

文章编号: 1005-5630(2013)01-0080-04

改进的火焰光度计控制系统*

雷震勇¹, 孙国强²

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: 火焰光度计主要用于检测溶液中碱金属离子浓度, 在医疗、农业、工业中有着广泛的应用。目前, 火焰光度计主要采用单片机电路或通用集成电路构成控制系统, 由于系统可扩展性差, 标定操作复杂, 提出了采用 S3C2440 作为火焰光度计控制系统核心器件的改进方案, 采用 Linux 嵌入式操作系统、触屏操作界面, 用软件实现标定。详细分析了火焰光度计的工作原理、控制系统的硬件设计以及软件实现。整个系统稳定可靠、人机界面友好、操作简便、功耗低和智能化程度高。

关键词: 火焰光度计; 控制系统; 改进方案; S3C2440

中图分类号: TH 744.12 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2013.01.016

Improved flame photometric control system

LEI Zhenyong, SUN Guoqiang

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Flame photometer is mainly used for detecting concentration of alkaline metal ion in solution, and has been widely used in medical care, agriculture and industry. Currently, the flame photometric control system is poor in scalability and too complicated in operation, for it mainly consists of the MCU circuit or general integrated circuit. Therefore, an improved flame photometric control system was put forward, adopting S3C2440 as master chip, using the Linux operating system and touch screen operation interface, with software to realize calibration. Detailed analysis was given for the working principle of the flame photometer, hardware design and software realization of its control system. The whole system is having a friendly man-machine interface, an easy operatability, a high degree of intelligence and a low power consumption. It is also stable and reliable.

Key words: flame photometer; control system; improvement; S3C2440

引言

火焰光度计是根据被测元素的原子或离子受火焰激发后产生的特定波长光谱, 借助罗马金公式, 可对样品中 K、Na 元素进行定量分析的仪器^[1]。火焰光度计是一种相对测量的仪器, 被测样品的浓度值是在统一测试条件下标准溶液浓度的相对值。所以测试前需制备一组火焰光度计标准溶液, 然后进行标定操作, 最后才对被测液样品进行测量。

* 收稿日期: 2012-05-17

作者简介: 雷震勇(1987-), 男, 广西钦州人, 硕士研究生, 主要从事计算机应用技术、嵌入式控制系统方面的研究。

火焰光度计主要用来测量血清中的 Na^+ 和 K^+ 浓度;土壤中碱金属含量;铝矿石中氧化钾、氧化钠含量等。目前,火焰光度计主要采用单片机电路或通用集成电路构成控制系统,数据处理能力有限,系统可扩展性差,标定操作复杂。随着社会的进步,测量仪器必须具备:人机界面友好、操作简便、智能处理、足够高的精度和低功耗等。嵌入式微处理器 ARM 具有强大的事务处理能力,同时具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高等优点^[2]。嵌入式操作系统具有实时、安全、多任务等特点。所以,采用 ARM 作为控制系统的核心,应用 Linux 嵌入式操作系统,设计了一套火焰光度计控制系统。

1 控制系统硬件设计

火焰光度计主要由控制系统、气路、吸液/雾化器、燃烧腔组成,控制系统组成如图 1 所示。系统上电后,ARM 控制电磁阀开启,接通燃气,待燃气到达燃烧腔的火嘴处,再控制点火线圈点火。着火以后要预燃烧 30 min,将腔内杂质燃烧掉,使火焰变纯。系统工作过程如图 2 所示。每次测量前,需用标准溶液进行标定,标定后进行样品液的测量,最后输出、记录测量结果。

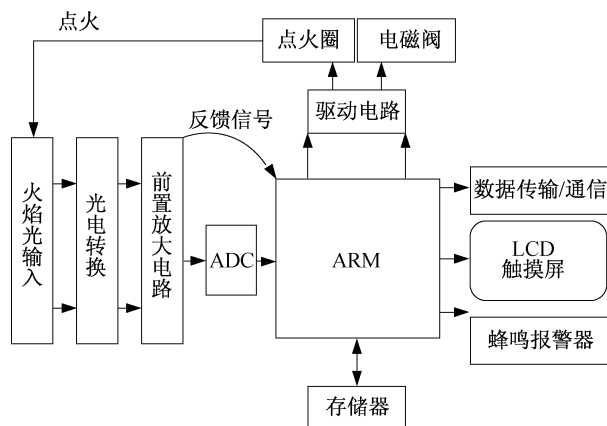


图 1 控制系统组成

Fig. 1 Components of the control system

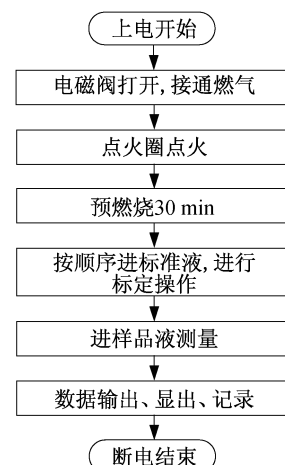


图 2 系统工作过程

Fig. 2 The working process of the system

由三星公司设计的基于 ARM9 的嵌入式微处理器 S3C2440 构成控制系统硬件的核心部分。S3C2440 芯片集成 LCD 专用 DMA 控制器,提供了触摸屏接口、2 路 USB 主机控制、1 路 USB 设备控制、3 路 URAT。存储器控制器提供访问外部存储器所需的存储器控制信号。内部集成有 8 路 A/D 转换模拟信号输入通道 A/D 转换控制器,转换精度为 10 bit。系统有两个可切换量程:小量程(K:0.0~19.9 mmol/L;Na:0~199 mmol/L);大量程(K:0~80 mmol/L;Na:0~800 mmol/L)。为满足检测限、线性误差、精度的相关要求^[3],A/D 转换器采用 TI 公司 16 bit 的 TLC3574。硬件关键部分是通气、点火、报警控制电路和信号处理电路。

火焰光经过干涉滤光片分光,再经光电池光电转换,得到电流信号。经前置放大、量程切换和 A/D 转换电路处理后将信号送给 S3C2440,如图 3 所示。图中,IC 为精密运放 OP07,SGM3002 为低导通电阻的高性能数字控制模拟开关,由 S3C2440 发送控制信号控制 SGM3002 转换开关来分别选择 Na、K 两路信号的不同放大比来进行量程切换。

S3C2440 通过通用输入/输出口(general purpose input/output,GPIO)控制继电器间接控制电磁阀开启、点火圈点火及蜂鸣器报警,电路图见图 4。

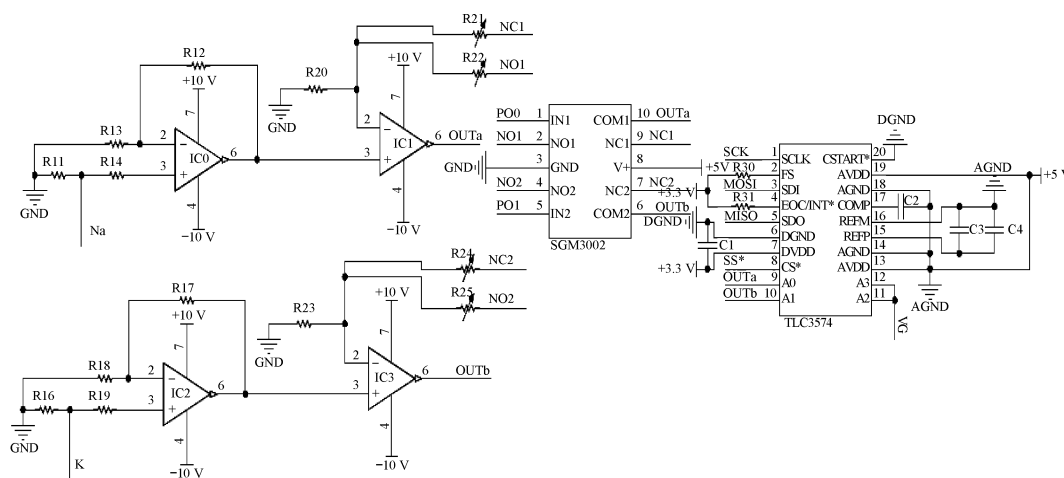


图 3 前置放大、量程切换和 AD 转换电路

Fig. 3 Circuit of preamplifier, switch range and AD transform

2 控制系统软件设计

控制系统基本框架为：嵌入式微处理器(S3C2440)、外围硬件电路、嵌入式操作系统(Linux)和嵌入式图形用户界面(graphical user interface, GUI)。本设计采用可视化的基于 Qt 的 GUI 工具 Qt Creator 去编写应用程序,生成 X86 架构的二进制文件,再用 Qt/Embedded 库对整个工程进行交叉编译链接,得到在 S3C2440 平台上运行的可执行文件。软件包括启动程序、操作系统、设备驱动程序和用户应用程序等。系统软件工作流程图如图 5 所示,控制系统中的 LCD、A/D 转换、触摸屏、串口和 USB 都作为字符设备^[4-6],它们的驱动程序加载到 Linux 内核中,操作系统通过子程序调用实现设备访问。加入异常处理,保证系统的可靠性。系统的设置、标定和参数调整、数据的处理和自动保存等,都可从控制系统操作界面中直观看到,操作方便。

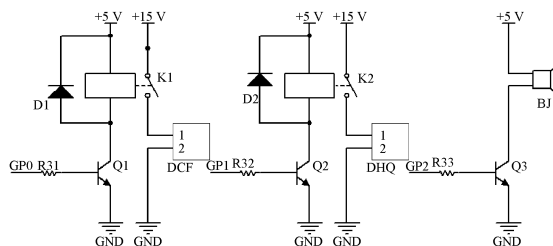


图 4 电磁阀、点火圈、蜂鸣器驱动电路

Fig. 4 Driving circuit of electromagnetic valve, ignition circle and a buzzer

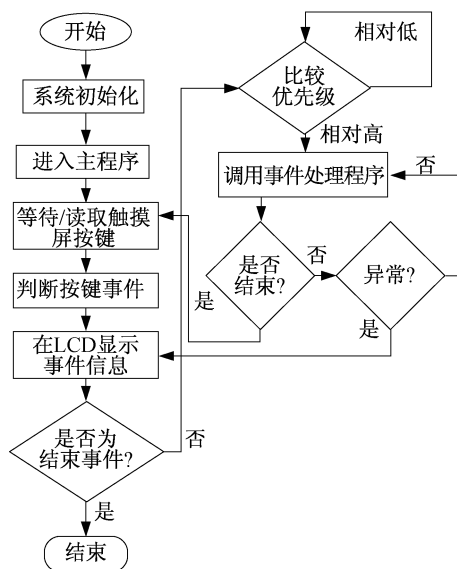


图 5 系统软件工作流程图

Fig. 5 System software flow chart

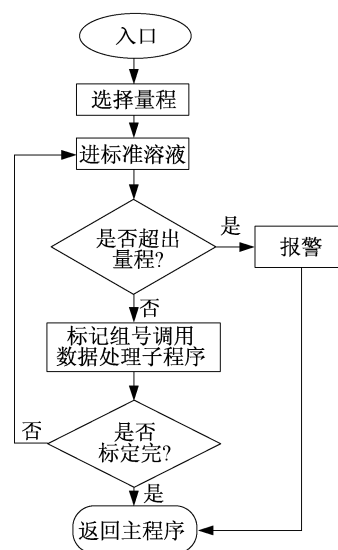


图 6 标定子程序流程图

Fig. 6 Flow chart of calibration's subroutine

其中,应用程序主要包括标定、测量、记录存储、显示、打印、能耗管理等。

图 6 为标定子程序流程图。标定是为了消除仪器硬件老化和环境参数变化(如:零漂和温漂)引起输出结果的变化,对仪器进行校正,确保测量结果的准确性。标定程序分别记录 Na、K 标准溶液的一组测量数据,并对数据进行线性拟合,求取线性回归中斜率、截距与相关系数,得到线性方程,测量时将测量值代入方程处理,得出测量结果。

3 标定过程中线性拟合实验结果分析

以表 1 的数据为例,设表中标准值为钾元素 1~8 号标准溶液对应的标准浓度值,响应值分别为标定时仪器对应的显示值。如图 7 所示,经过回归直线方程的求取,可得斜率 $a=0.9965$,截距 $b=-0.015138$,即回归直线方程为 $y=0.9965x-0.015138$,

相关系数 $R=0.999904$ 。此程序算法结果与在 Excel 中线性回归方程拟合结果相符(见图 8)。证明了线性拟合的准确性。对被测样品液中钾离子浓度检测时,系统将自动把响应值代入标定过程线性拟合所得的回归方程中,得到并输出显示准确测量结果。

表 1 回归直线方程求取示例数据

Tab. 1 Sample data to calculate regression equation

序号	标准值	响应值	序号	标准值	响应值
1	0.4	0.3	5	6.0	5.9
2	1.0	1.1	6	8.0	8.3
3	2.0	1.9	7	10	9.9
4	4.0	4.2	8	20	19.9

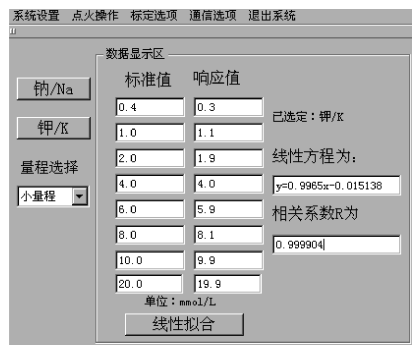


图 7 线性回归方程拟合

Fig. 7 Linear regression equation fitting

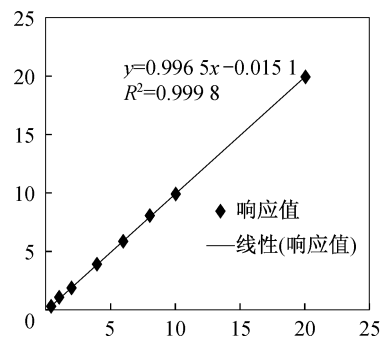


图 8 在 Excel 中的线性回归方程拟合

Fig. 8 Linear regression equation fitting in Excel

4 结论

本系统采用嵌入式微处理器 S3C2440 作为控制核心,硬件性能良好,精度满足要求;用软件的方法来实现标定,操作简便。为满足人机界面友好、智能程度高、精度准确、功耗低的火焰光度计控制系统提供了一种简易可行的改进方案。为测量其它碱金属如 Li、Ca 等液体样品浓度的火焰光度计的设计提供了新思路。

参考文献:

- [1] 全国物理化学计量技术委员会. JJG 630—2007, 火焰光度计检定规程[S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2007.
- [2] 张绮文, 王廷广. ARM 嵌入式应用开发完全自学手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009: 1—3.
- [3] 北京分析仪器研究所. JB/T 10058—2000, 火焰光度计技术条件[S]. 北京: 国家机械工业局, 2000.
- [4] 黄建明, 刘宝林. 基于 S3C2440 多路 A/D 转换 Linux 驱动程序设计[J]. 微计算机信息, 2011, 27(9): 104—111.
- [5] 於琪建, 张海峰. Linux 输入子系统在触摸屏驱动上的实现[J]. 机电工程, 2009, 26(3): 32—34, 101.
- [6] 唐 浩, 代少升. Qt/Embedded 在 S3C244 平台上的移植与开发[J]. 电视技术, 2010, 34(10): 32—35.