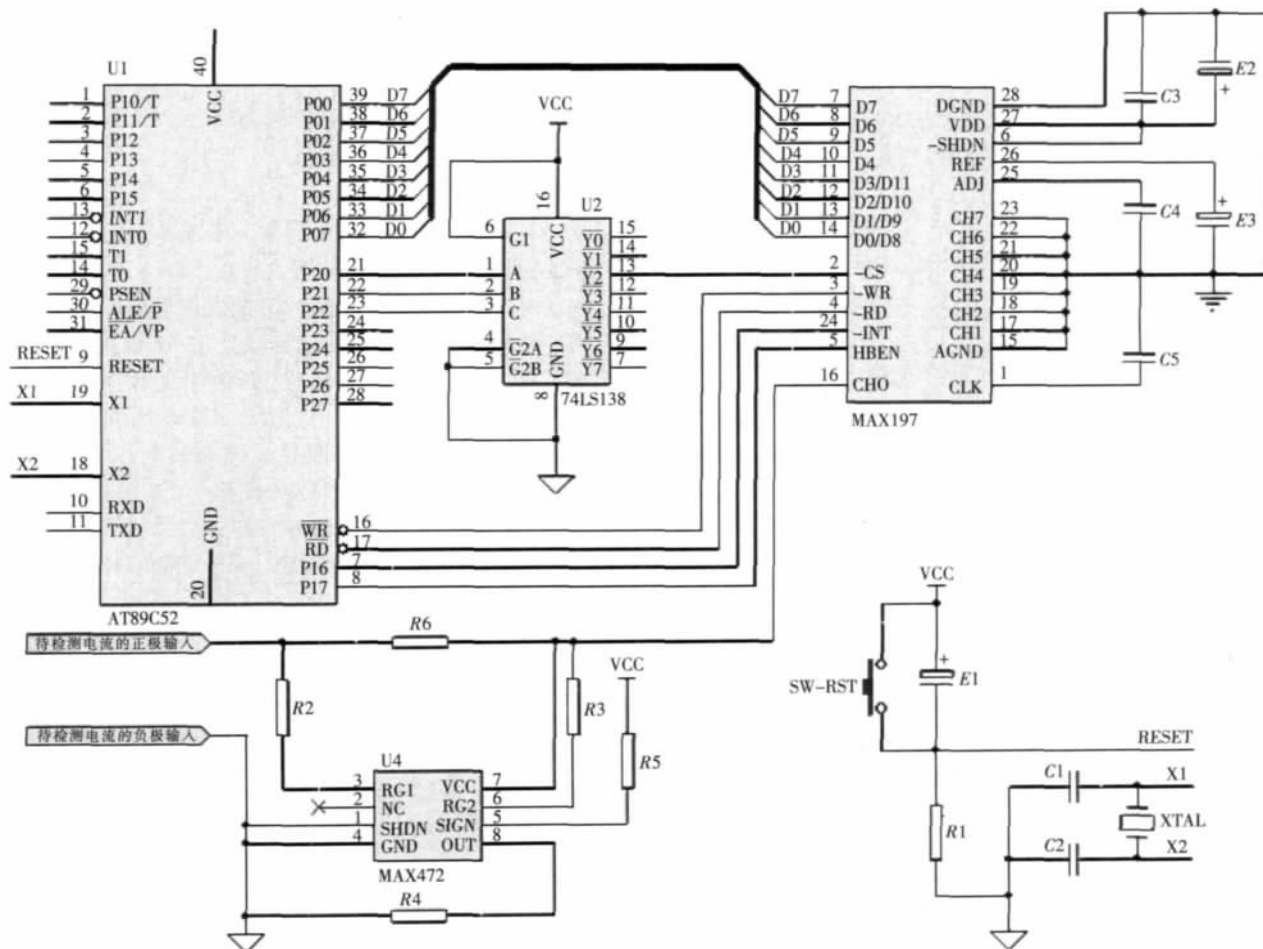


图5 A/D转换电路图

子程序:初始化程序、电导率采集子程序、A/D转换子程序、

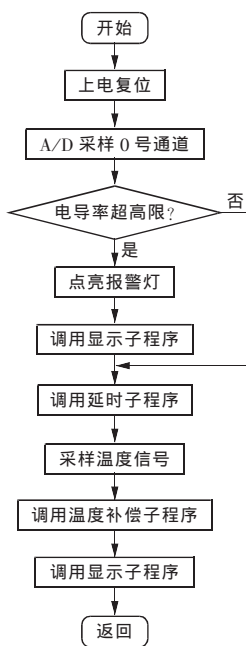


图6 信号采集流程图

LCD显示子程序等。初始化程序在上电复位后对单片机及其外围芯片赋初值,为正常工作做好准备。信号采集子程序是系统软件设计的重要环节,其设计流程图如图6所示。

6 小结

在分析水质电导率的测量原理和影响电导率测量精度的主要因素(包括温度和电极极化效应)的基础上,采用单片机技术,设计在线检测电导率信号的硬件结构和软件编程。通过对具体硬件系统的反复比较和筛选,保证了系统的稳定性和可靠性;通过软件编程,实现了电极极化误差和温度补偿。为实现以电导率测量为核心的多参数水质检测系统的研究打

下坚实的基础。

[参考文献]

- [1] 林波,张效玮,贾科进,等.基于双极性脉冲电压的水电导率仪控制系统的设计[J].电子器件,2007,30(3):921-925.
- [2] 郑联英.水溶液电导率的测量方法研究[D].北京:北京化工大学,2007:4-6.
- [3] 方建安.电化学分析仪器[M].南京:东南大学出版社,1992:195-242.
- [4] Randall E W, Wilkinson A J, Cilliers J J, et al. Current Pulse Technique for Electrical Resistance Tomography Measurement[C]//Proceedings of the Second World Congress on Industrial Process Tomography, August 29-31. Germany: Hanover, 2001:493-501.
- [5] 王海燕,朱孟府.清洗消毒机程序式控制系统的设计[J].医疗卫生装备,2005,26(10):14-15.
- [6] 张敏.一种新型工业电导信号测量仪的研制[D].浙江:浙江大学信息科学与工程学院,2005:23-32.
- [7] 陈志文.自动换挡水电导率仪的研制[D].河北:河北工业大学,2004:16-18.
- [8] 张立科.单片机典型模块设计实例导航[M].北京:人民邮电出版社,2005:142-168.