

# 基于嵌入式系统的远程多参数监护系统

余 波, 何 为, 王 平, 李雪飞

(重庆大学输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室, 重庆 400044)

**摘 要:**介绍了一套基于嵌入式计算机的远程多参数监护系统的设计原理与实现。该监护系统是以嵌入式计算机为载体, 以人体生物医学方面的心电、血氧、呼吸、血压、体温等信号产生的原理、测量方法和电路的实现为基础。实现了基于无线 GPRS 和 Internet 的心电、血压、血氧、呼吸、体温等多生理参数以及病人视频的远程实时在线监护。

**关键词:** 嵌入式计算机; 多参数监护终端; 远程监护; 无线 GPRS

## Multipurpose Tele-monitoring System Based on Embedded System

YU Bo, HE Wei, WANG Ping, LI Xue-fei

(State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400044)

**【Abstract】** A tele-monitoring system based on embedded computer is presented. The system is based on theories and measurements about vital bio-signals, such as cardiograph, blood pressure, oxygenation of the blood, respiration and body temperature, using embedded computer as baseplate. The system can tele-monitor five vital bio-signals, such as cardiograph, blood pressure, oxygenation of the blood, respiration and body temperature, and patient's online video through GPRS or Internet.

**【Key words】** embedded computer; multipurpose monitoring module; tele-monitoring; wireless GPRS

### 1 概述

随着传感器技术和电子技术的发展, 监护参数不断增多, 由过去的单一参数监护发展为多参数监护。例如由单一的心电监护、血压监护、血氧饱和度监护, 逐步发展成为包括心电、呼吸、血压、血氧饱和度、体温、呼吸末二氧化碳、心输出量及麻醉气体分析等在内的多参数监护仪。但是目前的远程监护是基于 PC 机完成的, 监护设备价格昂贵, 体积庞大。微型便携式多参数监护仪采用低档单片机实现, 功能简单, 只能进行心电信号的采集和显示, 不能实时数据分析, 不便于医务人员监视, 而基于 PC104 的多参数监护仪价格昂贵, 功耗较大, 不能实现长时间的野外监护, 对于一些功能相对简单的监护仪来说, 这又是一种资源的浪费。

嵌入式计算机系统强大的处理能力和网络通信能力能够方便地实现 GPRS 和 Internet 的接入, 把嵌入式计算机系统应用到远程医疗监护系统中具有现实可行的意义。基于嵌入式计算机的远程多参数监护系统不但体积小, 功耗低, 携带方便, 而且性价比高, 目前嵌入式计算机具有接近工控机的性能, 却只需单片机的价格, 研究基于嵌入式计算机的远程多参数监护系统具有重要的价值。

### 2 数据通信平台的构建与研究<sup>[1]</sup>

在远程移动监护中, 数据通信是至关重要的组成部分。从目前通信技术的发展看, 比较流行的通信方式是计算机网络和无线 GPRS 数据通信。

(1) Internet, 监护设备的监护数据通过单位局域网、服务器, 传上互联网, 最后经过医院的服务器到达监护中心。

(2) 无线 GPRS, 监护设备将数据通过无线 GPRS 模块, 经过基站、GPRS 接入网关, 到达互联网, 然后经过医院的服务器到达监护中心。

以上 2 种方式互相补充, 使得该系统具有更大的灵活性

和更广阔的应用范围。

GPRS 是目前解决移动通信信息服务的一种较完美的业务, 它以数据流量计费、覆盖范围广泛、数据传输速度快等优点而得到了广泛的应用。GPRS 是在 GSM 的基础上引入了分组控制单元(PCU)、服务支持节点(SGSN)和网关支持节点(GGSN)等新部件而构成的无线数据传输系统, 其用户能够在端到端分组方式下发送和接收数据。

本系统选用了西门子公司的 GPRS 模块 MC35 来传输多生命参数的数据, GPRS 模块的原理框图如图 1 所示。GPRS 无线模块作为 GPRS 终端的无线收发模块, 把从 TCP/IP 模块接收的 TCP/IP 包和从基站接收的 GPRS 分组数据进行相应的协议处理后再转发。

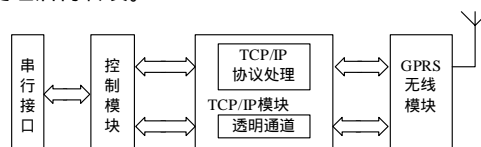


图 1 GPRS 模块原理框架

### 3 多参数监护终端的设计<sup>[2]</sup>

在远程医疗监护系统中, 基于嵌入式计算机系统的多参数监护终端的设计是远程监护的重要组成部分, 在远程监护中发挥着重要的作用。

工作原理: 该监护终端主要由多生理参数检测电路, 基于 AT91RM9200 为核心的嵌入式计算机系统和无线 GPRS 模块构成。多生理参数检测电路主要是负责检测人体的心电、血压、呼吸、体温等生理参数; 嵌入式计算机系统主要是控

**作者简介:** 余 波(1983 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 嵌入式计算机系统和网络通信; 何 为, 教授、博士生导师; 王 平, 讲师、博士; 李雪飞, 硕士研究生

**收稿日期:** 2007-04-23 **E-mail:** fugui22222@163.com

制多生理参数检测电路完成对这些生理数据的采集和处理,在 LCD 或 VGA 屏上的显示、存储以及将这些数据通过 Internet 或者无线 GPRS 模块进行数据的传输。

### 3.1 多生命参数的检测电路设计与工作原理

多生命参数的检测电路主要包括心电、血压、血氧饱和度、呼吸和体温 5 个方面的生理参数的采集和测量:

(1)心电信号采集:采用以 AD620 为核心的仪表放大器实现信号的前置放大,在心电信号的采集过程中需要将测量电极两端的心电信号经过 AD620 放大 7 倍左右,然后让被检测信号通过 0.03 Hz 的高通滤波电路滤除基线漂移,这时检测出的心电信号幅值很小,并且混入了大量的 50 Hz 干扰信号,所以需要滤除 50 Hz 工频干扰,然后需要将心电信号进行放大 143 倍左右,滤除各种高频噪声干扰,最后让心电信号通过电平偏移电路和放大倍数调理电路就可以得到心电信号的原始信号,然后利用嵌入式计算机对心电信号进行数字滤波方式处理就可以得到标准的心电信号了。

(2)血氧饱和度测量:将脉搏血氧仪的探头套在手指上,上臂固定的发光二极管发出光,下臂的光电探测器将透过头部血管的光信号转换成电信号,根据检测得到的电信号的强弱,便可计算出血氧饱和度的值。硬件部分主要由 LED 光源驱动、指套式光电传感器、放大器、基线调节电路、高速 A/D、D/A 等几部分组成。

(3)血压信号的检测:采用了以 MPX5050GP 压力传感器为核心的检测部件来实现。CPU 控制气囊的充气泵对臂带进行充气、控制放气阀进行规律的放气,利用 MPX5050GP 压力传感器检测气囊的压力在这个过程中的波动即可获得血压信息,滤除干扰信号,可以获得血压信号的原始信号,把血压信号经过数字化后利用嵌入式计算机进行血压信号的数字滤波处理,同时利用示波法对血压测量数据进行处理就可以计算出被测量病人的血压数据了。

(4)呼吸信号的检测:首先是采用数字频率合成芯片 AD9833 得到 50 kHz 的信号源,经过交流放大以及 V/I 变换电路就可以得到 50 kHz 的 1 mA 的正弦波恒流源。将此恒流源施加在人体的胸腔上,从测量电极两端提出的是一个被呼吸信号调制的高频调幅信号,对其进行放大、解调,检出高频信号幅值变化的包络线,此即随阻抗变化的信号,最后让阻抗变化信号通过 0.08 Hz~10 Hz 的带通滤波器,滤除直流分量和高频杂波干扰,就可以得到呼吸信号的原始信号,将呼吸信号数字化后,利用在嵌入式计算机系统中作进一步的处理就可获得呼吸信号。

(5)体温信号的检测采用需要采用专门的体温传感器,一般要求传感器的温度测量范围在 20 ~45 之间,并且测量精度一般需要在  $\pm 0.1$  以内,由于体温是平稳变化信号,为了提高测量精度,在 A/D 转化的时候,往往还需要用过采样的方式来提高测量精度。

### 3.2 嵌入式计算机系统的设计及工作原理

远程监护系统终端中的嵌入式计算机主板是根据远程监护系统的需要设计,它是以 ATMEL 公司的 AT91RM9200 处理器为核心,AT91RM9200 具有非常强大的处理能力,工作频率在 180 MHz,峰值指令执行速度在 200 MIPS。

AT91RM9200 具有丰富的存储器接口,支持 NandFlash, SMC, CompactFlash 等存储介质,在设计中采用了 NandFlash 作为存储介质,在嵌入式 Linux 中,NandFlash 被映射成一个文件设备,通过打开文件设备就可很方便地实现对 NandFlash

访问和存储数据。AT91RM9200 通过外扩 S1D13506 显示芯片实现 LCD 和 VGA 显示。在该系统中实现了嵌入式图形用户界面 Qtopia 的移植,可方便用户进行图形界面的开发。AT91RM9200 芯片内部集成了 1 个 Ethernet MAC 10/100 Base-T,通过外扩 DM9161E 可以方便地实现 10 M/100 M 的 Internet 连接,为嵌入式计算机系统的网络通信提供了良好的硬件平台,在系统设计中,为了实现偏远地区没有 Internet 地方的远程监护,在监护终端的系统设计中专门增加了无线 GPRS 模块的接口,为监护数据的传输提供更加灵活的通信方案,使得该系统终端能够得到更加广泛的应用。

### 3.3 操作系统的移植

本嵌入式系统采用了目前流行的嵌入式 Linux 操作系统。由于嵌入式 Linux 系统的使用非常灵活,可以根据用户的需要进行相应的裁减、定制,其强大的网络功能使其在数据通信中具有独特的优势,目前的嵌入式 Linux 在中低端智能信息设备,特别是手持式便携设备中得到了广泛的应用。

在嵌入式计算机主板硬件设计好后,编写了硬件的各个部分的驱动程序,对硬件的各个部分进行了测试,保证嵌入式计算机系统的硬件部分的稳定性和可靠性,然后是嵌入式 Linux 的裁减、定制。在此基础上进行图形用户接口程序 GUI 的移植,最后在此嵌入式计算机平台上进行应用程序程序的开发。

## 4 远程移动监护终端平台的构建与实验<sup>[3-5]</sup>

### 4.1 基于 Qtopia 多生命参数监护应用软件的研发

基于 Qtopia 多生命参数监护的应用软件实现了心电、血氧、呼吸、血压和体温等多生命参数的动态显示和远程数据的传输。

在启动多生命参数进行监护的时候,必须根据用户的设置要求,例如心电信号的采集模式、增益设置、导联方式等相关信息生成采集心电命令数据包,然后发送到多生命参数的采集模块中。多生命参数采集模块根据接收到心电信号的采集命令包,对其进行解码,根据收到的命令,对心电信号的采集模式、增益控制、导联方式进行选择,然后开始心电信号的采集。对于呼吸信号和血氧信号同样需要生成相应的数据命令包,控制多生命参数模块对呼吸和血氧信号的采集。当这些数据命令包都发送完后,最后还需要生成一个数据命令结束包,启动多参数模块在设定的工作模式下实现多生命参数的采集,并且启动定时器,定时读取串口缓冲区的采集数据。

定时读取缓冲区的采集数据流程:对串口 2 进行冗余检查,增加接收数据的合法性。在数据通信的过程中,为了提高通信效率,对数据进行了一定的压缩处理,传送到上位机,所以上位机中必须对一帧数据进行检测,查找数据的帧头,校验数据累加正确否,然后从中提取有效的采集数据。在一帧数据中包含了心电、血氧、呼吸、血压、体温等数据信息,也必须根据事先约定好的通信协议对心电、血氧、呼吸、血压、体温的数据进行有效分离,然后调用绘制波形函数分别绘制心电,血氧,呼吸数据的波形,并显示血压、体温的数值。

### 4.2 多生命参数的远程传输

该嵌入式移动多生命参数监护终端在实现本地监护的同时,也可以实现远程实时监护。当用户启用远程监护的时候,嵌入式计算机首先打开连接在串口 1 上的 GPRS 模块,对 GPRS 模块进行初始化设置,当 GPRS 模块与 PC 机建立连接后,通过 AT 指令可以对 GPRS 模块进行控制,同时也可以

进入到发送监护数据的流程。嵌入式计算机系统将收到的监护数据进行校验正确后,一方面在本地实现数据波形的显示,同时将这些数据通过串口1发送出去。对于嵌入式计算机而言,因为是在全透明的模式下进行数据通信,这种模式下的数据通信完全等同于和PC机直接进行串口通信,但是具体的数据转发过程却是通过GPRS模块对数据进行再次的封装打包,通过GPRS网络,转接到Internet,最后到达医院的数据中心,进行数据解包获得有效的通信数据,然后根据收到的数据进行波形绘制和数值显示。数据通信流程如图2所示。

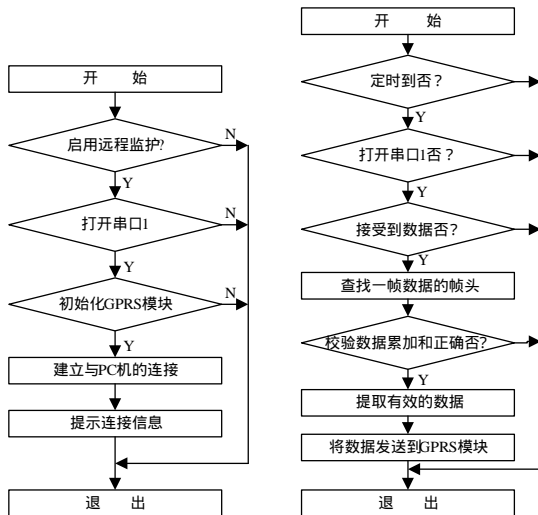


图2 嵌入式移动监护终端的数据通信流程

## 5 视频图片数据的采集与传输实现

### 5.1 USB摄像头工作原理与视频图片采集的研究

获得USB图像数据帧的流程图如图3所示。

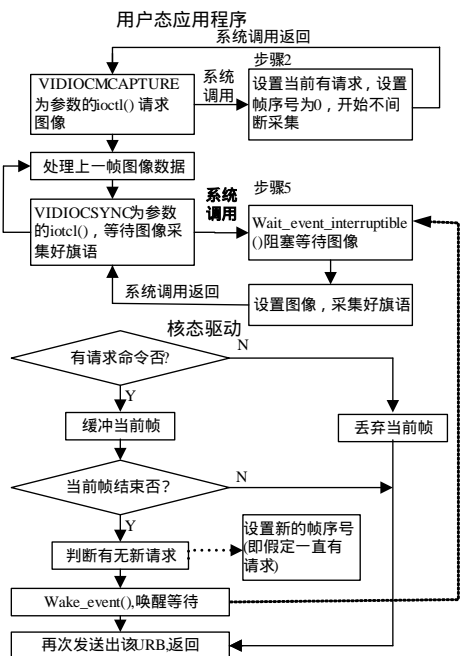


图3 采集图片数据流程

设备驱动程序可以看成Linux内核与外部设备之间的接口。设备驱动程序为应用程序屏蔽了硬件实现的细节,使得应用程序可以像操作普通文件一样来操作外部设备,可以使

用和操作文件中相同的、标准的系统调用接口函数来完成对硬件设备的打开、关闭、读写和I/O控制操作,而驱动程序的主要任务也就是要实现这些系统调用函数。编译时所使用的编译器、头文件和库文件等要涉及到具体处理器体系结构时,在Makefile文件中具体指定。

### 5.2 视频图片数据的传输实现

对于JPEG格式的视频图片数据流有数据帧头0xFFD8,数据帧尾0xFFD9做保证,在PC机上可以根据双方约定的协议正确地接收图片数据进行提取、解码和显示,对于视频图片传输的流程图如图4所示。

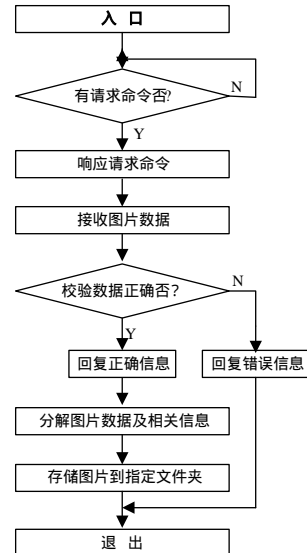


图4 数据中心服务器图片接收流程

## 6 结束语

本文提出了一个基于嵌入式计算机的远程多参数监护系统。能长时间实时监护病人的心电(ECG)、血氧饱和度(SPO2)、血压(BP)、呼吸(RESPIR)和体温(Temp)等生命参数,同时还实现了病人的视频无线监控。解决了传统监护仪参数单一、功能简单、体积较大的问题。

目前,已经完成了基于嵌入式计算机的远程多参数监护系统的样机的研制。该系统具有使用方便、灵活、低成本、体积小、功能强大、便于携带等特点,使得该远程监护系统具有广泛的应用领域和良好的市场前景,随着该远程监护系统的不断改进和完善,把嵌入式远程监护终端应用在远程医疗监护中具有非常现实可行的意义。

### 参考文献

- [1] 黄梅英. 无线数据业务GPRS发展分析及研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2002-01: 6-7.
- [2] 张江波. 多参数监护仪的测量原理及其正确使用方法[J]. 中国医疗器械信息, 2001, 7(3): 31-36.
- [3] 夏峰, 盛焕焯. 分布式、开放性远程医疗系统的建立和研究[J]. 上海交通大学学报, 1997, 31(6): 115-118.
- [4] Hung K, Zhang Y T. Implementation of a WAP-based Telemedicine System for Patient Monitoring[J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 2003, 7(2): 101-107.
- [5] 李科, 尧德中, 蒲立新. 基于组播技术的远程医疗会诊系统[J]. 生物医学工程学杂志, 2003, 20(2): 237.