

Profibus - DP 在毫伏信号测量智能节点中的应用

The Application of Profibus - DP in Smart Measuring Node of mV Signal

李正军 张 强 韩英昆

(山东大学控制科学与工程学院, 济南 250061)

摘 要 介绍了 Profibus - DP 现场总线的最新发展, 并使用 Siemens 的 DP 协议芯片 SPC3 进行了 DP 总线硬件接口电路的设计, 着重介绍了带有 DP 总线接口的毫伏信号测量智能节点的硬件组成、测量原理及主要程序的流程图。

关键词 Profibus - DP 总线 SPC3 ADS1216 信号测量

Abstract The latest development of Profibus - DP fieldbus is introduced. The hardware interfacing circuit of DP bus by using Siemens 'chip based on DP protocol is designed. The hardware composition, principle of measurement and main program of the smart measuring node for mV signal with interface to DP bus are presented emphatically.

Keywords Profibus - DP SPC3 ADS1216 Signal measurement

0 引言

现场总线是当今自动化领域技术发展的热点之一。2003 年 4 月, IEC61158Ed.3 现场总线标准第三版正式成为国际标准。为了反映工业网络通信技术的最新发展, 新版标准规定了 10 种类型。现场总线 Profibus 作为类型 3 成为 10 种类型之一。它由 3 个兼容部分组成, 即 Profibus - DP、Profibus - FMS 和 Profibus - PA。Profibus - DP 的设计是专门为自动控制系统与 I/O 分散设备进行通信使用的, 主要应用于现场设备级, 它的响应时间从几百 μs 到几百 ms, 数据传输速率为 9.6kbps ~ 12Mbps, 传输的数据容量为每个报文多达 244 个字节, 传输介质为屏蔽双绞线或光纤等。下面以我们自行设计的 4 路毫伏信号测量智能节点 FBPRO - 4mV 为例, 介绍其设计方法。该智能节点具有如下技术特点:

① 采用流行的 ADAM 模块结构设计, 同时测量 4 路毫伏电压信号或 3 路热电偶信号, 并带有热电偶冷端补偿;

② 毫伏信号输入范围 $\pm 19.5\text{mV}$ 、 $\pm 39\text{mV}$ 、 $\pm 78\text{mV}$ 、 $\pm 156\text{mV}$ 、 $\pm 312\text{mV}$ 、 $\pm 625\text{mV}$ 、 $\pm 1250\text{mV}$ 、 $\pm 2500\text{mV}$;

③ 热电偶类型 K、E、B、S、J、R、T、N;

④ 通过组态软件配置所需信息, 每一路可选择输入信号范围和类型及对应的工程量量程、上下限报警点等, 并记忆于智能节点上的非易失性存储器中;

⑤ 根据所配置的信息, 智能节点实现自动测量;

⑥ 采用高性能、高精度、内置 PGA 的具有 24 位分辨率的 $\Delta - \Sigma$ 模数转换器 ADS1216 进行测量, 传感器或变送器信号可直接接入;

⑦ 具有低通滤波、过压保护及热电偶断路和短路检测功能;

⑧ 单片机部分与模拟信号测量之间采用了光电隔离措施, 抗干扰能力强;

⑨ 可安装在测量现场, 通过 Profibus - DP 总线将每一路的测量信息传送到监控计算机, 方便地组成智能分布式系统。

1 硬件组成

FBPRO - 4MV 智能节点选用 P89C51RD2 为微处理器, 以 SPC3 为 Profibus 协议芯片, 使用高精度 24 位 $\Delta - \Sigma$ 模数转换器 ADS1216、集成 WDT 电路和 $E^2\text{PROM}$ 的芯片 X5045、高速总线驱动器 65ALS1176、DC - DC 电

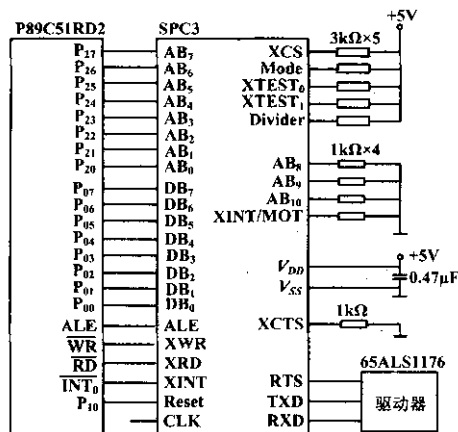


图 1 单片机和 SPC3 的接口电路

源模块等,其通信部分如图 1 所示。

该智能节点采用 Profibus - DP 现场总线控制器 SPC3 与 65ALS1176 总线驱动器组成通信接口,实现网络通信。微处理器对 SPC3 的操作就如同操作微处理器的外部 RAM 一样,SPC3 内部有地址锁存器,不需要外部另外加锁存器,ALE 信号可以分离出 SPC3 所需的地址信号,通过 11 位地址总线和 8 位数据线访问 SPC3 内部 1.5k 的 RAM。SPC3 需要的 48MHz 的晶振通过一有源晶振提供。通过 P₁₀ 引脚,软件复位 SPC3。SPC3 中断输出接 P89C51RD2 的外部中断 INT₀。使用查询方法进行主站和从站的通信。

SPC3 内部集成了完整的 DP 协议,其内部的 1.5k 的 RAM 作为与软件/程序的接口。整个 RAM 被分为 192 段,每段 8 字节。通过中断控制器通知处理器各种中断信息和错误事件,中断控制器最多可存储 16 个中断事件。中断事件传送到共同的中断输出,中断控制器不提供优先级和中断矢量,通过屏蔽寄存器使能,由响应寄存器响应。SPC3 有一个共同的中断输出,可以通过读取中断寄存器来判断中断源的性质。SPC3 内部集成了一个看门狗,看门狗定时器有 baud_search, baud_control, dp_control 等 3 种状态。如果应用处理器有故障,则禁止 Profibus - DP 通信,因而不影响外部设备。在 UART 中,SPC3 能自动调整波特率,总线定时器直接控制串行总线的时序。

65ALS1176 是专门为 Profibus 通信提供的总线驱动器,允许的最高通信速率可达 35MHz,完全可以满足 Profibus 总线 12MHz 的要求。另外在条件比较恶劣的场合必须使用光电隔离器,能满足 12MHz 通信速率的光电隔离器推荐使用 HCPL7721 和 HCPL0601。

2 测量原理

测量电路如图 2 所示。ADS1216 内部主要由模拟

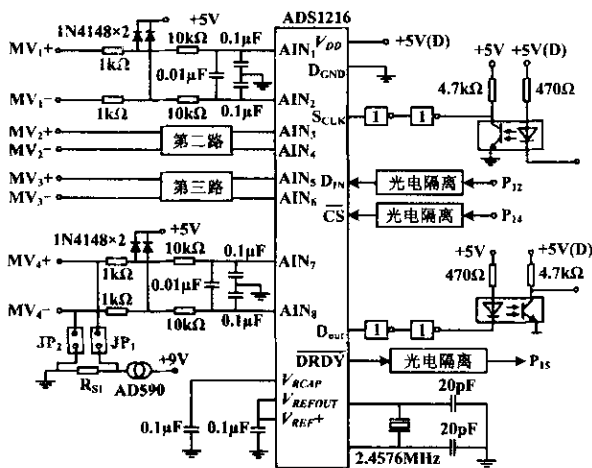


图 2 测量原理图

多路开关(MUX)输入缓冲器(BUF)可编程增益放大器(PGA)二阶 $\Delta - \Sigma$ 调制器、可编程数字滤波器、16 个状态/控制寄存器、128 字节 RAM、串行 SPI 接口、两个 8 位 DAC、内部参考电压产生器及时钟发生器组成。

输入缓冲器(BUF)用于在信号通路中隔离开关电容阵列与外部电路。在没有输入缓冲器时,ADS1216 的输入阻抗为 5M Ω ,当使用 ADS1216 内部缓冲器时,其输入电压的波动减小,输入电流增大。其内部输入缓冲器是通过 Buffer 引脚和内部 ACR 寄存器的 Buffer 位共同控制的。

ADS1216 内部的可编程增益放大器(PGA)的放大倍数可以通过 ACR 寄存器设定为 1、2、4、8、16、32、64、128。ADS1216 有两种参考电压供给方式,可通过设置 Setup 寄存器完成。

通过数字滤波器可提高 ADC 的转换精度和分辨率。数字滤波有一定的建立时间。ADS1216 内部可以分为快速建立、sinc2 和 sinc3 等 3 种滤波方式。快速方式建立时间最短,但滤波精度也最低,而 sinc3 的建立时间最长,滤波精度最高。

ADS1216 采用 SPI 总线与微处理器交换信息。微处理器利用其 P₁₁、P₁₂、P₁₃(SPI 总线)及 P₁₄、P₁₅ 向 ADS1216 发送启动操作命令并选择其一模入通道。例如,当第一路的差分输入信号为 $\pm 19.5\text{mV}$ 时,可选择 PGA 为 128,在 ADS1216 内部将 $\pm 19.5\text{mV}$ 放大成 $\pm 2500\text{mV}$ 进行模数转换,转换后的数字量再由微处理器发出读操作命令,读取 24 位转换结果,一般有效位为 16 位。

如果第一路到第三路中有一路为热电偶输入信号,第四路不能用作外部测量,这时将 JP₁ 和 JP₂ 跳线器短路,利用集成温度传感器 AD590 进行热电偶冷端补偿。AD590 为恒流源器件,温度变化 1 $^{\circ}\text{C}$ 时其输出电流变化 1 μA ,当温度为 0 $^{\circ}\text{C}$ 时其输出电流为 273 μA 。RS1 为取样电阻,从 RS1 取得的 mV 信号在 ADS1216 内部进行放大处理,并转换成数字量。微处理器读取转换结果并计算出对应的冷端补偿温度 T_补 后,根据 T_补 查表得到当前所选择热电偶对应的 mV 输出 V_补。若此时测得的热电偶所对应的 mV 输出为 V_测,则实际温度值对应的 mV 输出 V_实 = V_测 + V_补。由 V_实 查表即可得到实际的测量温度,实现了热电偶的冷端补偿,其补偿范围宽、精度高。 $\overline{\text{DRDY}}$ 为数据准备好信号,当输出低电平时表示 A/D 转换结束,转换结果可以通过 SPI 接口从 24 位的数据输出寄存器 DOR 中读出。ADS1216 每次启动均可以进行偏移校准和增益校准,由微处理器通过操作命令字完成。V_{REFOUT} 为内部参

考电压输出, V_{REF+} 、 V_{REF-} 为外部参考电压输入。本例中, 将 V_{REFOUT} 接至 V_{REF+} , V_{REF-} 接地, 使用内部参考电压(2.5V)。 V_{RCAP} 引脚外接一个 0.1 μ f 的独石电容对内部参考电压进行滤波。

3 测量程序设计

ADS1216 片内提供了 16 个可直接读写的寄存器用于配置其工作状态, 可直接配置数据格式、PGA、通道选择等。ADS1216 还提供了 128 个字节的 RAM, 通过指令直接读写。其配置数据含义如表 1 所列、测量程序框图如图 3 所示。

表 1 配置数据

寄存器名称	配置数据	配置数据含义
SETUP	0CH	采用内部 2.5V 参考电压, 数据传输首先传送 MSB
ACR	04H	PGA = 16, 不使用恒流源
M/DECI	00H	A/D 转换结果数据格式为单极性, 范围为 000000H ~ 7FFFFFFH
MUX	01H	选择差分输入通道 $AIN_1 \sim AIN_2$
	23H	选择差分输入通道 $AIN_3 \sim AIN_4$
	45H	选择差分输入通道 $AIN_5 \sim AIN_6$
	67H	选择差分输入通道 $AIN_7 \sim AIN_8$

在寄存器配置结束后, 可以通过配置模拟多路开关 (MUX) 选择差分输入通道, 启动 A/D 转换。另外, ADS1216 的 $DRDY$ 信号变低表明数据转换结束, 结果保存在 24 位的数据输出寄存器 DOR 内, 可以通过专用的指令利用 SPI 接口读出 A/D 转换结果。

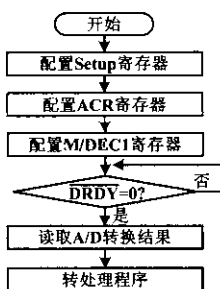


图 3 测量程序框图

4 通信程序设计

系统主程序为循环结构, 主程序的流程图如图 4 所示。

在通电后, 首先对微处理器和 SPC3 进行初始化工作。微处理器的初始化包括对定时器、中断优先级、中断类型的设置, SPC3 的初始化包括设置从站站地址及状态寄存器等。然后, 将此配置数据与主站的配置数

据进行比较, 完全一致后启动 SPC3, 从站进入与主站的数据交换阶段。这一过程也就是 DP 从站的状态机。

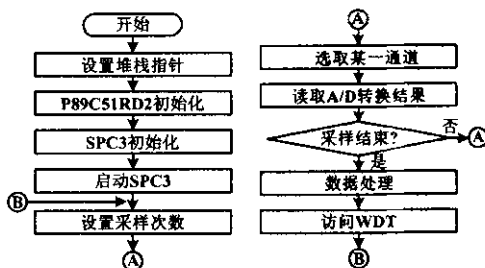


图 4 主程序流程图

由于 SPC3 内部集成了完整的 Profibus - DP 协议, 因此用户不用参与处理 Profibus 状态机。P89C51RD2 根据 SPC3 产生的中断对 SPC3 接收到的主站发出的输出数据转存, 将计算出的电压信号处理后通过 SPC3 发给主站, 并根据要求处理外部诊断等。主站可选用 Siemens 的 CP5611 或带 DP 接口 PLC。中断程序的流程图如图 5 所示, 主要用来处理 PRM 报文、CFG 报文、SSA 报文等。

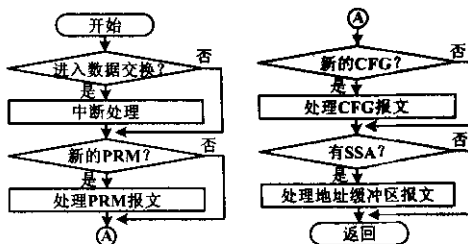


图 5 中断程序流程图

5 结束语

本文介绍了基于 Profibus - DP 现场总线的智能数据采集节点 FBPRO - 4MV 的硬件电路与系统软件设计。该智能节点与我们设计的其它智能测控节点相配合, 可方便地组成智能分布式系统, 并在电力、工业测控、冶金等自动化领域得到了广泛的应用。

参考文献

- 1 李正军 编著. 现场总线及其应用技术. 机械工业出版社, 2005(1)
- 2 李正军. 基于 Profibus - DP 现场总线的智能数据采集节点的设计. 山东大学(工学版), 2003, 33(4)
- 3 王福来 等. 采用 SPC3 的智能型 Profibus - DP 现场总线接口的开发. 电气传动, 2002(2)
- 4 SPC3 and DPS2 User Description. Siemens, 1996

收稿日期 2005 - 03 - 25。

第一作者李正军, 男, 1962 年生, 1984 年毕业于山东大学数学系, 获得学士学位, 教授, 主要研究方向为计算机控制、现场总线控制系统、电力参数监测网络仪表及智能逆变电源。