

多功能医疗分析仪防堵板设计

杨晓琦 朱蕴璞

(南京理工大学机械工程学院测试计量及仪器系 南京 210094)

摘要:多功能医疗分析仪在使用过程中,稀释器管路中会遭到样品堵塞影响其正常工作。为了保障仪器运行平稳安全,本文设计了适用于多功能医疗分析仪的防堵系统。系统采用低功耗的 STM32F205VET6 作为微处理器,使用模块化结构设计,包括压力检测模块、泵阀驱动模块、存储器模块、串口通信模块以及 CAN 通信模块等。运行过程中首先需要定标从而设定报警参数,之后分析仪正常工作过程中,可实时检测管路中负压,堵塞时自动报警并清洗,提高测量结果准确性。

关键词:STM32F205VET6;压力检测

中图分类号: TP3 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8060

Design of the pressure detection of multifunctional medical analyzer

Yang Xiaoqi Zhu Yunpu

(Department of Technology of Measurement and Instrument, School of Mechanical Engineering,
Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Multi-functional health analyzer in use process, diluter samples were blocked in pipeline will affect their normal work. In order to ensure the equipment running smoothly, this paper design the suitable for multi-functional health analyzer to collect system. The system uses low-power STM32F205VET6 as microprocessor, with modular structure design, including the pressure detection module, pump valve drive module, memory module, serial communication module and CAN communication module, etc. Firstly need to calibration in the operation process to set the alarm parameters, and the normal work of the analyzer process, real-time detection of pipeline in negative pressure, jams automatic alarm and cleaning, and improve the measurement accuracy.

Keywords: STM32F205VET6; pressure detection

1 引言

多功能医疗分析仪为一种同时具备生化分析、血凝分析及特定蛋白分析功能的临床诊断分析仪。上述3种检测项目是各级医院检验医学中最常用的检测项目,一般需要3种仪器才可以完成检测,即生化分析仪、血凝分析仪和特定蛋白分析仪。多功能医疗分析仪具有便携、经济的优势,主要针对一些中小医院或诊所以及军队、野外、救灾等特殊场合使用。鉴于国内检验医学仪器的研制水平较低和市场对便携型多功能类医疗仪器的迫切需求,因此开展研究具有完全自主知识产权的多功能医疗分析仪,使其性能上跟国外的同类产品相比,处于同一水准,这对于节省国家外汇,打破国外同行的垄断,扶持民族产业具有积极意义^[1]。3种检验分析方法本质上都是光电应用,被检

测样品在反应过程中吸光度发生变化^[2]。在检测过程中,由于采样管道较小,采样不当、长期未清洗或使用器材含有脏污可能会导致稀释器管堵塞,从而严重影响检测结果的准确性,且操作人员无法直接判断。在使用多功能医疗分析仪的医院中,仪器最频发的问题就是堵塞。因此仪器需要压力检测模块对管道压力进行实时检测,出现堵塞后清洗再进行测试,从而保证仪器的安全运行,也使得测量结果更加准确^[3]。

2 工作原理

通过反复实验对比发现,不堵塞时,吸样产生的负压很小,且压力值随吸样量的增加变化不大。堵塞时的负压随吸样量的增加而增加,压力持续的时间较长,但随吸样量增加变化不大。

收稿日期:2016-03

由于管路中始终存在因清洗带来的干扰信号,判断管路是否堵塞,需要区分以下3种波形:

- 1) 不堵塞时吸样的波形:幅值较小,持续时间短;
- 2) 堵塞时吸样的波形:幅值较大,一般在 1 000 ~ 3 000,持续时间长;
- 3) 清洗干扰波形:幅值大小不一,持续时间较短。

综上考虑防堵板采用幅值结合持续时间两个参数作为判断依据^[4]。

2.1 定标方法

1) 清洗稀释器管路,确定不堵塞后分别测定和保存管路中没有任何动作的负压值 V_0 和最大吸样量的吸样负压 V_1 。

2) 多次吸样直至发生堵塞情况后上位机控制做出一个完整加样动作(含清洗),并发送开始和结束信号给防堵板,防堵板接收到开始信号后,以 1 ms 的间隔连续采集压力值,直到接收到上位机的结束信号,记录本组数据中大于一个基准比较值(防堵板中暂设为 50) + V_0 的连续值,设为一个有效脉冲,然后在整个过程中得到的所有有效脉冲中查找到宽度最大的两组值,其中最宽的一组为堵塞时的吸样压力,第二宽的一组为干扰中的最宽脉冲,取最宽那组数据作为堵塞时的负压 V_2 ,其宽度为 W_2 ,取第二宽的那组信号宽度为 W_1 ,将 V_1 、 V_2 、 W_1 、 W_2 发送给上位机^[5]。

3) 上位机根据 V_1 、 V_2 、 W_1 、 W_2 4 个参数设定报警电压 V 和检测宽度 W ,计算方法如下:

$$V = V_1 + (V_2 - V_1) \cdot K_1$$

$$W = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot K_2$$

式中: K_1 、 K_2 为设定安全系数,一般取 0.3 ~ 0.6,由上位机决定。

2.2 检测方法

上位机首先根据定标参数设定报警电压 V 和检测宽度 W ,然后发送开始检测指令,防堵板在此时间内记录电压超过 V 的最大脉冲宽度 W_x ,并将 W_x 与定标得到的检测宽度 W 比较,如果 $W_x > W$,则认为堵塞, $W_x < W$,则不堵,最后将检测结果发给上位机,若堵塞则警示灯闪烁,蜂鸣器报警。

3 硬件设计

根据系统实际要求,设计硬件电路。系统的硬件电路设计采用模块化的设计方法,主要包括微处理器模块、电源模块、压力检测模块、泵阀驱动模块、存储器模块、CAN 通信模块、串口通信模块。其硬件整体结构示意图如图 1 所示。

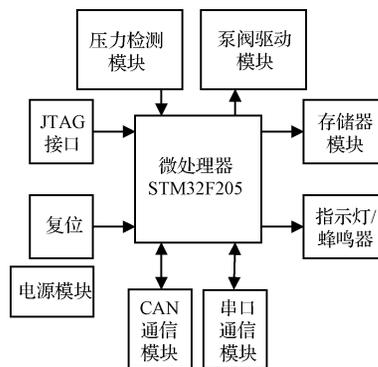


图1 系统硬件整体结构示意图

3.1 微处理器模块

防堵检测板 MCU 使用 ST 公司 Cortex-M3 内核的控制器 STM32F205VET6,其拥有 512 KB 片上 FLASH, 128 KB 片上 SRAM,最高频率达到 120 MHz,其内配备有 3 个 12 位的模数转换器,转换时间为 0.41 μ s,多达 16 个通道。并且提供了丰富的片上资源,如 CAN 总线控制器、串行外设接口(SPI)、USART 串口等,能够满足本系统使用要求。

3.2 电源模块硬件设计

电源电路为硬件电路中最重要的重要组成部分,为整个检测电路提供稳定电压,防堵板采用 24 V 供电,首先通过 TPS5430DDA 转为 9 V 输出,TPS5430DDA 是德州仪器的宽电压输入高精度 DC/DC 芯片,输出电流最大 3 A^[6]。因为系统模拟部分及压力检测部分对电压要求较高,故采用 L7805 对压力检测部分供电。L7805 为正向低压稳压器,其内部集成有过流、过热保护电路,仅需简单的外围元件即可输出稳定的 +5 V 电压,为压力检测部分供电^[7]。ASM1117-3.3 可以输出 +3.3 V 电压,稳定性好、精度高、噪声小,可为微处理器部分供电。其电路原理如图 2 所示。

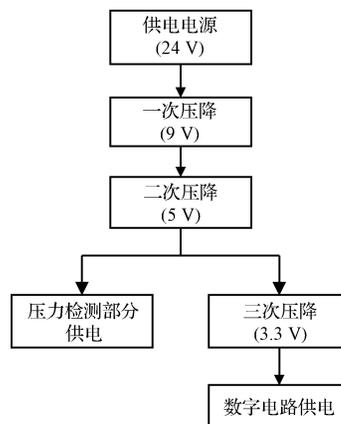


图2 电源模块原理

3.3 压力检测模块

压力检测部分电路如图3所示,左侧接口连接压力传感器,压力传感器采用霍尼韦尔公司26PCBF6G型流通式表压传感器,使用5V供电,测量范围0~5 psi,输出信号0~50 mv。INA333是德州仪器一款低功耗、零漂移、轨到轨仪表运放,支持1.8~5.5 V宽电压供电,这里使用5 V供电,输出信号通过稳压二极管1N5226限制在0~3.3 V,送给STM32F205芯片AD输入引脚。运放反馈回路上的电阻用于设定增益,使用1 kΩ阻值,对应100倍增益。基于稳定性及成本的考虑,本设计采用STM32F205芯片自带的12位A/D转换器。其自带的ADC为12位逐次逼近型的模拟数字转换器。它有19个通道,可测量16个外部源、2个内部源和一个电池电压信号。ADC的结果可以左对齐或右对齐的方式存储在16数据寄存器中^[8]。由于本设计仅需要一个压力检测通道,故采用规则通道的单次转换模式进行信号采集。

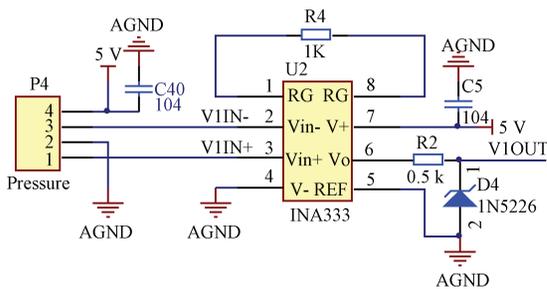


图3 压力检测模块电路

3.4 CAN 总线接口电路

防堵检测板采用CAN总线与分析仪主控制板通信,CAN驱动芯片采用ISO1050带隔离的CAN收发器,左侧为防堵板CAN信号,使用3.3V供电,右侧为总线接口,总线的DD+5V由分析仪主控制板提供,120Ω电阻为终端匹配电阻,需要在CAN总线最后一个设备上焊接,其他不需要焊接^[9],电路如图4所示。

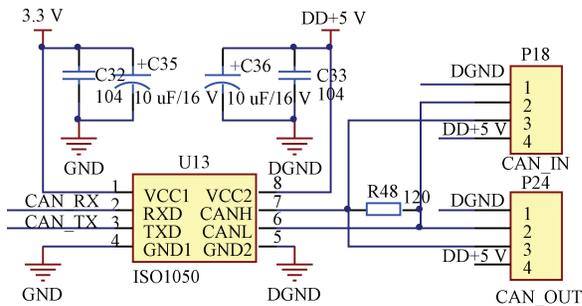


图4 CAN总线接口电路

3.5 RS232 接口电路

处理器扩展了2路串口,通过一片SP3232芯片将CMOS电平转换为232电平,USART1用于调试信息的输出和程序的更新,USART2预留备用。RS232接口电

路如图5所示。

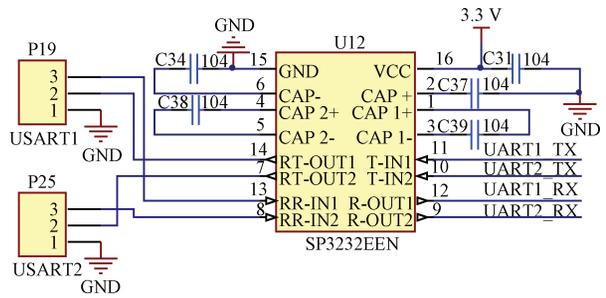


图5 RS232接口电路

3.6 I²C 存储器电路

AT24C16存储器采用I²C接口,节省微处理器IO口、功耗小、电路设计简洁。如图6所示,由于微处理器片上存储资源有限,该存储器用于防堵信号参数的保存。

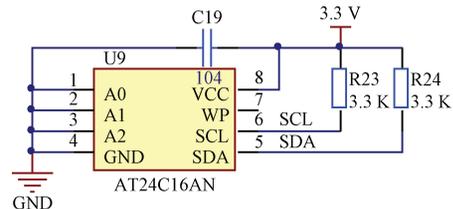


图6 I²C存储器电路

4 软件设计

下位机软件系统的编写建立在硬件电路的基础上,两者相互呼应实现系统设计功能。防堵板软件主要包括定标和检测两部分内容,通过CAN总线将PC命令传达至下位机。下位机根据得到的控制字指令执行相应程序。下位机软件移植RT-thread操作系统,创建了3个线程,分别为主检测线程、LED显示线程以及定时器线程。其中主检测线程流程如图7所示。在接收到检测指令后,进行AD、定时器2和定时器4的初始化配置,其中定时器2用于精确定时和定标采集,定时器4用于测试时间。继续判断是否完成定标检测,若未完成则首先进行定标检测,获取参数V、W;若已完成则调用定标参数,与当前压力检测数值进行对比。其中难点在于RT-thread操作系统的移植以及定标参数的确定^[10]。

5 结果分析

利用上述防堵板测定的不堵塞时的采样负压、堵塞时的负压以及清洗时的干扰负压如图8所示。其中,虚线为清洗时的干扰负压,幅值较高的细实线为堵塞时的负压,幅值很低的粗实线为未堵塞时的负压。可以清楚看出,未堵塞时的负压脉冲幅值小、宽度窄。而清洗时及堵塞时的负压脉冲幅值高、宽度宽,而堵塞时的脉宽最大。故定标结束后,可以通过报警电压V和检测宽度W判断是否堵塞。

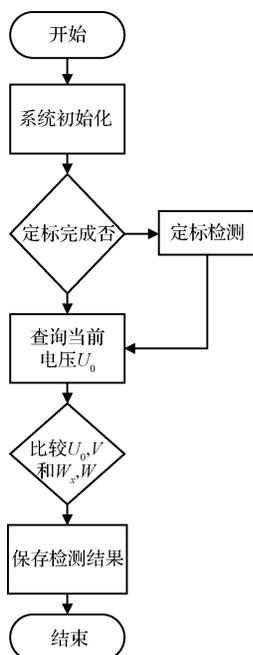


图7 软件流程

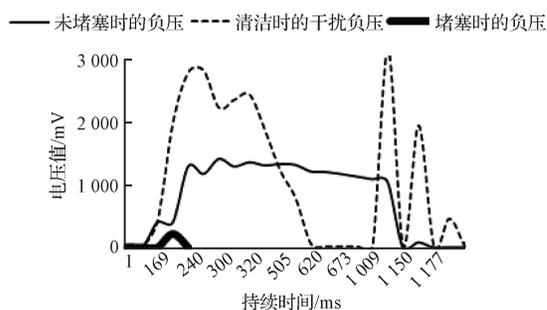


图8 检测结果分析

经后续调试实验,该防堵塞板能够在仪器工作过程中实时检测管路中的负压,保障了仪器检测速度平稳和运行安全,提高了检测的准确性,降低了故障率。

6 结论

针对目前多功能医疗分析仪的常见堵塞问题,进行了

防堵塞板设计。系统以 STM32F205VET6 为核心,在检测初始时进行标定后即可在分析仪工作过程中实时检测管道压力,堵塞时自动报警并清洗。在多功能医疗分析仪上搭载本系统进行测试,可以很好地满足设计要求,相信该系统在多功能医疗分析仪的实际应用中可以发挥很大作用。

参考文献

- [1] 刘金全. 全自动生化分析仪的设计与实现[D]. 北京:中国地质大学,2010:3-30.
- [2] 朱蕴璞. 传感器原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社,2005:143-150.
- [3] 刘晶晶. 全自动生化分析仪电气系统的设计研究[D]. 镇江:江苏科技大学,2013:4-29.
- [4] 尤文斌,马铁华,丁永红,等. 铜柱测压器膛压测试产生误差的机理研究[J]. 仪器仪表学报,2015,36(10):2290-2296.
- [5] 高跃明,李天麒,林传阳,等. 荧光免疫层析试条光电信号处理及特征量选取[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(5):662-668.
- [6] 宋岩译. ARM cortex-M3 权威指南 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2009.
- [7] 苗新法. 基于可调稳压芯片的数控恒流源[J]. 电子测量技术,2011,34(7):13-15.
- [8] 李纯,湛华海,程静贤. 基于 INA333 和 XTR115 的压力变送器[J]. 仪表技术与传感器,2014(2):8-10.
- [9] 王旭东 朱蕴璞. 基于 ARM 多处理器的 CAN 总线分布式控制系统设计[J]. 国外电子测量技术,2015,34(5):52-55.
- [10] 蔡曙光,陈焱焱,马祖长,等. 基于 RT Thread 的便携式健康监测仪的设计[J]. 电子测量技术,2015,38(11):100-105.

作者简介

杨晓琦,1992 年出生,在读研究生。主要研究方向为嵌入式系统应用、智能仪器设计。

E-mail: yxqnjust@126.com