

基于 GPRS 和 Zigbee 的无线心电图信号监测系统设计

饶珂萌

(3201 医院 感染性疾病科, 陕西 汉中 723000)

摘要: 针对疫情下医护人员对病人身体各种参数监测不便和工作效率低下等问题, 提出了一种基于 GPRS 和 Zigbee 的无线心电图信号监测系统; 系统利用脉搏传感器作为检测终端可同时监测多个病人的生理状况数据, 检测终端对数据进行汇总分析、存储和显示同时在紧急情况下进行呼救等功能, 同时系统可将不同终端得到的生理参数通过 ZigBee 组网传输给 GPRS 组网的协调器, 协调器可以将数据接入互联网上传至服务器和系统设计的上位机; 通过对系统一个终端的软硬件设计测试, 系统能准确测量不同病人的生理信息; 通过数据对比精确度可达到 2%; 可以证明该系统有很好的医学应用前景。

关键词: 参数监测; 检测终端; 生理状况; 服务器

Design of Wireless ECG Signal Monitoring System Based on GPRS and Zigbee

Rao Kemeng

(Department of Infectious Diseases, 3201 Hospital, Hanzhong 723000, China)

Abstract: Aiming at the problems of constant monitoring of various parameters of the patient's body and low working efficiency by medical staff in the epidemic situation, this paper proposes a wireless ECG signal monitoring system based on GPRS and Zigbee. The system uses the pulse sensor as the detection terminal to simultaneously monitor the physiological status data of multiple patients. The detection terminal aggregates the data, stores and displays the data and simultaneously calls for help in emergency situations. At the same time, the system can pass the physiological parameters obtained by different terminals through the ZigBee networking to the GPRS networking coordinator, and the coordinator can upload data to the Internet and upload it to the server and system-designed host computer. By designing and testing the software and hardware of one terminal of the system, the system can accurately measure the physiological information of different patients. The accuracy of data comparison can reach 2%. Can prove that the system has good medical application prospects

Keywords: parameter monitoring; testing terminal; physiological condition; server

0 引言

随着医学技术的发展, 人体生理参数变化已经成为医护人员对病人治疗的主要依据。在今年受疫情影响, 全国医护人员的工作量倍增, 医护人员需要同时对多个病人生理参数进行实时监测和统计。传统的医疗监护设备需要医护人员实时观察和记录, 在今年这种疫情突发和病人激增的条件下, 这种人工监测方法不但工作效率低下, 而且不能有效地保护医护人员安全^[1-4]。这种传统的医护监测装置已不能满足医护人员同时对多个病人生理参数实时监测的要求, 本文提出了一种基于 GPRS 和 Zigbee 的无线心电图信号监测系统, 系统利用 LabVIEW 平台开发了上位机, 通过 Zigbee 组网以及 GPRS 协调实现下位机的无线传输, 医护人员可以通过上位机或者移动终端实时观察病人的生理参数变化, 可以满足医护人员的应用要求。下位机是由脉搏传感器和 STM32 控制器组成, 可实现低功耗、长时间对病

人生理参数践行采集。同时可以设置不同监测点对不同病人同时监测, 监测到的人体生理参数可以在中央护理系统实时显示。通过对一个节点进行数据测试系统满足设计要求。该系统精度较高, 可以为医院进行推广。

1 系统的硬件设计

整个系统由多个采集终端、Zigbee 无线通信和协调器、GPRS 网络接入以及上位机等组成。通过控制器 STM32 驱动采集节点传感器对不同病人生理信息进行采集并在采集终端显示, 同时将采集到的数据通过协调器 Zigbee 将数据发送给汇总节点, 汇总节点将数据进行分析、打包以及存储再通过 GPRS 模块上传至上位机或者云平台进行显示分析。整体系统的硬件设计如图 1 所示。

1.1 心电采集模块设计

心电采集模块采用自带脉搏传感器的光学传感器构成, 心电采集模块电路设计使用产生模拟信号的心电传感器采

收稿日期: 2020-06-24; 修回日期: 2020-07-16。

基金项目: 国家自然科学基金项目(61972239, 61772398); 陕西省重点研发计划项目(2019SF-257); 汉台区科学技术计划项目(2019KX-21)。

作者简介: 饶珂萌(1990-), 女, 陕西石泉人, 硕士, 医师, 主要从事医疗信息分析方向的研究。

引用格式: 饶珂萌. 基于 GPRS 和 Zigbee 的无线心电图信号监测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(2): 20-24, 29.

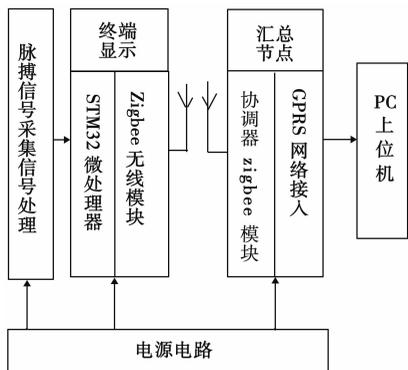


图 1 整机硬件结构图

集人体的心电信息，模拟信号经滤波后，进行 ADC 数模转换使模拟信号变为控制器可以识别的数字信号，再将转换后的数字信号通过 IIC 协议发送至控制模块进行数据处理。心电传感器工作原理是利用光学原理进行检测的，心电传感器中当光感受器检测到 LED 反射的光时，产生的信号通过低通滤波器滤波后，经运算放大器将信号放大后输出，由于该传感器采集到的信号比较微弱，容易受到噪声影响，所以在采集端设计了放大电路对信号进行了放大同时设计了滤波电路对系统中的噪声和干扰进行了滤除，放大电路设计使用专门的仪器放大器进行实现，滤波电路设计的低通滤波器截止频率按照电路电阻电容计算设计为 10 Hz，信号经放大滤波电路后再经 PCF8591 数模转换电路转换，转换后的信号后传给控制模块进行处理。心电电路设计如图 2 所示。

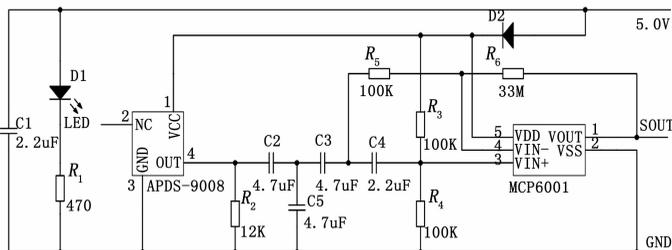


图 2 心电信号采集电路

1.2 无线模块电路设计

无线传输模块由 Zigbee 通信协调模块和 GPRS 远程数据传输模块组成，Zigbee 通信模块主要采用 CC2530 芯片为核心进行设计，该芯片是由 TI 公司研发一款内部含有一块高效的处理器 8051 同时含有一款高性能 2.4 GHz 射频收发器模块的芯片，该款无线芯片构建网络节点成本比较低符合设计要求。其在系统中主要工作是收发通过处理器 STM32 处理按照算法处理好的各个采集节点采集的人体生理参数^[5-7]。Zigbee 模块是一款基于 UART 接口的全双工无线透明传输模块，可以工作在 2 400~2 450 MHz 公用频段。符合 IEEE 802.15.4 协议的 16 个信道划分，通过该模块可以使传统的串口设备实现无线传输，替换掉复杂的布线工作。支持不间断发送，不限包长，点对点通信可实现 0

误比特率传输，广播模式下为 5% 的误比特率以下。该芯片发射功率为 20 dBm，芯片集成了一块 CC2591 功放，可测距离高达 250 m。该模块可根据实际需求，使用板载按键进行设置，可以修改模块的信道、波特率和工作模式。其模块参数为工作频率为 2 400~2 450 MHz；发射功率为 4.5 dBm；传输速率为最高 3 300 Bps；传输距离可达 250 m，支持工作模式两种工作模式分别为点对点工作模式、广播工作模式；通信接口为 UART 串口（支持 8 种波特率）；Zigbee 模块的电路设计如图 3 所示。

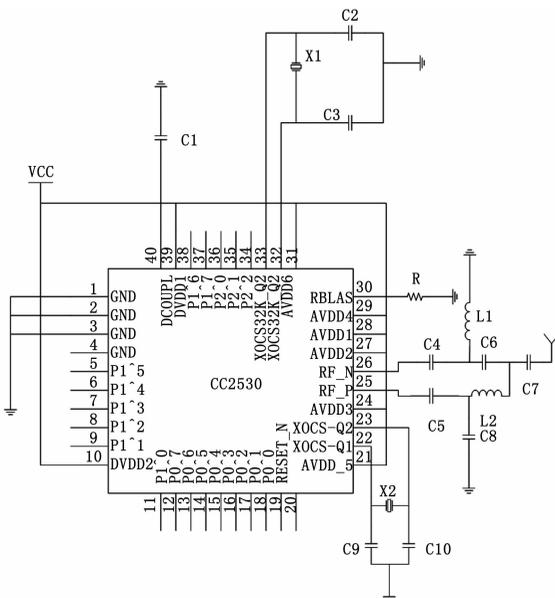


图 3 Zigbee 模块的电路设计图

设计中设计了无线远程传输功能，采用 GPRS 模块进行数据远距离传输，该模块电路设计选用型号为 SIM800C 作为核心模块，此模块在整个系统中的工作是将 Zigbee 协调模块得到的信号协调发送给服务器或者上位机，同时可以对数据进行阈值对比处理，如果发现和设置健康指数严重不符进行启动医护报警提示，或者将数据直接发送给主治医生手机进行相应的应急处理^[8]。系统 GPRS 模块的电路设计如图 4 所示。

2 系统的软件设计

系统整体软件包括各个病人检测终端检测节点数据采集软件设计，Zigbee 和 GPRS 无线通信和协调软件设计，进行阈值医护报警提示软件设计，整体显示模块软件设计和上位机软件设计 5 个部分。

2.1 各个病人检测终端节点软件设计

病人检测采集终端节点软件设计，首先是整个系统进行上电复位处理和各个采集传感器模块进行初始化，各个病人节点传感器采集到的数据通过处理器按照相应算法处理和校正后把信号通过 Zigbee 模块对其进行组网进行无线发送。Zigbee 模块和处理器 STM32 是经过串口进行通信将处理器处理好的实际数据结果传给协调汇总节点。整个检

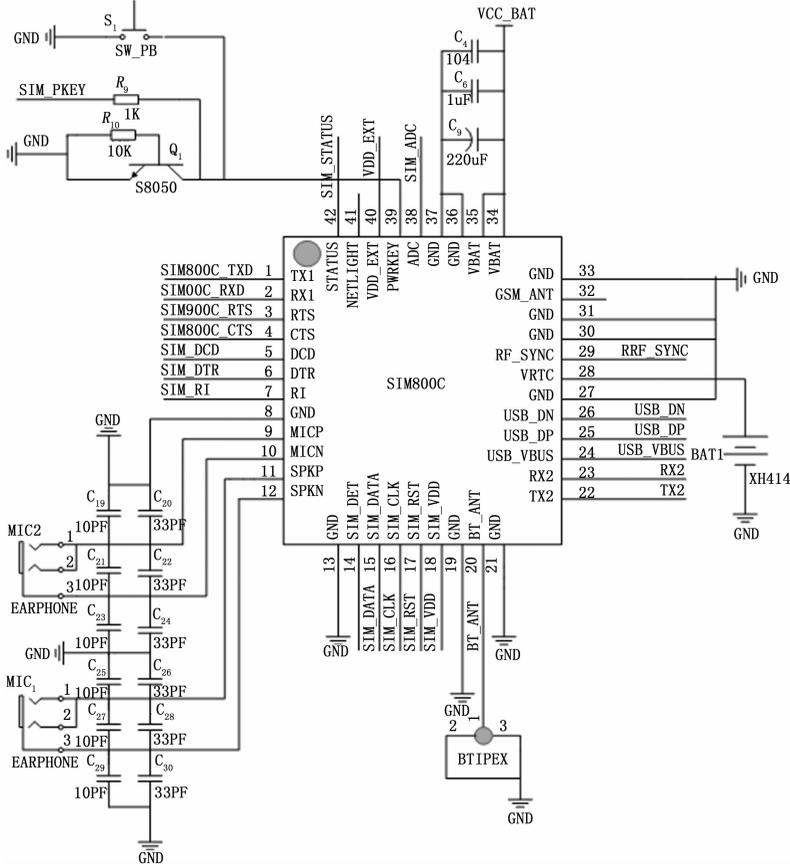


图 4 GPRS 模块电路设计

测节点程序流程如图 5 所示。

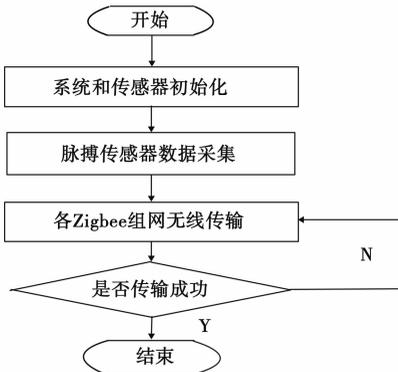


图 5 病人检测终端节点软件设计

2.2 系统协调器模块软件设计

系统协调器在整个系统中作用是桥梁作用，是将不同采集端口得到的数据处理汇总打包发送给上位机的核心部分。其由处理模块 STM32、Zigbee 通信模块和 GPRS 无线发送模块组成，首先是系统和各个模块初始化，STM32 处理器通过 UART3 控制 Zigbee 无线通信模块进行模块之间的数据通信，将发送端口发送过来的数据进行二次校验和分析处理传输给 GPRS 模块，STM32 处理器 UART3 和 GPRS 模块之间通信可以将得到的数据重新打包处理再通多串口发送至服务器或 PC 机，同时也可将数据发送给云平

台。协调器设计流程如图 6 所示。

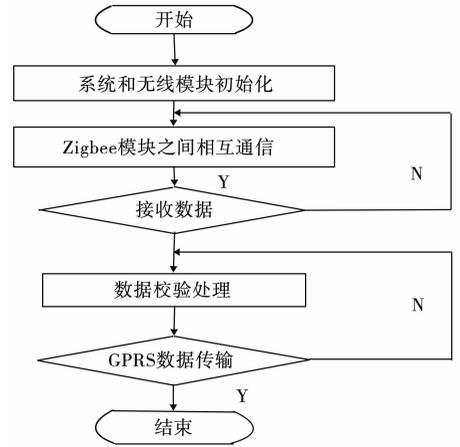


图 6 协调器流程图

2.3 Zigbee 模块的软件设计

系统采用 Zigbee 模块是通过串口通信的方式与主控单片机所连接。通过模块上的按键配置为信道相同的两个模块，并设置工作模式一个为点对点 A 端，一个为点对点 B 端。无线模块和单片机以串口的方式连接，为了区分不同终端和某一传感器所获取的数据，终端采用数据头+采集的对应数据+数据尾，采集对应的数据又分为某一传感器的数据头和数据尾。数据主 Zigbee 和两个从 Zigbee 之间通信采用点名式思想方案，当主机发送一个字符 *a*，1 号终端接收此字符则发送当前采集打包好的数据包，主机接收到这包数据并进行解析。判断这包数据的尾时，继续发送一个字符 *d*，2 号终端接收此命令字符，然后发送当前的数据包，主机进行数据判断，接着以次程序的循环执行。主机接收数据时使用串口中断，当接收到判断到数据尾标志位清 0 停止存放。最后主机合成终端一和终端二的数据，将次数据传送给 GPRS 模块的发送函数。Zigbee 串口配置初始化和对应传输协议流程如图 7 所示。

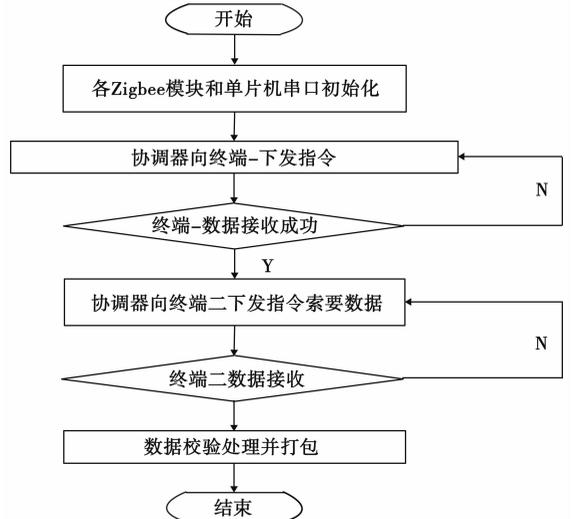


图 7 Zigbee 数据传输流程图

2.4 GPRS 模块的软件设计

系统对打包好的数据进行了远距离无线传输，采用 GPRS 模块进行实现，系统使用了 GPRS 模块的 TCP/IP 协议，其模块的初始化以及功能的配置，都使用了 32 芯片的串口通信，以 AT 指令的方式，发送命令给模块，以此来配置模块的波特率、激活移动场景、无线透传模式、所要连接的远端服务器类型 IP 地址和目的端号等工功能信息。然后系统对 SIM 卡状态是否在位进行循环检测、接入系统的 SIM 卡是否有移动网络；等待模块初始化成功之后将采集打包好的数据以定时的方式，继续通过 AT 指令发送出去。其软件配置流程如图 8 所示。

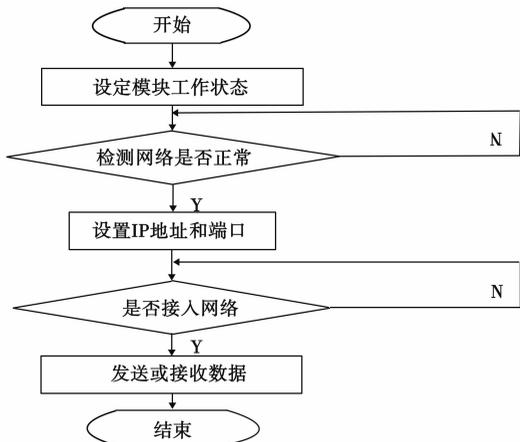


图 8 GPRS 模块配置流程图

2.5 上位机软件设计

设计中上位机是通多串口接收无线通信传输的数据，并实时地根据接收到的数据进行分析绘制检测节点心电图，设计中设计了一个人的上位机终端，系统同时可以设计 5 个以上检测终端进行观察人体生理参数可以看心电图，并通过指示灯的方式对曲线的跳动规则进行显示，同时按照相应算法进行心理值的显示。此系统上位机使用 LabVIEW 开发环境进行制作。上位机负责传输到接收终端的数据及其心电图的显示，LabVIEW 是一款基于程序开发设计软件，设计不用代码只需采用框图进行设计，可以缩短开发流程和时间，设计中 LabVIEW 设计满足无线信号实时显示波形数据^[9-13]。同时终端的数据也可以同时发送给主治医生的手机或者云端进行医疗提醒，上位机的前面板 Labview 程序的 UI 显示界面，包括了波形显示、串口选择、波特率设置件、状态提示、脉搏血压状态指示灯、心率血压血氧值显示等控件。上位机设计界面如图 9 所示。

程序面板为上位机的程序框图，其作用是使得各控件之间能相互进行数据连接，以及系统与外部程序或接口之间进行通信，比如操作计算机的串口，链接其他应用程序，或者操作网络接口等。与传统代码语言不同的是，Labview 的编程使用的是图形语言，其作用和传统语言类似，属于面向对象类型，优点是相对传统代码语言来说更加直观，



图 9 LabVIEW 设计上位机界面

便于编写。上机程序面板如图 10 所示。

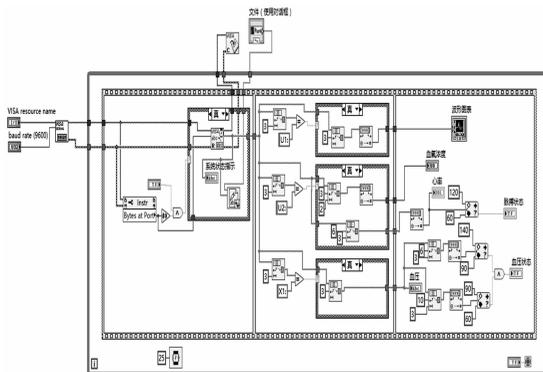


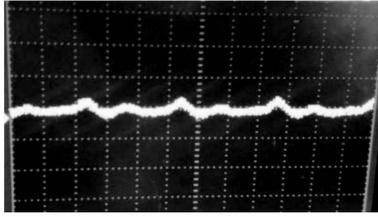
图 10 上位机程序框图

3 实验结果与分析

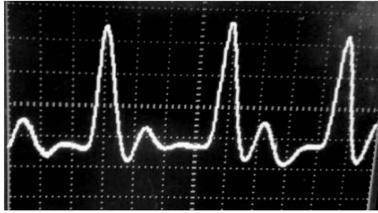
3.1 放大电路测试和滤波电路测试

由于传感器采集信号微弱需要放大，系统设计了一种仪器放大电路，系统对传感器放大电路设计采用 MCP-6001 运算放大器芯片进行设计，放大器设计是利用运放进行设计，按照放大电路的运算规则设计了放大倍数为 330 倍左右上下可调的放大器装置，测试中将脉搏传感器采集到的微弱电信号接入放大器的输入端口，在输出端口示波器可以观察输出信号的变化关系。可以分析计算出实际放大器的放大倍数。测试中采用双通示波器进行观察，得到输入输出实际波形图，通过示波器可以观察到信号被明显放大。测试心电信号放大器前后的心电图结果如图 11 所示。

同时系统设计了滤波电路对传感器采集的信号进行噪声处理，设计了一款低通滤波电路，低通滤波器设计采用 RC 积分低通滤波电路来实现，按照相应硬件电路计算设计信号带宽，该滤波器主要滤除电源和其他电路引如系统的高频噪声信号。测试中将脉搏传感器接入滤波电路输入端，用示波器同时测量输入输出信号的变化，比较输入输出的



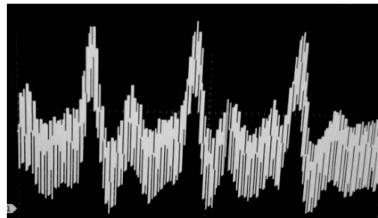
(a)输入端波形 (平均电压8.25 mV)



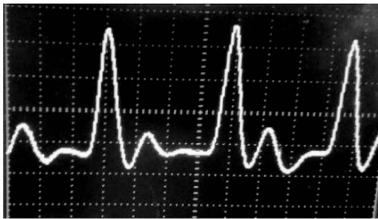
(b)输入端波形 (平均电压2.54 mV)

图 11 放大电路输入输出结果测试

波形, 观察滤波效果。通过图像观察滤波器对噪声滤除较好, 符合设计要求, 测试结果如图 12 所示。



(a)输入端波形



(b)输出端波形

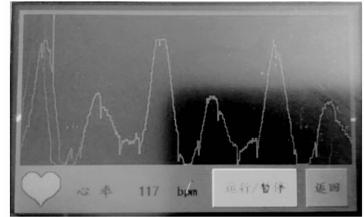
图 12 系统低通滤波器测试结果

3.2 发送终端显示模块测试

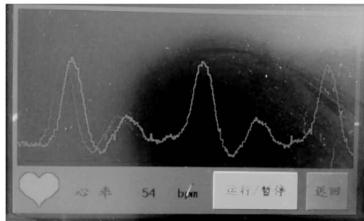
整个系统在设计中在各个检测节点终端设计了显示模块, 通过该模块病人自己可以实时观察自己身体参数显示测得数据及心电图波形图, 通过系统设计的屏幕测试显示分析, 可以看出系统设计效果良好, 整个系统是在有噪声和进行取噪声条件下进行显示分析, 去噪发送端测试结果如图 13 所示。

3.3 对上位机接收到的数据进行测试分析

在接收机终端对设计系统整体进行了数据分析测试, BPM 数值是通过测量间隔时间进行分析计算得到, 测试条件是对同一人用设计系统和现有医学通用仪器进行对比测试, 可以得到设计的系统运行比较稳定, 误差较小, 误差控制在 3% 以内。测试对比结果如表 1 所示。



(a)不加小波去噪



(b)加小波去噪

图 13 系统发送终端显示效果

表 1 心率对比测试结果

序号	1	2	3	4	5
心电系统/bpm	61	84	85	95	94
通用仪器/bpm	62	82	83	93	94
误差/%	1.1	2.4	2.3	2.1	0

同时数据可以通过设计好的上位机直观地观察所测的数据, 通过设计的上位机可以看出系统工作正常, 图形界面显示比较清晰, 可以为医护人员进行图形分析, 系统达到了设计目标。上位机显示画面如图 14 所示。

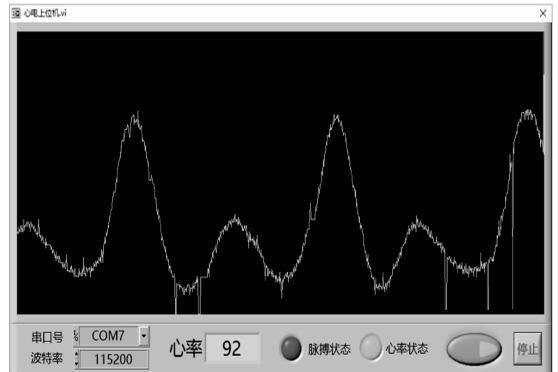


图 14 位机显示结果

4 结束语

本文提出了一种基于 GPRS 和 Zigbee 的无线心电信号监测系统, 该系统可以同时多个病人进行医护监测, 设计对一个节点进行了软硬件设计测试, 通过测试数据和现有通用医学仪器进行数据对比分析, 证明了该系统能够准确地对病人生理参数进行实时监测, 精度可达 2%。该系统能够解决现有医护人员对多个病人生理参数同时实时监测的要求, 可以为医院推广。

(下转第 29 页)