

基于嵌入式 Web 服务器病人监护系统设计

刘 军¹, 马文丽^{1,2}, 姚文娟¹, 郑文岭^{1,2}

(1. 上海大学 电子生物技术研究中心, 上海 200072;
2. 南方医科大学 分子生物学研究所, 广东 广州 510515)

摘 要: 远程医疗是基于生物医疗、计算机科学、通讯技术等多学科, 将数据传输、计算机软硬件技术等紧密结合的高新技术。设计了以 ARM 芯片为核心的医学检测设备, 将嵌入式系统应用于病人网络监护系统中, 介绍了其软硬件系统的基本原理、设计思想、实现方法。该终端以 ARM 芯片为控制器, 以 Internet 网络为通道, 实现远程生理数据的传输。该终端具有强大的数据采集和处理功能。实验结果表明, 该移动终端通信可靠、实时性好。

关键词: 嵌入式系统; ARM; 监护系统; B/S

中图分类号: TP368

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)01-0187-03

Design of Remote Care System Based on Embedded Web Server

LIU Jun¹, MA Wen-li^{1,2}, YAO Wen-juan¹, ZHENG Wen-ling^{1,2}

(1. Bio-electronics Research Center, Shanghai University, Shanghai 200072, China;
2. Institute of Genetic Engineering, Nanfang Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: Telemedicine is a new subject that uses the communication technology, internet technology and computer technology to supply medical information to hospitals/doctors and to provide services to patients. In this paper, the embedded system is used in remote care system. The biomedicine instrument based on ARM is designed. The idea of design and the way of application of the system are introduced. The system has powerful functions of data acquisition and processing. Experimental results show that the system has reliable communication and better real-time performance.

Key words: embedded system; ARM; care system; browser/server

0 前 言

随着网络技术和微电子技术的发展, 医疗设备正向着微型化、智能化、网络化、远程化方向的发展^[1]。嵌入式系统技术在近些年来得到飞速发展, 其应用范围渗透社会各个行业^[2]。文中结合目前广泛使用的 ARM 芯片, 给出了一种病人监护中基于嵌入式 Web 的实现方案, 它采用嵌入式 Linux 操作系统, 源代码开放, 应用丰富, 内嵌嵌入式 Web 服务器, 可实现远程病人生理信号的采集、监护, 在某些特殊情况下(比如 SARS)能帮助患者从医院得到隔离诊断。

1 嵌入式 Web 服务器的病人网络监护系统

如图 1 所示, 监护仪采集生理信号, 监护仪和网络互连使医生可以通过终端浏览器实现远程监护。此系

统采用了 B/S 结构^[3], 即 Browser/Server(浏览器/服务器)结构, 此结构是在 WWW 方式下实现信息访问和共享的一种体系结构。在此结构中, 根据超文本传输协议(HTTP)和标准浏览器中输入的统一资源定位器(URL)就可以访问分布在各个 Web 服务器上的信息。B/S 结构解决了 C/S 结构中客户端程序的异构性和跨平台性, 规范和统一了客户端程序的标准—浏览器模式, 完全实现了跨平台访问计算机及其网络上的各种资源。监护仪位于病人的床边, 并连入专门的监护网, 每一个监护仪在网络中都被分配一个 IP。监护仪有两个作用: 一是数据采集, 对病人的体温、血氧、心电等生理信号进行采集、处理; 另一作用是作为嵌入式 Web 服务器, 在监护仪嵌入式系统中运行 Web 服务器程序, 将实时采集到的数据通过网页的形式发布到网上, 在远端的客户端主机上不用开发专门的软件, 只需在已有 IE 浏览器中输入想要查看的监护仪在此网络中的 IP 地址, 就可以实时监护病人的体温、脉搏、呼吸的情况, 医生可以通过客户端的浏览器同时对网络中所

收稿日期: 2008-05-07

基金项目: 国家自然科学基金(39880032)

作者简介: 刘 军(1972-), 男, 江苏淮阴人, 博士研究生, 研究方向为生物医疗仪器。

有病人的情况进行远距离的监护、诊断,大大减轻了医生的工作强度,提高了工作效率。

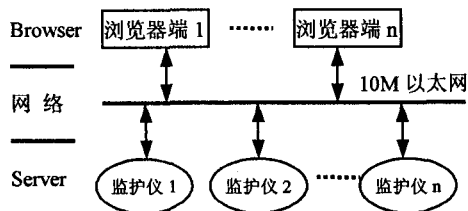


图 1 基于嵌入式的病人网络监护系统

1.1 硬件设计

基于监护系统的实时性和嵌入式 Web 服务器的要求,在硬件设计中,以三星公司的 S3C44B0X 作为系统的控制器(CPU)。监护仪硬件系统由 CPU 模块、存储模块、数据采集模块、串行通信模块、LCD 模块等组成,硬件结构如图 2 所示。

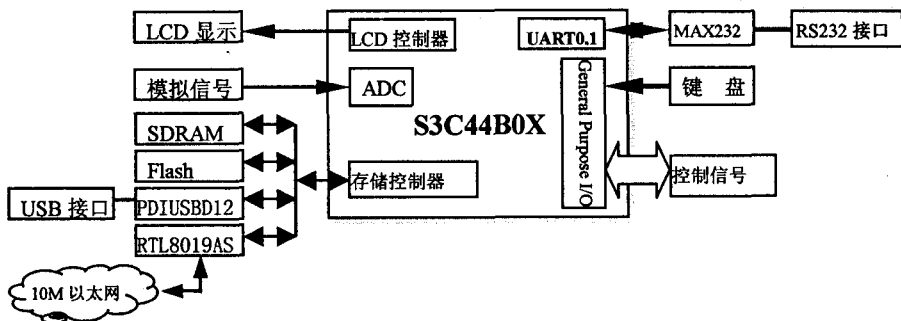


图 2 基于 ARM 的嵌入式监护仪硬件系统结构图

* CPU 模块,选用了 SAMSUNG 公司的 S3C44B0X 作为系统的核心^[4]。S3C44B0X 以 ARM7TDMI 为内核的处理器,工作频率为 66MHz。其片内外围电路包括了 ADC、IIC、IIS、LCD 控制器、UART 等资源,并且提供了 71 位通用 I/O 口和 8 个外部中断,另外可以扩展如以太网控制器、USB 芯片等。

* 存储模块,Flash 存储器采用的是 HYUNDAI 的 HY29LV160,它的单片存储容量为 16M 位(2M 字节)足以容纳当前的嵌入式操作系统。SDRAM 芯片采用的是 HY57V641620,它的存储容量为 4×16 M 位(8M 字节)。

* 采集信号模块,在 S3C44B0X 芯片内部已经集成了 8 路 10 位的 A/D 转换器,由于没有采样保持电路,其最高采样频率为 100Hz,这可以满足对体温、血氧、呼吸等采样频率要求较低的生理信号采集。但是由于呼吸信号和体温信号的频率远小于心电信号的频率,则在确定采样率时是以心电信号为基准。在做常规心电图时,要求系统的带宽为 100Hz 左右,根据 Nyquist 采样定理,采样频率必须不低于 200Hz。因此为平台扩展一片了 ADS774 用于 A/D 转换并选用了直通 throughout 模式,仅用两根控制线 R/C 和 STA-

TUS 线就可以实现 ADS774 与 S3C44B0X 接口。ADS774 的工作原理和时序如图 3 所示。

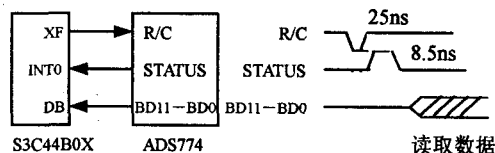


图 3 S3C44B0X 与 ADS774 接口及时序

* 串口通讯模块,S3C44B0X 芯片内部本身就集成了两通道的 UART 控制器,还需要使用 MAX232C 芯片来实现 S3C44B0X 系统的 LVTTTL 与 RS-232-C 标准的电平标准转换。由于 S3C44B0X 内部没有集成 USB 控制功能。平台中采用飞利浦公司的 PDIUSB12 作为 USB 控制芯片,它是完全符合 USB1.1 规范,也能适应大多数设备类规范的设计。

* 网络模块,为了实现网络连接,平台还扩展了以太网口,便于设备能通过以太网将采集到的数据传到远端的诊断机构,实现远程诊断和医疗。在此平台上采用的是 RTL8019AS 芯片作为以太网控制器。其接口框图如图 4 所示。信号地、发送和接收端应通过网络隔离变压器和 RJ45 接口接入传输媒体。

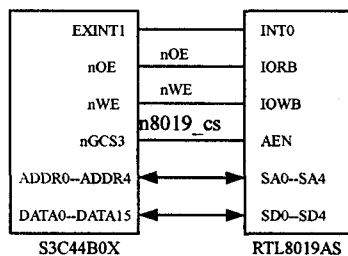


图 4 RTL8019AS 芯片与 S3C44B0X 接口

* LCD 模块,开发平台还利用 S3C44B0 上自带的 LCD 控制器扩展了一块 LCD 显示屏,分辨率为 320x240、尺寸为 3.5"、16 级灰度。这样医疗设备所采集到的数据和经过分析后得出的结果可以直观地显示在液晶屏上,在现场医生便可以了解被观察者的情况。通过 GPIO 还扩展了一个 3×4 的键盘,用于操作者输入控制命令,实现人机交互功能。

通过使用 S3C44B0 芯片与扩展外围芯片,使此硬件平台拥有了强大的计算能力,丰富的信息采集和控制接口,多种信息输入输出接口,友好的用户界面。

1.2 软件设计

嵌入式监护系统软件包括如下三个方面。

1.2.1 嵌入式操作系统

嵌入式监护系统的开发平台是一个比较复杂的系统,需要一个操作系统来完成存储器、任务调度、外围 I/O 设备的管理工作。在开发平台上,选用 μ Clinux 作为嵌入式操作系统^[5]。 μ Clinux 内核采用模块化的设计,在编译内核时可选择和开发的嵌入式设备所需要配置的内核模块,通过对内核的重新配置,可以使系统运行所需要的内核显著减小。另外,由于目前官方发布的各个版本的 μ Clinux 都只支持 S3C4510,所以需要修改 μ Clinux 的源代码使之能够支持 S3C44B0X。内核代码的移植主要的工作包括下面 3 部分:

* 内核配置系统的修改。

μ Clinux 的内核配置系统由 Makefile 脚本文件, config.in 配置脚本文件和配置工具组成。用户在 Linux-2.4.x 目录下执行 Make xconfig(make menuconfig 或 make config)时,相应的界面型配置工具按照配置脚本 config.in 的内容显示可用的配置选项。用户完成配置并存盘退出时,配置信息保存在配置文件 config 中,原有的 config 文件被更名为 config.old。Makefile 根据 config 中的配置信息,构造出需要编译的源文件列表,然后分别编译;并根据 Makefile 中指定的链接器脚本,把目标代码链接到一起,最终形成 μ Clinux 的 Kernel Image。

* 底层代码的修改。

* 目录结构的建立以及平台差异的修改(中断、串口、时钟)。

1.2.2 设备驱动程序

驱动程序是硬件与操作系统之间的接口程序,为操作系统和应用程序提供一个标准的访问接口。根据本平台设备驱动程序包括 RTL8019AS 网络驱动、LCD 驱动、串口驱动等。

1.2.3 应用程序开发平台

基于上述嵌入式操作系统、设备驱动程序所组成的软件平台,还要在平台上面编写多任务的应用程序。通常的办法是针对某个特定的功能设计一个专门的处理任务(进程或线程)^[6],主要包括:数据采集模块、数据存储模块、数据处理模块、人机交互模块、网络通讯模块、控制决策模块等。

为了保证系统的实时性,根据模块的工作性质可以分为两类:实时任务模块和非实时任务模块。对于实时任务,根据轻重缓急及其重要性,将其划分为不同的优先级。与外围硬件交互的任务,如实时数据采集、控制、响应操作员请求等,任务优先级较高,数据处理、数据显示等任务优先级较低。这些任务间通过操作系统提供的信号量、消息、共享存储区等进行相互控

制和数据交换。

另外针对临床各种生理信号的特点,设计了一个算法函数库,其中包括了数字滤波、心率计算、血氧浓度计算、呼吸频率计算等函数。下面简要介绍一下心率计算的算法。心率计算通常是根据心电波形中 R 波的间距来推算得到,设 N 是相邻两个 R 波的间距(即两个 R 波之间有 N 个采样点),由于采样心电信号时采样率为 200Hz,所以 $200/N$ 即为一秒钟内 R 波的个数, $60 \times 200/N$ 即为一分钟内的心跳次数。因此关键在于对 R 波进行准确定位。算法流程如图 5 所示。其中 $F[i]$ 为数据 RAM 中最新的 1024 个心电信号值,一次运算后, FIFO 即被刷新,准备进行下次运算。

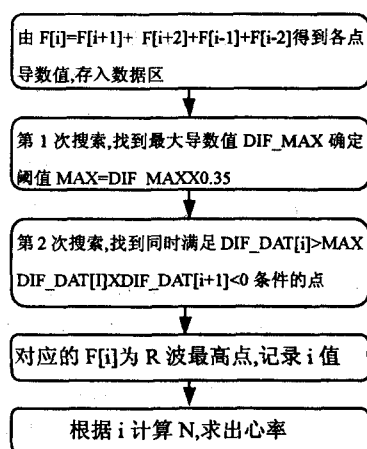


图 5 心率算法流程

2 结束语

文中介绍了基于嵌入式 Web 服务器的病人网络监护系统的基本组成和功能,设计了系统的硬件和软件。文中设计的嵌入式平台系统对新型医学仪器的开发有一定的借鉴作用。

参考文献:

- [1] 朱士俊.我国远程医疗发展现状、难点和对策分析[J].中国信息界,2006(4):60-63.
- [2] 许海燕,傅 炎.嵌入式系统技术与应用[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [3] 刘 波.关于 B/S 和 C/S 架构的探析[EB/OL].2004.
<http://www.zz172.com/eeh/webmasterexperience/14874.html>.
- [4] 三星公司.S3C44B0X User's Guide[M].Korea:三星公司,1997.
- [5] Sloss A N. ARM 嵌入式系统开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [6] 李迎春,孙新亚,朱善君,等.实时多任务嵌入系统的实现[J].计算机应用研究,2003(9):123-125.