

# 无线生理信号监测系统的开发设计

李晓媛<sup>1</sup>, 李忠文<sup>2</sup>, 吕文杰<sup>1</sup>

(1. 郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 中国科学院 沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016)

**摘要:** 心电(ECG)、体温(Temp)、呼吸(Resp)等生理参数是人体最重要、最基本的生命特征, 具有较高的临床意义, 参数的准确监测和无线传输在临床中具有广泛的需求。针对院外急救和长期监护生理参数的病人便携式的需求, 利用 PTR2000 无线传输模块进行生理信号无线传输, 用 LabVIEW 软件开发无线生理信号监测系统, 并且对该无线生理信号监测系统进行测试。结果表明: 所设计的系统能够实现医院病房、院外等各种场合适时、连续监测人体的各项生理参数, 并能做出综合的健康状况评价, 为临床疾病诊断和家庭保健提供指导意见。

**关键词:** LabVIEW; 生理信号; 无线传输; 综合评价

**中图分类号:** TP274

**文献标志码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.1671-6833.2012.04.018

## 0 引言

心电(ECG)、体温(Temp)、呼吸(Resp)等生理参数是人体最重要、最基本的生命特征<sup>[1]</sup>, 在临床疾病诊断和家庭保健中具有重要意义。准确监测生理信号并实现无线传输具有广泛的需求。获取适时的生理信号需要昂贵的专业设备, 而且监测设备往往是有线的, 不便携带。采集到的生理信号需要有经验的医生做出诊断, 不利于家庭保健推广<sup>[2]</sup>。基于上述原因, 笔者设计了一款基于 LabVIEW 的无线生理信号监测系统。

该系统利用 PTR2000 无线传输模块进行生理信号无线传输, 并采用 LabVIEW 软件进行信号处理, 能够实现心电、体温、呼吸、心率等生理信号在医院病房、院外等各种场合适时、连续监测。同时, 该系统还具有数据自动保存、历史数据回放、心电特征提取、简单疾病诊断、生理参数异常时声光自动报警及智能综合评价等多种功能。系统测试结果表明该系统成本低、可移植性和可扩展性强, 具有较高的实用价值。

## 1 生理信号的采集

### 1.1 生理参数采集系统

本无线生理信号监测系统的生理信号采集设

备选用上海贝瑞电子科技有限公司的心电呼吸及体温一体模块, 可以获得七通道心电波形、呼吸波形和体温信号, 并且具有导联脱落检测、抗除颤、抗肌电干扰、抗电网干扰等功能。该模块采用 5 V 直流电压供电, 采用 RS232 串行通讯, 通信格式为: 1 位起始位, 8 位数据位, 无奇偶校验, 1 位停止位, 波特率为 38 400 bps。

该模块具有价格低、体积小、集成度和可靠性高、临床监测性能稳定等特点。根据需要选择的七通道心电波形采集模块使用五导联心电电缆, 可选导联有(I, II, III, avR, avF, avL, V, CAL), 具有不同模式滤波带宽可选(诊断模式: 0.05 ~ 100 Hz; 监护模式: 0.5 ~ 40 Hz; 手术模式: 1 ~ 20 Hz)、增益可选(四档:  $\times 250$ ,  $\times 500$ ,  $\times 1\,000$ ,  $\times 2\,000$ , 精度为 5%)、导联脱落检测、抗除颤、抗电刀、抗肌电干扰和抗电网干扰等特点; 心电信号输入范围为  $\pm 20\,\mu\text{V} \sim \pm 10\,\text{mV}$ , 极化电压为  $\pm 350\,\text{mV}$ 。一通道呼吸波采集模块, 测量导联为 RA-LL(II), 采用阻抗法测量原理, 测量范围为  $0.2 \sim 3.0\,\Omega$ , 本底阻抗  $< 4\,\text{k}\,\Omega$ 。两通道体温测量模块, 体温放大电路定时(2 min)自动校零和校增益, 测量范围为  $0 \sim 50\,^{\circ}\text{C}$ , 电路精度为  $0.1\,^{\circ}\text{C}$ 。

### 1.2 生理参数的无线传输

采用 PTR2000 无线通信模块和 atmega128 单

收稿日期: 2012-01-28; 修回日期: 2012-04-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61172152)

作者简介: 李晓媛(1972-), 女, 河南偃师人, 郑州大学副教授, 主要研究方向为智能控制与生物信号处理。

片机实现数据的无线传输. 由于 atmega128 有两个 RS232 串行通信接口, 可用 atmega128 的串口 1 与心电呼吸体温一体模块接口, 把采集的生理信号通过串口传输到 atmega128 内部数据存储区, 并用 atmega128 的另一个串行口 2 与 PTR2000 实现接口, 实现生理信号无线发送. 同时 PTR2000 通过 MAX232 电平转换芯片与 PC 机的串行口连接, 将生理信号无线接收到 PC 机.

### 1.2.1 PTR2000 介绍

PTR2000 是目前集成度最高的无线收发产品, 它集成了高频发射、接收、FSK 调制/解调、参量放大、频道切换等诸多功能. 尤其是它发射功率低, 灵敏度高, 体积小, 仅有七个引脚<sup>[3]</sup>.

图 1 是 PTR2000 模块的引脚, 引脚功能如下:

引脚 1 [Pin1] VCC, 正电源, 2.7 ~ 5.25 V;

引脚 2 [Pin2] CS, 频道选择, CS = 0 选择工作频道 1, 即 433.92 MHz; CS = 1 选择工作频道 2, 即 434.33 MHz;

引脚 3 [Pin3] DO, 数据输出;

引脚 4 [Pin4] DI, 数据输入;

引脚 5 [Pin5] GND, 电源地;

引脚 6 [Pin6] PWR, 节能控制, PWR = 1 时, 正常状态, PWR = 0 时, 待机低功耗状态;

引脚 7 [Pin7] TXEN, 发射接收控制; TXEN = 1 时, 模块为发射状态, TXEN = 0 时, 模块为接收状态.

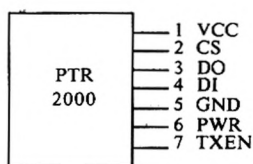


图 1 PTR2000 模块引脚图

Fig. 1 The pins of PTR2000 module

### 1.2.2 PTR2000 与 PC 机的接口

计算机和 PTR2000 可通过 MAX232 (电平转换芯片, 计算机串行通信接口的 RXD 和 TXD 输出信号经电平转换后与 PTR2000 模块的 DI 和 DO 引脚相连) 实现接口<sup>[4]</sup>, 具体电路图如图 2 所示.

### 1.3 LabVIEW 的串行通信

在 LabVIEW 中使用标准的输入/输出应用程序接口 (Virtual Instrument Software Architecture, VISA) 完成仪器的控制. 串口位于“仪器 I/O—串口”函数子选板<sup>[5]</sup>. 通过这些串口函数可以很方便地实现数据的串行通信.

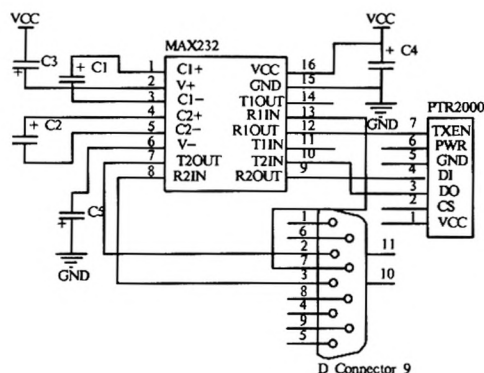


图 2 PTR2000 与 PC 机串口接口电路

Fig. 2 The interface circuit of PTR2000 with PC

## 2 系统界面设计及功能实现

基于 LabVIEW 的无线生理信号监测系统的界面如图 3 所示. 下面分别针对系统各功能模块进行详细阐述.

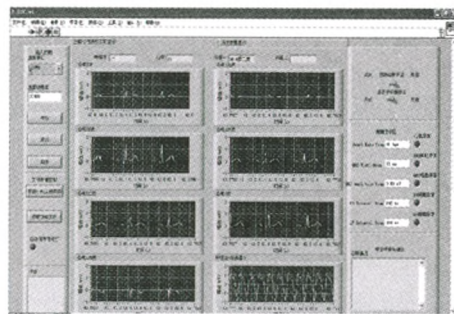


图 3 基于 LabVIEW 的生理信号监测系统主界面

Fig. 3 The interface of the physiological signal monitoring system based on LabVIEW

### 2.1 心电数据的自动存储和回放

采集的生理信号除了要由 LabVIEW 适时动态显示外, 还应该包括数据的存储功能, 以方便就诊和临床医生利用历史数据对病人近期身体状况做出判断. “TDMS 流”子模板用于从二进制测量文件 (.tdms) 中读取和写入波形及波形属性<sup>[6]</sup>. 本系统采用 TDMS 函数将七通道心电波形和一个通道呼吸波形存储到 TDMS 文件中. 生理信号以 TDMS 文件格式存储之后, 可以用 TDMS 函数方便地打开、查看, 并且可以直接利用保存的 TDMS 文件进行心电信号的特征提取. TDMS 文件定时保存之后, 如果需要查看历史生理信号数据, 可以利用 TDMS 文件函数将数据读取出来, 并在示波器上显示.

### 2.2 心电信号预处理

由于心电信号的微弱、低频、高阻抗和随机性

等特征,在采集过程中极易受到干扰.人体处于各种纷繁复杂的电磁环境中,心电信号中不可避免地夹杂着高强度的干扰,常见工频干扰、高频电磁干扰、电极极化干扰、测量设备本身的干扰<sup>[7]</sup>.在进行特征提取之前,需要进行预处理.

小波变换是一种消除指定频带内信号的有效方法. LabVIEW 中高级信号处理工具箱 (ASPT) 提供了 WA Detrend VI, 它可以消除信号的低频趋势. 本系统使用与实际的心电信号相似 Daubechies6 (db06) 小波. 图4为原始的心电信号,以及基于小波变换处理后得到的心电信号. 可以看到处理后的心电信号在保持原有心电信号主要特性的同时,几乎不含有基准漂移信息.

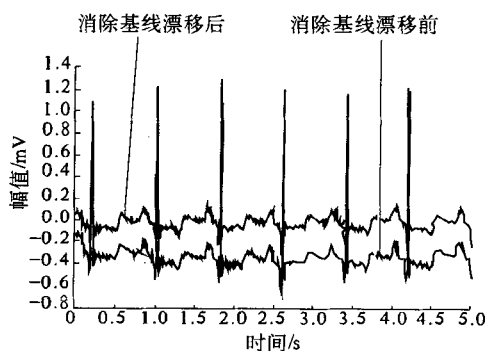
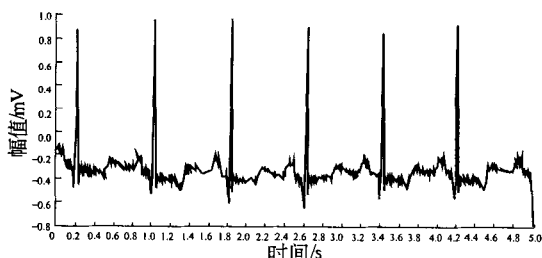


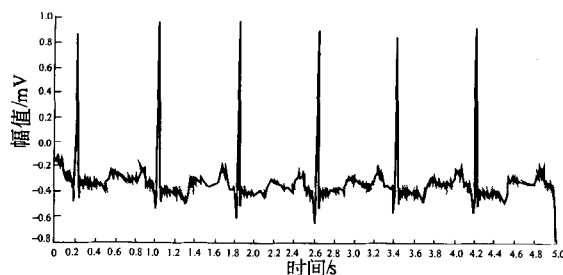
图4 小波变换方法消除基线漂移

Fig. 4 The elimination of baseline drift by Wavelet transform

消除基准漂移后得到的心电信号比原始信号更加清晰和稳定.但是,其它类型的噪声仍然会影响心电信号的特征提取.这些噪声是宽频带的复杂随机过程,不能使用传统的数字滤波器.为了消除宽带噪声,需要使用 Wavelet Denoise Express VI. 首先应用小波变换将心电信号分解成各个子带波,然后利用阈值或收缩功能调整小波系数,最后重建消除噪声后的信号.非抽样小波变换 (UWT) 相比于离散小波变换 (DWT),在平滑度和精度之间有着更好的折中.通过将去噪后的心电信号和未经去噪的心电信号相比较,如图5所示.可以发现宽带噪声被极大地抑制,而心电信号的细节则保持不变.



(a) 原始心电图



(b) 去噪后的心电图

图5 UWT 方法心电图去噪

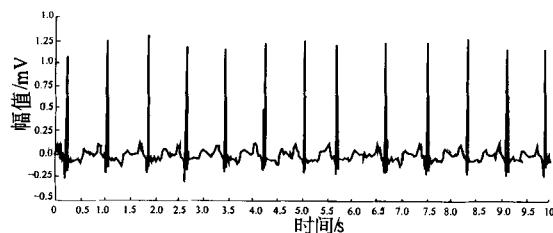
Fig. 5 The electrocardiogram denoising by UWT

### 2.3 心电信号特征提取

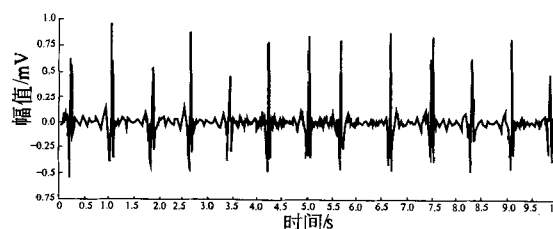
小波变换能够借助多分辨率的优势对带噪声的信号进行主要特征的提取与分析,所以近年来提出了许多基于小波的检测方法.在本系统中, LabVIEW 软件 ASPT 中的 WA Multiscale Peak Detection VI 被用于检测 Q、R 和 S 点.在波峰/波谷检测前,使用 Multiresolution Analysis Express VI 将心电信号分解为 8 级的 Daubechies6 (db06) 小波,然后使用 D4 和 D5 子带重建信号<sup>[8-9]</sup>.利用 D4 和 D5 子带进行重建,是因为几乎所有的 QRS 细节都处于这两个子带中,这使得 QRS 检测更为精确.

通过 LabVIEW ASPT 工具箱中的 WA Multiscale Peak Detection VI 检测心电的 Q、R 和 S 点的结果如图6所示,可以看出心电的 Q、R 和 S 点定位比较准确.

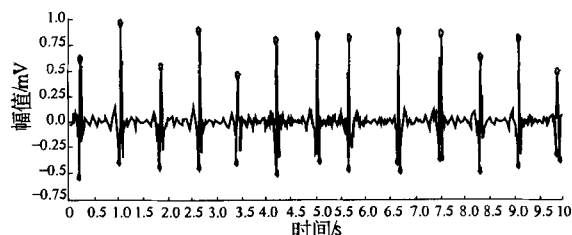
心电的 P 波和 T 波可以利用上述方法提取,本系统利用 LabVIEW 中的小波变换工具包及峰值提取函数可以提取心电的心率、PR 间期、QR 间期、QRS 间期和 QRS 幅值.



(a) 原始心电图



(b) 小波多分辨率分析后的心电图



(c) 波峰波谷检测后的心电图

图 6 心电特征提取

Fig. 6 ECG feature extraction

## 2.4 疾病诊断和综合健康评价

根据提取的心率、PR 间期、QR 间期、QRS 间期、QRS 幅值、体温 and 呼吸率等这些特征,结合提取的特征和医学方面的资料可以进行一些疾病的诊断<sup>[10-11]</sup>。诊断结果通过笔者控件给出被监测者的具体情况和简单的建议,并且针对心电诊断的异常特征通过布尔显示灯指示报警。诊断程序框图如图 7 所示。

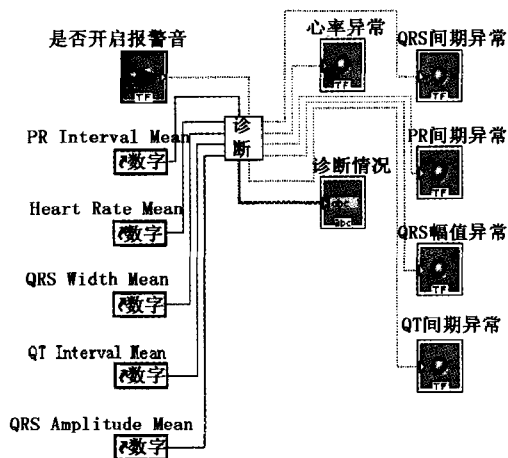


图 7 疾病诊断程序框图

Fig. 7 The program diagram of Disease diagnosis

最后,将无线生理信号监测系统检测到的各种生理信号和提取的特征相结合,利用相关医学专家知识,构建模糊专家知识规则库,实现模糊专家系统的综合健康评价。为疾病的自我监控和及时预防提供了很好的思路,并且该技术将推进健康保健家庭化的普及,避免人们缺乏医疗知识和健康意识而导致疾病的延误。

## 3 结论

该系统具有实时动态监测病人多项生理参数、定时数据存储等功能,便于专家利用历史数据对病人做出进一步的诊断。历史数据存储磁盘空间不足时向用户发出警告信息,并且在磁盘空间小于某一临界值时自动清除最早一部分历史数

据。该系统利用小波变换方法和 LabVIEW 的峰值提取函数自动提取生理特征,并用模糊专家系统理论进行综合健康评价。系统综合测试效果较好并且成本低、可移植性较强。同时还可以进行功能的进一步扩展和完善,为以后家庭保健的普及和推广提供了有益的借鉴。

将来可以利用强大的互联网功能,结合远程医疗技术将系统升级为网络版,通过 LabVIEW 提供的联网功能,利用互联网将本地采集的生理信号特征数据传输到远程的监测界面,实现专家远程诊断,使系统的疾病诊断更准确、及时并且更具有鲁棒性。

## 参考文献:

- [1] 吕继东. 人体生理参数采集系统的研究[D]. 江苏大学电气工程学院, 2008.
- [2] LIN Jzau-sheng, HUANG Shi-yuang, PAN Kuo-wen, et al. A physiological signal monitoring system based on an SoC platform and wireless network technologies in homecare technology [J]. Journal of Medical and Biological Engineering, 2009, 29(1): 47-51.
- [3] 赵仕元. 基于 PTR2000 的无线数据传输系统[J]. 机电产品开发与创新, 2004, 17(04): 1-3.
- [4] 曹俊, 汪滨琦. 用 PTR2000 实现单片机与 PC 机之间的无线数据通信[J]. 微计算机应用, 2002, 23(2): 2-4.
- [5] 雷振山, 魏丽, 赵晨光, 等. LabVIEW 高级编程与虚拟仪器工程应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009: 92-95.
- [6] 曲丽蓉, 胡容, 范寿康. LabVIEW、MATLAB 及其混合编程技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011: 72-77.
- [7] 赵治月, 张爱华, 杨华. 基于心电信号的脉搏波形特征点提取[J]. 北京生物医学工程, 2011, 30(1): 2-4.
- [8] 万相奎, 秦树人, 梁小容, 等. 小波变换在心电信号特征提取中的应用[J]. 北京生物医学工程, 2005, 24(6): 411-412.
- [9] 师黎, 杨岑玉, 费敏锐. 基于小波变换的心电信号 R 波及 ST 段的提取[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(4): 804-809.
- [10] LI Yang, SUN Wan-rong, CHEN Yao, et al. A novel nerve ache radio frequency treatment system with multi-channel physiological signal monitoring[J]. Proceedings of the 2009 2nd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics, 2009.
- [11] CHARBONNIER S, GENTIL S. On-line adaptive trend extraction of multiple physiological signals for alarm filtering in intensive care units[J]. International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, 2010, 24(5): 382-340.

(下转第 85 页)

- [13] LOWE D. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91 - 110.
- tacharyya metric an absolute similarity measure for frequency coded data [J]. Kybernetika, 1997, 34(4): 363 - 368.
- [14] THACKER N, AHERNA F, ROCKETT P. The bhat-

## Particle Filter Object Tracking Based on Histograms of Oriented Grads and Colors

MAO Xiao-bo, ZHU Dong-wei, CHEN Tie-jun

(School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** Object tracking based on color feature often fails in a complex background. To deal with this problem, a particle filter object tracking approach is proposed in this paper based on the new histograms by the fusion of histograms of oriented grads and color. Color histogram is the global description of targets in color image, while histogram of oriented gradients contains some construction information. So they can complement each other. Experimental results show that the proposed method is able to track the object stably, when one of the features loses discrimination ability for tracking. It is simple and suitable to be applied to deal with tracking problems in complex scene.

**Key words:** object tracking; particle filter; color histogram; histogram of oriented gradient; feature fusion

(上接第80页)

## Development and Design of a Physiological Signal Monitoring System

LI Xiao-yuan<sup>1</sup>, LI Zhong-wen<sup>2</sup>, LV Wen-jie<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

**Abstract:** The electrocardiogram (ECG), temperature (Temp) and respiration (Resp) are all the most fundamental bio-indicators of human body. These physiological signals are important for clinical research, so these parameters of accurate monitoring and wireless transmission are greatly demanded in the clinical diagnosis. A novel file about the development and design of a physiological signal monitoring system in which physiological signal is transmitted by a wireless transmission modules - PTR2000 and it is processed by LabVIEW is introduced. Finally, the effectiveness of physiological signal monitoring system is tested. The results show that the system based on LabVIEW presented in this paper can be used in the occasions of hospital wards, at home and outside the hospital for real-time and continuous health monitoring for a long time for patients. It also can make comprehensive health evaluation and provide guidance for clinical diagnosis and family care.

**Key words:** LabVIEW; physiological signal; wireless transmission; comprehensive health evaluation