

文章编号:1007-9432(2008)04-0391-03

# 基于 MSP430 睡眠呼吸暂停监护仪的设计

白凤娥<sup>1</sup>, 辛海琴<sup>1</sup>, 刘学军<sup>2</sup>

(1. 太原理工大学 计算机与软件学院, 山西 太原 030024; 2. 山西医科大学第一医院, 山西 太原 030001)

**摘要:**设计了以低功耗单片机 MSP430 为核心的睡眠呼吸暂停监护仪, 用硅压阻式传感器采集呼吸信号, 通过 MSP430F149 进行数据处理和电路控制, 将呼吸速率和呼吸波形图在液晶屏上显示出来, 当病人出现呼吸暂停症状或仪器工作电源电压发生异常时进行声光报警, 并具有将这些呼吸数据和信号向上位 PC 机利用串行方式传输等功能。该仪器具有低功耗、便携、价廉等特点, 在医院临床和家庭监护中有较大的推广应用价值。

**关键词:**睡眠呼吸暂停综合症; 监护仪; MSP430F149; 硅压阻式传感器

**中图分类号:** TP368.1 **文献标识码:** A

随着计算机技术和电子技术的迅速发展, 近些年来, 市场上已推出不同档次的动态睡眠呼吸暂停记录与分析系统, 而此类仪器价格昂贵且基本需从国外进口, 不适合在国内医院和患者中推广使用。所以设计一种低功耗、体积小、价格便宜的呼吸系统监护仪是十分必要的。

## 1 原理

据医学生理学原理, 在肺通气阻力一定时, 推动气体流动的压力越大, 单位时间内气体流量就越大, 当气道管径一定时, 气体流速也就越大, 反之亦然。

人的呼吸途径有两个, 一个是鼻腔, 另一个是口腔。在呼吸时, 口、鼻腔处由于气流流过而使压力发生变化。将压力传感器固定在鼻腔或口腔下方, 在呼吸时, 口鼻腔底部由于气流流过使压力发生变化, 传感器就会将受到的压力信号转换为电信号从而得到呼吸信号, 因此人体的呼吸状态可以通过检测口腔处压力变化获得<sup>[3]</sup>。

本睡眠呼吸暂停监护仪主要功能包括:

- 1) 电源电压、气道压力、呼吸速率信号的检测;
- 2) 液晶屏实时时间、呼吸速率及系统异常情况的显示;
- 3) 数据的上传。

## 2 硬件设计

硬件设计包括: MSP430F149、电源单元、键盘

单元、信号调理单元、液晶显示单元、报警单元、PC 通信单元。系统结构如图 1 所示。

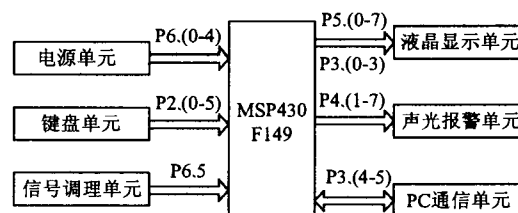


图1 系统结构框图

### 2.1 MSP430F149

通过检测与 MSP430F149 的 P2 口连接的键盘状态来设置不呼吸的电压范围参数, P6 口接电源电压信号和呼吸电压信号进行 A/D 转换, 并把转换后的数据进行处理, 在液晶屏上显示呼吸状态实时波形图和呼吸速度, 出现异常时通过 P4 口接的发光二极管和蜂鸣器报警, P3.4 和 P3.5 接 PC 通信单元实现数据上传功能。

### 2.2 电源单元

采用 DC12V 输入电压, 利用稳压芯片 L7810、L7805、AS2810-33 和 LM317 把输入电压依次转换成 DC10 V、5 V、3.3 V 和 2 V 用作传感器、液晶屏、MSP430F149 和信号放大芯片的工作电压。为了减少干扰, 每个芯片的电源端都加上电容进行滤波处理, 另外, 用 MSP430F149 中的 P6 口对单片机的工作电压和 AD620 的参考电压进行检测, 出现异常即进行报警。

### 2.3 键盘单元

本系统用到的按键有六个,分别是:“开/关(K\_on/off)”、“功能(K\_Function)”、“增加(K\_Increase)”、“减少(K\_Decrease)”、“确认(K\_Enter)”和“报警解除(K\_Relieve)”,如图 3 所示。“开/关”键中“开”显示呼吸暂停最大上限、呼吸暂停最小下限和初始时间,“关”清屏,“功能”键与“增加”键、“减少”键组合修改呼吸暂停上限、呼吸暂停下限和时间参数,“确认”键结束呼吸暂停上限、呼吸暂停下限和时间参数的修改,显示呼吸速度和时间,“报警解除”键用来清除报警标志以解除呼吸异常或电源异常报警信号<sup>[4]</sup>。

### 2.4 信号调理单元

采用 Honeywell 公司生产的差压型硅压阻式传感器 26PCBFA6D 采集呼吸信号,即把呼吸时与外界产生的压力差转换成毫伏级的双极性电压信号,调理单元电路对采集到的信号放大滤波得到 0~3.3 V 满足 MSP430F149 A/D 转换量程范围的电压信号。调理后的信号与 MSP430F149 的 P6.5 连接,以完成模数转换和数据处理,电路图见图 2。

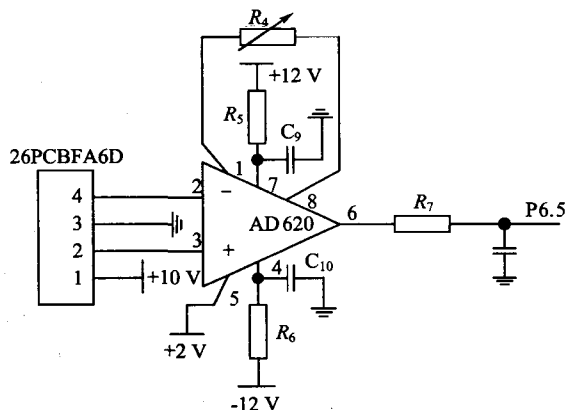


图 2 信号调理电路图

### 2.5 液晶显示单元

液晶显示单元采用 LCM128645ZK 模块,它包括液晶屏幕、液晶驱动器和中文字库。该模块的字型 ROM 内含 8 192 个 16×16 点中文字型和 128 个 16×8 半宽的字母符号字型;绘图显示画面提供一个 64×256 点的绘图区域 GDRAM。单片机 P5 端口和液晶屏的数据线相连,P3.0、P3.1、P3.2 三个引脚分别连接液晶屏的 RS、R/W、E 三根控制线。液晶屏上可以显示报警信息、实时的呼吸速率和实时时间。

### 2.6 报警单元

在单片机工作电压异常、AD620 参考电压异常和呼吸异常三种情况下进行报警。

电压有  $3.3 \pm 0.5$  V 和  $2 \pm 0.5$  V,如果某个电压超过其正常工作范围,则认为系统工作电压发生异常。呼吸异常是指呼吸停止时间超过 10 s 的情况。如果出现以上三种异常情况,发光二极管亮蜂鸣器响并可向上位机发送报警信息。

### 2.7 PC 通信单元

为了对采集到的数据(呼吸率、实时信号、呼吸异常信号等)进行深入研究(如统计分析、存档打印、绘制波形图等),需将数据从监护仪送至上位 PC 机中。监护仪和 PC 机的数据传输采用 RS232 串行通信方式来实现。在监护仪端用 MAX232 芯片来完成接口电平的转换。

## 3 软件设计

软件在 IAR Embedded Workbench 环境下开发,由主程序、中断服务子程序和其他子程序组成。

### 3.1 主程序

主程序主要负责与各个中断服务程序进行交互。首先设置看门狗定时器、关中断、系统自检,其次初始化单片机中用到的各个模块、参数和变量,然后开中断允许单片机响应各种中断,然后进行报警处理,继而使单片机进入低功耗模式等待中断的到来。主程序流程如图 3 所示。

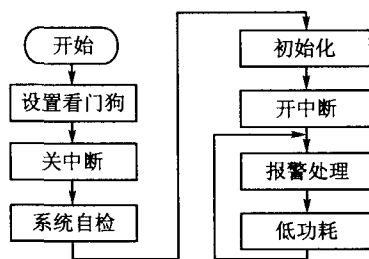


图 3 主程序流程图

### 3.2 中断服务子程序

本系统设计的特点是采用中断事件驱动技术,目的在于降低功耗。在主程序设置了 LPM0 低功耗模式(55 μA)后,CPU 即被禁止,外围模块维持活动,并等待各类中断事件。如有中断,CPU 被唤醒并执行相应的中断服务子程序完成事件处理。每次执行完中断服务子程序后返回,在主程序中又重置 LPM0 低功耗模式,并等待下一个中断事件的到来。如此反复,可使系统多数时间处于低功耗模式。

#### 3.2.1 P2 口中断服务子程序

P2 口用于键盘接口,采用独立按键式键盘中断方式来编制键盘扫描程序。进入中断后先判断键值,然后做相应的按键处理,再清除中断标志,等待

下次P2口中断,如此反复。

### 3.2.2 定时器中断服务子程序

1) 定时器A中断。定时器A中断包括定时中断和捕获中断。定时器A每隔10ms中断一次,采集A/D转换后的实时电压信号,并根据呼吸暂停参数得出PWM波形图,高电平表示呼吸状态,低电平表示呼吸暂停状态。

通过捕获波形图的下降沿来计算呼吸速率,当下降沿到来时,用来计数的变量IntCount加1,到采样间隔tSamp(单位:秒)时计算呼吸速度( $Speed = IntCount * 60 / tSamp$ ,单位:次/分),同时变量IntCount清零。

通过捕获波形图的下降沿和上升沿到来时秒计数器的值来计算呼吸暂停时间,当下降沿到来时捕获秒计数器的值记为 $t_1$ ,同时改下降沿捕获为上升沿捕获,当上升沿到来时再次捕获秒计数器的值记为 $t_2$ ,判断两值的差(低电平持续的时间)是否大于10s,若大于10s则进行声光报警,然后改上升沿捕获为下降沿捕获。

2) 定时器B中断。定时器B每隔1s中断一次,此时用作秒计数器的变量SecCount加1;每隔60s,采集A/D转换后的电源单元的实时电压,如果超出范围则进行声光报警。

### 3.3 其他子程序

其它子程序包括系统自检、初始化、延时、液晶显示、按键处理等。系统自检主要检测各个外围模块(如发光二极管、蜂鸣器、液晶模块等)工作是否正常。初始化子程序初始化全局变量、系统时钟、键盘接口、定时器A、定时器B、ADC12、液晶模块等。液晶显示子程序又包括清屏、写指令、判忙、写数据等子程序。按键处理子程序根据各个按键的组合来修改呼吸暂停最大上限HVMax、呼吸暂停最小下限LVMin(系统采集到的信号为电压信号,当电压在某个范围内时表示呼吸暂停状态,这个范围即呼吸暂停上下限)和初始时间(00:00:00)这三个参数,显示开机画面、设置的呼吸暂停上限(HV)、呼吸暂停下限(LV)、实时时间(Hour:Min:Sec)和呼吸速率(Speed)。

## 4 结论

本监护仪体积小、成本低、耗电省、易于操作、人机界面友好,具有实时呼吸数据采集、呼吸速度显示、呼吸暂停报警和与上位机通信等功能,非常适用于监测夜间有无发生呼吸暂停情况,从而降低了患者的医疗费用,在医院临床和家庭监护中有较大的推广应用价值。

### 参考文献:

- [1] 中华医学会呼吸病学分会睡眠呼吸疾病学组. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征诊治指南(草案)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2002, 25(4): 195-198.
- [2] 魏小龙. MSP430系列单片机接口技术及系统设计实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.
- [3] 金鑫, 张庆稼. 简易睡眠呼吸暂停监测仪的研究[J]. 医疗设备信息, 2002(5): 24-26.
- [4] 白凤娥, 常小明, 张新日. 基于SOC的输液滴速监视器设计[J]. 计算机工程, 2005, 31(14): 202-204.

## Design of a Sleep Apnea Monitor Based on MSP430

BAI Feng-e<sup>1</sup>, XIN Hai-qin<sup>1</sup>, LIU Xue-jun<sup>2</sup>

(1. College of Computer and Software of TUT, Taiyuan 030024, China;

2. First Hospital, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China)

**Abstract:** A sleep apnea monitor was designed based on MSP430 that is a single-chip micro-computer system with low power consumption. Respiration signal was sampled through silicon piezoresistance transducer. The signal was dealt and the circuit was controlled by MSP430F149, and the respiration rate and waveform graph can be displayed on LCD. Acousto-optical warning device would functioned if sleep apnea syndrome occurred in patients or supply voltage was out of the way. The data or signal could be transmitted to PC by serial port. The monitor has the merits of low power dissipation, easy handling and low cost, and has the value of practical application in hospital and family monitoring.

**Key words:** sleep apnea syndrome; monitor; MSP430F149; silicon piezoresistance transducer

(编辑:刘笑达)