

基于 MSP430 和 USB 的胎儿心电图仪的设计

贾中华¹, 齐林¹, 穆晓敏¹, 杨守义¹, 马鹏阁²

(1. 郑州大学 信息工程学院 河南 郑州 450052; 2. 郑州航空工业管理学院 河南 郑州 450052)

摘要:介绍一种基于 MSP430 单片机和 USB 总线的胎儿心电图仪,并给出其硬件电路和软件设计方法。系统采用 TI 公司超低功耗单片机 MSP430F149 对母体腹部和胸部心电信号进行同步采集,并通过 USB 接口将数据发送到 PC 机,利用上位机软件完成处理、显示、存储等。系统性能可靠、使用方便、结构简单、成本低廉。

关键词:胎儿心电图仪;信号调理;MSP430;USB

中图分类号:TP368

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2008)14-027-03

Design of Fetal Electrocardiogram Based on MSP430 and USB

JIA Zhonghua¹, QI Lin¹, MU Xiaomin¹, YANG Shouyi¹, MA Pengge²

(1. Information Engineering School, Zhengzhou University, Zhengzhou, 450052, China;

2. Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou, 450052, China)

Abstract: The paper presents a fetal electrocardiogram system based on MSP430 and USB interface. The hardware and software of the system are also introduced. In the system, it synchronously samples MECG signal and FECG signal by using ultralow-power micro-controller MSP430F149 of TI, and then the sample results are uploaded to PC by USB interface. The results will be stored, processed and showed by software on the PC. This design of FECG is high in quality, low in cost and easy in use.

Keywords: FECG; signal processing; MSP430; USB

1 引言

随着人们生活水平的提高和围产医学的发展,社会对优生优育、母婴健康和安全的的要求日益提高,对胎儿发育的生理和病理的研究成为一项重要课题。胎儿心电图(Fetal Electro Cardiogram, FECG)是反映胎儿心脏电生理活动的一项客观指标,反映了胎儿在孕期中生长和健康状况,其作用是临床听诊和胎儿监护仪所不能取代的一种胎心观察法,在临床上有着广泛的应用和深入研究的背景^[1]。目前国内生产的胎儿心电图仪所记录信号为母亲和胎儿的混合心电信号,胎儿心电信号易被母亲心电信号掩盖,不能称为真正意义上的胎儿心电图。这里在开展微弱信号处理、独立分量分析等研究的基础上,采用 TI 公司的 MSP430 系列单片机 MSP430F149,结合通用串行总线(USB)技术设计此胎儿心电图仪。

2 胎儿心电图仪的硬件实现

胎儿心电图仪的系统组成如图 1 所示。

本系统是基于 TI 公司的 MSP430F149 和 Philips

公司的 USB 接口芯片 PDIUSB12 构建的 PC-FECG 系统。由心电电极采集的多路模拟信号经 MSP430F149 的模/数转换模块 ADC12 采样量化后,通过 USB 接口芯片 PDIUSB12 发送到上位机,并由上位机完成 FECG 信号的处理、显示、存储等。

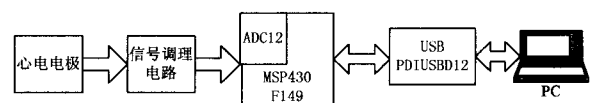


图 1 胎儿心电图仪的系统组成

2.1 MSP430 单片机

设计采用德州仪器公司生产的 16 位 ALASH 型单片机 MSP430F149 芯片。MSP430 系列芯片具有超低功耗,灵活的时钟使用方式,处理能力强,灵活快速的编程方式及丰富的外设资源等特点;芯片上包含 JTAG 接口,可以实现在线写入,因此 JTAG 在线仿真调试省去了传统的昂贵的仿真器与编程器,节省了开发成本和开发时间。

MSP430F149 芯片内包括一个 12 位的 A/D 转换器 ADC12,它带有采样/保持功能的 ADC 内核、可控制的转换存储和参考电平发生器、可控制和选择的时钟源、可控制的采样及转换时序电路^[2]。ADC12 与一般

的 ADC 相比,具有高速、通用的特点,适合于精密的数据采集和转换,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,且最大采样速率为 200 kS/s。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和配置通道以及参考电压。此外,ADC12 提供 4 种转换模式:单通道单次转换、系列通道单次转换、单通道多次转换、多通道多次转换。

2.2 信号调理电路

整个信号调理电路由输入保护和缓冲电路,前置放大电路,高、低通滤波电路,隔离放大电路,陷波器,主放大电路,电平抬升电路等组成,如图 2 所示。

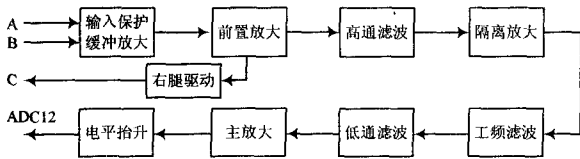


图 2 信号调理电路框图

输入保护部分主要提供足够大的输入阻抗,并能防止宏电击和滤除 30 kHz 以上的高频干扰信号,保证心电信号(0.2~100 Hz)完全通过,而缓冲放大可减小心电信号的衰减,起到阻抗变换的作用。

由于心电信号比较微弱、易受干扰,这里使用 ADI 公司的专用仪表放大器 AD620 作为前置放大部分的的核心器件,AD620 具有输入阻抗高,共模抑制比高等特点,可以满足心电放大的要求。前置放大输出的信号经高、低通,工频滤波,有效滤除了工频干扰、直流和低频

分量,并采用 BURR - BROWN 的隔离放大器 ISO122 进行信号隔离,有效抑制了模拟部分和数字部分的串扰。最后经主放大和电平抬升,送入 ADC12 进行模数转换。

2.3 USB 接口设计

系统采用飞利浦公司的 PDIUSB12 芯片作为 USB 接口芯片。PDIUSB12 符合通用串行总线 USB 1.1 规范,是一款高性能的并行 USB 接口芯片,它集成了 SIE, FIFO 存储器、收发器和电压变换器,并由 SIE 完成 USB 协议层,并完成高速硬件连接,无需软件干预^[3]。

由 MSP430F149 与 PDIUSB12 构成的 USB 接口电路如图 3 所示。PDIUSB12 的 8 位并行数据接入 F149 的 P5 口,传输数据或命令。PDIUSB12 的 A0 接 F149 的 P4.2 引脚,作为 PDIUSB12 的数据或命令选择线。当 A0 为低电平时,F149 向 PDIUSB12 发送数据,当 A0 为高电平时,向 PDIUSB12 发送命令。PDIUSB12 的 INT_N 引脚接 F149 的 P1.2 引脚,供 MCU 查询是否接收到上位机的数据或命令,并结合 D12_WR 和 D12_RD 引脚实现 F149 与 PDIUSB12 的数据交换。需要注意 MSP430F149 的 P1.2 是边沿触发中断,而 PDIUSB12 的 INT_N 是电平触发中断,所以需要计时器 Timer B 产生一个 500 kHz 的 PWM 方波信号,D12 中断引脚信号与该信号相“或”以后输出到 F149 的 P1.2。此外,PDIUSB12 的 GL_N 接 LED 来对其控制,当 USB 设备接入 PC 机时,LED 亮,而数据传输进行时,LED 不断闪烁。

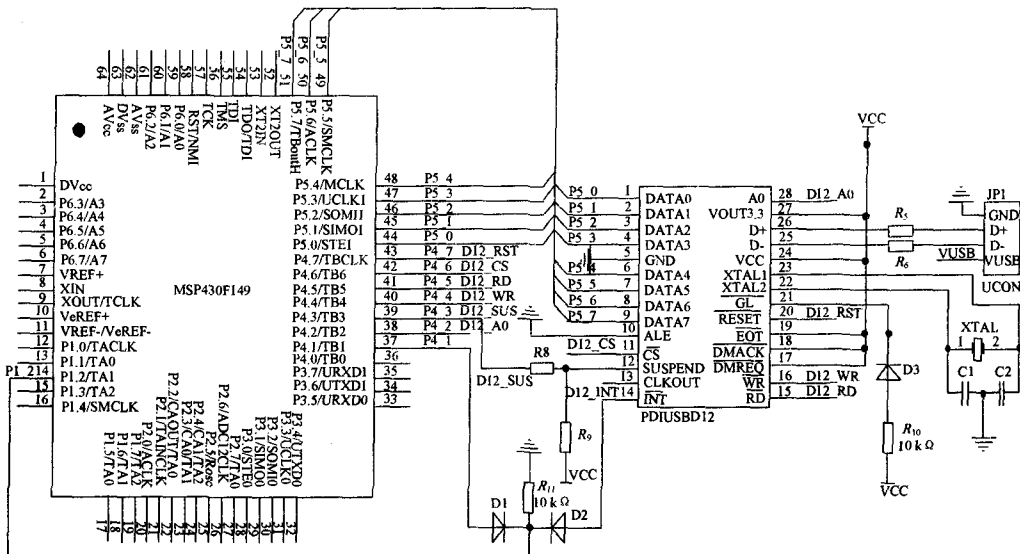


图 3 MSP430F149 与 PDIUSB12 接口电路图

3 胎儿心电图仪的软件设计

系统的软件设计分为 3 个部分:单片机控制程序、

USB 设备驱动程序和 PC 机应用程序。

3.1 单片机控制程序

单片机控制程序固化在单片机内,完成胎儿心电信

号的数据采集和传输到计算机的功能。它包括 A/D 采样程序、USB 标准设备命令程序、数据传输程序。

胎儿心电数据采集系统中,采样数据直接经过 USB 总线传送到计算机,其中数据传输程序工作于前台,A/D 采样程序由中断驱动、工作在后台,A/D 采样程序的流程如图 4 所示。系统上电后,首先进行初始化,包括系统的复位方式、时钟源及各 I/O 端口的配置。设计中采用外部时钟源,频率为 8 MHz,A/D 转换采用内部参考电压 2.5 V。MSP430F149 的 ADC12 模块提供 4 种转换模式:单通道单次转换、系列通道单次转换、单通道多次转换、多通道多次转换。根据胎儿心电提取算法的需要,选择 3 路标准导联及一路腹部导联作为提取胎儿心电的导联系统,即同步采集四个通道,并采用序列通道单次转换模式。系统中,从 MSP430F149 2 kB RAM 区为 A/D 采样程序分配 1 kB 作为保存采样数据的缓冲区,并分为 2 部分:采样缓冲区和传输缓冲区,它们分别被中断驱动的 A/D 采样程序和前台工作的数据传输程序使用。程序中定义 2 个指针 SamplePointer(SP)和 TransferPointer(TP)来管理和访问这 2 部分数据缓冲区,从而通过 2 个缓冲区功能的切换保证了无丢点连续数据采集。

数据传输程序负责实时地把采样数据通过 USB 总线传输到计算机,它工作于前台。标准设备命令处理程序响应 USB 协议定义的标准设备命令,完成 USB 设备枚举过程,它由数据传输程序调用执行^[4]。

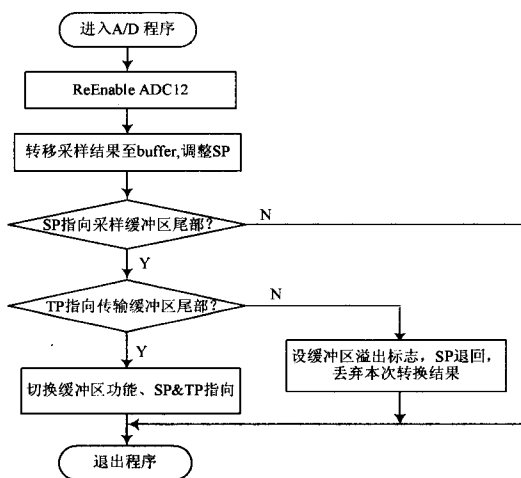


图 4 A/D 采样程序流程图

3.2 USB 设备驱动程序

USB 设备驱动程序是一种典型的 WDM (Windows Driver Mode) 驱动程序,需要专门的开发工具,目前应用广泛的工具主要有 2 类:一类是 Microsoft 公司

提供的 Windows DDK,另一类是采用第三方软件公司提供的生成工具,如 Compuware Numega 公司的 Driverstudio。由于 DDK 基于汇编语言的编程方式和内核模式的调用,对没有深厚 OS 原理和编程水平的人员来说,任务相当艰巨,因此设计中采用 Driverstudio 3.2 开发工具。它是一个大的开发工具包,包含 VtoolsD, SoftICE 和 Driver Works 等开发工具。这里选用 DriverWorks 开发工具,它以面向对象的思想完全封装 DDK 的所有库函数,通过 DriverWorks 提供的类,可以非常轻松的编写出一个 WDM 驱动程序,大大缩短了开发周期、降低了开发难度。

3.3 PC 机应用程序

PC 机客户端应用程序是系统与用户的接口,它通过设备驱动程序与胎儿心电数据采集器硬件连接,从硬件读取采样数据,从而完成对外设的控制和数据传输。主机应用程序是在 VC++ 6.0 环境下开发,主要完成对采集到的数据进行处理、显示和存储,控制整个数据采集过程的进行、停止,以及后续的数据分析处理工作。

4 结语

基于 MSP430 和 USB 的胎儿心电图仪的开发设计,构造简单,性能可靠,且便于后续开发的升级扩展,可以实现胎儿心电的实时监护。设计基于 PC-USB 设备、主从结构的系统开发,可以利用 PC 强大的运算处理能力,网络通信功能等,同时再构成庞大的信息系统。因此,它是一种极其有效的胎儿心电检测手段,有着广泛的应用前景。

参考文献

- [1] 王美华. 胎儿心电图的检测与分析[J]. 桂林电子工业学院学报, 1998(2): 26-29.
- [2] Texas Instruments. MSP430x14x Mixed Signal Microcontroller. 2001.
- [3] Philips. PDIUSB12 Data Sheet. Philips Inc., 2001.
- [4] 2001 Philips. Firmware Programming Guide for PDIUSB12. 2001.
- [5] 沈建华, 杨艳琴, 翟晓曦. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机实践与系统设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [6] 周立功. PDIUSB12 USB 固件编程与驱动开发[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.
- [7] 韩晓刚, 吕彭民. 基于 MSP430 和 USB 的数据采集系统[J]. 电子产品世界, 2005(8): 105-107.
- [8] 席涛. USB 心电采集系统的研制及从心电图提取呼吸信号的方法探讨[D]. 西安: 第四军医大学, 2005.

作者简介 贾中华 男, 硕士研究生。主要从事胎儿心电图的研究。

齐林 男, 教授, 博士生导师。主要研究方向为现代信号处理和通信系统理论。