

TI 模拟电路应用专栏亮亮

# 基于 MSP430 的微型家用心电图机

The Mini-type Home-Care ECG Based on MSP430

天津大学精密仪器与光电子工程学院 阮三元 李刚

**摘要:** 本文介绍了一种微型家用心电图机。该仪器具有显示监测、存储、回放、打印、记录管理、电源报警、电话或互联网络传输等功能。

**关键词:** 心电图机; MSP430

心电图机是诊断心脏病的重要仪器之一,目前市场上有多种心电图机,但是这些心电图机都不太适合在家庭中使用。为此,一种能够在家庭中应用、操作简单、价格便宜的低功耗家用心电图机的设计方案应运而生。

系统选取它来作为控制核心,与此同时还选用了与之配套的低功耗外部存储器 AT29LV1024 和液晶显示模块 LMS0192A。

## 系统设计

### 系统结构

该家用心电图机采用的是干电池供电,而干电池供电需要解决的一个基本矛盾是:低功耗要求系统采用比较低的时钟频率而与此同时要求系统对一些基本的操作能够快速反应和启动,这就要求系统最少具备两种高低不同的频率,必要时两种频率可以切换使用。正因为 TI 公司的 MSP430 F135 具有丰富灵活的时钟模块,所以本

心电信号由电极或导联线从人体采集,经放大、滤波处理后进入单片机进行 A/D 转换,送液晶显示。如需存储则按下存储键后心电数据就会存储到外部存储器中,而且在需要回放、打印、传输时,可以直接从外部存储器中调出使用,进而实现各种功能。可以直接利用网络或电话将家用心电图机所监测的数据传送到相关的医疗机构,经过诊断、处理之后由医疗机构反馈回来,因而方便和高效地实现了“家庭门诊”和“健康监测”,既节省了用户开支又相对减轻了医院的门诊压力。本系统采用了图1所示的电路结构。

### 心电信号的检测及采集

家用心电图机所需检测的心电信号幅值在 0.05~4 mV, 频率在 0.05~72Hz。而检测中存在的主要干扰信号有电极板与人之间的极化电压、50Hz 工频干扰、仪器内部噪声和仪器周围电场磁场电磁场的干扰等等。心电信号中 50Hz 工频干扰可以利用自适应模板法消除,则心电图机模拟部分可以采用如图2所示的硬件结构。心电信号经电极或导联线采集后,先要进行电压放大。电压放大器一般由两级组成,前级采用负反馈差分放大电路。系统中,采用 TI 公司的基于双运放电路的微功耗仪表放大器 INA321 芯片作为心电信号的前级放大器,放大倍数为 10

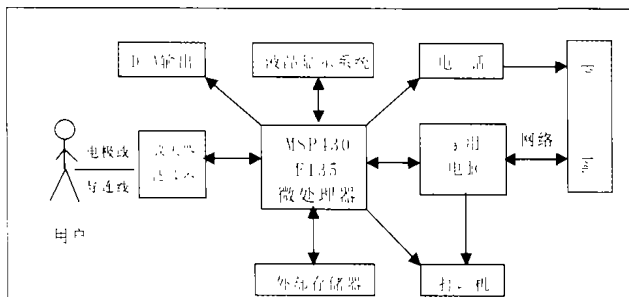


图1 微型家用心电图机的原理框图

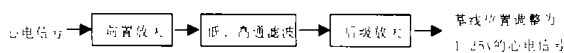


图2 系统模拟电路框图

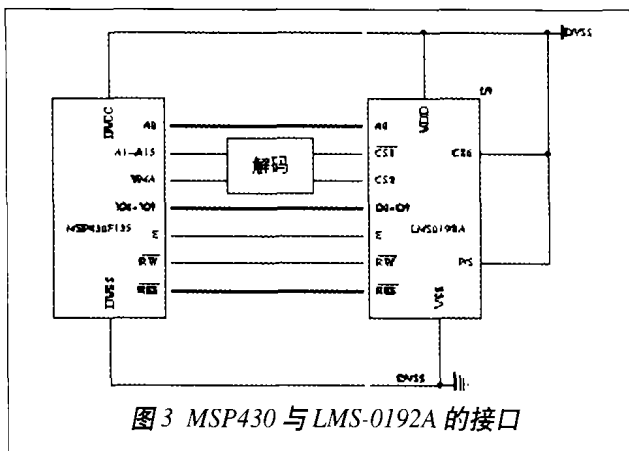


图3 MSP430 与 LMS-0192A 的接口

倍。由于72Hz以上的干扰信号较强而0.05Hz以下的干扰信号相对较弱,所以在滤波电路中,采取先低通滤波取出72Hz以下的信号,然后接高通的方式,这样就能滤除极化电压信号得到心电信号。由于在前面的滤波电路中采用了RC高通滤波电路,该电路具有较高的输出阻抗,所以后级放大采用了同相放大电路,放大倍数为20倍。

心电信号的最高幅值为4mV,经过200倍的放大为0.8V,而ADC的输入范围为0~2.5V,设计时取中间值1.25V为参考,所以放大后的心电信号叠加参考电压1.25V后大小为 $(1.25 \pm 0.8)V$ ,正好落在ADC的模拟输入信号范围。同时,心电信号的频率在0.05~72Hz之间,为了保证采样定理的要求和保证转换速率可以选取采样率 $f_s=200\text{Hz}$ 。MSP430 F135自带高速12位逐次逼近型ADC12,该ADC12具有内部参考电压、采样保持和自动扫描功能,有8个外通道4个内通道,高达200KHz的采样速率,多种采样方式,因而完全能够满足要求。

#### 单片机系统 MSP430 F135

基于功能、价格、功耗以及家用心电图机设计的实际需要等几个方面的考虑,本系统选用具有12位ADC的超低功耗微处理器MSP430 F135作为系统的控制核心,它是TI公司超低功耗Flash型16位RISC指令集单片机。它具有丰富的片内资源,是一款性价比极高的单片机。利用它作心电信号的采集与处理,不仅极大地简化了系统硬件电路,还大大提高了系统的性价比。

#### 外部心电数据存储 AT29LV1024

AT29LV1024是一种3V供电的闪速可编程可电擦除的16位存储器(PEROM),具有1M位的存储空间。在家用单导心电图机中,利用AT29LV1024作为单片机片外扩展的数据存储器,存放心电数据,这些存放的数据可在

线实时使用或需要时从存储器中读取。AT29LV1024可存储或修改几段不同时期的心电波形,例如:用户的日常病例,以供日后参考。当需要更新这些数据时可以通过电擦除更新已存储的数据,以重新存储新的心电数据。

#### 液晶显示模块 LMS0912A

在微型家用心电图机中采用LMS-0192A液晶显示模块作为菜单和心电波形的显示。它以MSP430作为液晶的微处理器,通过单片机采集和处理心电数据,输出给液晶显示。

MSP430与LMS-0192A的接口如图3所示。

汉字菜单的显示可通过汉字字库将每个汉字转换为 $16 \times 16$ 点阵共32个16进制的数据送液晶显示。每个汉字的数据分别对应一个数据表,程序可通过查表的方式显示汉字。

心电波形是一系列的曲线,在液晶上要显示这些曲线需要将相应的点阵显示,对于一条心电曲线,起始显示数据点在起始列只显示一点,从第二个数据点开始,要在下一列显示上一数据点到此次数据点之间的线段。具体方法可通过16进制的数据除以总页数8得到商和余,得到的商为此数据点所在的页,得到的余为此数据点所在页的行数。注意的是每一数据点应在相应的列,因为列地址每送一个数据自动加1,因而在每次从DDRAM中读取数据时一定要保证列位置的正确,否则会出现曲线的混乱。这样利用LMS-0192A液晶模块将心电波形打印或直接从液晶上读取信息,为诊断提供依据。

#### 心电信号的电话传输

在家用心电图机中,设有脉宽调制电话传输功能,其原理如图4所示。用户在家中或任何有电话的地方都可将存储在家用心电图机中的心电信号驱动扬声器经声音耦合后通过电话网络发送到医院。医院的接收系统经过放大、滤波,利用比较器产生脉冲波形,此波形进入单片机后通过程序计算出每一个脉冲所代表的采样值,此后单片机将获得的采样值利用串口通讯发送到计算机中,计算机经VC++程序处理再现心电波形。

#### 发送部分

MSP430 F135将心电的12位A/D采样值存储在外部数据存储器中,当需要进行电话发送时从外部RAM中取出,并且取低10位用来控制定时器产生宽度随采样值变化的脉冲,这一脉冲就可认为是经过采样调制过的脉冲

信号(图5,其中 $\tau_1$ 为第一个采样值对应的脉冲宽度, $T_1$ 为第一个采样值的脉冲周期,同理 $\tau_2$ 为第二个采样值对应的脉冲宽度, $T_2$ 为第二个采样值的脉冲周期),这样的脉冲驱动扬声器通过电话网络发送到医院。

电话传输信号的频率范围为300~1300Hz,300Hz的采样值对应时间 $\tau$ 应为 $1.667\text{ms} = 1667\mu\text{s}$ ,对应定时器的定时值 $\tau' = 0682\text{H}$ ,定时器 $\text{TH0TL0} = \text{F97DH}$ (定时器0加计数),1300Hz则对应定时器的定时值 $\tau' = 0180\text{H}$ ,定时器 $\text{TH0TL0} = \text{FE7FH}$ (定时器0加计数)。因而所有采样值的定时值 $0180\text{H} < \tau' < 0682\text{H}$ ,由于采样值可能为零,所以在采样值的基础上加上0200H( $> 0180\text{H}$ )的基值,这样采用10位采样值,最大为03FFH,最小为0000H,加上基值后的 $0200\text{H} \leq \tau' \leq 05\text{FFH}$ 在 $\tau'$ 的允许范围之内,因而可以准确无失真的传输。

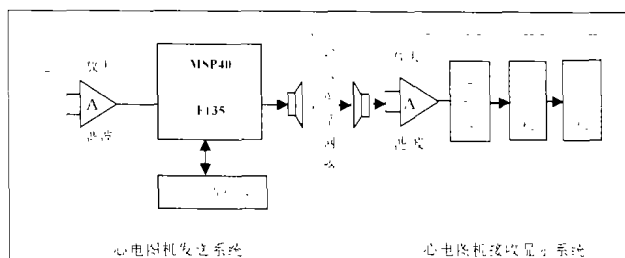
### 接收部分

微型家用心电图机配有接收系统,扬声器BEEP接收到信号之后由双运放TL062构成低通滤波器,截止频率 $f_c = 1/2\pi C_1 R_2 = 1300\text{Hz}$ ,并且放大倍数为 $3.3 \times 106/100 \times 103 = 33$ ,TL062的第二级构成比较器,使输入的信号经比较器后成为宽度变化的脉冲方波,每一个变化的脉冲宽度代表了一个接收到的心电信号采样值,此脉冲波进入单片机后通过计算恢复出心电采样值。

### 菜单界面及键盘接口

在家用心电图机中,提供四个按键供用户操作,对应于液晶显示器上相关菜单。菜单包括:欢迎菜单、主菜单、次级菜单等三个层次,均由液晶显示提供。每一级菜单提供给用户简单的提示方便用户使用,因而用户只需在菜单的提示下按一键(有A、B、C、D四个键)便可完成所需要的操作。

本机采用的是独立式按键,直接用I/O口线构成单个按键电路。每个按键单独占有一根I/O口线,且其工作状态不会影响到其它I/O口线的工作状态。由于MSP430 F135的端口1、2均具有中断功能,所以可以采用中断方式的独立式按键电路,电路连接如图6所示。同时采用软按键轮询技术。每个按键可以和一个命令菜单或参数菜单相联系,用户可以通过按合适的键(如光标键)来选择所需要的命令,也就是说采用按键嵌套的方法来使同一按键实现不同的功能。



心电图机发送系统

心电图机接收系统

图4 心电信号的电话传输示意图

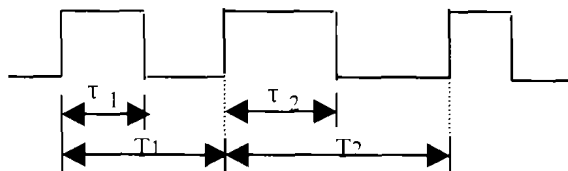


图5 调制产生的脉冲

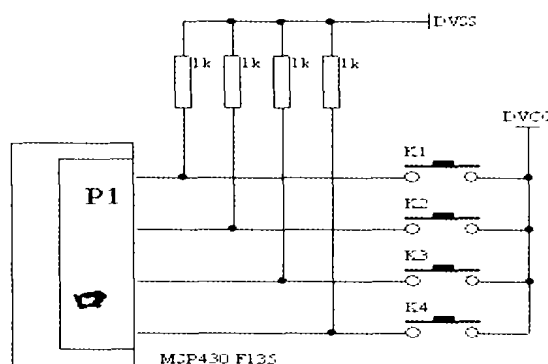


图6 MSP430F135与键盘的接口示意图

### 结语

微型家用心电图机是面向广大用户而设计的。它体积小,携带方便,便于出门在外使用。该微型家用单导心电图机与其他心电图机的突出不同之处在于,本系统采用新型低功耗16位单片机MSP430 F135作为整个系统的控制核心。由于采用了功能强大的MSP430单片机,本系统设计的硬件电路与以往有较大差异。MSP430 F135有着丰富的外围模块,因此比较容易地实现了心电信号的采集、处理、存储、打印以及发送,从而使整个硬件电路得到极大地简化。■

### 参考文献:

1. Texas Instrument, Inc., MSP430 F135 User's Manual, 2001.
2. AT29LV1024A, Atmel Corporation, 2001.
3. Topway, Inc., LMS0192A 液晶模块使用指南, 2002.