

基于 PCI 总线的矩阵电路在压变温压补偿系统中的实现与应用

杨红兵¹, 余明洪², 张宇³, 田英明³

(1. 四川民族学院, 四川 遂宁 626001; 2. 重庆电子工程职业技术学院 计算机学院, 重庆 401331;

3. 重庆川仪自动化股份有限公司技术中心, 重庆 401121)

摘要: 文章提出基于 PCI 总线驱动控制的矩阵电路在压力变送器温压补偿系统中应用的目的是解决现有压力变送器温压补偿系统中 HART 总线型工位电路数量少, 整套矩阵电路缺失冗余性, 以及现有电路在压力变送器产品温压补偿中实用性差、维护成本高的问题。文中阐述的矩阵电路是以 PCI 总线为基础, 实现对 PIO 数字接口卡的驱动控制, 完成由 PCI 总线上 32 路数字 I/O 到 168 路数字 I/O 的转换, 并利用 168 路数字 I/O 进行继电器矩阵电路设计, 实现了弱电控制强电的过程, 成功有效的解决了现存压力变送器温压补偿系统中矩阵电路存在的问题。该研发成果已经应用于 PDS 压力变送器产品温压补偿生产线上, 并且该电路的设计能够满足压力变送器生产企业的要求, 而且整套电路融入系统中能够长期稳定、可靠的运行。

关键词: PCI 总线; 矩阵电路; 压力变送器; 温压补偿; HART 总线; 数字 I/O

Implementation and Application of Matrix Circuit Based on PCI Bus in Temperature—and—pressure Compensation System of Pressure Transmitter

Yang Hongbing¹, She Minghong², Zhang Yu³, Tian Yingming³

(1. Sichuan University for Nationalities, Suining 626001, China;

2. Chongqing College of Electronic Engineering, Chongqing 401331, China;

3. Chongqing Chuanyi Automation Co., Ltd. Technical Branch, Chongqing 401121, China)

Abstract: In this essay the matrix circuit based on PCI Bus drive control is proposed, of which the purpose is to solve the problems of the current pressure transmitter's temperature and pressure compensation system, such as the less quantity of the station circuits, the redundancy absence in the whole-set matrix circuit, the weak practicability and the high cost, etc. The matrix circuit based on PCI Bus can be used to realize the control of the PIO digital connection card and the switch from 32 way digital I/O to 168 way digital I/O. 168 way digital I/O is utilized for the design of relay is matrix circuit to realize the process of strong power controlled through weak power, finally the address quantity limitation in the HART bus and redundancy absence in the whole-set matrix circuit are successfully solved. This research has been applied successfully into PDS series pressure transmitter is temperature and pressure compensation system, which runs stably for a long term and also meet the requirements of the pressure transmitter manufacturer.

Keywords: PCI bus; matrix circuit; pressure transmitter; temperature and pressure compensation; Hart bus; digital I/O

0 引言

目前, PDS 压力变送器自动温压补偿系统中基于 HART 总线型的矩阵电路是以 PCI 总线为基础, 驱动控制基于 CH365 芯片输出 32 路数字 I/O^[1], 并应用 32 路数字 I/O 进行继电器阵列控制, 在理论层面上可实现 196 个工位 HART 总线的切换。然而在系统实际应用中, 驱动电路上有 12 路数字 I/O 控制通道用来控制温压补偿系统中的气路选择^[2], 剩余的 20 路控制通道用来控制工位 HART 总线电路的切换, 按照理论计算, 最多能够实现 100 个工位 HART 总线电路的切换选择, 也就是一套最大的变送器温压补偿系统一次最多能够进行

100 个压力传感器的温压补偿生产, 而且这种处于最佳状态的温压补偿是取决于驱动电路提供的 32 路控制通道都是完好可用的状态。然而在压力变送器实际的生产应用中, 最大的温压补偿系统所能容纳压力传感器的数量通常是 128 台, 同时在进行产品温压补偿生产流程中经常会遇到矩阵电路中部分数字 I/O 控制通道出现异常或是损坏导致整批次仪表传感器补偿的失败。所以, 现存的矩阵电路存在工位电路数量少, 缺失冗余性, 压力变送器产品生产应用中实用性差、维护成本高的问题。因此, 本文提出了基于 PCI 总线驱动控制 PIO 电路^[3], 实现 PCI 总线上 32 路数字 I/O 到 168 路数字 I/O 的转换, 并利用这 168 路数字 I/O 进行继电器矩阵电路设计, 并研发成果已经应用于 PDS 压力变送器产品温压补偿生产线上, 成功有效的解决了现存压力变送器温压补偿系统中矩阵电路存在的问题。

1 矩阵电路的硬件原理与应用

为实现本文提出的基于 PCI 总线的矩阵电路在压力变送

收稿日期:2015-02-03; 修回日期:2015-04-07。

基金项目:国家 863 专项(2012AA041201)。

作者简介:杨红兵(1979-),男,四川遂宁人,硕士,讲师,主要从事计算机科学与技术方向的研究。

器传感器温压补偿系统中的实现与应用, 以及该矩阵电路能够成功有效的解决压力变送器温压补偿系统中 HART 总线工位数量的局限性和矩阵电路缺失冗余性的问题, 进而说明矩阵电路的设计与应用在工业自动化仪器仪表中压力变送器传感器温压补偿生产领域中的实用性。首先, 要有一套完备的设备平台: 一套系统机柜、一台工控机、一台压力控制器^[4]、一台数字万用表和一台高低温烘箱和完备的气路管道; 其次是硬件平台: 一套 HART 通信模块^[5]、一套 Aglient 82350B PCI GPIB 接口卡^[6]、3 根 GPIB 总线、一套 PIO-D144/D168 接口卡、300 套压力变送器控制主版和设计研发的矩阵电路; 最后是软件平台: Windows XP、Microsoft Visual C++ 6.0、Microsoft Office2003、Aglient 82350B PCI GPIB 接口卡驱动软件^[7]、PIO-D144/D168 接口卡驱动软件, 以及自主研发得温压补偿控制系统软件(上位机)和传感器压力标定主版软件(下位机)。

利用上述现有的设备平台、硬件平台和软件平台来实现本文提出的基于 PCI 总线控制矩阵电路在压变传感器自动温压补偿系统中的应用, 并将该研发成果取代现有的基于 CH365 芯片的矩阵电路。基于 PCI 总线的矩阵电路在压力变送器温压补偿系统中应用控制的总体框图见图 1 所示。

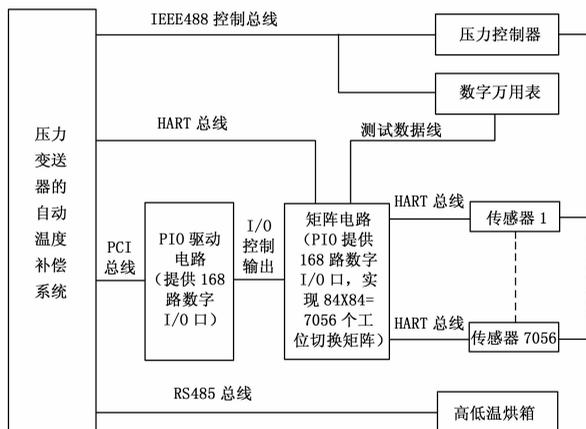


图 1 温压补偿系统控制框图

整套压力变送器自动温压补偿系统是以工控机为系统主站, 自动温压补偿系统软件通过 IEEE488 控制总线^[8]对系统中压力控制器和数字万用表进行操控; 通过 HART 总线来实现系统主站与在线待温压补偿的压力传感器进行通讯, 完成各温度点下的压力标定、采样数据读取、线性修订系数读写等通讯流程; 通过 PCI 总线实现对 PIO 接口卡的驱动控制, 实现 168 路数字 I/O 口的输入/输出控制, 进而实现最大 $84 \times 84 = 7056$ 个压力传感器补偿工位 HART 总线电路的切换操作。在实际的压力变送器生产应用中, 最大的高低温烘箱所能容纳的压力传感器数量为 128 台, 因此, 矩阵电路会依据温压补偿系统所能容纳压力传感器的数量进行设计, 无需将每套矩阵电路都设计成最大的 $84 \times 84 = 7056$ 个压力传感器补偿工位的电路板。自动温压补偿系统通过 RS485 总线实现对高低温烘箱的温度控制。

依据图 1 所示的温压补偿系统框图, 详述一下矩阵电路在

压力变送器传感器温压补偿标定生产中应用与控制流程:

1) 每一批次的压力传感器都要进行 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度点下的压力标定和电流标定;

2) 在每一个温度补偿点下都要进行该批次同类型压力传感器的压力标定, 压力标定点选取为待补偿压力传感器满量程的 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 15%, 10%, 5%, 0% 等 13 压力标定点。

3) 自动温压补偿系统的温压补偿流程^[9]:

(1) 自动温压补偿系统软件通过 RS485 总线控制高低温烘箱, 并将控制高低温烘箱的温度设置成第一个温度补偿点 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 进行 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度补偿点的恒温延时, 使烘箱内部的待温压补偿标定的压力传感器的温度达到或是接近 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, 并趋近于恒温稳定状态即可进行当前温度点下的压力标定;

(3) 自动温压补偿系统软件通过 IEEE488 控制总线控制压力控制器, 使压力的输出值为待补偿压力传感器满量程的 100%, 并使压力标定管道内的压力标定值处于无泄漏的稳定状态, 然后进行烘箱内部待补偿压力传感器的压力标定采样流程;

(4) 自动温压补偿系统软件通过 PCI 总线控制矩阵电路, 实现补偿工位 1 处 HART 总线的选通, 其它工位的 HART 总线置成断开状态;

(5) 自动温压补偿系统软件通过 HART 总线与工位 1 压力传感器的通讯电路进行通讯, 完成工位 1 处压力传感器的压力标定采样、温度标定采样、电流标定采样、采样滤波、数据回传等操作;

(6) 重复步骤 4) 至 5), 完成高低温烘箱内部当前温度、当前压力下其它补偿工位压力传感器的压力、温度和电路标定;

(7) 重复步骤 3) 至 6), 完成当前温度下其它压力标定点(待补偿压力传感器满量程的 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 15%, 10%, 5%, 0%);

(8) 重复步骤 2) 至 7), 完成其它温度下压力标定点 ($85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$);

(9) 从前之后, 进行待补偿压力传感器的线性修正计算, 并将原始采样数据、线性修正系数等数据进行保存备份;

(10) 自动温压补偿系统软件通过 PCI 总线控制矩阵电路, 并通过 HART 总线将线性修订系数写入对应压力传感器的 EEPROM 中。

(11) 完成该批次压力传感器的温压补偿, 报告生产用户; 在上述的温压补偿流程中可以得出, 基于 PCI 总线控制的矩阵电路主要是用于压力传感器工位 HART 总线的切换, 其原理图见图 2 所示。

矩阵电路原理: 自动温压补偿系统软件通过 PCI 总线控制 PIO 接口卡, 实现 PCI 总线上 32 路数字 I/O 到 168 路数字 I/O 的转换, 然后将这 168 路数字 I/O 口一分为二, 即图 2 中所示的 R01 至 R84, C01 至 C84, 每一路的 I/O 控制线都控制一个单刀双置且驱动为 DC 5V、控制输出为 DC 24V 的继电器, 当 R01 和 C01 数字 I/O 控制线处于高电平, 其它 I/O 控

	C01	C02	C03		C82	C83	C84
R01	S0001	S0002	S0003	-----	S0082	S0083	S0084
R02	S0085	S0086	S0086	-----	S0166	S0167	S0168
R03	S0169	S0170	S0171	-----	S0250	S0251	S0252

R82	S6805	S6806	S6807	-----	S6886	S6887	S6888
R83	S6889	S6990	S6991	-----	S6970	S6971	S6972
R84	S6972	S6973	S6974	-----	S7054	S7055	S7056

图 2 矩阵电路的原理

制线处于低电平时工位 1 处压力传感器 S0001 的 HART 通信总线被选通，其它工位处 HART 通信总线处于断开状态；当 R01 和 C02 数字 I/O 控制线处于高电平，其它 I/O 控制线处于低电平时工位 2 处压力传感器 S0002 的 HART 通信总线被选通，其它工位处 HART 通信总线处于断开状态；以此类推，直至压力传感器工位处 7056。

在实际的压力变送器生产应用中，最大的高低温烘箱所能容纳的压力传感器数量为 128 台，因此，矩阵电路会依据温压补偿系统所能容纳压力传感器的数量进行设计，无需将每套矩阵电路都设计成最大的 7056 个压力传感器补偿工位的电路板。一般情况下，通常将 PIO 驱动控制电路输出的 168 路数字 I/O 口分为 3 组，其中两组有 48 路数字 I/O，另外一组有 72 路数字 I/O，任取三组中的任意一组作为矩阵电路控制端口，其它两组则作为矩阵电路的冗余部分。当控制端口出现异常或是损害时，就可以将当前组的数字 I/O 更换成其它组的数字 I/O 来控制矩阵电路而不影响压力传感器温压补偿的生产。由于矩阵电路硬件原理图的篇幅较大，本为截取其中部分控制原理来说明该电路在压力变送器传感器温压补偿系统中应用与实现过程，见图 3 所示。

在实例应用中，将 PIO 驱动电路提供的 168 路数字 I/O 端口连接至矩阵电路板卡 J10 端子上，如图 3 所示，温压补偿系统通过 PCI 总线控制 PIO 驱动电路将 J10 端子上 H1 引脚置高电平，V1 引脚置低电平时，JP1 继电器选通，此时 HART 通信总线的 DVMH 引脚、DVML 引脚与工位 J1-1 温压补偿控制板的 HART 总线接通，温压补偿系统主站就可以对工位 J1-1 处的压力传感器进行压力标定、温度标定、电流标定、参数读写等通讯操作。当需要停止工位 J1-1 处的压力传感器的温压标定时，只需将 J10 端子上 H1 引脚置低电平即可，其他工位也采取同样的控制方式，这样就实现了在温压补偿系统中多个温压补偿工位 HART 总线电路的切换。

2 矩阵电路的软件控制与实现

整套矩阵电路包括驱动电路和阵列电路。要实现压力变送器温压补偿生产流程中工位 HART 总线间的切换，首先是系统控制软件对驱动电路的驱动操作控制，其次是依据温压补偿系统数据库中对工位 HART 总线控制表的配置，获取 PIO 驱

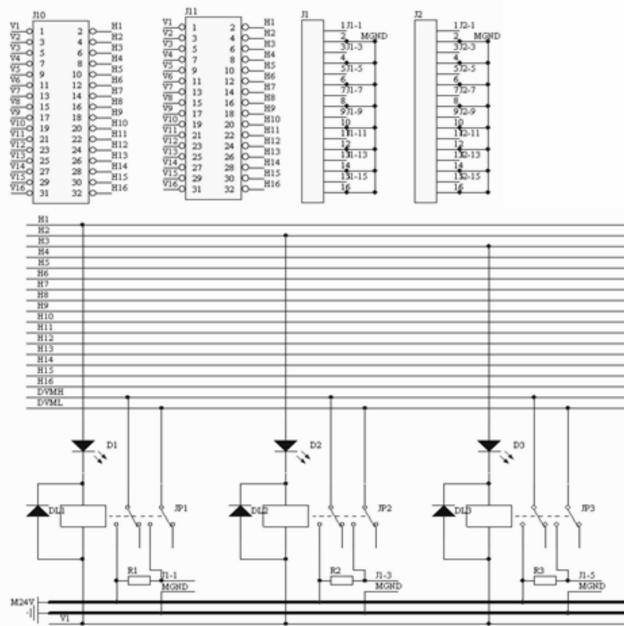


图 3 矩阵电路硬件原理图

动电路上 168 路数字 I/O 控制输出线的状态，并通过 PCI 总线控制^[10]，实现对阵列电路的控制，进而实现对压力传感器补偿工位 HART 总线的切换控制。具体的实现步骤如下：

- 1) 在 PCI 总线插槽上安装 PIO 驱动电路接口卡，同时将驱动电路输出的 168 路数字 I/O 数据控制线连接至阵列电路对应的接头上；
- 2) 启动温压补偿系统软件，进行 PIO 驱动电路的驱动初始化操作，实现系统软件对 PIO 驱动电路的识别；
- 3) 温压补偿系统软件通过 PCI 总线进行激活 PIO 驱动电路的数字 I/O 口；
- 4) 温压补偿系统软件通过 PCI 总线向 PIO 驱动电路上控制端口发送控制指令至数字 I/O 锁存寄存器中，实现端口数字量输入或输出，即实现对 168 路数字量控制输出至阵列电路板上。
- 5) 温压补偿系统软件进行压力变送器传感器温压补偿生产流程中，当进行压力标定采样时，系统软件从温压补偿数据库中获取工位 HART 总线切换控制数字 I/O 数据线的状态，并通过 PCI 总线实现对 168 路数字 I/O 数据线的输出控制，进而实现工位 HART 总线间的切换。

见图 4 为压力变送器温压补偿系统软件在进行压力传感器温压补偿生产流程中，通过 PCI 总线控制矩阵电路^[11]，实现压力传感器温压补偿工位间 HART 总线切换的软件流程图。

3 矩阵电路应用的工程实例对比分析

现有的基于 CH365 芯片为驱动基础的矩阵电路也能够应用在压力变送器传感器温压补偿生产线上，但是该电路在实际的生产应用中确实存在两个弊端：首先，由于基于 CH365 芯片设计矩阵电路^[12]时只能实现 PCI 总线上 32 路数字 I/O 到 32 路数字 I/O 的转换，所以该电路能够实现的阵列点数较少，除去控制气路切换的数字 I/O 控制数据线，剩余部分的数字 I/O

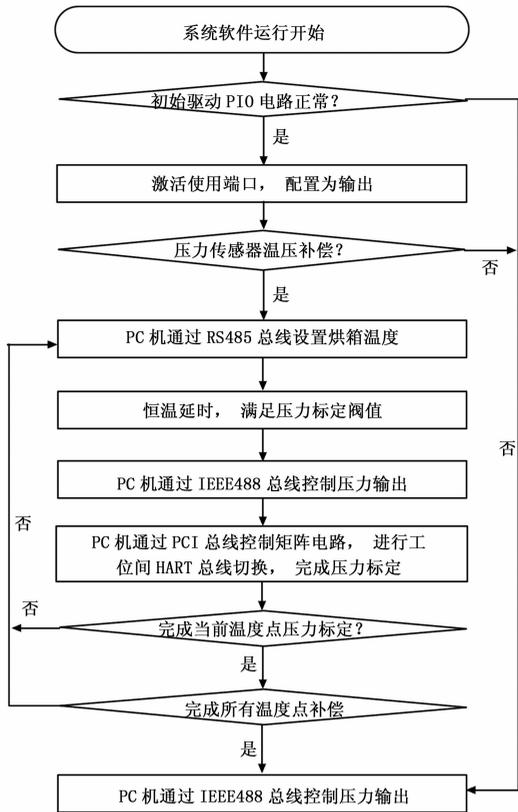


图 4 矩阵电路的在温补系统中软件控制流程

控制数据线用于工位 HART 总线切换阵列的控制, 最大能够完成 100 个工位总线的操作控制, 这种状况不利于单套系统中进行温压补偿传感器数量的扩充, 使变送器的生产具有一定的局限性。其次, 在压力变送器温压补偿生产过程中如果某一路控制工位 HART 总线切换的数字 I/O 数据线出现无法操控的状态, 就会导致正批次变送器温压补偿生产的失败, 这种状态就是由于基于 CH365 芯片的矩阵电路缺少冗余性造成的。基于本文阐述的基于 PCI 总线控制的矩阵电路在压力变送器温压补偿系统中的实现与应用, 该研发成果已经应用于工业自动化仪表中 PDS 压力变送器产品温压补偿生产线上, 并且该电路的设计不仅满足了压力变送器生产企业的需求, 而且还克服现有的基于 CH365 芯片为基础的矩阵电路存在 HART 总线工位数量的局限性和矩阵电路缺失冗余性的问题。经过长时间的应用实践和测试验证, 基于 PCI 总线 PIO 驱动的矩阵电路在压力变送器生产且有具有很高的实用价值。见表 1 为 PCI 总线 PIO 驱动的矩阵电路与基于 PCI 总线 CH365 芯片驱动的矩阵电路应用对比。

4 结束语

本文阐述的基于 PCI 总线驱动控制 PIO 卡实现的矩阵电路能够成功有效的解决现存基于 CH365 驱动芯片实现的矩阵电路在压力变送器温压补偿系统中存在 HART 总线工位数量少和矩阵电路缺失冗余性的问题。同时该研发成果已经应用于

表 1 两种矩阵电路的应用对比

对比项	CH365 驱动矩阵电路	PIO 驱动矩阵电路
驱动总线	PCI 总线	PCI 总线
驱动方法	CH365 芯片驱动	PIO 驱动
阵列控制线数量	32 路	168 路
阵列点数	16X16=196 个	84X84=7056 个
控制端口数	1 个	7 个
硬件冗余性	无	有
软件可控性	容易	容易
成本	4500 元	2500 元

PDS 压力变送器部分系列产品温压补偿生产线上, 并且该电路的设计不仅满足了压力变送器生产企业的需求, 而且其性价比, 软硬件的可操控性, 以及整套电路融入系统中能够长期稳定、可靠的运行。随着 PDS 系列压力变送器产品逐年销量的增加, 势必会使压力变送器生产企业进行生产线的扩建, 以及温压补偿系统的添加, 那么如何改善和提升压力变送器温压补偿的方法, 笔者建议, 如果不惜成本为前提的情况下, 可以将 DCS 系统引入到压力变送器的生产线上, 这样既方便前台的生产操控, 又便于企业的后台管理。

参考文献:

- [1] 胡珊珊. 高精度智能压力变送器温度补偿方法研究及软件开发 [D]. 重庆: 重庆大学, 2009.
- [2] PCI 总线接口芯片 CH365 中文手册, 版本: 1C [Z]. 南京: 南京沁恒电子有限公司.
- [3] PIO - D144/D168 Series User Manual (Ver. 3.0, Nov. 2010, PMH-009-30) [Z]. ICP DAS, 2010.
- [4] Model7250 Digital Pressure Controller User's manual, Release: 7250-1D01, Revision: D [Z]. Houston: Ruska instrument corporation, 2004.
- [5] 陈祥. 基于 HART 协议智能压力变送器的研究和开发 [D]. 南昌: 南昌大学, 2006.
- [6] Agilent 82350B PCI GPIB Interface Installation and Configuration Guide [Z]. Agilent Technologies Inc.
- [7] Agilent IO Libraries Suite, Agilent E2094P, Agilent SICL User's Guide [Z]. Agilent Technologies Inc.
- [8] Zulkifli M Z, Harun S W, Thambiratnam K, et al. Instrumentation and Measurement [J]. IEEE Transactions on, 2008, 57 (11).
- [9] 张宇. 三隔离压力变送器温补系统的研发与应用 [D]. 重庆: 重庆大学, 2010.
- [10] 杨皓. PCI 数据采集系统驱动与总控软件的研制 [D]. 成都: 电子科技大学, 2004.
- [11] 罗毅, 李莺, 范祖清, 等. PCI 总线接口卡的设计与实现 [J]. 四川理工学院学报, 2006, 10 (19): 55-58.
- [12] 徐文祥, 罗正全. 基于 CH365 的 PCI 通信卡的设计 [J]. 现代电子技术, 2006, 2: 118-120.