

基于 STM32 的压力监测系统的设计探析

梁东

国能神东设备维修中心

DOI:10.12238/pe.v3i4.15129

[摘要] 本文探讨了基于STM32的压力监测系统的设计,包括系统需求、架构设计、硬件设计、CubeMX配置及核心功能。通过实验验证,系统具备高精度数据采集、实时处理与传输能力,能在异常情况下及时报警。研究成果表明,该系统稳定可靠,适用于工业或民用场景。

[关键词] STM32; 压力监测系统; 设计

中图分类号: X84 **文献标识码:** A

Design Analysis of Pressure Monitoring System Based on STM32

Dong Liang

Guoneng Shendong Equipment Maintenance Center

[Abstract] This article explores the design of a pressure monitoring system based on STM32, including system requirements, architecture design, hardware design, CubeMX configuration, and core functions. Through experimental verification, the system has the capability of high-precision data acquisition, real-time processing, and transmission, and can promptly alert in case of abnormal situations. The research results indicate that the system is stable and reliable, suitable for industrial or civilian scenarios.

[Key words] STM32; Pressure monitoring system; design

引言

在工业自动化不断向前发展过程中,压力监测在各类设备当中扮演重要角色。本文要设计基于STM32的高精度压力监测系统,以此满足实时监测与报警方面需求。研究目的是提升系统精度稳定性和环境适应性,为工业安全提供有力保障,具有现实意义和应用价值。

1 系统需求

系统要求具有实时压力数据采集的能力,通过传感器把物理量转换为电信号,利用STM32的ADC模块达成高精度模数转换,以此确保测量范围能覆盖工业场景常见压力区间,为此设定为0-1.6MPa。数据按照固定频率进行采样,才能保证监测的连续性,同时要支持阈值设定的功能,当压力值超出安全区间的时候触发声光报警或者数字信号输出,从而形成闭环反馈机制^[1]。

在性能层面,要平衡好精度与稳定性这两方面。压力传感器要选择具备高线性度、低温漂特点的类型,以此确保在-20℃至80℃环境温度范围内误差不超过±1%FS,同时要通过硬件滤波算法抑制工业现场存在的电磁干扰。系统响应时间必须控制在100ms以内,从而能够应对突发的压力波动状况。功耗管理也是关键环节,针对便携式或者电池供电的使用场景,需要支持低功耗模式的切换,通过STM32的睡眠/停机模式降低待机电流,配合传感器间歇性工作机制来延长续航时间^[2]。

环境适应性要覆盖各种多样化的部署条件。系统外壳需达到IP65防护等级,防尘防水设计适用于户外或潮湿环境,抗冲击能力要通过1.5米跌落测试,振动耐受性需符合GB/T 2423标准,以适应车载或移动设备场景。电磁兼容性方面,需通过EN 61000-4-2静电放电测试及EN 55032辐射干扰认证,确保在强电磁场环境中稳定运行^[3]。

2 基于 STM32 的压力监测系统的设计方案

2.1 系统架构设计

以STM32为基础进行压力监测系统架构设计,将STM32F103C8T6当作核心构建高效稳定压力监测平台。该系统架构整体布局十分合理,各个组件之间相互协同工作,共同达成压力数据采集、处理、传输以及异常情况报警功能。系统架构核心在于STM32F103C8T6微控制器的集成作用,作为数据处理与控制的中枢协调系统内部各组件工作,通过和外部设备的通信接口系统接收来自压力传感器的数据,并做必要处理分析,同时系统还具备和上位机进行远程通信的能力,可以实现数据远程监控与管理^[4]。

在组件之间的关系方面,压力传感器作为系统数据输入源头,负责实时采集环境当中的压力信息;数据被送到STM32F103C8T6微控制器之后,经过内部逻辑以及算法的处理,转化成具有意义的监测结果;微控制器依据处理结果;系统还借助状态指

示灯与蜂鸣器报警装置,将系统工作状态与异常情况及时反馈给用户,确保系统可靠运行和用户安全操作。

2.2 硬件系统设计

2.2.1 主控单元

基于STM32的压力监测系统硬件设计,以STM32F103C6T6最小系统板当作核心主控单元,此芯片集成度较高且外设资源丰富,能够充分满足压力监测系统对于数据处理、控制逻辑以及通信接口的需求。主控单元借助USART1和USART2串口和外部设备开展通信工作,以此实现数据的接收与发送相关操作;主控单元还利用TTL转换模块,将直流电源转换成为交流电源,从而为系统提供稳定的工作电压。其具备的强大数据处理能力和灵活的外设接口,为系统的稳定运行提供了有力保障,确保压力监测任务能够高效执行^[4]。

2.2.2 压力传感器

压力传感器选的是CNG310型号,测量范围是0到1.6MPa,精度等级达到了0.25%F.S,能够准确捕捉环境压力的变化;传感器输出的是RS485信号,并且支持Modbus-RTU协议,方便和主控单元进行通信工作。在硬件设计过程中,压力传感器作为系统的数据输入源头,负责实时采集环境压力相关信息,然后将采集到的数据通过RS485接口传输到主控单元去处理。高精度以及稳定性,确保了监测数据具备可靠性,给系统的准确判断提供了基础条件。

2.2.3 信号转换模块设计

信号转换模块选用的是TTL-RS485转换模块,此模块在硬件设计方面起着关键作用,主要负责将压力传感器输出的RS485信号,转换为主控单元能够识别的TTL电平信号,借助信号转换模块,达成压力传感器与主控单元之间的有效通信,以此确保数据能够准确进行传输。该模块还具备一定的信号调理能力,能够对传输过程中产生的噪声进行抑制,进而提高信号的抗干扰能力,保障数据传输的稳定性。

2.2.4 声光报警器设计

声光报警器借助蜂鸣器控制端(PA6)和主控单元相连接,在硬件设计中承担在系统检测到异常状况时,发出声光报警的任务,当压力超过预设的阈值时,主控单元就会触发声光报警器,经由蜂鸣器发出警报声音。状态指示灯也会进行闪烁,以此提醒操作人员及时开展处理工作、声光报警器的设计增强了系统的实时性与交互性,能够确保在异常情况出现时及时提醒用户。

2.2.5 电源模块设计

电源模块选用AC220/DC24电源模块和DC24V/3.3V稳压模块相结合的设计方案,AC220/DC24电源模块承担将交流220V电压转换为直流24V电压的任务,能够给系统提供稳定工作电压;DC24V/3.3V稳压模块进一步把直流24V电压转换为系统所需的直流3.3V电压,确保各组件正常工作;电源模块设计充分考虑系统稳定性与可靠性。为系统长期稳定运行提供有力保障^[5]。

2.3 CubeMX配置设计

2.3.1 时钟配置设计

在STM32CubeMX的配置设计中,时钟配置是保障系统稳定运行的重要基础。基于STM32的压力监测系统时钟配置情况如下,系统时钟源选用HSE高速外部时钟,其频率设定为8MHz,将其作为系统主时钟源来提供基准频率信号。经过PLL锁相环进行倍频之后,系统时钟能够达到72MHz,从而为CPU以及其他外设提供高速时钟信号,以此确保系统可以高效执行压力监测相关任务。APB1总线分频设置为2分频,能够得到36MHz的时钟频率,该频率主要用于连接USART、SPI等的低速外设,以此平衡系统性能与功耗。APB2总线分频设置为1分频,使得时钟频率保持在72MHz,此频率主要用于连接如ADC、GPIO等高速外设,从而确保高速外设能够稳定运行。时钟配置既保证了系统能够高速运行,又兼顾了低速外设的稳定性,为压力监测系统的稳定运行提供了坚实的时钟基础,同时通过合理的时钟分频设置优化了系统功耗,并延长了设备使用寿命。

2.3.2 外设参数配置设计

外设参数配置在STM32CubeMX配置设计中为核心部分,直接关系到系统功能是否可以实现。USART1和USART2配置为异步模式,波特率设置为9600。数据位长度为8位,没有奇偶校验。停止位为1位,能满足系统与外部设备进行串口通信的需求,可确保压力数据能够可靠传输。定时器TIM2的预分频器设置为7199,采用向上计数模式,周期为9999,自动重装载预装载使能,使得TIM2精确计时,为系统提供稳定的时间基准,用于定时采集压力数据以及控制声光报警器等任务。依据实际需求配置了GPIO的输入输出模式、中断优先级、DMA(直接存储器访问)等,比如可以将压力传感器的输入引脚配置成模拟输入模式,以此准确采集压力信号;还可以将声光报警器的控制引脚配置成推挽输出模式,以便在异常情况下及时触发报警,提升系统响应速度^[6]。

2.3.3 其他配置选项设计

除了时钟配置以及外设参数配置之外,STM32CubeMX还能提供丰富多样的其他配置选项,从而进一步优化系统的整体性能。在基于STM32的压力监测系统当中,按照实际的需求配置系统电源管理、看门狗定时器以及低功耗模式等。举例来说,通过配置系统电源管理,能够优化系统功耗进而延长设备使用寿命;通过配置看门狗定时器,可以提高系统稳定性从而防止程序跑飞;通过配置低功耗模式,可以降低系统功耗以适应不同应用场景,从而可以进一步提升系统性能、稳定性以及可靠性,确保压力监测系统在各种不同环境之下都可以稳定运行。

2.4 系统核心功能

2.4.1 压力数据采集功能设计

系统借助高精度压力传感器,实时采集环境压力数据,保证数据准确又实时,采集过程中系统设定合理采样频率与采样时间。平衡数据精度和系统功耗。

2.4.2 压力数据处理功能设计

系统会针对采集到的数据开展滤波处理工作,以去除噪声和干扰信号,从而提高数据质量;系统还会对数据进行校准,进

一步消除传感器误差和环境因素对数据的影响; 处理后的数据用于后续压力监测和分析任务。为系统决策提供准确数据支持^[7]。

2.4.3 压力数据传输功能设计

系统将处理之后的压力数据, 通过串口通信接口传输到上位机或者其他设备, 从而实现数据远程监控管理; 在传输的过程中, 系统采用可靠通信协议和接口标准, 确保数据完整性准确性。

2.4.4 异常报警功能设计

系统设置了合理的报警阈值, 当压力数据超出阈值范围时, 系统就会触发声光报警器, 从而及时提醒操作人员去处理异常情况; 系统还会将报警信息记录并且上传至上位机, 以此方便后续进行分析和处理。异常报警功能的设计能确保系统在异常情况下及时响应和有效处理, 进而保障系统的安全性与稳定性^[8]。

3 基于STM32的压力监测系统测试

3.1 环境部署

为了验证系统实际应用方面的性能, 测试在模拟工业车间的环境中分阶段实施。实验室阶段, 采用压力泵构建0~1.6MPa可调压力源, 通过高精度压力表提供基准数值; 测试系统在静态与动态压力条件下的采集精度, 响应时间测试采用阶跃信号发生装置模拟压力突变情况, 利用示波器捕捉从压力突变到报警触发的时间延迟; 环境适应性测试将系统放置于高低温试验箱当中, 在-40℃、25℃、+85℃三个温度节点。各进行72小时连续运行测试, 监测传感器零点漂移与系统通信的稳定性。现场测试阶段, 在某制造厂冲压车间实施, 将系统部署于消防水管道的关键节点之处, 通过人为制造微小泄漏模拟压力下降的场景, 验证报警触发及时性与抗误报的能力; 测试数据采集频率设置为10Hz, 阈值设定为0.8MPa(正常工作压力下限)与1.5MPa(安全压力上限), 报警延时容忍区间设定为0~1.5秒^[9]。

3.2 测试结果

实验室测试数据显示, 系统在全量程范围内线性度误差 $\leq 0.3\%F.S.$, 重复性精度达 $0.15\%F.S.$, 优于设计指标要求的 $\pm 1\%F.S.$ 。响应时间测试中, 系统对阶跃压力变化的响应时延稳定在1.2~1.4秒区间, 平均值1.32秒, 满足 ≤ 1.5 秒的技术要求。在环境适应性测试环节, -40℃低温环境下系统启动时间延长至12秒, 但数据采集与通信功能正常; +85℃高温条件下连续运行72小时未出现死机或数据丢包现象, 传感器零点温漂控制在 $0.02\%F.S./^{\circ}C$ 以内。现场测试阶段, 系统成功捕捉3次模拟泄漏事件, 报警触发时间与人工记录泄漏时刻偏差均小于0.5秒, 未出现误报或漏报情况^[10]。长期运行测试表明, 系统在工业现场电磁干扰(电快速瞬变脉冲群抗扰度4kV)条件下仍能保持数据采

集完整性, 通信中断率低于0.01%。

3.3 测试总结

在基于STM32的压力监测系统测试中, 系统展现了出色的综合性能。实验室测试阶段, 系统在不同压力条件下均保持了高精度与稳定性, 响应迅速且误差控制在极小范围内。环境适应性测试显示, 系统在极端温度条件下仍能正常工作, 未出现功能异常, 展现出良好的环境耐受性。现场测试阶段, 系统成功捕捉模拟泄漏事件, 报警触发及时且准确, 未出现误报或漏报, 证明了其实用性和可靠性。长期运行测试中, 系统在强电磁干扰环境下保持了数据采集的完整性和通信的稳定性, 充分验证了其工业应用的潜力。整体测试效果表明, 该系统满足设计要求, 性能稳定可靠。

4 结束语

综上所述, 本文设计的基于STM32的压力监测系统, 通过实验验证了其高精度、实时性和稳定性。研究成果为工业安全监测提供了可靠解决方案。未来, 可进一步研究系统优化, 如提升数据处理速度、增强抗干扰能力等, 以适应更复杂多变的应用场景。

[参考文献]

- [1]唐谦,王旭启.基于STM32单片机的智能输液监控系统设计与实现[J].电子制作,2024,32(3):91-93.
- [2]马和平,王政.基于STM32多无线通信结合的水源井遥控系统设计[J].电子制作,2023,31(9):47-50,79.
- [3]李志洋,余孟城,杨宇泽,等.接触压力与光电容积脉搏波同步采集系统设计[J].现代信息科技,2024,8(24):66-71.
- [4]霍聪颖.地下水位监测系统的设计与实现[J].信息记录材料,2023,24(5):114-116,120.
- [5]王超伟.基于LoRa技术的电流互感器内部压力监测装置的研究与应用[J].自动化博览,2024,41(5):52-57.
- [6]王聪.基于STM32的无创连续血压监测系统设计与实现[D].天津:天津工业大学,2023.
- [7]陈晨阳.物联网支持下的电力通信机房监测系统设计与实现[J].电子元器件与信息技术,2024,8(6):120-122.
- [8]史卓凡,陈贵松,邹凯俊,等.基于STM32的工程机械移动式压力检测系统设计[J].工业控制计算机,2023,36(6):159-160.
- [9]岳聚欣,刘景哲,李春辉,等.基于物联网的智能监测破窗系统设计[J].科技创新与应用,2023,13(8):41-44.
- [10]张良强.基于LoRa的消防箱监测系统设计与实现[D].江西:南昌大学,2024.

作者简介:

梁东(1985—),男,汉族,内蒙古·鄂尔多斯人,职称:工程师,本科,研究方向:煤矿设备维修。