

「现场总线」

基于C8051F单片机的 Profibus-DP从站的开发

文/北方工业大学电气工程与控制学院 章小卫 周京华

为了使具有RS485/RS232接口的设备方便地接入Profibus现场总线网络，基于C8051F020单片机，研制了以西门子公司的协议芯片SPC3为基础的Profibus-DP从站。首先介绍了Profibus通信的基本原理，然后详细论述了系统的硬件构成，给出了相应的功能框图，同时对软件的整体结构及部分功能模块进行了论述，最后给出了试验结果。试验结果表明设备间通信正常，该接口控制器可以应用于数据采集、执行和控制等设备，实现RS485/RS232设备与Profibus现场总线的无缝互联。

随着工业现场设备的增多，用某种封闭式的集散控制系统，难以实现设备之间以及系统与外界之间的信息交换，严重制约了其自身发展。现场总线即将现场各种控制器及智能仪表设备互联，它将控制功能彻底下放到现场，真正实现了开放的、互操作的、彻底分散的分布式控制系统。Profibus作为工业界最具代表性的现场总线，应用非常广泛。Profibus-DP是一种经过优化的高速通信连接，是专为自动控制系统和设备分散I/O之间的通信设计的，其传输速率可达12 Mbit/s。

目前，国内大部分企业在工业生产过程控制底层进行数据采集、执行和控制的设备（如变频器、电动机起动保护装置、智能高低压电器、电量测量装置、各种变送器、智能现场测量设备及仪表等）大多具有RS232或RS485串行口，只需通过外接Profibus-DP从站接口，就可较好地解决总线接入问题。

本文基于以上遇到的问题，设计了以C8051F单片机为控制芯片，SPC3为通信芯片的Profibus-DP从站，具有高速传输工业现场设备数据的功能，能够很方便地应用于RS232或RS485串口的接

口设备相连，实现RS232设备和Profibus-DP总线之间的协议转换功能。

Profibus协议与通信原理

Profibus协议是根据ISO7498国际标准，以开放式系统互连网络作为参考模型的，Profibus-DP定义了第1、2层和用户接口。Profibus的协议结构如图1所示。这种精简的结构保证了数据传输的快速和有效，每个传输精确处理所定义的任务。

在主从站的通信中，Profibus-DP从站一般只

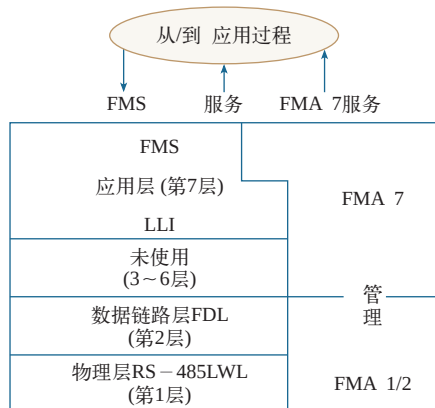


图1 Profibus的协议结构

能被动地等待主站的请求，然后才能执行数据交换，而在进入此状态之前，必须由主站对其赋值、配置初始化并经过诊断。其状态机如图2所示。

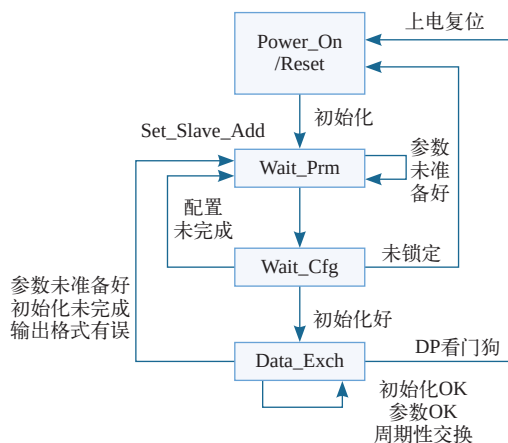


图2 Profibus-DP从站的状态机

从站在上电或复位后，进入Wait_Prm等待状态，即等待总线上由主站发来的Set_Slave_Add指令，以改变本身的默认地址。如果不需要改变地址，从站将直接接受Prm_Telegram参数赋值指令。其携带了两部分参数，即Profibus标准规定的参数，如ID号、Sync/Freeze、属主主站的地址等，还有由用户应用程序特别指定的从站参数。

然后，从站进入Wait_Cfg等待组态初始化，即跟在参数赋值指令后面的是组态初始化指令，它定义系统要输入输出的数据结构的具体情况。

当各项初始化过程结束且参数都正确，启动Data_Exch，主站和从站间开始正常的周期性数据交换。

在传输过程中主要通过报文的形式进行传输，从Profibus的FDL层上看，传输的报文帧结构主要有3种类型，携带不同的参数或组合完成不同的功能，如图3所示。

实现方法

原则上Profibus-DP协议在任何微控制器（MCU）上都可以实现，所以目前Profibus-DP从站接口协议实现方法主要有两种方法：一种方法是直使用MCU微控制器，完全利用软件编程来实现Profibus-DP协议。另一种方法是使用从站协议芯片，利用已固化协议的芯片来实现协议功能。

软件实现包括在MCU中编程实现Profibus-

DP的全部功能。该实现方式不仅程序编写工作量较大，开发周期长，对开发人员的要求较高。

硬件实现是利用从站协议芯片，利用硬件实现协议功能。只需通过总线接口访问FDL的服务存取点，访问当前各种报文信息的BUF即可。因此，可降低开发难度和成本，开发周期较短。同时由于使用硬件实现协议，可以确保接口协议的可靠性。

基于以上分析，本文的总体设计思想就是采用智能协议芯片，基于C8051F020，来设计接口转换控制器，实现协议转换功能。

硬件电路的设计

在系统硬件电路设计上，采用以“RS232/RS485接口电路+从站地址设备电路拨码开关+微控制器C8051F020+Profibus-DP智能从站ASIC协议处理芯片SPC3+带电流隔离485驱动电路”为框架构成，其系统硬件结构框图如图4所示。

1. C8051F020与SPC3的接口电路

微控制器选用Cygna公司的C8051F020单片机，它的8051内核速度可达25 Mbit/s，具有4352B内部数据RAM，64 KB FLASH存储器，这已经能

1) 令牌报文

SD4	DA	SA
-----	----	----

2) FDL状态报文

SD1	DA	SA	FC	FCS	ED
-----	----	----	----	-----	----

3) 数据报文

SD3	LE	LEr	SD	DA	SA	FC	DSAP	SSAP	DU	FCS	ED
-----	----	-----	----	----	----	----	------	------	----	-----	----

图3 Profibus的报文结构

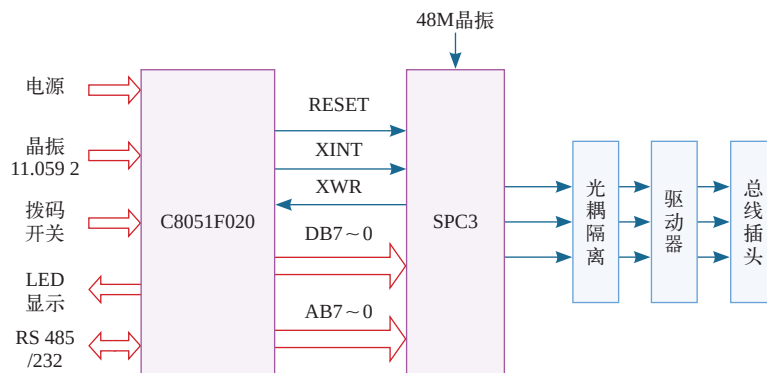


图4 系统硬件结构框图

满足本设计数据通信对内存的要求。C8051F020可同时使用的两个增强UART串口，分别用作RS232和RS485的接口。

智能从站芯片SPC3支持Profibus-DP协议，可以由硬件完成Profibus-DP通信控制功能，内部具有1.5 KB RAM的片上数据信息存储缓冲器，对RS-485总线的存取完全由硬件控制，最大传输速率可达12 Mbit/s。SPC3上固化有固件，可实现对SPC3内部寄存器与外设应用接口之间的通信连接的控制以及对Profibus状态机的控制。使用固件可为用户节省自主开发的时间。

MCU与SPC3的接口电路如图5所示，SPC3接48 MB有源晶振，通过11条地址线和8条数据线和MCU的P6口和P7口相连。MCU将SPC3内部1.5 KB RAM作为自己外部RAM，为了分配地址空间方便，需将地址线A12加一非门，从而使SPC3

的片外地址从0X1000开始，并通过数据的读写信号WR、RD对SPC3的初始化和数据交换，同时接上复位信号RESET来初始化SPC3清空寄存器，还需接一个外部中断信号来响应SPC3的中断程序。SPC3的其他引脚可以参考资料分别接地或电源。

2. SPC3的485通信电路

电路原理图如图6，SPC3中的三根信号RTS（请求发送），TXD（串行发送），RXD（串行接收）经UART口，把并行数据流变换为串行数据流和将串行数据流变为并行数据流。并经光耦进行电流隔离接入485总线驱动芯片中，由于传输速率达12 Mbit/s，故高速光耦采用25 MB的HCPL0721和10 MB的HCPL0601，同时485芯片也采用高速通信芯片SN65ALS176，速度可达25 Mbit/s，XCTS（清除发送）接地不用。为提高硬件的抗干扰能力，在电路的设计上必须考虑

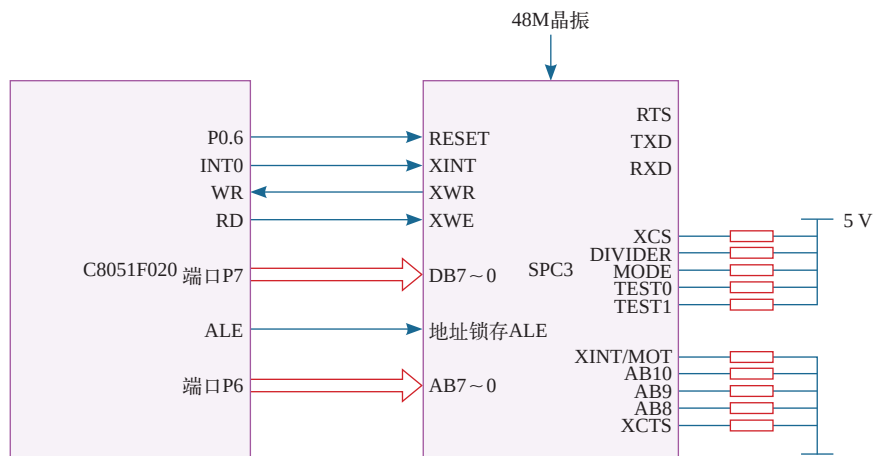


图5 SPC3与C8051F020的连接电路

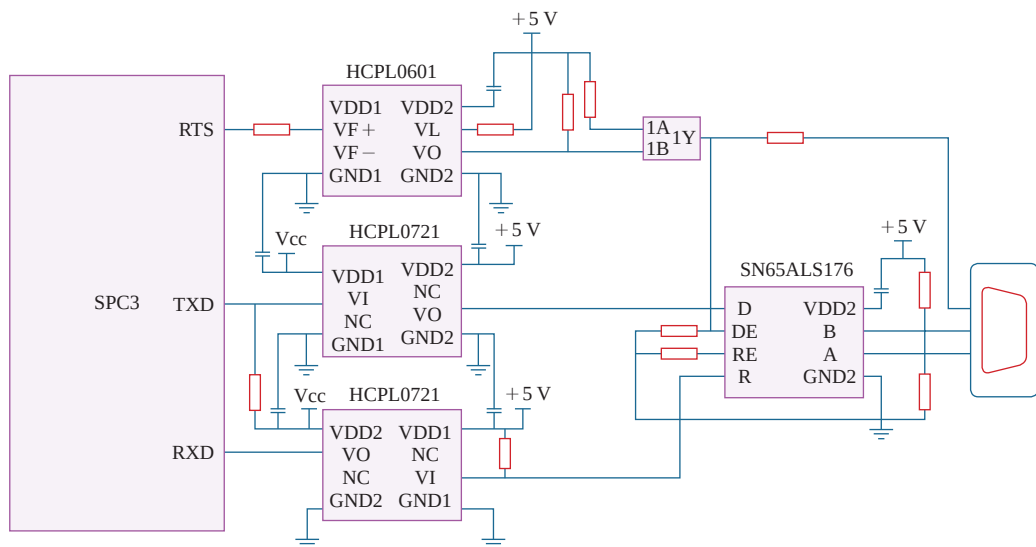


图6 SPC3的485通信电路

对光耦两侧的芯片进行电流隔离双电源供电。这里采用DCPO505进行电源隔离。

3. 单片机的串口电路

采用普通MAX232和MAX485进行通信，由于是为一个变频器开发的通信接口，而在变频器一侧已经经过隔离，所以在这个电路中就不需要再隔离了。

4. 其他电路

从站地址设置单元电路目的在于，用户可自由通过从站线路板上的八位地址开关选择从站地址，灵活组态。

数码管电路为了检测通信是否正常，可以通过数码管来显示通信数据。

软件编程及GSD文件的编写

1. 软件编程

本程序设计采用结构化设计，整个程序分主程序和调用的子程序。主程序要包括C8051F020，SPC3的初始化程序和外部诊断程序等，中断处理程序作为调用子程序，SPC3产生的中断接入MCU，使MCU引发中断处理程序。

程序主要由C8051F020的初始化程序initial.c、用户程序userspc3.c、spc3结构体及宏操作模块spc3dps2.h、中断模块intspc3.c及子函数模块dps2spc3.c五个程序文件组成。

initial.c模块完成单片机内部的寄存器的初

始化。

userspc3.c主程序主要完成SPC3初始化，启动，发送和接收数据，诊断等功能。

intspc3.c中断模块主要处理分配从站参数、组态数据检查和从站地址设定等功能。

dps2spc3.c模块主要是根据组态数据计算输入输出数据的长度，辅助缓冲区分配，缓冲区初始化，设置I/O长度，各缓冲区数据更新等功能。

spc3dps2.h模块用来定义变量和宏接口，宏接口使用户可以很方便地访问SPC3的寄存器。

其中主程序流程如图7所示。

上电后，首先对单片机内部的寄存器进行初始化，如：首先关闭MCU的看门狗，配置交叉开关来分配通信串口UART、外部中断、I/O口等资源，同时对各个资源进行配置。然后对SPC3进行初始化，以配置需要的寄存器，包括设置协议芯片的中断允许，写入从站识别号和地址，设置SPC3方式寄存器，设置诊断缓冲区，地址缓冲区，初始化长度，并根据以上初始值得出各个缓冲区的指针。最后，主站检查以上参数是否与主站参数表一致，只有一致时，才能进行后续参数的配置。只有当所有参数一致时，才能进行数据交换。中断程序流程图如图8所示，当外部中断INT0被触发时，将执行中断模块中的子程序。主要处理参数校核中断事件、组态检查中断事件、从站地址设定中断事件等。

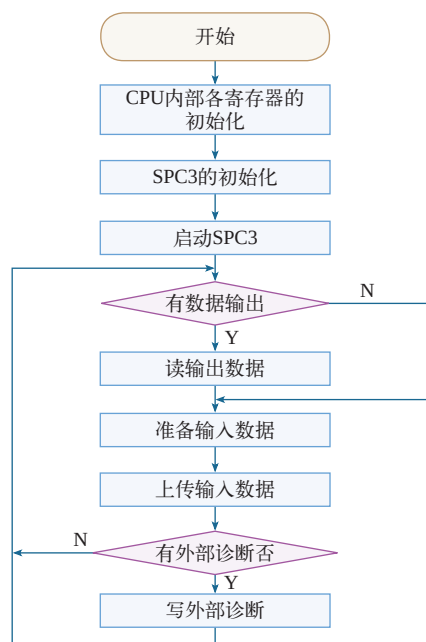


图7 主程序流程图

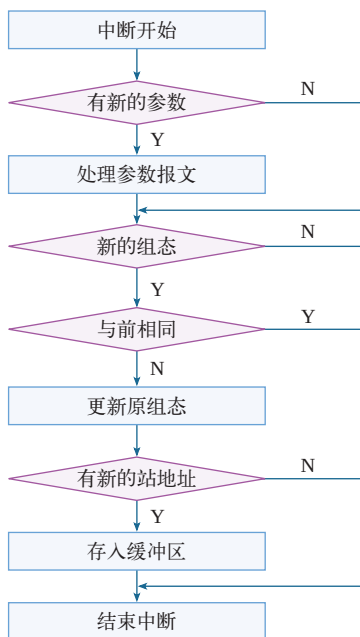


图8 中断程序流程图

2. 文件的编写

GSD文件为电子设备数据文件，记录了从站的各种属性，并随从设备一起提供给用户。与DP从站有关的属性应与程序中配置的参数一致，如：是否支持Freeze和SYNC状态等要设置一样，同时要保持从站地址与程序中的地址ID号一致。

实验结果

实验系统如图9所示。该系统采用PLC300为主站，选用cpu为315-2dp，首先用step7进行软件组态，添加CPU模块、电源模块和输入输出模块，设置PLC为DP主站，然后，把改写的GSD文件导入，再把该模块挂到DP总线上，设置好从站地址和数据传输率，然后选输入输出字节模块，下载到PLC中，看故障灯是否闪烁。程序中的组态配置的从站数据格式与GSD文件的中也要一致，且从站地址要拨到设定的地址位置。经过调试，故障灯变绿（原来是红灯不断地闪烁），说明从站已经连上。在PLC用MOVE指令编写简单数据传送程序，可把数据传送到单片机缓冲区中，且传输率可达12 Mbit/s，可用数码管显示数字，试验结果表明，通信成功。

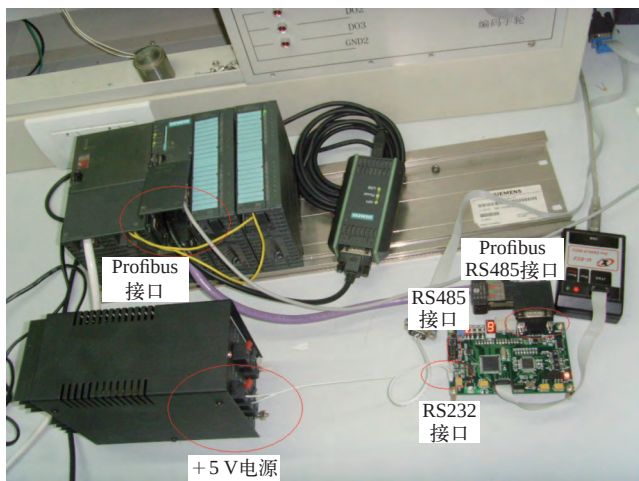


图9 试验系统调试示意图

图10为试验过程中所编的简单PLC测试程序，PLC发送两个字节90和10给从站，在从站RS232串口接到PC上可通过串口调试助手如图11，在接收字符界面可接受到字符90和10，同时在串口调试助手中发90和10在PLC的寄存器MB3可接受到数据90和10。

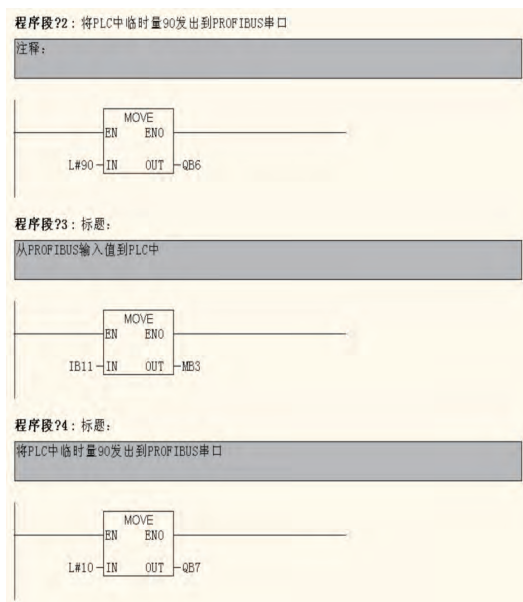


图10 PLC程序图

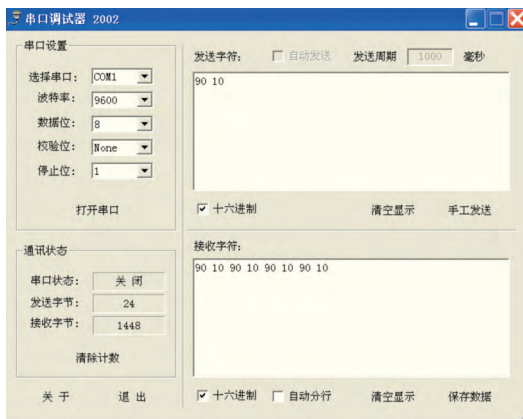


图11 串口调试助手接收、发送数据图

结束语

针对数据采集、执行和控制等设备挂到Profibus总线上，实现RS485/RS232设备与Profibus现场总线的无缝互联，研究了Profibus-DP从站通信接口的软硬件设计与实现。设计的从站完全满足Profibus标准，网络传输速率可达12 Mbit/s，且运行稳定，可满足大多数应用场合的需求，如变频器、I/O口设备、执行器等，提供通信基础，为形成一个工厂自动化体系提供条件。智能从站的开发充分利用现有设备，减少投资资金，对积极推动工业网络自动化具有现实意义。EA

（收稿日期：2018.03.02）

（编辑：朱金凤）