

# 基于 S3C2440A 的嵌入式余氯信息检测装置

刘 杰, 肖伸平, 周金峰

(湖南工业大学 电气与信息工程学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 分析了国内水厂余氯检测设备的优缺点, 提出了基于 S3C2440A 的嵌入式余氯信息检测方案。该方案以 S3C2440A 处理器为硬件平台, 引入了嵌入式 Linux 操作系统, 设计了余氯检测装置的硬件、设备驱动程序及 GUI 应用程序。

**关键词:** ARM; 余氯; 嵌入式 Linux; Qt/Qt4

**中图分类号:** TU991.21

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2010)06-0089-04

## Embedded Residual Chlorine Detection Device Based on S3C2440A

Liu Jie, Xiao Shenping, Zhou Jinfeng

(School of Electrical and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** Analyzes the merits and shortcomings of chlorine detecting equipments in the current domestic water plants. Proposes an embedded residual chlorine detection program based on S3C2440A, in which the S3C2440A processor is used as hardware platform, embedded linux operating system is introduced, and the hardware, device drivers and GUI application program of residual chlorine detector are designed.

**Keywords:** ARM; residual chlorine; embedded Linux; Qt/Qt4

## 0 引言

随着我国经济的高速发展, 水污染日益严重, 饮用水污染尤为突出。据权威监测机构表示, 我国不少地方自来水厂仍采用定时取样法监测余氯, 未对自来水余氯进行在线检测及控制。自来水中余氯过低不能对自来水完全消毒, 很有可能导致公共卫生事件; 余氯过高不仅会加重对管道内壁的腐蚀, 缩短管道使用寿命, 且余氯过高的自来水会对人体造成一定损伤。自来水的水质关系到人们的切身利益和身体健康, 因此, 必须对自来水中的余氯进行实时在线精准检测。

目前市面上的在线余氯检测装置大多采用单片机为主控制器, 由于自身资源和性能的限制, 需要较多外围扩展电路, 在水厂湿度高的环境下运行, 极易受

到湿度的影响而使得整个系统的可靠性和稳定性得不到保证。针对上述问题, 以 ARM920T 内核的 S3C2440A 作为嵌入式微处理器, 并移植嵌入式 Linux 操作系统, 设计一种余氯在线实时检测装置, 旨在增强网络支持及并发处理能力, 提高系统稳定性, 从而提高余氯检测精度。另外, 为该检测装置设计了极其友好的 GUI (graphical user interface, 即图形用户接口) 界面作为人机接口, 增加了系统的可操作性。

## 1 系统硬件设计

嵌入式余氯信息检测装置的硬件设计方案采用 S3C2440A 核心板加外围扩展模块的方式。核心板的主要资源有: CPU, 64 M 的 SDRAM, 128 M 的 Nand Flash,

收稿日期: 2010-09-08

基金项目: 湖南省科技计划基金资助项目 (2009FJ3152), 湖南省自然科学基金资助项目 (10JJ6098), 湖南工业大学研究生创新基金资助项目 (CX1012)

通信作者: 刘 杰 (1983-), 男, 湖南新化人, 湖南工业大学硕士研究生, 主要研究方向为微机工业控制技术,

E-mail: jieliu331@163.com

2 M 的 Nor Flash, 复位电路, 12 MHz 的系统时钟源, 32.768 kHz 实时时钟 (RTC) 及 GPIO 接口等。外围扩展模块包括: 电源, 网络接口, RS232 接口, 余氯信息检测模块, 键盘, 触摸屏等。系统结构框图如图 1 所示。

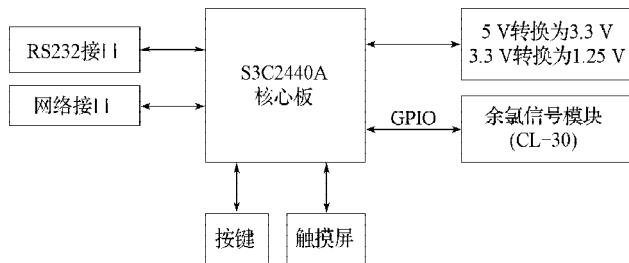


图 1 系统结构框图

Fig. 1 System structure diagram

余氯信息检测模块采用某公司的 CL-30 型传感器 (三电极的覆膜式电流式传感器) 采集余氯信号, 生成  $0 \sim 2.0 \mu\text{A}$  的电流, 通过前置放大电路变换为  $0 \sim 3.3 \text{ V}$  的电压, 经 GPIO 接口传输到 S3C2440A 处理器中。前置放大电路如图 2 所示。余氯传感器是余氯信号检测模块的核心部分, 其输出电流值的大小直接影响到余氯采集的精确度, 为了排除工作电极与对电极电位不稳定而引起的误差, 确保流经工作电极与参比电极之间的电流与被测次氯酸浓度成正比, 使余氯传感器的信号数据更为精确, 本设计采用恒电压仪器供电<sup>[1]</sup>, 图 2 中 U1A 及其它元件构成恒电位仪电路。

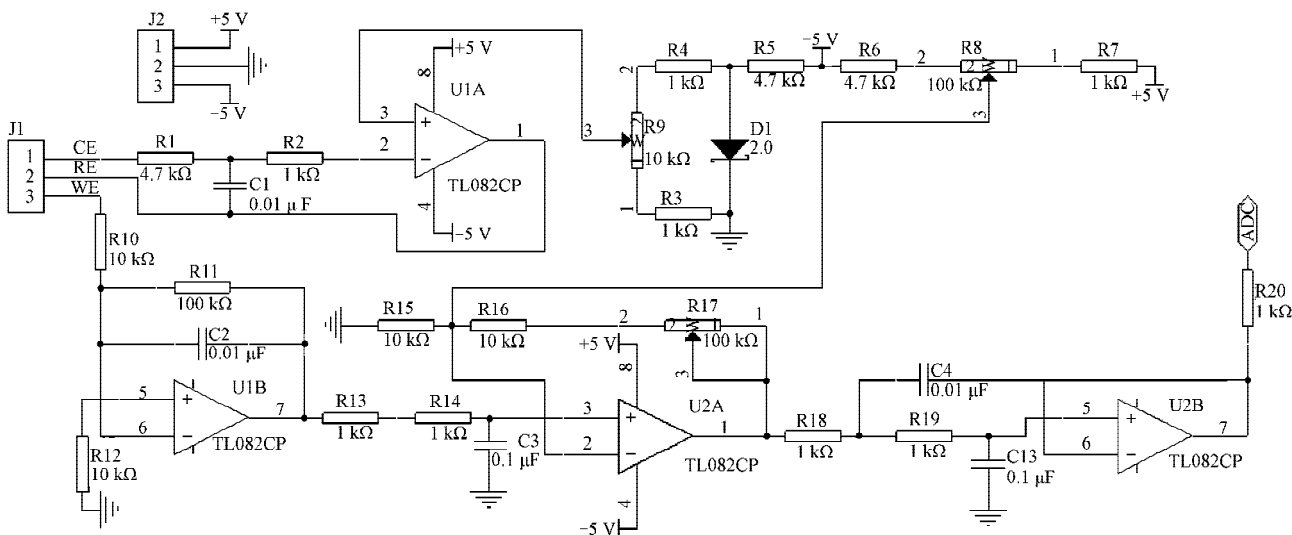


图 2 前置放大及恒电位仪电路

Fig. 2 Preamplifier and measured circuit

该检测装置采用  $\pm 5 \text{ V}$  双电源供电, 其中  $-5 \text{ V}$  电源主要用于前置放大电路及恒电位电路供电, 通过降压芯片 LM1117-33 和 MAX8860EUA18 将  $+5 \text{ V}$  分别转化为系统所需要的  $3.3 \text{ V}$  和  $1.25 \text{ V}$ 。网络接口模块采用 DM9000 网卡芯片, RJ45 连接头内部已经包含耦合线圈, 使用普通的网线即可连接该装置至路由器或交换机。RS232 接口通过 UART0 做 RS232 电平转化, 与 PC 机相互通讯。键盘电路设计 3 个独立按键, 采用短接帽与 GPIO 引脚连接, 便于调试系统的软硬件。显示模块显示余氯数值及运行状态, 采用 NEC3.5 寸触摸屏, S3C2440A 有自带的显示控制器, 只需连接对应的控制线和地址线即可。

## 2 系统软件设计

本系统的宿主机使用 Fedora9 Linux 操作系统, 在此基础上构建嵌入式 Linux 开发环境。采用 arm-linux-

gcc-4.3.2 交叉编译器进行程序编译, 用 Qtopia2.2.0 嵌入式图形界面开发平台编写界面程序, 在该检测装置中移植的 Linux 2.6.29.4 内核版本的嵌入式 Linux 系统的根文件系统采用 yaffs2 形式。该检测系统软件部分主要包括: Linux 移植、驱动程序和 GUI 应用程序。

### 2.1 Linux 移植

Linux 一般分为 Bootloader 的编写和移植、Linux 配置与构建及 Linux 文件创建 3 个步骤<sup>[2]</sup>。Bootloader 采用韩国三星公司的 Bootloader(vivi), 在相应的目录下执行 #make menuconfig, 将配置好的 Bootloader 通过 JTAG 板烧写到 Nand Flash 中。Linux 配置采用缺省内核配置文件, 在 Linux2.6.29.4 目录下执行命令 #make menuconfig 配置内核, 再执行 #make zImage 命令对配置好的内核进行编译, 生成 zImage 文件。在存放 root\_qtopia 的目录下执行命令 #mkyaffs2image root\_qtopia.img, 利用根文件系统制作工具 mkyaffs2image, 将 root\_qtopia 生成

对应的映像文件。分别将vivi, zImage, root\_qtopia.img下载到检测装置的Nand Flash相对应的地址,按复位键重启系统,如正常启动,则移植系统成功。

## 2.2 设备驱动程序

在Linux中,驱动程序是内核的组成部分,是系统的基础。驱动程序与Linux内核结合有2种方式:一种是将其作为内核的一部分,直接编译到内核中,即静态编译;另一种是单独作为一个模块编译,在需要时再动态地把它加载到内核,不需要时也可从内核中删除,即动态连接<sup>[3]</sup>。本设计使用动态连接方式进行加载,以便于调试。修改kconfig执行命令#make menuconfig,出现驱动界面,在对应的位置显示xxx\_module驱动并按空格键选择为M,表示该驱动采用模块加载。修改Makefile文件,在对应的位置添加obj-\$(CONFIG\_XXX\_MODULE)+=xxx\_module.o,将内核配置与驱动源代码联系起来,执行命令#make modules,编译生成内核模块文件xxx\_module.ko,此模块文件下载到检测装置相应的目录,执行命令#modprobe xxx\_module加载。移植的嵌入式Linux系统中自带有网络、串口、触摸屏等驱动。

本系统的底层设备驱动主要是余氯传感器的驱动,该驱动实质就是ADC驱动,按照ARM集成的ADC时序读取余氯传感器信号,转化为数字信号传输给主程序。当驱动加载入内核之后,首先要调用yulv\_init()函数,在这函数中完成驱动程序的初始化,这其中包括物理地址的映射、中断注册、管脚和相应寄存器的初始化等<sup>[4]</sup>。程序初始化主要代码如下:

```
static _init yulv_init(void){
    int ret;
    yulv_clk = clk_get(NULL, "yulv"); /* 获取余氯信号ADC时钟 */
    clk_enable(yulv_clk); // 能使时钟
    yulv_base = ioremap(S3C2440_PA_ADC, 0x20);
    /* 将端口空间映射到内存的虚拟地址, S3C2440_PA_ADC为首地址, 0x20为长度 */
    ret = misc_register(&yulv_miscdev);
    if(ret < 0){
        printk(DEVICE_NAME "can't register miscdev on minor=%d(%d)\n", MISC_DYNAMIC_MINOR, ret);
        return ret; } /* 将YULV注册为misc设备, MISC_DYNAMIC_MINOR为次设备号 */
    return 0;
}
```

本系统中YULV驱动与触摸屏驱动共用ADC相关的寄存器,为了避免多进程访问相同的资源而导致竞态,采用信号量来实现资源的互斥访问。声明并初始

化一个信号量DELARE\_MUTEX(yulv\_lock),应用程序通过指针&yulv\_fops调用的yulv\_open()函数来打开YULV驱动程序,调用yulv\_read()函数,启动某通道ADC转换并读取转换后的数据,这过程包括尝试获取信号量(加锁)、对ADC物理寄存器操作,主要代码如下:

```
If(down_trylock(&ADC_LOCK)){
    Return-EBUSY;}
unsigned int tmp;
tmp=(1<<14)|(255<<6)|(1<<3)|(1<<0);
writel(tmp,adc_base+S3C2440_ADCCON);
/* 设置预分频器、通道并能使,开始AD转换 */
interruptible_sleep_on(&adcdev.wait);
// 休眠用户,等待转换结束后,再将其唤醒
ret = ADCDAT0;
// 转换结束,数据存储在ADCDAT0寄存器中
ret &= 0x3ff;
copy_to_user(buff, (char*)&ret, sizeof(ret));
/* 将转换结果传递给用户程序 */
```

通过writel()对ADCCON寄存器的相应位进行了设置,copy\_to\_user()将ret这个在内核空间局部变量中10个字节的数据传递给用户空间。字符设备驱动程序系统调用都是通过file\_operations结构体<sup>[4]</sup>集合的,对于本程序,定义如下:

```
static struct file_operations yulv_fops {
    .owner: THIS_MODULE,
    .open: yulv_open,
    .read: yulv_read,
    .release: yulv_release,};
```

## 2.3 GUI设计

采用Qt2 designer软件作为GUI设计软件。将设计好的yulv.ui通过uic命令生成对应的.cpp和.h文件。利用Qt信号与槽的原理,建立信号与槽之间的连接关系,按钮作为信号,对应的功能函数作为槽,通过按钮的操作来实现对功能函数的调度<sup>[5]</sup>。修改.cpp文件,将功能函数与对应的槽联系起来,编写.pro工程文件,通过执行#make命令,调用Makefile生成可执行文件,同时编写yulv.desktop文件。将生成的可执行文件与yulv.desktop文件下载到装置的对应目录下,功能函数流程如图3所示。

## 3 结论

与传统余氯检测装置相比,该装置具有如下优势:1)该装置充分利用嵌入式Linux系统和ARM芯片的优势,减少了外围扩展电路,提高了系统的稳定性;有了操作系统的支持,调度和硬件驱动等无需从底层开始设计,降低了开发难度。2)Linux内核支持TCP/

IP 等协议, 管理员可以登录装置的 IP 地址, 实现对余氯的远程监控。3) 该装置通过图形界面对其操控, 便于人机交互, 操作简单方便。本文中设计的余氯检测装置功耗低、维护简单、开发成本低, 应用前景十分广阔。

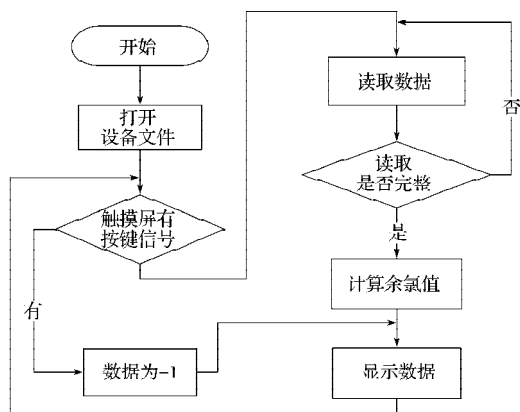


图3 功能函数流程图

Fig. 3 Performance function Flowchart

#### 参考文献:

- [1] 刘升. 余氯检测系统的研究与设计[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.  
Liu Sheng. The Research and Design of Examining Residual Chlorine System[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2007.
- [2] 宋凯, 严丽平, 甘岚, 等. ARMLinux 在 S3C2410 上的移植[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(16): 4138-4140.  
Song Kai, Yan Liping, Gan Lan, et al. Porting ARM Linux to S3C2410[J]. Computer Engineering and Design, 2008, 29(16): 4138-4140.
- [3] 宋宝华. Linux 设备驱动开发详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.  
Song Baohua. Guide to Linux Device Driver Development[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2008.
- [4] 苗忠良, 宛斌. Qtopia 编程之道[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.  
Miao Zhongliang, Wan Bing. Qtopia Programming[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009.
- [5] 韦山东. 嵌入式 Linux 应用开发完全手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.  
Wei Shandong. Guide to Embedded Linux Application Development[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2008.
- [6] 孔德辉, 梁鑫, 杨扬. 嵌入式 Linux 下 ADC 的驱动程序实现与应用[J]. 现代电子技术, 2008(22): 33-35.  
Kong Dehui, Liang Xin, Yang Yang. Implement and Application of ADC Driver about Embedded-Linux[J]. Modern Electronic Technology, 2008(22): 33-35.
- [7] 胃静庄. 嵌入式系统设计与开发实例详解[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.  
Wei Jingzhuang. Detailed Examples of Embedded System Design and Development[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics & Astronautics press, 2005.
- [8] 孙琼. 嵌入式 Linux 应用程序开发详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.  
Song Qiong. Guide to Embedded Linux Development[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2006.
- [9] 田磊. 基于 S3C2440 嵌入式系统的远程抄表监控系统设计[J]. 电子质量, 2009(3): 41-42.  
Tian Lei. Design of the Monitoring and Control for the Remote Reading System Based on S3C2440A's Embedded System[J]. Electronics Quality, 2009(3): 41-42.
- [10] 蔡理金, 王逢东, 王丽洁. S3C2440A 嵌入式手持终端电源管理系统设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2009(9): 28-31.  
Cai Lijin, Wang Fengdong, Wang Lijie. Power Management System for Embedded Portable Terminal Based on S3C2440A[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2009(9): 28-31.

(责任编辑: 李玉珍)