

基于 MSP430 的示波法血压计设计

朱品伟, 罗印升

(江苏技术师范学院, 江苏常州 213001)

摘要: 本文介绍了一种采用示波法进行测量的电子血压计设计, 该系统以美国 TI 公司的 MSP430F449 单片机为控制核心。应用仪表放大器 INA128 对微小信号进行放大, 通过 LM324 对信号进行滤波调理, 采用幅度系数法确定舒张压和收缩压的时间位置, 辅以串口通信和时钟控制等功能芯片, 较好地实现了对血压的准确测量。

关键词: 示波法; 血压计; MSP430

中图分类号: TP368.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1817-0633(2008)11-0049-02

Design of Oscillography Blood-pressure Meter Based on MSP430

ZHU Pin-wei, LUO Yin-sheng

(Jiangsu Teachers University of Technology, Changzhou Jiangsu 213001, China)

Abstract: This paper presents the design of an electronic blood pressure meter with oscillography. It adopts a single-chip microcomputer MSP430F449 manufactured by American TI Company as the control kernel. Firstly the tiny signal is amplified by the special chip INA128, and then, the amplified signal is filtered and conditioned by the OP amp LM324. The time and location of the diastolic pressure and systolic pressure is determined with the amplitude coefficient method, assisted with the serial communication and clock control chips, the system has realized accurate measurement of blood pressure.

Keywords: Oscillography; Blood-pressure Meter; MSP430

1 引言

血压是人体重要的生理指标之一, 电子血压计是一种新型的血压测量仪。水银式血压计无法由被测者自行操作, 且必须由专业医护人员操作, 肉眼观察误差极大, 主观性强, 体积较大不易携带。而电子式血压计由于其操作简单、使用方便, 正成为家庭保健和高血压患者自我监测血压的好帮手。本文介绍了以 MSP430F449 单片机为控制核心, 采用示波法进行测量的电子血压计。整个系统由气压传感器 MPS2107、仪表放大器 INA128、运放 LM324 等芯片组成, 实现了家用电子血压计的设计。该设计具有低成本、小型化、低功耗的特点。

2 示波法测量血压的原理

示波法是根据在袖带内压力下脉搏波幅度变化的特征, 来识别动脉收缩压和舒张压。采用示波法测量血压不能从某一脉搏波信息中获得血压数值, 而必须根据排气过程中脉搏波随袖带压力变化的趋势图来判断血压值。示波法测量收缩压和舒张压的经验判别标准很多, 但目前还没有公认的标准。大体可分为两大类: 波形特征法和幅度系数法。本文采用幅度系数法。

幅度系数法又称归一法。它是将脉搏波振动信号的幅值与信号的最大幅值相比, 进行归一化处理, 通过确定收缩压和舒张压的归一化系数来识别收缩压与舒张压。动脉振动脉搏波的幅

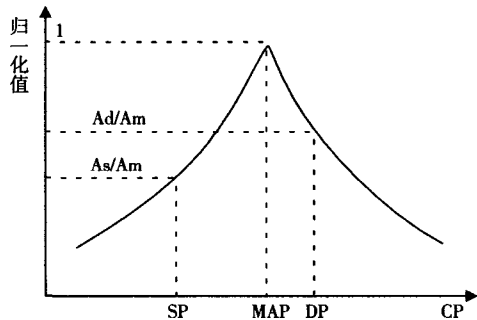


图1 幅度系数法原理

度在收缩压以前和舒张压以后波形都较小, 通过前人的研究, 脉搏波的归一化值和袖带压力的关系如图1所示^[1]。

在图1中, A_s 为收缩压 SP 对应的脉搏波幅度, A_m 为平均压 MAP 所对应的脉搏波幅度, A_d 为舒张压 DP 对应的脉搏波幅度, A_s/A_m 为收缩压的归一化值, A_d/A_m 为舒张压的归一化值, CP 为袖带压, 横坐标代表排气过程中袖带内压力的不断减小。 $A_s/A_m = C_1$, $A_d/A_m = C_2$, 在脉搏波最大幅度出现之前, 当某一脉搏波幅度与最大幅度的比值等于 C_1 时, 此时对应的袖带压力为收缩压。在脉搏波最大幅度出现之后, 当某一脉搏波幅度与最大幅度的比值等于 C_2 时, 对应的袖带压力为舒张压。只要测出每个脉搏波的幅值和对应的静压力, 就可以计算出收缩压和舒张压, 同时根据采样频率和相邻脉搏波之间的间距, 可以计算出心率。根据参考文献, 本文取 $C_1=0.58$, $C_2=0.77$ 。^[2]

3 系统控制电路设计

3.1 工作原理

MSP430 通过 P3.0 引脚控制 6V 的直流感气泵, P3.1 引脚控制 KSV05B-6J 型电磁阀, 通过气泵和电磁阀配合可调整袖带内气压; 先给袖套充气至 180mmHg, 然后以每秒 4mmHg 的速度排气。在排气过程中, 袖套气压经过 MPS2107 传感器芯片转换成 0~

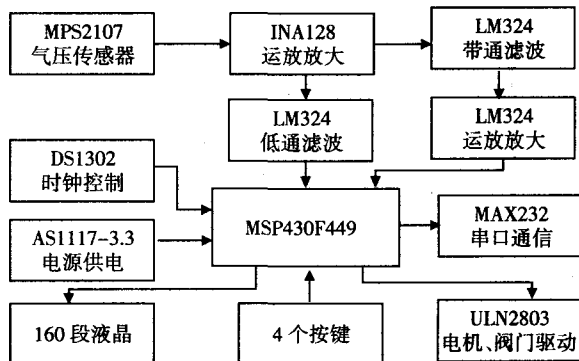


图2 系统结构示意图

75mV 电压输出。该电压先经过仪表放大器 INA128 进行 50 倍左右的放大,然后分成直流电压和交流电压两路。直流电压经过低通滤波后送入 ADC 采样,获得直流电压序列;交流电压经过带通滤波后,再经过 10 倍左右的二次放大调整,然后送入 ADC 采样,获得交流电压序列,该电压序列即为脉搏波电压序列;采用幅度系数法,将此交流电压序列进行分析计算后确定收缩压和舒张压的瞬态时间位置,然后再从直流电压序列中找出对应的收缩压和舒张压。在排气的过程中,每间隔 2 秒显示一次袖套的直流电压,排气结束后,将计算出的收缩压和舒张压结果输出至 160 段液晶显示,并将测量时间和测量结果存入内存中,以便通过串口上传至电脑中存储。系统的工作原理框图如图 2 所示。

3.2 血压传感电路

压力传感器是电子血压计的核心部件之一,血压的测量范围通常为 0~300mmHg(0~40KPa)。根据硅晶片惠斯通原理制作的电阻式压力传感器,具有体积小、重量轻、耗能低、响应时间短等优点,被广泛应用于医疗器械中。本文选用的便是永盟电子的 MPS2107 系列电阻式压力传感器。如图 3 所示。

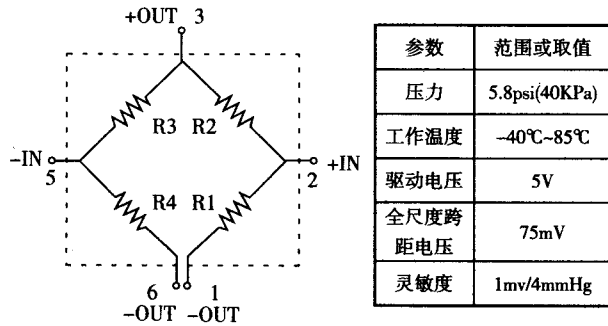


图 3 MPS2107 的电路和参数

由于压力传感器输出的是微弱的压力差信号,与 MSP430F449 的 AD 电压不匹配,所以要选用典型的三运放仪表放大器电路进行放大。仪表放大器可由运放电路组成,也可直接使用专用的芯片。本文采用 TI 公司的专用芯片 INA128。INA128 是高精度、低功耗仪表放大器,工作电压±2.25~±18V;失调电压 50μVmax,漂移 0.5μV/℃max,低输入漂移:5nA max;共模抑制比 120dB min;静态电流 700μA(每个通道)。非常适合于电池供电的便携设备。INA128 与 MPS2107 连接电路如图 4 所示。通过调节电阻 R1 的值,可调节其放大倍数。通过使用专用的仪表放大器 INA128,使得电路大大简化,也提高了可靠性和性能指标。^[9]

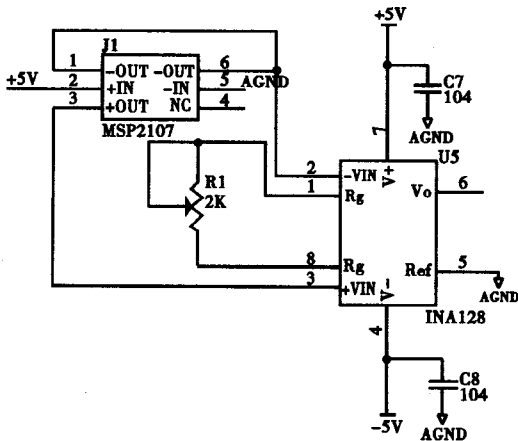


图 4 INA128 放大电路

3.3 滤波调理电路

滤波调理电路的任务就是从噪声中提取袖带压信号和脉搏波信号,并将它们调整到适当的电平输入给 A/D 转换电路。由两部分组成。

a) 袖带压信号的提取

在排气过程中(无论手动放气还是自动放气),袖带内压力是缓慢变化的,因此,袖带压信号属于低频率信号,本文中取 0.6Hz,所以应使用低通滤波器。鉴于二阶低通滤波器比一阶衰减的快,对高频的信号滤波效果好,因此,采用二阶有源低通滤波器,利用 Filter Wizard 软件设计的电路如图 5。元件参数的选择可见具体电路图。

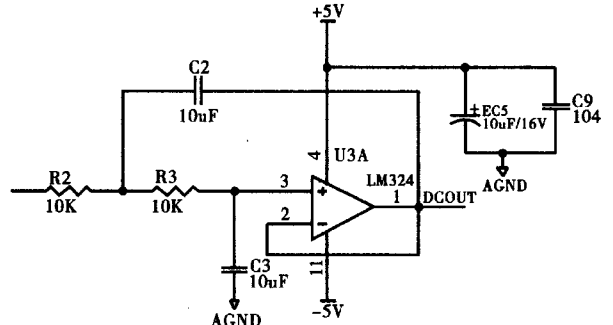


图 5 二阶低通滤波器

b) 脉搏波信号的提取及放大

传感器输出的压力信号包括袖带压信号和脉搏波信号,其中还夹杂着来自外界的 50Hz 工频干扰或其它随机干扰,只有一段频率信号是我们需要的。为此,本文设计了一个带通滤波器:截止频率为 0.6Hz 的高通滤波器和截止频率为 6.4Hz 的低通滤波器,来截取脉搏波信号,电路如图 6 所示。在该带通滤波电路后,再接一级反相放大电路,将脉搏波信号进一步放大,将测得的脉搏波调整到 MSP430 单片机 AD 要求的幅值 0~3.3V 即可。

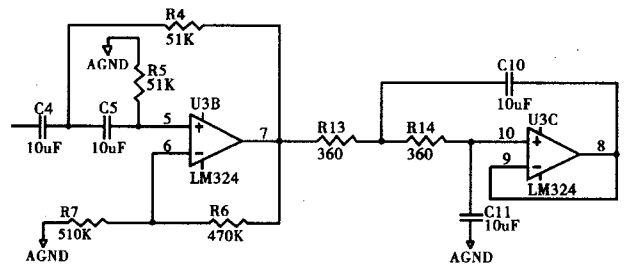


图 6 带通滤波器

3.4 其他功能电路

为了记录测量的时间,系统采用了 DALLAS 公司推出的涪流充电时钟芯片 DS1302;为将测量血压得到的数据上传至电脑存储,采用了 MAX232 串口通信。MSP430F449 输出的高低电平控制信号经过 ULN2803 反向放大后再驱动 6V 的电磁阀和直流电机。为实现低功耗,延长血压计的工作时间,采用了定制的 160 段段式液晶。可同时显示时间和血压。液晶的显示需要特殊的电压,一般单片机是不能直接驱动液晶的,但 430 系列单片机能直接驱动液晶。MSP430F449 共有 20 字节单元液晶显存,采用 4MUX 工作方式,40 个输出引脚,共可驱动 40*4=160 段液晶笔画。

4 软件设计

系统软件设计的关键在于如何准确获得直流电压序列和交流电压序列。MSP430F449 的 AD 共有 4 种工作方式,这里采用多

(下转 59 页)

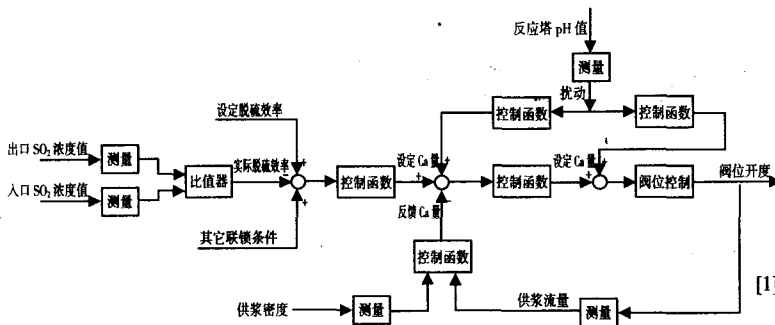


图3 FGD 入口 SO₂ 浓度——石灰石浆液阀开度闭环回路控制框图

正,修正量为+/-20%。

该控制回路包括:原烟气 SO₂;净烟气 SO₂;烟气流量;石灰石浆液密度;塔内浆液 pH 值;石灰石浆液供浆量。

FGD 入口 SO₂ 浓度——石灰石浆液阀开度闭环回路控制框图如图 3 所示。

(5) 滤液箱

带式过滤机的滤液由滤液泵送至吸收塔或制浆系统,当滤液分离器液位为“高”时,滤液泵启动。

6 结束语

此工程经过初设、施工、调试,持续近 10 个多月时间,按期保质完成了机组脱硫的系统。该系统设计有完善的数据采集系统(DAS)、闭环控制回路(MCS)及顺序控制功能组(SCS)等,系统正常运行及启停过程在运行人员少量干预下均可自动完成。操作人员在控制室内通过 LCD 及键盘和鼠标对系统进行监视和控制操

作。除在操作台上设置旁路挡板门等个别紧急操作按钮外,控制室不设其它常规仪控表盘。该系统从投放至今运行稳定。不但创造了巨大的经济效益,而且保护了环境,有利于持续发展。该电厂已经通过环保部门的验收,符合国家排放标准。南京科远公司的 DCS 在脱硫综合自动化控制等项目上具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 南京科远自动化集团股份有限公司. 科远 NT6000 分散控制系统(DCS)在垃圾焚烧发电厂中的应用[J]. 中国嵌入式网.
- [2] 1-2# 机组烟气脱硫技改工程总说明. 内蒙古达拉特发电厂, 2007 年.
- [3] 王志凯. 贝加莱 APROL DCS 系统在电厂烟气脱硫自动化工程中的应用[J]. 自动化信息, 2008 年第 7 期, 77-79.

作者简介

白克强 男,出生于 1979 年,西南科技大学信息工程学院硕士研究生,中国轻工业成都设计工程有限公司自控专业工程师助理,主要从事现代控制理论及应用、控制理论与控制工程的研究及自动控制设计工作。
 杨文英 女,出生于 1961 年,中国轻工业成都设计工程有限公司(原中国轻工业成都设计院)自控专业教授高级工程师,主要负责自动控制全部设计工作。
 刘知贵 男,出生于 1966 年,西南科技大学学生处处长、教授、硕士研究生导师,主要从事控制理论与控制工程、计算机网络安全的研究。
 陈思海 男,出生于 1968 年,绵阳职业技术学院电子信息工程系副教授,主要从事现代控制理论及应用,EDA 技术的研究。
 王小红 女,出生于 1968 年,绵阳职业技术学院基建处,高级工程师,主要从事工程预、决算的研究。

(上接 50 页)

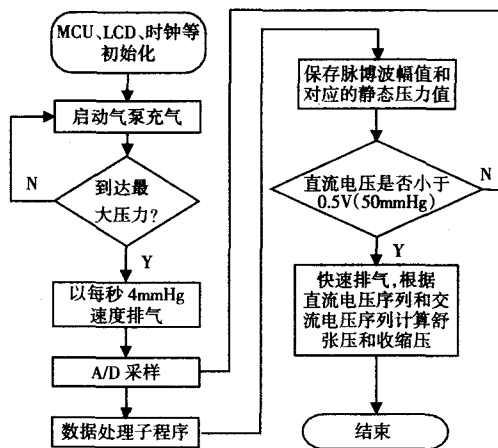


图7 主程序流程图

通道重复采样方式。先采集一次直流电压,然后采集交流电压。每进行 10 次 AD 转换,得到的 10 个数据取平均值,最终得到一个直流电压值和交流电压值。为了能够采集到脉搏波的峰值,采样的频率要足够高,这里取 2KHz,则每秒钟可以得到 200 个直流电压值和 200 个交流电压值。为了有效地消除随机干扰,相邻的两个电压值还需进行比较,若其比值超过一定比例,则认为是干扰信号,舍去这个数据。然后对剩下的交流电压值进行数据处理,从中找出峰值。根据人的脉搏频率不同,在一秒钟的时间内该峰值可能有多(心跳频率较快),也可能不存在(心跳频率较慢),将该脉搏波峰值和对应的直流电压值用 2 个数组存储起

来,从而得到脉搏波峰值电压序列和对应的直流电压序列。当检测到直流电压小于 0.5V(50mmHg)时,打开电磁阀快速排气,一次测量结束。最后根据得到的脉搏波峰值电压序列,找出其中的最大值 A_m 。然后向前找出 $A_s/A_m=C1=0.58$,向后找出 $A_d/A_m=C2=0.77$,则 A_s 和 A_d 所对应的直流电压即为收缩压和舒张压。当然在查找 A_s 时,不一定恰好能找到 $A_s/A_m=0.58$,在查找 A_d 时,不一定恰好能找到 $A_d/A_m=0.77$,此时应找到与 $0.58A_m$ 和 $0.77A_m$ 最为接近的脉搏波峰值电压作为 A_s 和 A_d 。系统工作的主流程如图 7 所示。

5 结论

本文介绍的电子血压计,充分利用了 MSP430 系列单片机低功耗、速度快和片上资源丰富的特点,采用 160 段式液晶进一步降低了功耗,也使得 MSP430F449 强大的液晶驱动能力得到了发挥。笔者已制作出样机,操作简单实用,与市面上欧姆龙电子血压计相比,测量误差在 2mmHg 以内,在后续的产品完善过程中,将进一步优化获得脉搏波峰值电压序列的算法,提高测量精度。

参考文献

- [1] 王晋. 血管硬度测量仪的研制[D]. 重庆:重庆大学, 2003.
- [2] 唐志强. 电子血压计[J]. 电子产品世界, 2002, 8(63).
- [3] Precision, Low Power Instrumentation Amplifiers INA128. Datasheet, TL2000.

作者简介

朱品伟 男,生于 1980 年,硕士,江苏技术师范学院电信学院教师。主要从事嵌入式应用与智能控制。