

# 基于 ZigBee 的碱液质量分数在线检测系统设计

董方武<sup>1</sup>, 王绍卜<sup>2</sup>, 马子余<sup>1</sup>

(1. 浙江纺织服装职业技术学院, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江万里学院, 浙江 宁波 315100)

**摘要:**针对碱的质量分数检测过程中对监控系统实时性的要求,根据电化学原理,提出了基于 ZigBee 技术的碱液质量分数检测系统。给出了系统的监控网络结构,选用 TI 公司基于 ZigBee 技术的 CC2430 芯片作为系统数据采集与传输、网络管理与数据显示等节点的控制单元,设计了碱液质量分数数据采集电路、监控网络主节点与数据显示电路原理图,并给出了主节点及数据采集节点的程序流程。系统运行结果表明,该系统稳定可靠,抗干扰、能耗低、体积小、成本低,为化工及纺织企业的碱液质量分数检测提供了一种新技术。

**关键词:** ZigBee; CC2430; 碱液质量分数; 检测; 节点设计

中图分类号: TP212.6

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2010.01.029

## 0 引言

在化工及纺织生产中,需要对工艺中的碱液质量分数进行实时检测,由于碱液质量分数的变化大,对不同的工艺碱液质量分数的检测需要使用不同的检测方法,如密度法、折光法、电导法和滴定法等。而这些检测方法具有一定的局限性,检测时需要使用不同的检测设备<sup>[1]</sup>,同时,需要引出工作液,引出机构结构复杂、安装和维护也不方便,实时性较差,设备成本较高,检测精度一定程度受到工艺扰动的影响。根据电化学原理,可通过测量工作液中 OH<sup>-</sup> 离子浓度达到检测碱液质量分数的目的。这种方法可直接检测工作液的碱液质量分数,且基本不受工作液的扰动和其他因素的影响<sup>[2]</sup>。

碱液质量分数自动检测一般使用基于单片机的检测系统,检测信号使用有线方式传输,系统抗干扰、抗恶劣工作环境性能较差。因此,设计一种低成本、抗干扰、抗恶劣工作环境、可靠性高的碱液质量分数检测设备,对提高生产工艺中碱液质量分数检测的性能具有一定的意义。ZigBee 技术作为一种新的无线网络技术,特别适合应用在数据量小、数据格式简单、实时性要求高、工作现场环境恶劣、布线与供电不方便、监控点多且呈簇状分布的监控系统中<sup>[3]</sup>。本文针对碱液质量分数的实时性要求,设计一种基于 ZigBee 技术的碱液质量分数在线监测系统。

## 1 检测原理

根据电化学原理,金属在酸碱盐溶液中与溶液之间存在一定的电位,该电位与溶液中离子浓度之间存在一定的对数关系<sup>[4]</sup>。在 NaOH 溶液中插入金属铁形成一个原电池,如图 1 所示,在金属 Fe 和 NaOH 溶液之间存在一电极电势。根据实验,当温度变化到某一值时,金属上的电势可用下式表示:

$$E = (0.0592/n) \lg K \cdot C \quad (1)$$

式(1)中:  $C$  为金属常数,其值与金属材料有关。因此根据式(1)测量金属上的电势,即可计算出溶液的质量分数<sup>[5]</sup>。

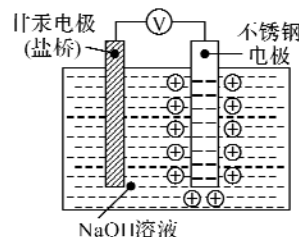


图1 金属电势测量原理图

Fig. 1 Metal potential measurement schematics

## 2 系统设计与实现

### 2.1 检测系统原理

基于 ZigBee 无线传感器网络的碱液质量分数检测系统框图如图 2 所示,系统网络结构为星形拓扑结构。系统中的网络节点分为两类:一

收稿日期:2008-10-10

基金项目:宁波市先进纺织技术与服装 CAD 重点实验室招标项目(2007ZDSYS-A-002)

作者简介:董方武(1964-),男,湖北红安人,副教授,研究方向:数据采集与过程控制,无线传感器网络。

类是主节点,另一类为从节点,可通过软件方式设置,传感器节点设置为简化功能节点(RFD),主要功能是数据采集与发送;主节点及路由节点设置为全功能节点(FFD)<sup>[6]</sup>,负责网络管理、指令控制与数据收发。系统中的从节点与传感器集成,路由节点位置相对固定,主节点与主控制器或计算机系统集成。该系统网络组网灵活,传感器节点可以是一个,也可以是多个或多组,当检测节点与主节点间距离较短时,可省去路由节点。

传感器节点通过碱液质量分数、温度传感器采集工作液的质量分数和温度信息,然后将采集到的数据通过节点的处理器处理后,以无线方式传输到主节点。主节点对所接收传感器节点的信息进行处理后,将质量分数和温度信息在 LCD 上显示,同时通过数据接口电路将传感器节点所采集的数据传输到主控制器或计算机系统进行处理和存储。

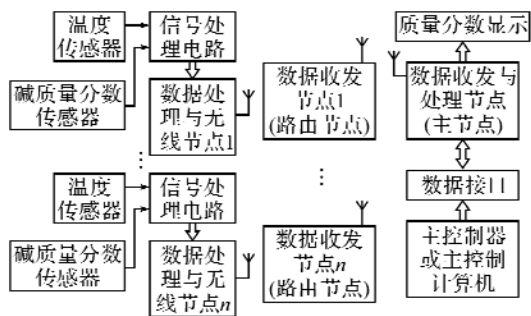


图2 碱液质量分数检测系统框图

Fig. 2 Network structure diagram of lye concentration detection System

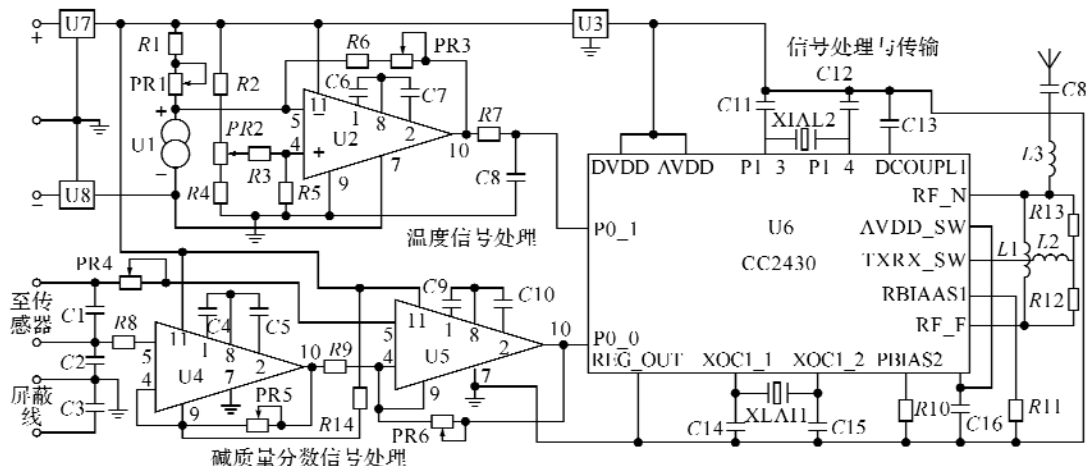


图3 碱液质量分数与温度检测基本电路

Fig. 3 Basic circuit of lye concentration and humidity detection

为了消除工业现场的各种电磁干扰,电极与处理电路之间的连接线路要求尽量短,并采用屏蔽线的方式减少干扰。

## 2.2 传感器节点电路设计

传感器节点的基本电路如图3所示。碱液质量分数检测电路使用两个高输入、输出阻抗的斩波稳零运算放大器 ICL7650<sup>[7]</sup> U4 和 U5 组成差分放大电路,其输入阻抗在  $10^{12} \Omega$  以上,使输入信号不受电路阻抗变化的影响。由于 ICL7650 利用动态校零技术消除了 CMOS 器件固有的失调和漂移,从而摆脱了传统斩波稳零电路的束缚,克服了传统斩波稳零放大器的缺点,使该电路具有有效抑制共模噪声的干扰,以适应工业现场复杂的环境。放大器供电电压为 5 V,通过调节 PR4、PR5、PR6 的阻值使 U5 输出电压为 0~3.3 V。

温度检测电路采用 AD590<sup>[8]</sup> (U1) 作为温度传感器,温度检测范围  $-55 \sim +150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,有较宽的电源电压适应能力,放大器采用 ICL7650 (U2),通过调节 PR1 和 PR3 来调整温度检测范围,使 U2 的输出在 0~3.3 V,PR3 用于调节 U2 的输入失调,电源由 U7 及 U8 提供  $\pm 5 \text{ V}$  电压。

数据处理与传输电路采用基于 ZigBee 技术的 CC2430<sup>[9]</sup> 芯片,内含与 8051 兼容的 CPU、8/14 位的 ADC、128KB 的 RAM 及符合 IEEE802.15.4 标准的 RF 无线收发机。由 U2 和 U5 输出的信号分别通过 P0\_1 和 P0\_0 输入至 U6 内部的 ADC 进行 A/D 转换。当 U6 接到主节点的数据采集指令时,启动中断处理程序,在一段连续时间内对浓度和温度电压信号采样,然后对所采集的数据进行等精密度处理<sup>[10]</sup>,将处理后的质量分数和温度数据存储到指定的存储单元,再以一定的数据格式经 CC2430 的 RF 模块传输至主节点。

## 2.3 主节点电路设计

数据接收与处理基本电路如图4所示。U3 采用 CC2430 芯片作为网络控制器,负责数据采集指

令控制与数据传输及处理. 通过 U3 计时器中断向传感器节点发送检测指令, 传感器节点传输过来的数据经过 RF 模块的处理后, 存储到 CC2430 的指定存储单元, 再调用数据处理子程序, 按式(1)计算被测碱液的质量分数, 然后通过 P1\_1、P1\_4、P1\_5、P1\_6 和 P2\_0 输出到液晶显示器显示对应检测节点的碱液质量分数. 同时将检测节点的质量分数数据

通过 P0\_2~P0\_5 输出到计算机系统, 由计算机系统存储和相应的处理. 液晶显示器采用 TBG128064F 型带中文字库的显示模块. U2 为 RS232 串行接口电路, 采用 MAX232 接口芯片, 实现与上位机之间的通信. 电源供电为 5 V 电压, 通过 U1 向 U3 提供 3 V 的高精度电源. S1 为复位按钮, 复位时经过一段延时后开始节点及网络的初始化.

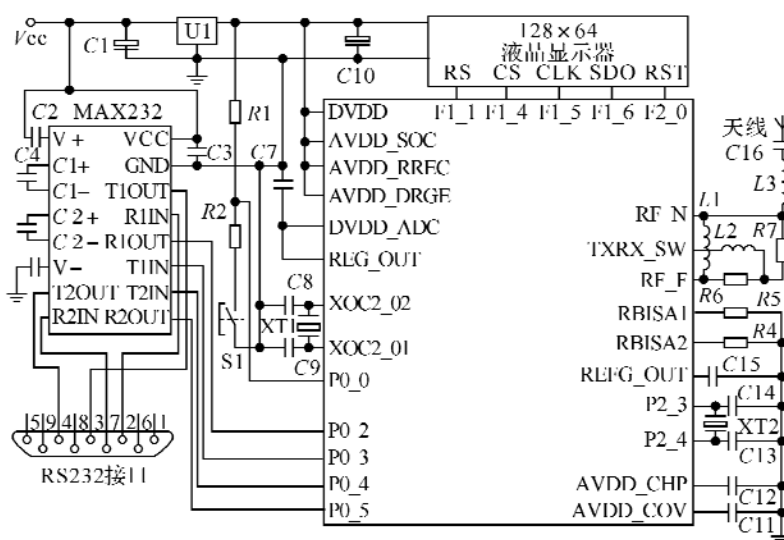


图 4 数据接收与处理基本电路

Fig. 4 Basic circuit of Data receiving and processing

## 2.4 软件设计

碱液质量分数检测系统软件设计采用模块化设计. 检测节点的流程如图 5 所示, 主要功能是进行碱液质量分数数据采集与处理、数

据发送等; 主节点的流程如图 6 所示, 由网络管理、无线发射与接收、数据处理、数据显示、数据传输模块等组成, 在数据处理时根据式(1)计算工作液的质量分数.

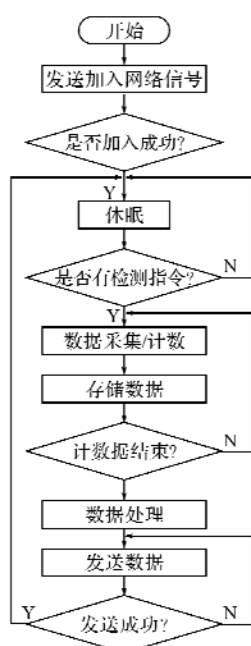


图 5 传感器节点流程图

Fig. 5 Flow chart of Sensor node

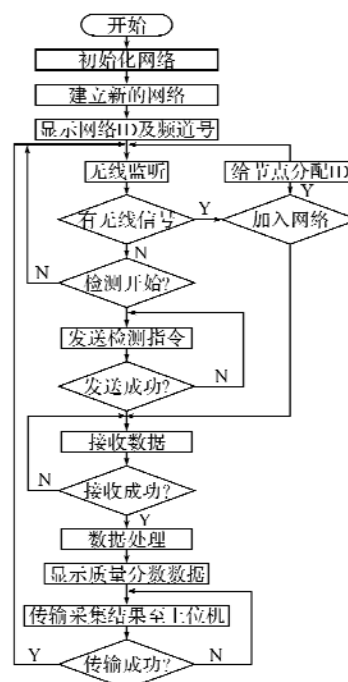


图 6 主节点流程图

Fig. 6 Flow chart of Master node

### 3 检测结果分析

使用上述检测电路测试碱液质量分数的范围为 0~42,检测碱液质量分数的实验样本为:0、

0.25、0.07、0.115、0.175、0.23、0.275、0.325、0.375、0.42 共 10 份,其中 0 和 0.42 质量分数的液体用于调整检测电路的输出信号从 0 V 至 3.3 V,检测结果如表 1 所示。

表 1 碱液质量分数检测结果

Table 1 Test results of lye concentration (temperature of 25 °C)

滴定质量分数	0.25	0.07	0.115	0.175	0.23	0.275	0.325	0.375	0.42
检测质量分数	0.247	0.684	0.113 2	0.175 8	0.234 3	0.276 3	0.319 6	0.371 8	0.413 6

注:温度为 25 °C。

### 4 结 语

该碱液质量分数检测系统采用基于 ZigBee 的无线传感器技术,数据传输使用无线方式,有效地克服了工业现场各种干扰,具有实时在线连续测量、操作方便、使用灵活、检测浓度范围广、测量精度高等特点。该系统不仅用于检测碱液质量分数,还可用于检测酸液质量分数,在纺织、化工等行业生产中具有很好的应用价值。

参考文献:

- [1] 陈立秋. 前处理工艺过程中碱溶液浓度的测控[J]. 染整, 2004, (6): 39.
- [2] 林寿英, 林建烽, 聂胜芬. 基于 PCC 的高速公路隧道

- 电力监控系统优化设计[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31(3): 85-86.
- [3] 曲保中, 朱炳林, 周伟红. 新大学化学[M]. 北京: 科学出版社 2002, (1): 86.
- [4] 沈斌, 漆奋平, 江维, 等. 基于 BP 网络的超滤膜分离中药成分的分析与实现[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31(9): 55-58.
- [5] 陈国杰, 徐志民. 基于 ICL7650 程控微电流放大器的设计[J]. 佛山科学技术学院学报(自然科学版), 2001, (12): 8-10.
- [6] 王宏宝. 电子测量[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 27-35.
- [7] 刘殊远, 金太东, 胡博, 等. BP-PID 在锅炉蒸气压力控制中的应用[J]. 武汉工程大学学报, 2009, 31(7): 91-94.

## Design of real-time lye Mass fraction detection system based on ZigBee technology

DONG Fang-wu<sup>1</sup>, WANG Shao-bu<sup>2</sup>, MA Zi-yu<sup>1</sup>

(1. Zhejiang Textile & Fashion College, Ningbo 315211, China; 2. Zhejiang WanLi University, Ningbo 315100, China)

**Abstract:** Aiming at the requirement of real-time monitoring system for measuring the concentration of alkali, according to the principle of electrochemical, the author put forward the monitor system which is based on ZigBee technology for measuring the concentration of alkali and then pictured its network structure. The paper applied the CC2430 chip based on ZigBee technology from TI company to node controllers which function as system data collection and transmission, network management and data display. Then the article devised one circuit schematic for alkali concentration data collecting, network master node monitoring and data displaying. At the same time the article pictured the procedure flow of master node and data collection node. Through the system running, the results show that the system has the following characteristics: stable and reliable, anti-jamming, low-power, small-size and low-cost, So this means it can provide concentration detection of alkali in textile production with a new technology.

**Key words:** zigbee; CC2430; lye Mass fraction; detection; node design

本文编辑:陈小平