

一种低功耗智能孔板流量积算仪的设计

阮越广 宋开臣 浙江大学流体传动及控制国家重点实验室 (310027)

Abstract

The design of an intelligent flow totalizer based on single-chip computer MSP430 with ultra-low power consumption is introduced in this paper for measuring gas flow. The design not only meets the need of accuracy, but also has the merits of low power consumption, multifunction and good interactive interface.

Keywords: natural gas, standard orifice plate, flow totalizer, low power consumption, MSP430

摘要

本文讨论了一种基于 MSP430 单片机的天然气标准孔板智能流量积算仪的软、硬件设计,并论述了仪表的低功耗设计思路。在设计中不仅满足了计量精度的要求,同时也具有功耗低、功能齐全、人机界面友好的优点。

关键词: 天然气,标准孔板,流量积算仪,低功耗,MSP430

孔板流量计是一种基于伯努利原理的差压式流量计,它是通过测量孔板两侧的差压而达到测量流量的目的。在天然气的生产中通常采用孔板流量计作为测量用流量计。一般的孔板流量计是由标准节流装置(孔板)、导压管、差压计(差压传感器)和二次仪表(流量积算仪)所组成。本文所要讨论的就是一种适用于天然气计量、包含各种传感器的低功耗智能孔板流量积算仪的设计。

1 系统设计及构成简述

1.1 系统的组成及原理

整个仪表的系统构成可以由图 1 所示。

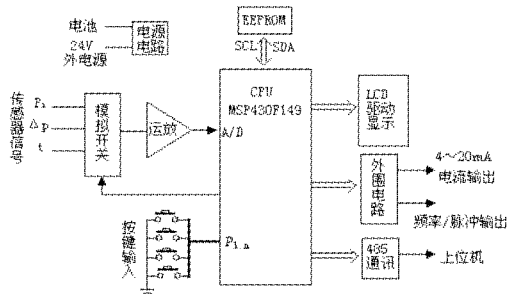


图 1 智能孔板流量积算仪系统构成框图

系统控制器选用美国 TI 公司生产的低功耗单片机 MSP430F149。由传感器检测到的孔板上游侧气流绝对静压、气流流经孔板产生的差压和气流温度值经模拟开关选择放大后,由单片机自带的 12 位 A/D 转换器进行转换。转换结果由 CPU 按一定的数学模型^[1]进行实时运算和补偿,得到瞬时流量值和气体总量。计算结果进行保存,并通过液晶显示,也可通过外围电路按其他方式输出。本积算仪还可通过 485 接口与上位机之间进行通讯,作为一个较大范围内的流量计量管理系统的一个节点。

系统设计成两种供电方式,即内部 3.6V 的锂电池和外部 24V 电源。在正常计量时采用内部电池供电;当用户需要输出标准信号时,采用 24V 的外电源供电。

1.2 硬件设计

硬件的设计包括如下几个方面:

1) 单片机及其外围电路设计。MSP430F149 单片机是 64 脚 QFP 封装的超低功耗的微控制器,具有五种不同的省电模式;16 位 RISC 指令结构,丰富的寻址方式和强大的运算处理能力;集成了较多的片上外围资源,比如 12 位的 A/D,精密模拟

比较器,硬件乘法器,2 组频率可达 8MHz 的时钟模块,2 个带有大量捕获/比较寄存器的 16 位定时器,2 个可实现异步、同步及多址访问的串行通讯接口,数十个可实现方向设置及中断功能的并行输入、输出端口;该型单片机还有 2KB 的 RAM;具有 60KB+256 字节的 FLASH 存储器,可利用 JTAG 接口或片内 BOOT ROM 下载、调试程序^[2]。外围电路主要是时钟晶振的选择。在本设计中,选用 2 个外接的低频晶振(32.768KHz)和高频晶振(5MHz),会同内部集成的 DCO 振荡器,由软件选择作为 3 种时钟信号 ACLK、MCLK、SMCLK 的时钟源。

2) 人机交互设计。包括按键输入和液晶显示电路。利用一键多用、双键复用技术,依靠 4 个按键,结合 LCD 显示,可以完成参数设置、实时测量、在线标定等功能。表头采用多段式液晶显示,选用动态的 4 时分割液晶驱动器驱动显示。

3) 输入输出电路。输入电路包括温度、压力和差压信号的采样、放大和 A/D 电路。各个传感器信号通过模拟开关,由 CPU 控制在不同的时刻进行采样。采样得到的信号经运放放大后,输入到单片机自带的 A/D 转换器。输出电路包括脉冲放大电路和标准模拟信号输出电路。前者用于输出对应于不同瞬时流量的频率信号或脉冲数,后者通过 D/A 将流量值转换成电压信号,再由 V/I 转换电路变换为 4~20mA 的标准模拟信号。

4) 存储与通讯接口。用 EEPROM 作为存储介质,用来存储一些为防止掉电而丢失的数据。串行通讯采用 RS485 接口,即可通过该串口与上位机通讯,也可与专用 MODEM 配套,利用电话网络构成自动读表与管理系统。

1.3 软件设计

系统的软件设计可以根据所要实现的功能,按照模块化的思路,分成如下若干个功能模块:

1) 初始化模块:在系统启动时,需要对时钟源进行分配;对输入输出端口进行定义;对定时器、模数转换器等一些控制寄存器进行初始化;对内部和外部的存储单元进行清零;对一些中断的允许寄存器和标志寄存器进行初始化;选择 CPU 的低功耗模式。

2) 按键按键和显示模块:显示模块包括正常情况下的显示程序和配合按键功能的显示程序。前者可以用来显示瞬时流量值、累积值或其他一些参数,后者和按键子程序一道作为中断服务子程序。通过软硬件的结合,可以实现数字和字符的设定、移动光标、状态切换、参数保存。通过按键,可以设置一些流量计算所需的参数值,如天然气组分、孔板和测量管的材料和直径,以

及其他一些参数值。

3)信号采集和流量计算模块:程序定时打开模拟开关和运算放大器,采样压力、温度和差压值,并进行 A/D 转换。转换值和其他设定的参数值一同参与天然气的流量计算。流量每 2 秒计算一次。流量计算模型必须符合文献[1]中标准的规定,并引入了相关参数的实时温压补偿。由于涉及的中间变量多,公式复杂,故计算量较大,需对计算过程进行优化。考虑到 MSP430 单片机具有较大的内存单元和程序存储区,因此为了提高计算的精确度,对参与运算的变量全部采用多字节浮点数的编码方式。

4)流量输出模块:对应与不同的输出方式,程序可产生对应于流量的频率信号、脉冲数或一定数字量。

5)通讯模块:用来定义串口之间的通讯接口协议,例如,仪表与上位机之间传送的数据格式、数据内容、数据包的形式。

2 低功耗设计

孔板流量计用于天然气的计量多应用于一些没有市电供应或是无人值守的环境,因此低功耗对于智能流量积算仪的设计,显得尤为重要。下面说明本仪表的低功耗设计。

2.1 硬件电路的低功耗设计

要降低电路的运行功耗,可以从单片机系统和外围电路两个方面入手,下面分别进行讨论:

(1)单片机的低功耗运行

MSP430F149 是 TI 公司生产的低功耗单片机的一种,它的低功耗体现在以下几个方面:一是工作电压低:我们采用 3.3V 的电源电压。降低电源电压是降低功耗的最直接、最有效的方法;二是工作电流低:单片机在工作频率为 32kHz、电压为 2.2V 时,工作电流仅为 7 μ A;在工作频率为 1MHz、电压为 2.2V 时,工作电流为 250 μ A;由此可见,降低工作频率也是降低功耗的途径之一;因此,第三点是工作频率可选:主程序运行时,尽量选用单片机自带的数控 DCO 振荡器;对于需精确定时的,可以采用外接的低频晶振,如 32768Hz;外接的高频晶振一般只有在外电源供电时才被选用;四有多种省电模式可供使用:单片机共提供了五种低功耗运行模式,在不同的工作模式下,单片机分别关断 CPU、主系统时钟、子系统时钟、内部数字振荡器(DCO)、辅助系统时钟。每一种模式均比前一种要减少功耗。在本设计中,根据系统实际运行的需要,可以选择单片机在没有外中断请求时,工作在低功耗模式 LPM3。五是由于单片机集成了 A/D 转换器、定时器、大容量的 FLASH 存储器、以及多个 I/O 口,这样可以省略许多外围器件,从而实现降低功耗的目的。

(2)外围电路的低功耗设计

在设计外围电路时,可以从两个方面考虑:一是尽量选择一些低功耗的器件和芯片。由于 CMOS 电路的静态功耗极小,可达 μ A 级,而动态功耗与电路逻辑改变的频率和速度有关^[3],因此在芯片的选择上,多选用低速的 CMOS 芯片。对于其他一些器件,如显示器件,也是选用的低电压驱动、具有 CMOS 结构的

低功耗液晶显示驱动器。二是降低系统中非工作状态器件的功耗。例如,在信号采集电路中,如图 2 所示,由于温度、压力和差压信号是定时采样,因此单片机是定时打开信号通道采样信号,而在其余时间则关闭采样通道;同理,运放电路也受单片机的控制定时开断,定时时间与采样时间同,这样便能减少采样、放大电路的在空闲时间的功率消耗,从而降低整机的功耗。

2.2 软件的低功耗设计

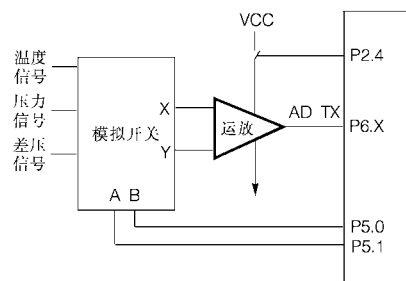


图2 单片机系统信号采集电路

软件的低功耗设计也可从以下两个方面进行论述:

1)配合硬件的程序设计。比如,时钟频率的选择,定时采样和运放的开断,以及在空闲状态下选择单片机的低功耗模式。另外,对键盘输入、数据采集输入均采用信号中断方式而不是查询方式,从而减少 CPU 的工作时间,降低消耗;在显示上也采用静态显示而不是动态扫描显示的方式。

2)在流量的计算程序中尽量考虑低功耗的要求。在根据文献[1]标准中所规定的数学模型计算流量时,可知在整个计算过程时会涉及到许多变量的运算,这些变量都是一维或二维的复杂函数,如幂函数,并且有的变量还涉及解嵌套循环计算过程,因此整个计算的步骤多、过程复杂。考虑到 MSP430 单片机具有较大的内存单元(2KB 的 RAM)和程序存储区(60KB 的 FLASH),在计算程序的编写时尽量采用表格的方式来运算复杂公式,并运用合理的插值法使运算结果逼近于真值,从而可以大大减轻 CPU 的负荷,降低功耗。

3 结束语

按上述思路设计的低功耗智能孔板流量积算仪已运用到实际生产过程中,其功能齐全,运算结果可靠,特别是具有低功耗的特性:整机最大工作电流小于 380 μ A,基本保证了当使用 1 节 3.6V 锂电池(5Ah)供电时,仪表能持续正常工作 1.5~2 年。

参考文献

- 1 天然气流量的标准孔板计量方法. 中华人民共和国石油天然气行业标准,SY/T 6143-1996
- 2 胡大可.MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机.北京:北京航空航天大学出版社,2001(11)
- 3 胡俭波,等.单片机系统的超低功耗设计.工业控制计算机,2001(10)

[收稿日期:2003.8.15]

(上接第 33 页)

Level<6000.这样,没有登录或访问级别不够的人员就不能触发该按钮了。

3 结束语

集装箱装卸桥监控系统是一种集散控制系统(DCS)。以 PC 为上位机的 DCS 系统,配以成熟的工控组态软件,是目前控制领域发展应用的一个重要方向。通过监控站软件设计的基本框架,可以看出,以组态形式作为开发平台,软件不仅在设计和实

现上简单快捷,开发周期短,而且功能强大,维护和升级方便,同时又具有较高的性能和稳定性。对于国内大型设备 DCS 系统监控,监控站加组态软件的实现方法由于可以提高企业工作效率和管理水平,将会有更为广泛的应用。

参考文献

- 1 蒋国仁,主编.港口起重机械.大连海事大学出版社,1995
- 2 吴敦海.装卸桥电控与操作仿真系统.水运管理,2002

[收稿日期:2003.9.18]