

基于 ATMEGA16L 与 MC35I 的无线 心电数据采集传输系统的设计

许俊超,陈真诚

(中南大学 信息物理工程学院生物医学工程研究所,湖南长沙 410083)

摘要:提出了一种基于短信收发的动态心电监护系统的设计。系统以高性价比的微控制器 ATmega16L 为核心,实现对心电信号的采集、处理,并以短信息模式存储于系统中。患者在紧急情况下通过无线通信模块把短消息发送给院方,供医院专家诊断。系统设计可靠、抗干扰性强,具有良好的应用价值。

关键词:无线数据通信;短消息;MC35I 通信模块;微控制器;AT 指令

中图分类号:R318 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-6278 (2008)01-0058-03

The Wireless Data Communication System based on ATMEGA16L and MC 35I

XU Junchao, CHEN Zhencheng

(Institute of Biomedical Engineering, School of Info - physics, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: A system of dynamic state electrocardiographic monitoring based on receiving and dispatching the message is put forward. It can identify the abnormal rhythm of the heart of the patient who carry with this system, and storage it in the system for the message that can be sent to the hospital for diagnosis. So the doctor can give the advice to patient. The system has the advantage of reliability, interference immunity, popular in usage.

Key words: Wireless data communication; Short message; MC35I communication module; Microcontroller; Address translator command

1 引言

随着计算机网络和通信技术的不断发展,基于固定电话网、卫星电话及 Internet 等的远程心电监护系统相继出现。在我国心电监护系统得到很大发展,如李婷等研制的 LCD 心电显示系统^[1];李享元等研制的远程心电监护系统^[2];王鸿鹏等研制的 CDMA 1X 远程心电监护系统^[3]等。在这些监护系统中,有些医疗器械虽然具有远程功能,但是由于采用较为昂贵的元器件而成本较高,有些则是采用即时模式把采集到的心电数据稍微延缓一段时间便传出去,不能进行长时间的跟踪监测,在监护的实时性、准确性和患者的活动范围等方面均存在不足,不能很好地满足心脏病患者的监护需求。

本研究提出了一种基于短信收发的动态心电监护系统的设计方案。该系统以性价比很高的微处理器为核心,扩展了显示存储以及时间显示和短信收发模块,利用 GPRS 无线通信技术,实时监测患者的心电信号。在紧急情况下,患者可以将系统监测到的异常心电数据利用通信网络发送至院方。医生可根据收到的心电数据分析患者的心脏状况,使患者的心脏疾病得到有效的预防和救治。该系统可靠性高、易操作,适于非住院条件下的心电监护使用。

2 系统组成及工作原理

该系统由心电信号采集模块、心电监护模块和无线通信模块组成,完成了心电信号的采集、数字处理、心电数据的无线传输等功能。

通信作者:chenzhcheng @163.com。

系统的工作原理:心电信号经采集模块采集滤波放大之后,通过一个电压跟随器分为两路进入心电监护模块,一路进入微控制器 ATMEGA16L,实现对异常心律的判断;另一路经微控制器 ATMEGA16L 进行模数转换,经过压缩、处理,进入存储器,作为完整的心电信号进行存储,供医生诊断分析。如果判断为异常心律,则由微控制器启动无线通信模块将异常心电数据发送至服务器端,供院方专家诊断。系统总体框图见图 1。

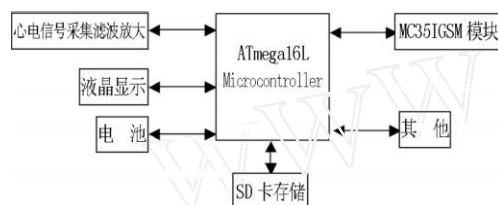


图 1 系统硬件结构框图

Fig 1 Schematics of ECG telemonitoring system

3 硬件结构

系统的硬件部份主要由微控制器、心电信号采集处理模块、存储扩展模块、液晶显示模块、无线通信模块组成。硬件部分完成患者心电信号的采集、滤波、放大、存储、显示及数据发送接收功能。心电信号经采集处理模块处理(采集、滤波、放大)之后,经电压跟随器交由微控制器进行处理。

3.1 微控制器

微控制器主要完成心电信号的模数转换,对外通信以及控制各部件协调工作。考虑到系统的总体功耗,采用 Atmel 公司的高性能微处理器 ATmega16L,它体积小,功耗低,控制和处理能力强大,性价比高,数据吞吐率高达 1MIPS/MHz。大多数指令执行时间为单个时钟周期。微控制器有两个时钟周期的硬件乘法器,16K 字节的可擦写一万次的系统内可编程 Flash。微控制器本身带有八路十位的 ADC,可以精确完成心电信号的模数转换(采样率为 200Hz),由微控制器将模数转换的结果送到液晶显示模块进行显示。

3.2 液晶显示模块

我们采用 ST7920 液晶模块,该液晶模块可单电源供电,供电电压为 3.3~5.5V。与微控制器的接口方法有两种,可八位或四位并行接入,也可三位串行接入,具有光标显示、画面移位、自定义字符、睡眠模式等。当液晶模块的管脚 PSB 为低电平时,模块即运行在三位串行接口模式,我们使 PSB 接地保持

低电平,使模块运行在串行模式下。串行片选信号 CS 为高电平时,在液晶时钟五个周期内与微控制器进行同步,然后串行的数据口 SID 从微控制器读取指令液晶显示模块,在随后的两个液晶时钟周期内,读取高四位数据,然后读取低四位数据进行显示。

3.3 存储模块

在完成显示功能的同时,经过数字化的心电信号由微控制器启动存储模块进行完整的心电信号的存储。由于本系统是便携式的心电监测系统,要对患者进行全天 24 h 不间断监护,会产生大量数据,因此需要选用大容量的存储卡进行存储。我们选用 SD 卡进行数据的存储。SD 卡与微控制器的通信有两种模式:SD 模式和串行外围接口(serial peripheral interface, SPI)模式,前者速度快(4 位并行数据总线),可使用所有的信号线;后者速度较慢(数据以单线传输),但所用的信号线较少,节省电路空间,我们使用 SPI 模式:片选信号 CS 为低电平时,SD 卡的读写模式即是 SPI 模式,此时如果有写 SD 卡的命令,则通过微控制器启动 SD 卡开始写操作,写完之后等待下一个指令;若此时有读 SD 卡的指令,由微控制器启动 SD 卡,并开始进行读操作,在读的同时进行循环冗余码校验(CRC)校验,数据传送结束即进入等待指令状态。

3.4 短信息无线传送模块

在显示、存储功能完成的同时,微控制器同时要完成对异常心电信号判断的功能。如果判断为异常心电信号,则由控制器启动无线通信模块,进行异常心电信号的数据传输。我们采用 Siemens 公司的 MC351 模块^[4]。MC351 是 Siemens 公司推出的第一款支持 GPRS 的 GSM/GPRS 模块,它体积小,易于集成到便携式手持终端中,支持 VOICE、DATA、FAX 以及 SMS 等业务。其数据输入/输出接口实际是一个串行异步收发器,符合 ITU-T RS-232 接口标准。有固定的参数:8 位数据位和 1 位停止位,无校验位,波特率可在 30~115 Kbps 之间选择,硬件握手信号用 RTS0/CTS0,软件流量控制用 Xon/XoFF,CMOS 电平,支持标准的 AT 命令集。双频带 GSM 引擎,使用 GPRS 技术,支持 GPRS 多时隙(8 通道)和 GPRS 编码方案(CS-1, CS-2, CS-3, CS-4),工作在 GSM900MHz 和 GSM1800MHz 频带。RF 部分和运行在 GSM 频带处理器中的 GSM 协议是一体化的。MC351 通过 40 脚的 ZIF 连接器和外部连接,ZIF 连接器建立了控制数据,音频信号和电源的接口。MC351 支持两种协议:PAP(密码认证协议)和 CHAP

(挑战握手协议),通常用端对端协议(PPP)连接,其主要功能部件包括:GSM 基带处理器,GSM 无线通信部份,电源接口部份,静态存储器,40 脚 ZIF 接口,50 天线接口,SIM 卡接口和 RS232 接口。并移植了 TCP/IP 协议和 PPP 协议,以完成心电数据的发送和诊断结果的接收。微处理器 Atmega16L 通过异步串行通信接口与 MC351 相连,并通过 AT 命令对该模块进行控制和数据传输^[5]。

4 软件设计

系统的软件设计包括两个部分,一个是系统终端的软件设计,用 C 语言编写^[4];另一个是模拟院方的软件设计,用 VC++ 编写。系统终端的软件设计包括系统的初始化子程序、心电监护子程序、显示子程序、存储子程序、短信收发子程序等几个部分。系统初始化子程序包括 MC351 模块、SD 卡、液晶模块的初始化。软件设计包括微控制器应用程序设计、MC351 程序设计以及计算机端的程序设计。微控制器的应用程序设计包括数据的采集以及系统初始化。系统的初始化用以完成系统的连接以及数据的采集处理。由 ATmega16L 自带的十位 AD 转换器完模数的转换,使用片内准电压 2.56V。

系统软件设计的总流程图见图 2。

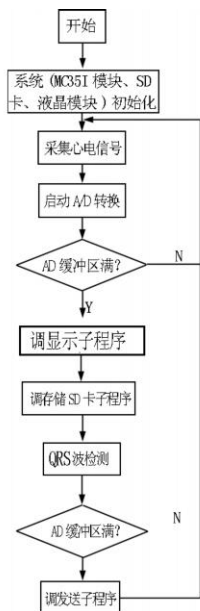


图 2 系统软件流程图

Fig 2 The program frame of the system

4.1 心电采集处理子程序

心电信号进入微控制器后,进行 AD 转换,微控制器的 AD 转换精度为十位,转换后的结果存放于

AD 数据寄存器,我们的采样率设为 200 Hz,采用连续转换模式,这样就可以每隔 5 s 读取一次 AD 数据寄存器,将 AD 寄存器里的数据送至存储和显示模块。

4.2 显示子程序

液晶显示子程序主要完成液晶模块的初始化、字符显示、时间显示以及心电波形的显示。

我们选用的显示模块自身带有汉字字库。只需对字库进行选择就可以显示所需的汉字。对于心电波形的显示采取描点的方法,把 A/D 寄存器中的数值送至液晶显示屏进行显示。

4.3 短信收发子程序

MC351 程序设计包括与微控制器的连接以及 GPRS 数据通道的建立、检测和重连。微控制器通过 UART 口向 MC351 发送 AT 指令,完成网络连接的初始化。程序设计见图 3。

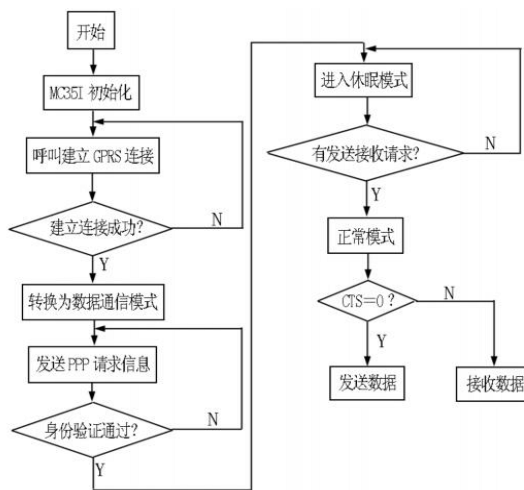


图 3 短信收发子程序

Fig 3 The program frame of message sending and receiving

在系统启动时要完成 MC351 的初始化并登录移动梦网,建立 GPRS 连接。登录时要检测 MC351 的当前状态。之后,开始呼叫与 GPRS 服务商连接,其指令格式为 ATD *99 #,若返回 CONNECT 信息,则表明建立连接成功;否则,需要继续呼叫。建立连接成功之后,即可进行数据无线传输。之后,通过 ATO 指令将命令模式转为数据通信模式。此时由系统发送一帧端对端协议(point-to-point protocol, PPP)请求信息,服务提供商接到请求信息后发出询问帧,进行相关参数设置,并进行用户身份验证,成功之后服务商为系统分配一个独立 IP,此时 GPRS 即成功上线。

我们使 MC351 工作在休眠模式,(下转第 68 页)

4 讨论

多种晚期肿瘤易并发骨转移,浸润骨膜导致剧痛,严重影响患者的日常生活,生活质量明显下降,治疗骨转移性肿瘤对于缓解疼痛,提高患者生活质量具有重要的现实意义。肿瘤侵犯到骨组织后直接或间接活化破骨细胞、浸润骨膜或通过释放 IL-6、IL-8、白三烯、前列腺素等炎症介质等途径,导致局部剧烈疼痛^[2]。双膦酸盐类药物是治疗晚期转移性骨肿瘤的常用药物,通过有效抑制破骨细胞的活性,减少骨质破坏、缓解疼痛,临床有效率约为 40%~70%^[3]。射频热疗目前在肿瘤治疗中广泛应用,通过高频电磁波使极性分子、离子在电场中高频振荡、摩擦、碰撞而产生热,通过计算机控制传感器维持深部治疗温度 42℃,促进肿瘤细胞凋亡,而毒副作用较小^[2]。

唑来膦酸钠为第三代双膦酸盐,可抑制破骨细胞活性,联合化疗或放疗治疗肿瘤骨骼转移疗效明

显^[4-5]。本研究通过双膦酸盐结合射频热疗治疗转移性骨肿瘤,缓解疼痛,减少骨质破坏。研究结果提示双膦酸盐结合射频热疗较单纯双膦酸盐治疗后疼痛缓解率高,可有效减少患者吗啡类药物用量,而毒副作用未见明显增加,为临床治疗转移性骨肿瘤引起的疼痛提供了有效的手段。

参考文献:

- [1]董梅,冯奉仪.双膦酸盐治疗恶性肿瘤骨转移的基础研究与临床实践[J].癌症进展杂志,2006,4(4):366-368.
- [2]曹丹,侯梅,勾红峰,等.热疗联合胸腔内注射药物治疗恶性胸腔积液的疗效观察[J].中国肺癌杂志,2006,9(3):21-23.
- [3]沈丹华,郭卫,杨毅,等.骨转移癌临床及病理学研究[J].中华病理学杂志,2006,13(1):324-326.
- [4]袁燕,梁倩,刘晓琳,等.唑来膦酸联合化疗对恶性肿瘤骨转移的疗效分析[J].国际肿瘤学杂志,2006,33(2):157-159.
- [5]曹辉,单硕,周光,等.唑来膦酸合并放射治疗骨转移癌临床研究[J].中国疼痛医学杂志,2006,12(1):14-16.

(收稿日期:2007-12-24)

(上接第 60 页)

它是一种轮流使能关闭串口的一个动态过程,必须使用硬件流通过置位/复位 CTS 信号来进行 UART 的配置,CTS 置位完成即可进行数据的接收(同理也可以使用硬件流通过置位/复位 RTS 信号来进行数据的发送),CTS 复位 5 ms 后,UART 关闭。进入休眠模式的指令为 AT+CFUN=5,在该模式下,模块电流为 3 mA。模块唤醒进行数据传输时,其电流为 400 mA,其指令格式为 AT+CFUN=1。模块接收到数据时,立即转为正常模块,数据传输结束即自动进入休眠模式以节省系统功耗。

4.4 院方模拟

计算机端模拟医院方面,采用 VC++6.0 进行程序设计,利用 VC++ 的 mscomm 控件实现数据的发送和接收。先将计算机设置为接收状态,接收来自 MC35I 的数据,然后置为发送状态,接收数据完成之后,向 MC35I 发送数据,从而实现系统与计算机(模拟院方)之间的无线通信。

5 讨论

该系统采用高性价比的微控制器和西门子无线通信模块 MC35I,通过模数转换和数据存储,最终将患者的心电数据发送至院方专家系统供专家诊断。有效地改善了患者的就医环境和医生的工作压力。

该系统并行执行多个任务。一是负责监测是否有心电数据发送请求,当有发送任务时负责将采集到的数据放入缓冲区,供无线通信模块发送至院方。另一个任务是发送任务结束之后,侦听无线通信模块是否有数据接收,若有数据接收,则将数据放入缓冲区并将其显示。再有一个就是从系统初始开始,将采集到的心电数据以文本模式存档,供以后院方专家查询。经测试,该系统可以实现对患者进行动态的、不间断的、远程心电监护,为患者及时就治提供了可靠的保证。

参考文献:

- [1]李婷,刘国传,魏传忠等.一种 LCD 心电显示系统的研制[J].生物医学工程研究,2003,22:43-46.
- [2]李享元,杨宗凯,吴鸿修.基于 GPRS 网的远程移动心电监护系统的研制[J].北京生物医学工程,2005,3:180-182,189.
- [3]王鸿鹏,闫晓伟,杨孝宗,等.基于 CDMA 1X 的远程心电监护系统的研制[J].北京生物医学工程,2006,5:513-516,552.
- [4]MC35i Hardware Interface Description, Version:00.02[EB/OL].<http://www.tc35i.com/mokuai.asp>,2003-04-15.
- [5]Siemens Cellular Engines MC35i AT Command Set, Version:01.02[EB/OL].<http://www.tc35i.com/mokuai.asp>,2003-04-15.
- [6]沈文,Eagle lee,詹卫前,等.AVR 单片机 C 语言开发入门指导[M].北京:清华大学出版社,2003.

(收稿日期:2007-11-28)