

基于 HART 协议的多通道智能变送器设计

方军, 戴曙光

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: HART 协议作为一种现场总线已在工业控制中得到广泛应用。随着多参数复合传感器的出现, 需要 HART 变送器能实现多参数的测量, 计算及输出。针对工业应用的需求设计出一种基于 HART 协议的通用型智能变送器, 满足多参数测量、在电路设计上, 采用一种双电源供电模式的分层电源网络结构, 使变送器系统的功耗大大减少。

关键词: 智能变送器; 双层电源网络; HART 协议

中图分类号: TP23

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)20-0023-04

Design of multi-channel intelligent transmitter based on HART protocol

Fang Jun, Dai Shuguang

(University of Shanghai for Science and Technology, School of Optical-electrical and Computer Engineering, Shanghai 200093, China)

Abstract: As a kind of field bus, HART protocol is widely used in industrial control systems. With the complex multi-parameter sensors emerging, a HART transmitter is needed to achieve multi-parameter measurement and calculation. In order to adjust to the demand for industrial applications, the universal transmitter based on HART protocol is designed to meet the multi-parameter measurements. In circuit design, a double power supply network is used to reduce the power consumption of the transmitter system.

Key words: smart transmitter; double power supply network; HART protocol

传统的 HART (Highway Addressable Remote Transducer) 变送器的功能比较单一, 只有温度、压力、位移、电磁流量等物理量的单一测量, 传感器输出微弱的电压或电流信号。由于这些传感器的负载阻抗、激励方式、输入信号灵敏度、补偿方式均不相同, 所以以往的变送器均要求设计不同的配套电路与相应的传感器配合, 给生产制造部门和采购部门带来很多不便, 也使供货周期延长, 本文研究的智能型 HART 通用变送器不仅保留了传统仪表的 4 mA~20 mA 的模拟信号的输出, 并且通过 HART 协议实现双向数字通信。它可与任何符合 HART 协议的手操器或控制系统互连; 通过手操器或上位机可远程设定变送器的类型、供电方式(恒压源供电或者恒流源供电)、零点、量程、工程单位和阻尼时间等基本信息和参数。

1 系统硬件电路设计

微处理器是 HART 智能变送器的核心中枢, 协调各个模块正确有序工作。目前市面上用的较多的是 51 系列单片机, 但 51 系列单片机绝大部分仍然采用 8 bit 中央处理器, 对于像 HART 通信这样对运算速度要求比较高的硬件系统来说, 8 bit 处理器已不能满足要求。另外《微型机与应用》2011 年 第 30 卷 第 20 期

51 单片机内部的硬件资源比较少, 单片机要与外围电路如液晶显示模块、A/D 转换模块、D/A 转换模块、UART 通信模块等进行通信, 而 51 单片机的外围扩展口有限, 很显然不满足要求。本硬件系统中的 MCU 采用摩托罗拉公司生产的 MC9S12E64^[1], 该芯片与普通的微处理器芯片相比, 有更多的优点。MC9S12E64 采用模块化结构和 16 bit 的中央处理器 CPU, 最高总线速度 8 MHz, 大大提高了运算速度和精度。

1.1 系统方案设计

为了满足多通道数据测量和低功耗, 硬件电路主要包括: MCU 微处理器模块; A/D 转换模块; HART 通信模块; 电源模块; 恒压/恒流激励电路。

为了实现多通道模拟信号的测量, 本硬件系统采用 24 bit 多路 ADC (AD7714) 实现, 其中两路构成差分电压 V1 输入, 另外两路分别测量单端电压 V2 和电流 I。如图 1 所示, 在电流的输入端加一电阻, 对电流的测量实际上也是对电压的测量, 这样将测得对应的电压值通过换算得到实际的电流值。

为了克服输入的电压, 电流信号对 AD7714 测量的影响, 在硬件电路设计上使用数字开关芯片 ADG733, 通

欢迎网上投稿 www.pcachina.com

27

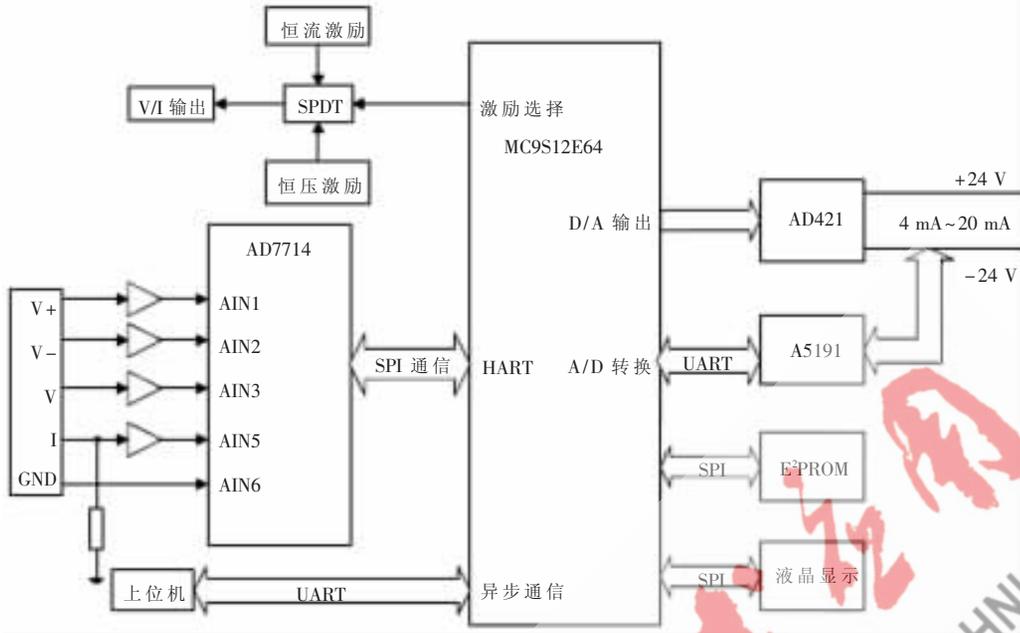


图1 总体硬件结构图

过MCU控制ADG733,从而间接地“打开”或是“关闭”输入通道,消除外部信号对AD转换的干扰,另一方面也方便多通道的测量。在每一路通道前面增加由运放构成的驱动电路,可以组成模拟滤波及放大网络,提高测量精度。UART输入信号直接与MCU空闲管脚连接,实现数字测量。考虑到功耗原因,实际使用时不可能所有测量通道都采用,将根据需要配置为其中1~2个通道进行测量和转换。

1.2 分层电源网络与低功耗设计

1.2.1 分层电源网络的设计

考虑在单电源供电的情况下(图2所示),由于MCU、D/A、HART等模块需要使用近2mA的电流,因此信号采样部分的电量非常有限,仅有1mA左右。除去A/D、运放等消耗的电流,实际提供给传感器的电流仅0.5mA左右。只能通过降低激励电压/电流的大小,减少电量消耗。同时在软件里进行控制,每次只能对一个测量通道进行采样和转换输出。这一方案的优点是结构简单,但是使用受限,仅数字通信方式可以实现对多参数的测量。

另一种方案是采用分层电源网络模式,模拟信号的测量和转换使用上层3V电源网络(由TL431调整得到,可提供约2mA的

电流),同时可以利用这一稳定的3V直接作为恒压源进行传感器激励。而数字信号(频率和UART)的测量采用下层电源网络,以实现和MCU的简单连接。这一方案的优点是解决了功耗问题,但电路因此变得复杂,而且在输入接口侧模拟信号和数字信号不共“地”,应注意将其分离,图3为分层电源网络的设计。

1.2.2 电平转换模块的设计

上层电路如AD7714采用 $V_{DD}=+6V$, $GND=+3V$ 的电源,其对AD7714来说,+3V代表的是0,+6V代表的是1。而MCU采用的是下层电源,即 $V_{DD}=3V$, $GND=0V$,对MCU来说0V代表的是0,+3V代表的是1。如果AD7714要与MCU进行SPI通信,很显然不能简单将两端口相连,需要设计合适的电平转换电路以满足数字通信要求。

图4中将MCU的MOSI的0V~3V电压转换为3V~

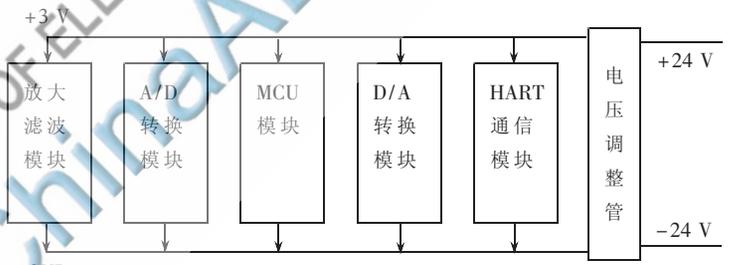


图2 单电源供电结构图

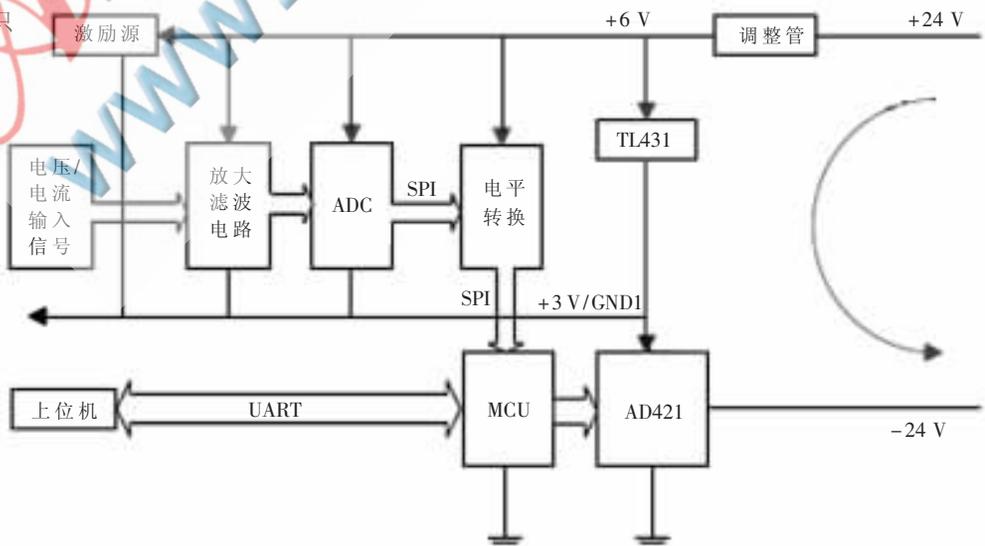


图3 分层电源网络结构图

6 V 电压供 AD7714 进行 SPI 数字通信。当 MCU 输出为 0 时,即输入为 0 V,则三极管 $V_{be}=0V<0.7V$,则三极管截止,输入到反相器的电压为+6 V,反相器输出就为 3 V;如果 MOSI 输入为+3 V 时,三极管导通,输入到反相器的电压由+6 V 经两电阻分压提供 3 V 电压,则反相器输出为+6 V,这样就实现了电平转换。同样由 3 V~6 V 到 0 V~3 V 的电平转换如图 5,当输入为+6 V 时,三极管截止,输入反相器的为 0 V 电压,则输出为+3 V,当输入 3 V 电压时,三极管导通,经分压输入到反相器的电压为+3 V,则输出为 0 V。

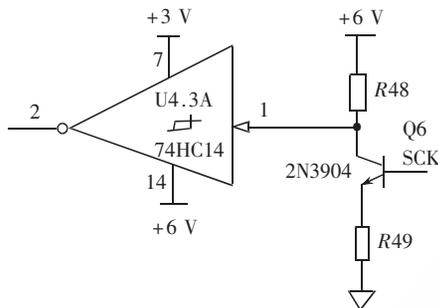


图 4 0V~3V 到 3V~6V 的转换图

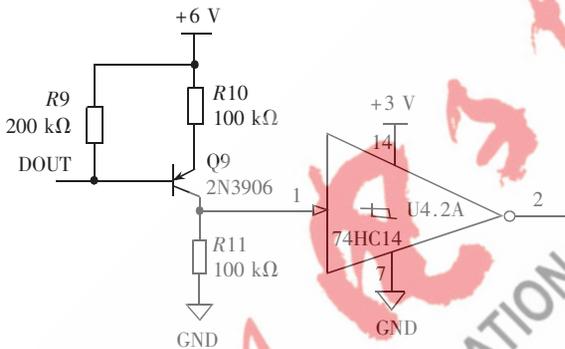


图 5 3V~6V 到 0V~3V 的转换图

1.3 HART 通信模块的设计

HART 协议通信模块主要由现场仪表内的 A5191HRT 和 AD421 型 DAC 组成。其中,AD421 接收 MCU 传送的数字信号并转换成 4 mA~20 mA 电流输出,传输测量结果;A5191HART^[1]接收叠加在 4 mA~20 mA 环路上的 FSK 信号。解调后传输给 MCU,或将 MCU 产生的应答帧信息调制成 FSK 信号经波形后由 AD421 叠加在 4 mA~20 mA 环路上进行传输,如图 6 所示。

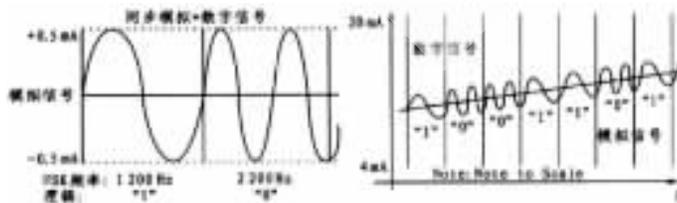


图 6 HART 协议信号

A5191HRT 内部包括发送数据调制器与波形整形电路、载波检测电路、接收滤波器与解调电路、控制逻辑和时钟振荡器电路。调制器接收不归零码并调制为 FSK

《微型机与应用》2011 年 第 30 卷 第 20 期

信号。1 200 Hz 代表逻辑“1”, 2200 Hz 代表逻辑“0”, 数据率为 1 200 b/s, 之后由波形整形电路将 FSK 信号整形为兼容 HART 协议要求的信号发送出去。

2 系统软件设计

HART 通用型智能变送器的软件按其功能分为四个部分:监测程序、测控程序、HART 通信程序和辅助程序。监测程序是整个系统软件的中心环节, 又称为主程序。它接收和分析各种命令, 管理和协调全部程序的执行, 其包括系统初始化、系统自检等部分;测控程序主要包括数据采集、数据处理、输出控制 and 自我诊断等部分。其中数据采集通过采样中断子程序实现, 数据处理、输出控制 and 自我诊断等部分则在主程序中调用。HART 通信程序也就是 HART 协议数据链路层和应用层的软件实现, 是整个智能变送器软件设计的关键, 仪表的可互操作性也在这里得到体现。数据链路层软件主要是串行口接收/发送中断子程序, 属于中断处理(服务)程序;应用层的软件是对收到的命令帧进行翻译和处理, 在主程序中被调用。

2.1 HART 通信程序的设计

HART 通信程序是 HART 协议数据链路层和应用层的软件实现, 采用串口中断实现通信的接收和发送服务, 符合 HART 协议的通信工作都在此程序中完成, 如图 7 所示。

进入串口中断服务程序后, 要先判断是发送请求还是接收请求。若发送请求标志为 1 则转向发送服务程序, 若接收请求标志为 1 则转向接收服务程序。HART 应用层的软件对收到的命令帧进行翻译和处理, 如:字节流和浮点数、整数、字符串之间的相互转换, 然后根据各自的命令号进行相应的命令处理, 如:改量程、改单位、改阻尼时间等, 最后, 把应答帧按照一定的格式放入发送缓冲区, 由串行口中断发回。如果有通信错误或命令错误时, 则发回报告错误的应答帧。发送服务程序是在程序运行过程中向上位机发送信息, 要设置发送请求标志, 将要发送的数据信息存入串口发送缓冲区, 并计算垂直校验, 在此要发送的数据信息的格式为: 前导码 2 B, 定界符 1 B, 地址码 1 或 5 B, 命令号 1 B, 字节长度 1 B, 响应码 2 个字节, 数据 0~25 B, 校验和 1 B。发送时, 先要启动发送载波, 初始化物理层, 建立通信链路和另一对等通信实体通信, 发送应答帧, 发送结束后停止发送载波, 初始化物理层, 终止物理层链路通信。发送服务首先发送前导码, 每发送一个前导码计数器就减 1, 然后发送 HART 协议的应答帧, 发送结束后停止发送载波。

目前 HART 型智能仪表的市场占有量已经接近 50%, 但仍有约 40% 的仪表采用模拟量或非标准数字协议进行输出, 这些仪表将逐步被 HART 协议或其他数字总线协议所替代。为使这些特种规格产品升级为 HART 型智能仪表, 一般需要定制与之相配套的电子部件或

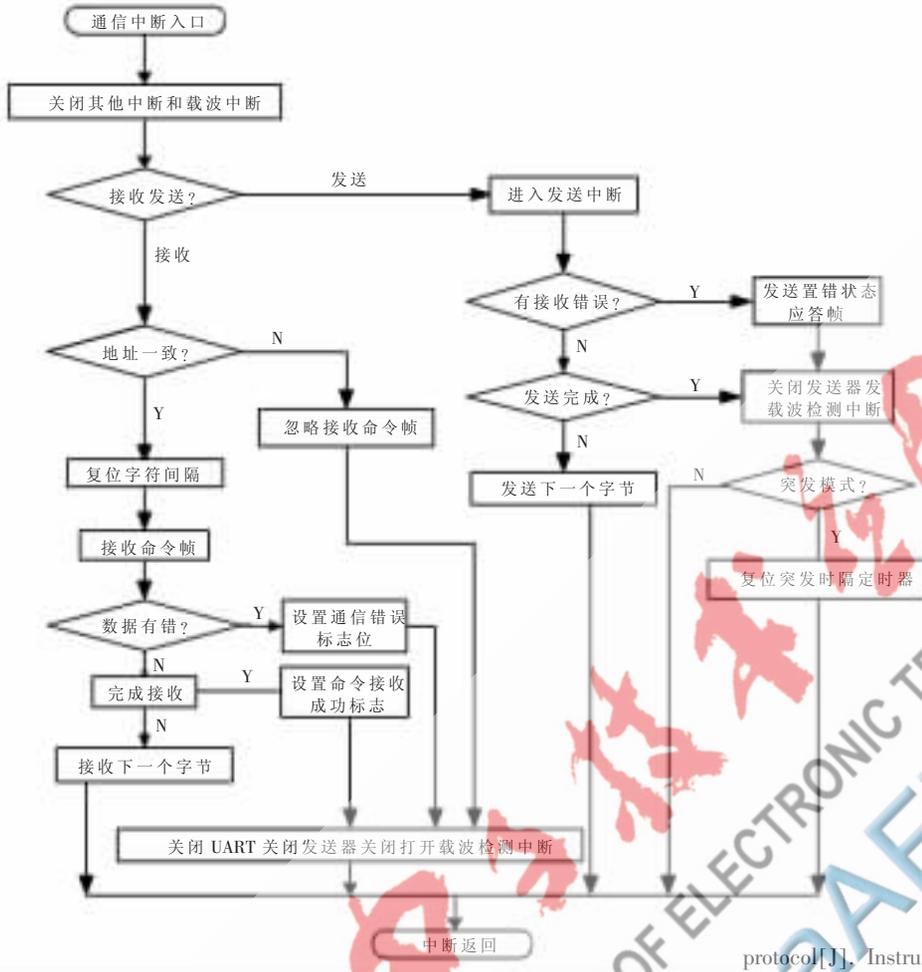


图 7 HART 通信中断程序流程图

HART 转换模块。这些复合型多参数传感器,也是由普通的压力、差压、温度等传感器构成。为了实现将这些特殊规格的仪表或传感器升级为 HART 型智能变送器,需要设计通用型电子部件,提供多个测量通道,不仅能与市场上通用的传感器相配套,还能与复合型多参数传感器相配套。本文正是基于目前工业上的现实要求,设计出一种基于 HART 协议的多通道数据测量的智能变送

器,以满足多参数测量。在电路设计上,为了减小硬件电路功耗,提出一种双层电源网络结构,满足电路设计要求。

参考文献

- [1] 顾伟,周建明.A519IHRT 型 HART 调制解调器的原理与应用[J].国外电子元器件,2006(4):28-31.
- [2] 王长密,马小永.HART 协议通用压力变送器的设计[J].中国仪器仪表,2005(12):29-32.
- [3] 何此昂.Freescale 08 系列单片机开发与应用[M].北京:北京航空航天大学出版社,2009.
- [4] Li Chao, An Guochen. Hardware design of intelligent temperature transmitter based on HART Protocol[J]. Instrument Technique and Sensor,2008(5):55-57.
- [5] Li Chao, An Guochen. Software design of intelligent temperature transmitter based on HART protocol[J]. Instrument Technique,2007(11):53-54.

(收稿日期:2011-08-31)

作者简介:

方军,男,1987年生,硕士,主要研究方向:信号与信息处理。

戴曙光,男,1957年生,工学硕士,教授,主要研究方向:自动测量与在线检测,机器视觉检测技术,信号与信息处理,测控技术及仪器。