

一种便携式多生理参数采集系统的设计

裴飞霸, 尹军

(第三军医大学大坪医院野战外科研究所医学工程科, 重庆 400042)

摘要: 一种便携式多生理参数采集系统可以实现对人体生理参数低生理、心理负荷及无创的采集, 该系统实现了对人体呼吸、指脉、动作、皮电、血压、心电等六个体征参数的采集; 同时, 该系统利用串口转 USB 传输可以实现采集到的人体生理参数与 PC 间的相互传输, 测量结果和分析报告可以在 PC 机进行实时显示和存储或者可以通过 Internet 向远程医疗服务中心进行数据的上传、备份、分析与反馈; 所以, 便携式多生理参数采集系统可以实现对人体生理参数实时、连续的采集与监测。

关键词: 便携式; 多生理参数; 连续采集; 实时监测

Design of Portable Multi-Physiological Parameter Acquisition System

Chang Feiba, Yin Jun

(Medical Engineering Department, Institute of Surgery Research, Daping hospital,
Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: The portable multiple physiological parameter acquisition system can be implemented on human physiological parameters of low physiological, psychological load and noninvasive acquisition, The system can realize the six physiological parameters collection such as the human respiratory, movement, skin, blood pressure, ECG signs; This system uses the USB interface which transferred from serial port can achieve mutual transfer the collected physiological parameters between the system and PC, the measured results and analysis can be real-time display and storage in the PC, you can through the Internet to remote medical service center for data uploading, backup, analysis and feedback. Therefore, the portable multiple physiological parameter acquisition system can be implemented on human physiological parameters in real time, continuous acquisition and monitoring.

Keywords: portable; multi-physiological parameters; continuous acquisition; real-time monitoring

0 引言

慢性疾病预防、早期诊断和护理是医疗电子的主要目标应用。随着小型化成为可能, 便携医疗电子装置成为新的焦点。移动医疗电子产品的复杂程度即将进入新的阶段。不论患者身处何处, 特别是在舒适的家里, 便携式多生理参数采集系统可以让医生能够实时监测病患的生命体征参数^[1-3]。

便携式多生理参数采集系统可以实现人体生理参数的低生理、心理负荷采集的特点, 选取人体呼吸、指脉、动作、皮电、血压、心电等 6 个体征参数建立人体生理参数的采集系统^[4-6]; 同时, 该系统利用串口转 USB 传输可以实现采集到的人体生理参数与 PC 间的相互传输, 测量结果和分析报告可以在 PC 机进行实时显示和存储或者可以通过 Internet 向远程医疗服务中心进行数据的上传、备份、分析与反馈, 同时还可以通过互联网实现与远程紧急救助服务器、医疗数据库服务器、医生服务器等联网, 保证了对病人实时情况监测^[7-10]。所以, 利用该系统可以实现对人体体征参数实时、连续的采集与监测。

1 便携式多生理参数采集系统整体系统设计

一种便携式多生理参数采集系统的采集人体的呼吸、指脉、动作、皮电、血压、心电等 6 个体征参数。其整体设计如

图 1 所示。

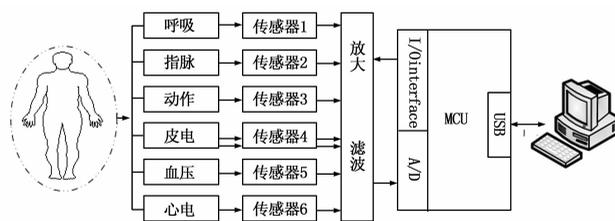


图 1 多生理参数采集系统设计框图

该系统利用低负荷传感器或电极实现对人体这六个生理参数的采集, 采集到的生理参数经过放大、滤波等相应的预处理。进入微处理器 MSP430F149 内置的 A/D 进行采样, 同时 MSP430F149 对相应的预处理电路可以进行控制。最后, 系统通过 MSP430F149 处理器对数据进行处理和分析, 测量结果和分析报告通过 USB 转串口送到 PC 机进行显示和存储。

2 便携式多生理参数采集系统各个模块的设计

人体生理参数测量按生理信息的性质分为人体电、电磁生理参数测量、非电磁生理参数测量等。非电磁生理参数测量通常是采样各类传感器, 以将各种人体非电参数转换成易于放大、处理、存储、显示、传输的电信号; 而人体电测量主要是通过电极来提取人体电信号。一种便携式多生理参数采集系统的人体非电生理信号检测主要包括人体的血压、呼吸、动作、指脉信号; 人体电信号测量主要包括皮电和心电信号。所以本系统对于人体的血压、呼吸、动作、指脉信号主要是通过传感器获取, 而对于皮电和心电信号的测量主要是通过电极提取^[11-12]。

收稿日期: 2014-08-29; 修回日期: 2014-12-16。

项目基金: 第三军医大学科技成果转换基金(2013XZH09)。

作者简介: 裴飞霸(1985-), 男, 安徽人, 硕士, 主要从事生物医学信号检测、传输及信息编码技术方向的研究。

尹军(1968-), 女, 安徽人, 高级工程师, 主要从事医学仪器管理与研发方向的研究。

2.1 人体非电磁生理信号检测

一种便携式多生理参数采集系统的人体非电磁生理信号检测主要包括人体的血压、呼吸、动作、指脉信号。人体体征参数节点通过可穿戴式传感器采集到人体信号, 然后经处理电路的放大、滤波等电路分析处理之后, 进入 MCU 的内置 A/D 接口, A/D 采样得到的信号通过 USB 发送到 PC 进行数据整理存储, 其设计如图 2 所示。

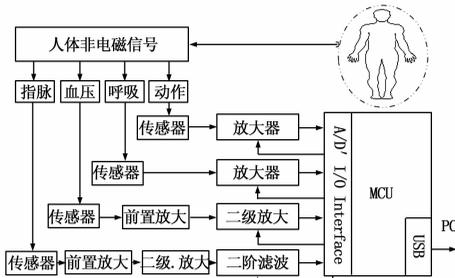


图 2 人体非电磁生理参数检测框图

便携式多生理参数采集系统的血压检测采用无创振荡法间接测量人体的血压, 使用的无创检测传感器是飞思卡尔 MXP10DP 型传感器, 其根据传感器特点设计的血压信号处理采用的是逐级放大的方式, 第一级为控制共模抑制比设计的前置放大电路, 其前置放大器采用 AD623。第二级为主放大滤波电路主要实现该路信号的主放大功能。

本系统传感器采用压电式胸带(或腹带)固定式 HXH-1 呼吸波传感器, 可用于无损检测人的呼吸运动波形。其输出是大于 20 mV (对应于正常人呼吸) 的电压信号。由于压电传感器输出的呼吸电信号为毫伏级别, 整个呼吸检测电路采用一级放大即可, 采用差分对称结构输入可同时增加电路的抗干扰能力。故采用仪器放大器 AD623, 除了完成对微弱信号的线性放大外, 对阻抗匹配和抗共模干扰有着重要的作用。由于采用的是带式压电传感器, 避免了阻抗法等采集方式中肌电的干扰, 干扰源较少, 而且硬件复杂度也相应减小^[13]。

现有的人体动作检测方式有压电式压阻式、加速度传感、陀螺仪传感技术, 电子罗盘传感技术, 但为了测试静坐状态下相关动作轻微的局部运动, 所以本系统采用压电式坐姿传感器, 当人体运动时, 其中心发生改变, 会改变腰部对外的压力, 对压力的检测从而实现动作的监控, 整个动作检测电路采用 AD623 一级放大。

指脉即人体指尖末端脉搏, 传统的指脉波测量可以使用压电传感器, 但缺点是波形不稳定, 使用时常常做多次调整。而基于光电传感器的脉搏检测方法因其使用方便而且性能稳定, 在现有指脉测量中得到了广泛应用。所以本系统选用将发光二极管和光敏二极管集成在一起的指套式传感器, 然后对采集到的指脉电信号进行放大、滤波处理。整个调理电路采用二级运放和二阶低通有源滤波器实现脉搏信号的放大和滤波。

2.2 人体生理电信号检测

2.2.1 人体皮电信号检测

便携式多生理参数采集系统的皮电检测采用的测量方法是生物电阻法, 生物电阻法测量皮电主要包括恒压法和恒流法。但相关研究表明在皮肤电反应中测量皮肤电导方式(恒压法)相较于测量皮肤电阻方式(恒流法)好一些。故该系统的皮电检测选用稳定性较好的恒压法。皮电处理电路如图 5 所示。人体皮肤电阻为 R_L , 通过公式 (1) 可以求出皮肤电阻的大小。

$$I_i = V \cdot \frac{R_{502} + R_L}{R_{502} \cdot R_L} \quad (1)$$

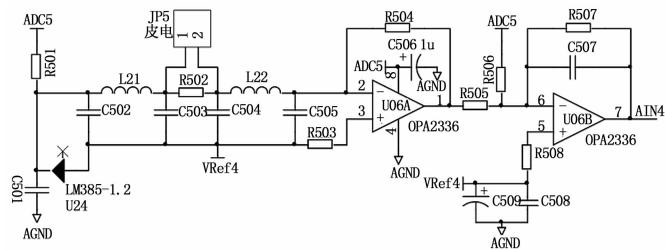


图 3 皮电信号处理电路

由于皮电检测采用的是恒压法, 在皮电传感器两端通过稳压管 LM385-2.5 为传感器施加恒定电压 2.5 V, 可以为电路提供稳定电压及降低功耗; 同时, 输入端为了抑制高频分量选用了 LC- π 型低通滤波器。皮电信号采用两级运放, 实现皮电信号的放大和滤波。第一放大 U06A 实现电流-电压转换电路将皮肤电阻变化引起的电流变化转化成电压值, 其计算公式为:

$$V_{out} = -R_{504} I_m \quad (2)$$

第二级反比例放大低通滤波电路与第一级反相结合, 将信号还原并进行进一步的滤波调理, 滤除干扰, 增加信号的纯净度。

2.2.2 人体心电信号检测

由于人体心电信号是一种信噪比低的弱电信号, 且一般正常的心电信号频率范围为 0.05~100 Hz, 但 90% 的心电信号频谱能量集中在 0.25~35 Hz 之间; 同时心电信号的采集时会受到各种噪声源的干扰如工频干扰、电极接触噪声、肌电干扰(EMG)、基线漂移、仪器噪声等。所以, 心电信号的检测、分析必须在建立在有效抑制各种干扰、检测出良好的心电信号的基础之上^[14]。其心电采集模块设计具体电路如图 4 所示。

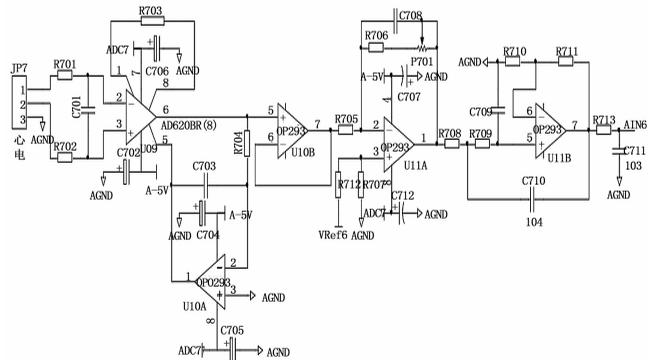


图 4 心电信号处理电路

首先针对心电信号是微弱信号, 所以设计前置放大电路用来放大心电信号。由于心电测量中, 皮肤和电极接触将引起极化电压, 如果两个电极完全对称, 则相应的极化电压的数值和相位相同, 相当于直流共模干扰信号输入到前置放大器; 环境中存在的工频干扰也是一种共模干扰。因而所选放大器一定要有很高的共模抑制比(CMRR), 共模抑制比高能很好地抑制干扰。所以前置放大器选择了高输入阻抗、低噪声和低温漂的 AD620 仪用放大器。其前置放大电路的增益计算如公式为:

$$G = \frac{49.4k\Omega}{R_G} + 1 \quad (3)$$

其中: $R_G = R_{103}$, 同时, 由于心电信号有正有负, 负电压单片机采集不到。所以二级放大除了要有放大作用还要对信号

做电平抬升处理。

$$G = \frac{R_{706} + R_{701}}{R_{705}} \quad (4)$$

由于心电信号属于低频信号，为了消除高频干扰，电路中设计了低通有源滤波器，该低通滤波器为二阶的低通有源滤波器，其高通截止频率为公式 (5) 所示。

$$f_H = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_{708} R_{709} C_{709} C_{710}}} = \frac{1}{2\pi R_{709} C_{710}} \quad (5)$$

3 软件模块设计

便携式多生理参数采集系统软件模块主要负责系统各个生理参数采样以及与上位机进入数据交换。在整个系统完成初始化之后，系统对每个生理参数进行采样；并对采集的生理参数数据进行数据打包发送到上位机。整个程序采用循环处理及中断服务结构，在循环处理过程中下位机需要接收上位机发送控制指令信息，同时还需要设置些实现主程序与中断程序之间数据交互的标志性全局变量。其具体流程图如图 5 所示。

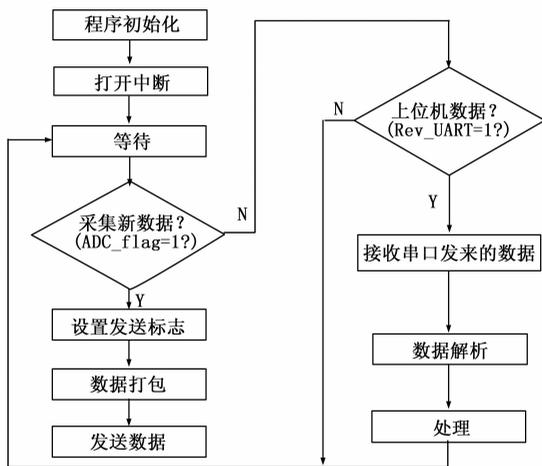


图 5 便携式多生理参数采集系统软件设计

下位机主程序在生理参数采集时通过判断上位机控制信息 Rev_UART 状态来进行 A/D 采样，当接收到上位机控制信息 Rev_UART=1 时，可以对生理参数进行 A/D 采样；主程序在数据通信过程中，当 A/D 采集完成标志位 ADC_flag=1 时，MSP430 根据接收到上位机发送的数据包解析得到数据发送控制等相关指令信息，同时将采集的生理信号数据打包并设置相关的发送标志位进行数据发送。

PC 机主要负责与下位机联系控制下位机执行相应操作、接收数据并加以存储、对接收到的数据进行显示、处理等，并通过界面提供人机接口。便携式多生理参数采集系统人机界面是在 Microsoft Visual C++ 6 环境下建立起来的，其接收到的生理信号处理波形如图 6 所示。其主要完成了数据的多通道实时通信、多通道采集信号的实时显示和数据存储、数字信号预处理模块，数据分析模块。

从上位机接收的生理参数的信号波形可知，被测试者的胸呼吸和腹呼吸波形具有很大程度上的一致性，只是信号的幅度有所区别。主要是由于男性较女性腹部呼吸明显，而女性相对于男性胸部呼吸较明显。而被测试者脉搏和血压信号在平静状态下也具有相似性，主要是由于这两个生理参数都是由于人体心脏心肌的舒张和收缩引起的，所以符合人体心血管信号的产生机制。而动作信号可以看出手、脚抖动以及静坐状态等不同

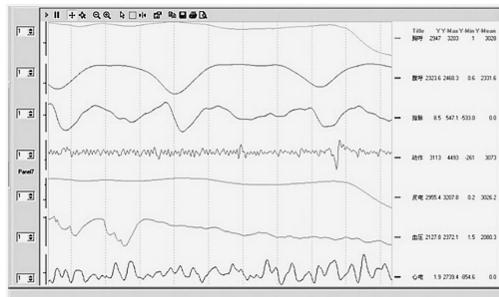


图 6 生理参数采集信号波形

动作状态下信号波形。经过验证可以正确的反应动作的变化趋势。该系统皮电信号的数据采集，也可以灵敏的捕获皮电信号的变化，但是从图可以看出皮电信号变化复杂，没有明显的周期特征。另外，被测者在平静状态下的脉搏信号与呼吸信号的频率比也符合实际情况。

4 总结

一种便携式多生理参数采集系统可以实现人体生理参数的低生理、心理负荷采集的特点，选取人体呼吸、指脉、动作、皮电、血压、心电等六个体征参数建立人体生理参数的采集系统；同时，该系统利用串口转 USB 传输可以实现采集到的人体生理参数与 PC 间的相互传输，测量结果和分析报告可以在 PC 机进行实时显示和存储或者可以通过互联网向远程医疗服务中心进行数据的上传、备份、分析与反馈。所以，利用该系统可以实现对人体体征参数实时、连续的采集与监测。

参考文献：

- [1] 谭慧玲, 张 昕, 李华宝, 等. 一种多参数低功耗监护仪的研制 [J]. 生物医学工程学杂志, 2012, 29 (1): 157-159.
- [2] 吴水才, 李浩敏, 白燕萍, 等. 生理多参数远程实时监护系统的设计 [J]. 仪器仪表学报, 2007, 28 (6): 1035-1039.
- [3] 杨 鹏, 孙 乐. 基于 WindowsCE 的嵌入式多生理参数采集显示系统 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (5): 1173-1177.
- [4] 吴宝明, 萧 剑, 刘 彦, 等. 基于掌上电脑的多生理参数监护网络系统的研制 [J]. 第三军医大学学报, 2000, 22 (9): 838-840.
- [5] 高 翔, 郭猷敏, 冯天天, 等. 基于 WBAN 的智能康复护理系统设计和实现 [J]. 传感技术学报, 2012, 25 (10): 1333-1339.
- [6] 黄 练, 谢存禧, 张 铁. 基于 ARM 的多生理参数嵌入式监护系统 [J]. 微计算机信息, 2007, 23 (72): 116-118.
- [7] 周炳坤, 张 跃, 徐廷松. 远程多生理参数监护系统通信协议的研究 [J]. 计算机工程, 2008, 34 (18): 102-104.
- [8] 许雪楠, 梁晋涛, 黄邦宇. 基于 STM32 的健康一体机控制系统的设计 [J]. 微型机与应用, 2013, 32 (16): 20-25.
- [9] 杨 鹏, 孙 乐. 基于 WindowsCE 的嵌入式多生理参数采集显示系统 [J]. 计算机测量与控制, 2011, 19 (5): 1173-1177.
- [10] 文 军, 何 为, 王 平, 等. 基于嵌入式系统的便携式多参数监护仪的研究 [J]. 电子技术应用, 2009 (11): 71-78.
- [11] 童基均, 章晨衍, 张华熊, 等. 基于无线技术的生理参数采集系统及其设计 [J]. 测试技术学报, 2007, 21 (5): 446-449.
- [12] 赵文娟, 向 平. 人体多生理信息系统的设计 [J]. 科学技术与工程, 2006, 6 (1): 52-55.
- [13] 裴飞霸, 尹 军, 颜乐先, 等. 基于蓝牙可穿戴式人体呼吸状态监测系统的设计 [J]. 电子技术应用, 2014, 40 (1): 79-81.
- [14] 裴飞霸, 尹 军, 张和华, 等. 一种基于智能终端的人体心电信号监护系统设计 [J]. 传感技术学报, 2014, 27 (3): 289-292.