

Profibus-PA 温度变送器设计

Design of Profibus-PA Temperature Transmitter

叶炳金 刘爱伦

(华东理工大学信息科学与工程学院,上海 200237)

摘要: Profibus-PA 是 Profibus 现场总线技术在过程自动化领域的典型应用,它符合 IEC 1158-2 传输技术,且能保证现场本质安全的要求并提供总线供电。对 Profibus 现场总线技术中物理层、数据链路层、用户层协议模型以及过程自动化领域的特殊要求进行了研究。在此基础上,按照整体方案设计思路,设计出了支持 Profibus-PA 总线通信的温度变送器模块。该模块达到了应用要求。

关键词: Profibus-PA 温度变送器 现场总线 过程自动化 软硬件设计

中图分类号: TP336 **文献标志码:** A

Abstract: Profibus-PA is the typical application of Profibus fieldbus technology in the process automation fields; it conforms IEC 1158-2 transmission technology, and ensures the requirement of field intrinsic safety, as well as offers power supply for the bus. The Profibus technology is researched comprehensively, including the special requirements for the protocol models of physical layer, data link layer, and user layer; as well as process automation field. On this basis, in accordance with the design ideas for the overall scheme, the temperature transmitter module supporting Profibus-PA bus communication and satisfying application requirements is designed.

Keywords: Profibus-PA Temperature transmitter Fieldbus Process automation Software and hardware design

0 引言

过程现场总线(Profibus)是一种国际化的、开放的、不依赖于设备生产商的现场总线标准,已陆续被批准纳入欧洲标准 EN 50170、国际标准 IEC 61158 的 Type 3,并于 2001 年批准成为中国的行业标准^[1]。近年来,Profibus 技术得到了迅速的发展,尤其是 Profibus-PA 技术,它解决了过程自动化中控制参数多、系统安全性要求高等问题。因此,国际厂商都争先开发 Profibus 系列产品,应用范围涵盖了加工制造、过程和楼宇自动化等众多领域。就国内现状而言,Profibus-DP 产品已经比较成熟,有不少国内的企业实现了自主生产;但是 PA 产品种类不够丰富,国内企业在这方面的研究起步较晚,技术积累不足,已有的 PA 产品核心技术大多是由国外引进的,价格昂贵^[2]。因此,开发出具有自主知识产权的 Profibus-PA 温度变送器能够弥补国内缺陷,提高企业竞争力,同时也为 Profibus-PA 其他产品的开发提供借鉴。

1 PA 设备的特殊性

Profibus-PA 是专为过程自动化设计的,是对 Profibus-DP 的扩展。由于 PA 具有自己的一些特殊

性^[3],因此在设计 PA 设备时这些特征也成为设计的重点和难点。PA 设备的传输特性符合 IEC 1158-2 的通信规程,能够满足本质安全场合,这就要求设计 PA 设备首先必须实现低功耗。当设备收发数据信息时,不向总线供电,现场设备就像无源的电流吸收装置,所以现场设备消耗的是常量稳态的基本电流^[4],通常电流损耗不超过 20 mA。

DP 基本功能 DPV0 中定义了对循环数据传输的支持,却不支持非循环数据传输。但是对于一些复杂的设备,例如过程自动化的现场设备、智能化操作设备等,这些设备的参数常常在运行中才能稳定,这就使得 DPV0 在应用中缺乏灵活性。在这种情况下 DPV1 应运而生,它是依据过程自动化的需求而增加的功能,它不仅完善了 DPV0 的功能,并且增加了非循环的通信服务,如设备的报警处理以及智能现场设备的可视化工作等。DPV1 为 Profibus-PA 奠定了基础。正是利用这一扩展功能,PA 设备才得以实现由二类主站的在线操作,以及快速执行循环通信任务和进行低优先级非循环数据传输的功能^[5]。

除支持本质安全与非循环传输功能以外,PA 设备还必须实现 PA 行规。PA 行规是为了协调变送器、执行器和控制器之间以及到可视化终端、操作员终端的应用功能而定义的参数语法和语义。规定中描述了变送器、阀等过程控制中经常使用的装置。即对于像变

修改稿收到日期:2012-09-06。

第一作者叶炳金(1988-),男,现为华东理工大学控制工程专业在读硕士研究生;主要从事现场总线方面的研究。

送器这样的设备,行规中规定了这类设备的功能特性及参数,制造商在设计产品时必须实现这些功能与参数描述^[6]。只有同时遵循 PA 行规与 PA 协议规范的设备才能称之为 PA 设备。

2 硬件设计

Profibus-PA 温度变送器主要由温度采集模块与通信模块两部分组成。在硬件选型时除了要满足必要的功能外,还必须紧紧围绕低功耗的要求。为了缩短开发周期,在物理层设计上采用了西门子 SPC4-2 通信芯片。该芯片具有低功耗管理系统,特别适用于本质安全场合;具有曼彻斯特编解码器,可以通过 3 线或 2 线方式与介质存取电路 (medium access unit, MAU) 相连,使传输符合 IEC 1158-2 标准^[7]。本文中 SPC4-2 通过请求发送信号 RTS、数据发送信号 TXS、数据接收信号 RXS 与 MAU 相连,MAU 实现 SPC4-2 与总线间输入输出信号的转换、提供总线供电以及电流调制。

在传统的 PA 变送器设计中,通常将仪表卡和通信卡单独设计,两块板卡之间通过串口或其他方式交换数据。本文将两模块合为一体,采用一块 CPU,不仅节省了硬件需求,而且也简化了软件部分的任务。但这同时也加重了 CPU 的负担,所选用的 CPU 必须能够扩展大量的外设,具有强大的处理能力,同时又要保证低功耗要求。

综合上述分析,本文采用了 ARM7TDMI 内核的 AT91R40008 微处理器,它拥有丰富的片内资源:32 位可编程 I/O 总线,可以同时与多种外设相连;8 级优先级控制器,4 个外部中断,包括高优先级低延迟的中断请求,确保了报文的快速响应;内置看门狗定时器,无需再进行外部扩展,可实现强制复位与可控重启;另外还有 3 个定时器,可以同时使用,满足程序使用的要求;256 kB 的 RAM 空间,所以可不再扩展额外的 RAM。CPU 的节能控制功能使芯片能够保持较低的功耗,满足 PA 温度变送器本质安全的要求。

温度采集模块的核心部件是 A/D 采样控制器。本设计要求变送器精度为 0.2%,为了保证精度的要求,选用了 AD7794 采样控制器。AD7794 是 6 通道、低功耗、24 位 Σ - Δ 型 ADC,内置精密低噪声、低温漂带隙基准电压源,也可采用最多两个外部差分基准电压;另外它还具有可编程激励电流源、熔断电流控制和偏置电压产生器。所以对于热电阻和热电偶型输入信号,均可以直接与 A/D 相连,不需要外部额外提供激励电流源及参考电压。由于 AD7794 采样控制器的典型功耗只有 400 μ A,因而其符合系统低功耗的设计要

求。芯片可以采用内部或外部时钟工作,适应 2.7 ~ 5.25 V 电源供电,额定温度范围为 -40 ~ 125 $^{\circ}$ C,符合标准中 -20 ~ 70 $^{\circ}$ C 工作范围的要求。

除了上述三个核心器件以外,本文还选用了 X25045 芯片作为 EEPROM,用于保存数据;同时选用 SST39VF160 芯片作为 Flash,用于装载程序。硬件总体配置如图 1 所示。

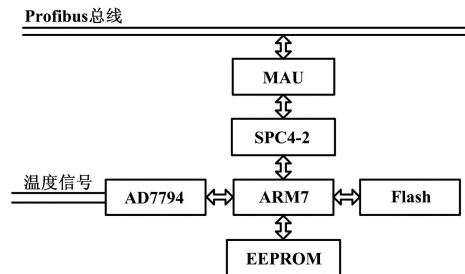


图 1 温度变送器硬件设计

Fig. 1 Hardware design of the temperature transmitter

3 软件设计

PA 温度变送器软件设计的主要任务可以分为三部分:首先要实现 PA 通信,包括循环与非循环的通信功能以及 PA 行规的实现;第二要实现温度信号的采集与转换,包括 A/D 采样与数据处理;第三要实现变送器的组态。需要编写设备描述程序。其中循环与非循环通信功能的实现以及温度信号的采集与转换是设计的重点。

智能通信芯片 SPC4-2 芯片能够自动接收总线上的数据,并以中断的方式通知 CPU。因此,通信程序的任务就是对主站发送来的报文进行解码,识别源服务访问点 (source service access point, SSAP) 和目的服务访问点 (destination service access point, DSAP),并根据 SSAP 判断是循环还是非循环服务,再根据 DSAP 调用不同的功能^[7-8]。在 Profibus 协议文本中,已对不同的 SSAP 和 DSAP 值代表的功能进行了规定,是必须共同遵守的。如 SSAP 等于 50 表示循环服务,60 表示非循环服务。在循环服务中,DSAP 使用 55 ~ 62 来表示具体的功能;在非循环服务中,49 表示调用非循环资源管理状态机,48 及以下表示调用非循环通信状态机。

SPC4-2 内部已经集成了对数据交换、读输入、读输出服务的处理,其他如 DPV0 服务的从站诊断、参数设置以及 DPV1 的全部服务都要靠软件来实现。

作为从站,SPC4-2 主要的通信关系包括与一类主站的循环和非循环通信以及与二类主站的非循环通信。在实际应用中,由于非循环通信功能通常是由二类主站

使用的,一类主站主要负责循环通信,因此本文只设计了循环传输的 MSCY1S 状态机和非循环传输的 MSAC2S、MSRM2S 状态机,而省略了从站与一类主站的非循环通信功能。报文接收处理整体流程如图 2 所示。

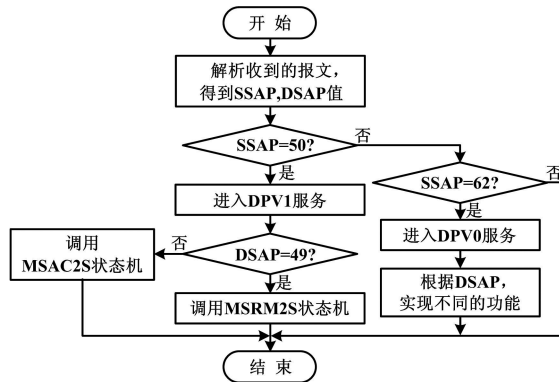


图 2 接收报文处理流程图

Fig. 2 Flowchart of received message process

温度信号采集与处理程序流程图如图 3 所示。

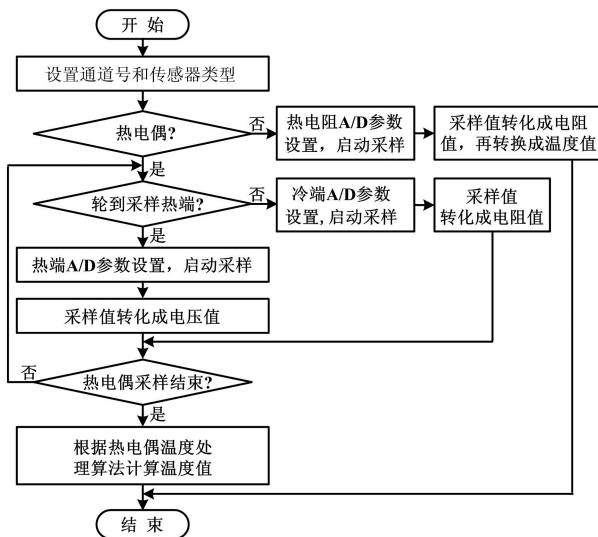


图 3 温度信号采集与处理程序流程图

Fig. 3 Progress flowchart of collection and processing of temperature signals

本文的温度信号输入设备有热电阻与热电偶两种类型。其中,热电阻产生的是电阻信号,需要启动 A/D 内部的激励电流源来将电阻信号转化为电压信号;热电偶产生的是电压信号,A/D 可以直接进行转换,但是如果热电偶需要冷端补偿,同样需要使用热电阻。

因此,两者的工作环境与使用的采样通道是不一样的。采样时首先要根据传感器类型设置对应的采样环境与采样通道,然后再将采样值根据标定数据转换成对应的电阻或电压值,最后再转换成温度值。

将电阻或电压值转换成温度值的方法有很多种,如牛顿法、解析法、查表法等,本文采用了多段折线法来实现这一过程,下面以热电偶为例进行说明。首先根据标准分度表中电压值与温度值的对应关系,描绘出它们的关系曲线;根据曲线的平滑度,划分出多个小区间,区间越小,则精度越高;将每一区间的曲线近似看作是直线,则根据区间的两个端点可以计算出直线的方程;将所有直线的斜率、偏移量、端点等数据集合并在一起,以表的形式存储在程序中。当输入信号为电压时,首先查找其所属的区间,再根据本区间的线性关系式即可计算出相应的温度值。

4 结束语

本文所设计的协议栈软件经过了 Profibus-PA 的一致性测试;将传统的“仪表卡+通信圆卡”的设计合为一体,减少了硬件数量,降低了软件复杂度;设备描述程序经组态软件导入,实现了对变送器的组态与监控。通过测试,变送器对于各种类型的热电偶及热电阻输入均满足 0.2% 的精度标准。本产品经过温湿度、全脉冲、静放电等试验的测试,均达到了相应的标准,可以规模化生产。

参考文献

- [1] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,1999: 5-8.
- [2] 文莉辉. 现场总线 Profibus-PA 从站技术研究及远程 I/O 开发[D]. 北京:北京化工大学,2009.
- [3] 徐春玲,凌志浩. 本安现场总线 Profibus-PA 及其应用[J]. 自动化仪表,2006,27(7):42-45.
- [4] 尚海青. 基于 Profibus 现场总线技术的产品设计与开发[D]. 济南:济南大学,2008.
- [5] 张永德,文莉辉. Profibus-PA 从站非循环通信的研究与实现[J]. 计算机测量与控制,2009,17(8):1555-1556.
- [6] 惠敦炎,刘丹. Profibus PA 应用行规(PA-Profile)新版 V3.02 点评[J]. 仪器仪表标准化与计量,2009(4):39-41.
- [7] 姚运萍,姬鹏军,赵计生. 基于 Profibus-PA 接口温度变送器模块[J]. 科学技术与工程,2008,20(8):5686-5689.
- [8] 洪锦,张永德. 现场总线 Profibus-PA 关键技术研究及产品开发[J]. 自动化仪表,2005,26(5):8-11.

《自动化仪表》 中文核心期刊 中国科技核心期刊

邮发代号: 4-304; 2013 年定价: 15 元/月, 全年价: 180 元; 国外代号: M 721