

ZigBee 心电信号采集系统

宋立新, 姜思刚, 周 蕾, 李鸿锦, 赵 亮

(哈尔滨理工大学 电气与电子工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要:针对心电信号在线、动态和无线监测问题,采用 ZigBee 无线传输技术,设计了一种新型的心电信号采集系统. 该系统以凌阳 SPCE061 十六位微处理器作为系统的核心采集控制器件,以 UBEC 公司的 UZ2400 射频芯片实现采集节点与监控节点间的 ZigBee 通信,同时为了提高多节点在线监测传输速率,设计了简单的心电数据压缩算法,利用 VC++ 设计了中心监控节点的心电监测界面,整个系统可实现多节点的动态监测,并且能够在监测界面上进行心电波形的绘制及其数据分析.

关键词:心电; ZigBee; 单片机

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-2683(2012)01-0086-04

Design of ECG Acquisition System Based on Zigbee

SONG Li-xin, JIANG Si-gang, ZHOU Lei, LI Hong-jin, ZHAO Liang

(School of Electrical and Electronic Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: In order to solve the problem of detecting ECG in a form of online, dynamic and wireless, we designed a new type of ECG acquisition system using ZigBee wireless technology. In the system, Sunplus SPCE061 16bit MCU was used as the ECG acquisition's core control components, and the UBEC UZ2400 served for the Zigbee communication between acquisition node and monitor node. Meanwhile, in order to improve the on line monitoring transmission rate, we designed a simple ECG data compression algorithm, and an ECG monitoring interface of the center monitoring node by means of VC++. This system could realize multi-node's dynamic monitoring and could draw ECG and date analysis on the ECG interface.

Key words: ECG; Zigbee; MCU

0 引 言

心血管疾病成为威胁人类生命健康的主要疾病之一^[1-2]. 在病理诊断过程中,因心电信号具有丰富的信息,已经成为诊疗心血管疾病的重要依据,而目前在医院内应用的心电监护类系统主要有3种^[3-4]:其一,病房使用的心电监护系统,主要是实施临床监护;其二,记录动态心电数据的 Holter 系

统,主要是由患者携带单机,采集心电数据,但不能实时监测和数据传输;其三,远程心电监护系统,主要通过通信运营商的 GPRS/CDMA/3G 无线网络,实现实时动态监测. 随着医疗条件的改善和人们对医疗方式要求的提高,迫切的需要一种在有限范围内使患者能够自由活动,同时能够和监控医生进行实时交互的便携式心电信号采集系统. 针对这一需求,本文详细论述了基于 UBEC 公司 Zigbee 芯片 UZ2400 设计和凌阳公司的 SPCE061A 单片机的无

收稿日期: 2010-11-08

基金项目: 国家大学生创新实验计划项目(091021406); 哈尔滨创新人才基金(2010KFXXS026)

作者简介: 宋立新(1963—),男,博士,教授, E-mail: lixins99@yahoo.com.cn

线心电信号采集监护系统.

1 硬件电路设计

1.1 硬件的总体结构

本文所设计的心电采集系统硬件的总体结构如图 1 所示,系统由便携数据采集节点和数据接收节点两大部分组成. 左侧为便携数据采集节点,主要包括心电信号拾取电路,信号调理电路,微处理器,电源电路和 Zigbee 无线通信模块等几部分组成. 右侧为数据接收节点,与采集节点不同的是增加了串口通讯模块,去掉信号采集模块. 便携采集节点通过纽扣电极从人体拾取心电信号,经信号调理和模/数转换,再经单片机对所得的数字量进行压缩和打包处理. 采集节点的射频模块就可以通过 Zigbee 电路实现与数据接收节点的通信,接收节点接受到数据后通过串口把数据发送给上位机,上位机便可以通过软件进一步处理. 从而实现了心电数据的无线采集. 便携采集节点采用锂电池供电,不但体积小,而且电源质量得到了良好的保证.

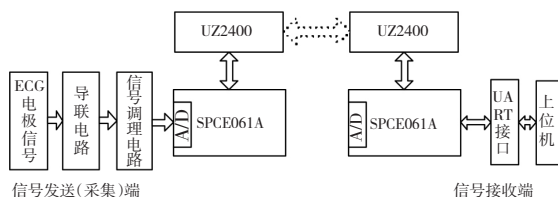


图 1 心电信号采集系统总体结构

1.2 Zigbee 接口电路

使用 UBEC 公司的 UZ2400 作为 ZigBee 模块核心芯片. 它是一款工作在 2.4 GHz 的高灵敏度、低功耗射频芯片,兼容 IEEE802.15.4-2003. 通常与微处理器配合使用,应用于功耗要求严格的无线通信场合. 此外,UZ2400 支持 250kbps 的正常模式、较快的 625kbps 的 Turbo 模式两种码率速率,支持 20M 和 32 768Hz 的时钟频率. 支持 I²C 和 SPI 两种总线模式,本文采用了 SPI 接口方式.

图 2 为 Zigbee 接口电路,该接口采用 4 线的 SPI 总线,SEN 为控制线,负责 Zigbee 模块的选通. SI、SO 两根线是数据的接收和发送端口,SCLK 是时钟线. SI、SO 配合 SCLK 的上升沿和下降沿实现数据收发. EXT 口是信号输出端口,当发送一帧数据或者接收完一帧数据,会输出一个响应信号. 与之对应的单片机端,由于 SPCE061A 不具有 SPI 总线接口,但是它的 I/O 口是可编程的,所以采用 4 个普通

的 I/O 口来模拟 SPI 总线接口进行数据传输,EXT 与外部中断输入口 1 相连. SPCE061A 负责数据的打包和解包,UZ2400 模块负责数据的射频发射和接收,从而实现数据的高效传输.

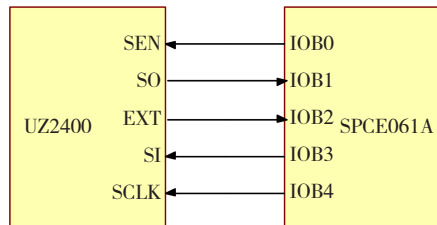


图 2 UZ2400 接口电路

1.3 微处理器

本文采用台湾凌阳公司的 SPCE061A 十六位微处理器作为心电监护系统的硬件平台,该处理器最大速度为 49.125 MHz,片内集成 2 k 的 RAM,32 k 的 Flash. 内置 8 道 10 位 ADC (A/D 最大转换速度 96 kbps),4 位并行 I/O 接口等特点^[4]. 并且该微处理器有多种工作模式,为功耗控制提供了便利.

1.4 信号调理电路

本系统的信号拾取电极选用的是广泛使用的银-氯化银电极,这种电极形成的平恒电极电位稳定,抗极化能力强,抗干扰能力强,能够在信号拾取端最大程度的保持原信号的真实性;系统的保护及前置放大电路选用的运放为 AD620,它具有输入阻抗高、高共模抑制比、低噪声、低漂移的特点,是生物医学信号放大的理想选择,如图 3 所示;其中放大器 U1A 构成共模驱动电路.

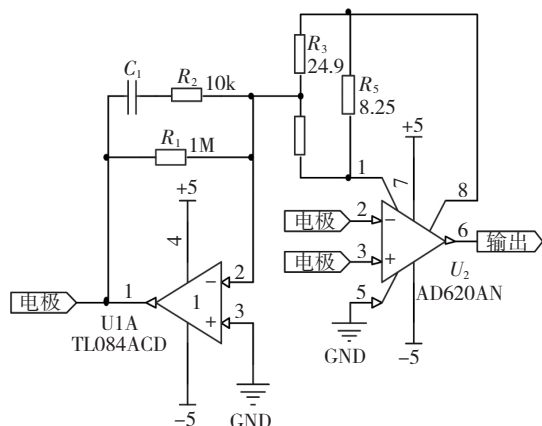


图 3 AD620 放大电路

由于经过放大后的心电信号是双极性信号,为了配合微处理器内部 A/D 的 0 ~ 3.3 V 的输入范围,对前级信号进行了电压抬高,抬高幅度为 1.2 V,与前级信号相加,从而获得了合适的输入信号幅度.

- 1) 每次采集完数据之后,利用式(6)逐步差分;
- 2) 如果差分结果在 $[-7, 7]$ 范围内,直接用 4

位二进制数,存放保存结果如下表,采用查表方式保存;

3) 如果差分结果在 $[-7, 7]$ 之外,用 8 位二进制数来保存,并在前面加上四位区分标志位,这四位标志位可以根据自己实际要求来选择,这里选择的是“1000”。

$$\Delta X(n) = X(n) - X(n-1) \quad (6)$$

经过实验验证,该算法实际应用中压缩比可达到 2:1,满足了无线通信实时要求。每压缩完一次,把数据存储到发送缓冲区中,当缓冲区中的数据达到 120 个字节时,向接收节点发送一次。

2.2 Zigbee 数据接收程序设计

Zigbee 数据接收程序设计的目的就是使接收节点正确的接收到发送节点发送的数据,并且通过串口将接收到的数据发送到上位机上供分析和诊断用。UZ2400 的程序设计分为底层驱动、命令、中断服务、请求应用,使用时可以忽略底层驱动,直接使用应用函数。当 UZ2400 接收完一帧数据之后 EXT 会产生一个电平跳变,而该引脚连接到微处理器的外部中断输入引脚,从而能够触发中断。此外,也可采用单片机查询方式从 UZ2400 接收数据,本系统采用查询方式,具体过程如图 5 所示。

实现这一过程主要是通过微处理器给 UZ2400 发命令和数据来实现的。接收节点启动后,首先完成微处理器和 UZ2400 的初始化工作。SPCE061 负责收发数据解包和打包、控制数据发送和接收、以及配置 UZ2400 的工作状态和方式等。

程序开始运行后,微处理器通过读取 UZ2400 接收缓冲区的接收标志位,来判断是否有接收到新数据。如果没有接收到则进行下一次读取判断;如果接收到新数据则,将整个 UZ2400 接收缓冲区内的数据全部读出到微处理器内的存储器中,对所接收到的数据包前两个字节数据进行判别,从而判断该帧数据是否已经接收过,如果已经接收过则丢弃,如果没有接收过,则将后面的数据通过解压算法解压,恢复原始数据。

2.3 心电监护系统界面的设计

心电信号在经过采集和传输传后,将上载给上位机以便后续的处理和应用,如实时观测、病理诊断分析等。为了实现上述目标,利用 VC++ 6.0 软件开发工具包开发了上位机软件,主要实现了数据接收节点和上位机之间的串口通信功能、以及对心电信号波形及心率的实时显示。

本文利用 MSComm 控件来实现串口的通信功

能。在添加完控件以后需要对控件属性加以设定。心电波形的绘制是使用 VC 中的画笔工具实现。其心电监测界面及测试结果如图 6 所示。经测试,点对点监测数据传输及心电波形显示可靠,心率状态检测正确。

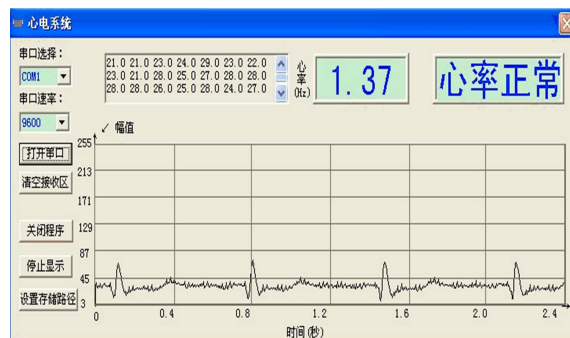


图 6 心电监测界面及测试结果

3 结 语

基于 ZigBee 的心电信号采集系统设计与开发,充分利用了 Zigbee 技术的便捷、低功耗、低辐射、抗干扰性强等特点,实现了在有限范围内对移动患者的动态在线监护。经实验测试,其性能稳定,使用方便,是一种新型的无线传感网络心电信号采集系统。但是由于心电信号拾取过程的复杂性以及监护节点数量的限制,在信号的噪声处理和数据压缩方面有待进一步研究改进。

参 考 文 献:

- [1] 臧益民,樊荣. 加强多学科协作,争取心血管病研究取得新进展 [J]. 心脏杂志,2006,18(5): 483-488.
- [2] JOSE J Segura, DAVID Cuesta Frau, LUIS Samblas Pena Mateo Aboy. A Microcontroller Based Portable Electrocardiograph Recorder [J]. IEEE Transaction on Biomedical Engineering, 2004, 51(9): 1686-1690.
- [3] 杨俊春,赵国良. 便携式心电记录仪的设计 [J]. 应用科技, 2003, 30(11): 37-39.
- [4] 徐喆,宋立新,于鸿洲. 基于 USB 总线的心电检测系统设计 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2006,11(1): 17-22.
- [5] 万里,张跃,张龙飞. 远程无线心电监护仪的心电数据处理机制 [J]. 计算机工程,2010,8(15): 291-293.
- [6] 张开玉. 基于 GPRS 的远程心电监护系统研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学: 计算机科学与技术学院,2007: 11-25.
- [7] 罗亚非. 凌阳 16 位单片机应用基础 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社,2005: 21-30.
- [8] 张跃,徐廷松. 单片机心电数据无损压缩方法研究与实现 [J]. 医疗卫生装备,2008,29(2): 24-27.

(编辑: 温泽宇)