

人体脉搏智能监测系统设计

Human pulse wave intelligent detecting system

■ 麻芙阳 崔玉龙 北京化工大学 信息科学与技术学院 (北京 100029)
金闻名 中国兽药药品监察所 (北京 100081)

摘要: 本文通过压电传感器采集脉搏信号,设计硬件电路对脉搏信号进行调理和无线传输,结合虚拟仪器技术实现脉搏波形显示、数据管理、异常报警和频谱分析等功能。与传统仪器相比,基于虚拟仪器的开发脱离对硬件的依赖,大大缩短了开发周期和成本,同时具有通用性强和易于开发维护的特点。

关键词: 脉搏波;数据采集;CC1110;虚拟仪器;

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2011.06.008

本文于2011年3月1日收到。麻芙阳:硕士生,研究方向为生物医学信号处理,智能检测技术;崔玉龙:副教授,研究方向为太阳能光伏发电高效逆变器研究,氢燃料电池发电电能变换研究,电力电子技术应用。

引言

脉搏是临床检查和生理研究中常见的生理现象,脉搏波的波形幅度和形态包含了心脏和血管状况的重要生理信息^[1]。因此,根据脉象信息提取人体生理病理特征作为临床诊断和治疗的依据,越来越受到人们的重视。传统的中医诊脉依靠医生的经验和阅历,难以对脉搏波进行客观化分析。通常情况,对脉搏波的检测采取有线方式,被监护者身上安装的传感设备

难以自由灵活地移动和接入,且需要专业医护人员操作。随着老年化社会的迫近和社区医疗水平的发展,人们更愿意在家庭或者社区医院里随时检测脉搏信息。

本文设计的人体脉搏智能监测系统实现了脉搏信号的采集和无线传输,并结合虚拟仪器技术实现了脉搏波的实时显示、存储和分析,使得脉搏检测客观化,避免了固定设备给患者带来的不便。



图1 无线脉搏检测系统结构图

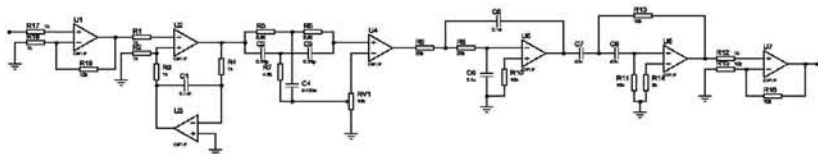


图2 脉搏信号调理电路图

整体方案设计

人体脉搏智能监测系统由脉搏传感器、信号调理电路、无线通信接口单元和计算机软件处理系统组成,如图1所示。硬件部分包括脉搏传感器、信号调理电路、无线收发模块;软件部分包括无线收发程序、LabVIEW可视化图形编程软件。本系统利用PVDF(聚偏氟乙烯)压电膜传感器获取人体手腕处动脉的脉搏信号,通过信号调理电路和A/D(模拟/数字)采样获取数字脉搏信号,由无线通信接口单元与计算机建立通信,利用LabVIEW可视化图形编程软件实现对脉搏波数据的处理、分析和计算。

系统硬件设计

脉搏传感器

本系统采用PVDF(聚偏氟乙烯)压电膜的HK-2000B型脉搏传感器,它是一种软接触式的无创伤脉搏传感器,输出电压范围为0~20mV,具有灵敏度高、抗干扰能力强、过载能力大、一致性好、性能稳定和使用寿命长等特点。

信号调理电路

正常人脉搏信号频率范围在0.05~20Hz,且0.2~20Hz之间集中了大约99%能量^[2]。在脉搏信号采集过程中不可避免地会混有各种干扰,比如人体抖动、肌肉紧张等干扰,检测仪

责任编辑:李健

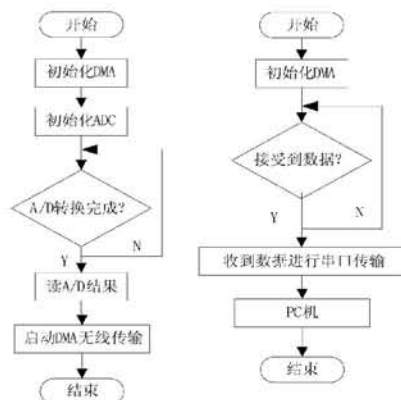


图3 脉搏信号采集发送和接受程序流程图

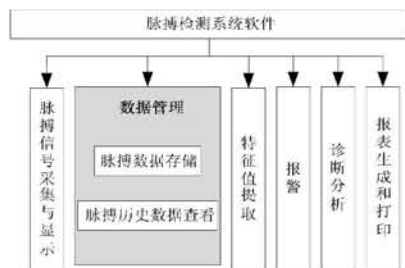


图4 上位机系统软件结构图

器引入的白噪声和工频噪声,因此消除或减少基线漂移和工频干扰是识别脉搏信号特征参数的前提,在脉搏检测仪器中尤其重要^[3]。

信号调理电路由一级放大电路、基线漂移抑制电路、50Hz陷波器、带通滤波电路和二级放大电路组成,如图2所示。由U1、R17、R18、R19组成一级放大电路,其放大倍数为11倍。U2、U3、R4和C1组成抑制基线漂移电路,消除由于人体的微动引起的接触噪声、运动伪迹(基线变化)和由于呼吸引起的干扰,其原理是U2运放的输出通过R4对电容C1进行充电,如果运放U2负端输入信号的电平出现漂移、波动,则充电结果会使U2的正端输入出现等同于其负端输入信号基线电平变化的电位,U2将两者相减后得到一个基线较稳定的输出

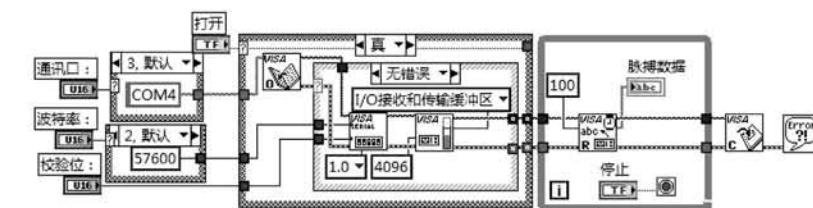


图5 脉搏检测系统上位机软件串口程序框图

电压。U4、R5、R6、R7、C2、C3、C4、RV1构成双T型50Hz陷波器来消除50Hz工频干扰。U5、U6组成一个带通滤波器,由于脉搏信号的频率下限为0.05Hz,为了不损失其低频分量,因此高通滤波器的截止频率设定为0.03Hz,低通滤波器的截止频率为45Hz。最后信号通过U7进行二级放大,设置放大增益为6倍,最终放大倍数为66倍,满足系统设计要求。

无线收发模块

本系统采用的TI公司的CC1110系统芯片(SoC),CC1110能够提供433MHz、868/915MHz工业、科学和医疗(ISM)频段应用对低成本、低功耗的要求。它结合一个高性能433MHz、868/915MHz射频收发器核心和一颗工业级小巧高效的8051微控制器^[4]。

系统软件设计

根据系统的设计要求,将系统软件分为下位机软件 and 上位机软件两个部分,其中下位机软件部分主要完成A/D采样和脉搏数据无线传输,上位机软件主要包括用户登录、脉搏波显示和存储、脉搏数据分析、诊断报警和历史数据查看等。

下位机软件设计

脉搏信号经过信号调理电路后,输出信号通过无线接收模块CC1110

的内置的A/D进行转换,并将转换后的脉搏数据在433MHz波段上无线传输,无线接收模块接收到数据后通过串口传给上位机进行数据处理和分析,如图3所示。其中ADC的工作模式为:以AVDD作为参考电压,即CC1110的供电电压3.3V;P0_0作为ADC输入,精度为12位,采样频率为1000Hz。采用DMA(直接内存访问)传输方式,收发模块在DMA控制器硬件的控制下,直接进行数据交换而不通过8051内核,不用I/O指令,提高了数据的存取速率^[4]。发送模块选择DAM_CH0传输,接受模块选择DAM_CH1传输,串口波特率为57.6kbps,8位数据位,1位停止位,无校验位。

上位机软件设计

本系统采用LabVIEW 8.5作为上位机软件开发环境,LabVIEW是实验室虚拟仪器工作平台的简称,其核心概念是“软件即是仪器”,是一种用图标代替文本创建应用程序的图形化编程语言。采用LabVIEW编写的程序称为虚拟仪器程序包括前面板和程序框图两部分:前面板是VI(虚拟仪器)的交互式用户接口,包括旋钮、刻度盘、开关、图表和其它界面工具,与真实物理仪器面板相似;程序框图是指虚拟仪器程序源代码,用于接收前面板输入的命令参数到仪器以执行相

应的操作。上位机软件主要功能包括用户信息输入、脉搏数据采集显示、存储、特征值提取、报警、诊断分析、报表生成和打印等基本数据操作功能,如图4所示。

脉搏信号采集与显示单元是通过LabVIEW提供VISA函数编写程序实现串口通信。Instrument I/O | Serial面板提供了串口配置函数可以对串口进行详细配置,如串口、超时时间、波特率、数据位和奇偶校验等。如图5为脉搏检测系统上位机软件串口程序框图。

数据管理单元包括数据存储和历史数据查看。其中数据存储包括定时存储和异常数据存储两部分,定时存储采取定时器的方式进行存储,本系统设置为1min,每到设定的时间间隔就输出一个TRUE值来触发数据记录模块。异常数据存储是指当脉搏信号出现异常时进行数据存储,本系统在发生脉搏数据异常时,可以进行30s异常数据记录。历史数据查看是指对常规存储的数据、异常数据和报警数据进行查看。为方便医护人员查看,

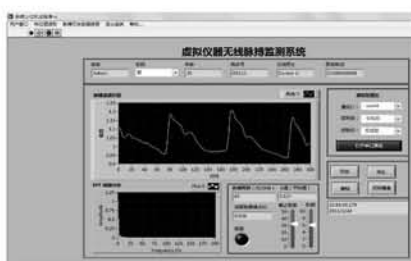


图6 脉搏检测系统上位机软件由前面板框图

在本系统中设计了TDMS文件存储和EXCEL存储。除了读写操作外,TDM Streaming函数面板提供了更多操作函数,譬如数据删除、任意时刻查看、整理文件碎片等功能。

特征值提取单元,利用LabVIEW提供的时频域分析函数进行脉搏信号特征值提取。本文以脉搏周期检测和K值^[5]提取为例。在脉搏波形图中,脉搏周期^[6]等于相邻两个主动脉开放点(即始射点,是一个周期的脉搏波形图的最低点)的时间差,它反映了一个脉搏波周期内血管内的压力和容积的变化。采用阈值法提取测到脉搏波周期是指检测脉搏波的波谷和波峰

对应的纵坐标幅值和横坐标时间点。K值^[5]可以描述脉搏波形面积的变化,随年龄增加或高血压血管硬化的发展,K值一般在0.35~0.5之间变化。如图6为脉搏检测系统上位机软件由前面板框图。

结论

脉搏信号中包含很多重要的生理病理信息,对脉搏信号进行检测和分析,便于对人体生理健康状况和病症做到了解和诊断。本文设计的人体脉搏智能监测系统设计较准确地检测到完整的脉搏波形,利用LabVIEW的图形化编程环境,实现对脉搏波形显示、数据管理、异常报警和频谱分析等功能,也有利于医护人员操作,实验表明取得良好效果。[3W]

参考文献:

- [1]黄世林,孙明异.中医脉象研究[M].北京:人民卫生出版社,1991
- [2]张丽琼,王娟和.基于小波变换的人体脉搏信号去噪处理[J].陕西师范大学学报,2004,32(S1):85-87
- [3]王鹏,魏守水,黄青华.基于小波变换的自适应滤波器消除脉搏波基线漂移[J].中国医学物理学杂志,2004,21(5):296-299
- [4]李文仲,段明玉.CC1110/CC2510无线单片机和无线自组网入门与实战[M].北京:航空航天大学出版社,2008
- [5]罗志昌,张松,杨益民.脉搏波的工程分析与临床应用[M].北京:科学出版社,2005,8-116
- [6]王强.基于虚拟仪器的生理测量及远程通信系统的研究[D].河北工业大学,2008

上接42 $\alpha = 0.9, \phi_2 = -10^\circ$
 $\beta = 1.2, \phi_3 = 30^\circ$
 $\gamma = 1.3, \phi_4 = 60^\circ$

同通道1,将通道2、3、4数据I、Q部分分别转为12位补码。

原始输入数据以及校正后数据如图5~7所示。从图中可以看出,通道校正前,原始数据幅度、相位均存在畸变,如果将4路数据直接相加,不仅不会增加能量,反而会导致能量损失,降低信噪比,如果利用此4路数据进行一个阵列信号处理,比如谱估计等,必然导致错误。校正之后的

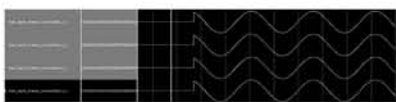


图5 校正后数据I部

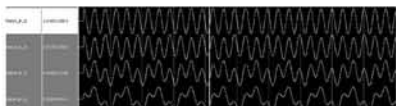


图6 原始输入数据Q部

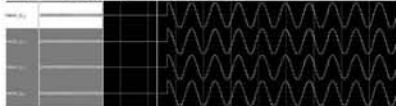


图7 校正后数据Q部

4路数据,无论幅度与相位都非常一致,此4路数据可以实现相干信号积累或用于阵列信号处理。

结论

本文提出一种利用Xilinx Virtex-5的高速通道校正实现方法,此种方法充分利用FPGA片内资源,利用串并转换降低数据处理速度,从而实现了800MHz的窄带通道校正算法的实现,此方法对基于FPGA的高速信号处理有一定参考意义。[3W]

参考文献:

- [1]陈亮,左云跃,朱亮,等.天线阵列通道失配校正的FPGA实现[J].光电与控制,2006,13(2):65-68
- [2]仲建峰,胡庆生,孙磊.基于FPGA的多路高速串并转换器设计[J].电子器件,2008,31(2):657-660
- [3]Virtex-5 User Guide[S].Xilinx Inc, October 12, 2006
- [4]ISE Design Suite Software Manuals[S].Xilinx Inc, 2009
- [5]王强,薛小刚,钟信源.FPGA/CPLD设计工具Xilinx ISE使用详解[M].北京:人民邮电出版社,2005