

利用 SPC3 开发智能 DP 从站源码讲解（连载一）

1、SPC3 介绍

SPC3 是用于西门子公司提供的用于智能 DP 从站开发的通信芯片。SPC3 支持全部 PROFIBUS-DP 协议。SPC3 内部集成了 1.5KB 的双口 RAM（简称 RAM）。内部锁存器 / 寄存器位于前 21 个地址单元。主要包括方式寄存器、中断控制寄存器、状态寄存器以及输入、输出缓冲区和诊断缓冲区等。

1.1 SPC3 的主要技术指标：

支持 PROFIBUS—DP 协议；

最大数据传输速率 12Mbps，可自动检测并调整数据传输速率；

与 80c32、80X86、80C165、80C166、80C167 和 HCII、HCI6、HC916 系列芯片兼容；

44 引脚的 PQFP 封装；

可独立处理 PROFIBUS—DP 通信协议。

集成的看门狗(WDT)。

外部时钟接口 24MHz 或 48MHz；

5V 直流供电。

1.2 SPC3 RAM 管理

1.2.1 RAM 空间定义

SPC3 1.5Kbyte RAM 分为三个区，分别是系统参数/寄存器区、组织参数区和缓冲区，如表 1 所示。

表 1 SPC3 双口 RAM 分配图表

地 址	功 能
000H ~ 015H	与 SPC3 相关的系统参数、寄存器
016H ~ 03FH	组织 SPC3 DP 缓冲区所需的参数，如 Data In 缓冲的指针等。
040H ~ 5FFH	DP 缓冲区 如： Data In(3)，Data Out(3)，Diagnostics(2)，Parameter setting data(1)， Configuration data(2)，Auxilliary buffer(2)，SSA-buffer(1)

说明：括号里的数据表示相应缓冲区的数量。如 Data In(3)表示有 3 个 Data In 缓冲区，主要实现 SPC3 和用户 CPU 对输入数据的并行处理。

首先，SPC3 RAM 管理是以段为单位，每个段为 8 个字节，共分为 192 个段。当用户需要诸如 9 个字节的区间时，须占用 2 个段。

在后继程序中计算出来的内存空间大小就是以段为单位的。

当用户对 RAM 的使用超出 1.5Kbyte 的范围时，SPC3 会通过中断通知用户这一事件发生。

1.2.2 RAM 空间读/写管理

SPC3 RAM 中一些区域对于读操作和写操作的定义是不同的，如当对 02H 和 03H 进行读操作时，它的含义就是中断寄存器；当对 02H 和 03H 进行写操作时，它的含义就是中断确认寄存器。

针对读/写操作的不同定义参见图 1 和图 2。

Address Intel / Motorola		Name	Bit No.	Significance (Read Access!)
00H	01H	Int-Req-Reg	7..0	Interrupt Controller Register
01H	00H	Int-Req-Reg	15..8	
02H	03H	Int-Reg	7..0	
03H	02H	Int-Reg	15..8	
04H	05H	Status-Reg	7..0	Status Register
05H	04H	Status-Reg	15..8	
06H	07H	Reserved		
07H	06H			
08H		DIN_Buffer_SM	7..0	Buffer assignment of the DP Din Buffer State Machine
09H		New_DIN_Buffer_Cmd	1..0	The user makes a new DP Din buffer available in the N state.
0AH		DOUT_Buffer_SM	7..0	Buffer assignment of the DP Dout Puffer State Machine
0BH		Next_DOUT_Buffer_Cmd	1..0	The user fetches the last DP Dout-Buffer from the N state.
0CH		DIAG_Buffer_SM	3..0	Buffer assignment for the DP Diag Puffer State Machine
0DH		New_DIAG_Puffer_Cmd	1..0	The user makes a new DP Diag Buffer available to the SPC3.
0EH		User_Prm_Data_OK	1..0	The user positively acknowledges the user parameter setting data of a Set Param-Telegram.
0FH		UserPrmDataNOK	1..0	The user negatively acknowledges the user parameter setting data of a Set Param-Telegram.
10H		User_Cfg_Data_OK	1..0	The user positively acknowledges the configuration data of a Check Config-Telegram.
11H		User_Cfg_Data_NOK	1..0	The user negatively acknowledges the configuration data of a Check Config-Telegram.
12H		Reserved		
13H				
14H		SSA_Bufferfreecmd		The user has fetched the data from the SSA buffer and enables the buffer again.
15H		Reserved		

图 1 SPC3 内部双口 RAM 读操作定义

Address Intel /Motorola	Name	Bit No.	Significance (Write Access !)
00H	01H	Int-Req-Reg	Interrupt- Controller - Register
01H	00H	Int-Req Reg	
02H	03H	Int-Ack-Reg	
03H	02H	Int-Ack-Reg	
04H	05H	Int—Mask-Reg	
05H	04H	Int—Mask-Reg	Setting parameters for individual bits
06H	07H	Mode-Reg0	
07H	06H	Mode-Reg0-S	
08H		Mode-Reg1-S	
09H		Mode-Reg1-R	Root value for baud rate monitoring
0AH		WD Baud Ctrl -Val	
0BH		MinTsdr Val	MinTsdr time
0CH			
0DH		Reserved	
0EH			
0FH			
10H			
11H			
12H			
13H			
14H			
15H			

图 2 SPC3 内部双口 RAM 写操作定义

附录 A：说明。

以上所讲内容可参见 SPC3 用户手册。

SPC3 英文版手册及源码讲解可从 www.fieldbuses.com 网站下载。

利用 SPC3 开发智能 DP 从站源码讲解（连载二）

2、SPC3 管理功能介绍

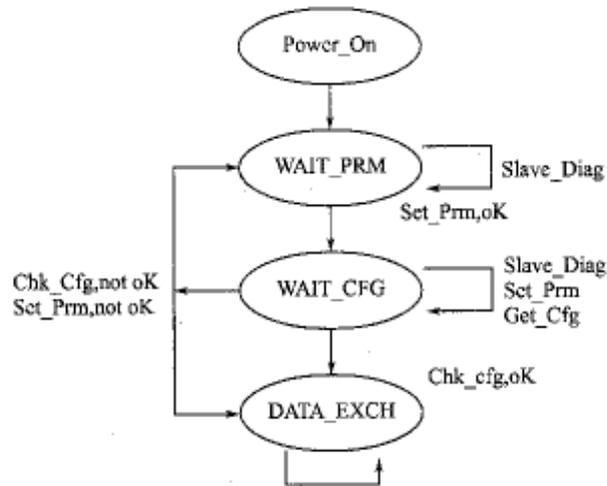
2.1 SPC3 中断管理

SPC3 提供了几个与中断相关的寄存器，它们分别是：**中断请求寄存器(IRR)**、**中断寄存器(IR)**、**中断屏蔽寄存器(IMR)**和**中断确认寄存器(IAR)**。每个寄存器占 2 个字节，除了 5 个保留位之外，SPC3 共支持包括波特率检测、新参数数据、诊断缓冲区改变在内的 11 个中断。SPC3 只占用一个中断向量号，中断服务程序在响应中断后，需要根据 IRR 中的内容来判断是哪一件事件引发的中断。用户可以在初始化时设置 IMR 来对中断事件进行开/关设置。用户处理完事件后，需要操作 IAR 或相应的 Cmd 寄存器来确认相应中断事件。

2.2 SPC3 状态机管理

SPC3 可工作于四种状态：**Power_On**、**WAIT-PRM**、**WAIT-CFG** 和 **DATA_EXCH**。图 2 给出的状态机描述了 SPC3 工作状态间的关系。状态机主要用来保证从设备在不同条件下行为的一致性。

在 **Power_On** 状态，从站可以接收来自二类主站的 **Set_Slave_Add** 报文，以改变从站地址，从站应具有非易失性的存储器来存从站地址。在内部启动后，从站进入 **WAIT-PRM** 状态，等待 **Set_Prm** 报文。在此状态从站还可以接收 **Get_Cfg** 或 **Slave_Diag** 报文，但拒绝处理其他报文，不能进行通讯。如果 **Set_Prm** 正确，从站进入 **WAIT-CFG**，等待 **Check_Cfg** 报文。**Check_Cfg** 报文规定输入和输出字节数。另外也可以接收 **Slave_Diag**，**Get_Cfg** 报文。如果 **Check_Cfg** 正确，从站进入 **DATA_EXCH** 状态，进行数据通讯，在此状态，从站可以接收来自一类主站的 **Writing Outputs**、**Reading Inputs**、**Global_Control**、**Slave_Diag**、**Chk_Diag** 和 **Get_Cfg** 报文。



图示 PROFIBUS DP 从站状态机

当从设备发生异常时，如 WD 超时，则 SPC3 的状态就会改变，以保证系统的安全。开发人员在软件调试过程中可通过检查 SPC3 的状态寄存器来确认其工作状态。

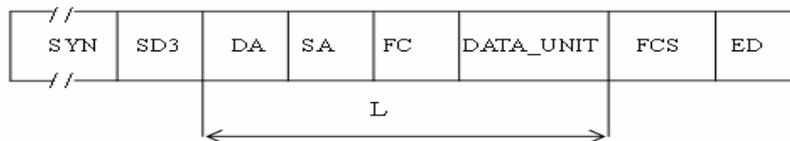
3、PROFIBUS DP 协议介绍

3.1 PROFIBUS DP 协议

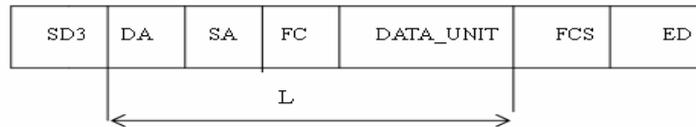
PROFIBUS DP 协议中规定了 8 种主站-从站功能：读 DP 从站诊断信息、传送输入与输出数据、读 DP-从站的输入与输出数据、发送参数数据、检查组态数据、读组态数据、对 DP 从站的控制命令、变更 DP 从站的站地址。

在 PROFIBUS DP 总线上传送的帧分为四种类型：可变数据字段长度的帧、有数据字段的固定长度的帧、无数据字段的固定长度的帧和令牌帧。下面给出了有数据字段的固定长度的帧中发送 / 请求帧和响应帧的格式。

1. 发送 / 请求帧的格式：



2. 回答帧的格式：



- 其中， SYN 同步时间，最小 33 个线空闲位
- SD3 开始定界符，值：A2H
- DA 目的地址
- SA 源地址
- FC 帧控制
- DATA_UNIT 数据字段，固定长度 (L-3) = 8 个八位位组
- FCS 帧检查顺序
- ED 结束定界符，值：16H
- L 信息字段长度，固定的八位位组的个数：L=11

图示 有数据字段的固定长度的帧

对于利用 SPC3 芯片来开发 DP 从设备的开发人员来讲，没有必要考虑如何对从总线接收到的帧进行校验、解析和处理，也不必考虑如何将响应报文发送到总线上去，这些功能均由 SPC3 完成。需要说明的是，用户程序对协议报文收发的控制能力是很有限的。

SPC3 管理功能介绍

在上面介绍的 DP 主站-从站服务中，诊断处理、参数化、检查组态数据和从设备地址设置四种协议报文是必须了解的。

3.2 诊断处理 (Dialog)

当从设备发生异常，可以通过诊断报文来向主站传递相关信息，此信息是从设备主动发送的。标准的诊断信息有 6 个字节，而且用户可以在标准诊断信息之后加入设备相关的诊断信息，最长可扩展到 244 字节。

SPC3 在收到应用程序传过来的诊断数据后，并不是立刻发给主站。而是在当前的服务响应中置上标记，当主站收到这样的标记后，会在下个轮循周期内读取从站的诊断信息。

3.3 参数化(Parameter)

参数化报文主要是主站用来设置从设备的工作参数。从站的参数化在 DP 系统的建立阶段首先完成，也可在用户数据交换模式中完成。除总线一般参数数据外，DP 从站专用的参数(如：较高或较低限值)传送到每个 DP 从站。这些数据从主站参数集中的用户那里发送，

此参数集缓存在主站中。

标准的参数化信息是 7 个字节，根据需要用户最长可扩展到 244 个字节。

3.4 检查组态数据 (CFG)

此功能允许 DP 主站传送组态数据到 DP 从站以便检查。它们包括输入输出区域的范围，也包括关于数据连续性的信息。DP 从站中的用户程序会对接收到的组态数据进行检查，将结果通知 SPC3。

组态数据的内容和长度跟从站中被组态的模块数和设备描述 (GSD) 文件中描述该模块的信息内容有关，例如，GSD 文件中有如下模块描述信息：

```
Module = "2AI*16bit" 0x43,0x41,0x01,0x10,0x02 ;  
EndModule
```

表示这是一个 2 通道的 16 位精度的模拟量输入模块，是用 5 个字节的内容描述的，后三个字节的含义由开发商自行定义。

3.5 变更 DP 从站的地址 (SSA)

此功能允许 DP 主站 (2 类) 变更 DP 从站的地址。如 DP 从站没有存储能力 (EEPROM, FLASH) 或如果地址设置是以一个开关来实施的，则此功能以 RS 出错报文来拒绝。与此同时，用此功能发送 Ident_Number。如果本地的和被传送的 Ident_Number 相对应，那么站地址将被改变。

附录

以上所讲内容可参见 SPC3 用户手册和 DP 协议规范。

相关内容可从 www.fieldbuses.com 网站下载。

利用 SPC3 开发智能 DP 从站源码讲解（连载三）

4、DP 从设备软件设计方案

在方案设计过程中，我们将软件结构设计成主程序模块/中断处理模块的形式。**主程序模块主要负责系统初始化和寄存器状态查询，并根据寄存的状态进行相应的操作，这一过程主要处理一些对时间关键性要求相对较低的操作，如 IN/OUT 数据的处理、诊断报文的处理等；中断处理模块主要处理对时间关键性要求较高的操作，如设备的上/下线处理、参数化报文处理、从设备通道配置报文处理、设地址报文和设备波特率变更报文处理等过程。**

下图给了主程序模块和中断处理模块的工作流程图。

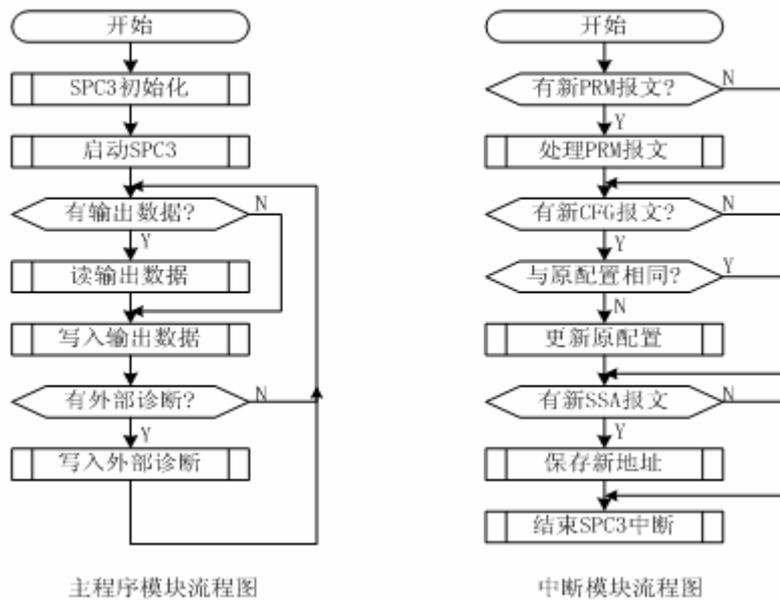


图 基于 SPC3 的 DP 从设备程序设计流程图

在主程序模块的工作流程中，SPC3 初始化是非常关键一个环节。SPC3 的初始化过程主要包括以下内容：

- **SPC3 中断配置。** SPC3 最多支持 11 种类型的中断，用户程序可以对 SPC3 需要响应的中断进行设置。SPC3 RAM 内中断屏蔽寄存器（IMR）的地址为 0x04。
- **用户定时器配置。** 在用户定时器超时后，SPC3 会认为用户程序发生错误，会自动切换其工作状态，以防止设备发生故障时影响整个系统的安全。SPC3 RAM 内设置用户定时器时间的地址为 0x18，0x19。

- **设备地址设置。** SPC3 内 0x16H 为写入设备地址处。
- **制造商标识设置。** SPC3 RAM 内设置制造商标识的地址为 0x3a, 0x3b。
- **SPC3 内各种缓冲区地址及长度计算。** 需要注意的是，最后的长度值是以段为单位的。需要计算的内容包括：输入/输出缓冲区的长度和指针；存放诊断处理、参数化、检查组态数据和从设备地址设置等多种协议报文的缓冲区长度及指针等。

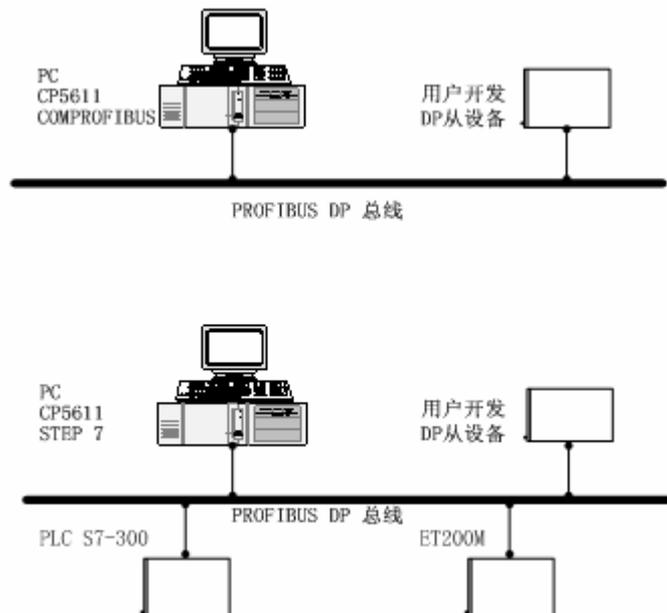
SPC3 只提供一个中断，用户程序在响应中断后根据中断请求寄存器（IRR）中的内容来判断具体发生何种类型的中断事件，SPC3 RAM 中 IRR 的地址为 0x00, 0x01。

中断处理模块主要做以下工作：

- **检查并处理新的 PRM 报文；**
- **检查并处理新的 CFG 报文；**
- **检查并处理新的 SSA 报文。**

5、DP 从设备调试方案

智能 DP 从设备的调试是一个复杂的过程，它要求开发人员具有 PROFIBUS DP 系统的应用经验。这里提出了两套调试方案。另外，笔者建议开发人员利用 DP 协议分析软件来分析设备工作中发生的报文序列，以更深入了解设备的开发过程。



图示 PROFIBUS DP 从设备调试系统结构图

5.1 简单设备调试方案

系统构成：PC/SIEMENS CP5611 接口卡/COMPROFIBUS 软件

方案说明：SIEMENS 的 PACKAGE 4 开发套件就提供了这种调试方案。这个方案主要是调试设备的基本协议一致性，其优点是调试方便、简单；缺点是不能验证设备的互操作性。详见上图中上半部分。

5.2 系统调试方案

系统构成：PC/SIEMENS CP5611 接口卡/STEP 7 软件/PLC S7-300/ SIEMENS ET200M

方案说明：本方案可以全面调试、测试、验证智能设备的功能和性能，但需要开发人员对 PROFIBUS DP 系统配置和组态有一定的经验，调试起来有一定的难度。详见上图中下半部分。

附录

以上所讲内容可参见 SPC3 用户手册和 DP 协议规范。

相关内容可从 www.fieldbuses.com 网站下载。