

[2] 谈恩民,李秀真. 位存储器向字存储器的 march 测试转换方法[J]. 电子测量与仪器学报增刊. 2006,20:34—40.
 [3] Zhao L., D. M. Walker, and F. Lombardi. IDDQ testing of input/output resources of SRAM-based FPGAs. IEEE Computer Society. Washington, DC, USA 1999:375—385.
 [4] 朱启建, 邱继顺, 张大方. 一种动态电流测试产生方法的 SPICE 模拟验证[J]. 电子学报. 2002,30(8):83—89.
 [5] 赵雅兴. PSPICE 与电子器件模型[M]. 北京邮电大学出版社. 2004.
 [6] 刘桂华、马建国. XilinxFPGA 器件的结构特点和优化设计技

术[J]. 西南工学院学报, 2001,16(2):21—27.
 [7] 马群刚,杨银堂,等. 基于 LUT 的 SRAM FPGA 结构研究[J]. 电子器件, 2003,26(1):11—16.
 [8] 徐健,黄维康. SRAM 型 FPGA 互连资源单故障的一种检测方法[J]. 复旦学报, 1999,38(3):348—352.

作者简介: 朱才荣(1980—),女,硕士研究生,研究方向:检测技术与自动化装置;颜学龙,男,教授,研究方向:计算机辅助测试,自动测试系统,可测性设计技术。
 收稿日期:2009-03-06(9066)

doi:10.3969/j.issn.1671-1041.2009.04.010

基于 MSP430 的差压流量变送器的研发

李加良

(合肥工业大学 电气与自动化工程学院, 合肥 230009)

摘要: 介绍了差压流量计的测量原理,以 TI 公司生产的 MSP430F149 单片机为核心的差压流量变送器的设计。变送器采用支持 HART 通信协议的 HT2012 作为通信芯片,并介绍了 HART 通信的软件设计。

关键词: MSP430; 流量测量; HART 协议; 差压变送器
 中图分类号: TH814 文献标识码: A

The research of differential pressure flow transmitter based on MSP 430

LI Jia-liang

(School of Electrical Engineering and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The measure theory of differential pressure flow meter and the design of differential pressure flow transmitter based on MSP430F149 microcontroller (produced by TI) is introduced. Communicate controller HT2012 which support HART protocol is used in the design of transmitter, the design of HART communicate software is introduced.

Key words: MSP430; flow measure; HART protocol; differential pressure transmitter

0 引言

随着近年现场总线技术的迅速发展,全数字系统取代模拟系统已是大势所趋,因而现场仪表的数字化也势在必行。但在我国,大量使用的还是模拟变送器、模拟仪表,控制系统大都是模拟控制系统,并使用 4—20mA 的电流信号进行信息传输和控制;另一方面,HART 协议逐渐被人们所认识,它被认为是智能仪表数字通信“事实上”的工业标准,因此,研制和开发符合 HART 协议的智能仪表具有极大的发展潜力和市场前景。本文主要研究和实现了我国广泛使用的流量仪表与 HART 功能的结合。

1 测量原理

在管道中流动的流体具有动能和位能,在一定条件下这两种能量可以相互转换,但参加转换的能量总和是不变的。应用节流元件测量流量就是利用这个原理来实现的。

根据能量守恒原理定律及流体连续性原理,节流装置的流量公式^[1]可以写成:

$$Q = \alpha \varepsilon F_0 \sqrt{2\Delta p / \rho_1}$$

式中, Q ——体积流量, m^3/s ; α ——流量系数; ε ——流束膨胀系数; F_0 ——节流装置开孔截面积, m^2 ; ρ_1 ——流体流经节流元件前

的密度, kg/m^3 ; Δp ——节流元件前后压力差,即 $\Delta p = p_1 - p_2$, p_a 。

在计算时,根据我国现用单位的习惯,如果 Q 的单位为 m^3/h , F_0 为 mm^2 , Δp 为 p_a , ρ_1 为 kg/m^3 单位时,则上述流量公式可换算为实用流量计算公式,即:

$$Q = 0.003999 \alpha \varepsilon d^2 \sqrt{\Delta p / \rho_1} m^3/h$$

式中, d ——节流元件的开孔直径, $F_0 = \frac{\pi}{4} d^2$ 。

根据所测得节流装置两端的压力差经计算可得出管道中的流量。

2 基于 MSP430F149 单片机的硬件设计

硬件设计如图 1 所示。

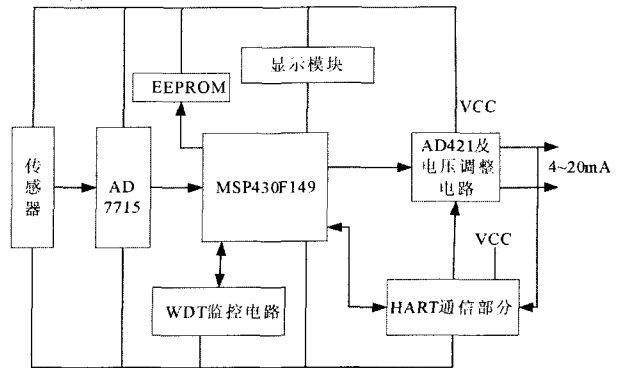


图 1 硬件原理图

1) 传感器

在差压测量中,常用的传感器有应变式压力传感器、电容式压力传感器、扩散硅式压力传感器。在本例中所采用的传感器硅微电容式压力传感器。

2) AD7715 模数转换模块

AD7715 是一种带有模拟前置放大器的 A/D 转换芯片,是一种用于低频测量的芯片,它可直接接受电磁流量计的直流低电平输入信号并输出串行数字信号。该芯片采用 $\Sigma - \Delta$ 转换技术,具有 16 位的高精度模数转换特性,有良好的抗干扰性,有自校准和系统校准的功能,可以消除零点误差,满量程误差和温度漂移的影响。AD7715 的模拟输入为差动方式,有单极性和双极性输入,信号范围可选。前置放大器有 1、2、32、128 四种增益可选,有 4 个片内寄存器,对它的编程可以实现增益选择、信号极性、输出数据速率、自动校准和 AD 转换等功

□研究报告□

能。这里用 AD7715 作为模数转换芯片。

3) TI MSP430F149 Micro-controller TI MSP430F149 主要构成^[2,3]:基础时钟模块;看门狗定时器以及 2 个 16 位定时器;2 个具有中断功能的 8 位并行端口 P1、P2;4 个 8 位并行端口 P3、P6;模拟比较器;12 位 A/D 转换器;2 个串行通信接口 USART0、USART1;一个硬件乘法器;60kB + 256BFlash;2kB RAM。

4) A/D421 模数转换模块

为将数字频率信号转换成 ±0.5mA 的频率信号,叠加在两线的 4-20mA 电流环上,还需要附加耦合电流,这样必然会造成更多的功耗开销。而美国 A/D 公司的产品 AD421,是专为 HART 协议智能仪表设计的,包括 4-20mA 电流环的 16 位 D/A 转换器。它与 HART 协议兼容,其开关电源和滤波器功能模块,可实现 HART 电压信号向 ±0.5mA 电流信号的转换,为应用带来方便。

AD421 基本性能^[4]:① 4-20mA 输出;② HART 兼容,能用于标准 HART FSK 协议通讯;③ ±0.01% 积分的非线性;④ 3V、3.3V 或 5V 可调节电压输出及 2.5V 和 1.25V 精度参考,用于自身和系统其他器件;⑤ VCC = 5V 供电时,750μA 最大静态电流,典型值为 575μA;⑥ 可编程报警电流功能,允许变送器发出电流超范围报警,以表示转换器故障;⑦ 灵活的高速串行接口。

AD421 有 2 种工作方式:4-20mA 输出方式和 3.5-20mA 报警输出方式。

5) HART 通信模块

HART 通信模块由通信芯片 HT2012 和波形整形电路及带通滤波器组成。

① HT2012 通信芯片

SMAR 公司生产的 HT2012 为 Bell202 标准的单片 CMOS 低功耗 FSK 调制解调器。它是为设计过程控制仪器检测和其他的低功耗装备中提供 HART 通信功能的专用芯片^[5]。

HT2012 由 4 个主要功能模块组成:时钟频率、调制器、解调器、载波检测。

HT2012 需要 460.8kHz 外时钟输入,3-5V 供电,低功耗。

HT2012 调制解调器是半双工的。当一个运转时,调制器和解调器中的另一个会被停止。工作在 Bell202 标准,发送、发送和接收调制波特率为 1200bps。

HT2012 使用 1200Hz(“1”)和 2200Hz(“0”)Bell202 信号频率,COMS、TTL 兼容。

HT2012 具有载波检测输出端 OCD、低电平有效,表示对方通信芯片准备进行载波发送,改进了通信的实时性和灵活性。另外,19.2kHz 时钟信号输出,也为应用提供了方便。

② 波形整形电路及带通滤波

整形电路由 74HC126 组成,并能通过 2 个 750Ω 电阻及 2.2μF 的耦合电容,将整形后的 HT2012 发出的电压信号输入到 AD421 的开关电源和滤波器功能块中,可实现 HART 电压信号向 ±0.5mA 电流信号的转换。带通滤波器由图 2 所示。它由两个运算放大器及电阻、电容组成。它将 4-20mA 环路上的 ±0.5mA HART 电流信号信号转换为 HART 电压信号,经 HT2012 调解,再送入单片机串行通信接口中,从而完成数据的接收任务。

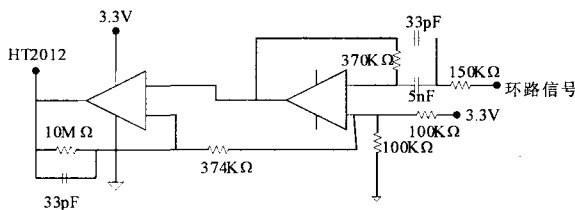


图 2 带通滤波电路

3 软件设计

智能变送器的软件可分为两大部分:测控程序和 HART 通信程序。

测控程序包括 A/D 采样程序、非线性补偿程序、量程转换程序、线性或开方输出程序、阻尼程序以及 D/A 输出程序等,A/D 采样采取定时中断采样,以保证数据采集、处理的实时性。

HART 通信程序也即为 HART 协议数据链路层和应用层的软件实现。由于 HART 通信为主从方式,所以变送器只有在主机询问时才应答(突发模式除外)。变送器的通信程序采用串行口中断接收/发送,基本的串行口中断程序框图如图 3 所示。

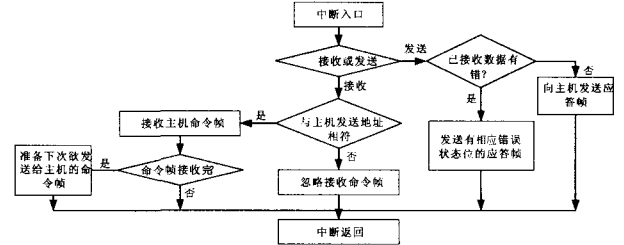


图 3 HART 通信中断子程序流程图

由于通信距离较长或各种环境干扰,传送的数据信息有可能发生差错。HART 通信采取水平和垂直校验方法。当变送器检测到接收数据有错时,则等到主机命令帧发完以后,变送器发回置有相应错误状态位的应答帧,通知主机数据接收有误,主机则重发命令帧,从而保证通信的准确可靠^{[6],[7]}。

在 HART 通信过程中,一般由主机先发送命令帧,智能变送器由串行口中断接收到命令帧后,由 CPU 作相应的数据处理,然后把要发回的应答帧内容放入发送缓冲区,再由 CPU 触发发送中断,发回应答帧,从而完成一次命令的交换。

4 结束语

本文介绍的基于 MSP430 单片机的差压流量变送器的研发,完全达到 HART 协议技术规范要求,软件采用单片机 ICC430 语言编制,符合 ANSIC 规范。软件增加了在产品中的兼容性和可扩展性,使得普通现场仪表可以较容易地改装为 HART 仪表。它可以与任何符合 HART 协议的手操器或控制系统相连,在设计中充分利用了智能流量仪表能够进行双向数字通信的优点和内部微处理器的强大计算功能。通过上位机或收操器,可以远程设定仪表的零点、量程、工程单位等。□

参考文献

- [1] 乐嘉谦. 仪表工手册[M]. 第二版. 北京:化学工业出版社, 2003:237-239.
- [2] 胡大可. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001:1-46.
- [3] 沈建华,杨艳琴,翟晓曙. MSP430 系列 16 位超低功耗单片机实践与系统设计[M]. 北京:清华大学出版社,2005:138-144.
- [4] Loop-Power 4-20mA DAC, Analog Devices. inc. 2000, (3): 1-14.
- [5] HT 2012 HART Modem. SMAR Research Corporation USA, 1996:1-13.
- [6] 顾维俊,金健祥,褚健. 基于 HART 协议的 1151 智能变送器的研发[J]. 自动化仪表,1998,19(3):5-7.
- [7] 王勇,周必水. 基于 HART 协议的智能流量仪表的研究与实现[J]. 计算机时代,2004,(6):21-22.

作者简介:李加良(1985-),男,硕士研究生,研究方向:嵌入式仪表研究。

收稿日期:2009-02-12(9033)