

基于嵌入式 Linux 的扫描式荧光检测仪的实现*

Scanning Fluorometer Instrument Which Based on Embedded Linux System

熊有邦¹ 闵小平^{1,2} 葛胜祥² 张晶² 李亮亮¹

(1 厦门大学信息科学与技术学院计算机科学系;福建 厦门 361005;

2 厦门大学国家传染病疫苗与诊断试剂研究工程中心,福建 厦门 361000)

摘要

设计了基于嵌入式 Linux 操作系统的以荧光作为检测媒介的扫描式荧光检测仪。仪器以三星公司 S3C2440 为处理器,自主设计电源模块、光学模块、数模转换模块、电机控制模块及相关外围电路,进而控制整个仪器良好运转,实现了对荧光试纸条 CRP 浓度信息的采集。简单介绍扫描式荧光仪工作原理、硬件电路设计和软件设计,重点介绍扫描式荧光仪 AD7707 通信工作。

关键词:CRP,嵌入式 Linux 系统,荧光检测,AD7707

Abstract

This paper designs a scanning fluorometer Instrument which based on embedded Linux system,it used Fluorescence as detected medium,and Uses Samsung s3c2440 as Processor,and designs an Appropriate Optical module,an AD Conversion module.Motor control module to make the instrument work normally.it's main goal is to receive the Concentration of CRP.this paper makes a simply Introduction of Hardware design,software design.and makes a primary introduction of how to comutate with AD7707.

Keywords:CRP,embedded Linux system,Fluorescence detect,AD7707

扫描式荧光仪用于检测荧光试纸条 CRP 浓度信息,CRP,即 C-反应蛋白(C-Reactive protein,简称 CRP)。现有的国内外荧光定量检测仪仅能够读取纸条测试结果,无法自动完成复杂侧向流检测所涉及的各个操作步骤,这在一定程度上限制了其应用范围。因此,扫描式荧光仪的研制,不仅能实现侧向流纸条的荧光定量检测,而且能够完成复杂免疫层析侧向流反应的自动化操作,提高纸条的允许加样量,改善侧向流纸条检测的准确性、灵敏度、重复性及灵活性,满足高速增长 POCT 快诊市场的更高需求。

1 扫描式荧光仪检测原理

1.1 纸条检测原理

采用聚苯乙烯/丙烯酸共聚微球合成荧光试纸条,其中内嵌有时间分辨荧光铕合成荧光微球,当 UV LED 灯将紫外光照射在荧光试纸条上,与其上荧光微球接触,会得到最大发射波长在 613nm 左右的荧光。仪器通过检测获取的荧光信息,即可反演出 CRP 浓度信息。

1.2 光学检测原理

扫描式荧光仪的核心模块是光学模块,光学模块需要降低激发光传输衰减度,提高激发光工作稳定性,及缩小光学模组体积等问题,光学模块设计如图 1 所示。

(1)发射部分

扫描式荧光仪用中心波长为 365nm 的 UV LED 灯作为激发光源,产生紫外光,然后通过透光范围为(320~390nm)的带通紫外滤光片,过滤掉其他光线。最后通过平凸透镜和平凸柱面镜将光线聚焦成一条与纸条上质控线/检测线形状大小相似的细线,投射在检测纸条上。

(2)接收部分

紫外光接触纸条上荧光颗粒产生中心波长为 580nm 的荧

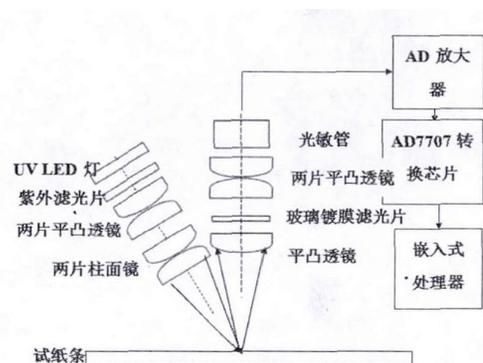


图 1 光学模块设计图

光。经过平凸透镜将荧光汇聚,然后通过一镀膜有色玻璃滤光片,将波长在 580nm 以上的光线过滤掉,最后通过高灵敏度光电二极管对荧光进行接收^[1]。接收的荧光通过 AD7707 模数转换芯片转换成数字信号,并进行后续的计算和显示。

2 扫描式荧光仪硬件平台

扫描式荧光仪设计思想:利用高亮 LED 灯作为激发光源来激发医用纸条上荧光颗粒进而产生荧光,仪器通过电机带动纸条运动从而实时获取所有荧光信息^[2]。再通过 AD7707 数模转换芯片将获取的荧光信息进行数模转换,并将获取的荧光信息实时画波显示在七寸显示屏上,最后根据荧光检测结果和 CRP 浓度之间的定量关系反演出 CRP 浓度。

仪器亦可将以往检测记录保存在嵌入式系统数据库中,方便以后搜索查询,并可通过微型打印机,将信息打印出来。扫描式荧光仪采用 Micro2440 ARM 核心板进行仪器开发,Micro2440 核心板以 S3C2440 为处理器。

扫描式荧光仪硬件设计图如图 2 所示。

*福建省产学研重大专项项目(2012Y4011),新型荧光定量侧向流纸条自动化检测仪的研制

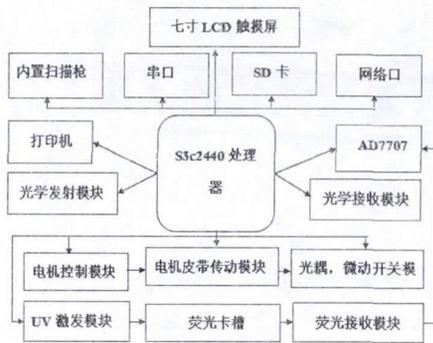


图2 扫描时荧光仪硬件设计图

扫描式荧光仪含有四大主要功能模块,分别为光学模块、电机控制模块、数模转换模块、外设模块。

光学模块中,UV 激发模块发出紫外光,荧光接收模块进行荧光信息接收。

电机控制模块使用 XN6128 芯片控制电机工作,通过光耦把核心板信号进行隔离,增加安全性,减小电路干扰。同时使用两路降压电路为电机提供工作电压。通过光电开关实现电机位置判断,微动开关检测卡槽中是否放置卡条。

数模转换模块中,首先从光电二极管处接受信号,再通过一个前置放大模块对信号进行放大,最后交给 AD7707 进行数模转换。

外设模块中,仪器提供丰富的外设给用户使用,包括 SD 卡,串口,网口,USB 口等外设接口,可扩增仪器内存,方便数据导入导出,实现网络互连,极大的方便仪器使用。

3 扫描式荧光仪软件平台

扫描式荧光仪应用软件使用 Linux 环境下的 QT 开发,QT 是一个跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序框架,它提供给应用程序开发者建立艺术级的图形用户界面所需的所有功能,其最大功能便是跨平台,可支持 Windows、Linux、嵌入式 Linux、Mac OS 等多种操作系统,代码只需做很少改动就可以在多种平台上编译运行。软件执行流程图如图 3。

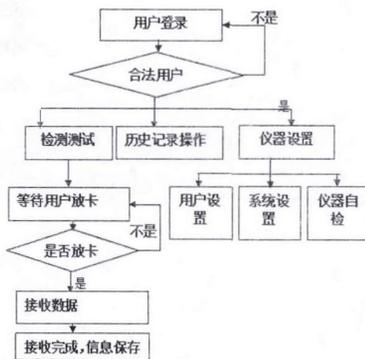


图3 软件执行流程图

应用软件进行检测测试,控制电机带动卡槽出仓,等待用户放卡。软件通过微动开关判断用户是否放置卡条,通过光耦判断卡槽是否到达指定位置。若放卡,此时软件控制 LED 灯点亮,电机带动试纸条移动,程序开辟一个多线程用于实时接收数据,并绘制动态波形。检测完成以后,保存病人姓名,年龄,性别,操作员,检测时间,检测结果等检测记录于 sqlite3 嵌入式数据库中。历史记录操作包括通过内置打印机打印出检测记录或者删除,备份这些检测记录。仪器可通过网络和医院管理系统互连,实现检测信息的快速导入导出。同时,软件拥有用户设置,仪器设置,仪器自检等功能。

嵌入式 Linux 环境下一直缺少一款合适高效的中文输入法,而我们的仪器在进行操作时需要多项中英文信息输入,所以在扫描式荧光仪应用软件中设计了软键盘^[3]。用户只需在文本输入框中进行双击,即可打开该软键盘,软键盘可实现中文输

入、大小写字母输入、数字输入。

4 AD7707 通信设计

在扫描式荧光定量检测仪的研发过程中,最核心的功能就是获取稳定精确的荧光信息,并将之转化为数字信号进行处理,并反演出 CRP 浓度信息。所以需要进行数模转换功能,此处选取的是 AD7707 芯片。

S3C2440 处理器和 AD7707 通过 SPI 总线进行连接通信^[4]。

SPI 总线上只有 AD7707 一块芯片,所以对 SPI 总线读写,即为对 AD7707 设备读写。在 Micro2440 ARM 板中,选择驱动名称为 spidev1.0 的 SPI 设备。打开 SPI 驱动,对应打开 AD7707 设备,方式为 `fd=open("/dev/spidev1.0",O_RDWR);`

AD7707 芯片含 8 片片上寄存器,第一片为通信寄存器,通信寄存器控制通道选择,并决定下一步对哪一片寄存器做读写操作,对所有寄存器的读操作都要从对通信寄存器的写操作开始(包括操作通信寄存器自己本身)。通信寄存器如图 4 所示。

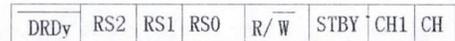


图4 通信寄存器

RS2、RS1、RS0 用于选择下一步操作寄存器,CH1、CH0 用于选择工作通道。在本文中请选择使用 AD7707 的 AIN3 通道, HICOM 模式工作。根据 AD7707 手册,所有的通信工作都要以对通信寄存器做写操作开始。每次读写硬件寄存器后,需要延时片刻。操作流程如图 5^[5]。

5 运行结果及分析

扫描式荧光仪激发紫外光打在检测纸条上,纸条上能获得稳定集中的荧光光带,效果图如图 6、图 7。

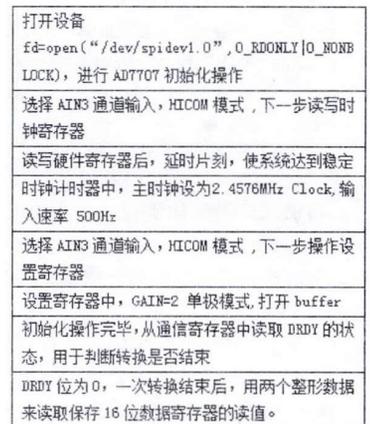


图5 AD7707 操作流程



图6 检测纸条

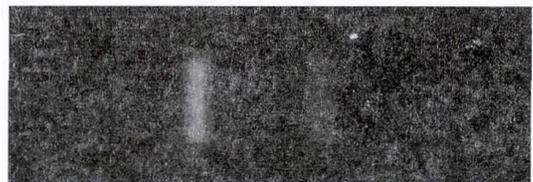


图7 激发光照射试纸条

获得正确荧光数据后,绘制动态波形,并给出最终检测结果,示意图如图 8。

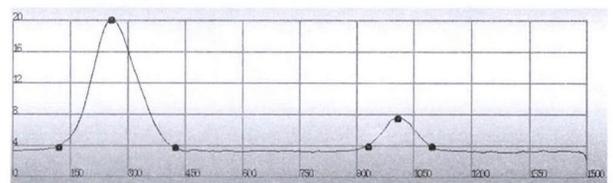


图8 动态波形图

(下转第 13 页)

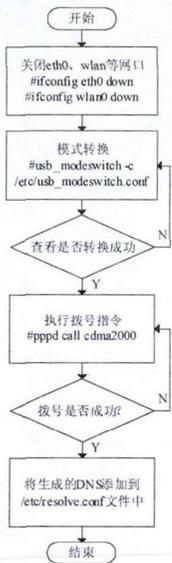


图3 3G上网程序流程图

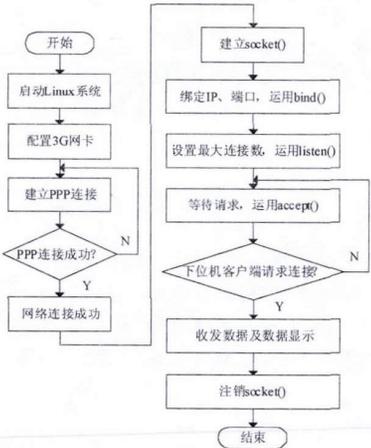


图4 TCP服务器构建程序流程图

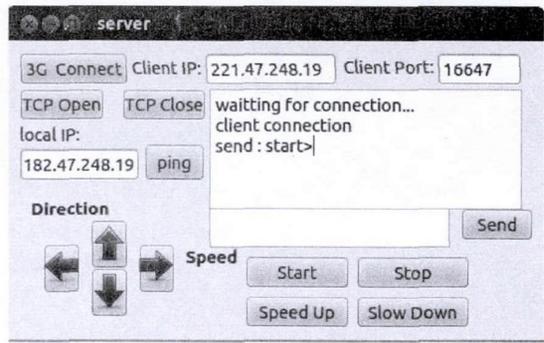


图5 TCP服务器界面

这样可以更好地发挥它的优越性。

参考文献

- [1]王娃女.基于嵌入式 Linux 的 GPRS 远程监控系统研究[D].青岛:青岛大学,2010
- [2]孙德辉,卫革,杨扬.基于 ARM 的 GPRS 远程数据传输系统的设计[J].自动化技术与应用,2010,29(7):26-28
- [3]郭天祥.新概念 51 单片机 C 语言教程[M].北京:电子工业出版社,2009
- [4]王娃女,李春,赵光辉,等.基于 GSM/GPRS 的直流电机远程控制系统[J].青岛大学学报,2010,25(4):15-19
- [5]刘向前,陈益强,陈援非,等.Linux 下 3G 上网卡通用驱动设计与实现[R].中国计算机大会,2009
- [6]曹宁,冯忠义,沙济彰.基于客户/服务器模式的 Socket 网络编程.计算机工程,1999,25(2):72-74
- [7]詹瑾瑜.基于嵌入式操作系统的图形用户界面(GUI)系统的研究与实现[D].成都:电子科技大学,2003

[收稿日期:2013.2.25]

4 结束语

本系统介绍了 GPRS 与 3G 无线网络之间的通信方法,稳定的实现了数据的传输以及上位机的显示,同时下位机能根据上位机发送的指令准确无误的执行,具有体积小,方便携带等优点,同时具有很强的可扩展性,比如增加短信控制,互联网监控,

(上接第 10 页)

获得了荧光检测结果以后,需要反演出 CRP 浓度信息,所以这就需要分析荧光定量检测结果与待测物之间的量化关系。基于标准浓度校准品,采用合适的建模方法,建立“荧光检测结果~待测物浓度”之间的量化数学模型,并进一步检验、验证该模型。重点解决提高荧光定量检测的准确性、重复性及灵敏度等关键问题。现有五组数据,并由该五组数据得到一稳定精确的量化关系图。AT/AC 代表荧光试纸条上检测线和质控线对应波峰的面积之比。

表 1 CRP 浓度和 AT/AC 关系表

CRP 浓度 (ng/ML)	0	0.4	4	40	100
AT/AC(检测线/质控线面积比)	-0.00105	0.016376	0.1384	0.895889	1.872028

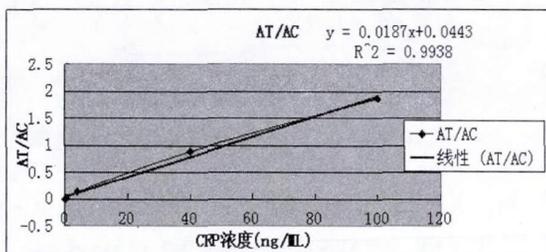


图9 荧光检测结果~待测物浓度量化关系图

由图 9 看出,这五种 CRP 浓度与检测线/质控线面积比之间存在一个良好的线性关系,能达到并满足我们的仪器使用要求。

6 结束语

根据最终检测结果,扫描式荧光检测仪能获得一个稳定,准确的“荧光检测结果~待测物浓度”量化数学模型,即意味着扫描式荧光检测仪可以高效测出 CRP 浓度信息。同时因为采用嵌入式 Linux 系统而使得仪器具有开源,免费,网络性能优异,开发支持者众多等优点。同时系统具有优良的人机界面,交互性好,易于操作,十分便于医务人员使用。

参考文献

- [1]纪建伟,解飞,Jeremy Harbinson.LED 激发光源叶绿素荧光参数在线监控系统[J].农业工程学报,2009,25(4)
- [2]司马伟昌,张玉钧,王志刚,等.多波长 LED 阵列光源叶绿素荧光探测仪电路的单片机实现[J].仪器仪表学报,2007(10):1820-1825
- [3]屈克文,石奋苏.基于 Qt/E4 和 SQLite3 的嵌入式中文输入法的设计[J].计算机应用,2011(S1):149-151
- [4]白复东.嵌入式 Linux 驱动程序的开发[J].信息技术,2009(9):185-186,189
- [5]潘旭兵,林中.嵌入式 Linux 下 AD7707 的驱动程序设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2007,7806:76-79
- [6]杨小容,陈建政.串口 AD 嵌入式 Linux 驱动实现[J].中国测试,2010(2):84-87

[收稿日期:2013.4.28]