

基于 MSP430 心电信号数据采集与传输分析

袁媛,沈小林,王忠庆

(中北大学电气工程系,山西 太原 030051)

摘要: 设计了以超低功耗的 MSP430 单片机为核心的数据采集与传输系统, 基于 MSP430F449 对人体的心电信号进行采集并通过 RS232 通信接口实现与上位机的数据传输, 将处理好的信号再通过 GPRS 无线传输模块发送至医院监护中心。利用液晶显示模块 LMS091A 与 K9F1G08X0A 存储模块使用户在家中更方便的观察病情, 此系统适合应用于各种临床病症的检测和诊断。

关键词: 心电信号; MSP430; RS232; FLASH 存储器

中图分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1673 - 6133 (2009) 01 - 0004 - 05

ECG Data Collection and Transmission Analysis Based on MSP430

YUAN Yuan, SHEN Xiao-lin, WANG Zhong-qing

(Department of Electronical Engineering, North University of China, Taiyuan Shanxi 030051, China)

Abstract: This article designs the data collection and transmission system with MSP430 single-chip computer of the ultra-low power as core. Based on the MSP430F449, ECG of the human body is collected and transmitted to the host computer through RS232 communication interface and the processed signal is sent to the monitoring center of the hospital again by GPRS wireless module. The use of liquid crystal display module LMS091A and K9F1G08X0A storage module allows users to more easily observe the diseases, which can be used to test and diagnose different clinical symptoms.

Key words: ECG; MSP430; RS232; FLASH memory

1 引言

随着社会的发展,生活水平的提高,人们的压力也逐渐增加,身体基质不断下降,心血管方面的疾病已成临床常见病例,由于计算机网络、通信等相关技术的迅速发展,医院及家庭可方便的通过远程终端系统对病人的实际病况掌握分析,及时采取有效的治疗。此系统主要介绍对心电信号的采集进行远程移动监护,使用 TI 公司的系列单片机 MSP430F449 作为数据的采集与传输系统装置。

通过心电电极接受人体心电信号,对信号进行检测,检测过程主要是对心电信号的采集,由于人体心电信号微弱,易受工频干扰、基线漂移、肌电干扰等各种噪声的影响,所以对心电信号的检测需要满足基本的电路性能指标,通过放大、滤波处理后进入 MSP430F449 中进行 A/D 转换。将心电信号送入 LCD 液晶显示器,通过 FLASH 外部存储器存储以检测的心电信号数据,从而调用以前所处理的历史记录。通过远程传输电话线,网络或者 GPRS 系统将所监测的数据传送到相关的医院监护中心及时采取有效的治疗。此系统可通过图 1 来表示。

2 系统原理

收稿日期: 2008 - 10 - 17

作者简介:袁媛(1985-),女,贵州贵阳人,中北大学在读硕士。

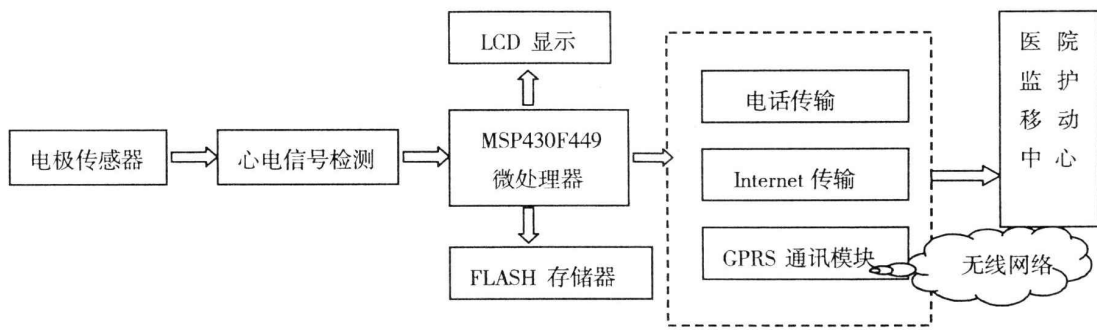


图 1 系统总体框图

Fig 1 The total frame figure of the system

3 硬件概述

3.1 心电信号采集处理

为了使心电信号达到稳定并且传输效果良好，必须在满足性能指标的前提下来执行。(1)增益：由于人体心电信号微弱，幅值只有 0~4 mV，利用前置放大电路达到放大增益的设计要求来提高增益且抑制电路零点漂移；(2)频率响应：人体心电信号频带为 0.05~100 Hz，属于低频微弱信号，由于心电电极片的电压不够稳定，前置放大器存在部分零点漂移信号并且还带有一定的工频干扰和直流低频分量，皮肤电阻的变化、呼吸和人体运动，都会造成输出端的心电信号在某一条水平线上缓慢地上下移动产生低频噪声的干扰；(3)高输入阻抗：被提取的心电信号是不稳定的高内阻源的微弱信号，为了减少信号源内阻的影响以及防止分压后心电信号微弱，输入阻抗的不稳定，以及放大器电

压增益的不稳定，导致较大的测量误差结果，因此必须提高放大器输入阻抗。一般情况下，信号源的内阻为 100k，则放大器的输入阻抗应大于 1M。

(4)高共模抑制比：人体所携带的工频干扰以及所测量的参数以外的生理作用的干扰，比心电信号大得多，一般为共模干扰，共模抑制比是衡量心电放大器的对共模干扰的抑制能力，前置级须采用 CM-RR 的差动放大形式，能够克服温度漂移，能减少共模干扰向差模干扰转化；(5)低噪声、低漂移：主要作用是对信号源的影响小，拾取信号的能力强，为了使增益提高，降低带有正态分布的白噪声信号而得到一定信噪比的输出信号，限制放大器的漂移能够使输出稳定。因此心电信号放大电路框图如图 2 所示，用电极采集到的心电信号后先通过前置放大使信号不失真的输出，再经过带通滤波器及 50HZ 的陷波滤除其他干扰信号，最后送入单片机进行 A/D 转换。

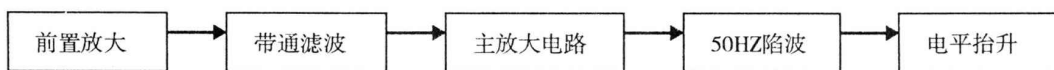


图 2 心电放大电路框图

Fig 2 The circuit of amplified ECG

3.2 MSP430F449 单片机特点

MSP430 系列单片机是美国德州仪器 1996 年开始推向市场的一种 16 位超低功耗的混合信号处理器，集成度高，处理功能强大，运算速度较快，使用方便快捷，其将模拟信号，数字信号，微处理器集成在同一块芯片上，加上完整的外围接口电路，可方便的实现具体需要的运用功能。

MSP430F449 芯片内电源采用 1.8~3.6V 低电压，60KB + 256B Flash 和 2KB RAM；CPU 中包括

16 个寄存器，所提供指令执行时间较短，执行时间为一个周期的处理器频率，其中四个寄存器是预设给特殊用途的程序计数器，堆栈指针，状态寄存器和常数发生器，其余的寄存器可作为一般用途的寄存器来使用。CPU 的数据处理和总线连接到外设并且可轻松地处理所有的内存操作指示。

MSP430F449 包括了一个 12 位的 A/D 转换器 ADC12，它带有采样/保持功能的 ADC 内核，可控制转换存储和参考电平发生器、可控制和选择

的时钟源及转换时序电路。ADC12与一般的ADC相比具有高速、通用的特点,适合于精确的数据采集和转换,能够对8个外部模拟通道和4个内部电压通道进行A/D转换。ADC12拥有16个保存转换结果的寄存器,可以由软件进行独立访问。其具有强大的处理能力,采用了目前流行的RISC结构,一个时钟周期可以执行一条指令;高性能模拟数字技术及丰富的片上外围模块,集成了较丰富的片内外设;系统工作稳定,当上电复位后,首先由DCO_CLK启动CPU,以保证程序从正确的位置开始执行,保证晶体振荡器有足够的起振时间,使得晶振能达到稳定的速度,通过软件可设置适当的寄存器的控制位来确定最后的系统时钟频率;MSP430F449可以通过JTAG调试接口,还有可擦写的FLASH存储器作为高效的开发环境。

3.3 硬件电路设计

3.3.1 数据采集模块

传感器电路:对于心电信号来说,采集电路是必不可少的一部分,传感器是一种物理装置能够探测、感受外界的信号,因此信号的采集需要用到传感器设备,根据人的身体等各方面的情况可采用不同的传感器,当人体接触到传感器表面时通过前面所述的模拟放大电路的处理后,产生脉冲信号,利用单片机的捕获功能捕获信号,可直接接到单片机的捕获端口TA1。

电源电路:MSP430F449单片机的工作电压

在1.8~1.6V之间,工作电流在0.1~400 μ A之间。在此电路中工作电压为3V。

晶振电路:高速和低速2个晶振电路,可输出3种不同频率的时钟给单片机内部的不同模块。用户可用高速晶体产生频率较高的MCLK供给CPU,以满足高速的数据运算需要,也可以在不需CPU工作时关闭高速晶体,而对于实时时钟,可用低速晶体产生频率较低的ACLK供给并使C2值大于C1值,这样可使上电时,加快晶振起振。

3.3.2 通信模块

通信模块是单片机和总线集中器之间的数据传输电路,MSP430F449单片机可以通过RS232串口将心电信号存储数据直接传输到上位机。单片机和PC机的通信用RS232驱动芯片来实现MSP430F449与计算机的电平转换,这里采用的是MAX3221,工作电源电压为3V至5.5V,当串行端口失效时可对电压管理进行控制选择,在FORCEON为低且FORCEOFF为高时自动掉电功能起作用,若器件未感应到接收器输入端上的一个有效的RS232信号则驱动器输出端被禁止,若FORCEOFF置为低且EN为高则驱动器和接收器均被切断,电源电流降至1A。若断开串行端口或关闭外围驱动器将会导致自动掉电,当FORCEON和FORCEOFF为高时自动掉电被禁止,自动掉电被使能且在接收器输入端加一个有效信号时MAX3221被激活而无效NVALD输出。如图3所示是MSP430449的数据采集系统。

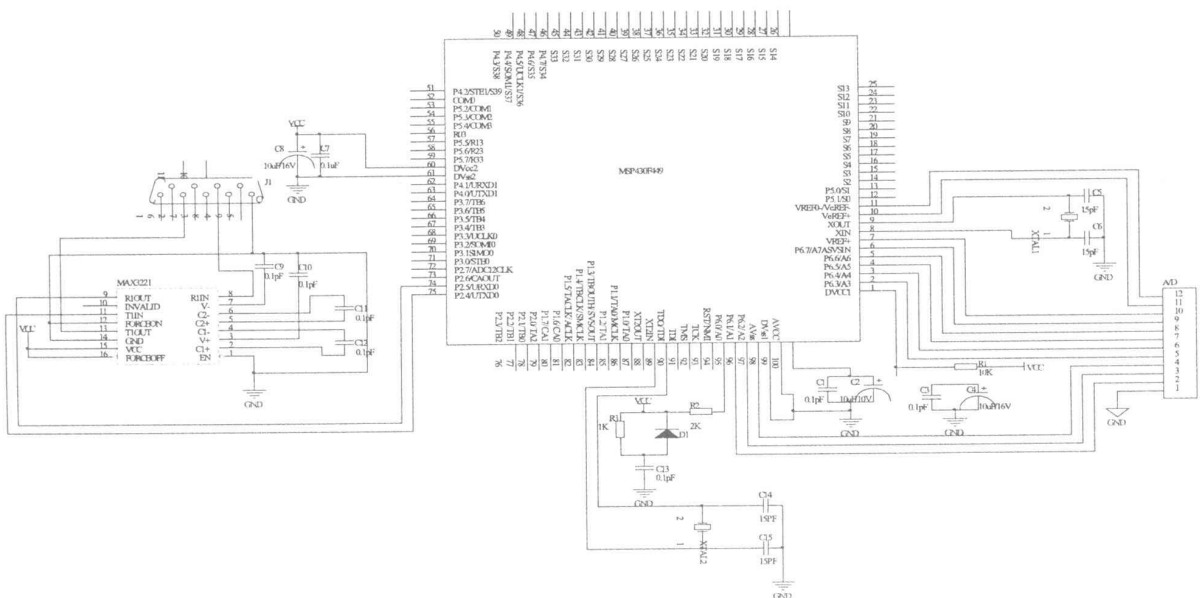


图 3 MSP430F449数据采集系统

Fig 3 The data collection system ofMSP430F449

3.3.3 FLASH 存储模块

由于单片机存储容量有限,因此整个系统需要向外扩存,使用闪速可编程可擦除的 32 位存储器——K9F1G08X0A 外部心电数据存储,其满足一定的存储容量要求,掉电后存储数据不容易丢失,容量大,功耗低,体积小。K9F1G08X0A 的存储容量位 128M,供电电压在 2.7V~3.6V。程序运行可以在 200 μ s 内进行 2112 字节的页擦除,而擦除操作可在 2ms 内在 128K 字节块内执行。在数据页上的数据可在 30ns 内读出一个字节。I/O 引脚可作为地址和数据输入输出以及命令输入。

K9F1G08X0A 地址复用到 8 个 I/O 口,地址和数据在 /CE 为低, /WE 为低电平时,通过 I/O 端口写入,在 /WE 的上升沿到来时被锁存。命令锁存使能 (CLE) 和地址锁存使能 (ALE) 通过 I/O 口用来作各自的复用。在每个块存储区中提供高速缓冲编程。在高速缓冲编程模式下,当数据存储和数据寄存器准备被编程时,可将数据写入到高速缓冲寄存器,并且具有 copy-back 编程特征,能将一页数据拷贝到另一页上,而外部缓冲存储器之间不用进行传输数据。K9F1G08X0A 的工作原理图如图 4 所示:

3.3.4 液晶显示模块——LMS091A

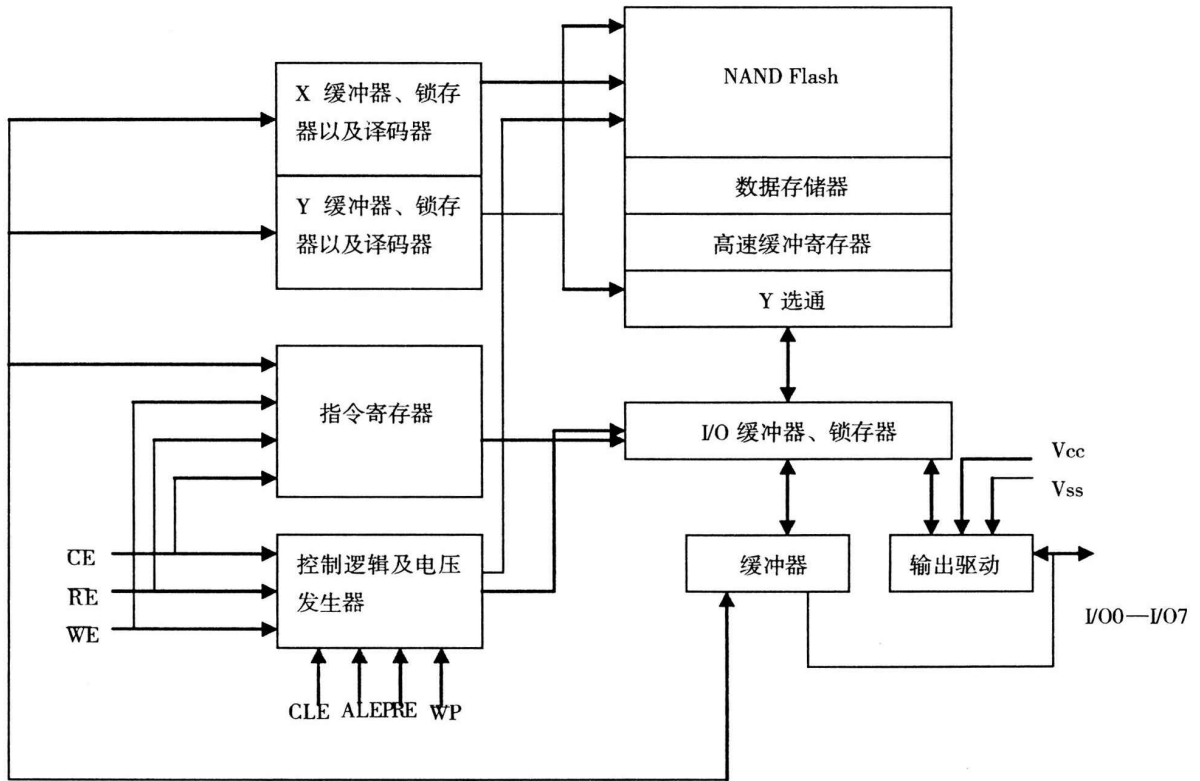


图 4 K9F1G08X0A 原理框图

Fig 4 The principle frame figure of K9F1G08X0A

MSP430 系统的需要在脱离上位机的情况下独立的工作,能够通过电极传感器接受到患者的心电变化情况后用显示装置来完成显示的功能,显示器能够显示图形变化以及数据的获取。LMS091A 是一种微型的液晶系统,功耗较低,外型尺寸为 68.0(L) * 38.3(W) * 2.1(MAX) (T),视窗为 63.8(W) * 29.3(L),点阵为 160 * 24,该显示器消耗的电量比较低,具有大规模的集成并带有

驱动器和控制器,直接被 MSP430F449 控制,接受 8 位串行或并行显示数据并将数据显示在液晶屏上。以下是对 LMS091A 的初始化程序:

```

MOV DBUS, #0ABH; 内部晶振打开
MOV DBUS, #02FH; 置供电电路控制
MOV DBUS, #081H; V5 电压调节内部电阻比值,可以根据用户调节
MOV DBUS, #081H; 电控设置
    
```

```

MOV DBUS, #018H;    预设对比度调节
值,可调节 LCD对比度
MOV DBUS, #0A2H;    1/7偏压,置
LCD偏压比
MOV DBUS, #0A0H;    设置列向量输
出,ADC选择
MOV DBUS, #0C0H;    COMMON输出状
态选择,设置扫描方向正常,若 ADC = 1,选择反向
MOV DBUS, #0AFH    显示开

```

4 远程心电监护

4.1 传输心电信号

通过脉宽调制电话传输功能,通过用户或患者可将所测量到的心电信号情况或发病时测量的心电信息存储在心电图机中,之后在任何有电话的地方将已存储在心电图机的心电信号通过 MSP430F449驱动扬声器,经声音耦合方式由电话网络发送到医院或监护中心。

4.2 Internet远程心电监护

将采集到的心电信号通过互联网将心电信号传输到医疗中心进行处理。根据因特网接入方式的不同比如 ISDN、以太网等传输方式通过单片机,再做协议打包处理通过因特网发送到监护中心,通过互联网技术可将患者病情与医院数据交换。

4.3 无线心电监护系统

本系统主要采用心电检测终端用来采集和检测患者的心电信号,然后通过 GPRS无线网络传输到医院监护中心,它是在 GSM网络上的一种新型的分组数据传输业务,医院监护中心的上位机通过网络接收到心电数据后,医生可以运用上位机中的心电分析软件对患者的心电信号进行分析和分类存储,只要服务器端有一个固定的 IP,也可利用手机的 GPRS网络登录医院网站,得到确切的数据和完整的波形。如图 5所示为无线通信模块软件流程图。

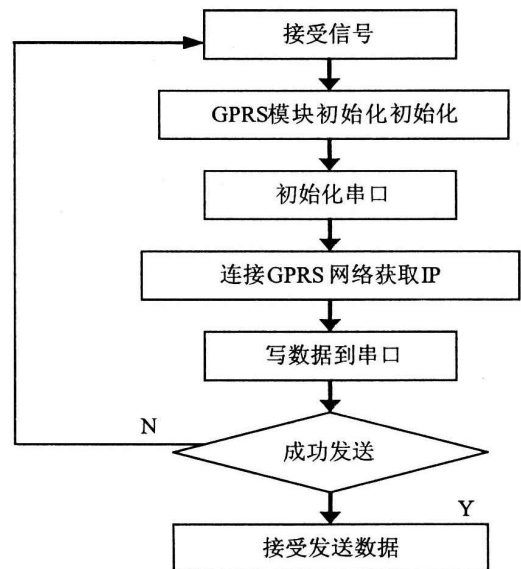


图 5 无线通信模块流程图

Fig 5 The flow chart of wireless communication module

5 结语

基于 MSP430的心电信号的数据采集分析主要特点是采用了低功耗、性能好的 16 位 MSP430449单片机来作为整个系统的核心控制,从心电信号的微弱性考虑到检测过程中需采用的采集、放大、滤波的处理性能。GPRS 模块是当前应用较普遍的无线通信模块,在数据传输和 Internet 网络连接上的性能更加优越,适合用于心电信号的远程传输和监测。从整个系统来看方便、实用,使整个硬件电路优化,使传输通信模块的开发与应用得到了更好的发展。

参考文献:

- [1] 成转鹏,张 跃. 心电实时监护终端的设计与实现 [J]. 计算机工程, 2007 (6).
- [2] 贾中华,齐林,穆晓敏,杨守义. 基于 MSP430 和 USB 的胎儿心电图仪的设计 [J]. 现代电子技术, 2008 (14): 72 - 74